

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

MİMARİ RESTORASYONDA GERİ DÖNDÜRÜLEBİLİRLİK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tuğba AKIN

TEMMUZ 2025
TRABZON



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MİMARLIK ANABİLİM DALI

MİMARİ RESTORASYONDA GERİ DÖNDÜRÜLEBİLİRLİK

Tuğba AKIN

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"YÜKSEK MİMAR"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 26 / 05 / 2025
Tezin Savunma Tarihi : 14 / 07 / 2025**

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Murat TUTKUN

Trabzon 2025

ÖNSÖZ

“Mimari Restorasyonda Geri Döndürülebilirlik” isimli bu tez Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Programı’nda hazırlanmıştır.

Tez çalışmam boyunca hiçbir desteğini esirgemeyen bütün süreci sabırla yönetmemi sağlayan, bilim insanı olma yolundaki ilk adımlarımı atarken kıymetli bilgileriyle ve tecrübesiyle yolumu aydınlatan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Murat TUTKUN’a teşekkürü bir borç bilirim. Bütün süreçte maddi manevi desteklerini hep yanımda hissettiğim, kariyerimin mimarları babam Mehmet AKIN’a ve annem Cazibe AKIN’a; süreci keyifle yönetmemi sağlayan ablalarım Zeynep AKIN’a ve Yasemin SARI’ya, kardeşlerim Gizem KARATAŞ, Didem AKIN ve Umut Arda AKIN’a teşekkür ederim. Aynı yolu yürüdüğüm, tez çalışması sürecinde bana desteklerini esirgemeyen çok kıymetli arkadaşlarım Mimar Derya Erdoğan ZENGİN’e, Y.Mimar Hale Nur ORHAN’a ve Y.Mimar Aslıhan ÇITLAK ÖZCAN’a teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, süreçteki en büyük destekçim, elimi hiç bırakmayan, aldığım tüm kararlarda arkamda olan yol arkadaşım Ahmet KARAKOYUN’a teşekkür eder, minnettarlığımı sunarım.

Bu tez çalışmasının restorasyon alanında bundan sonra yapılacak olan tüm çalışmalara katkı sağlamasını temenni ederim.

Tuğba AKIN

Trabzon 2025

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Mimari Restorasyonda Geri Döndürülebilirlik” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Murat TUTKUN’un sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 14/07/2025

Tuğba AKIN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	IX
SUMMARY.....	X
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
TABLolar DİZİNİ.....	XXVII
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XXVIII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Problemin Tanımı.....	3
1.3. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	5
1.4. Çalışmanın Yöntemi.....	5
1.5. Koruma Düşüncesinin Gelişimi ve Kuramsal Temeli.....	6
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	10
2.1. Koruma Düşüncesi ve Geri Döndürülebilirlik Kavramı	10
2.2. İşlevsel Geri Döndürülebilirlik.....	14
2.3. Kültürel Önemi ve Kimlik Değerlerini Azaltan Değişikliklerin Geri Döndürülebilirliği.....	20
2.4. Sit Alanlarında Geri Döndürülebilirlik.....	22
2.4.1. Önleyici Koruma.....	27
2.4.1.1. Basit Koruma Paketleri	28
2.4.1.2. Lokal Koruma Setleri	30
2.4.1.3. Koruyucu Çatı Örtüsü	32
2.4.1.4. Nanomalzemelerle Yüzey Koruma	35
2.4.2. Mimari Yapı Elemanlarında Geri Döndürülebilirlik	38
2.4.2.1. Pim + Zayıf Yapıştırıcı Uygulaması	38
2.4.2.2. Akıllı Protez Uygulanması (3D Stereolitografik yazıcı-SLA ile).....	40
2.4.2.3. Manyetik Malzemelerle Yapı Elemanı Parçalarını Birleştirme Uygulanması.....	42
2.5. Strüktürel Problemlere Müdahalede Geri Döndürülebilirlik.....	44
2.5.1. Temel	47

2.5.1.1.	Taban İzolasyon Uygulaması	50
2.5.2.	Duvar.....	51
2.5.2.1.	Tekstil Takviyeli Harçlar (TRM) İle Güçlendirme	58
2.5.2.2.	Çelik veya Metal Gergilerle Yapılan Güçlendirme (Tie-bars/ Chains)	60
2.5.2.3.	FRP ile Güçlendirme	62
2.5.2.4.	Çelik Elemanlar ile Yapılan Güçlendirme	63
2.5.2.5.	Retikolatus Tekniği ile Güçlendirme	65
2.5.2.6.	Ard Germeli (Post-Tensioning) Kablo Sistemleri İle Güçlendirme.....	66
2.5.3.	Döşeme.....	67
2.5.3.1.	Çelik Ankrajlar, Profiller ve Levhalar ile Güçlendirilme	70
2.5.4.	Kemer, Kubbe ve Tonoza	71
2.5.4.1.	Gergilerle Güçlendirme.....	73
2.5.4.2.	Ön Gerilmeli Çelik Bağlarla Güçlendirme.....	73
2.5.4.3.	Çelik Halatlarla Güçlendirme.....	75
2.5.5.	Taşıyıcı Ayak/Sütun.....	76
2.5.5.1.	LAR Yöntemi (Liquid Adhesion Release-Agent).....	77
2.5.5.2.	Çemberleme (Confinement).....	78
2.5.6.	Çatı	79
2.5.6.1.	Eğimli Çatılar	80
2.5.6.2.	Düz çatılar	85
2.6.	Geleneksel Yapı Malzemelerinde Bozulmalar, Analiz Yöntemleri, Müdahaleler ve Geri Döndürülebilirlik	91
2.6.1.	Taş Malzeme	93
2.6.1.1.	Taş Malzemede Bozunma Türleri	95
2.6.1.2.	Renk Değişimi/ Birikme.....	97
2.6.1.3.	Malzeme Kaybı	106
2.6.1.4.	Çatlak Oluşumu ve Deformasyon	108
2.6.1.5.	Parçalar Halinde Ayrılma-Eksilme	110
2.6.1.6.	Biyolojik Bozunmalar	113
2.6.2.	Taş Malzemede Kullanılan Analiz Yöntemleri	117
2.6.3.	Taş Malzemede Müdahale Yöntemleri	119
2.6.3.1.	Taş Malzemede Temizleme	121
2.6.3.2.	Taş Malzemede Sağlamlaştırma.....	132
2.6.3.3.	Taş Malzemede Estetik ve Plastik Onarım	134

2.6.3.4. Taş Malzemede Yüzey Koruma	136
2.6.4. Taş Malzemede Geri Döndürülebilirlik	138
2.6.5. Taş Malzemede Koruma	139
2.6.5.1. Sentetik Organik Malzemeler	141
2.6.5.2. Yeni Nanomalzemeler	142
2.6.5.3. Biyopolimerler	147
2.6.6. Taş Yüzeyi Temizliği	152
2.6.6.1. PVA-B	153
2.6.6.2. PVA-B/AG	153
2.6.6.3. Nanoyapılı Temizleme Sıvıları	154
2.6.7. Taş Malzemede Onarım ve Sağlamaştırma	155
2.6.7.1. Sentetik Organik Malzemeler	155
2.6.7.2. Organo-Silikon Malzemeler	157
2.6.7.3. Nano- Sağlamaştırılar	158
2.6.8. Harç ve Sıva	164
2.6.9. Harç ve Sıvalarda Bozunma Türleri	166
2.6.10. Harç ve Sıvalarda Kullanılan Analiz Yöntemleri	169
2.6.11. Harç ve Sıvalarda Müdahale Yöntemleri	170
2.6.11.1. Harç Sıvalarda Enjeksiyon	171
2.6.11.2. Harç ve Sıvalarda Yamalama- Derz Onarımı	173
2.6.11.3. Harç ve Sıvalarda Temizleme	174
2.7. Harç ve Sıvalarda Geri Döndürülebilirlik	175
2.7.1. Akrilik Esaslı Tamir Harcı	176
2.7.2. E.coli Bakteri - Demir Bazlı Biyoürünler	176
2.7.3. Aerojel Render(Yüzeye İlk Uygulanan İnce Sıva)	176
2.7.4. Nano-Malzemeler	177
Akrilik Esaslı Tamir Harcı	178
E.coli Bakteri - Demir bazlı Biyoürünler	178
Aerojel Render(Yüzeye İlk Uygulanan İnce Sıva)	178
2.8. Ahşap Malzeme	179
2.8.1. Ahşap Malzemede Bozunma Türleri	180
2.8.1.1. İklimsel Etmenler	181
2.8.1.2. İnsan Kaynaklı Etmenler	182
2.8.1.3. Fiziksel Etmenler	184

2.8.1.4. Kimyasal Etmenler	185
2.8.1.5. Biyolojik Etmenler	186
2.8.2. Ahşap Malzemede Kullanılan Analiz Yöntemler	188
2.8.3. Ahşap Malzemede Müdahale Yöntemleri	190
2.8.3.1. Ahşap Malzemede Temizleme	191
2.8.3.2. Ahşap Malzemede Sağlamaştırma ve Güçlendirme	193
2.8.3.3. Ahşap Malzemede Koruma	195
2.8.3.4. Ahşap Malzemede Yenileme	197
2.9. Ahşap Malzemede Geri Döndürülebilirlik	198
2.9.1. Metal Kenet, Gergi ve Bulon Uygulamaları	200
2.9.2. Nanomalzemelerle Koruma, Onarım ve Temizleme	202
Mekanik Yöntem	205
Yapıştırma Yöntemi ile (Paraloid B72,epoksi vb.)	205
Yeni Parça Takviyesi	205
3. BULGULAR VE İRDELEME	206
3.1. Mimari Restorasyonda Geri Döndürülebilirlik Parametrelerinin Belirlenmesi	206
3.2. Mimari Restorasyonda Geri Döndürülebilirlik Sınır Tanımlaması	207
Akrilik Esaslı Tamir Harcı	213
E.coli Bakteri - Demir bazlı Biyoürünler	213
Aerojel Render(Yüzeye İlk Uygulanan İnce Sıva	213
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	215
5. KAYNAKLAR	221
ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

MİMARİ RESTORASYONDA GERİ DÖNDÜRÜLEBİLİRLİK

Tuğba AKIN

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Murat TUTKUN
2025, 230 Sayfa

Geçmişten bugüne kültürel mirasın izlerini üzerinde taşıyan ve bu izleri sonraki nesillere aktaran tarihi eserler, her çağda korunmaya değer bulunduğundan koruma düşüncesi tarih boyunca hep var olmuştur. 18. yüzyılda şekillenmeye başlayan koruma düşüncesi, 19. yüzyılın sonlarına doğru kuramsal temeller üzerinde gelişim göstermiş ve kuramsal çerçeve ve standartlara kavuşması ancak 20.yy'da; başlangıçta 1964 Venedik Tüzüğü ardından Avrupa Konseyi, UNESCO, ICOMOS gibi uluslararası nitelikte kuruluşların yayınladığı ilke ve tüzüklerle mümkün hale gelmiştir. Bu kuruluşlar, tarihi eserlerin koruma ve restorasyonunda çağın koruma ihtiyacına yönelik etkili çözüm önerileri ortaya koymak ve doğru müdahalelerde bulunmak için bazı kavramlar belirlemiştir. Çağdaş restorasyon kuramının koruma anlayışından bakıldığında, bu kavramların başında "reversibility (geri döndürülebilirlik)" kavramı dikkat çekmektedir. Ancak birçok ilke ve tüzükte sit alanlarından endüstri mirasına; yapı malzemesinden strüktürel düzenine dek geniş bir yelpazede benimsenmiş olan bu kavram yalnızca olması gerektiği yönünde literatür bir bilgi olarak tanımsal çerçevede kalmıştır. Yapılan çalışmanın ikinci bölümünde; geri döndürülebilirlik kavramı ve söz konusu olduğu alanlar tartışılmış sonuçlar bölüm sonunda tablolar halinde özetlenmiştir. Çalışmanın son bölümünde ise tarihi yapılara uygulanan bu müdahalenin geri döndürülebilir olarak nitelendirilmesi için gerekli olan parametreler tanımlanmış ve bu parametreler doğrultusunda yapılan uygulamaların ne oranda geri döndürülebilir olduğu tablolar halinde özetlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Koruma, Restorasyon, Restorasyon Müdahaleleri, Geri Döndürülebilirlik, Geleneksel Yapı Malzemeleri

Master Thesis

SUMMARY

REVERSIBILITY IN ARCHITECTURAL RESTORATION

Tuğba AKIN

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Architecture Graduate Program
Supervisor: Assoc. Prof. Murat TUTKUN
2025, 230 Pages

The idea of protection has always been throughout history since the historical artifacts, which have carried out the traces of cultural heritage from the past to the next generations, have been worth protection in every age. The idea of protection, which began to take shape in the 18th century, developed on the theoretical foundations towards the end of the 19th century and has achieved theoretical frameworks and standards in the 20th century; Initially, after the 1964 Venice Regulation, the Council of Europe became possible with the principles and regulations published by international organizations such as UNESCO and ICOMOS. These organizations have identified some concepts in order to reveal effective solutions for the protection need of the age in the protection and restoration of historical monuments and to make correct interventions. When we look at the concept of protection of contemporary rhetoric theory, the concept of 'Reversibility (reversibility)' çek draws attention. However, in many principles and regulations, from protected areas to industry heritage; This concept, which has been adopted in a wide range from building material to its structured order, has only remained in the definition as a literature information that it should be. In the second part of the study; The concept of recyclability and the areas in question are summarized in tables at the end of the department. In the last part of the study, the parameters required to describe this intervention to be reversible to historical structures are defined and summarized in tables to the extent to which the applications made in accordance with these parameters can be recyclable.

Keywords: Protection, Restoration, Restoration Interventions, Reversibility, Traditional Building Materials.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.İstanbul-Ağa Hamamı Soğukluk(solda) ve Ilıklık(sağda) Mekânında betonarme döşeme uygulaması (Cebioğlu, 2013).....	15
Şekil 2.Tantavi Ambarı a)Eski görüntüsü, b) yeniden işlevlendirildikten sonraki hali	16
Şekil 3.Tantavi Ambarı iç mekâna eklenen a) üç kollu ve b)tek kollu merdivenler.....	17
Şekil 4.Tantavi Ambarı iç mekânda çelik strüktürler üzerinde çözülen havalandırma ve aydınlatmalar.....	17
Şekil 5. a) Bölme duvar uygulamaları, b)hareketli platform, c) platform hareket mekanizması	18
Şekil 6. İstanbul-Kasımpaşa Tuz Ambarının restorasyon öncesi hali (Büyükarıslan & Güney, 2013).....	19
Şekil 7.İç mekânda tasarlanan çelik strüktürler (Büyükarıslan & Güney, 2013).	19
Şekil 8.İç mekânda geri döndürülebilirliği mümkün çelik strüktürle tasarlanan asma katlar (Büyükarıslan & Güney, 2013).	20
Şekil 9. Sit Alanlarında Kullanılan Geri Döndürülebilir Müdahalelerin Sınıflandırılması(Yazar tarafından hazırlanmıştır.).....	23
Şekil 10.Geri döndürülebilir müdahale yönteminin belirlenebilmesi için uygulanan adımlar (Yazar tarafından hazırlanmıştır.).....	25
Şekil 11. Yunanistan- Akrotiri arkeolojik sit alanı üzerine inşa edilen ilk strüktür solda, Aynı alan üzerine daha sonra sökülerek yenisinin inşa edilmesi sağda (Uyar O. , 2008).....	26
Şekil 12. Yunanistan- Akrotiri arkeolojik sit alanında eski strüktüre ait kolonun yerine yenisinin yerleştirilmesi solda, Kolonlar arasında kullanılan takılıp sökülebilirliği mümkün çaprazlama kirişler sağda (Uyar O. , 2008).....	27
Şekil 13. Malatya-Arslantepe Höyüğü koruma strüktürü, ahşap dikmeler, kirişler ve göğüslemeler yapılan ilk uygulamasolda (Uyar O. , 2008); Yeni yapılan uygulama sağda (URL-Arslantepe, 2025).....	27

Şekil 14. Laodikeia'daki Asopos Tepesi'nde, açığa çıkarılan işlik alanındaki fırınlara uygulanan basit koruma paketi (Tarhan, 2019).....	29
Şekil 15. Basit korumada paket içine alınan öge ya da elemanların dolgu malzemesiyle doğrudan temasının ayırıcı bir örtüyle ayrılarak önlenmesi (Tarhan, 2019).	30
Şekil 16. Basit korumanın son aşamasında dolgu toprağının üzerini kapatacak olan malzemenin düz veya kademeli bir eğimle yerleştirilmesi (Tarhan, 2019).	30
Şekil 17. Freskin yer aldığı duvar ve harçsız kuru örgü tekniğiyle oluşturulan lokal koruma seti (Tarhan, 2019).	31
Şekil 18. Lokal koruma setinin oluşturulması (Tarhan, 2019).....	32
Şekil 19. Apollo Epicurius Tapınağı Koruyucu Çatı Örtüsü, Girit Adası/Yunanistan (Yılmaz, Şener, & Yılmaz, 2019).	33
Şekil 20. Hamar Katedrali Koruyucu Çatı Örtüsü, Norveç (Yılmaz, Şener, & Yılmaz, 2019).....	33
Şekil 21. Piazza Armerina'daki Roma Villası üzerinde Koruyucu Çatı Örtüsü, Sicilya/İtalya (Yılmaz, Şener, & Yılmaz, 2019).....	34
Şekil 22. Efes antik kenti yamaç evler, Koruyucu Çatı Örtüsü, İzmir/Türkiye (Yılmaz, Şener, & Yılmaz, 2019)	34
Şekil 23. Pergamon Z Yapısı, Koruyucu Çatı Örtüsü, Türkiye (Yılmaz, Şener, & Yılmaz, 2019).....	34
Şekil 24. Denizli- Tripolis Antik Kenti, nanoteknolojik malzeme ile koruma çalışması yapılan alanlar solda; Roma caddesi geç dönem duvarı üzerinde yer alan yazıta uygulanan nanomalzemenin yüzeydeki su iticiliği sağda (Uyar Z. , 2024).....	35
Şekil 25. Solda Burdur- Sagalassos Antik Kenti hamam yapısına yüzey koruyucu nanomalzeme uygulaması; sağda yapının günümüzde de tuğla örgülü duvarların yüzeylerinin ve harçlı derzlerin özgünlüğünü koruduğu görülmektedir (Uyar Z. , 2024).	36
Şekil 26. İzmir -Selçuk - Aziz Yohannes Bazilikası Manastırı, koruyucu nanomalzeme uygulaması. Freskler üzerinde bugüne kadar herhangi bir renk değişikliği ve bozulma olmadığı, eksiksiz olarak korunduğu gözlemlenmektedir (Uyar Z. , 2024).....	36

Şekil 27. Kayseri- Kocasinan Kültepe Kaniş Ören Yeri'nde kerpiç duvarlar ve taş temellerin korunmasına yönelik taş koruyucu nano silis partiküllerinden oluşan hidrofob nanomalzeme uygulaması (Uyar Z. , 2024).....	36
Şekil 28. Kayseri- Kocasinan Kültepe Kaniş Ören Yeri'nde kerpiç duvarlar ve taş temellerin korunmasına yönelik taş koruyucu nanomalzeme uygulaması sonrası (Uyar Z. , 2024).	37
Şekil 29. İzmir-Torbalı Metropolis Antik Kenti'ndeki tiyatroda bulunan soylu koltuklar üzerine yüzeyin kir tutmasını engelleyen nanoteknolojik malzeme uygulaması (Uyar Z. , 2024).....	37
Şekil 30.Çıkış delikli dişli pimlerin (kırmızı ok), kuru pimlerin (mavi ok) yerleştirilmesi (Devreux & Spada, 2010).....	39
Şekil 31. a),b)Yapıştırma Aşaması; c)Pimi serbest bırakma (Devreux & Spada, 2010).....	40
Şekil 32. a)Eksilen parçanın belgelenmesi, b)3d modelinin hazırlanması, c-d)Dijital modelde elde edilen kısmın detayları (Niqueta, Sánchez-Lópezb, & Mas-Barberàa, 2020).....	40
Şekil 33. Solda esik alanın 3d rekonstrüksiyon ve SLA ile basılmış protez, sağda eksik bölgeye akıllı protezin yapıştırılmasını işlemi (Niqueta, Sánchez-Lópezb, & Mas-Barberàa, 2020).....	41
Şekil 34.) Eksik bölümlerin genel görünümü, b) Fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçlerden kaynaklanan bozulmanın ayrıntıları; c)Paslı demir çubuklar ve parça kaybı (Rodrígueza, Pérezb, & Mas-Barberàa, 2018).	42
Şekil 35. a) Mıknatısların en uygun konumlarının seçilmesine yönelik simülasyon; b) Proteze uygulanan teorik model (Rodrígueza, Pérezb, & Mas-Barberàa, 2018).	43
Şekil 36. a) Uygulanan protezin iç detayı ve içindeki mıknatıslar, b) Protezin dış görünümü, c) Renk entegrasyonundan sonra görünüm, d) Restore edilen heykelin genel görünümü (Rodrígueza, Pérezb, & Mas-Barberàa, 2018).	43
Şekil 37.Temellere uygulanan geri dönüşümsüz mikropilling ve kiriş ekleyerek güçlendirme uygulamaları (S.Anthimos, Structural Restoration of Historical Monuments. Spesific Examples From Greek Practice., 9-29 September 2003).	48

Şekil 38. İstanbul-Vakıf Gureba Hastanesi geri dönüşü mümkün olmayan temel genişletmesi (Yüce, 2021).	48
Şekil 39. Depreme karşı güçlendirme çalışmalarında temeli daha sağlam kılmayı ön gören kuyu temel ile caminin dört yönünün geri dönüşü mümkün olmayan betonarme perde içine alınması, Edirnekapı Mihrimah Sultan Camii- İstanbul (Karakuş, 2012).	49
Şekil 40.Tarihi yapılarda sismik izolasyon uygulamasının şematik anlatımı (Yüce, 2021).	49
Şekil 41. ABD, Kaliforniya- San Francisco Sanat Müzesi Sismik Yalıtım Uygulaması (Yıldırım, 2023).	50
Şekil 42. Taban izolasyon sisteminin boyuna ve enine kesitleri (Lupăşteanu, Soveja, Lupăşteanu, & Chingălată, 2019).	51
Şekil 43.Sırasıyla; Moloz taş duvar, kesme taş duvar, tuğla duvar ve taş-tuğla karışık almaşık örgü duvar örnekleri (Yüce, 2021)	52
Şekil 44.Sırasıyla tek cidarlı (dolu)duvar ve örülmüş taş temel uygulaması; çift cidarlı duvar ve Muğla Milas'ta bulunan Labraynda (Labraunda) Antik yerleşiminde yer alan çift cidarlı duvar örgüsü örneği; üç cidarlı (sandık) duvar ve Mısır Çarşısı dükkan rekonstrüksiyonu uygulaması (Yüce, 2021).	52
Şekil 45. Üstte duvarlarda temel oturmasından kaynaklı çatlaklar (Vatan Kaptan, 2010); Altta depremden kaynaklanan çatlaklar (Karakuş, 2012).	53
Şekil 46. Ankara-Altındağ Cenab-ı Ahmet Paşa Camii oturmadan kaynaklanan çatlağın içerden ve dışardan görünüşü (Restorasyon-Konservasyon-Arkeoloji ve Sanat Tarihi Yıllığı, 2017)	53
Şekil 47. Kütahya-Simav Halil Ağa Camiinde oluşan deprem (X) çatlakları (Karakuş, 2012)	54
Şekil 48. Kayseri Melikgazi Türbesi duvarlarında görülen derz boşalması (Karakuş, 2012).	54
Şekil 49. Çürüterek yenileme yöntemi ile çatlak onarımı (Yüce, 2021).	55
Şekil 50. İstanbul-Helvacıbaşı İskenderağa Cami son cemaat kısmı duvarlarındaki derin çatlakların çürütme yöntemiyle onarımı (Yüce, 2021).....	55

Şekil 51.Duvardaki çatlakların çelik kenetler ile onarımı (Mahrebel, 2006).....	56
Şekil 52.İstanbul-Fatih Camii, Paslanmaz çelik kenetlerle orta genişlikte çatlak onarımı (Çılı & Yıldız, 2013).....	56
Şekil 53.İstanbul - Kâğıthane Tarihi Çamaşırhane Binası'nda Enjeksiyon Yöntemi (Yıldırım, 2023).....	57
Şekil 54.İstanbul- Hasanpaşa Gazhane Binası'na FRP Uygulaması (Yıldırım, 2023).....	57
Şekil 55. TRM duvar oluşturulması (Sismik ve enerji güçlendirmesi için ısı yalıtımıyla birleştirilmiş) (Kouris & Triantafillou, 2018).....	58
Şekil 56.Geri dönüşü mümkün olmayan CFRP ve FRP bant uygulamaları.....	59
Şekil 57. Payandalarla destekleme- İstanbul-Fatih Şeyh Murad Tekkesi (Yüce, 2021), Mantolama ile kesit artırma (Zakar, 2013).....	60
Şekil 58. Kabataş Erkek Lisesi duvarlarına yapılan geri dönüşümü mümkün olmayan püskürtme beton uygulaması, İstanbul (Mahrebel, 2006).	60
Şekil 59. İstanbul-Mısır Çarşısı Balıkpazarı Kapısı üstü odalarının paslanmaz çelik hatılların yerleştirilmesi (Yüce, 2021).	61
Şekil 60. Bolonya Asinelli Kulesi Gergi uygulaması- iç mekân/ Bolonya Eğri Kule Gergi Uygulaması-Kuşaklama dış cephe görünüşü (Zakar, 2013).	61
Şekil 61. FRP çubukların epoksi reçine ile geri döndürülemez duvar güçlendirme uygulaması (Yüce, 2021).....	62
Şekil 62. FRP çubukların hidrolik kireç esaslı harçlar ile geri döndürülebilir duvar güçlendirme uygulaması (Keskin & Özen; Küçükdoğan, 2007).....	63
Şekil 63. Yığma yapıda kullanılan çelik kolonlar/ Yığma yapılardaki açıklıklarda çelik kullanımı (Cöcen, 2014).	64
Şekil 64. İstanbul-Fatih İskele (III. Mustafa) Cami Sıbyan Mektebi pencere açıklıklarının çelik lentolarla ile güçlendirilmesi (Yüce, 2021).	64

Şekil 65. İstanbul-Fatih İskele (III. Mustafa) Cami Sıbyan Mektebi kâgır ayakların paslanmaz çelik elemanlar ile güçlendirilmesi (Yüce, 2021).	64
Şekil 66. GFRP teller veya paslanmaz çelikten oluşan ağ ile duvar güçlendirme tekniği (Gattesco, 2011).	65
Şekil 67. Üstte CAM sistemi bağlantı sisteminin düzeni ve ızgaranın bir düğümünün detayı, Altta CAM sistemi uygulaması (Gattesco, 2011).	66
Şekil 68. İtalya-Forte Fuentes'te duvarın ard germeli dış kablolarla stabilizasyonu, Kablo ile duvar arasında yapılan bağlantı detayı, Ard germeli kablolarla Trezzo d'Adda Kalesi'nin duvarının güvenliğinin sağlanması (Jurina, Consolidamento Strutturale e Reversibilità, 2002).	67
Şekil 69. Solda bir döşemenin sehim yapması, Sağda Edirne Atik Ali Paşa Camii ahşap tavanının sehim yapması (Karakuş, 2012)	67
Şekil 70. Yetimhane, Büyükkada-İstanbul, Yığma kâgır yapıda ahşap döşeme hasarı (Vatan Kaptan, 2010).	68
Şekil 71. Solda Yetimhane, Büyükkada-İstanbul, Volta döşeme hasarı (Vatan Kaptan, 2010); Sağda Yıldız Hamidiye Camisi'ne ait geri döndürülebilir volta altı destek putrel kirişi uygulaması (Yalçın, 2022).	68
Şekil 72. Kırımlareli Gar Binası, Volta döşemedeki tuğla çatlaklarına enjeksiyon uygulaması (Güven, 2022).	69
Şekil 73. Solda ahşap döşeme kirişinde yapılan FRP güçlendirme uygulaması (Zakar, 2013). Sağda Mimar Sinan Üniversitesi Mimarlık Fakültesi'nin ahşap kirişli döşemelerinin betonarme döşemeye çevrilmek için kaldırılması (Yıldırım, 2023).	69
Şekil 74. Epoksi reçine ile döşemelerin güçlendirilmesi (Pinto, 2008).	70
Şekil 75. Ahşap kirişlerin çelik elemanlarla güçlendirilmesine bazı örnekler (Cöcen, 2014).	70
Şekil 76. Çelik elemanlarla ahşap zemin kirişlerine yapılan güçlendirme örnekleri (Brand, 2022).	70
Şekil 77. Çelik elemanlarla ahşap zemin kirişlerine yapılan güçlendirme uygulaması (Pinto, 2008).	71

Şekil 78. Solda kemer ve tonozlarda görülen deformasyonlar (URL-1, 2024), Sağda Isparta Ertokuş Han kemerde kayma (Karakuş, 2012).	72
Şekil 79. Fatih Külliyesi-İstanbul, Kubbe hasarları (Vatan Kaptan, 2010).	72
Şekil 80. İstanbul-Fatih, Mimar Sinan Çifte Hamamı Tonozda Meydana Gelen Çatlak (Yıldırım, 2023).	72
Şekil 81. Edirne-Üç Şerefeli Camii kemerlerde kullanılan çelik gergi düzenlemesi (Karakuş, 2012).	73
Şekil 82. Kayseri Gubaroglu Mescidi beton atılmış kubbe (Karakuş, 2012).	74
Şekil 83. İskendepaşa Camii ana kubbe kasnağında epoksi reçine sürülerek geri dönüşümü mümkün olmayan karbon lifli polimer kumaş (CFRP) uygulaması (Yüce, 2021).	74
Şekil 84. Kubbeyi desteklemek için kullanılan ön gerilmeli çelik bağlar Selanik- Rotunda (Küçükdoğan, 2007; Keskin & Özen).	74
Şekil 85. Tonoza uygulanan geri dönüşümsüz FRP bant ve çelik donatılarla yapılan güçlendirme uygulaması (Zakar, 2013).	75
Şekil 86. Tonoz üzerinde yer alan geri döndürülemez betonarme katman uygulaması (Karakuş, 2012).	75
Şekil 87. Tonozlara çelik gergilerle uygulanan geri döndürülebilir güçlendirme (Jurina, Consolidamento Strutturale e Reversibilità, 2002).	76
Şekil 88. Solda İtalya -St. Francis Bazilikası'nda Nervürlerin Yay ve Bağlantı Çubukları ile Çatıya Bağlanması; Sağda Aynı Bazilika'da Tonoz Stabilizasyon Sisteminin Bir Parçası Olarak Yay ve Amortisör Sistemi Kullanımı (Yıldırım, 2023).	76
Şekil 89. LAR ile yapılan FRP uygulamasının adımları (Cascardi, Dell'Anna, Micelli, & Lionetto, 2019).	77
Şekil 90. Yapışma ayırıcı sıvı madde -LAR ile yapılan FRP uygulaması (solda) ve "klasik" FRP uygulamasının (sağda) tersine çevrilebilirliğinin karşılaştırılması (Cascardi, Dell'Anna, Micelli, & Lionetto, 2019).	77

Şekil 91.İzmir/Konak -Hisar Camii geri dönüşü mümkün olmayan güçlendirme müdahalesi, Taşıyıcı ayaklara yapılan epoksi reçine üzerine FRP uygulaması (Uyar Z. , 2024)	78
Şekil 92. ÜstteSütündeki çatlağın paslanmaz çelik çemberler ile sağlamlaştırılması; Altta İstanbul- Çemberlitaş, Metal gerilerle yapılan çemberleme örneği (Yüce, 2021).	79
Şekil 93. Dere bölgesindeki deformasyon sonucunda suyun ahşap kirişlere ulaşarak çürütme mekanizması (Zakar, 2013).....	80
Şekil 94. Ahşap çatı taşıyıcıların metal donatılarla güçlendirilmesi (Zakar, 2013).	81
Şekil 95.Kırklareli Gar Binası, Gei döndürülemez müdahale-Ahşap çatı taşıyıcılarda bozulan kısımların yenilenmesi (Güven, 2022).....	81
Şekil 96. Kiriş güçlendirmek için yapılan geri dönüşümsüz CFRP uygulaması (Pinto, 2008).....	82
Şekil 97. Yapısal restorasyonda kullanılan geri dönüşümlü teknikler. Solda mevcut ahşap diyaframın çelikle iyileştirilmesi; sağda mevcut bir ahşap elemanın (kiriş, döşeme, çatı) çelik levhalarla güçlendirilmesi (S.Anthimos, Structural Restoration Of Historical Monuments Specific Exampels From Greek Practice, 2003).....	82
Şekil 98. Çelik kablolar kullanılarak yapılan çatı makası müdahale şeması ve detayları (Pinto, 2008).	83
Şekil 99. Metal levha ve kenetlerle güçlendirme (Brancaccio, 2016).....	83
Şekil 100. a)Duvarın üst noktasında betonarme hatıl, b)Betonarme hatılı duvara bağlayacak çubuklar (Karakuş, 2012)	84
Şekil 101. Horizon Flour Mill, Greece/ Castel Juval, Italy/ Church of Corbera d’Erbe Terra Alta, Spain (Nimwegen, 2020).....	84
Şekil 102. Kayseri-Sahabiye Medresesi, Düz çatıda akaçlama sisteminin çalışmamasından kaynaklı oluşan nem sorunu (Karakuş, 2012).	85
Şekil 103. Aşamalı olarak düz çatı örtüsünde güçlendirme (Zakar, 2013).....	86
Şekil 104. Solda Kayseri çevresinde bir köy evinin şematik olarak düz çatısı; Sağda Bitlis Yolalan Köyü, Düz çatılı evler (Karaca, 2021).....	86

Şekil 105. Düz çatılı geleneksel bir Diyarbakır Evi örneğinde ahşap kirişlerde bozulma ve esnemeler (Dabanoğlu & Çağlayan, 2024).....	87
Şekil 106. Düz çatıda geri döndürülemez bir uygulama- Ahşap malzemenin tamamen yenilenmesi Diyarbakır-Suriçi/Geleneksel bir Diyarbakır Evi Örneği (Dabanoğlu & Çağlayan, 2024).....	87
Şekil 107.Düz çatıda geri döndürülemez bir uygulama- Dam harcının serilmesi Diyarbakır-Suriçi/Geleneksel bir Diyarbakır Evi Örneği (Dabanoğlu & Çağlayan, 2024).....	87
Şekil 108. Katmanaları yeniden düzenlenerek oluşturulan geri döndürülebilirliği mümkün düz toprak çatı kesiti (Karaca, 2021).....	88
Şekil 109. Çoklu Analitik Yaklaşım İle Malzeme Analizinde Kullanılan Yöntemeler	93
Şekil 110.Doğal Taşların Sınıflandırılması	94
Şekil 111. Taş Malzemede Bozunma Türlerinin Sınıflandırılması (ICOMOS-ISCS, 2008; Öcal & Dal, 2012; Şener, 2020)	97
Şekil 112. İstanbul, Zeynep Sultan Cami Yüzeyde Kararma ve Renk Değişimi (Vatan Kaptan, 2010).....	98
Şekil 113.Farklı taş türlerinde çeşitli sebeplerle görülen renk ve kabuk oluşumları (Öcal & Dal, 2012).....	99
Şekil 114.Taş yüzeylerinde meydana gelen birikimler tuz, hayvan pisliği vb. (ICOMOS-ISCS, 2008; Öcal & Dal, 2012).....	100
Şekil 115. Phrygia Hierapolis Siyah lekelenme/Beyaz lekelenme (Çiçeklenme)/Gri lekelenme (Erdem, 2016)	100
Şekil 116.Metallerin neden olduğu renklenme / Farklı etmenlerin sebep olduğu renklenme /Asit yağmurlarının sebep olduğu renklenme (Öcal & Dal, 2012).	101
Şekil 117.a) Büyük Han'da restorasyonu yapılmış bir duvarda tuzlanma (Lefkoşa) b)Theodosius Zafer Takına ait mermer mimari eleman üzerinde şekerlenme (İstanbul) (Çetin, 2024).....	101
Şekil 118.a) Mustafapaşa M.Y. O.binasının temeline ait tuf taşlarda tozlaşma(Nevşehir), b)Selimiye Camii- St. Sophia Katedrali bir bloğun kimyasal bozunma sonucunda kabuklanması	

(Lefkoşa), c) Kale duvarında kristalleşme sonucunda oluşan kabarma (Ankara) (Çetin, 2024).....	103
Şekil 119. Çiçeklenme(Tuz Kristalleri oluşum evreleri) (Zakar, 2013).....	103
Şekil 120. Taş heykeller ve duvar yüzeylerine yapılan grafitiler (ICOMOS-ISCS, 2008); İstanbul-Köprülû Medresesi tarihi yapı cephesine vandalizm (Vatan Kaptan, 2010).	104
Şekil 121.Yağ lekeleri/ Organik lekeler/ Metalik lekeler (Öcal & Dal, 2012).....	105
Şekil 122.Kabuk altı çiçeklenmesi-Kumtaşı	105
Şekil 123. Alveolar ayrışma (Ünal, 2023).....	106
Şekil 124. Solda taşlarda görülen diferansiyel erozyon (Ünal, 2023);Sağda Afyon Boyalıköy Medresesi (Yurttaş, 2018)	107
Şekil 125. Taş sütunlarda görülen mekanik hasarlar (Ünal, 2023)	107
Şekil 126. Solda parça kaybının olduğu bir heykel (ICOMOS-ISCS, 2008); Sağda Kırşehir Cacabey Medresesi'nde görülen parça kaybı (Yurttaş, 2018)	108
Şekil 127. Solda Konya İnce Minareli Medrese, Sağda Bursa İznik Surları Çatlakları (Yurttaş, 2018).	109
Şekil 128.Kırık/Yıldız şeklinde kırık/Kılcal çatlak/Çatlaklar Ağı/Yarık (ICOMOS-ISCS, 2008; Öcal & Dal, 2012).....	109
Şekil 129.Daha çok mermerlerde görülen deformasyon ve bükülmeye örnekler (ICOMOS-ISCS, 2008).....	110
Şekil 130. Sivas- Ulu Camii Parça Kopması (Yıldırım, 2023).	110
Şekil 131.Taş yüzeyinde meydana gelen kabarma (Öcal & Dal, 2012).....	111
Şekil 132.Metal kenetin korozyonu sonucu oluşan patlama (Öcal & Dal, 2012).	111
Şekil 133.Taş yüzeyinde tabakalaşma (Tayşi, 2021).....	112
Şekil 134. Sırçalı Medrese taç kapısında meydana gelen dağılmalar (Ünal, 2023).....	113
Şekil 135.Taş yüzeyinde oluşan algler (ICOMOS-ISCS, 2008)	114

Şekil 136.Yosun oluşumu (ICOMOS-ISCS, 2008).....	114
Şekil 137.Farklı taş türlerinde liken oluşumu (ICOMOS-ISCS, 2008).....	115
Şekil 138. Taş malzemede gözlemlenen mantarlar, Solda Konya Alâeddin Cami (Ünal, 2023); Sağda Val de Loire, Fransa (Vatan Kaptan, 2010).	116
Şekil 139.Taş yüzeyinde bitkilenme Kamboçya, Angkor, Chao Sey (ICOMOS-ISCS, 2008); Bitlis Şerefiye Cami (Öcal & Dal, 2012).	117
Şekil 140. Solda Tokat Niksar Yağıbasan Medresesi Sağda Afyon Boyalıköy Medresesi, bitkilenme (Yurttaş, 2018).....	117
Şekil 141.Taş Malzemede Müdahale Yöntemleri	120
Şekil 142.Basınçlı su ile temizlik (Zakar, 2013; Kaçmaz, 2020)	122
Şekil 143. Atomize su ile yıkama (Ersen, 2013).	123
Şekil 144.Solda küçük el aletleri ile yapılan temizlik (Ersen, 2013); Sağda St. Pierre Han- Raspalama işlemi sonucunda bulunan motif (Güven, 2022).	125
Şekil 145.Kumlama uygulaması (Ersen, 2013)	125
Şekil 146.Mikro kumlama ile yapılan yüzey temizliği a) öncesi, b) sonrası (Zakar, 2013).....	126
Şekil 147.Tarihi taş yapıda odunsu bitkilerin temzilenme aşamaları (Kaçmaz, 2020)	127
Şekil 148. Bursa-Yıldırım Bayezid Camii, Kimyasal temizlik uygulamaları (Kaçmaz, 2020).	128
Şekil 149.Lazer ile temizleme (Ersen, 2013)	131
Şekil 150.Kuru buz ile temizlik uygulaması (Ersen, 2013).....	131
Şekil 151.Taş yapıda hatalı çimento kullanımı ile meydana gelen deformasyon (Tayşi, 2021).	133
Şekil 152.Solda Püskürtme yöntemiyle sağlamlaştırıcı uygulaması; Sağda fırça sürme yöntemiyle sağlamlaştırıcı uygulaması (Tayşi, 2021).	134
Şekil 153.Taş malzemede plastik onarım aşamaları (Zakar, 2013).....	135

Şekil 154. Taş malzemede plastik onarım yöntemi (Zakar, 2013).....	136
Şekil 155. Taş Malzemede Geri Döndürülebilir Müdahale Yöntemlerinin Sınıflandırılması	139
Şekil 156. Su itici uygulama yapılmamış ve yapılmış taştaki bir su damlasının statik temas açısının şematik gösterimi (Sierra-Fernandez, Gomez-Villalba, Rabanal, & Fort, 2017).	142
Şekil 157. San Leonardo di Siponto Kilisesi ZnO uygulaması/İtalya. a)Dış cephesi b) Test alanlarının gösterimi (Uyar Z. , 2024).	144
Şekil 158. Villa dei Papiri'nin SE duvarında yer alan biyolojik bozunmaya TiO ₂ uygulaması/ İtalya; Sırasıyla Şubat 2015, Nisan 2015 ve Eylül 2015'te duvar yüzeylerinde biyolojik kolonizasyonun durumu (Uyar Z. , 2024).	145
Şekil 159. İşlenmemiş ve işlenmiş taş yüzeylerdeki kendi kendini temizleme işlemlerinin şematik gösterimi (Sierra-Fernandez, Gomez-Villalba, Rabanal, & Fort, 2017; Karkas, Tarihi Yapıların Cephelerinde Kullanılan Kagit Yapı Malzemelerinde Konservasyon Çalışmalarının İrdelenmesi ve Sistemik Bir Yöntem Önerisi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul., 2020).	146
Şekil 160. İtalya'da Monza Katedrali'nde TiO ₂ nanoparçacıkları ile yapılan koruyucu-su itici yüzey uygulaması (Gherardi, Gulotta, Goidanich, Colombo, & Toniolo, 2017).	146
Şekil 161. PLA uygulanmadan önce taş yüzeyi hidrofobikliği, PLA uygulandıktan ve yaşlandırma testine tabi tutulduktan sonra hidrofobiklik –SEM görüntüleri (Kaplan, Böke, Sofuoğlu, & İpekoğlu, 2019).	148
Şekil 162. PHB uygulanmadan önce taş yüzeyi hidrofobikliği, PHB uygulandıktan ve yaşlandırma testine tabi tutulduktan sonra hidrofobiklik-SEM görüntüleri (Kaplan, Böke, Sofuoğlu, & İpekoğlu, 2019).	150
Şekil 163. Zeinin taş yüzeyine uygulanması (Zucchelli, 2021).	151
Şekil 164. Solda: zein uygulanmadan önce taş yüzeyi (a,c), zeinin uygulandıktan sonra taş yüzeyinde oluşturduğu pürüzsüzlük (c,d); sağda zeinin taş yüzeyden kaldırıldıktan sonra herhangi bir zarar vermediği gözlemlenmektedir (Zucchelli, 2021).	152

Şekil 165.PVA-B/AG ile duvar yüzeyinde temizleme a) öncesi b)sonrası (Alemam, 2021).	154
Şekil 166. Nasıra'daki Müjde Bazilikası duvar resimlerinde Nanoyapılı temizleme sıvısı uygulanması /İsrail. (Üst) Restorasyon öncesi. (Alt) Restorasyon sonrası.	155
Şekil 167.Ca(OH) ₂ Nanoparçacıklı karışımli dispersiyon uygulaması gösterimi (Uyar Z. , 2024)	159
Şekil 168. Beyazıt Camii avlu duvarı numunesinde yapıda nanotedavi öncesinde mevcut olan bütün kırık ve çatlakların nanopartiküllerle doldurulduğu ve karbonatlaşma süreci sonrasında kemikleşerek yapıya mukavemet kazandırdığı nano- tedavi sonrasında açıkça görülmektedir (Dölgen, 2016; Uyar Z. , 2024).	160
Şekil 169. İtalya-Bologna'da Rolandino De Passeggeri Mezarının sütun kaidesine yapılan hidroksiapatit (HAP) sağlamlaştırıcı uygulama aşamaları (Scherer, Franzoni, Sassoni, & Graziani, 2018).	160
Şekil 170.Solda sağlamlaştırıcı öncesi; sağda sağlamlaştırıcı sonrası (Scherer, Franzoni, Sassoni, & Graziani, 2018).	161
Şekil 171. Portekiz-Loulé Kilisesi'nde biyo sağlamlaştırıcı uygulaması; Solda uygulama öncesi, sağda uygulama sonrası (Rodriguesa & Pinto, 2019).	162
Şekil 172.İşlevlerine Göre Harçların Sınıflandırılması (Pekmezci, 2012).	166
Şekil 173. Harç ve Sıvalarda Bozunma Türlerinin Sınıflandırılması	167
Şekil 174.Solda sıva harcında dökülmeler sonucu malzeme kaybı, sağda sıva harçlarında ufalanma (Ağan, 2017)	168
Şekil 175.Aksaray-Ihlara Vadisi, Direkli Kilise Sıva Dökülmesi (Günözü, 2014).	168
Şekil 176. Solda harçlarda rötre çatlağı; Sağda sıva harçlarında kirlilik (Ağan, 2017).	168
Şekil 177.Harç ve Sıvalarda Müdahale Yöntemleri	171
Şekil 178. Ayasofya'nın kubbe mozaiklerinin sağlamlaştırılması amacıyla yapılan harç enjeksiyonu; Solda mikro enjeksiyon, sağda makro enjeksiyon (Cura, 2024).	172

Şekil 179.Sıvanın enjeksiyon tekniğiyle sağlamlaştırılması (Zakar, 2013).....	172
Şekil 180. Derz Onarımı (Karakuş, 2012).....	173
Şekil 181.Ankara-Altındağ, Arslanhane Camii; Solda boşalmış derzler, sağda yeniden derzleme (Karakuş, 2012).....	174
Şekil 182.Harç ve Sıvalarda Geri Döndürülebilir Müdahale Yönetimleri	175
Şekil 183.Aerojel Render Uygulamasının Şematik Gösterimi (Ganobjaka, Brunnera, & Wernerya, 2020).	177
Şekil 184. İzmir, Birgi Köyü geleneksel evlerinden ahşap hatıl ve ahşap payandaların kullanımı (Yüce, 2021).	179
Şekil 185. Ahşap Malzemede Bozunma Türlerinin Sınıflandırılması.....	181
Şekil 186.İklimsel etmenlerden kaynaklı solda cephede kararma, sağda güneş alan kısımda renk değişimi (Saatçi & Gürsoy)	181
Şekil 187.Hatalı taşıyıcı sistem kurgusunun yapı hasarına etkisi (Saatçi & Gürsoy).....	182
Şekil 188. Bursa-Cumalıkızık Geleneksel Konutlarda Hatalı Onarım Etkisi (Perker & Akıncıtürk, 2006).	183
Şekil 189.Bursa-Cumalıkızık Geleneksel Konutlarda Bakımsızlık ve Terk Etkisi (Perker & Akıncıtürk, 2006).....	183
Şekil 190.İklimsel etmenlerden kaynaklı bozulmalar (İ.B.B., 2009).	184
Şekil 191.Solda ahşap yapı elemanlarında su ve nem etkisiyle meydana gelen deformasyonlar (Karaman & Zeren, 2010); Sağda Cumalıkızık konutlarında meydana gelen deformasyonlar (Perker & Akıncıtürk, 2006).....	184
Şekil 192. İstanbul-Büyükkada Rum Yetimhanesi, Su ve Nemden Dolayı Ahşap Elemanlarda Bozulma (Yıldırım, 2023).....	185
Şekil 193. Balıkesir-Ahşap yapıda yangın etkisiyle malzemenin bozulması (Ağan, 2017).	185
Şekil 194.Cumalıkızık Ahşap Yapılarında Korozyon Etkisi (Perker & Akıncıtürk, 2006).	186
Şekil 195. İstanbul-Nuruosmaniye Cami, Ahşaptaki mantarlaşma, çürüme ve böceklenme (Durak, 2012).	187

Şekil 196. Solda Cumalıkızık konutlarında böcek ve kurt etkisi; Sağda Cumalıkızık konutlarında bakteri ve mantar etkisi (Perker & Akıncıtürk, 2006).	187
Şekil 197. Solda böcekleri ahşap yüzeyinde meydana getirdikleri uçma delikleri ve galeriler; Sağda Ahşap taşıyıcıda böcek ve mantarın meydana getirdiği tahribat (İ.B.B., 2009).	188
Şekil 198. Ahşap Malzemede Müdahale Yöntemleri	191
Şekil 199. İstanbul-Nuruosmaniye Cami, Ahşap malzemede temizlik-bütünleme-sağlamaştırma (Alioğlu & Aydemir, 2012).	192
Şekil 200. Mekanik yöntem ve ısı yöntemi ile boya sökümü (İ.B.B., 2009).	193
Şekil 201. Kimyasal yöntem ile boya sökümü (İ.B.B., 2009).	193
Şekil 202. İstanbul- Yenicami Hünkâr Kasrı, Sırasıyla fırça ile sürülerek sağlamaştırma uygulamaları, enjeksiyon yöntemi ile sağlamaştırma, Emprenye yöntemi ile sağlamaştırma (İ.B.B., 2009).	194
Şekil 203. Kırklareli Gar Binası, Çürüyen çatı kirişinin yeni parça takviyesi ile sağlamaştırması (Güven, 2022).	195
Şekil 204. Geri döndürülebilirliği mümkün olmayan müdahale yöntemi, Ahşap yapı elemanlarında bozulmuş kısımların yeni malzemeler ile tamamlanması ve güçlendirilmesi (Gómez, 2007).	195
Şekil 205. Ankara Altındağ Cenab-ı Ahmet Paşa Camii Ahşap elemanlarda enjeksiyon yöntemi ile ilaçlama çalışmaları (KUDEB, 2009-2011).	196
Şekil 206. Kırklareli -Kaptan'ın Evi yeniden yapılan ahşap çatı makasları (Güven, 2022).	198
Şekil 207. İstanbul-Mısır Çarşısı moloz taş duvarlarında çürümüş ahşap hatılın yenilemesi (Yüce, 2021).	198
Şekil 208. Ahşap Malzemede Geri Döndürülebilir Müdahale Yöntemleri	199
Şekil 209. Ahşap elemanların birleşim detayları; geçme, çapraz geçme, lamba zıvana, boğaz geçme ve kurtağzı (Yüce, 2021).	200

Şekil 210. Solda ahşap döşeme malzemelerinin ek bir metal sisteme asılarak desteklenmesi; sağda ahşap döşemede metal gergi kullanımı (Zakar, 2013).....	200
Şekil 211.Ahşap döşeme eleman ve bağlantılarında metal kenet kullanımı (Gómez, 2007).....	201
Şekil 212. Fransa-Beauvais Katedrali'nde kullanılan geri döndürülebilirliği mümkün ahşap gergi destekler (Yıldırım, 2023).....	202



TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Mimari Yapı Elemanlarında Geri Döndürülebilir ve Geri Döndürülemez Uygulamaların Sınıflandırılması(Yazar tarafından hazırlanmıştır.).....	88
Tablo 2. Taşa zarar verdiği bilinen tuzlar ve kaynakları (*Sülfür oksitlerinden ve sülfirik asitlerden kaynaklanan hava kirliliğidir.) (Zakar, 2013)Yeniden Düzenlenmiştir.....	102
Tablo 3. Taş Malzeme Analizleri (Yazar tarafından yeniden düzenlenmiştir.) (KUDEB, 2009-2011)	118
Tablo 4. Suyun Taş Malzemelerle Olası Etkileşimi ve Bozulma Mekanizmaları (Zucchelli, 2021)	140
Tablo 5. Taş Malzemedede Geri Döndürülebilir ve Geri Döndürülemez Uygulamaların Sınıflandırılması(Yazar tarafından hazırlanmıştır.).....	162
Tablo 6. Harç Ve Sıva Analizleri(Yazar tarafından yeniden düzenlenmiştir.) (KUDEB, 2009-2011)	169
Tablo 7. Harç ve Sıvalarda Geri Döndürülebilir ve Geri Döndürülemez Uygulamaların Sınıflandırılması	178
Tablo 8. Ahşap Malzeme Analizleri(Yazar tarafından yeniden düzenlenmiştir.) (KUDEB, 2009-2011).	189
Tablo 9. Ahşap malzemelerin koruma ve onarımında kullanılan nanopartiküllerin özellikleri, hangi amaçla kullanıldığı (Ansell, 2013; David, Ion, Grigorescu, Iancu, & Andrei, 2020; Uyar Z. , 2024).	203
Tablo 10. Ahşap Malzemedede Geri Döndürülebilir ve Geri Döndürülemez Uygulamaların Sınıflandırılması	205
Tablo 11. Geri Döndürülebilirlik Parametrelerinin Belirlenmesi ve Müdahale Yöntemlerin Bu Parametrelere Göre Değerlendirilmesi(Yazar tarafından hazırlanmıştır.).....	208

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

UNESCO	: Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Kurumu
ICOMOS	: Uluslararası Anıtlar ve Sitler Konseyi
SPAB	: Society for the Protection of Ancient Building
MCDM	: Multiple Criteria Desicion Making/Çoklu Analitik Yaklaşım
NDT	: Non-Destructive Technique /Tahribatsız Muayene Yöntemleri
DT	: Desctuctive Technique /Tahribatlı Muayene Yöntemleri
XRD	: X-Ray Diffraction /X-Işını Kırınımı
XRF	: X-Ray Fluorescence/X-Işını Spekrorometresi
SEM	: Scanning Electron Microscope/Tarayıcı Elektoron Mikroskobu
EDX	: Enerji Dağılımı X-Işını Spektrometresi
FTIR	: Flourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektrokopisi
SFM	: Structure From Motion
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
SLA	: 3D Stereolitografik Yazıcı
FEA	: Finite Element Analysis /Sonlu Elemanlar Analizi
DCT	: Diagonal Compression Test/Diyagonal Sıkıştırma Testleri
SCT	: Shearing Pressure Test/Kesme Basınç Testleri
EMA	: Etil Metakrilat
MA	: Metil Akrilat
PMMA	: Poli(metil metakrilat) /Paraloid B67
PiBMA	: Poli(izobulil metakrilat)
TiO ₂	: Titanyum Dioksit
SiO ₂	: Silikon Dioksit
PLA	: Polilaktik Asit
PHA	: Poli(hidroksialkanoat)
PHB	: Poli(3-hidroksibutirat)
PHBVV	: Poli(3-hidroksibutirat-ko-3-hidroksivalerat-ko-4-hidroksivalerat)
PVA-B	: Polivinil Alkol-Boraks
PVA-B/AG	: Polyvinyl alcohol–Borax/Agarose
Ag	: Gümüş

Cu : Çinko
ZnO : Çinko Oksit



1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Tarih boyunca insanoğlunun en temel gereksiniminin barınmak ve ana faaliyetlerinden bir tanesinin inşa etmek olduğunu söylemek mümkündür. Mimarlık ürünleri, ilk etapta yalnızca barınma ihtiyacına cevap vermesi yönünde bir işlevi varmış gibi düşünülse de kültürün geliştiği her yerde geleneksel dokuda var olan yapı malzemelerini, yapı tipolojilerini, yapım tekniklerini kullanarak, toplumların kültürel birikimlerini mekânlar ve anıtlar üzerinden okuyabilmeye olanak tanıyan somut göstergeler olmuşlardır. Geçmişten günümüze ayakta kalmayı başarmış her yapı bu bağlamda oldukça önemlidir. Fakat zaman geçtikçe iç etmenler (yapının konumundan kaynaklanan hasarlar, strüktür tasarımındaki hatalar, zemin özellikleri, hatalı malzeme kullanımı, kötü işçilik ve detay kullanımı) veya dış etmenler (deprem, sel gibi doğal afetler; savaşlar, yangınlar, terk etme, vandalizm, kötü kullanım ve onarımlar) nedeniyle kültürel miras tahrip olmuş ve birçoğu ağır hasar almıştır (Ahunbay, Tarihi Çevre Koruma ve Restorasyon, 2017; Mahrebel, 2006).

İnançların, geçmişe duyulan saygı ve merakın, geleneklere bağlılığın ve kültürlerin sürdürülebilirliğinin yapılar üzerinden devam ettirilmesi sebebiyle 18. yüzyılda şekillenmeye başlayan koruma düşüncesi, 19. yüzyılın sonlarına doğru kuramsal temeller üzerinde gelişim göstermiş ve 20.yy başlarından itibaren de uluslararası düzeyde tüzüklerle yazılı hale getirilmeye başlanmıştır. Tarihi anıtların korunmasına yönelik ilk somut tanıma 1931 yılında yayımlanan, kapsamlı bir harekete öncülük etmiş olan Atina Tüzüğü'dür. Bu tüzükle dünyanın farklı ülkelerinden gelen koruma uzmanları ile uygun koruma yaklaşım ve müdahalelerini belirlenmiş; restorasyonda uluslararası koruma kurallarının oluşturulmasını kararlaştırmışlardır. Bu kararlar Carta del Restauro adıyla yürürlüğe konulmuştur. Otuz yılı aşkın çalışmalardan sonra tarihi eserlerin korunması ve restore edilmesi için 1964 yılında yayımlanan on altı maddelik Venedik Tüzüğü ile koruma kapsamı daha geniş bir çerçevede yeniden çizilmiştir (Kuban, Restorasyon Kriterleri ve Carta Del Restauro, 1962; Ahunbay, Tarihi Çevre Koruma ve Restorasyon, 2017).

1965 yılında ise UNESCO tarafından bu tüzüklerin uygulayıcısı ve koruyucusu olarak Uluslararası Anıtlar ve Sitler Konseyi (ICOMOS) kurulmuştur. ICOMOS'un 1979 yılındaki toplantısında Venedik Tüzüğü'nün tüm felsefe ve konsepti kabul edilmiş, fakat bunları daha pratik ve kullanışlı bir hale getiren bir forma dönüştürülerek Burra Tüzüğü yayınlanmıştır.

Burra Tüzüğü'nde çağdaş restorasyon uygulamalarına öncülük edecek koruma ilkeleri, koruma süreçleri ve koruma uygulamalarına açıklık getirilmiş; kavramsal tanımlamalar yapılmıştır. Bu kavramsal tanımlamaların başında daha önce Venedik Tüzüğü'nde ele alınmış fakat kavramsal olarak ilk defa Burra Tüzüğü'nde açık bir şekilde tanımı yapılmış olan “Geri Döndürülebilirlik” dikkat çekmektedir. Burra Tüzüğü'nün “Değişim” başlıklı 15. Maddesinde kültürel mirasımızın önemini azaltan ve geri dönüşü olmayan müdahalelerin zorunda kalmadıkça uygulamasından kaçınılması, değişikliklerin koşullar elverdiği sürece mutlak suretle geri alınabilmesine vurgu yapılmaktadır. Değişen çağ ve gelişen teknolojinin beraberinde getirdiği yenilikçi yöntemler ve malzeme çeşitliliğiyle uygulanan müdahalenin her zaman bir öncekinden daha iyi olması ve buna paralel gelecekte yapılabilecek yenilikçi koruma eylemine engel teşkil etmemek açısından müdahale ne zaman yapılmış olursa olsun geçici olarak değerlendirilmesi gerektiği savunulmaktadır (Burra Charter, 2013) .

Bu açıklamalarda, tarihi eserlerin restorasyonunda kullanılan malzemelerin ve tekniklerin geri döndürülebilir olması, koruma çalışmalarında önemli ve özel bir gereklilik olduğu anlaşılmaktadır. Sonrasında yayınlanan Ahşap Tarihi Yapıların Korunmasına İlişkin İlkeler(1999), Mimari Mirasın Analizi, Korunması ve Strüktürel Restorasyonu İçin İlkeler (2003), ICOMOS 2011 Dublin İlkeleri ve Ahşap Mimari Mirasın Korunması İçin İlkeler (2017)'de de geri döndürülebilirlik kavramına atıflar vardır. Fakat ne geleneksel malzemede ne de kullanılabilecek teknikler özelinde geri döndürülebilirlikle ilgili sınır tanımlaması ve yapılmış detaylı bir çalışma bulunmaktadır. Literatür taramasıyla, tarihi yapıların restorasyon müdahalelerinde ciddi bir öneme sahip olan geri döndürülebilirlik kavramında tespit edilmiş olan bu eksiklikler tez çalışmasının temelini oluşturmaktadır.

Tez çalışması kapsamında mimari restorasyonda kullanılabilen geri döndürülebilir müdahaleler ve malzeme üzerinde yapılan uygulamaların saptanabilmesi için gereken alt-üst sınırlar, parametreler ve kriterleri ortaya konulması amaçlanarak özgün bir çalışma yapmak hedeflenmiştir. Bu kapsamda tez çalışması üç farklı bölümde ele alınmaktadır. İlk bölümde geri döndürülebilirlik kavramının ele alındığı konuları ortaya koyarak her bir başlık altında yapılmış olan geri döndürülebilir ve geri döndürülemez uygulamaları karşılaştırmalı olarak örneklemek ve ardından her bir başlık sonunda bu uygulamaları tablolar halinde göstermektir. İkinci bölümde mimari restorasyonda kullanılan geleneksel yapı malzemelerinden taş, ahşap, harç-sıvaların bozunma türlerini, bu bozunmaların tespiti için kullanılan analiz yöntemlerini ve son olarak geleneksel malzemelere müdahalede kullanılan

geri döndürülemez ve geri döndürülebilir müdahale yöntemlerini derlemektir. Üçüncü bölümde ise yapılan literatür taraması sonucunda geri döndürülebilirliğe alt-üst sınır ve parametreler belirleyerek önceki bölümlerde derlenmiş olan müdahale yöntemlerinin ne oranda geri döndürülebilir ya da geri döndürülemez olduğu saptamaya çalışılmıştır.

1.2. Problemin Tanımı

Geçmişten bugüne kültürel mirasın izlerini üzerinde taşıyan ve bu izleri sonraki nesillere aktaran tarihi eserleri koruma düşüncesi her çağda var olmuştur. Tarih boyunca farklılıklar barındıran koruma düşüncesi özellikle 18. yüzyılda şekillnmeye ve 19. yüzyılda bilimsel temellere dayandırılmaya başlamıştır. 20.yy’a gelindiğinde ise 1964 Venedik Tüzüğü ile birlikte kuramsal çerçevesi ve standartları belirlenmiştir. Kültürel mirasın korunması ve restorasyonuna yönelik, uluslararası düzeyde temel belge niteliği taşıyan Venedik Tüzüğü’nün, günümüz ihtiyaçlarına cevap veremediği durumlara karşı çözüm üretmek, yeni tartışma ortamları oluşturularak gelişen ve genişleyen koşullara uyumlu ilkeler belirlemek gibi amaçlarla uluslararası nitelikte Avrupa Konseyi, UNESCO (The United Organization for Education, Sicience and Culture), ICOMOS (International Council on Monuments and Sites) gibi kuruluşlar oluşturulmuştur. Bu kuruluşlar, gelişen teknolojiyi takip etmekte ve tarihi eserlerin koruma ve restorasyonunda çağın koruma ihtiyacına yönelik çözüm önerileri geliştirmektedir (Ahunbay, Tarihi Çevre Koruma ve Restorasyon, 2017; Resuloğlu, 2005).

Uluslararası kuruluşlar korumada etkili çözüm önerileri ortaya koymak için bazı kavramlar belirlemekte ve bu kavramsal temeller üzerinden de doğru müdahaleler hedeflemektedir. Çağdaş retorasyon kuramının koruma anlayışından bakıldığında, bu kavramların başında ilk defa Venedik Tüzüğü’nde atıf yapılan ‘‘reversibility (geri döndürülebilirlik)’’ dikkat çekmektedir. Uluslararası düzeyde ilk defa 1964’te yayımlanan Venedik Tüzüğü’nde korumada önceliğin geleneksel tekniklere verilmesi, yetersiz kaldığı durumlarda ise çağdaş restorasyon teknikleri ve malzemelerinin kullanımı önerilmektedir. Fakat müdahalenin gerçekleştirilmesi kullanılan çağdaş teknik ve malzemenin tarihi yapıya uyumlu olup olmadığı ile ilgili güvenilir verilerin olmasına bağlıdır (Yurttaş, 2018; Venedik Tüzüğü, 1964).

Venedik Tüzüğü’nden sonra 1979 Burra Tüzüğü yayımlanana kadar geçen on beş yılda, net bir şekilde geri döndürülebilirlikle ilgili herhangi bir tanımlama yoktur. 1979 yılına

gelindiğinde Burra Tüzüğü geri döndürülebilirlik kavramının tanımını açıkça yapmaktadır. Fakat bu tüzükte de tanımını yapılmasına rağmen çerçevesi çizilmemiş, standartları belirlenmemiştir. Sonrasında Ahşap Tarihi Yapıların Korunmasına İlişkin İlkeler(1999); Mimari Mirasın Analizi, Korunması ve Strüktürel Restorasyonu İçin İlkeler (2003); ICOMOS 2011 Dublin İlkeleri, Ahşap Mimari Mirasın Korunması İçin İlkeler(2017) yayınlanmıştır. Bu ilkeler evrensel nitelik taşımaya ve koruma olgusunda geri döndürülebilirliği evrensel ilkelerden bir tanesi olarak belirlemesine rağmen herhangi bir net sınır tanımlaması ve geri döndürülebilir müdahalelerin neler olduğu yönünde açıklama yer almamaktadır.

Bu sebeple Tüzüklerde belirtilen geri döndürülebilirlik kavramının yalnızca bir tavsiye niteliği taşımakta olduğu söylenebilir. Kavram genel hatlarıyla açıklanmış olsa da tarihi yapılarda karşılığının ne olması gerektiği, hangi uygulamaların geri döndürülebilir olarak değerlendirildiği, hangi uygulamaların uzun vadede yapıya zarar vereceği; geri döndürülebilirlikte belirlenmiş alt-üst sınırlar, kriterler ve parametrelerin belirlenmemesi gibi bazı problemlerle karşılaşmaktadır.

Bu belirsizlik 21.yy'ın koruma perspektifinden bakıldığında kültürel miras üzerindeki gerçekleştirilmesi hedeflenen geri döndürülebilir uygulama müdahalelerine ve malzemelerine tam karşılık bulamadığı için yanlış ya da eksik yapılan uygulamaların tarihi eserler üzerinde olumsuz etkilere gözlemlenebilmektedir. Bu etkilerin ortadan kaldırılıp kaldırılamayacağı, yapının orijinal haline geri döndürülebilirliğinin mümkün olup olmayacağı sorusu nesiller arasında köprü görevini üstlenen tarihi eserler için oldukça mühimdir.

Bu tez ilk etapta çağdaş restorasyon kuramına ve 21.yy koruma düşüncesine paralellik gösterecek şekilde geri döndürülebilirlik kavramının hangi alanlarda söz konusu bir kavram olduğunu, ardından tarihi eserlerin koruma ve restorasyonunda kullanılan müdahalelerin geri döndürülebilir alternatiflerinin var olup olmadığını araştırmaya çalışmıştır. Daha sonra geleneksel malzeme olan taşın deformasyona uğramış olanlarının yenileriyle değiştirmek yerine; gelişen malzeme teknolojisinin imkânlarından faydalanarak geri döndürülebilirliklerinde kullanılabilecek alternatif çözümlerin ve ayrıca geçmişten bugüne belirlenmemiş olan geri döndürülebilirlik kriterleri, parametreleri, alt-üst sınır tanımlamalarına karşılık bulmanın mümkün olup olmadığını problem olarak belirlemesine çalışılmıştır.

1.3. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

20.yy'dan itibaren tüzükler ve ilkeler; ardından ICOMOS, UNESCO gibi uluslararası kuruluşların varlığıyla şekillenen koruma olgusu, gelişen dünya düzeniyle birlikte evrensel düzeyde koruma yaklaşımlarını şekillendirmiştir. Bunlardan bazıları minimum müdahale, uyumluluk, ayırt edilebilirlik, geri döndürülebilirlik ve dayanıklılıktır. Bu kavramlardan geri döndürülebilirlik özellikle 21.yy koruma anlayışında ön plana çıkmaktadır. Tarihi eserlerin uzun vadede orijinal halleriyle varlıklarının devamı ettirilebilmesi; çağ geliştikçe, daha etkin bir müdahale yöntemi var oldukça yapıya zarar vermeden teknik ve malzemelerin yerini yenilerine bırakabilmesini hedeflemektedir (Atina Tüzüğü, 1931; Venedik Tüzüğü, 1964).

Yapılan literatür taramasından elde edilen bilgilerle mimari restorasyonda geri döndürülebilirliğin kapsamını 6 farklı başlıkta ele almak mümkündür. İlk olarak koruma düşüncesi ve geri döndürülebilirlik kavramının açıklanması ardından sırasıyla işlevsel geri döndürülebilirlik; kültürel önemi ve kimlik değerlerini azaltan değişikliklerin geri döndürülebilirliği; sit alanlarında döndürülebilirlik; yapının iç etmenlerden kaynaklanan strüktürel tasarımındaki hatalar, zemin özellikleri, hatalı malzeme kullanımı ve yapının dış etmenlerinden kaynaklanan deprem etkisine dayalı müdahalelerde geri döndürülebilirlik (literatür taramasında çoğunlukla sismik bölgelerde çalışmalar yapıldığı görülmektedir); son olarak da geleneksel malzemede (taş, ahşap, harç/sıva) meydana gelen deformasyonlara uygulanan müdahalelerde geri döndürülebilirliktir.

Problem tanımında bahsedildiği gibi tanımsal olarak belirli fakat sınır ve ölçütler bağlamında belirsiz olan ‘‘Geri Döndürülebilirlik’’ kavramının sınırlarını çizmek alt-üst parametrelerini belirlemek, müdahalelerin ne oranda geri döndürülebilir olduğunu saptamak ve kullanılan çağdaş restorasyon tekniklerinde kullanılabilecek alternatif geri döndürülebilir müdahaleleri örneklerle açıklamak, koruma uygulamalarına katkı sağlayarak meslek insanlarının gereksinim duyacağı teknik ve pratik bilgileri derlemek bu tez çalışmasının amacını oluşturmaktadır.

1.4. Çalışmanın Yöntemi

Çalışmanın ilk bölümünde ‘‘Mimari Restorasyonda Geri Döndürülebilirlik’’e yönelik literatür taraması yapılarak kavramın tanımı, atıf yapılan tüzükler ile birlikte evrensel koruma olgusu açısından gelişim süreci, mimari restorasyonda ele alındığı konular ve bu konular özelinde kültürel mirasta bugüne kadar geri döndürülebilirliğe yönelik yapılmış

uygulamalar ve müdahalenin geri döndürülebilirliğini saptayan deneysel çalışmalar hakkında bilgi elde edilmiştir. Yapılan literatür taramasında geri döndürülebilirliğin ne oranda olabileceğini anlayabilmek ve net sonuçlara ulaşabilmek için birden fazla deneysel analizin bir arada kullanıldığı ‘‘Çoklu Analitik Yaklaşım - MCDM (Multiple Criteria Desicion Making)’’ yönteminin benimsendiği saptanmıştır.

Yapılan araştırmada strüktürel problemlerden kaynaklanan müdahalelerde geri döndürülebilirlik söz konusu olduğunda strüktürde meydana gelen değişimi ortaya koymak için sayısal ve deneysel analizlerin; malzeme bazında geri döndürülebilirlik söz konusu olduğunda ise fiziksel, kimyasal ve minerolojik yapıyı anlamaya yarayan deneysel analizleri bir arada kullanılmaktadır. Çalışma yönteminde yapılan araştırmadan yola çıkarak bazı sınıflandırmalar yapılmıştır. Bunlar hangi malzeme bazında ya da hangi strüktürel problemde hangi yöntemlerin, hangi amaçla, nerelerde kullanıldığına dayanarak oluşturulan sınıflandırmalardır. Tarihi eserlerin korunmasına yönelik yapılan restorasyon müdahalelerinin geri döndürülebilirliklerinin değerlendirilebilmesi için restorasyon müdahalelerinde kullanılan çağdaş restorasyon teknikleri ve 21.yy. koruma anlayışında ortaya çıkmaya başlayan yenilikçi teknikler her bölüm sonunda tablolar halinde karşılaştırılmıştır. Sonuçlar kısmında tablolar halinde yapılan incelemeler belirlenen geri döndürülebilirlik parametreleri ve alt-üst sınırlar doğrultusunda ne oranda geri döndürülebilir olduğunun saptanması hedeflenmiştir.

1.5. Koruma Düşüncesinin Gelişimi ve Kuramsal Temeli

Koruma uygulamalarının tarihi çok gerilere gitmekle birlikte ilk koruma eyleminin Büyük İskender’in Aristovaulos’ a Pasargades’deki Kyrous’un mezarından bazı bozulmuş parçaların onarımını yaptırmasıyla başlamıştır. Bu uygulama elbette korumanın önemi göz ardı edilerek bilinçsiz gerçekleşmiştir (S.Anthimos, Structural Restoration Of Historical Monuments Specific Exampels From Greek Practice, 2003). Gelişen çağ ve kültürel birikimlerle birlikte onarımın bilimsel yöntemle yapılan bir uğraşa dönüşümü 19.yy bulmuştur. Düşünsel gelişimi Avrupa’ya dayanan koruma kavramının ilk aşamaları 1789 Fransız Devrimi’yle anıtlarda meydana gelen tahribatı ortadan kaldırmak için Eugène Emmanuel Viollet-le-Duc(1814-1879) öncülüğünde, daha önce yapılmış onarımların kişisel yaklaşım özelinde gelişmesinin aksine; bunları bir düzene koymayı amaçlayan ‘‘Üslup Birliğine Varma’’ düşüncesiyle ortaya çıkmıştır. Savunduğu ilkelerden bazıları olan

restorasyona başlamadan önce yapının durumunun çizim ve fotoğraflarla ayrıntılı olarak belgelenmesi ve restorasyon sonrası durumla karşılaştırması; restorastör mimarın üzerinde çalıştığı yapının yapıldığı döneminin üslubunu, yapım teknikleri gibi hususlarda derinlemesine araştırma yapması gibi noktalarda günümüzde geçerli olan restorasyon anlayışla bağdaşmaktadır. Buna rağmen bir yapının veya bölümün yalnız görünüş olarak değil strüktür olarak da ait olduğu dönemin üslubuna göre restore edilmesini kabul eden ‘‘Stilistik Rekompozisyon’’ günümüz restorasyon anlayışla yapının tarihi kimliğini bozması ve buna paralel yapı bünyesinde büyük hasarlar oluşturması sebebiyle farklılık göstermektedir. Çünkü Stilistik Rekompozisyon; yapımı çok uzun yılları kapsayan, bu süre zarfında ortaya çıkan birden fazla üslubun izlerini taşıyan Ortaçağ yapılarını ilk üslubuna getirmeyi hedeflemektedir (Ahunbay, Tarihi Çevre Koruma ve Restorasyon, 2017; Bakar, 2022).

Koruma kavramındaki düşünsel adımlar Fransa, İtalya, İngiltere’de Üslup Birliğine Varma kaygısıyla yapılan gelişigüzel onarımlara karşı hiç restorasyon yapılmamasını doğru bulan Romantik Görüş’ün, ressam ve sanat eleştirmeni John Ruskin(1819-1900) tarafından ileri sürülmesiyle devam etmiştir. Üslup birliğine varma görüşüne karşı olarak ortaya çıkan hiçbir şey yapmamak tavrını savunan bu söylem ‘‘Anti Restorasyon Akımı’’ olarak da adlandırılmaktadır. Özünde Romantik Görüş’ün temelini sanat yapının dokunulmazlığı ilkesi oluşturmaktadır. Bu sebeple Ruskin’e göre restorasyon bir yapının başına gelebilecek en kötü şeydir. Bu yaklaşımda sanat eserinin bugüne ulaştığı biçimiyle korunması, zamanın etkilerine dayanabildiği sürece anıtın ayakta tutulması gerektiği fikri desteklenmektedir. Onursuz sahte bir kopyanın yapının orijinalinin yerini almasına izin verilmemesi ve üslup birliğine varmak için eklerin kaldırılması, yerlerine tam bilinmeyen ama sözde ilk üsluba uygun tasarımların yapılması gibi bazı girişimler de reddedilmektedir. John Ruskin’in bu görüşleri İtalya’da çevresi dışında yankı bulmasa da Arts and Crafts akımının savunucusu William Morris(1834-1896)’in 1877’de kurduğu; John Ruskin, Philipp Web, Burne-Jones, Carlyle gibi ünlü isimler tarafından desteklenen, bugün hala faaliyetlerini sürdüren ve İngiltere’de koruma konusunda yetkin bir kurum olan SPAB(Society for the Protection of Ancient Building) derneğinde yayınladığı manifesto ile geniş kitlelere ulaşmıştır. Morris bu manifestoda restorasyon başlığı altında kendi kişisel görüşlere göre yapılan uygulamaların başka yol gösterici parametrelerinin olmaması sebebiyle yapıya zarar verdiği düşüncesindedir. Morris’e göre restorasyon yerine korumanın konulması ve sürekli bakımla yapının hasarlardan uzak tutulması gerektiği düşüncesini savunulmalıdır. Yayınlanan

manifestoya sadık kalarak, katı tutumunu biraz yumuşatan değişikler yaparak uygulanabilir bir hale getirmişlerdir. (Ahunbay, Tarihi Çevre Koruma ve Restorasyon, 2017; Bakar, 2022)

1880-1890 yıllarına gelindiğinde stilistik rekonpozisyonun egemenliğine ve romantik görüşün pasif savunma ve kaderciliğine karşı iki yeni görüş ortaya çıkmıştır. Bunlardan biri İtalya’da Luca Beltrami(1854-1933) tarafından ileri sürülen ve uygulamaya konulan ‘‘Tarihi Restorasyon Kuramı’’dır. Arşiv belgelerinden, çizimlerden, gravürlerden elde edilen bilgiler vasıtasıyla restorasyon yapmanın doğru olduğu düşüncesini savunan bu kuram; yapıya ait bir grafik belgenin ya da gravürün mimarın kişisel yorumuna dayandığı, yapının bütününe dayalı bir bilgi vermediği ve çizim gibi değerlendirilemediği için kabul görmemiştir. İleri sürülen iki görüşten diğeri ise Çağdaş Restorasyon Kuramıdır. Çağdaş restorasyon anlayışı, İtalyan Camillo Boito(1836-1914)’nın o güne kadar süregelen üslup birliği, romantik görüş, ve tarihi rekonpozisyon kuramlarını uzlaştırmasıdır. Boito 1883’te bu uzlaşmacı yaklaşımının somut adımlarını, çağdaş onarımı kurallarının öncüsü kabul edilen beş ilke ile atmıştır. Fakat Boito’nun belirlediği ilkelerin uluslararası düzeyde kabulü ve yayılması onun kuramını geliştiren ve restorasyonun daha bilimsel çerçevede yapılması gerektiğini savunan Gusavo Giovannoni’nin (1873-1947) katkılarıyla olmuştur. Bu evrensel kabuller 1931’de Atina’da toplanan ‘‘ Tarihi Anıtların Korunması ile İlgili Mimar ve Teknisyenlerin I. Uluslararası Konferansı’nda uzmanlar tarafından tartışılmış ve ve Atina Tüzüğü olarak yayınlanmıştır (Ahunbay, Tarihi Çevre Koruma ve Restorasyon, 2017; Bakar, 2022).

Bu konferans korumada uluslararası bilgi ve deneyim aktarımı yapılmasının gerekliliğini vurgulaması ve Atina Konferansı sonuçlarının bu belgeyi imzalayan ülkeler tarafından yürürlüğe konması açısından önemlidir. 1932’de İtalya tarafından kabul edilen bu ilkeler Carta del Restauo(Restorasyon Tüzüğü) olarak bir kimlik kazanmıştır. II. Dünya Savaşı sonrasında gelişen tarihi yapılardaki mimari değerleri korumak hem ulusal bir bilinç hem de ulusal bir kimliğin tanımlanmasını sağlamıştır. Fakat ‘‘Eski yapıların korunması ve onarımları ile ilgili ilkeler üzerinde karara varmak ve bunları uluslararası bir temele yerleştirmek’’ amacıyla 1964 yılında II. Uluslararası Tarihi Anıtlar Mimar ve Teknisyenler Kongresi’nde, uzmanlar tarafından Venedik Tüzüğü olarak adlandırılan yeni kararlar alınmıştır. Venedik Tüzüğü 1931’de yayınlanan Atina Tüzüğü’nde yetersiz kalınan noktaların tekrar gözden geçirilerek yeni bir ilkeler bütünü oluşturulması açısından önemlidir. Koruma kavramında çağdaş düşüncelerin yer aldığı Venedik Tüzüğü’nün uygulamaya konulmasında karşılaşılan bazı sorunlar, tüzük üzerinde bazı tartışmaların çıkmasına yol açmıştır. Tartışmalar tüzükte günümüzde bazı çerçeveleri aşan sorunların var

olduğu kabul edilmiştir fakat tüzük üzerinde herhangi bir değişikliğe gidilmemiştir. (Ahunbay, Tarihi Çevre Koruma ve Restorasyon, 2017; Bakar, 2022)

1965 yılında ise UNESCO tarafından bu tüzüklerin uygulayıcısı ve koruyucusu olarak Uluslararası Anıtlar ve Sitler Konseyi (ICOMOS) kurulmuştur. ICOMOS'un kuruluğu kültürel mirasın korunması ve çağdaş yöntemlerin benimsenmesi için önemli bir adım olmuştur. Çünkü ICOMOS ile birlikte bugün, dünyanın farklı yerlerinde koruma alanında çalışan değişik meslek grupları arasında bilgi akışı hız kazanmıştır. Konsey; uluslararası düzeyde yapılan toplantılar koruma ilkeleri, geleneksel malzemenin korunması, tarihi yapı ve çevrelerin çağdaş yaşam içindeki yerleri, kültürel kimliğin tanımına katkıları gibi konularda tartışma ortamı yaratarak gelişen koşullara ayak uyduran çağdaş ilkeleri ortaya koymaya öncülük etmektedir (Dann & Cantell, 2007; Ahunbay, Tarihi Çevre Koruma ve Restorasyon, 2017; Bakar, 2022).

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Koruma Düşüncesi ve Geri Döndürülebilirlik Kavramı

Koruma kavramında İngiltere’de SPAB Derneği ile başlayan kurumsal yaklaşım, bir yapı koruma faaliyeti ve koruma planı için başlangıç noktası olması gerektiği düşüncesini savunmuştur. Bu doğrultuda İngiltere’de korumada kullanılacak bazı prensipler ve stratejik planlar son 150 yılda yavaş yavaş kabul edilen bir dizi müdahale yaklaşımları temel bina koruma ilkeleri olarak geliştirilmiş ve beş ayrı başlıkta incelenmiştir. İlkeler yol gösterici birer taktik olarak ortaya çıksa da ilerleyen zaman dilimleri için daha geniş ve daha uzun vadeli bir stratejik yaklaşıma açık olduğu kesindir. Bu ilkeler;

- Kaydetmenin Önemi: Yapının anlaşılması ve herhangi bir işlem yapmadan önce yapıda neyin meydana geldiğinin nedeninin anlaşılması
- Minimum Müdahale: Mümkün olduğu kadar az, gerekli olduğu kadar çok şey yapılması
- Uyumluluk: Benzer malzemeler için benzerlerin kullanılması, mümkün olan yerlerde orijinal malzeme ve tekniklerin eşleştirilmesi
- Tersine Çevrilebilirlik: Mümkün olduğunca, geri döndürülebilir müdahaleler ve onarım tekniklerinin benimsenmesi
- Ayırt Edilebilirlik: Yapılan onarımı gizlemeden, onarıma dürüst kalarak, müdahalelerin orijinal parçalardan ayırt edilebilmesinin sağlanmasıdır (Dann & Cantell, 2007, s. 188).

Yaklaşık 150 yıldır koruma ilkeleri içerisinde yer alan Tersine çevrilebilirlik (geri döndürülebilirlik) yol gösterici bir ilke olarak geçmişten bugüne doğru müdahale yönteminin karşılaması gereken bir kavramdır ve çağdaş restorasyon anlayışında da sıkça bahsedilmektedir. Korumada bir ilke olarak yer edinen geri döndürülebilirlik kavramı Dictionary of Building Preservation’da “Reversible (geri döndürülebilir)” olarak “Orijinal tarihi dokuya zarar vermeden, gelecekte tersine çevrilerek veya kaldırılarak geri alınabilecek herhangi bir restorasyon tekniği” şeklinde açıklanmaktadır (Wiley & Sons, 1996).

Koruma-Restorasyon teorisinde uzman bir sanat eleştirmeni ve tarihçi olan Cesare Brandi, herhangi bir restorasyon müdahalesinin gelecekteki müdahaleyi imkansız hale getirmemesini, aksine gelecekteki müdahaleleri kolaylaştırmasını savunmaktadır. Barbara

Appelbaum da geleceğe müdahaleden önce var olan kadar geniş bir koruma yelpazesi bırakılması gerektiğini öne sürmektedir. Brandi ve Appelbaum'un geri döndürülebilir müdahale ile ilgili açıklamalarına ek olarak Jurina Lorenzo : ‘‘Yapısal konsolidasyonla karşı karşıya kalındığında olası pek çok tutum arasında ‘‘ihtiyatlı ve gerçekçi‘‘, ‘‘olgun ve saygılı‘‘ ancak öngörülebilir gelecekte daha iyi bir çözümün ortaya çıkması koşuluyla, parçanın geri çekilmesi ve eklemelerin kaldırılması olasılığının öngörüldüğü yenilikçi tercihler yapabilen tersine çevrilebilir/geri döndürülebilir koruma eğilimi benimsenmelidir’’ diyerek bu kavramı daha geniş bir çerçevede değerlendirmektedir (Jurina, La Possibilità Dellapproccio Reversibile Negli Interventi Di Consolidamento, 2003).

Çağdaş koruma anlayışında olması gereken ilkeler ile birlikte literatürde var olmaya başlayan geri döndürülebilirlik kavramı, uluslararası düzeyde yerini ilk olarak; Atina Tüzüğü(1931)’nün kapsamının genişletilmesiyle koruma anlayışında ihtiyaca cevaben tanımlamalar yapan Venedik Tüzüğü(1964) ile almıştır. Venedik Tüzüğü’nde geri döndürülebilirliğe atıf yapılan iki madde vardır. Bunlardan ilki 2. maddede yer alan ‘‘ Anıtların korunması ve onarımı için, mimari mirasın incelenmesine ve korunmasına yardımcı olabilecek bütün bilim ve tekniklerden yararlanılmalıdır. ‘‘ açıklamalarıdır (Venedik Tüzüğü, 1964) . Bu ilkede yeni araştırma ve olanaklara imkân tanıyan az hasar veren ya da hasar vermeyen (endoskopi, ultrason, georadar vb.) çağdaş teknolojinin kullanımına vurgu yapılmaktadır. Buradan anlaşılabileceği üzere geri döndürülebilirlik kavramı yalnızca müdahale yönteminde değil; yapı hakkında bilgi toplanılmasından müdahalenin uygulanmasına kadar geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır. Atfın yapıldığı ikinci yer ise 10. maddede yer alan ‘‘ Geleneksel tekniklerin yetersiz kaldığı yerlerde, koruma ve inşaa için bilimsel verilerle ve deneylerle geçerliliği saptanmış herhangi çağdaş bir teknik kullanılarak anıt sağlamlaştırılabilir.’’ ilkesidir. Burada çağdaş tekniklerin kullanımına karşı pozitif bir yaklaşım sergilenmekle birlikte öncelik geleneksel tekniklerin kullanılması gerektiği yönündedir. Eğer ki geleneksel teknikler yetersiz kalmışsa yeni teknikler kullanılabilir fakat müdahalede kullanılacak yeni teknik ve malzemenin yapıya uyumu ve dayanım süresi gibi konularda dikkatli olunmalıdır. Çağdaş malzeme ve tekniğin önünü açan bu madde aynı zamanda yapının zarar görmesinin önüne geçmek için müdahalelerde kullanılan malzemelerin uygun deneme süresi ile yapıya etkisinin test edilmesi yönünde güvence istemektedir. Ancak bu şartlar sağlandığında müdahale uzun ömürlü ve başarılı sayılabilir. (Ahunbay, Kültür Mirasını Koruma İlke ve Teknikleri, 2019, s. 28-29)

1979 yılında ICOMOS'un Venedik Tüzüğü'nün tüm felsefe ve konseptini daha pratik ve kullanışlı bir forma dönüştürülerek oluşturduğu, tanımlamalar ve koruma ilkelerinin yer aldığı Burra Tüzüğü'nün "Değişim" başlıklı 15. Maddesinde geri döndürülebilirlik kavramı: "Kültürel önemi azaltan değişiklikler geri döndürülebilir olmalı ve koşullar elverdiğinde geri alınmalıdır." Ve "Geri Döndürülebilir değişiklikler geçici olarak değerlendirilmelidir. Geri dönüşü olmayan değişiklikler sadece son çare olarak kullanılmalı ve gelecekteki koruma eylemini engellememelidir." şeklinde yer almaktadır (Burra Charter, 2013) .

Ahşap yapılarda geri döndürülebilirlik kavramı ise Venedik Tüzüğü, Burra Tüzüğü, UNESCO ve ICOMOS'un konuyla ilgili kuramsal metinleri dikkate alınarak oluşturulmuştur. 1999 yılında yayınlanan "Ahşap Tarihi Yapıların Korunmasına İlişkin İlkeler"de ahşap yapıların korunması ve onarımı için kültürel önemlerine saygı gösteren temel evrensel ilke ve uygulamalar tanımlanmaktadır. Bu ilkelere geri döndürülebilirlik kavramı: "Her müdahale uygun araştırma ve değerlendirmelere dayandırılarak; sorunlar mevcut koşul ve gereksinimlere göre yapının estetik ve tarihi değerlerine, tarihi yapının fiziksel bütünlüğüne saygı göstererek ve teknik olarak mümkünse, geri dönüşümlü veya gelecekte yapılacak koruma çalışmalarını engellemeden çözümlenmelidir" şeklinde açıklanmaktadır (ICOMOS, 1999).

2003 yılında yayınlanan "Mimarî Mirasın Analizi, Korunması ve Strüktürel Restorasyonu İçin İlkeler" de genel ölçütleri tanımlayan 1.7. maddede: "Taşıyıcı sistemin çökmesini önlemek amacıyla alınması gerekli acil güvenlik önlemleri dışında (örneğin deprem hasarı sonrasında), sağlayacağı yarar veya zarar tam olarak belirlenmeden tarihi esere herhangi bir müdahale yapılmamalıdır. Bu tür acil önlemler alınırken, geriye dönüşü olmayan müdahaleler getirmekten mümkün olduğunca kaçınılmalıdır." İyileştirici önlem ve tedbirler başlıklı kısmın 3.9. maddesinde ise "Mümkün olan yerlerde, yapılan müdahalenin geriye dönüşü uygun olması (reversible), böylece yeni bilgiler edinildiğinde yapılan müdahalelerin esere zarar vermeden kaldırılarak daha uygun olanlarla yer değiştirmesi arzu edilir. Geriye dönüşü olmayan müdahalelerin, ileride yapılması olası işlemleri engellememesi istenir." ibareleri strüktürel sistemde yapılan müdahalelerin avantaj ve dezavantajları belirlendikten sonra geri döndürülebilir müdahalelerin uygulanması gerektiğine vurgu yapmaktadır (ICOMOS, 2003) .

2017'de yayımlanan Ahşap Mimarî Mirasın Korunması İçin İlkeler ise; Venedik Tüzüğü (1964), Amsterdam Bildirgesi (1975), Burra Tüzüğü (1979), Nara Özgünlük Belgesi

(1994) ve ahşap mirasının korunması ve konservasyonu ile ilgili UNESCO ve ICOMOS tarafından oluşturulan kuramsal metinlerin genel ilkeleri dikkate alınarak oluşturulmuştur. Bu ilkeler ICOMOS tarafından, Ekim 1999'da Meksika'da yapılan 12. Genel Kurulda kabul edilen "Tarihi Ahşap Yapıların Korunması için İlkeler" in güncellemesini yapmış olup bazı ilkeleri aynen kabul etmektedir (ICOMOS, 2017).

Geri döndürülebilirliğin uluslararası düzeyde yer aldığı ve vurgu yapıldığı bir diğer ilke olan Dublin İlkeleri (2011) ise dünyanın çeşitli yerlerinde, hala aktif olan veya sit alanlarında çok eski dönemlere tarihlenen sanayileşme süreçlerinin izleri, örnekleri ve mirasına yönelik düzenlemeleri içermektedir. Ancak ilkeler daha çok çağdaş dönemin yani seçkin ve sistematik üretim; yeni, sosyal ve kültürel düzeyde belirginleşen modern dönem Sanayi Devrimi'ne yöneliktir. "Endüstri Mirası Yapılarını, Sitlerini, Alanlarını ve Peyzajlarını Korumak ve Sürekli Bakımlarını Yapmak" başlığında yer alan 11. Maddede "Müdahaleler mümkün olduğunca geri dönüşebilir olmalı, yapının yaşına, önemli izlerine ve işaretlere saygı gösterilmelidir..." (ICOMOS-TICCIH, 2011) şeklinde yer almaktadır.

Geri döndürülebilirliğe dair yapılan son vurgu da ICOMOS'un 2013'de yayımlanan Türkiye Mimari Mirası Koruma Bildirgesi Mimari Mirasa Müdahale İlkeleri kısmı, Madde 4'te "Müdahaleler, daha sonra gerçekleştirilecek araştırma ve çalışmaları yanıltmamalı, özgün yapıya olabildiğince zarar vermeden kaldırılabilir ve/veya yenilenebilir tekniklerle yapılmalıdır" şeklindedir (ICOMOS, 2013).

Yapılan araştırmada görüldüğü üzere tüzükler ve ilkeler kendinden öncekilerde eksik kalmış olan kısımları tamamlayıp güncelleştirerek ilerleyen ya da korunması gerekli kültürel miras alanlarında, anıtlarda ve yapılarda ihtiyaç duyulan düzenlemelere karşılık oluşturulmaktadır. Koruma düşüncesi içerisinde geri döndürülebilirlik kavramı bir ilke olarak geçmişten bugüne dek sit alanlarından endüstri mirasına; yapı malzemesinden strüktürel düzenine dek geniş bir yelpazede benimsenmiş olsa da geçen zaman dilimi, gelişen çağ ve teknolojiye rağmen yalnızca olması gerektiği yönünde literatür bir bilgi olarak tanımsal çerçevede kalmıştır. Kavram genel hatlarıyla açıklanmış olsa da tarihi yapıda karşılığının ne olması gerektiği, hangi uygulamaların geri döndürülebilir olarak değerlendirildiği ve tarihi yapıya uygulanan müdahalenin geri döndürülebilir olarak nitelendirilmesi için gerekli olan parametrelerin tanımlaması yapılmamıştır. Uygulamada yapılan yanlışlıklara ve bunların yapı bünyesinde oluşturduğu tahribatlara rağmen çağ ilerledikçe eksikliklere cevaben revize edilen ya da yeniden oluşturulan tüzük ve ilkelerde karşılığını tam anlamıyla bulamamıştır. Bu açıdan bakıldığında tüzüklerde belirtilen geri

döndürülebilirlik kavramının yalnızca bir tavsiye niteliği taşımakta olduğu söylenebilmektedir.

Literatür taramasında elde edilen sonuçlar doğrultusunda mimari restorasyonda geri döndürülebilirlik kavramı işlevsel geri döndürülebilirlik, kültürel önemi ve kimlik değerlerini azaltan değişikliklerin geri döndürülebilirliği, sit alanlarında yapılan çalışmalar, strüktürel problemlerden kaynaklı durumlar ve geleneksel malzemede (taş, ahşap, harç/sıva) meydana gelen deformasyonlara uygulanan müdahalelerde sıklıkla karşılaşılan bir kavram olduğu saptanmıştır. Bu sebeple geri döndürülebilirliğin ele alındığı konular; tüzüklerde atıf yapıldığı ve çağdaş restorasyon uygulamalarında yer edindiği şekliyle 5 başlık altında toplanmıştır.

2.2. İşlevsel Geri Döndürülebilirlik

Doğan Kuban’a göre “Günlük yaşamda tarihi yapıt, sanat değeri ne olursa olsun, genel olarak kullanımına önem verilen, bu nedenle yaşamı boyunca değişikliklere uğramış bir toplumsal üründür” (Kuban, Tarihi Çevre Korumanın Mimarlık Boyutu: Kuram ve Uygulama, 2000). Toplumun ürünü olan; var oldukları dönemin sosyo-ekonomik koşulları, günlük yaşam alışkanlıkları, kültürel etkinlikleri ve inançları gibi önemli girdilerin izini sürmenin mümkün olduğu bu yapıların gelecek nesillere doğru bir şekilde aktarımı, yapının bütüncül bir şekilde korunarak yeniden işlevlendirilmesiyle mümkündür.

Yeniden işlevlendirme, bu açıdan bakıldığında tarihi ve kültürel birikimi gelecek nesillere aktarmada mimarinin yanı sıra toplumsal bir görevin sorumluluğunu da almaktadır. Ancak yeniden işlevlendirme sürecinin amacına uygun bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için dönüşüm öncesinde yapılacak müdahalelerin sınır tanımlarının net bir şekilde yapılması gerekmektedir. Yapıya uygulanması planlanan müdahalelerde öncelikli amacın yapının bütününe değışmesi değil; bir yapının karakterinin korunması ve karakterine uygun yeni, esnek çözümleme ya da yaklaşımların gereksinimlerine yanıt vermesidir. Başka bir deyişle yapının özgün durumunu, mimari ve estetik özelliklerini etkilemeyen geri dönüşü mümkün olan uygulamaların yapılması gerekmektedir (Uğursal, 2011; Ahunbay, Tarihi Çevre Koruma ve Restorasyon, 2017). Yapıların yeniden işlevlendirilmesinde yapıya müdahaleyi sınırlandıran; yapının estetik ve kültürel mesajının geleceğe aktarılması amaçlanırken aynı zamanda koşulların ileriki zamanlarda değışmesi durumunda yapının orijinal durumuna tekrar döndürülebilmesi anlamına gelen işlevsel geri döndürülebilirlik ilkesi, tarihi yapıların

korunmasını ve devamlılığını sağlayan bir kavramdır. (Kuban, Tarihi Çevre Korumanın Mimarlık Boyutu: Kuram ve Uygulama, 2000).

İşlevsel geri döndürülebilirlikte temel amaç yapının ileride özgün durumuna döndürülebilme olasılığını göz önünde bulundurarak, yeni eklerin özgün strüktüre herhangi bir zarar vermeden eklenebilmesidir. Yeni işlevde merdiven, asma kat, cephe, çatı ekleri ya da yeni bir yapının eklenmesine ihtiyaç olması halinde bağımsız bir strüktür ile çözümler yapılabilir. Bunlara ek olarak yapılan müdahalelerin kültür varlığının özgünlüğünü kaybetmemesi ve algılanabilir olması yeniden kullanımda işlevsel geri döndürülebilirlik ilkesinin sağlanabilmesi açısından oldukça önemlidir (Yalaz & Yaldız, 2020). Fakat tarihi yapılara yeni işlev verilirken özgün kullanımı dikkate alınmadan yapıya fazladan yük getirecek, dengesini bozacak, taşıyıcı sistemde zorlanmalara ve hasarlara neden olabilecek uygulamalara rastlamak mümkündür. Fakat yapıya çeşitli ekler ve yeni yükler getirecek uygulamalar yapılması, çimento esaslı malzeme kullanımı gibi bu hatalı müdahaleler yapılara geri döndürülemez hasarlar verebilmektedir. İstanbul-Ağa Hamamı'nda yapılan müdahaleler bu hatalı ve geri döndürülemez restorasyon uygulamalarına örnektir (Vatan Kaptan, 2010).



Şekil 1.İstanbul-Ağa Hamamı Soğukluk(solda) ve Ilıklık(sağda) Mekânında betonarme döşeme uygulaması (Cebioğlu, 2013).

İşlevsel geri döndürülebilirliğe dair atıflara uluslararası ölçütler olan tüzük ve ilkelerde rastlamak mümkündür. ICOMOS'un 2011'de yayımladığı kültürel, mimari, estetik ve işlevsel özellikleri ile yeniden kullanım kapsamında değerlendirilen endüstri mirası yapılarının işlev değişikliğini de kapsayan Dublin İlkeleri'nde, yapılacak olan değişikliklerin

ve müdahalelerin özgün kullanım ile uyumu ve yapılan müdahalelerin hem okunabilir hem de geri döndürülebilir olmasının mirasın özgünlüğünün korunması açısından önemine vurgu yapılmaktadır (ICOMOS-TICCIH, 2011).

Yine ICOMOS tarafından 2013’de yayımlanan Türkiye Mimari Mirası Koruma Bildirgesi Mimari Mirasa Müdahale İlkeleri kısmı, Madde 4’te de işlevsel olarak değişikliğe uğramış tarihi yapılarda müdahalelerin daha sonra gerçekleştirilecek araştırma ve çalışmaları yanıltmadan ve özgün yapıya olabildiğince zararsız bir şekilde kaldırılabilir ve/veya yenilenebilir tekniklerle yapılması gerektiği açıklanmaktadır (ICOMOS, 2013).

Yapının orijinal haline zarar vermeden işlevsel geri döndürülebilirlik ilkesine sadık kalınarak yapılan yeniden kullanıma örnekler vermek mümkündür. Bunlardan biri Konya Tren Garının komşuluğunda yer alan Tantavi Ambarıdır. Tahıl ambarı ve gazhane olarak kullanılan ancak zaman içerisinde özgün işlevini yitiren yapı, restorasyon çalışmasının ardından Kültür ve Sanat Merkezi olarak yeniden kullanıma kazandırılmıştır. Yapıya ait değişimler Şekil 2’ye yer almaktadır.



Şekil 2. Tantavi Ambarı a) Eski görüntüsü, b) yeniden işlevlendirildikten sonraki hâli

Bu kapsamda ele alınan Tantavi Ambarı yeniden işlevlendirme sürecinde özgün hali korunarak en az müdahale ile plan şemasına, taşıyıcı sisteme, yapı elemanlarına ve servis sistemlerinde yapılan geri döndürülebilir müdahalelerle dikkat çekmektedir.

Yapının iç hacminde taşıyıcı sistem, asma kat eklemeleri, merdiven gibi müdahaleler çelik strüktür ile yapılmıştır. Mekânın konfor koşullarının sağlanması için gerekli olan ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma gibi servis sistemleri çözümlemeleri de çelik strüktürler üzerinden sağlanmıştır.



Şekil 3. Tantavi Ambarı iç mekâna eklenen a) üç kollu ve b) tek kollu merdivenler (Yalaz & Yıldız, 2020).



Şekil 4. Tantavi Ambarı iç mekânda çelik strüktürler üzerinde çözülen havalandırma ve aydınlatmalar (Yalaz & Yıldız, 2020).



Şekil 5. a) Bölme duvar uygulamaları, b) hareketli platform, c) platform hareket mekanizması (Yalaz & Yıldız, 2020).

Bunlara ek olarak iç ve dış mekânlarda yer alan diğer malzemeler çelik strüktürlerde olduğu gibi mümkün olduğunca yapının özgünlüğüne zarar vermeyecek ve mekânın işlevine uygun olacak şekilde seçilmiştir. Bu anlamda güncel ve geri döndürülebilir nitelikte olan çelik strüktür vb. yapı malzemesi ve güncel restorasyon tekniklerinin uyumlu biçimde bir araya getirilmesi plan şemasına okunabilir ve geri döndürülebilir bir nitelik kazandırmaktadır (Yalaz & Yıldız, 2020).

İşlevsel geri döndürülebilirliğe verilebilecek bir başka örnek de İstanbul'da yer alan Kasımpaşa Tuz Ambarı'dır. Yapı orijinal işlevini yitirmesine rağmen fiziki olarak ayakta olduğundan yeniden işlevlendirmeye uygun bir nitelik taşımaktadır. Yapının restorasyonunda plan, mekânsal, hacimsel ve strüktürel kurgusuna sadık kalınarak; yeni mekânlar çelik ve cam malzeme ile yapılan konstrüktif eklemelerle oluşturulmuştur. Seçilen yeni işlevin gereksinimleri doğrultusunda tuz ambarının orijinal strüktürü güçlendirerek aynen korunmuş, iç mekândaki yapılaşma yapıdan bağımsız bir strüktürle sağlanarak asma

katlarla alan kazanılmıştır. Yapıya kalıcı bir zarar vermemek adın içerideki asma katlar arasında sirkülasyonu sağlayan asma köprüler, yapının orijinal pencere boşluklarından sağlanmıştır. Yapıdan bağımsız tasarlanan bu yeni strüktürel oluşumla, özgün doku korunmuş, tarihi yapının strüktürüne fazla yük binmesi önlenmiş, iç mekânda kendi kendini taşıyabilen yeni bir iç kabuk oluşturulmuştur. Yapının orijinal bütüncül mekân kurgusu değiştirmeyen bu yaklaşım; zaman içerisinde işlevsel ihtiyaçların değişmesi durumunda parçacıl olarak tekrardan düzenleme yapılmasına olanak sağlamaktadır. Bu durum, yapı başka işlevsel ihtiyaçlar gerektirdiğinde yapılan müdahalelerin geri döndürülebilmesi ve güncellenebilir olmasına olanak tanımaktadır (Büyükarıslan & Güney, 2013).



Şekil 6.İstanbul-Kasimpaşa Tuz Ambarının restorasyon öncesi hali (Büyükarıslan & Güney, 2013).



Şekil 7.İç mekânda tasarlanan çelik strüktürler (Büyükarıslan & Güney, 2013).



Şekil 8.İç mekânda geri döndürülebilirliği mümkün çelik strüktürle tasarlanan asma katlar (Büyükarıslan & Güney, 2013).

2.3. Kültürel Önemi ve Kimlik Değerlerini Azaltan Değişikliklerin Geri Döndürülebilirliği

Mimari korumada; korunmaya değer görülen yapılar özgünlük, tarihsel, bilimsel, estetik, sanatsal, sosyal vb. niteliklerin biri ya da birkaçını taşımaktadır. Bu sebeple koruma için yapıların yalnızca işlevsel olmaları değil, kültürel doku ve konumlarının da olması gerekmektedir. Çünkü Kuban’a göre bu kültürel konum, toplumun ve insanlığın kolektif tarihinde ya da hafızasında önemli bir yere sahiptir ve estetik açıdan kıymetlidir (Kuban, Tarihi Çevre Korumanın Mimarlık Boyutu: Kuram ve Uygulama, 2000).

Burra Tüzüğü’nün “Koruma” başlıklı 17. Maddesinde kültürel öneme sahip yapıların korumasından “...Kültürel bir yapının muhafazası, o yapının tarihsel dokusunu, tarihi kalıntılara zarar vermeden korunmasıdır.” şeklinde bahsedilmektedir. Devamındaki açıklamalarda tarihi yapının fiziksel korunması yönünde yapılacak yeni çalışmalara; yapının kültürel dokusuna zarar vermeden ve tarihi dokuyla uyumlu bir tarzda olması koşulu ile izin verilebileceği ifadesi yer almaktadır. Aynı tüzüğün “Değişim ” başlıklı 15. Maddesinde “Değişim kültürel önemi korumak için gerekli olabilir, ancak kültürel önemi azalttığı durumlarda istenmeyen bir durumdur. Bir yerdeki ve kullanımdaki değişiklik miktarı, yerin kültürel önemi ve uygun yorumu tarafından yönetilmelidir.” Ve “Geçici bir kullanım da dâhil olmak üzere değişiklik düşünüldüğünde, kültürel değerlerinde herhangi bir azalmayı en aza indirecek seçeneği aramak için bir dizi seçenek araştırılmalıdır. ” (Burra Charter, 2013) .

Tüzüklerde, uygulanacak müdahalenin tarihsel yapıda kimlik ve kültür değerlerini kaybettirmeden, yapının değeri ve taşıdığı anlam gözetilerek yapılması gerektiği vurgulanmaktadır (Yurttaş, 2018). Fakat günümüzde yapıların kültürel önemlerini ve kimlik değerlerini azaltan restorasyon uygulamalarıyla karşılaşılabilir. Bu anlamda yapılar üzerinden aktarılan bu kültür ve kimlik değerlerinin kaybedilmesine sebep olabilecek bazı hususları sıralamak mümkündür. Bunlardan; kültürel miras eserlerinin bağlamıyla birlikte bir bütün olarak, değerlendirilmemesi (tek yapı ölçeğinde değerlendirilmesi), somut ve soyut kültürel miras öğelerinin yapılar üzerinde bütüncül korumasının istenilen ölçüde yapılamaması en temel sebep olarak söylenebilir. Özellikle yeniden kullanım müdahalelerinde yeni işlevlerin yapı için kimlik değeri taşıyan hacimsel-mekânsal kurgunun göz ardı edilerek mekân organizasyonlarının oluşturulması yapının kimlik ve kültür değerini azaltan bir başka sebeptir. Tarihi yapının önemine uygun materyal ve stratejiler dikkate alınmadan uygulanan müdahalelerin ve kültürel mirasla yarışan nitelikte yapıya alelade tasarlanıp entegre edilen çağdaş eklerin yapıldığı uygulamaların da tarihi yapının kimlik ve kültür değerlerini ciddi derecede azalttığı gözlemlenmektedir (Uğur & Kaya, 2022).

Tarihi yapılar üzerinde yapılan müdahalelerde akla gelen sorulardan biri, kültürel miras üzerinde kültür ve kimlik değerlerin kaybolmaması için neler yapılması gerektiği ve bu değerini azaltan uygulamaların geri döndürülüp döndürülemeyeceğidir. Bu iki önemli sorudan ilk olarak bu değerlerin kaybolmaması için neler yapılması gerektiği sorusu düşünüldüğünde; öncelikle müdahalelerin kültür varlığının özgünlüğünün en üst düzeyde korunması sağlayacak, uluslararası ilkelere uygun bir çerçevede yapılması gerekliliği kaçınılmaz olarak görülmektedir (Burra Charter, 2013; ICOMOS, 1999).

Bu bağlamda kültür varlığının tarihî ve kültürel sürdürülebilirliğini sağlamak ve özgünlüğünü korumak için dikkate alınması gereken bazı önemli parametreler mevcuttur. Bunlar; yapılan müdahale ile yapının rengi, boyutu, ölçeği, malzemesi, dokusu ve işlevinin uyumlu olması gibi somut parametreler ve kültürel mirasa anlam yükleyen tarih, kültür aktarımı ve hafıza gibi daha geniş kavramsal ve kalıcı değerler olarak tanımlanabilen soyut parametrelerdir (Pekol, 2010). Bu parametreleri dikkate alarak miras yapılarının mimari ve kültürel özelliklerine zarar vermeyen uygulamalar yapılması tek başına yeterli değildir. Aynı zamanda uygulanacak müdahalelerin ve yapılacak eklerin ileriki zamanlarda değiştirilebilmesi olasılığı dikkate alınarak geri döndürülebilir nitelikte olmasını mümkün hale getirmek gerekmektedir (Jurina, *La Possibilità Dell'approccio Reversibile Negli Interventi Di Consolidamento*, 2003).

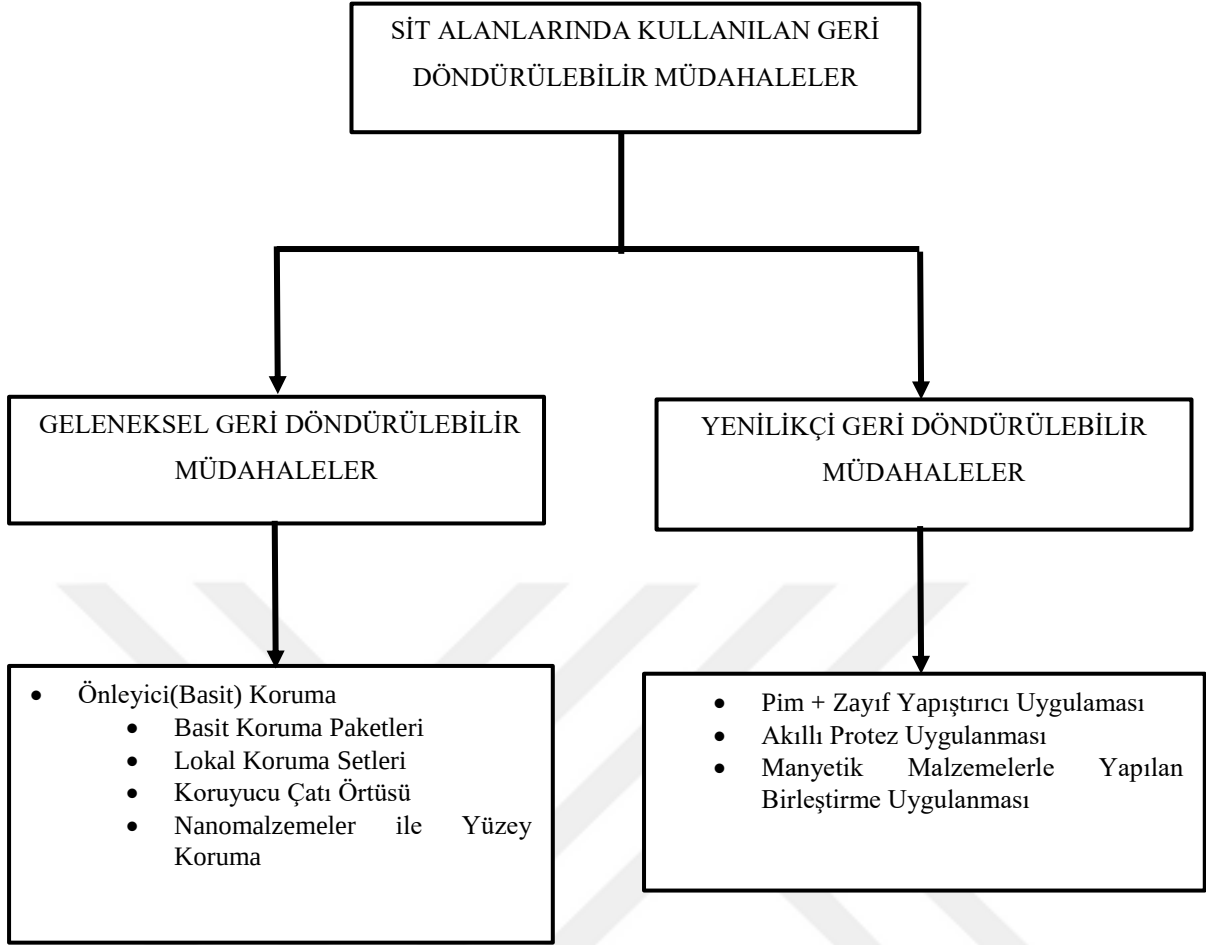
Kültür ve kimlik değerlerini geri döndürülüp döndürülemeyeceği sorusuna gelindiğinde ise özellikle yanlış müdahale ile bu değerleri azaltan yüzey temizleme işlemleri, sonradan yapılan ekler ve güçlendirme gibi uygulamalarda geri döndürülebilirlik her zaman mümkün olmamaktadır. Örneğin; mantolama yapılarak güçlendirilmiş freskli bir duvar yüzeyinde kültürel değerlere zarar verilmiş olmasının yanı sıra geri döndürülebilirliği de mümkün görünmemektedir. Bu sebeple müdahalenin geri döndürülebilir olması ancak ve ancak uygulamaların geri döndürülebilirlik ilkesine sadık kalınarak yapılmasıyla mümkün hale gelmektedir. Çünkü sadece sanatı, tekniği ve duyarlılığı, fikri yorumlamasına izin veren iyi bir restoratör, tersine çevrilebilirlik kavramını uygulama pratiğinin bir parçası haline getirdiğinde, kültürel mirasın hayatta kalmasını garanti altına almış olmaktadır. Özellikle somut ve soyut olarak kültür ve kimlik değerlerinin korunması ve gelecek nesillere aktarılabilmesi için bu ilkenin uygulanabilirliği önem arz etmektedir (Jurina, Consolidamento Strutturale e Reversibilità, 2002).

2.4. Sit Alanlarında Geri Döndürülebilirlik

Eski çağlardan bugüne çeşitli bozulma süreçlerinden geçerek günümüze ulaşan, insan eli ile oluşturulan yapılar, yapı grupları ve yerleşimler, fiziksel tahribatın etkisi, zaman içerisinde gerçekleşen işlevsel değişim ve kullanıma bağlı kayıpların etkisiyle zamanla kalıntı halini alarak sit alanlarını oluşturmaktadır (Tarhan, 2019).

Geçmişte yaşamış toplumlar ve bu toplumların yaşayış biçimleri, geçirmiş oldukları önemli olayların izlerini taşıyan; bu izlerin gün yüzüne çıkartılmasında ciddi bir kaynak olma görevi üstlenen sit alanlarında yapılan koruma müdahaleleri, kültürel mirasın izlerine zarar vermemek açısından titizlikle yürütülmelidir. Müdahalelerin mümkün olduğunca özenle yürütülmesi gereken bu alanlarda, kültürel mirasa zarar vermeden devamlılığı sağlamayı hedefleyen “geri döndürülebilirlik” kavramı temel fakat en yaygın kullanılan yöntemler olan “Önleyici (Basit) Koruma” ile karşımıza çıkmaktadır (Tarhan, 2019).

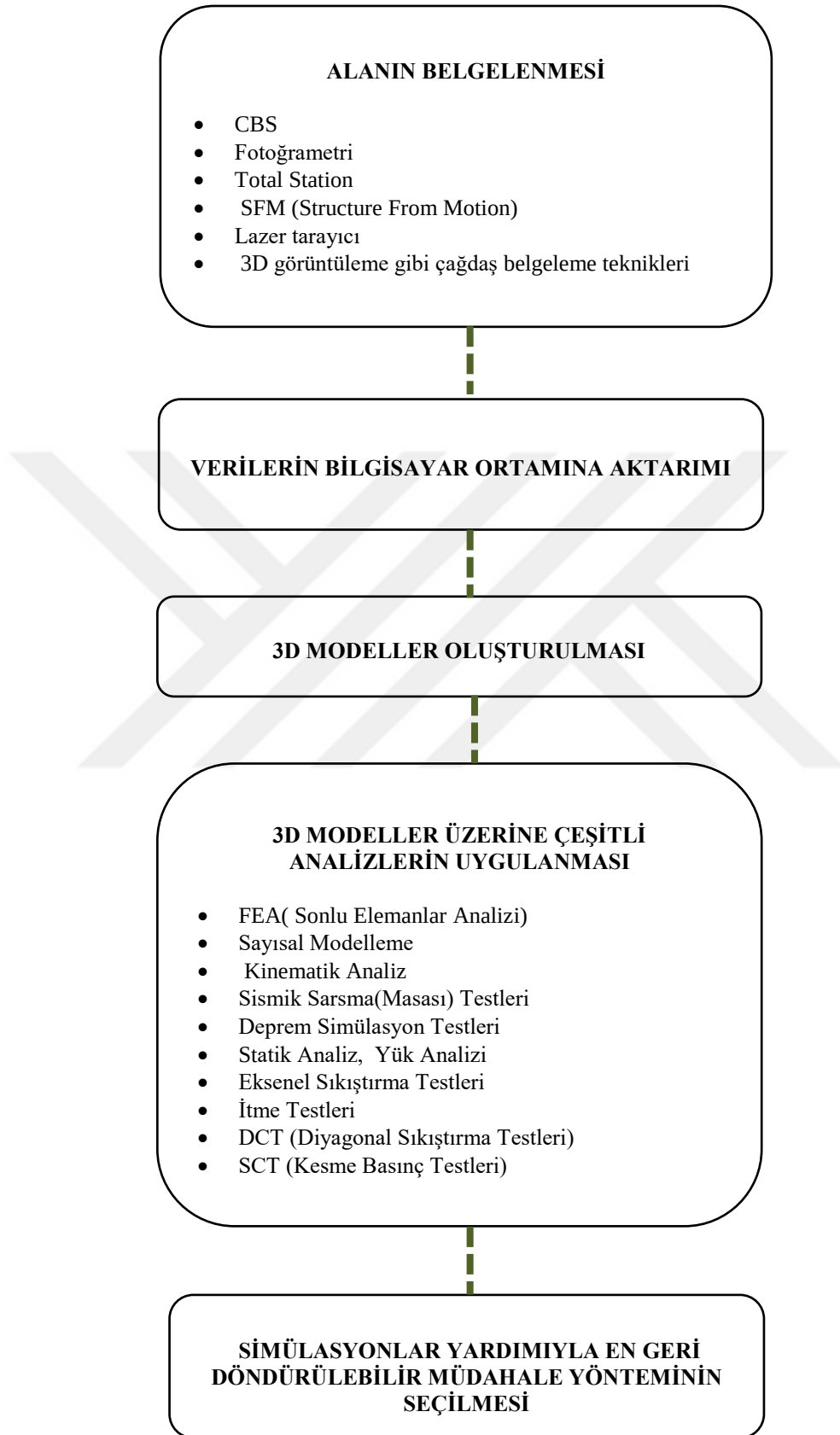
En temel kabul edilen önleyici (basit) koruma müdahaleleri dışında sit alanlarında kullanılan güncel geri döndürülebilir tekniklerden bahsetmek mümkündür. Bunlar özellikle mimari yapı elemanlarında meydana gelen hasarları ortadan kaldırmak için kullanılan pim + zayıf yapıştırıcı uygulaması, akıllı protez uygulanması (SLA ile) ve manyetik malzemelerle yapılan birleştirme uygulanması olarak sıralanabilir.



Şekil 9. Sit Alanlarında Kullanılan Geri Döndürülebilir Müdahalelerin Sınıflandırılması (Yazar tarafından hazırlanmıştır.)

Sit alanlarında geri döndürülebilirlik kavramı alan hakkında bilgi toplamaktan müdahalenin uygulanmasına kadarki geniş bir yelpazeyi kapsadığından bu alanlarda geri döndürülebilirlik kavramı ile belgeleme ve müdahale gibi iki farklı aşamada karşılaşmak mümkündür. İlk olarak sit alanlarında belgeleme ve alanın güncel durumunu saptamak söz konusu olduğunda Venedik Tüzüğü'nün 2. Maddesinde bahsedildiği gibi mimari mirasın araştırılması, incelenmesi, belgelenmesi ve koruma çalışmalarında öncelikli hedef olarak hasar vermeyen tahribatsız muayene yöntemlerinden; bu durumun sağlanamadığı koşullarda ise az hasar muayene yöntemlerinden faydalanılmalıdır. Bu sebeple sit alanlarının durumunu saptayabilmek için veri elde etmede öncelikli olarak CBS(Coğrafi Bilgi Sistemleri), Fotogrametri, Total Station, SFM (Structure From Motion), lazer tarayıcı, 3D görüntüleme gibi çağdaş belgeleme tekniklerden faydalanılması alana zarar vermeden belgelemeyi mümkün hale getirmektedir (Venedik Tüzüğü, 1964).

Sit alanına müdahale söz konusu olduğunda ise 10. Maddede bahsedildiği gibi geleneksel tekniklerin yetersiz kaldığı durumlarda bilimsel verilerle ve deneylerle geçerliliği saptanmış çağdaş teknikler kullanılmalıdır. Bu anlamda en geri döndürülebilir müdahale yöntemini belirleyebilmek için uygulanması gereken adımlar Şekil 10'da gösterilmiştir. İlk etapta belgelemesi yapılan alana ait bilgilerin bilgisayar ortamına aktarımı gerçekleştirilmektedir. Daha sonra 3D Modelleme programlarıyla yapılan yapısal modeller ve bu modeller üzerinde yapılan 3D analizler kullanılmaktadır. Sanal ortamda yapılan çeşitli analiz ve simülasyonlarla geçerliliği saptanmış olası sonuçlar ortaya konulmaktadır. Bu programlar en uygun ve en geri döndürülebilir müdahale yönteminin seçilmesi, müdahaleye alternatifler üretilmesi ve alternatiflerin beraberinde getirdiği olası sonuçların avantaj ve dezavantajlarının uygulamaya konmadan saptanabilmesinde önemli bir görev üstlenmektedir (Venedik Tüzüğü, 1964).



Şekil 10.Geri döndürülebilir müdahale yönteminin belirlenebilmesi için uygulanan adımlar (Yazar tarafından hazırlanmıştır.)

Geri döndürülebilir müdahale yönteminin uygulamaya konulmadan seçilebilmesi olası gelecekte daha iyi bir yöntemin varlığında; mevcut uygulamanın hasarsız bir şekilde kaldırılabilirliğine ve yeni müdahalenin kolaylıkla uygulanabilmesine olanak sağlamaktadır. Bu uygulamalar tarihin izlerini sürebildiğimiz sit alanlarında, tahribatsız, sürdürülebilir ve geri döndürülebilir bir koruma sürecini beraberinde getirdiği için önemlidir.

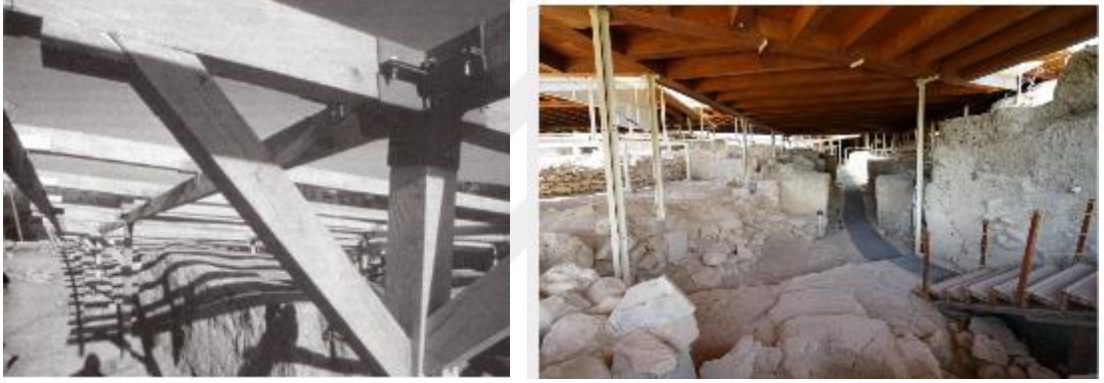
Özellikle arkeolojik sit alanlarında zamanla meydana gelen tahribatı önlemek için yapılan koruma müdahaleleri mimari kalıntı ve eserleri, çevre/iklim koşullarına karşı koruma, ön plana çıkarma, gerektiğinde sökülebilmek, kaldırılabilme ve alanı ziyaretçiler için sergilenebilir hale dönüştürebilme gibi bir koruma anlayışına sahip olacak şekilde planlanmalıdır (Yılmaz, Şener, & Yılmaz, 2019). Arkeolojik sit alanlarında yer alan kültürel değerlere ve alanı verilerine göre koruma ve sergileme metodunu destekleyecek bu gibi takılıp sökülebilen, geri döndürülebilir örneklerle rastlamak mümkündür. Koruma ve sergileme amaçlı kullanılan bu yöntemler, konservasyon, rekonstrüksiyon, restorasyon, kalıntılar üzerine koruma çatılarının inşa edilmesi, ziyaretçilerin gezi güzergahını ve yoğunluğunu düzenleyen gezi platformlarının inşası gibi geri döndürülebilir müdahaleleri içerdiğinden; bu tür alanların gelecek nesillere en az tahribatla aktarımını sağlamak mümkün hale gelmektedir (Uyar O. , 2008). Bu alanlarda uygulanan müdahalelerin ahşap ve çelik konstrüksiyonlar gibi takılıp sökülebilen malzemelerle yapılması müdahaleleri geri döndürülebilirliğini mümkün hale getirmektedir.



Şekil 11. Yunanistan- Akrotiri arkeolojik sit alanı üzerine inşa edilen ilk strüktür solda, Aynı alan üzerine daha sonra sökülerek yenisinin inşa edilmesi sağda (Uyar O. , 2008)



Şekil 12. Yunanistan- Akrotiri arkeolojik sit alanında eski strüktüre ait kolonun yerine yenisinin yerleştirilmesi solda, Kolonlar arasında kullanılan takılıp sökülebilirliği mümkün çaprazlama kirişler sağda (Uyar O. , 2008)



Şekil 13. Malatya-Arslantepe Höyüğü koruma strüktürü, ahşap dikmeler, kirişler ve göğüslemeler yapılan ilk uygulamasolda (Uyar O. , 2008); Yeni yapılan uygulama sağda (URL-Arslantepe, 2025).

2.4.1.Önleyici Koruma

Günümüzde sit alanlara karşılaşılan en büyük sorunlardan biri; kazı çalışmalarının çok uzun sürmesiyle alanların dış etmenlerden, insanlardan ve kendi koşullarından kaynaklanan sorunlar nedeniyle zarar görmesi ve kalıntıların yerinde korunmasının zorlaşmasıdır. Bu sebeple sit alanları içerisindeki kalıntıların yerinde korunabilmesi, onarılabilmesi halka tanıtımının sağlanması ve kazı çalışmaları sırasında verimliliğin artırılması için gerekli olan önleyici korumalardan faydalanılmaktadır (Köksal, 2019).

1970'lerden itibaren de mimari miras alanlarında kullanılmaya başlanan önleyici koruma; kültürel mirasta meydana gelebilecek bozulmaları en aza indirmeyi ve büyük

restorasyon uygulamalarından kaçınarak yapı veya objelerin özgün malzeme ve bütünlüğünü en uzun süre korumasını hedefleyen, hasarın ve bozulmanın minimize edilmesi için uygulanacak yöntemler olarak tanımlanmaktadır. Önleyici koruma merkezinde periyodik kontrol, bozulma sebeplerinin kontrolü, küçük onarım ve rutin bakımlar yer almaktadır. Bu koruma yönteminin iyileştirici koruma yöntemlerinden farkı hasarların oluşmasını beklemek ve sonrasında müdahale etmek yerine düzenli izleme, bakım ve planlama ile oluşturulan proaktif bir korumayı hedefleyerek bozulma hızını yavaşlatmasıdır (Kaynar, 2019).

Arkeolojide "önleyici koruma" kavramı ise olası veri kaybı riski veya arkeolojik bulguların "sonsuz kadar" erişilemez ya da belgelenmemiş olarak bırakılması riskine karşı alanların acilen korunmasını ve belgelenmesini amaçlayan faaliyetleri ifade etmektedir (Kaynar, 2019). Önleyici koruma yöntemlerini Basit Koruma Paketleri, Lokal Koruma Setleri, Teşhire Açık Koruma Katmanları (Capping), Gömerek Koruma, Destekleyici Tamamlamalar, Geçici Yalıtım Çözümleri, Kazı Sahasının ve Arkeolojik Kesitlerin Korunması olarak sıralamak mümkündür (Tarhan, 2019). Bunlar arasında sit alanlarında geri döndürülebilirliği mümkün olan müdahalelere basit koruma paketleri, lokal koruma setleri ve geçici, takılıp sökülebilir olma durumu ve bu bağlamda geri döndürülebilir bir yapısı olması gibi sebepler ile koruyucu çatı örtüsü örnek olarak verilebilmektedir.

2.4.1.1. Basit Koruma Paketleri

Sit alanlarında titizlikle yürütülmesi gereken müdahalelerin öncelikli amacı kültürel mirasa zarar vermeden olası yeni bir yöntemin varlığında geri döndürülebilir müdahalelerle koruma eyleminin devamlılığı sağlamaktır. “Geri döndürülebilirlik” kavramı bu noktada en basit fakat en yaygın kullanılan haliyle “Basit Koruma” ve “Önleyici Koruma” (koruyucu çatı vb.) yöntemleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Basit ve önleyici koruma yöntemleri özellikle açık hava koşullarının getirdiği hızlı bozulma süreçlerine karşı hassas nitelikte olan yapısal unsurlara öncelik verilmesi ve tahribatın ortadan kaldırılmasına dayanan bir yöntemdir (Tarhan, 2019, s. 133).

Tarihi eserlerin toprak altında kalması söz konusu olduğunda yüzyıllara yayılan bozulma süreçleri geçirdiği görülürken, açık hava şartları söz konusu olduğunda bu süre yıllarla ifade edilebilecek kadar kısa bir süre zarfını kapsamaktadır. Özellikle pişmemiş veya yarı pişirilmiş topraktan kalıntılar, çamur harçlı veya kireç harçlı duvarlar, sıvalı veya boyalı

yüzeyler gibi hassas unsurların yağışlardan ve donma-çözünme gibi hadiselerden hızla etkilendiği göz önünde bulundurulduğunda birkaç yıl içinde geri dönüşü mümkün olmayan fiziksel hasarlara maruz kalması muhtemeldir. Bu minvalde basit ve önleyici koruma uygulamaları ile hassas özellikteki lokal alanlarda başvurulabilecek koruma usullerinin benimsenmesi kaçınılmazdır.

Basit koruma paketleri, sit alanlarının içinde bulunan ve bir bütün olarak hassas özellik gösteren benzer mekânsal unsurların (ocak, fırın ve işlik vb.) geçici olarak koruma hazneleri içerisine gömülerek korunmalarını sağlayan tamamen geri döndürülebilir basit bir koruma yöntemidir. Burada ilkesel olarak dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, uygulanması düşünülen basit koruma paketlerinin alanın peyzajıyla uyum içerisinde olması, kullanılacak malzemelerin uygun olarak seçilmesidir. Koruma paketi uygulamasının birinci adımı, hazne içine alınacak eserin formuna ve yüksekliğine uygun olarak etrafının bir set örgüsüyle çevrenmesi ve koruma müdahalesi için yapılacak set örgüsünde kullanılacak harcın kazı toprağıyla karılmış olan çamurdan hazırlanmasıdır. Çamur harçları, her koşulda geri döndürülebilir olması; hem koruma kapsülü içindeki nem ve hava geçirgenliğini dengeli sağlaması, hem de mikro flora ve mikro faunanın gelişmesini engellemesi açısından tercih sebebidir (Tarhan, 2019).



Şekil 14. Laodikeia'daki Asopos Tepesi'nde, açığa çıkarılan işlik alanındaki fırınlara uygulanan basit koruma paketi (Tarhan, 2019).

Basit korumada paket içine alınan öge ya da elemanların korumasının ikinci adımı, ayırıcı bir örtü yardımıyla koruma paketini içine alınan ögenin dolgu malzemesine doğrudan temasının önlenmesidir. Bu uygulama hem geri döndürülebilirlik açısından kolaylık hem de uzun köklü bitkiler ile toprak altı hayvanlarının yol açacağı zararların minimuma indirilmesinde katkı sağlaması sebebiyle önemlidir (Tarhan, 2019).



Şekil 15. Basit korumada paket içine alınan öge ya da elemanların dolgu malzemesiyle doğrudan temasının ayırıcı bir örtüyle ayrılarak önlenmesi (Tarhan, 2019).

Basit koruma paketi uygulamasının son adımı ise, dolgu toprağının üzerini kapatacak olan malzemenin yağışın direne edilebilmesi açısından düz veya kademeli bir eğimle yerleştirilmesidir. Laodikeia'daki Asopos Tepesi'nde, Tepe II olarak tanımlanan bölümün II. ve III. tabaka seviyelerinde açığa çıkarılan işlik alanına yapılan basit koruma uygulaması, koşullar elverdiğinde müdahalenin geri alınabilmesi, müdahalenin tahribatsız oluşu ve kalıcı hasarlar bırakmayışı gibi sebeplerle sit alanlarında geri döndürülebilir uygulamaların başarılı bir örneğini oluşturmaktadır (Tarhan, 2019).



Şekil 16. Basit korumanın son aşamasında dolgu toprağının üzerini kapatacak olan malzemenin düz veya kademeli bir eğimle yerleştirilmesi (Tarhan, 2019).

2.4.1.2. Lokal Koruma Setleri

Lokal Koruma Setleri sit alanlarında yer alan kültürel mirasın izlerini maruz kaldığı elverişsiz koşulların zararlarından koruyan, aynı zamanda tahribatsız, sürdürülebilir ve gerektiğinde geri alınabilir bir koruma sağlayan önemli bir uygulamadır. Tıpkı basit koruma paketlerinde olduğu gibi sit alanının tümünü kapsayacak kalıcı koruma uygulamaları

gerçekleştirilene kadar, alan içerisinde yer alan hassas bölümlere yönelik bölgesel olarak gerçekleştirilmektedir. Lokal koruma setlerinde amaç çoğunlukla, özgün halinde çatı veya çatı saçağı altında korunan, fakat güncel haliyle bu koşullarını kaybeden mekân içi taşınmaz unsurların korunmasıdır. Özellikle geri döndürülebilirliğin mümkün olması, sıva veya fresklerin yer aldığı mekanlarda süslemeli duvarların tamamının örtülerek teşhire kapatılması yerine, sadece korunagelen kısımlara özel çözümler geliştirmek lokal koruma setlerinin sağladığı bazı avantajlardır. Bu bağlamda, basit koruma paketlerinde olduğu gibi kullanılacak malzemenin kazı hafriyatından seçilerek, uygulamanın sit alanının dokusunun bir parçası olarak algılanmasını sağlamak gerekmektedir. Laodikeia Antik Kenti'nde 2010 yılından bu yana kadar yapılan lokal koruma seti uygulamalarıyla yüzeyleri boyalı veya sıvalı olan çok sayıda duvar korunmaktadır. Uygulamanın ilk aşamasında Şekil 17'te gösterildiği gibi freskin yer aldığı yüzeylerde düşme tehlikesi bulunan parçaların açık kenar sınırlarına sönmüş kireçten hazırlanan harçla geçici koruma bordürleri çekilmesinin ardından freskli duvarın yaklaşık 15 cm önünde, korunan parçaların üst sınırını 10 cm aşacak şekilde yassı tuğlalar kullanılarak harçsız kuru örgü tekniğiyle lokal bir koruma seti yapılmıştır (Tarhan, 2019, s. 209).



Şekil 17. Freskin yer aldığı duvar ve harçsız kuru örgü tekniğiyle oluşturulan lokal koruma seti (Tarhan, 2019).

Freskli duvar ile bunun önünde oluşturulan koruma seti arasında oluşan 15 cm genişliğindeki gömü haznesinin içi, Şekil 18'te gösterildiği gibi duvar yüzeyi ve koruma setini kaplayacak biçimde jeotekstil ile kaplanmış, alanın kendisine ait elenmiş kazı toprağıyla tamamen doldurularak yassı tuğlaların eğimli bir şekilde yan yana dizilmesi ve çamur harçla boşluklarının derzlenmesinin ardından lokal gömü haznesinin üzeri kapatılmıştır (Tarhan, 2019).



Şekil 18. Lokal koruma setinin oluşturulması (Tarhan, 2019)

Basit, önleyici koruma ve lokal koruma setleri sit alanları içerisinde yer alan öge ve elemanların, freskli ve süslemeli duvarların herhangi bir zarara maruz kalmadan geleceğe taşınmasının önünü açmaktadır. Bu uygulamalar basit fakat geri döndürülebilir olmasıyla sit alanlarında sıkça kullanılmaktadır. Bu uygulamalar, geri döndürülebilir çözümleri sebebiyle çağın getirdiği geçerliliği saptanmış çağdaş teknikler söz konusu olduğunda herhangi bir sorun teşkil etmeden ortadan kaldırılabilmeyle birlikte geçmiş ve gelecek arasında köprü kuran sit alanlarının hasarsız devamlılığı açısından önem arz etmektedir.

2.4.1.3. Koruyucu Çatı Örtüsü

Koruyucu çatı örtüsü önleyici koruma müdahaleleri arasında yer alan birkaç uygulamadan biridir. 2013'te yayımlanan Türkiye Mimari Mirası Koruma Bildirgesi'nde yer alan bazı ilke kararlarından koruyucu çatı örtülerinin tasarımın ve uygulamasına dair çıkarımlar yapmak mümkündür. Bu kararlar arasında yer alan önleyici, koruyucu müdahalelerin geri döndürülebilir, takılıp sökülebilir ve yenilenebilir olmasına dair yapılanlar sit alanlarının ve koruma müdahalelerinin sürdürülebilirliği açısından en önemli olanlardır. (ICOMOS, 2013). Sit alanlarında tasarlanan üst örtünün kalıcı olmaması sebebiyle geçici pratik çözümlerlere gidilmesi daha doğrudur. Üst örtü; sökülüp takılabilir, esnek, montajı kolay, tarihi kalıntıları gizlemeyecek şekilde tasarlanmalıdır. Bundan dolayı sit alanlarında yer alan koruyucu çatı örtüsünde şeffaf malzeme kullanımı yaygındır. Bunun yanı sıra alanların korunmasında yapılacak olan üst örtüler alanın kalıntılara ve karakterine fiziksel veya kültürel hiçbir zarar vermeyecek şekilde, dokusuyla çelişkili olmadan, alanın sanatsal ve tarihî değerinin önüne geçmeden, en az müdahale ile özgün olarak tasarlanmalıdır (Büyüköztürk & Oral, 2020).

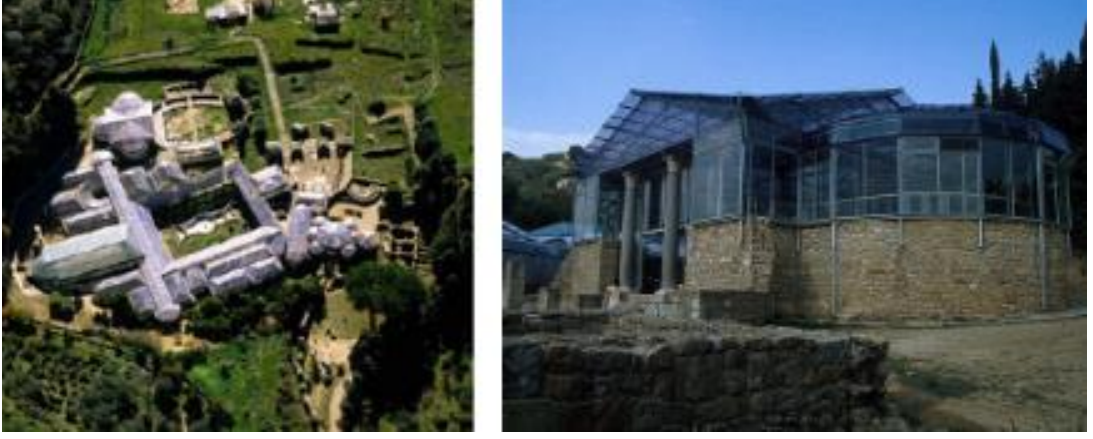
Günümüzde ise çağdaş teknolojilerin sağladığı çözümler ve tasarım olanaklarının genişlemesi sayesinde oldukça hafif malzeme ve strüktürlerle tasarlanmış, büyük açıklık geçebilen, geri döndürülebilir koruyucu çatı örtüsüne Türkiye ve dünyadan farklı ve geri döndürülebilir örnekler vermek mümkündür.



Şekil 19. Apollo Epicurius Tapınağı Koruyucu Çatı Örtüsü, Girit Adası/Yunanistan (Yılmaz, Şener, & Yılmaz, 2019).



Şekil 20. Hamar Katedrali Koruyucu Çatı Örtüsü, Norveç (Yılmaz, Şener, & Yılmaz, 2019).



Şekil 21. Piazza Armerina'daki Roma Villası üzerinde Koruyucu Çatı Örtüsü, Sicilya/İtalya (Yılmaz, Şener, & Yılmaz, 2019).



Şekil 22. Efes antik kenti yamaç evler, Koruyucu Çatı Örtüsü, İzmir/Türkiye (Yılmaz, Şener, & Yılmaz, 2019)



Şekil 23. Pergamon Z Yapısı, Koruyucu Çatı Örtüsü, Türkiye (Yılmaz, Şener, & Yılmaz, 2019)

2.4.1.4. Nanomalzemelerle Yüzey Koruma

Sit alanları, yapılan müdahalelerin uzun sürmesi sebebiyle nem, yağmur vb., dış, insanlardan ve kendi koşullarından kaynaklanan etkenlere karşı oldukça savunmasız olan alanlardır. Bu da kalıntıların yerinde korunmasını zorlaştırmakta ve zarar görmesine neden olmaktadır (Köksal, 2019). Fakat Son yıllarda nanoteknolojinin gelişmesiyle nanomalzeme alanındaki gelişmeler bu alanlarda karşılaşılan bazı sorunların önüne geçmeye başlamıştır.

Yapılan nanoteknolojik uygulamalar yenilikçi malzemelerin mimari restorasyonlarda kullanımlarının yaygınlaştırılması adına umut verici gelişmeler olarak karşımıza çıkmaktadır. Uygun yüzey temizliği ve varsa gerekli bölgelere sağlamlaştırma çalışmaları yapıldıktan sonra uygulaması yapılan bu koruyucu nanomalzemeler kirlerin yüzeye tutunmasına ve su itici özelliği sayesinde duvar vb. öğelerin bütüncül çalışmasına katkı sağlayarak mevcutta var olan kılcal çatlakların içerisinde su vb. ile dolmasına engel olmaktadır. Ayrıca koruyucu nanomalzemeler üzerinde yapılan araştırmalar; özgün malzeme yüzeyinde renk değişikliğine yol açmadığını, on ila beş yıl boyunca etkinliğinin sürdürdüğü ve yüzeyde kaldığı bu süre sonunda yüzeyden ayrılan koruyucu tabakanın geride herhangi bir toksik madde bırakmadığını ortaya koymaktadır. Fakat ilerleyen zamanlarda bu alandaki koruyucu uygulamanın etkinliğini sürdürebilmesi ve koruma müdahalesinin sağlıklı bir şekilde ilerleyebilmesi için düzenli aralıklarla koruma uygulamasının yapılması gerekmektedir (Uyar Z. , 2024).

Dış müdahalelere oldukça açık olan arkeolojik sit alanlarında nanomalzemelerle yapılan bu müdahaleler geri döndürülebilir ve sürdürülebilir doğası gereği önem arz etmektedir.



Şekil 24. Denizli- Tripolis Antik Kenti, nanoteknolojik malzeme ile koruma çalışması yapılan alanlar solda; Roma caddesi geç dönem duvarı üzerinde yer alan yazıta uygulanan nanomalzemenin yüzeydeki su iticiliği sağda (Uyar Z. , 2024).



Şekil 25. Solda Burdur- Sagalassos Antik Kenti hamam yapısına yüzey koruyucu nanomalzeme uygulaması; sağda yapının günümüzde de tuğla örgülü duvarların yüzeylerinin ve harçlı derzlerin özgünlüğünü koruduğu görülmektedir (Uyar Z. , 2024).



Şekil 26. İzmir -Selçuk - Aziz Yohannes Bazilikası Manastırı, koruyucu nanomalzeme uygulaması. Freskler üzerinde bugüne kadar herhangi bir renk değişikliği ve bozulma olmadığı, eksiksiz olarak korunduğu gözlemlenmektedir (Uyar Z. , 2024).



Şekil 27. Kayseri- Kocasinan Kültepe Kaniş Ören Yeri'nde kerpiç duvarlar ve taş temellerin korunmasına yönelik taş koruyucu nano silis partiküllerinden oluşan hidrofor nanomalzeme uygulaması (Uyar Z. , 2024).



Şekil 28. Kayseri- Kocasinan Kültepe Kaniş Ören Yeri'nde kerpiç duvarlar ve taş temellerin korunmasına yönelik taş koruyucu nanomalzeme uygulaması sonrası (Uyar Z. , 2024).



Şekil 29. İzmir-Torbalı Metropolis Antik Kenti'ndeki tiyatroda bulunan soylu koltuklar üzerine yüzeyin kir tutmasını engelleyen nanoteknolojik malzeme uygulaması (Uyar Z. , 2024).

2.4.2. Mimari Yapı Elemanlarında Geri Döndürülebilirlik

Yapılan literatür taramasında sit alanları içerisinde yer alan mimari yapı elemanlarından (taşıyıcı ayak, sütun, döşeme, heykel vb.) kopan parçalara müdahale etmek ve bu yapı elemanlarında meydana gelen hasarları ortadan kaldırmak için bazı spesifik müdahale yöntemlerinin varlığından söz etmek mümkündür. Bunlar heykel veya yapı elemanlarını birleştirmede kullanılan pim + zayıf yapıştırıcı uygulaması, eksik yapı elemanı parçalarının üretimi ve bu parçaların gerektiğinde geri alınabilmesini sağlayan akıllı protez uygulanması (SLA ile) ve manyetik malzemelerle yapılan birleştirme uygulanması olarak sıralanabilir. Sit alanları içerisinde yapılan bu müdahaleler geri döndürülebilir olmalı, yapının ya da yapı elemanlarının tarihine, önemli iz ve işaretlerine saygı gösterecek şekilde yapılmalıdır. Bu noktada, Burra Tüzüğü'nde yer aldığı şekliyle kültürel önemi azaltan değişikliklerden kaçınılmalı ve koşullar elverdiğinde hayata geçirebilecek malzeme ve yeni teknikleri eski sistemle değiştirmeyi mümkün kılmalıdır (Burra Charter, 2013). Ancak bu koşul karşılandığında müdahalenin geri döndürülebilir olarak nitelendirilebildiği unutulmamalıdır.

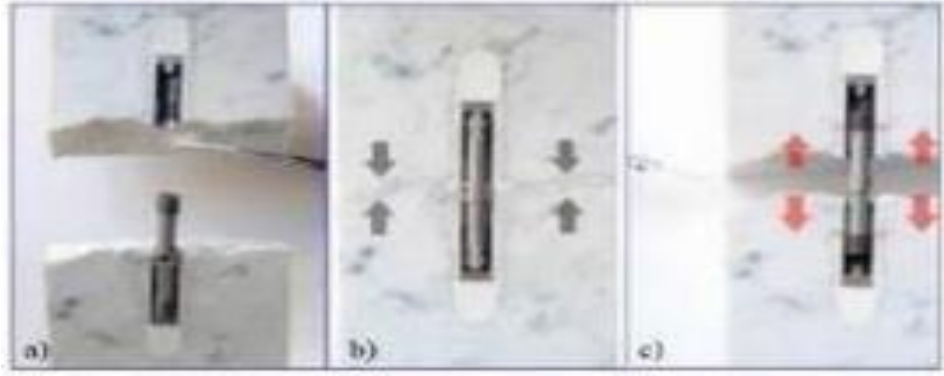
2.4.2.1. Pim + Zayıf Yapıştırıcı Uygulaması

Sit alanlarında çeşitli sebeplerle parçalara ayrılmış heykellerin, sütun başlıklarının ve kopma yaşamış parçaların birleştirilmesi için yapılan uygulamalar zaman zaman geri dönüşü mümkün olmayan birleşimlerle sağlanmaktadır. Birleşim elemanlarında meydana gelen korozyon vb. durumlar ise bir taraftan mimari elemanın stabilitesini tehlikeye atarken diğer taraftan da kalıcı olması nedeniyle yeni çağdaş tekniklerin önünü kapatmaktadır. Vatikan Müzeleri Mermer Restorasyon Laboratuvarı'nda yapılan çalışmada mekanik sabitleme sistemlerini iyileştirmek amacıyla belirli bir bağlantı alanında mekanik parçaları ve yapışkanları mümkün olduğu kadar ayrı ve özerk bırakmaya çalışarak gerektiğinde rahatça ayırıştırabilmeyi sağlayan "geri döndürülebilir bir birleştirme" sistemi önerilmektedir. Yapılan çalışmanın eski uygulamalardan farklı; "pimsiz güçlü yapıştırıcı" çözümü yerine geri döndürülebilir " pim + zayıf yapıştırıcı ile birleştirme yöntemini benimsemesidir (Devreux & Spada, 2010).



Şekil 30.Çıkış delikli dişli pimlerin (kırmızı ok), kuru pimlerin (mavi ok) yerleştirilmesi (Devreux & Spada, 2010).

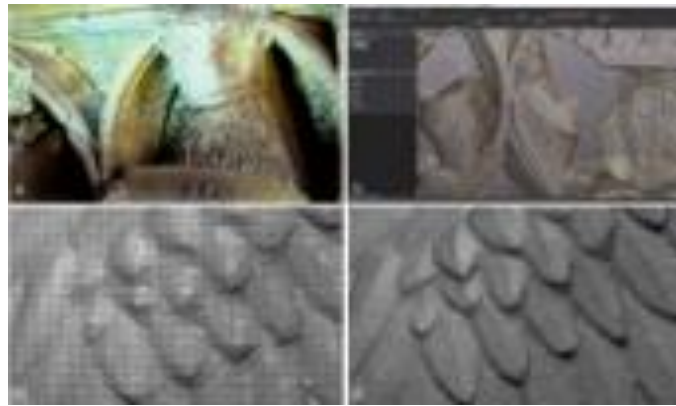
Pim, bu noktada ilgili kütleler arasında yükün bağlanması ve dağıtılması işlevine sahip olmalı, aynı zamanda yapıştırıcının doğal olarak veya kasıtlı olarak ayrışması durumunda güvenlik sağlamalıdır. Yapışkan malzemenin doğrudan mekanik elemanın üzerine uygulanmasından mümkün olduğunca kaçınmaya çalışılması gerekmektedir. Çünkü bu durum tasarımın tersine çevrilebilirlik özelliğini sekteye uğratabilir. Bu uygulamada eserlerin parçalarının bir araya getirilmesi için yapıştırıcı olarak alçı ve kurşunun yapıştırma, doldurma şeklinde kullanımına; sıklıkla balmumu-reçine, epoksi ve polyester uygulamalarına rastlamak mümkündür. Fakat epoksi ve polyester gibi yapışkan maddeler, polimer olduklarından, orta - uzun vadede zor tersine çevrilebilirlik sorununu sürdürürler. Bu sebeple pim+zayıf yapıştırıcı müdahalesinde akrilik, vinil, akrilik-metakrilik, polivinil butiral ve diğerleri gibi geri dönüşümlü yapıştırıcılar tercih edilmektedir (Devreux & Spada, 2010). Pim+zayıf yapıştırıcı ile ilgili yapılan çalışmada bu yapıştırıcıların stabilitesi, dayanımı ve sürdürülebilirliği hakkında detaylı bir bilgi yer almamaktadır. Fakat koruma ve onarımında sıklıkla kullanılan maddelerin başında gelen akrilik ve türevleri olan yapıştırıcılarla ilgili yapılan çalışmalar bu malzemelerin; geri dönüşümlü, ara sertliğe ve dayanıma sahip olduğunu, birden çok çözücüyle kolayca ve tamamen geri dönüşümünün sağlanabildiğini göstermektedir. Ayrıca yüzeyle kimyasal reaksiyona girmeden ve renk değişimi göstermeden yapısal uyum sağlamaktadır. Asit ve tuzlardan etkilenmeden, birçok kimyasal maddeye karşı da yüksek dayanım sergilemektedir (Baykan, 2018). Yapıştırıcıların taş malzemede geri döndürülebilirliğinden detaylı olarak 3. başlık altında ‘‘Taş Malzemede Geri Döndürülebilirlik’’te bahsedilecektir.



Şekil 31. a),b)Yapıştırma Aşaması; c)Pimi serbest bırakma (Devreux & Spada, 2010)

2.4.2.2. Akıllı Protez Uygulanması (3D Stereolitografik yazıcı-SLA ile)

Restorasyon müdahalesinde SLA ile üretilen akıllı protez, yapı elemanının eksilen parçalarını tamamlamayı hedefleyen bir uygulamadır. Geliştirilen sistemin kilit noktası, yalnızca akıllı protezin restore edilmiş sanat eserine yerleştirilebilmesi değil, aynı zamanda, uygulanabilirlik, uygunluk; kültürel mirasa müdahalede yenilikçi bir çözüm olmak, sistemin yapı elemanından çıkarıldıktan sonra yerleştirildiği yerde herhangi bir tahribat bırakmaması gibi çıktılarla tamamen tersine çevrilebilir olmasıdır. Uygulamanın ilk örneği İspanya-Valensiya Kutsal Üçlü Kraliyet Manastırı'nda bulunan Kastilya Kraliçesi Mary'nin Taş Mezarında yapılmıştır. Bir sanat eserinin korunmasını ve iyileştirilmesini hedefleyen bu uygulama, 3D baskılı protezin tamamının manyetik sistemlerle orijinal malzemeye tutturulmasıyla gerçekleştirilir (Niqueta, Sánchez-Lópezb, & Mas-Barberàa, 2020). Şekil 32'da işlem basamakları gösterilmektedir.



Şekil 32.a)Eksilen parçanın belgelenmesi, b)3d modelinin hazırlanması, c-d)Dijital modelde elde edilen kısmın detayları (Niqueta, Sánchez-Lópezb, & Mas-Barberàa, 2020).

Protezin çalışma metodolojisi dört aşamada gerçekleşmektedir. Lazer tarayıcıdan elde edilen verilerle yüksek çözünürlükte bir 3D sanal modelin elde edilmesi; protezin dijital modellenmesi, fotopolimerizasyon reçinesi kullanılarak üretilmesi ve boyanması, termohigrometrik kontrol sensörlerinin kurulumu ve sistemin doğrulanmasıdır. Protezi manyetik sistemlerle yüzeye birleştirmek için Ni/Cu kaplamalı, korozyon direnci yüksek- koruyucu manyetik kaplamalara sahip mıknatıslar kullanılmıştır. Fotopolimerizasyon reçinesi kullanılarak üretilen protez, FDM (Erimiş Biriktirme Modellemesi) gibi diğer protez üretimlerine kıyaslandığında iyi düzeyde ayrıntı elde edilebilmesi, parçaya hafiflik ve optimum direnç sağlaması, yüzeyle sınırlı temas kurarak yüzeyde oluşabilecek bozulmaların önüne geçmesi gibi avantajlar sağlamaktadır (Niqueta, Sánchez-Lópezb, & Mas-Barberàa, 2020). Şekil 33. Solda esik alanın 3d rekonstrüksiyon ve SLA ile basılmış protez, sağda eksik bölgeye akıllı protezin yapıştırılmasını işlemi .Şekil 33’da tamamen geri döndürülebilir bir uygulama olan akıllı protez sistemine ait detaylar ve uygulama aşaması gösterilmektedir.



Şekil 33. Solda esik alanın 3d rekonstrüksiyon ve SLA ile basılmış protez, sağda eksik bölgeye akıllı protezin yapıştırılmasını işlemi (Niqueta, Sánchez-Lópezb, & Mas-Barberàa, 2020).

Yapılan müdahalenin ve protezin yüzeye yapıştırmasının geri döndürülebilir bir müdahale olabilmesi için kilit nokta kullanılan yapıştırıcıdır. Bu sebeple müdahalede akrilik yapıştırıcılardan olan, solventlerle tersine çevrilebilirliği mümkün Paraloid B72 kullanılmıştır.

2.4.2.3. Manyetik Malzemelerle Yapı Elemanı Parçalarını Birleştirme Uygulanması

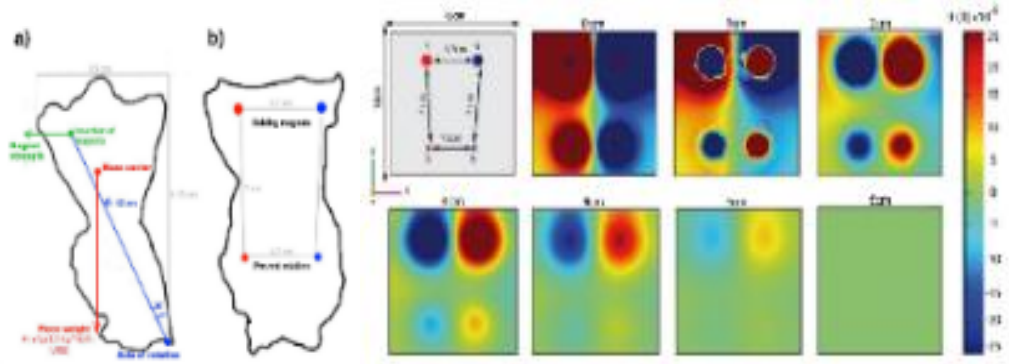
Kültürel mirasın korunması ve restorasyonu alanında kullanımı oldukça yeni olan manyetik malzemelere 1980'lerin sonlarından bu yana önleyici koruma ve müzeleştirme uygulamalarında rastlanmaktadır. Son zamanlarda restoratörler, manyetik sistemleri deformasyonları ortadan kaldırmak, boya katmanları arasında yapışma sağlamak, mimari öğelerdeki metalik parçaları aramak veya temizlik için bir araç olarak kullanmaktadır. Manyetik malzemelerin, özellikle de kalıcı mıknatısların, parçaları birleştirmek veya heykellere rekonstrüktif protezlerin yerleştirilmesine yardımcı olmak için alternatif bir araç olarak kullanıldığı uygulamalara da rastlamak mümkündür. Çünkü heykel gibi farklı yapı parçaların birleştirilmesinde manyetik malzemelerin konservasyon ve restorasyonda kullanımı; minimum müdahale, orijinal sanat eserine saygı, sanat eserinin estetiğinin geliştirilmesi ve en önemlisi tersine çevrilebilirlik gibi önemli koruma ilkelerine karşılık bulunduğundan bu soruna potansiyel bir alternatif çözüm oluşturmaktadır. Manyetik malzemelerin kullanıldığı bu potansiyel alternatif çözüme verilebilecek örneklerden biri İspanya'da bulunan Virgen de los Desamparados Heykeli (1954)'dir. Bu çalışmada, tahribatsız muayene, heykelin restorasyonu için protezin üretileceği malzemeler ve bunların mıknatıs ve çeşitli yapıştırıcılarla tutturulması ele alınmıştır. (Rodríguez, Pérezb, & Mas-Barberàa, 2018).



Şekil 34.) Eksik bölümlerin genel görünümü, b) Fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçlerden kaynaklanan bozulmanın ayrıntıları; c) Paslı demir çubuklar ve parça kaybı (Rodríguez, Pérezb, & Mas-Barberàa, 2018).

Yüksek derecede bozulma göstermiş kafa ve taç kısmından birkaç parçanın kaybının var olduğu bu uygulamada yeni restorasyon müdahalesinin geri döndürülebilir olması hedef olarak belirlendiğinde, restoratörler için işleme başlamadan önce kullanılacak uygun mıknatıs ve yapıştırıcı gibi malzemelerin seçimi önemlidir. Bu sebeple Şekil 35.'da

gösterildiği gibi müdahalede kullanılacak mıknatısların uygun konumlarının seçilmesine yardımcı olmak amacıyla sonlu elemanlar analizi, 3 boyutlu yazılım ile sanal ortamda farklı teorik modeller ve simülasyonlar kullanılarak geri döndürülebilir müdahale yöntemi belirlenmiştir.



Şekil 35. a) Mıknatısların en uygun konumlarının seçilmesine yönelik simülasyon; b) Proteze uygulanan teorik model (Rodrígueza, Pérezb, & Mas-Barberàa, 2018).

Uygulamada ilk olarak mıknatıslar orijinal parçaya önceden hesaplanan konumlarda, akrilik yapıştırıcılar grubundan olan Paraloid B72 solventlerle rahat bir şekilde kaldırılabilir olduğundan yüzeyleri yapıştırmada tercih edilmiştir. Orijinal parça daha sonra plastik filmle korunarak yerinde protez üretimi yapılmıştır. Daha sonra protez ve plastik film çıkarılmış, mıknatıslar proteze tutturulmuş ve eksik kısımları heykele dahil etmek için iki parça manyetik olarak birleştirilmiş; renk entegrasyonundan sonra işlem tamamlanmıştır (Rodrígueza, Pérezb, & Mas-Barberàa, 2018).

Şekil 36.'de geri döndürülebilirliği mümkün olan yapı elemanı parçalarının manyetik malzemelerle birleştirilmesine ait adımlar gösterilmektedir.



Şekil 36. a) Uygulanan protezin iç detayı ve içindeki mıknatıslar, b) Protezin dış görünümü, c) Renk entegrasyonundan sonra görünüm, d) Restore edilen heykelin genel görünümü (Rodrígueza, Pérezb, & Mas-Barberàa, 2018).

2.5. Strüktürel Problemlere Müdahalede Geri Döndürülebilirlik

Mimari mirasın korunması için UNESCO ve ICOMOS gibi kurumlar tarafından ortaya konulan tüzük, ilke ve bildirgeler göz önüne alındığında geri döndürülebilirlik kavramının en çok strüktürel problemlere müdahalelerde söz konusu bir kavram olduğunu söylemek mümkündür. 2003 yılında yayınlanan ‘‘Mimarî Mirasın Analizi, Korunması ve Strüktürel Restorasyonu İçin İlkeler’’ en geniş şekliyle strüktürel müdahalelerde genel ölçütlerin tanımlamasını yapmaktadır. Burada taşıyıcı sistemin çökmesini önlemek için alınması gerekli acil güvenlik önlemlerini hariç tutarak; müdahalenin avantaj ve dezavantajlarını göz önünde bulundurmadan tarihi eser üzerinden kalıcı etki yaratan müdahaleden kaçınılması ve müdahalelerin mümkün olduğunca geriye döndürülebilir olması gerektiğine vurgu yapılmaktadır. Ayrıca acil önlemlerin dışında iyileştirici önlem ve tedbirler için de yeni bilgiler edinildiğinde yapılan müdahalelerin tarihi esere zarar vermeden kaldırılarak daha uygun olan çağdaş bir teknikle yer değiştirebilmesi yani geri döndürülebilir olması arzu edilmektedir (ICOMOS, 2003) .

Tarihi yapılar üzerinde görülen strüktürel problemlerin sebebine gelindiğinde ise taşıyıcı sistemin türü oluşan hareketlerin yoğunluğu ve türü, yapının bulunduğu yerdeki zeminin durumu, meydana gelen doğal afetler, uzun süreli doğal etkenler, insanların neden olduğu hasarlar, kötü işçilik ve detay kullanımı gibi sebeplere bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu bileşenlerin etkisiyle binanın kısmi veya tamamen zarar görmesi taşıyıcı sistemdeki eksiklikleri veya zeminde güçlü hareketlerin olduğuna işaret etmektedir. Tarihi yapılarda bu sebeplerden kaynaklanan hasarlar, çatlaklar, ezilmeler, ayrışmalar, parça kopmaları, kayma, sehim, burkulma, burulma, , ayrılma devrilme-şakulünden sapma, şişme ve yıkılma şeklinde tahribatlar meydana gelmektedir (Karakuş, 2012). Tarihi yapılarda strüktürel problemler sebebi ile meydana gelen hasarlara karşı yapılan müdahale teknikleri Penelis ve S.Anthimos tarafından geri döndürülebilir ve geri döndürülemez olarak iki grupta sınıflandırılmıştır.

Geri döndürülemez olarak sınıflandırılan teknikler aşağıda listelenmiştir.

- Temel
- Mevcut temel sisteminin yeni eklemelerle kirişler, kolonlar vb. değiştirilmesi
- Temellerin genişletilmesi
- Destekleme
- Yeniden yapılan derin bağlantılar

- Duvar

- Yeni tuğlaların derzlenmesi ve/veya yapıştırılması
- Çatlaklarda ve/veya derin birleştirmelerde epoksi reçinelerin enjeksiyonu
- Bir yığma duvarın küçük, orta veya büyük bölümünün yeniden inşası
- Mantolama
- Yeni kirişler ve/veya kolonların seçilen noktalara (örn. köşeler) eklenmesi
- Çekme mukavemetini arttırmak için özel epoksi yapıştırıcılarla yerinde yapıştırılan FRP uygulaması
- Ön gerilmeli donatılarla duvarda dikiş uygulaması
- Dış payandalar
- Duvarın birleşik çelik çubuklarla güçlendirilmesi
- Taş parçaların geri döndürülemez yapıştırıcılarla birbirine bağlanması.

- Ahşap

- Ahşap çatının yeni kirişler veya levhalar ile değiştirilmesi
- Çatlaklara yapılan epoksi reçine enjeksiyonu
- Ahşap elemanların epoksi yapıştırıcılarla FRP çubuklar kullanılarak güçlendirilmesi
- Köşeler vb. seçilen noktalara yeni kiriş veya kolon gibi elemanlarının eklenmesi (Küçükdoğan, 2007; S.Anthimos, Structural Restoration of Historical Monuments. Spesific Examples From Greek Practice., 9-29 September 2003).

Geri döndürülebilir teknikler ise aşağıdaki gibi listelenmiştir.

- Temel

- Taban İzolasyon Uygulaması

- Duvar

- Duvar işçiliğinin doğrusal çelik çubuklarla kapatılması
- Yığma duvarın çelik bağlarla güçlendirilmesi
- Kubbe tabanlarına uygulanan çemberleme
- Payandalar

- Dış ve iç duvarlarda yük taşıma sistemi olarak yapısal çeliğin kullanılması
- Dış bağlar
- - Ahşap
- Mevcut bir ahşap elemanın (kiriş ve/veya çatı) çelik levhalarla güçlendirilmesi.
- Mevcut bir ahşap elemanın yenisiyle rehabilitasyonu olarak tanımlamıştır (Küçükdoğan, 2007; S.Anthimos, Structural Restoration of Historical Monuments. Spesific Examples From Greek Practice., 9-29 September 2003).

Uygulamasını yapmadan önce geri döndürülebilir tekniklerin doğruluğunu saptamak tarihi yapının sürdürülebilirliği açısından gereklidir. Bu sebeple strüktürel problemlerden kaynaklanan deformasyonların geri döndürülebilirliğini tartışmak, yapısal özelliklerini iyileştirmek, en geri döndürülebilir olan müdahaleyi saptamak için müdahale uygulanmadan avantaj ve dezavantajlarını göz önünde bulunduran yöntemlerden faydalanılmalıdır. Yapılan literatür taramasında bu yöntemlerin çoğunlukla simülasyon modeller ve bire bir ölçekte üretilmiş düzenekler üzerinde klasik müdahalelere (güçlendirme, sağlamlaştırma vb.) alternatifler sunmak ve statik çözümlemeleriyle müdahale yöntemine karar vermeden önce dijital ortamda yapıya sağladığı avantaj ve dezavantajları görmeyi sağlayan;

- FEA(Sonlu Elemanlar Analizi)
- Sayısal Modelleme(SAP2000, Lucas , PCM Aedes vb.)
- Doğrusal Kinematik Analiz(BrickWORK vb. Yazılımlar)
- Sismik Sarsma(Masası) Testleri
- Deprem Simülasyon Testleri
- Statik Analiz, Yük Analizi(AXIS vb. Yazılımlar)
- Eksenel Sıkıştırma Testleri
- İtme Testleri
- Diyagonal Sıkıştırma Testleri (DCT)
- Kesme Basınç Testleri (SCT) vb. olduğu görülmektedir.

Literatür taramasında tarihi yapıda, özellikle deprem bölgesinde yapıldığı saptanan çalışmalarda simülasyon testleri ile meydana gelen hasarlar tespit edildikten ve dijital ortamda statik çözümlemeleri yapıldıktan sonra yapı bünyesine en az zarar verecek olan, en geri döndürülebilir yöntem yukarıda bahsedilen sayısal hesaplamalar, analizler ve testler

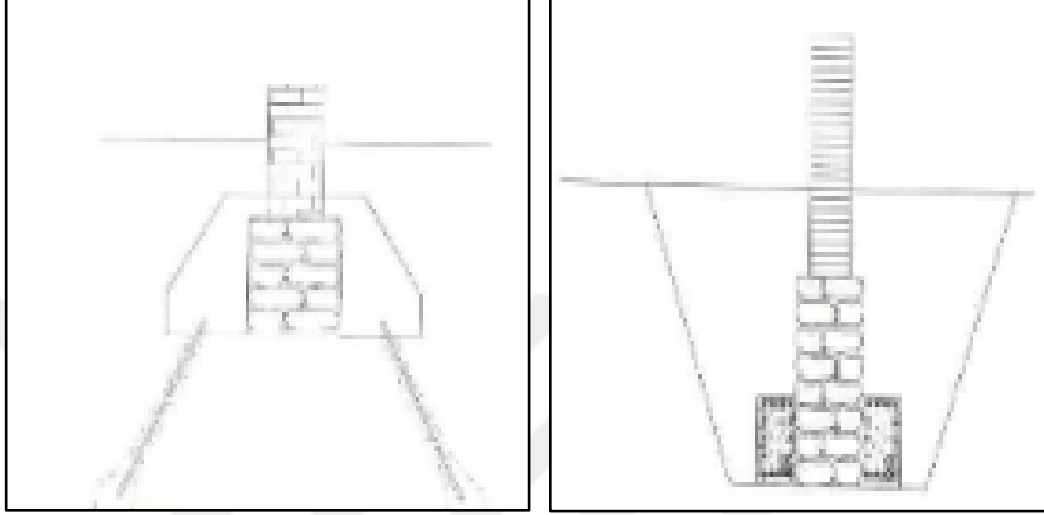
vasıtasıyla, müdahale uygulamadan önce, tespit edilebilmektedir. Venedik Tüzüğü'nde de bahsedildiği gibi mimari mirasın incelenmesine ve bütüncül korunmasına yardımcı olabilecek bilim ve tekniklerden yararlanılması, yeni araştırma ve olanaklara imkân tanıyan çağdaş teknoloji ile koruma çalışmalarında az hasar veren ya da hasar vermeyen modern yöntemlerin bir çözüm önerisi olarak kullanılması gerekmektedir. (Küçükdoğan, 2007; Venedik Tüzüğü, 1964). Jurina Lorenzo'nun da bahsettiği gibi yapısal herhangi bir problemle karşı karşıya kalındığında muhtemel gelecekte daha iyi bir çözüm önerisine fırsat tanımak ancak ve ancak müdahalelerde yenilikçi ve geri döndürülebilir koruma eğiliminin benimsenmesiyle mümkündür. Hasar almış bir tarihi yapının kapsamlı bir araştırma, analiz, testlerden geçmesinin yanı sıra tercih edilen yapısal güçlendirme ve onarım metodunun da birçok analiz, deney ve testlerden geçmesi gerekmektedir. Çünkü uygulanacak müdahalenin özgün tarihi yapıya uygun ve geri dönülebilir özellikte olması ancak bu şekilde sağlanabilir (Jurina, La Possibilità Dell'approccio Reversibile Negli Interventi Di Consolidamento, 2003; Yıldırım, 2023).

Yapılan çalışmalar doğrultusunda strüktürel problemlere karşı yapılan müdahalelerde; çağın gerektirdiği teknolojik ve bilimsel alt yapının yetersizliğinden kaynaklı kullanılmak zorunda kalınan geri döndürülemez müdahale yöntemleri yerine günümüzde geri döndürülebilirlik ilkesinin daha fazla önem kazanmasıyla bilimsel test ve deneylerle geçerli hale gelen çağdaş geri döndürülebilir tekniklerin kullanımına rastlanmaktadır. Çalışmanın bu bölümde yapı elemanlarına müdahalelerde kullanılan geri döndürülebilir ve geri döndürülemez müdahale yöntemlerinin yapıya sağladığı avantaj ve dezavantajların karşılaştırmalı olarak verilmesi hedeflenmektedir.

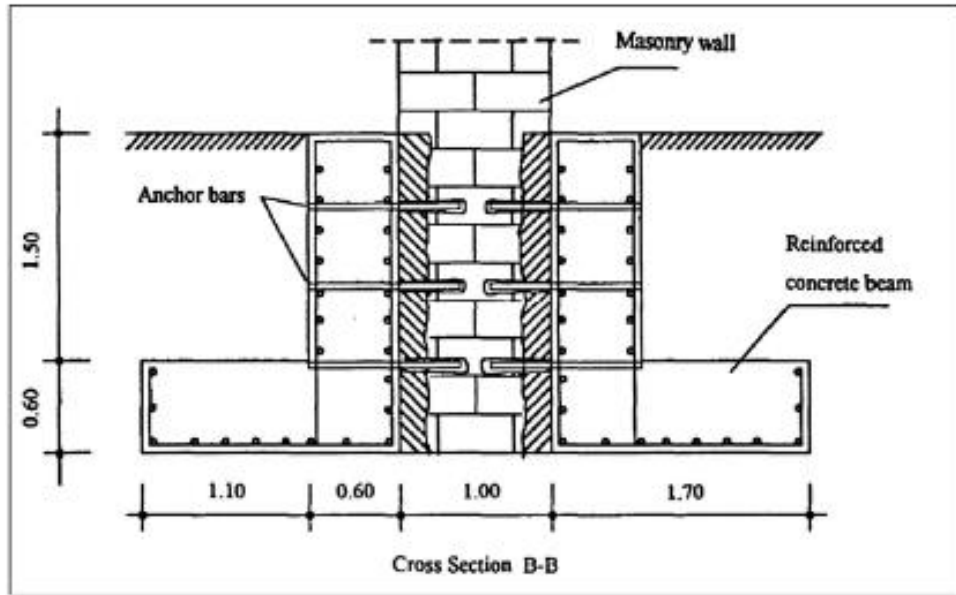
2.5.1. Temel

Temeller yapının toprak üstünde kalan kısmından gelen yükleri zemine aktaran yapı elemanlarıdır. Temel ve zemin bağlantısında zemin şartları, yer kabuğu hareketleri ve yer altı su seviyesindeki değişimler vb. sebeplerden kaynaklanan bozulmalar meydana gelmektedir. Bu bozukluklar, farklılaşan zemin şartlarına uyum gösteremeyen yapı temellerinin zemine yük aktarımını dengesiz hale getirerek farklı oturmalara sebep olmaktadır. Ek olarak temel malzemelerindeki bozulmalar da zayıflıklara neden olduğundan temellerin görevlerini yerine getirmesine engel teşkil etmektedir. Bu sorunlara uygulanacak müdahalelerden önce gerekli inceleme ve araştırmaların yapılması yapı sisteminin ve

zeminin davranışının tüm yönleriyle anlaşılması açısından önemlidir (Zakar, 2013). Uygulanacak müdahalelerin geri dönüşümü mümkün olan uygulamalardan seçilmeli; kesit genişletme ve temel sağlamlaştırılmaları gibi geri dönüşümsüz veya geri dönüşümü çok zor olan uygulamalardan kaçınılmalıdır (Karakuş, 2012).



Şekil 37. Temellere uygulanan geri dönüşümsüz mikropilling ve kiriş ekleyerek güçlendirme uygulamaları (S.Anthimos, Structural Restoration of Historical Monuments. Specific Examples From Greek Practice., 9-29 September 2003).

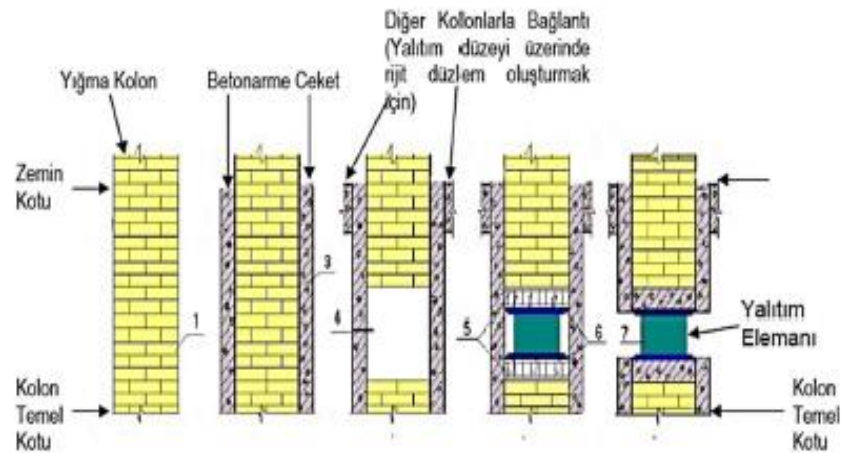


Şekil 38. İstanbul-Vakıf Gureba Hastanesi geri dönüşü mümkün olmayan temel genişletmesi (Yüce, 2021).



Şekil 39. Depreme karşı güçlendirme çalışmalarında temeli daha sağlam kılmayı ön gören kuyu temel ile caminin dört yönünün geri dönüşü mümkün olmayan betonarme perde içine alınması, Edirnekapı Mihrimah Sultan Camii-İstanbul (Karakuş, 2012).

Temel düzeyinde yapılacak geri dönüşümlü müdahalelerin sayısı yok denecek kadar az olmasına ve tamamen geri döndürülebilirlik ilkesini karşılamamasına rağmen bazı müdahalelerin; kültürel miras üzerinde üst yapıda birçok hasarı önleyerek tamamen geri döndürülemez müdahalelerin uygulanmasını (payanda, mantolama vb.) önlediğini de unutmamak gerekir. Tarihi yapıların temellerinde kullanılan sismik izolatörlerle deprem kuvvetlerinin azalması yapının alacağı hasarları azalmanın yanı sıra tarihi yapıda uygulanacak güçlendirme müdahalelerini minimuma düşürerek yapının özgün detaylarının daha az zarar görmesini sağlaması da göz ardı edilmemelidir (Yüce, 2021).



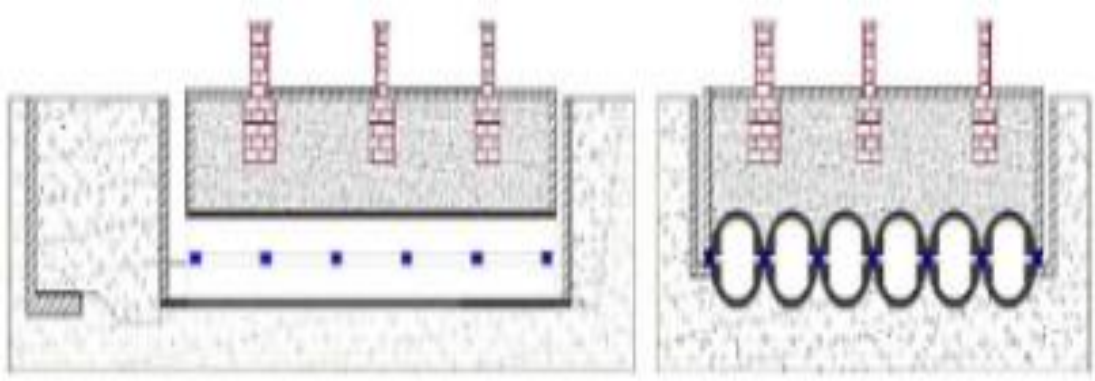
Şekil 40. Tarihi yapılarda sismik izolasyon uygulamasının şematik anlatımı (Yüce, 2021).



Şekil 41. ABD, Kaliforniya- San Francisco Sanat Müzesi Sismik Yalıtım Uygulaması (Yıldırım, 2023).

2.5.1.1. Taban İzolasyon Uygulaması

Taban izolasyon uygulaması yığma miras yapılarına uygulanabilecek güçlendirme çözümleri arasında uluslararası tüzük ve ilkelerde belirtilen ve yapının güçlendirilmesine karar verilirken göz önünde bulundurulması istenen gereklilikler açısından en uygun olanıdır (Lupășteanu, Soveja, Lupășteanu, & Chingălată, 2019). Taban izolasyon müdahalesi sismik hareketlerden kaynaklanan ve üst yapıda tahribata neden olan etkenleri ortadan kaldırması ve yalnızca altyapı düzeyinde yapılması sebebiyle avantajlıdır. Özellikle sismik bölgelerde duvarlarda oluşabilecek zararları mantolama gibi geri dönüşü olmayan tekniklerle güçlendirilmektense temel düzeyinde yapılan müdahale üst yapıda geri dönüşümsüz tekniklerin önüne geçerek olası zararları minimuma indirmektedir. Romanya'nın sismik bir bölgesinde yer alan St. Nicolae Aroneanu Ortodoks Kilisesi'ne yapılan taban izolasyon uygulaması buna örnektir. Uygulamanın en büyük avantajı iç mekânda yer alan mimari veya sanatsal bileşenlerin tahribatının başarıyla önlenmesi ve müdahalelerin sadece altyapı düzeyinde yapılmasıdır. Sistem iki betonarmeden yapılmış izole bir platformdan oluşmaktadır. Bu müdahalede, izolasyon elemanları mevcut tarihi yapının temel alt kısmına doğrudan temas etmeyecek şekilde yerleştirilmiştir. Uygulamada bina etrafında hendekler kazılarak daha sonraki bakımlara olanak sağlamak için borular yerleştirilmiştir. Şekil 42'de taban izolasyon sisteminin boyuna ve enine kesitleri yer almaktadır (Lupășteanu, Soveja, Lupășteanu, & Chingălată, 2019).



Şekil 42. Taban izolasyon sisteminin boyuna ve enine kesitleri (Lupășteanu, Soveja, Lupășteanu, & Chingălată, 2019).

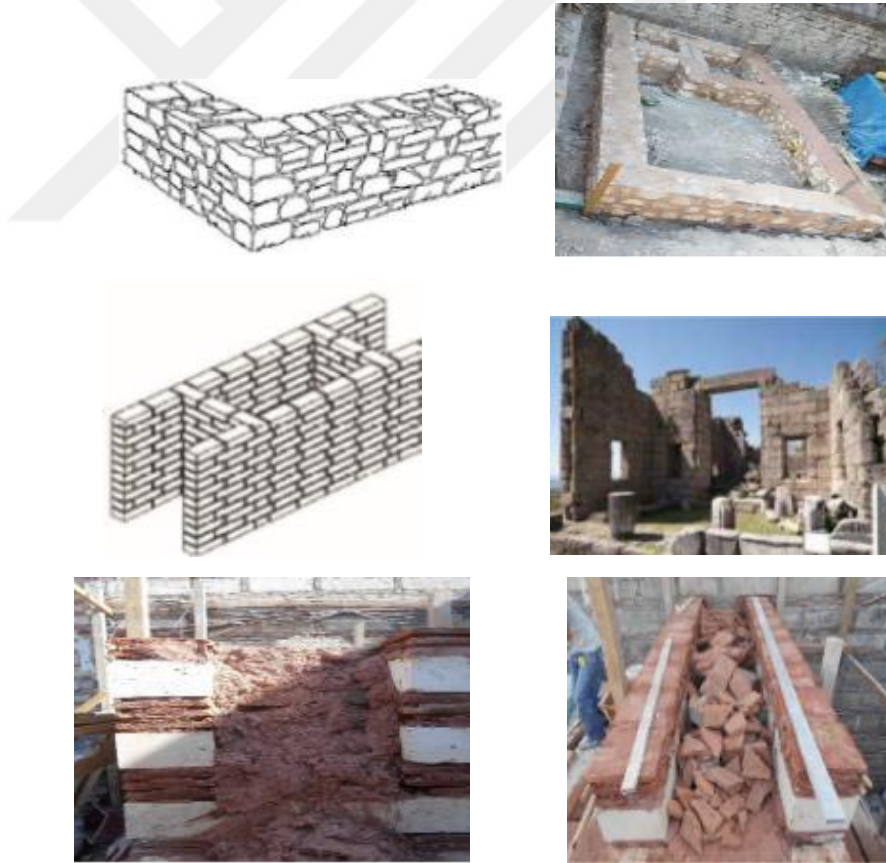
2.5.2. Duvar

Duvarlar, taşıma, ayırma, ısı yalıtımı, ses yalıtımı; su, nem ve yangından koruma gibi temel işlevleri yerine getiren yapı elemanlarıdır. Duvarlar tek bir katmandan oluşabilecekleri gibi, birden fazla katmandan da oluşabilmektedir. Bu yapı elemanları taşıyıcılık durumuna göre taşıyıcı duvarlar ve taşıyıcı olmayan (dolgu ve bölücü) duvarlar, binadaki yerine göre iç duvarlar ve dış duvarlar, üretim yöntemi göre yerinde üretilen ve bina dışında üretilen duvarlar olarak sınıflandırılmaktadır. Ayrıca yüklendiği işlevin önceliğine göre fiziksel ve mekanik nitelikleri öncelik kazanan duvarlar ve kesit düzenlemesi göz önünde bulundurulduğunda hava tabakalı (soğuk) ve hava tabakasız (sıcak) duvarlar olarak alt başlıklara ayrılmaktadır (Türkmen, 2020).

Geleneksel mimaride taşıyıcı duvar inşasında taş, tuğla gibi kârgir malzemelerin yanında takviye olarak ahşap ve metal elemanların kullanımına; moloz taş duvar, kesme taş duvar, tuğla duvar ve taş-tuğla karışık almaşık örgü duvar örneklerine rastlamak mümkündür. Aynı zamanda yığma duvarlar tek cidarlı (dolu), iki çeperi olup ortası boş olarak çift cidar, iki çeperi olup ortası moloz veya harç ile dolgu olarak üç cidarlı (sandık) duvar olarak karşımıza çıkmaktadır (Yüce, 2021).

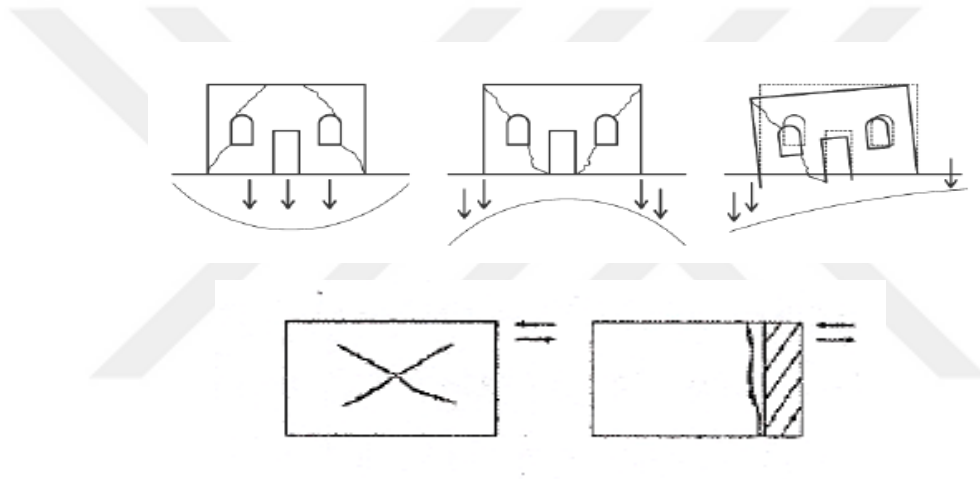


Şekil 43.Sırasıyla; Moloz taş duvar, kesme taş duvar, tuğla duvar ve taş-tuğla karışık almalı örgü duvar örnekleri (Yüce, 2021)

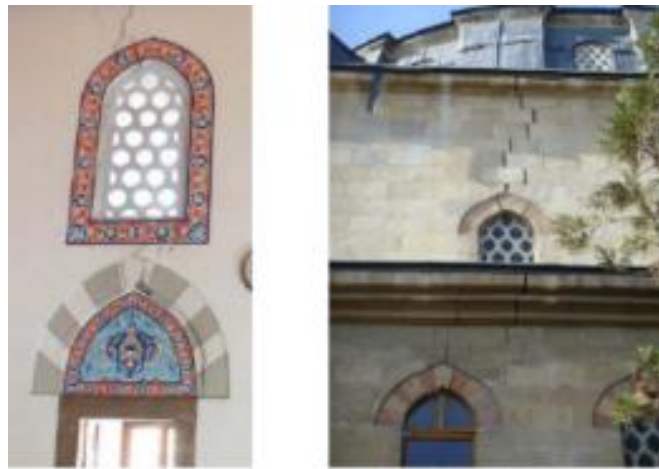


Şekil 44.Sırasıyla tek cidarlı (dolu)duvar ve örülmüş taş temel uygulaması; çift cidarlı duvar ve Muğla Milas'ta bulunan Labraynda (Labraunda) Antik yerleşiminde yer alan çift cidarlı duvar örgüsü örneği; üç cidarlı (sandık) duvar ve Mısır Çarşısı dükkân rekonstrüksiyonu uygulaması (Yüce, 2021).

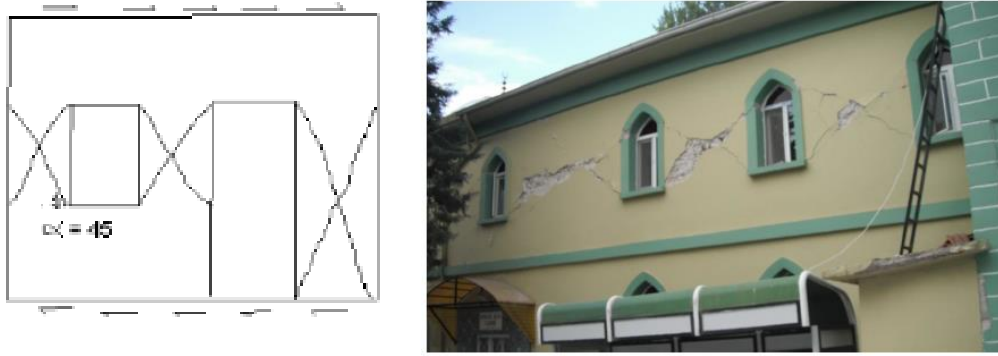
Duvarların yapısal işlevlerinde zamanla bozulmalar meydana gelmektedir. Geleneksel yapı sistemlerindeki duvarlar göz önünde bulundurulduğunda ise bu bozulmaların başında zeminden gelen etkiler yer almaktadır (Karakuş, 2012; Zakar, 2013). Bozulma meydana gelen duvara doğru bir müdahale yapılabilmesi için o duvarın yapı sistemindeki davranışı ve duvarı oluşturan malzemelerin özelliklerinin doğru bir şekilde tanımlanması gerekmektedir. Gomez başta duvarlar olmak üzer sütunlar ve taşıyıcı ayaklarda ortaya çıkan yapısal sorunlar ve bu sorunlara yönelik müdahale yöntemlerini duvarda yapılabilecek bozulmaya ve strüktürel ihtiyaca bağlı olarak: Taşıma Kapasitesine Ulaştırmaya Yönelik Onarım I.Grup, Taşıma Kapasitesini Arttırmaya Yönelik Güçlendirme II.Grup, Yeni elemanla destekleme III.Grup, Yeniden Yapım IV. Grup olarak sıralamaktadır (Zakar, 2013).



Şekil 45. Üstte duvarlarda temel oturmasından kaynaklı çatlaklar (Vatan Kaptan, 2010); Altta depremde kaynaklanan çatlaklar (Karakuş, 2012).



Şekil 46. Ankara-Altındağ Cenab-ı Ahmet Paşa Camii oturmadan kaynaklanan çatlağın içerden ve dışardan görünüşü (Restorasyon-Konservasyon-Arkeoloji ve Sanat Tarihi Yıllığı, 2017).



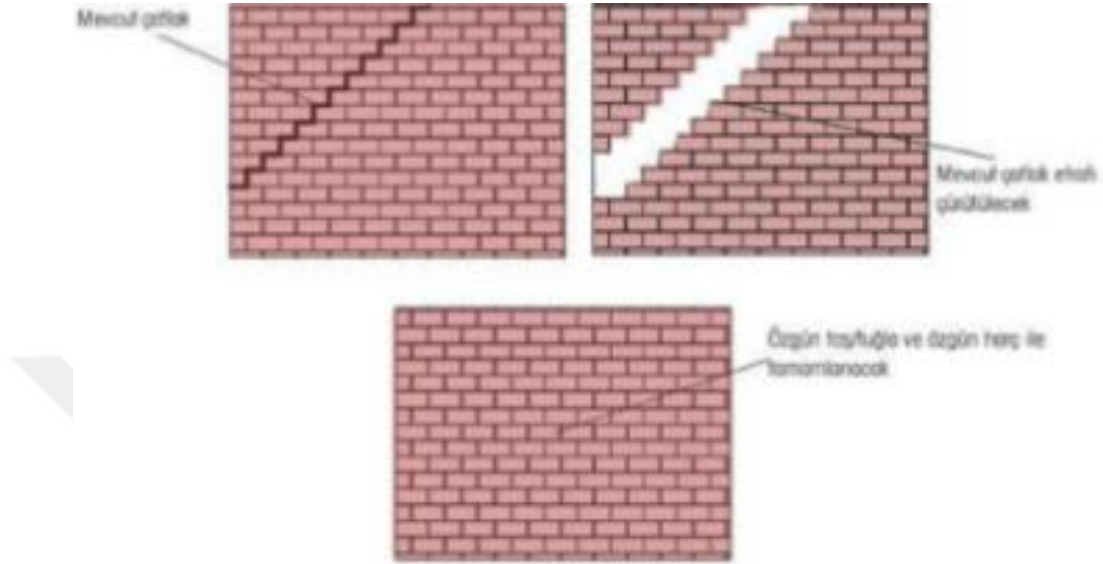
Şekil 47. Kütahya-Simav Halil Ağa Camiinde oluşan deprem (X) çatlakları (Karakuş, 2012).



Şekil 48. Kayseri Melikgazi Türbesi duvarlarında görülen derz boşalması (Karakuş, 2012).

Taşıma Kapasitesine Ulaştırmaya Yönelik Onarımdaki birinci grup müdahaleler, taşıyıcı elemanları bozulma öncesindeki taşıma kapasitelerine ulaştırmayı hedeflemektedir. Bu onarımda, asıl amaç bozulmaya neden olan etkeni ortadan kaldırmaktır. Kâgir malzemelerden oluşan düşey taşıyıcı elemanlarda, çatlak onarımı ve derz onarımı birinci grupta yer alan müdahale türleri arasında yer almaktadır. Yapı bünyesinde meydana gelen çatlaklara dikiş, kenetleme ve enjeksiyon yöntemleri ile müdahale edilmektedir. Yığma yapılarda oluşan çatlakların durumuna göre sağlamlaştırma yapılmaktadır. Eğer çatlaklar ince ise enjeksiyon harcı ile onarılması yeterli iken 10 mm'den büyük orta kalınlıktaki çatlaklar meydana gelmişse metal elemanlar ile dikiş yönteminin uygulanması daha doğrudur. Yapı bünyesinde çok geniş çatlaklar var ise duvar sökülüp, yeniden örülerek onarılır. Bu yöntemlerin kullanımda duvarların harçlı ya da harçsız oluşunu da göz önünde

bulundurmak gerekmektedir. Çünkü; dikiş, harçlı veya harçsız (kuru) duvar örgülerinde kullanılırken enjeksiyon harçlı duvar örgülerinde; kenetleme ise harçsız (kuru) duvar örgülerinde kullanılmaktadır (Zakar, 2013; Yüce, 2021).

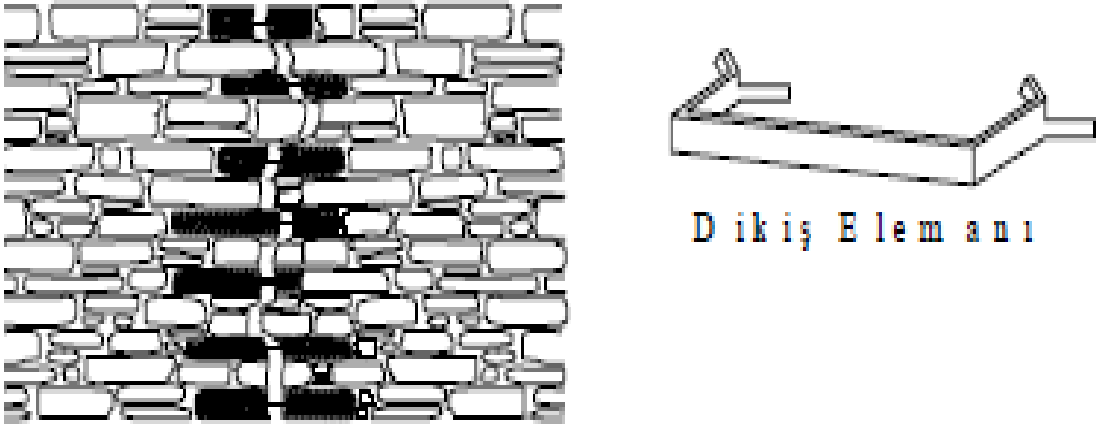


Şekil 49. Çürütme yöntemi ile çatlak onarımı (Yüce, 2021).



Şekil 50. İstanbul-Helvacıbaşı İskenderağa Cami son cemaat kısmı duvarlarındaki derin çatlakların çürütme yöntemiyle onarımı (Yüce, 2021).

Kenetleme yönteminde, duvar bağlantıları iyileştirilmiş, duvara ekstra kuvvet ve esneklik verilmiş, aynı zamanda çatlak yayılımı kontrol altına alınmış olmaktadır. Ancak kenet ve plakaların duvara yerleştirilmesi yoğun müdahale gerektirebildiği için geri döndürülebilirlik ancak orijinal yapıya zarar vererek sağlanmaktadır. Ayrıca duvar yüzeyindeki görüntü kullanılan malzemeye bağlı olarak tarihi yapı için rahatsız edici olabilmektedir (Karakuş, 2012).



Şekil 51. Duvardaki çatlakların çelik kenetler ile onarımı (Mahrebel, 2006)



Şekil 52. İstanbul-Fatih Camii, Paslanmaz çelik kenetlerle orta genişlikte çatlak onarımı (Çılı & Yıldız, 2013).

Enjeksiyon yönteminde ise; yapı içerisinde bulunan boşlukların ve çatlakların doldurularak yapı kesitinin sürekliliğini sağlamak ve tek parça bir yapı elde etmek amaç edinilmektedir. Bu işlemde yapı içine uygun fiziksel ve kimyasal özellikte sıvı malzeme enjekte edilerek yapının özgün mekanik özellikleri geri kazandırılmaktadır. Enjeksiyon işlemi tarihi yapıların enjeksiyon malzemesinin harç karışımı çok dikkatli seçilmeli ve özellikle tarihi yapılarda çimento ve çimento esaslı harç karışımlarının kullanımından kaçınılmalıdır. Çünkü yanlış seçilen ve uygulanan harç karışımların taş malzemesinin yapısının bozulması, nem, tuz iyonu oluşturma vb. istenmeyen yan etkilere sebebiyet vermektedir. Fakat Karakuş'a göre; bu yöntemde mukavemet iyileştirilmiş olmasına rağmen geri döndürülebilir mümkün değildir (Karakuş, 2012; Yıldırım, 2023; Yüce, 2021).



Şekil 53.İstanbul - Kâğıthane Tarihi Çamaşırhane Binası'nda Enjeksiyon Yöntemi (Yıldırım, 2023).

Taşıma Kapasitesini Arttırmaya Yönelik Güçlendirme olarak adlandırılan ikinci grupta yer alan müdahaleler deprem, ek bölümler, yeni bir işlev, vb. çeşitli koşullara bağlı olarak değişen veya desteklenmek durumunda olan yapı sistemlerini kapsamaktadır. Bu gruptaki müdahaleler çemberleme, metal veya ahşap gergilerle sağlamlaştırma, karbon fiber çubuklarla ve karbon elyaf kumaşla güçlendirme gibi aktif olarak devam eden deprem vb. yükler karşısında yapılan müdahaleleri içermektedir (Zakar, 2013).



Şekil 54.İstanbul- Hasanpaşa Gazhane Binası'na FRP Uygulaması (Yıldırım, 2023).

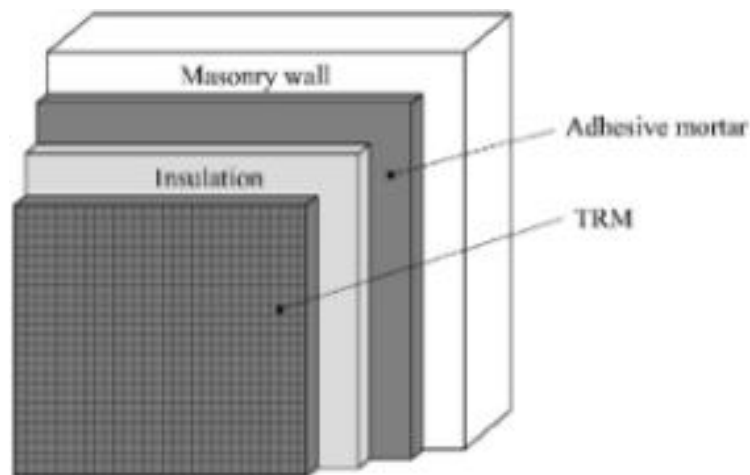
Üçüncü gruptaki yer alan yeni elemanla destekleme yaklaşımı, güçlendirilmesi istenen özgün yapı elemanının yeni bir eleman ile kaplanmasını veya bu özgün elemanın farklı bir malzeme ile kısmen ya da tamamen değiştirilmesi prensibini esas almaktadır. Bu yaklaşımda

yer alan müdahaleler kâgir duvarlarda uygulanan ek hatıllar, betonarme mantolama, ahşap duvar konstrüksiyonlarında çelik ve benzeri elemanlarla yapılan takviyeler örnek olarak verilebilmektedir. Yeni elemanla destekleme yaklaşımı özgün malzemenin yerinde korunması ilkesine aykırı düşebileceğinden ve geri döndürülebilirlik olasılığını düşürdüğünden ancak yapı elemanının sürdürülebilirliği için başka bir alternatifin olmadığı durumlarda kullanılması daha uygun olmaktadır.

Dördüncü grup olan yeniden yapım ise yapısal bütünlüğü sağlamak, estetik ve işlevsel ihtiyacı karşılamak için uygulanan müdahaleleri kapsamaktadır. Zeminden kaynaklanan hareketler, yangın, aşırı yükleme, deprem vb. etkenlerle meydana gelen büyük ölçekli tahribatlarda kullanılmaktadır (Zakar, 2013).

2.5.2.1. Tekstil Takviyeli Harçlar (TRM) İle Güçlendirme

Kültürel mirasın devamlılığını sağlanırken olası maddi ve manevi kayıpları engellemek korumanın geri döndürülebilir olmasının temel amaçlarından biridir. Bu sebeple müdahaleler yapısal özellikleri iyileştirmenin yanı sıra; uygulama kolaylığı, yapının özgün tarihi dokusu ve mimari özelliklerinin korunması gibi nitelikleri taşımalıdır. Tekstil donatılı harç ile güçlendirme (TRM), bu anlamda bahsedilen nitelikleri taşıması nedeniyle duvarlara uygulanan FRP ve CFRP bantla yapılan klasik güçlendirme yöntemlerine geri döndürülebilir bir alternatif sunmaktadır (Mezrea, 2014).



Şekil 55. TRM duvar oluşturulması (Sismik ve enerji güçlendirmesi için ısı yalıtımıyla birleştirilmiş) (Kouris & Triantafillou, 2018)

TRM özellikle depreme karşı en savunmasız olan donatısız yığma yapıların (URM) yapısal performansını yükseltmesi açısından güncel bir uygulamadır. Çünkü güçlendirme müdahaleleriyle yapılan diyagonal ve kesme basınç deneyleri tekstil donatılı malzemenin yığma duvarlarda hem kayma dayanımını hem de deformasyon kapasitesini ciddi biçimde arttırdığı ve kayma davranışını önemli derecede iyileştirdiğini saptamıştır (Mezrea, 2014; Kouris & Triantafillou, 2018).

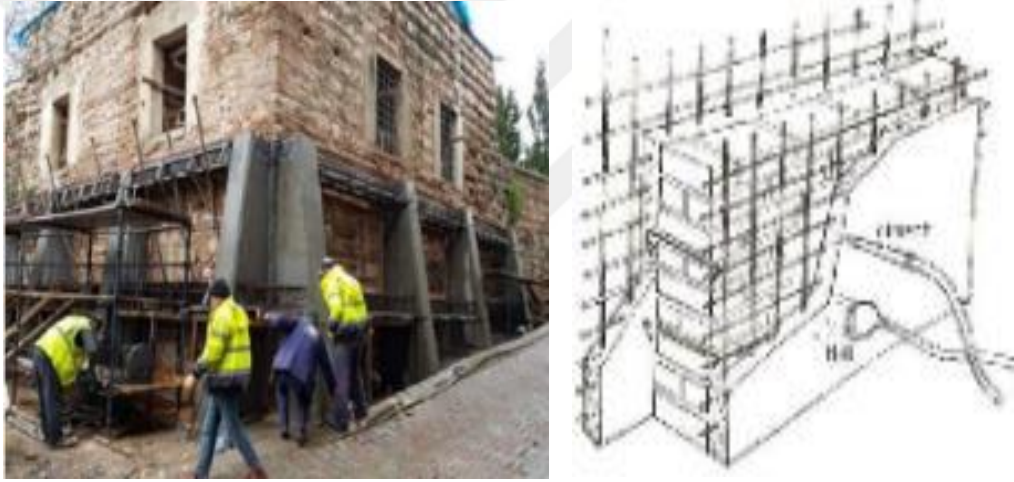
Duvarların bir veya her iki yüzeyinin kompozit, ızgara şeklinde lifli malzeme kaplanması ile oluşturulan TRM uygulanması, FRP'nin (Fiber Takviyeli Polimerler) aksine minimal invazivlik, daha düşük maliyetler, yüksek ve düşük sıcaklıklarda daha iyi direnç, kolay uygulanabilirlik, nefes alabilirlik, çeşitli yığma duvar yüzeyleriyle kimyasal ve mekanik uyumluluk ve etkin aderans sağlamaktadır. Yığma yapılarda TRM uygulamaları düzlem içi bükülme ve kesme kapasitesi güçlendirilmesi, yığma kolonların eksenel kapasitesinin artırılması, yığma kemerlerin, tonozların ve kubbelerin yük taşıma kapasitesini artırmaya yönelik güçlendirme müdahalelerini içermektedir. Uygulamada çimento bazlı harçlar daha sık kullanılır ama hidrolik kireç harçları da tercih edilmektedir. FRP ve CFRP bantla klasik güçlendirme yöntemlerinde kullanılan epoksinin aksine; harçlar yüzeye daha zayıf bir yapışma göstermektedir. Yani harç ile tekstil arasındaki bağlanma mekanizması, FRP'ye göre farklıdır. Bu da TRM uygulamasına malzemenin gerektiğinde duvar yüzeyine zarar vermeden kaldırılabilmesini başka bir deyişle geri döndürülebilir olmasını sağlamaktadır (Mezrea, 2014; Kouris & Triantafillou, 2018).



Şekil 56. Geri dönüşü mümkün olmayan CFRP ve FRP bant uygulamaları (Zakar, 2013).

2.5.2.2. Çelik veya Metal Gergilerle Yapılan Güçlendirme (Tie-bars/ Chains)

Yığma yapılarda, duvarlarda ve duvar köşelerinde meydana gelen ayrılmalar yapısal bütünlüğü tehdit eden ve sıklıkla karşılaşılan problemlerdir. Teknolojinin bu denli gelişmediği ve yapı elemanının sürdürülebilmesi için başka bir alternatifin olmadığı durumlarda bütünlüğü sağlamak için kâgir duvarlara uygulanan ek hatıllar, betonarme mantolama işlemi, enjeksiyon uygulamaları, derzleme ve payandalarla destekleme uygulamaları korumanın esas prensiplerinden olan, özgün malzemenin yerinde ve geri döndürülebilir korunması ilkesine aykırı düşebilecek olan müdahale yaklaşımlarıdır. Bu müdahalelerin geri dönüşü mümkün değildir; müdahale yapı üzerinden geri alındığında ise iz bırakmaktadır (Zakar, 2013; Karakuş, 2012).



Şekil 57. Payandalarla destekleme- İstanbul-Fatih Şeyh Murad Tekkesi (Yüce, 2021), Mantolama ile kesit arttırma (Zakar, 2013).



Şekil 58. Kabataş Erkek Lisesi duvarlarına yapılan geri dönüşümü mümkün olmayan püskürtme beton uygulaması, İstanbul (Mahrebel, 2006).

Fakat teknolojinin gelişmesi ile yaygınlığı azalan bu uygulamalar yerini fiber takviyeli polimerler, çelik, ön germeli ve ard germeli elemanlar gibi daha narin ve geri döndürülebilir çözümlerin yapıldığı malzemelere bırakmıştır. Hasarlı olan tarihi yapıların sağlamlaştırılması veya hasarsız yapıların iyileştirilmesi gibi çeşitli karmaşık gereksinimlerin karşılanmasını sağlayan bu malzemeler, bağlantı elemanlarının kullanımına dayanan tersine çevrilebilirlik ön koşulunu sağlamaktadır. Ek olarak, mevcut yapıyla uyumluluk ile karakterize edildiğinden, restorasyon ilkelerinin dayattığı katı koşulları olumlu bir şekilde karşılamaktadır (Cöcen, 2014).



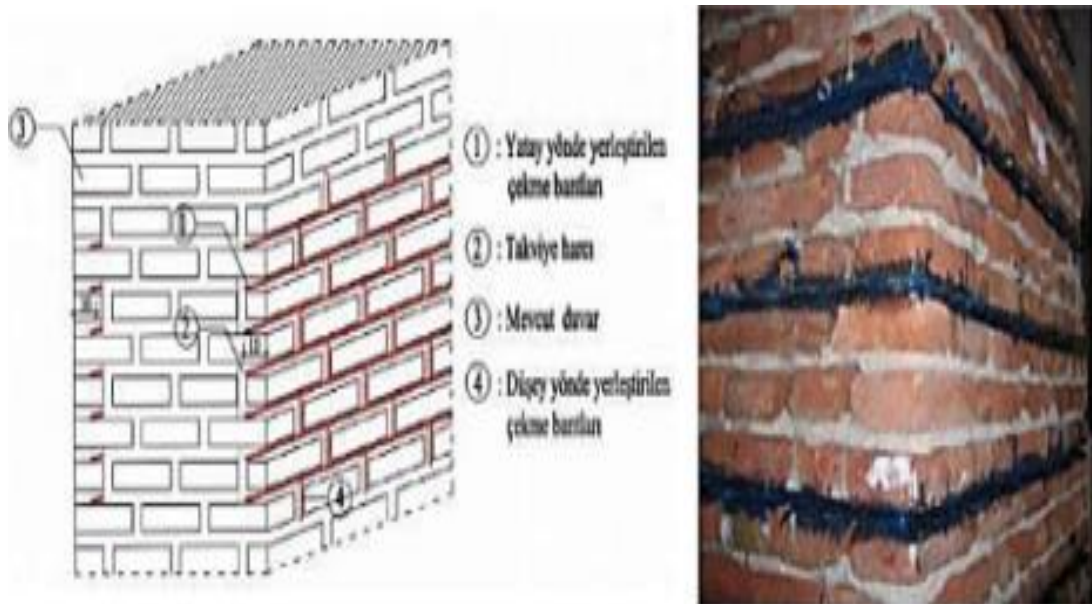
Şekil 59. İstanbul-Mısır Çarşısı Balıkpazarı Kapısı üstü odalarının paslanmaz çelik hatılların yerleştirilmesi (Yüce, 2021).



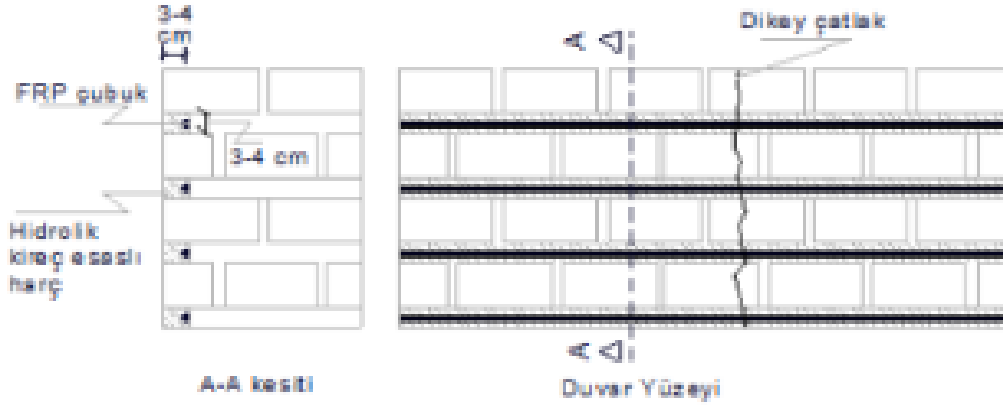
Şekil 60. Bolonya Asinelli Kulesi Gergi uygulaması- iç mekân/ Bolonya Eğri Kule Gergi Uygulaması-Kuşaklama dış cephe görünüşü (Zakar, 2013).

2.5.2.3. FRP ile Güçlendirme

Çekme elemanları olmadığından süneklilik özelliği düşük olan tarihi yapılar oldukça dayanıksızdır. Bu sebeple kâgir yapılarda güçlü dinamik yükler altında enerji sönümlenmesi yapısal hasarların ve çatlakların ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Duvar bedeninin içerisine ve duvar köşe birleşimlerinin bulunduğu bölgelere FRP çubuklarla yapılan müdahale yapının çekme gerilmelerini alarak dayanımı ve taşıma kapasitesi arttırmaktadır. Bu uygulamada derz araları yaklaşık 3-4 cm boşaltılarak FRP çubuklar boşlukların içine yerleştirilmektedir. Daha sonra boş kalan derzler yapıda kullanılan özgün harçla uyumlu bir harçla veya hidrolik kireç esaslı harçlarla yeniden doldurularak uygulama tamamlanmaktadır. Bu uygulamada kullanılan harç uygulamanın geri dönüşümlü olup olmadığını belirlemektedir (Keskin & Özen; Zakar, 2013; Karakuş, 2012). Eğer derzler yüksek mukavemetli epoksi ve reçine ile doldurulursa FRP'nin yüzeyden kaldırılması zorlaştığından müdahale geri döndürülmesi mümkün olmayan sonuçlar ortaya çıkartmaktadır; derzler özgün harçla uyumlu bir harçla veya hidrolik kireç esaslı harçlarla doldurulduğunda ise uygulama geri döndürülebilir olabilmektedir (Karakuş, 2012).



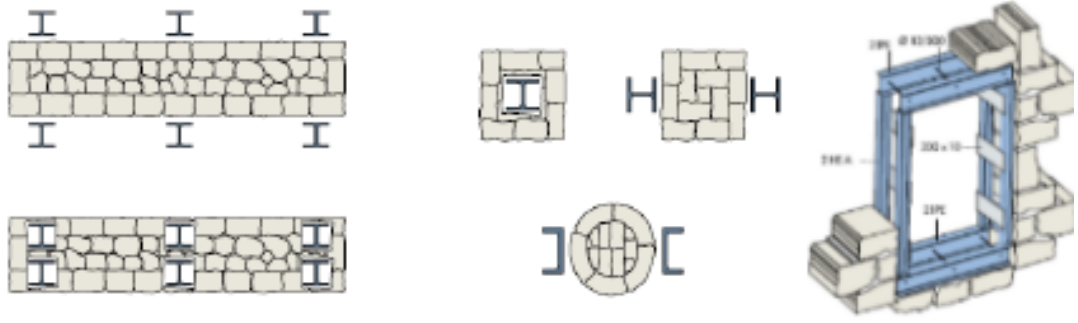
Şekil 61. FRP çubukların epoksi reçine ile geri döndürülemez duvar güçlendirme uygulaması (Yüce, 2021).



Şekil 62. FRP çubukların hidrolik kireç esaslı harçlar ile geri döndürülebilir duvar güçlendirme uygulaması (Keskin & Özen; Küçükdoğan, 2007).

2.5.2.4. Çelik Elemanlar ile Yapılan Güçlendirme

Çoğunluk yığma duvarlardan oluşan tarihi yapıların yük taşıma kapasitesini arttırmak, hasarlı duvarları güçlendirmek ve stabilize etmek amacıyla bina elemanlarını destekleyen dikey çelik profillerin kullanılmaktadır. Yapılan uygulamalara göre modern çelik teknolojisi yığma yapılarla uyumlu, ideal ve geri döndürülebilir bir güçlendirme şemasına sahiptir. Uygulamalarda hasarlı duvarlar levhalarla onarılıp güçlendirilebildiği gibi yığma yapının iç kısmındaki kanallarda ve yığma elemanın yanında kullanılarak güçlendirme yapılabilmektedir. Çelik kolonlar, yükün dağılımı dikkate alınarak kat tabanına ve tavanına kenetlenerek veya üst katlara kadar uzanan çelik kesitlerle uygulanabilmektedir. Yığma yapılarda açıklıkların etrafındaki duvar stabilitesini sağlamak ve yük taşıma kapasitesinin artırılması için Şekil 63’da gösterildiği gibi duvar çeşitli seviyelerde yatay çelik elemanlarla desteklenmeli ve dikey çelik elemanların birbirine bağlanmasıyla kenar sürekliliği sağlanmalıdır (Cöcen, 2014).



Şekil 63. Yığma yapıda kullanılan çelik kolonlar/ Yığma yapılarıdaki açıklıklarda çelik kullanımı (Cöcen, 2014).



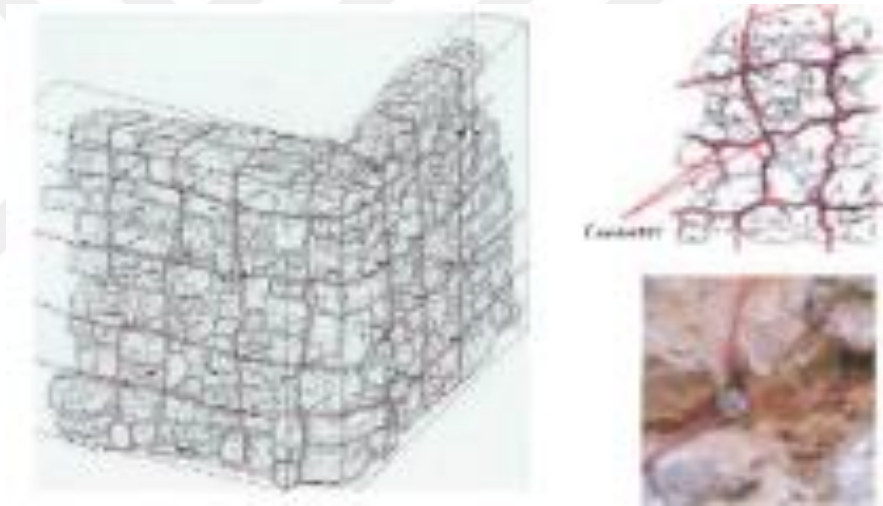
Şekil 64. İstanbul-Fatih İskele (III. Mustafa) Cami Sıbyan Mektebi pencere açıklıklarının çelik lentolarla ile güçlendirilmesi (Yüce, 2021).



Şekil 65. İstanbul-Fatih İskele (III. Mustafa) Cami Sıbyan Mektebi kârgir ayakların paslanmaz çelik elemanlar ile güçlendirilmesi (Yüce, 2021).

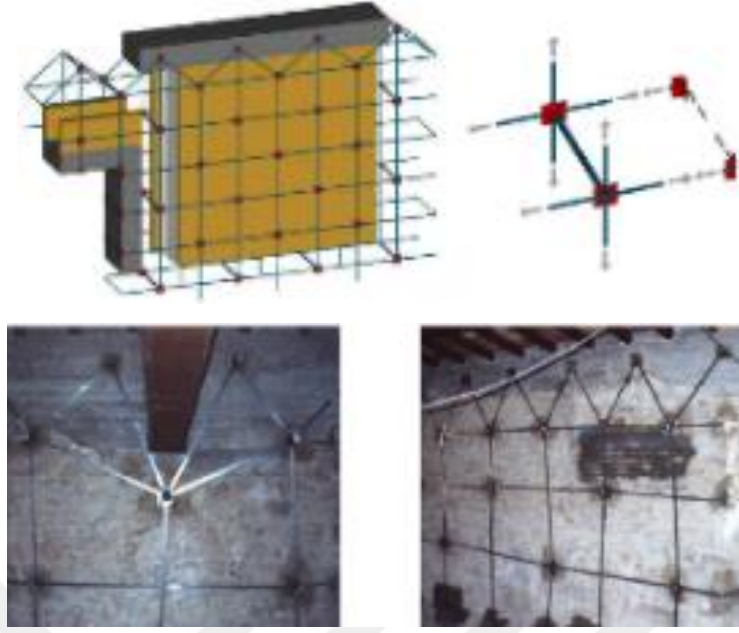
2.5.2.5. Retikolatus Tekniği ile Güçlendirme

“Reticolatus” tekniği ağ şeklinde düzenlenen paslanmaz çeliğin veya FRP tellerin yardımıyla yığma binaların güçlendirilmesinde kullanılan etkili bir tekniktir. Uygulama öncelikle derzlerin temizlenmesini; daha sonra fiber takviyeli harç kullanılarak derzlerin yeniden doldurulmasını içermektedir. Taşların birleşim noktalarına karşılık gelen teller geçmeli bağlantı elemanları kullanılarak duvara bağlanmaktadır (Yüce, 2021). Müdahale duvar yüzeyini bir ağ gibi sardığı için bu tekniğin kullanımı açıkta kalan (sıvalı olmayan), fresk ya da süslemesi olmayan duvarlar için uygundur. Bu uygulama avantajlarını görmek için yapılan testler, duvara iyi bir süneklik ve neredeyse üç kat kadar bir kesme direnci sağladığını göstermiştir. (Gattesco, 2011). Uygulama ayrıca yüzeye zarar vermeden kaldırılabilmesi sebebiyle geri döndürülebilir olarak nitelendirilebilmektedir.



Şekil 66. GFRP teller veya paslanmaz çelikten oluşan ağ ile duvar güçlendirme tekniği (Gattesco, 2011).

Reticolatus tekniğine benzer bir teknik olan CAM sistemi de yığma yapılarıdaki enine bağlantı eksikliğini iyileştirmek için üç boyutlu bir bağlama sisteminin kullanılması prensibine dayanmaktadır. Yapılan testler bu sistemin etkinliğinde kayma direncinde ve sünekliğinde kayda değer bir artış olduğunu göstermektedir. Fakat bu teknik, güçlendirmeyi sağlamak için duvarın bir yüzeyinden diğer yüzeyine geçen bağlantı elemanları çok fazla noktadan yapının hasar almasına sebep olduğu için hem geri dönüşümsüz olarak nitelenebilmektedir hem de duvarlarında fresk veya süsleme bulunan binalarda kullanımı uygun değildir (Gattesco, 2011).



Şekil 67. Üstte CAM sistemi bağlantı sisteminin düzeni ve ızgaranın bir düğümünün detayı, Altta CAM sistemi uygulaması (Gattesco, 2011).

2.5.2.6. Ard Germeli (Post-Tensioning) Kablo Sistemleri İle Güçlendirme

Binanın mimari dokusuna bağlı olarak yapılan kablo sistemleriyle güçlendirme müdahalesi ard germe(post-tensioning) ve ön germe(pre-tensioning) olarak iki türdür. Ön-germe genellikle yeni yapılarda tercih edilmesine karşın ard-germe tarihi yapıların güçlendirilmesinde tercih edilmektedir (Karakuş, 2012). Bunlardan tendonların harici olarak ayrı konumlara yerleştirilmesiyle oluşturulan ard germe (unbonded posttensioning-UBPT); işlevsel ve ekonomik olmasının yanı sıra yüzey üzerinde minimum etkiye sahip ve geri döndürülebilir olduğundan kültürel miras değeri olan yapılar için tercih edilmektedir. Bu uygulamada çeşitli nedenlerden dolayı tendonlardaki gerilim azaldığından uygulamanın etkili şekilde çalışması için periyodik inceleme ve bakımlarını yapmak gerektiği unutulmamalıdır. Yapının genel görünümünü kaybettirmeden duvar iççiliğinin ve üzerinde zamanın bıraktığı izlerin tamamen okunabilmesini sağlayan ve büyük ölçüde şeffaf olan ard germe uygulamasının amacı, olağanüstü gerilimlere karşı yapıyı korumaktır. Yapının bütünlüğü sağlamak adına, geçmişte yalnızca sıkıştırmayla çalışabilen malzemelerin mevcut olması geri dönüşü mümkün olmayan duvar payandalarının kullanılmasına yol açarken; yeni malzemelerle yapılan çözümler güvenilir yapısal kontroller, soruna odaklı bir çözüm ve önemli ölçüde geri döndürülebilirliğe olanak tanımaktadır (Jurina, Consolidamento Strutturale e Reversibilità, 2002).



Şekil 68. İtalya-Forte Fuentes'te duvarın ard germeli dış kablolarla stabilizasyonu, Kablo ile duvar arasında yapılan bağlantı detayı, Ard germeli kablolarla Trezzo d'Adda Kalesi'nin duvarının güvenliğinin sağlanması (Jurina, Consolidamento Strutturale e Reversibilità, 2002).

2.5.3. Döşeme

Tarihi yapılarda taşıyıcı duvarları birbirine bağlayarak yük aktarımı yapan, mekân içerisindeki sabit ve hareketli yükleri karşılayan açıklık geçme elemanları döşeme olarak tanımlanmaktadır. İşlevsel özelliklerinin yanında döşemeler, bir yapının geçmişini somutlaştıran yapımı ve tasarım özellikleri hakkında bilgi veren teknolojik-kültürel-ekonomik ilişkinin en açık kanıtıdır. Döşemeler kâgir yapılarda kâgir (volta) veya ahşap olabilirken; ahşap yapılarda genellikle ahşap malzemeden yapılmaktadır. Bu yapı elemanlarındaki bozulmalar diğerlerinde olduğu gibi iklimsel, biyolojik etkenler, doğal afetler ve insanlardan kaynaklanan nedenlerle ortaya çıkabilmektedir. İklimsel etmenlerle kâgir malzeme bünyesine giren su ahşap döşeme kirişlerine ulaştığında malzemede çürüme, bozulma ve yapısal olarak zayıflama meydana getirerek ahşap döşemenin üzerine gelen yükleri karşılayamayacak kadar zayıflamasına, taşıyıcılık özelliğini kaybetmesine ve hasar görmesine neden olmaktadır (Vatan Kaptan, 2010; Zakar, 2013; Ruocco, Melella, Iglesias, & Sicignano, 2022).



Şekil 69. Solda bir döşemenin sehim yapması, Sağda Edirne Atik Ali Paşa Camii ahşap tavanının sehim yapması (Karakuş, 2012)



Şekil 70. Yetimhane, Büyükada-İstanbul, Yığma kâgir yapıda ahşap döşeme hasarı (Vatan Kaptan, 2010).

Tek yöne çalışan volta döşemelerde ise metal kirişler (tarihi yapılarda dökme demir, günümüzde çelik) arasına tuğla ya da taş blokların tonoz biçiminde örülmesiyle oluşturulmaktadır. Ahşap malzemeye kıyasla geniş açıklık geçme konusunda daha rijit davrandığı için metal malzemelerle oluşturulan volta döşeme yapılarda daha çok tercih edilmiştir. Kirişleri tek doğrultuda düzenlenmiş volta döşeme diyafram olarak çalışmadığından deprem kuvveti gibi yatay kuvvet etkisinde, metal kirişlerde hareket oluşabilmektedir. Bu sebeple metal kirişler arasında oluşturulan tonozlar, düzlem doğrultusundaki kuvvetlere ve düzlem dışı eğilmeye karşı zayıf hale gelmektedir. Aynı zamanda zamanla volta döşeme kirişlerini oluşturan metal profiller, malzeme yapısı nedeniyle su ve nem etkisinde korozyona uğrayarak volta döşemede hasar meydana getirmektedir (Vatan Kaptan, 2010; Yalçın, 2022; Mahrebel, 2006).



Şekil 71. Solda Yetimhane, Büyükada-İstanbul, Volta döşeme hasarı (Vatan Kaptan, 2010); Sağda Yıldız Hamidiye Camisi'ne ait geri döndürülebilir volta altı destek putrel kirişi uygulaması (Yalçın, 2022).

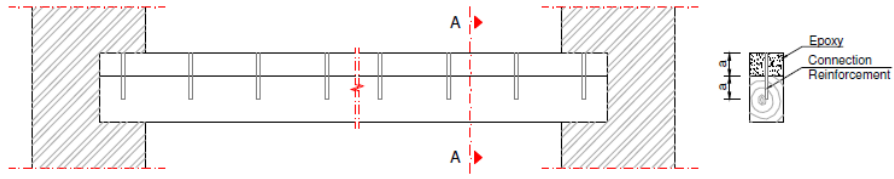


Şekil 72.Kırlareli Gar Binası, Volta döşemedeki tuğla çatlaklarına enjeksiyon uygulaması (Güven, 2022).

Döşemelerde artan yükler veya bozulma nedeniyle yapısal elemanlarda meydana gelen bu deformasyonları ortadan kaldırabilmek için güçlendirme müdahalesi gerekmektedir. Fakat anıtsal ahşap zeminlerin güçlendirilmesi için kullanılan döşemeleri değiştirmek, yeniden yapmak, yıkmak, FRP bant gibi güçlendirme uygulamaları, döşemenin üzerine ek bir betonarme katman uygulanarak döşeme kesitinin artırılması, enjeksiyon ve bazı yapıştırma yöntemleri gibi uygulamalar orijinal görünümü bozduğundan geri dönüşü olmayan, elverişsiz müdahalelerdir.



Şekil 73.Solda ahşap döşeme kirişinde yapılan FRP güçlendirme uygulaması (Zakar, 2013). Sağda Mimar Sinan Üniversitesi Mimarlık Fakültesi'nin ahşap kirişli döşemelerinin betonarme döşemeye çevrilmek için kaldırılması (Yıldırım, 2023).



Şekil 74. Epoksi reçine ile döşemelerin güçlendirilmesi (Pinto, 2008).

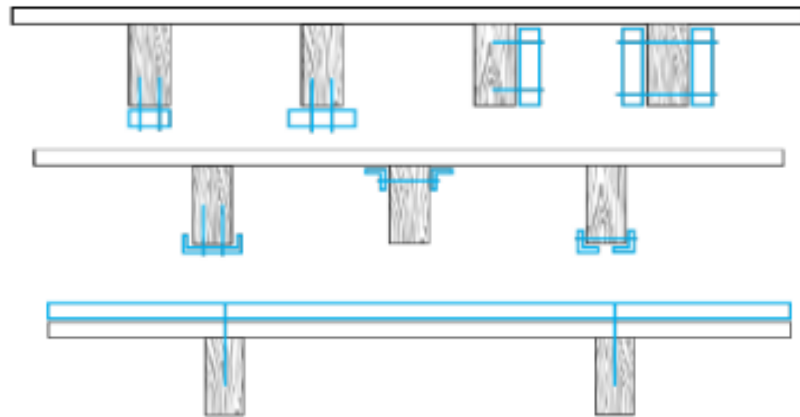
2.5.3.1. Çelik Ankrajlar, Profiller ve Levhalar ile Güçlendirilme

Döşemeleri güçlendirmek, sistemin değişen işlevsel ihtiyaçlarını karşılamak için yapılan uygulamalarda asıl metodolojik yaklaşım; ekleme, birleştirme, destekleme gibi sistemin kolay sökülme işlemlerini garanti eden öngörüldüğünde geri döndürülebilir müdahaleleri uygulamaya koymaktır. (Ruocco, Melella, Iglesias, & Sicignano, 2022; Zakar, 2013).



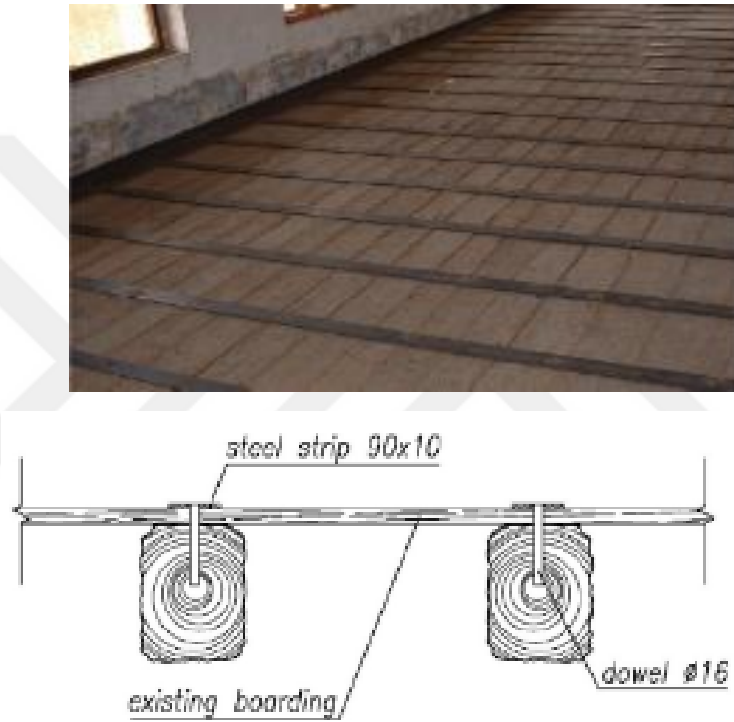
Şekil 75. Ahşap kirişlerin çelik elemanlarla güçlendirilmesine bazı örnekler (Cöcen, 2014).

Bu anlamda; gelecekteki revizyon ve modifikasyonlar açısından daha sürdürülebilir uygulamalara olanak tanımak için çelik ankrajlar, profiller ve levhalar kullanılarak güçlendirilme yapılması uygun olmaktadır (Cöcen, 2014). Şekil 76’de yaygın olarak yapılan uygulamalar ve güçlendirme stratejileri ana hatlarıyla göstermektedir.



Şekil 76. Çelik elemanlarla ahşap zemin kirişlerine yapılan güçlendirme örnekleri (Brand, 2022).

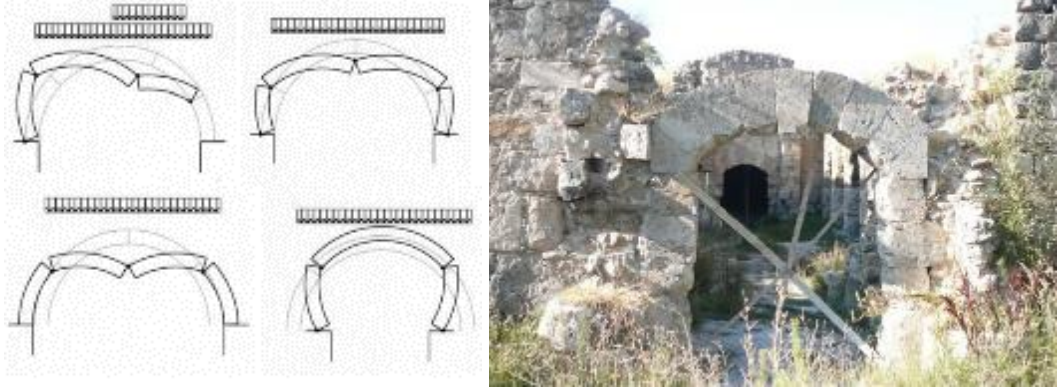
Yük taşıma kapasitesi artırmak veya döşeme sehimlerini azaltmak için ahşap kirişleri güçlendirmenin en etkili yollarından biri çelik ya da ahşap levha gibi elemanları ana kirişe ankrajlamaktır. Çelik malzemeler ile yapılan bu uygulamalar tarihi döşemelerin yapısal güçlendirilmesinin yanı sıra geri döndürülebilirlik talebini karşılamakta ve minimum alanda minimum malzeme kullanımıyla yapıyı çok fazla noktadan delme ihtiyacı duymadan bakımını kolay, kısa süren, geri döndürülebilir ve yüksek sürdürülebilirliği olan müdahale yapılmasını desteklemektedir (Brand, 2022).



Şekil 77. Çelik elemanlarla ahşap zemin kirişlerine yapılan güçlendirme uygulaması (Pinto, 2008).

2.5.4.Kemer, Kubbe ve Tonoz

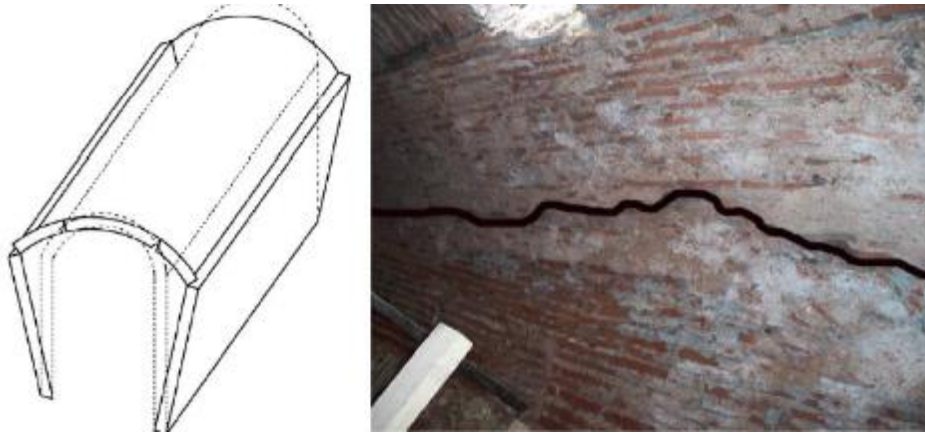
Kemer, kubbe ve tonozlar kâgir yığma sistemlerin temel açıklık geçme elemanlarıdır. Bu elemanlar zamanla yorulma, ağırlık, zeminde oturma, deprem etkisi, malzeme bozulması gibi nedenlerle hasar alırlar. Kemer, tonoz ve kubbelerde hasar genellikle üzengi seviyesindeki itme kuvvetinin karşılanamamasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle bu elemanların oturduğu üzengi noktaları ve yük aktarımının gerçekleştiği taşıyıcı elemanlar çeşitli yöntemlerle desteklenerek güçlendirmenin sağlanması gerekir (Zakar, 2013; Croci, 1998).



Şekil 78.Solda kemer ve tonozlarda görülen deformasyonlar (URL-1, 2024), Sağda Isparta Ertokuş Han kemerde kayma (Karakuş, 2012).



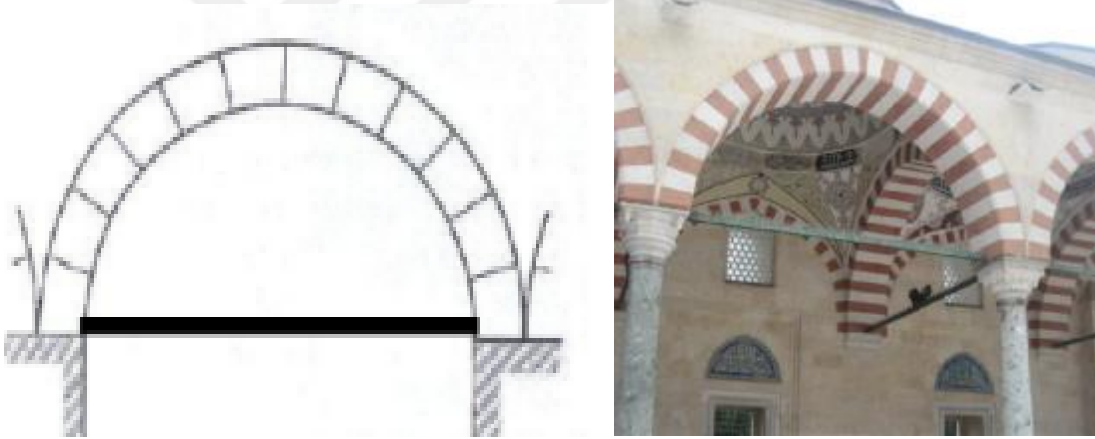
Şekil 79.Fatih Külliyesi-İstanbul, Kubbe hasarları (Vatan Kaptan, 2010).



Şekil 80.İstanbul-Fatih, Mimar Sinan Çifte Hamamı Tonozda Meydana Gelen Çatlak (Yıldırım, 2023).

2.5.4.1. Gergilerle Güçlendirme

Kemer formlarının bir sonucu olarak ortaya çıkan yanal itme kuvveti, çatlaklara veya daha sonraki aşamalarda kemer formunda dengesizliğe neden olmaktadır. Kemer formlarının stabilitesinin bozulmasına neden olan en büyük etken, mesnetlerin açıklık yönünde açılma yapmasıdır. Bu yüzden, pek çok tarihi yapının taş, tuğla kemerlerinde ahşap veya metal gergi çubuğu kullanımına rastlanmaktadır. Bu durumu ortadan kaldırmak için çelik gergilerle kemerlerin iki dayanağını birleştirmek kâgir yapıda çok küçük değişiklikler gerektirdiğinden ve geri dönüşümü mümkün olduğundan yaygın olarak tercih edilen bir yöntemdir. Gergi çubukları kemerlerde iki ayak, bir ayak bir duvar arasında kullanılabilir. Taşıyıcı öğeler olan kemerlerin üzengi seviyesinde veya hemen altında bulunan taş oyulmuş yuva ya da duvar içerisine bırakılmış boşluklara mesnetlendirilerek uygulaması yapılmaktadır (Karakuş, 2012; Mahrebel, 2006).



Şekil 81. Edirne-Üç Şerefeli Camii kemerlerde kullanılan çelik gergi düzenlemesi (Karakuş, 2012).

2.5.4.2. Ön Gerilmeli Çelik Bağlarla Güçlendirme

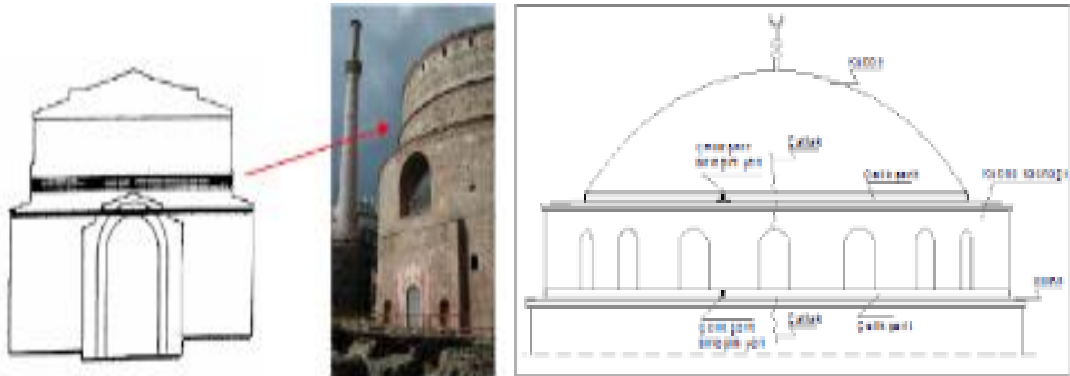
Kubbeler söz konusu olduğunda çevresel olarak meydana gelen yanal itme hareketinin sonucunda oluşan çatlakları ve ayrılmaları önlemek için zaman zaman geri dönüşü mümkün olmayan betonarme uygulamalar yer almaktadır. Fakat çelik halkaların kubbeyi sarak tamburun yayılmasına karşı kubbeyi dirençli hale getirdiği geri döndürülebilir uygulamaların tercih edilmesi kültürel mirasın devamlılığı açısından daha uygundur (Küçükdoğan, 2007).



Şekil 82. Kayseri Gubaroğlu Mescidi beton atılmış kubbe (Karakuş, 2012).



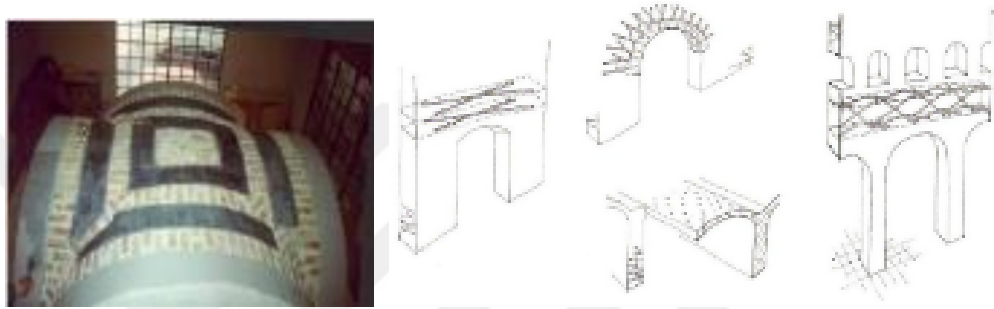
Şekil 83. İskendepaşa Camii ana kubbe kasağında epoksi reçine sürülerek geri dönüşümü mümkün olmayan karbon lifli polimer kumaş (CFRP) uygulaması (Yüce, 2021).



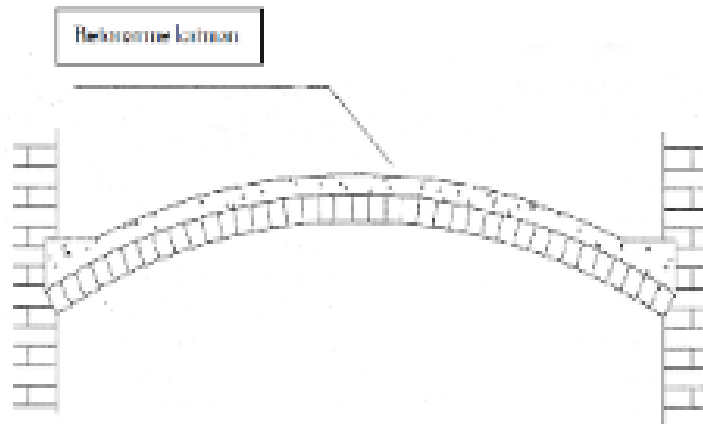
Şekil 84. Kubbeyi desteklemek için kullanılan ön gerilmeli çelik bağlar Selanik-Rotunda (Küçükdoğan, 2007; Keskin & Özen).

2.5.4.3. Çelik Halatlarla Güçlendirme

Tonozlara yapılan güçlendirme uygulamalarında ise FRP bant çelik donatılarla güçlendirme ve betonarme uygulamaları yaygındır. Bu uygulamalar bölgesel ve yüzeysel olarak doğrudan yüzeye yerleştirilip elemanların dayanımını artırması prensibiyle çalışır (Zakar, 2013). FRP uygulamalarında bant yüzeye doğrudan epoksi kullanılarak yapıştırıldığından malzemenin yüzeyden hasarsız çıkartılması mümkün olmamaktadır. Aynı şekilde betonarme uygulamaların da geri döndürülebilirliği mümkün değildir.



Şekil 85. Tonoza uygulanan geri dönüşümsüz FRP bant ve çelik donatılarla yapılan güçlendirme uygulaması (Zakar, 2013).



Şekil 86. Tonoz üzerinde yer alan geri döndürülemez betonarme katman uygulaması (Karakuş, 2012).

Şekil 87’de çelik halatlarla yapılan tonoz güçlendirmesinde çelik halatın uç kısmından basit gerdirmeler kullanılarak yakındaki duvara sabitlenmektedir. Gerektiğinde uygulamanın geri alınabilmesi ve yüzeyde herhangi bir deformasyona sebebiyet vermemesiyle FRP bant ve çelik donatılarla yapılan müdahalelerin aksine geri döndürülebilirliği mümkündür.



Şekil 87. Tonzlara çelik gergilerle uygulanan geri döndürülebilir güçlendirme (Jurina, Consolidamento Strutturale e Reversibilità, 2002).



Şekil 88. Solda İtalya -St. Francis Bazilikası'nda Nervürlerin Yay ve Bağlantı Çubukları ile Çatıya Bağlanması; Sağda Aynı Bazilika'da Tonz Stabilizasyon Sisteminin Bir Parçası Olarak Yay ve Amortisör Sistemi Kullanımı (Yıldırım, 2023)

2.5.5. Taşıyıcı Ayak/Sütun

Yığma yapılarda yer alan sütunlar gerek yapının sürekliliği gerekse estetik açıdan görüntüsü ile önem arz etmektedir. Bu tarihi yapıların korunması ve güçlendirilmesi, mimari ve sanatsal değerden taviz verilmeden, örtülmeden veya kayıp olmadan etkili bir yapısal çözümleme yapılmalıdır. Bunun içinse müdahalenin çıkarılabilirliği bir gerekliliktir. Sütunların güçlendirmesinde çoğunlukla FRP'ler tercih edilmektedir. Fakat FRP'nin yüzeye yapıştırılmasında kullanılan polimerik yapıştırıcılar; uygulamanın kaldırılması sırasında alt tabakanın önemli bir bölümünü soyarak binanın orijinal estetiğini kaybettirmekte ve geri dönüşümü mümkün olmayan sonuçlar ortaya çıkarmaktadır (Cascardi, Dell'Anna, Micelli,

& Lionetto, 2019). Oysaki güçlendirmenin "geri döndürülebilir" doğası, tarihi yapılar için kritik bir önem arz etmektedir. Bu sebeple bir müdahale, kültürel mirasının korunması söz konusu olduğunda, gelecekte yapılması muhtemel olan müdahalelerin gerçekleştirilme olasılığını tehlikeye atmamalıdır (Burra Charter, 2013).

2.5.5.1. LAR Yöntemi (Liquid Adhesion Release-Agent)

Bu sebeple son zamanlarda FRP'nin uygulamasının geri döndürülebilir olması için yapılan araştırmalarda üç farklı teknik geliştirilmiştir. Her teknik, küçük ölçekli silindirlerinin sıkıştırma testleri yardımıyla etkinliği, basınç dayanımı deforme edilebilirlik ve tersine çevrilebilirliği deneysel olarak değerlendirilmiştir. Bu tekniklerden en etkili olan FRP ile yapıştırılacağı yüzey arasında ayırıcı bir film görevi görerek yüzeyi deformasyondan koruyan LAR(Liquid Adhesion Release-agent) uygulamasıdır. LAR(Liquid Adhesion Release-agent) şeffaf bir sıvı yapışma ayırıcı maddedir. Uygulamanın en önemli özelliği yüzey üzerinde herhangi bir renk değişikliği ve deformasyona yol açmadan ve özel ekipmana ihtiyaç duymadan çıkartılabilmesidir (Cascardi, Dell'Anna, Micelli, & Lionetto, 2019).



Şekil 89. LAR ile yapılan FRP uygulamasının adımları (Cascardi, Dell'Anna, Micelli, & Lionetto, 2019).



Şekil 90. Yapışma ayırıcı sıvı madde -LAR ile yapılan FRP uygulaması (solda) ve "klasik" FRP uygulamasının (sağda) tersine çevrilebilirliğinin karşılaştırılması (Cascardi, Dell'Anna, Micelli, & Lionetto, 2019).

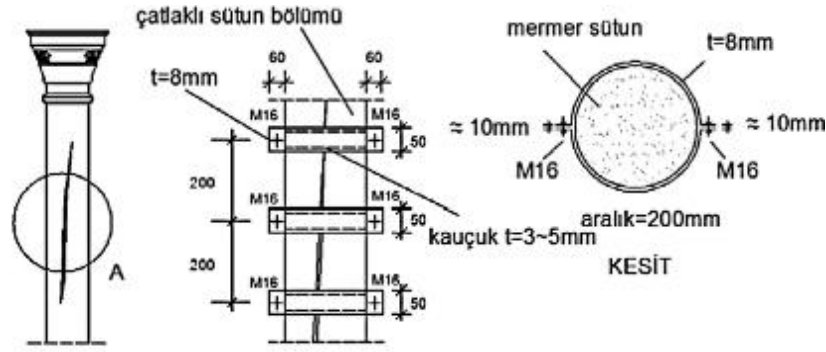


Şekil 91.İzmir/Konak -Hisar Camii geri dönüşü mümkün olmayan güçlendirme müdahalesi, Taşıyıcı ayaklara yapılan epoksi reçine üzerine FRP uygulaması (Uyar Z. , 2024).

2.5.5.2. Çemberleme (Confinement)

Sütun veya taşıyıcı ayaklarda, yanal açılma ve düşeyden ayrılma meydana gelmektedir. Bu deformasyonu önlemek için yatay ekseninde çapraz basınç yaratılarak, elemanlarda oluşan basınç gerilimi karşılanır. Restorasyon müdahalesinde çelik, metal ya da polimer esaslı gergi çubukları kullanılarak yapılan bu işlem “çemberleme” olarak adlandırılmaktadır. Tamamen geri dönüşümlü olan bu metot uygulandığı taşıyıcı sistem elemanının kapasitesini artırdığı gibi bütün taşıyıcı sistemin de esneklik ve dengesini iyileştirmektedir (Karakuş, 2012).

Çemberleme işlemi, sütun ve taşıyıcı ayakların yanı sıra çevresel açılmanın meydana geldiği kubbe kasnaklarına da uygulanmaktadır. Fakat bu uygulama kubbelerde, kemer ve tonozlardan farklı olarak içten veya dıştan yapılabilir (Zakar, 2013). Uygulama temel olarak, sütunun etrafında yer alan paslanmaz çelik ile yapı elemanı arasında birkaç milimetrelik boşluk bırakılarak buraya bir yalıtım malzemesi yerleştirilmesini gerektirmektedir. Bu uygulama, çelik malzemenin taş yüzeyine zarar vermesini önlediği için geri döndürülebilirlik ilkesini yerine getirmektedir (Jurina, Consolidamento Strutturale e Reversibilità, 2002; Yüce, 2021).



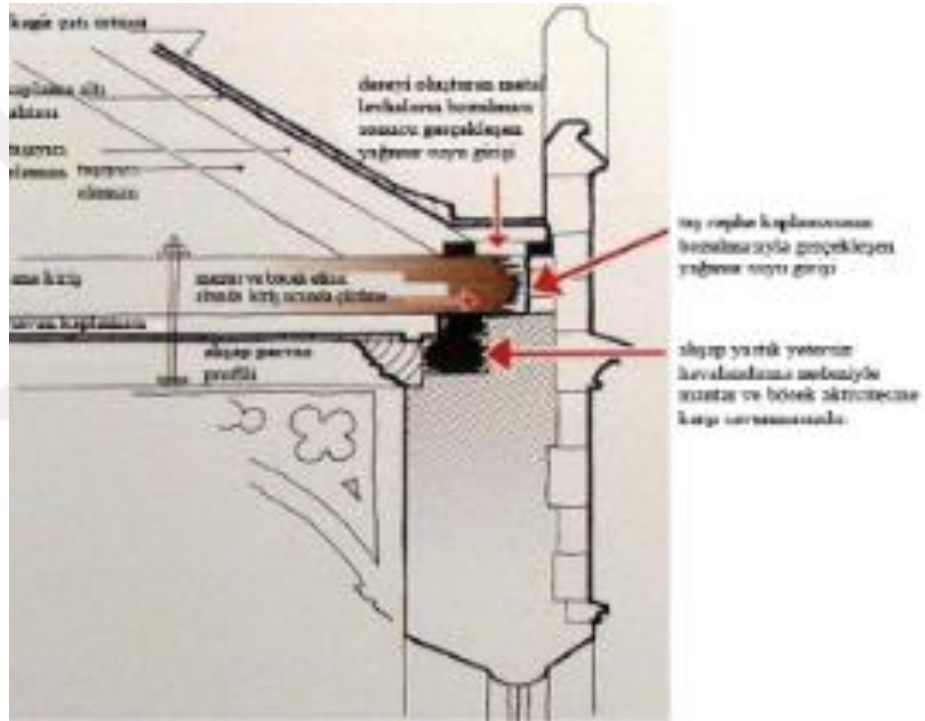
Şekil 92. ÜstteSütündaki çatlakın paslanmaz çelik çemberler ile sağlamlaştırılması;
Altta İstanbul- Çemberlitaş, Metal gerilerle yapılan çemberleme örneği
(Yüce, 2021).

2.5.6.Çatı

Rüzgâr yükü, kar yükü ve depremten kaynaklanan yatay yükler gibi kuvvetleri karşılayan yapı kabuğu elemanları çatı olarak adlandırılmaktadır. Çatı kullanımı geleneksel dokuda ve anıtsal yapılarda farklılık göstermektedir. Geleneksel dokuda yer alan yapılarda ahşap çatı kullanımı yaygın olarak görülürken; anıtsal yapılarda çoğunlukla tonoz, kubbe gibi kâgir örtü elemanlarının kullanımına rastlanmaktadır. Sivil mimarlık örneklerine bakıldığında ise düz veya eğimli ahşap çatılar yaygın olmakla beraber, kubbelerin kullanılmış olduğu örneklerle de rastlamak mümkündür. Kâgir örtü elemanlarında yapılacak sağlamlaştırma ve güçlendirme müdahaleleri, kemer, kubbe ve tonozlarda uygulanacak müdahaleleri içeriyorken; bunların dışında kalan düz ve eğimli çatılarda müdahale yöntemleri eğimli çatılarda çatının taşıyıcı kısmına ve düz çatılarda dolgu/kaplama kısmına yönelik olmak üzere iki kısımda ele alınmaktadır (Zakar, 2013; Yıldırım, 2023; Vatan Kaptan, 2010).

2.5.6.1. Eğimli Çatılar

Aşap taşıyıcı elemanlarla kurulup kurşun, bakır levhalar gibi metal; kiremit, taş plaklar gibi kâgir örtü malzemeleri ile kaplanan çatılar eğimli ahşap çatı olarak adlandırılmaktadır. Bu çatı türünde, yüzeylerin arakesitini oluşturan, mahya ve dere gibi birleşim bölgelerinin geçirimli hale gelmesi ve çatı kaplamanlarının bozulması gibi sebeplerle çatı içerisine girmeye başlayan su, çatı içerisinde yer alan taşıyıcı elemanların bozulmasına sebebiyet vermektedir. Bu taşıyıcılarda meydana gelen bozulmalar ve deformasyonlar ise zamanla çatı bütünlüğünü tehlikeye sokmaktadır (Mahrebel, 2006; Zakar, 2013).



Şekil 93. Dere bölgesindeki deformasyon sonucunda suyun ahşap kirişlere ulaşarak çürütme mekanizması (Zakar, 2013)

Çatının taşıyıcı kısmında meydana gelen bu bozulmalar, malzemesinin iyileştirilmesi veya yenilenmesi ile sağlamlaştırılabildiği gibi; metal kenet, levha kullanımı, çeşitli kesit arttırma işlemleri, kablo ve gergilerle destekleme gibi müdahalelerle de güçlendirilebilmektedir. Yukarıda bahsedilen, ahşap malzemeye yapılan bu müdahaleler, Anthimos tarafından ele alınırken geri döndürülebilir ve geri döndürülemez olarak sınıflandırılmaktadır (S.Anthimos, Structural Restoration Of Historical Monuments Specific Exampels From Greek Practice, 2003; Zakar, 2013).



Şekil 94. Ahşap çatı taşıyıcıların metal donatılarla güçlendirilmesi (Zakar, 2013).

Fakat yeni elemanın birleştirilmesi veya mevcut birleşim noktalarının güçlendirilmesi için epoksi reçineli yapıştırıcıların kullanımı geri döndürülemez sonuçlar ortaya koymaktadır. Epoksi reçinenin aksine metal kenet, metal plaka ve bulonlarla yapılan birleşimler ileride yapılabilecek herhangi bir müdahaleye açık kapı bıraktığından geri döndürülebilir olarak nitelendirilebilmektedir. Metal donatılara benzer şekilde FRP çubuklar kullanılarak yapılan müdahaleler, çatı taşıyıcılarına çok ince kesitte yüksek dayanım desteği veren geri döndürülebilir uygulamalardır. CFRP bant ile yapılan uygulamalar ise ince kesitte yüksek dayanım etkisi olmasına rağmen yüzeyden kaldırıldığında çeşitli tahribatlara sebep olabileceğinden estetik ve geri döndürülebilir değildir. Ayrıca bozulmadan dolayı görevini yerine getiremeyen elemanlara yapılan tümüyle yenileme çözümleri de geri dönüşü olmayan uygulamalar arasında yer almaktadır (S.Anthimos, Structural Restoration Of Historical Monuments Specific Exampels From Greek Practice, 2003).



Şekil 95.Kırklareli Gar Binası, Gei döndürülemez müdahale-Ahşap çatı taşıyıcılarda bozulan kısımların yenilenmesi (Güven, 2022).

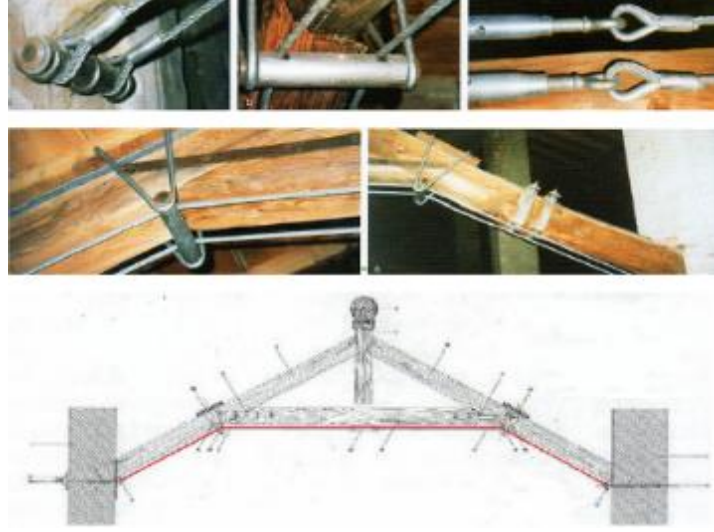


Şekil 96. Kiriş güçlendirmek için yapılan geri dönüşümsüz CFRP uygulaması (Pinto, 2008).



Şekil 97. Yapısal restorasyonda kullanılan geri dönüşümlü teknikler. Solda mevcut ahşap diyaframın çelikle iyileştirilmesi; sağda mevcut bir ahşap elemanın (kiriş, döşeme, çatı) çelik levhalarla güçlendirilmesi (S.Anthimos, Structural Restoration Of Historical Monuments Specific Exampels From Greek Practice, 2003).

Ahşap çatılarda yer alan bağlama merteği, bırakma kirişi ve ahşap gergi elemanları ve çatı makası bileşenleri gibi mevcut taşıyıcıların yükleri karşılamada yetersiz kaldığı durumlarda; mevcut taşıyıcılara ek olarak yapılan gergiler ve kabloların yerleştirilmesi, sistemdeki yükleri karşılamaktadır ve çatı makaslarında dayanımı arttırılabilmektedir (Mahrebel, 2006; Zakar, 2013). Bu müdahalelerin gerektiğinde kaldırılabilir olması sebebiyle geri döndürülebilir olarak nitelendirilebilmektedir.



Şekil 98. Çelik kablolar kullanılarak yapılan çatı makası müdahale şeması ve detayları (Pinto, 2008).



Şekil 99. Metal levha ve kenetlerle güçlendirme (Brancaccio, 2016).

Çatılara yapılacak müdahalelerde; çatı taşıyıcılarının, taşıyıcı duvarlarla olan bağlantılarının güçlendirilmesi gerektiğinde ise yeni hatıl sistemlerinin kullanılması yaygın bir uygulama olarak karşımıza çıkmaktadır. Fakat betonarme hatıl uygulamasında beton malzeme hem duvarlara ekstra yük getirmektedir hem de geleneksel duvar örgüsüyle uygun bir çalışma sergilememektedir (Zakar, 2013). Uygulamanın bu dezavantajına ek olarak Anthimos'un da sınıflandırmasında bahsettiği gibi bu müdahale kaldırılmak istendiğinde geleneksel duvar örgüsünde geri döndürülemez sonuçlar meydana getirmektedir (S.Anthimos, Structural Restoration Of Historical Monuments Specific Exampels From Greek Practice, 2003).



Şekil 100. a) Duvarın üst noktasında betonarme hatıl, b) Betonarme hatılı duvara bağlayacak çubuklar (Karakuş, 2012).

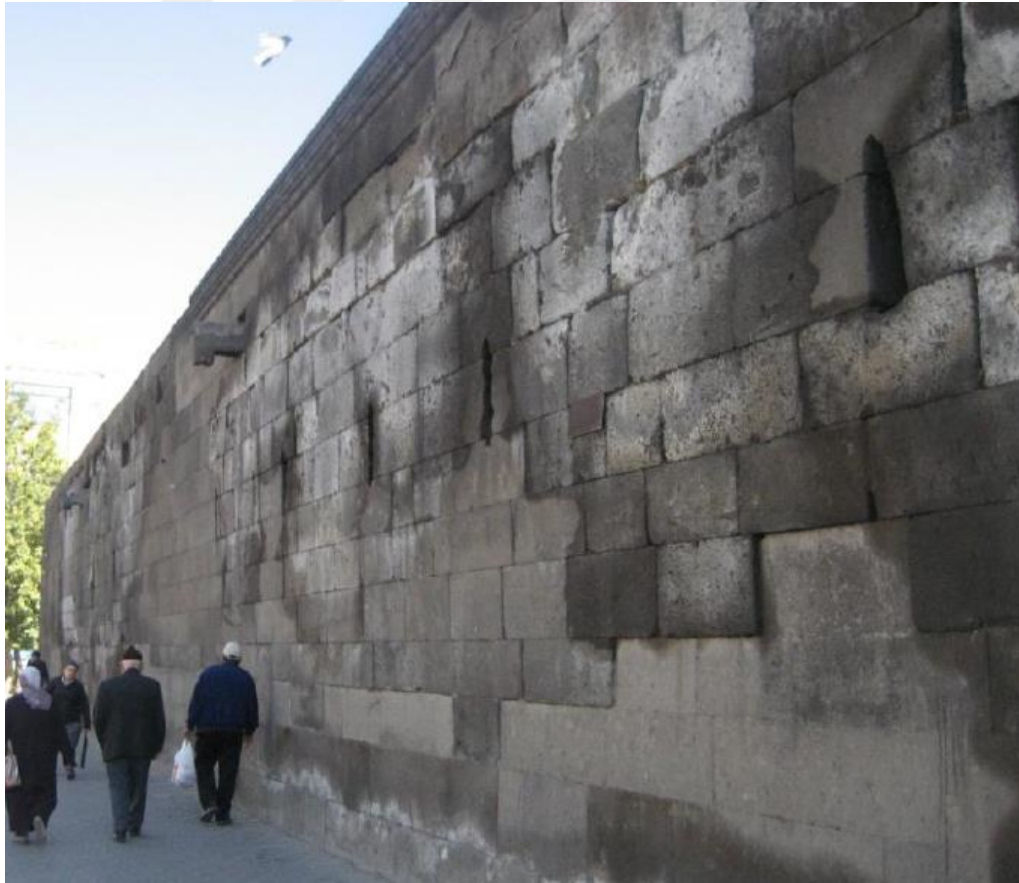
Tamamen yıkılıp yok olmuş çatılarda ise geri döndürülebilirliği mümkün, özgün materyale saygılı, ayırt edilebilir anıtların korunmasında geleneksel yöntemlere göre zaman ve maliyet açısından ciddi bir rakip haline gelen cam malzeme ile yapılan şeffaf restorasyon uygulamaları karşımıza çıkmaktadır. Anıtsal yapılarda eksik unsurları yeniden inşa etmek yerine doku ve bütünlüğü koruyup, algısal bütünlüğü ve görsel etkiyi kaybetmeden yapının orijinaline sadık kalınarak yapılan uygulamalar özellikle anıttaki eski orijinal parçaların yenilerden ayırt edilebilirliği, kimliğini ve özgünlüğünü korumak açısından avantaj sağlamaktadır. 3D yeni teknikler kullanılarak yapılan bu uygulamalar yapının hem şimdiki hem de geçmiş durumu açık bir şekilde ortaya koymakta, şeffaflıkla müdahalenin etkisinin minimuma indirmekte ve aynı zamanda geleneksel yöntemlere göre daha uygun maliyetli olarak yapılmaktadır (Nimwegen, 2020).



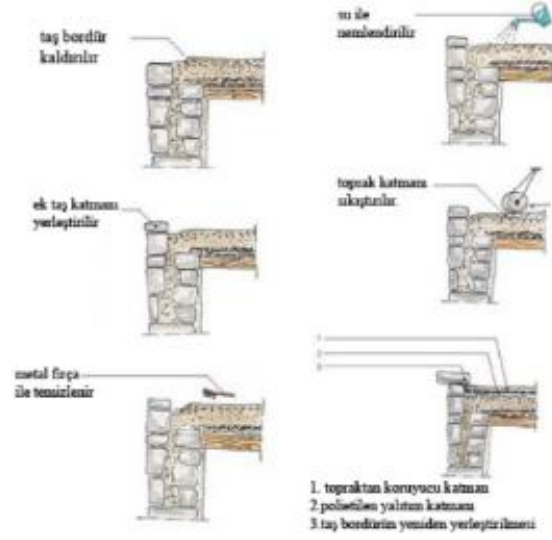
Şekil 101. Horizon Flour Mill, Greece/ Castel Juval, Italy/ Church of Corbera d'Erbe Terra Alta, Spain (Nimwegen, 2020).

2.5.6.2. Düz çatılar

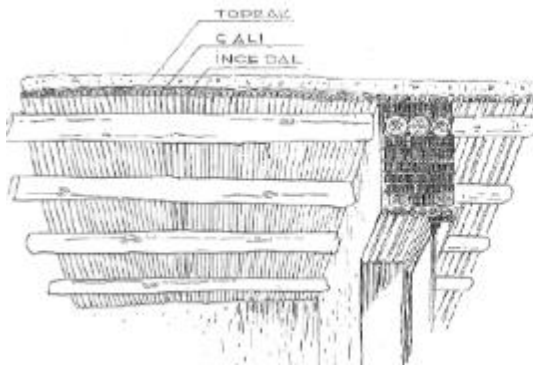
Düz çatılar, geleneksel sivil mimari dokularda sıklıkla kullanılan, yapımında yerel farklılıklar görülse de, genel ilkeleri ile çoğunlukla ahşap taşıyıcı kirişler üzerine yerleştirilmiş ahşap kör kaplamadan ve bu kaplama üzerine sıkıştırılmış toprak tabakasından oluşmaktadır. Düz çatı elemanları uzun süre bakımsız kalması bozulması durumunda, bakım, onarım müdahaleleri ve taşıyıcı elemanların sağlamlaştırılması veya yenilenmesi gerçekleştirilebilmektedir. Bunlardan, üst örtüyü oluşturan dolgu toprağının, su tutuculuk özelliğini kaybetmemiş yeni toprakla değiştirilmesinin ardından loğ denilen taş alet yardımıyla, sıkıştırılarak kullanımı sıkça uygulanan onarım ve bakım yöntemleri arasındadır. Aynı zamanda üst örtüde su ve ısı yalıtımına yönelik yeni malzemelerin çatı kesitine eklenmesi durumunda farklı detay çözümleriyle çatı örtüsünde iyileştirmeler yapılabilmektedir (Zakar, 2013; Karaca, 2021). Yapıyı su ve ısının getirdiği olası zararlardan koruyan ve orijinalliğine zarar vermeden yapılan bu uygulamalar da geri döndürülebilir olarak nitelendirilebilmektedir.



Şekil 102. Kayseri-Sahabiye Medresesi, Düz çatıda akaçlama sisteminin çalışmamasından kaynaklı oluşan nem sorunu (Karakuş, 2012).



Şekil 103. Aşamalı olarak düz çatı örtüsünde güçlendirme (Zakar, 2013).



Şekil 104. Solda Kayseri çevresinde bir köy evinin şematik olarak düz çatısı; Sağda Bitlis Yolalan Köyü, Düz çatılı evler (Karaca, 2021).

Düz çatılarda taşıyıcı kısım, genellikle ahşap çatı kirişlerinden oluşmaktadır ve alt yüzey kaplamalı veya kaplamasız olarak kullanılabilir. Bu kısımlarda çürüyen taşıyıcı elemanlara yapılan müdahaleler göz önünde bulundurulduğunda çatıyı taşıyan kirişlerin ek elemanlarla kesitlerinin artırılması veya ahşap kirişlerde uygulanan tamamen veya kısmen yenileme, FRP bantlarla güçlendirme gibi geri döndürülemez müdahaleler; yeni elemanla destekleme, FRP çubuklar ve gergilerle güçlendirme gibi geri döndürülebilir müdahalelerin uygulaması karşımıza çıkmaktadır (Brancaccio, 2016). Şekil 106 ve Şekil 107'de Diyarbakır Suriçi'nde yer alan geleneksel bir Diyarbakır evine ait restorasyon uygulaması gösterilmektedir. Yapının büyük bir çoğunluğunun yıkılması sebebiyle bu yapıya ait düz çatıya uygulanmak zorunda kalınan bazı geri döndürülemez müdahaleler Şekil 106 ve Şekil 107'de verilmektedir.



Şekil 105. Düz çatılı geleneksel bir Diyarbakır Evi örneğinde ahşap kirişlerde bozulma ve esnemeler (Dabanoğlu & Çağlayan, 2024).



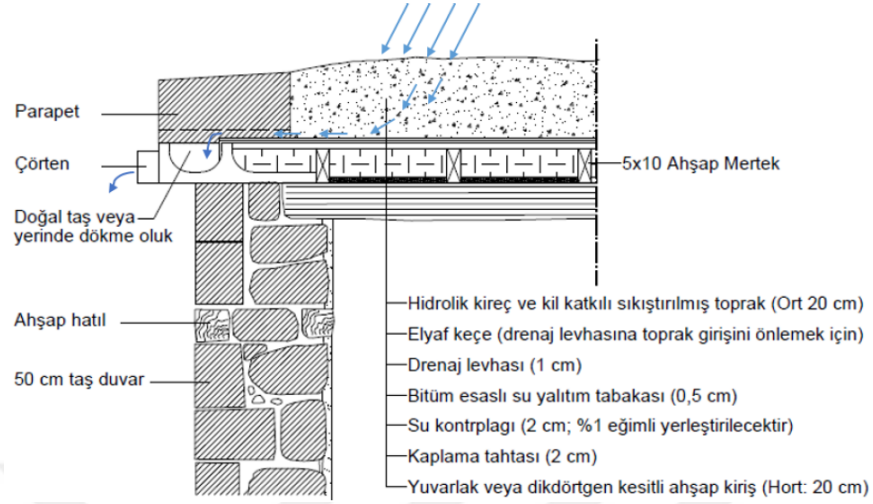
Şekil 106. Düz çatıda geri döndürülemez bir uygulama- Ahşap malzemenin tamamen yenilenmesi Diyarbakır-Suriçi/Geleneksel bir Diyarbakır Evi Örneği (Dabanoğlu & Çağlayan, 2024).



Şekil 107. Düz çatıda geri döndürülemez bir uygulama- Dam harcının serilmesi Diyarbakır-Suriçi/Geleneksel bir Diyarbakır Evi Örneği (Dabanoğlu & Çağlayan, 2024).

Düz toprak çatıların bakım zorluğunun yanı sıra endüstriyel malzeme ve modern teknolojilerin avantajlarından yararlanma arzusu nedenleriyle son yıllarda Anadolu'da, düz toprak çatıların kaldırılıp yerine bakımı daha kolay çatı sistemlerinin uygulanması vernaküler kimliğine, yapının özgünlüğüne aykırı geri döndürülmesi mümkün olmayan müdahaleler ortaya çıkartmaktadır. Geleneksel yapım tekniği ve vernaküler malzemeler ile üretilen düz toprak çatının durabilitesi arttırmak, bakım zorluğu, yapı fiziki ve eskime kaynaklı sorunları güncel malzeme ve teknikler

kullanılarak geri döndürülebilirliğe olanak tanıyacak şekilde aşılabilmek mümkündür. Bu yöntem şematik olarak Şekil 108’de gösterilmektedir (Karaca, 2021).



Şekil 108. Katmanları yeniden düzenlenerek oluşturulan geri döndürülebilirliği mümkün düz toprak çatı kesiti (Karaca, 2021).

Tablo 1. Mimari Yapı Elemanlarında Geri Döndürülebilir ve Geri Döndürülemez Uygulamaların Sınıflandırılması (Yazar tarafından hazırlanmıştır.)

YAPILAN UYGULAMALAR		GERİ DÖNDÜRÜLEBİLİR	GERİ DÖNDÜRÜLEMEZ
TEMEL	Kesit Genişletme		✓
	Temel Sağlamlaştırma		✓
	Taban İzolasyon Uygulaması	✓	
	Sismik İzolatör Uygulaması	✓	
DUVAR	Dikiş		✓
	Kenet		✓
	Enjeksiyon		✓
	FRP Bantla Yapılan Güçlendirme		✓
	Kuşaklama	✓	
	Çelik veya Metal Gergilerle Yapılan Güçlendirme	✓	

Tablo 1'in Devamı

	CFRP Bantla Yapılan Güçlendirme		✓
	Betonarme ek hatıllar		✓
	Çelik ek hatıllar	✓	
	Betonarme Mantolama İşlemi		✓
	Payandalarla Destekleme		✓
	(TRM) Tekstil Donatılı Harç ile Güçlendirme	✓	
	Çelik veya Metal Gergilerle Yapılan Güçlendirme	✓	
	FRP Çubuklar ile Güçlendirme (Uyumlu harç ile doldurulduğunda)	✓	
	FRP Çubuklar ile Güçlendirme (Epoksi ile doldurulduğunda)		✓
	Çelik Elemanlar ile Yapılan Güçlendirme	✓	
	Reticolatus Tekniği	✓	
	CAM Sistemi İle Güçlendirme		✓
	Ard Germeli (Post-Tensioning) Kablo Sistemleri İle Güçlendirme	✓	
	Döşemeleri Değiştirmek		✓
DÖŞEME	Yeniden Yapım		✓
	Yıkma		✓
	FRP Bantla Yapılan Güçlendirme		✓
	Döşemenin Kesitinin Arttırılması (betonarme katman uygulanarak)		✓
	Enjeksiyon		✓
	Yapıştırma Müdahaleleri		✓
	Çelik/Ahşap Levhalarla Ekleme	✓	
	Çelik/Ahşap Levhalarla Birleştirme	✓	
	Çelik/Ahşap Levhalarla Destekleme	✓	

Tablo 1'in Devamı

KEMER/KUBBE/ TONOZ	FRP Bantla Güçlendirme(epoksi kullanılarak)		✓
	CFRP Bantla Güçlendirme(epoksi kullanılarak)		✓
	Çelik donatılarla güçlendirme		✓
	Betonarme ile Güçlendirme Uygulamaları		✓
	Yay ve amortisör sistemleri kullanımı	✓	
	Çelik Halatlarla Yapılan Güçlendirme	✓	
	Ön Gerilmeli Çelik Bağlarla Yapılan Güçlendirme	✓	
	Çelik Gergilerle Yapılan Güçlendirme	✓	
TAŞIYICI AYAK VE SÜTUN	FRP Bantla Yapılan Güçlendirme		✓
	LAR(Liquid Adhesion Release-agent) Uygulaması	✓	
	Çemberleme	✓	
ÇATI	Birleşim Noktalarının Güçlendirilmesi için Epoksi Reçineli Yapıştırıcıların Kullanımı		✓
	CFRP Bant Uygulaması		✓
	FRP Bant Uygulaması		✓
	Taşıyıcı Elemanların Kesitlerinin Arttırılması		✓

Tablo 1'in Devamı

Ahşap Kirişlerde Tamamen veya Kısmen Yenileme		✓	✓
Betonarme Hatıl Uygulaması		✓	✓
Metal Kenet, Metal Plaka ve Bulonlarla Yapılan Birleştirme İşlemleri	✓		
FRP Çubuk Uygulaması	✓		
Gergi ve Kablolarla Güçlendirme	✓		
Yeni Elemanla Destekleme	✓		
Cam malzeme ile Yapılan Şeffaf Restorasyon	✓		
Çatı Örtüsünde Yapılan İyileştirmeler (Düz çatıda toprağın değiştirilmesi)	✓		

2.6. Geleneksel Yapı Malzemelerinde Bozulmalar, Analiz Yöntemleri, Müdahaleler ve Geri Döndürülebilirlik

Tarihi eserlerin inşasında kullanılan, taş, ahşap, pişmiş toprak(tuğla, seramik, fayans), kerpiç, harç ve sıvaları kapsayan geleneksel yapı malzemeleri aynı zamanda yapıların yaşam süresini de tanımlamaktadır. Bu sebeple zamanla onarım veya yenilenme ihtiyacı duymaktadır. Restorasyon müdahalesinin daha doğru yapılması için öncesinde yapılan araştırmalarla yapı malzemeleri ve elemanlarının bütünlüğünü tehdit eden tüm etkenlerin ortaya çıkartılması gerekmektedir. Yapı malzemesinin içinde bulunduğu şartlara ve malzemenin cinsine göre nasıl çalıştığını, bozulmaların nerelerde ve neden ortaya çıktığını saptamadan, doğru müdahalelerin yapılması mümkün değildir (Zakar, 2013; Vatan Kaptan, 2010; Ahunbay, Tarihi Çevre Koruma ve Restorasyon, 2017).

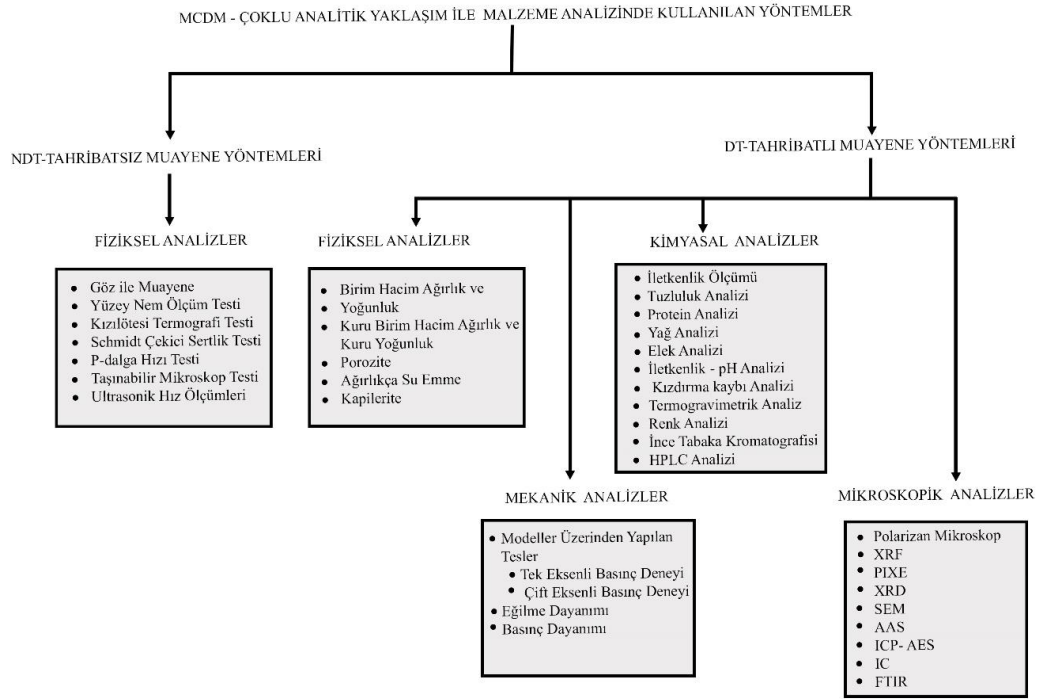
Venedik Tüzüğü; gelişen şartlar doğrultusunda ortaya çıkan yenilikçi müdahaleler ve teknolojik malzemelerin benzer fiziko-kimyasal özellikler taşıması şartıyla geleneksel malzemelerle birlikte kullanımının mümkün olduğuna; fakat geleneksel malzemelerin

bünyesinde doğuracağı sonuçların bilinmediği durumlarda yeni malzemelerden kaçınılması gerektiğine vurgu yapmaktadır. Çünkü fiziko-kimyasal özellikleri farklı olan bu yenilikçi malzemelerin tarihi eser onarımında kullanılması, onarım anına kadar korunmuş olan özgün malzemenin bozulmasına yol açabilmektedir (Zakar, 2013; Venedik Tüzüğü, 1964).

Bu sebeple geleneksel yapı malzemelerin onarımında kullanılan yenilikçi ürünlerin geri döndürülebilir olması yapılan müdahalenin 21.yy koruma anlayışında başarılı sayılabilmesinin önemli bir koşuludur. Aksi takdirde geri dönüşü mümkün olmayan uygulamalar hem yapı malzemesi hem de yapı elemanı ve yapı bütünlüğünde rijitliği tehlikeye atmaktadır. Tarihi yapıları oluşturan her geleneksel yapı malzemesinin içyapısı, minerolojisi, dokusu, deformasyona ne kadar yatkın olduğu bilmek, uygulanacak müdahalenin başarısını belirleyen kriterlerin başında yer almaktadır. Bu doğrultuda yapılan deney ve analizlerin amacı, malzemenin korunmuşluk düzeyinin, bozulma sebeplerinin ve içeriğinin belirlenmesi; en geri döndürülebilir müdahaleyi uygulamak için yapılardaki özgün malzemelere uyumlu olarak kullanılacak onarım malzemelerine karar vermektir.

Literratür taramasında geleneksel yapı malzemelerinin bünyesinde meydana gelen deformasyonları ortaya çıkarmak ve sonrasında uygulanan müdahalenin geri döndürülebilirliğini anlayabilmek için birden fazla analiz yöntemi bir arada kullanan ‘‘Çoklu Analitik Yaklaşım’’ın kullanıldığı saptanmıştır. Bu yaklaşım ilk etapta aşağıda sınıflandırılacak olan, fiziksel analiz içerisinde yer alan ‘‘Tahribatsız Analiz Yöntemlerini - NDT (Non- Desctructive Technique)’’ tercih etmektedir. Çoklu analitik yaklaşımda Tahribatsız Muayene yöntemlerinin yetersiz kaldığı durumlarda ise ‘‘Tahribatlı Analiz Yöntemleri-DT (Desctructive Technique)’’ne başvurulmaktadır. Tahribatlı analiz yöntemleri ise kendi içinde 3 farklı gruba ayrılmaktadır. Bunlar geleneksel malzemenin fiziksel analizlerin tespiti için kullanılan fiziksel analiz, kimyasal özelliklerinin tespiti için kullanılan kimyasal analiz ve son olarak mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin tespiti kullanılan mikroskobik analizlerdir. Bu sınıflandırmalar Şekil 109’te gösterilmektedir.

Yapılan tez çalışmasının bu bölümünde; geleneksel malzemelerde (taş, ahşap, harç ve sıvaları kapsamaktadır) meydana gelen bozulma türleri, bu bozulmaların sebebini daha iyi anlayabilmek için kullanılan analiz yöntemleri, müdahale türleri ve son olarak geleneksel yapı malzemelerine müdahalede kullanılan geri döndürülebilir teknikleri ortaya koymak amaçlanmaktadır.



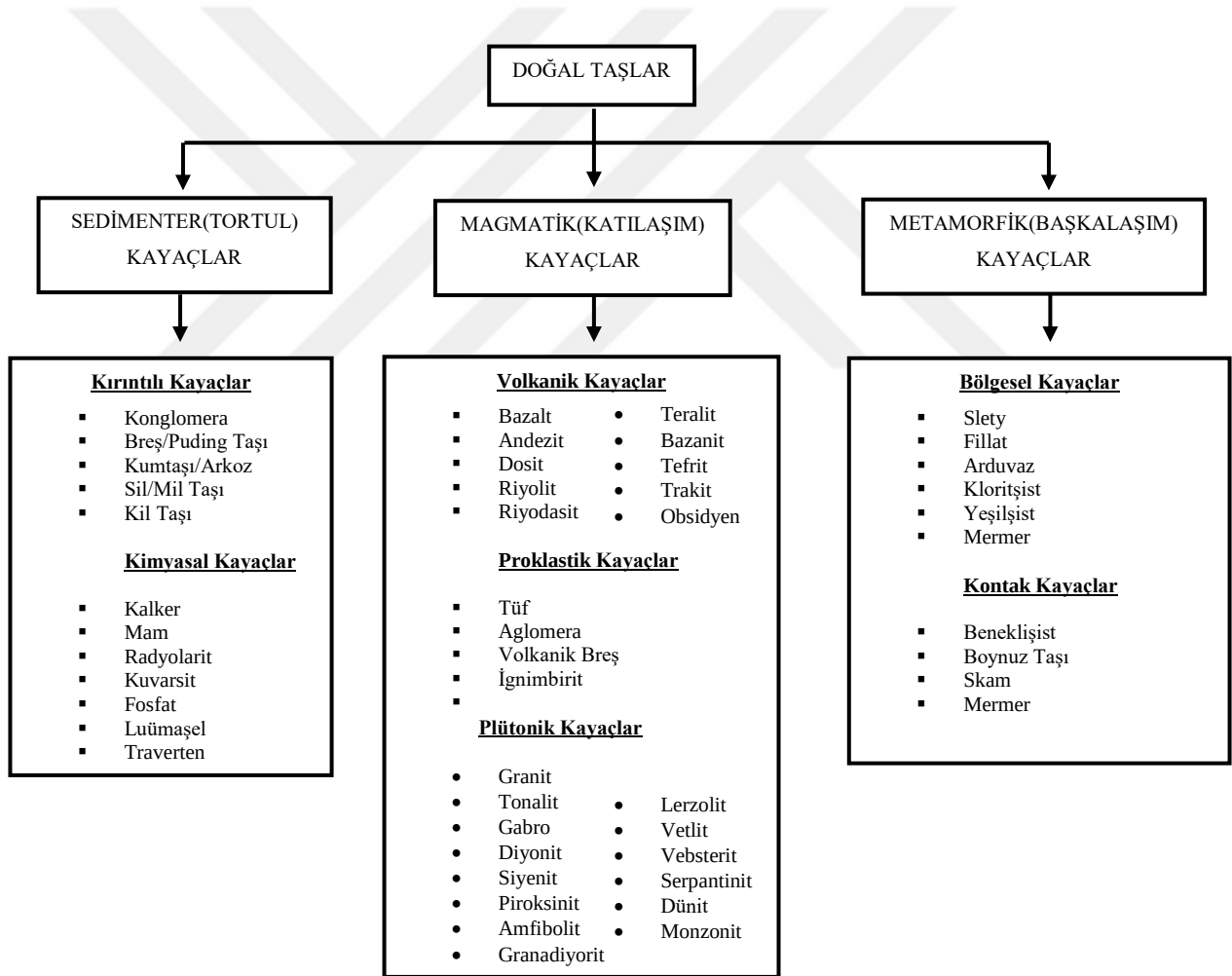
Şekil 109. Çoklu Analitik Yaklaşım İle Malzeme Analizinde Kullanılan Yöntemler

2.6.1. Taş Malzeme

Geleneksel dünyadaki nesne-insan bağlamını yansıtacak en vurgulu malzeme olan doğal taş, uygarlığın başlangıcından bu yana yapıcı ve sanatsal amaçlarla en çok kullanılan geleneksel malzemelerin başında yer almaktadır. Doğal taşlar asırlardan beri insanoğlunun vazgeçilmez sanat kollarından birini ve yapı elemanlarını oluşturmaktadır. Zarafeti, dayanımı, potansiyel zenginliği, hiçbir bağlantıya gerek duyulmaksızın sağlam yapılar inşa etmeye olanak tanınması ve doğada bol miktarda bulunması sebebiyle doğal taşlar; Hititler, eski Mısırlılar, Frigyalılar, Mezopotamya Medeniyeti, Persler, Lidyalılar, Eski Yunanlılar, Romalılar, Selçuklular, Osmanlılar ve diğer birçok medeniyet tarafından kullanılmıştır. Doğal taşlar günümüze ulaşmayı başarmış kendi çağlarına ışık tutan heykellerin, anıtların ve görkemli yapıların ana malzemesini oluşturmaktadır. Taşıyıcı gücünün fazla olması, doğada bol miktarda bulunması ve olumsuz hava koşullarına karşı dayanıklı olması gibi özellikleri sayesinde de yüzyıllar boyunca mimarinin en soylu yapı malzemesi olmuştur. Taşları bir arada tutmak için ise harç olarak çamuru kullanmışlardır. Yapılarda kullanılan doğal taşın şeklinin değiştirilmesi ile güzel olana ulaşma arzusu, işlevsel amacın yanında

estetik ve düzgün duvarlar inşa etmek için zaman içerisinde taşların işlenmeye ve yontulmaya başlanmış olmasıyla gözlemlenmektedir (Öcal & Dal, 2012; Çakmak, 2021).

Doğal taşlar sertlik, gözeneklilik, homojen içyapı, suda çözünürlülük gibi fiziksel ve kimyasal özellikleri göre yapıda uygun yer ve görevlerde kullanılmıştır. Bir süsleme taşında kolay işlenebilirlik, bir kaplama taşında renk ve doku gibi özellikler ön plana çıkabiliyorken; taşıyıcı duvar bileşeni olarak kullanılacak bir taş türünde belli oranda sertlik, gözeneklilik, ağırlık gibi özellikler önem kazanmaktadır. Taşlarda bu farklılıkları meydana getiren faktör ise oluşumlarıdır. Kayaçların boyutlandırılması veya küçültülmesi ile oluşan doğal taşlar, oluşum şartlarına ve kökenlerine göre sedimenter(tortul), magmatik(katılaşım), metamorfik(başkalaşım) olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır (Kolaylı, 2023; Ünal, 2023).



Şekil 110.Doğal Taşların Sınıflandırılması

Kumtaşı, kireçtaşı, konglomera, breş, pudingler vb. tortul (sedimenter) taşlar organik madde veya minerallerin su, rüzgâr, dalga ve buzullarla taşınıp, deniz, göl, akarsu içinde ya

da karalarda üst üste birikerek taşlaşmasıyla meydana gelmektedir. Bu taş türlerinden kumtaşı ve kireçtaşına, tarihi yapılarda temel, duvar, kemer, tonoz, kubbe ve döşeme gibi taşıyıcı yapı elemanlarında yoğun bir şekilde rastlanırken diğer tortul taşların tarihi yapılarda hem taşıyıcı elemanları oluşturan malzemeler hem de döşeme ve duvar kaplamaları olarak kullanımına rastlanmaktadır. Granit, bazalt, andezit, serpantin, porfir, tüf ve aglomeralar vb. magmatik(katılaşım) taş türleri ise sıcak, akışkan ve hareketli durumda olan magmanın, yer kabuğunun derinlerinde kalarak veya üzerine çıkarak soğumasıyla oluşurlar. Bu taş türlerine tarihi yapılarda taşıyıcı sütunlar, duvar ve döşeme kaplamaları olarak rastlamak mümkündür. Son olarak mermer, kuvarsit, serpantin, gnays, arduvaz, şist, fillit vb. metamorfik (başkalaşmış) taşlar tortul veya magmatik taşların, sıcaklık, basınç, gerilme ve kimyasal aktivitesi olan sıvıların etkisiyle başkalaşım geçirmeleri sonucunda oluşmaktadır. Bu taşlar genellikle sütunlarda taşıyıcı olarak veya kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır (Zakar, 2013; Kolaylı, 2023; Tayşi, 2021).

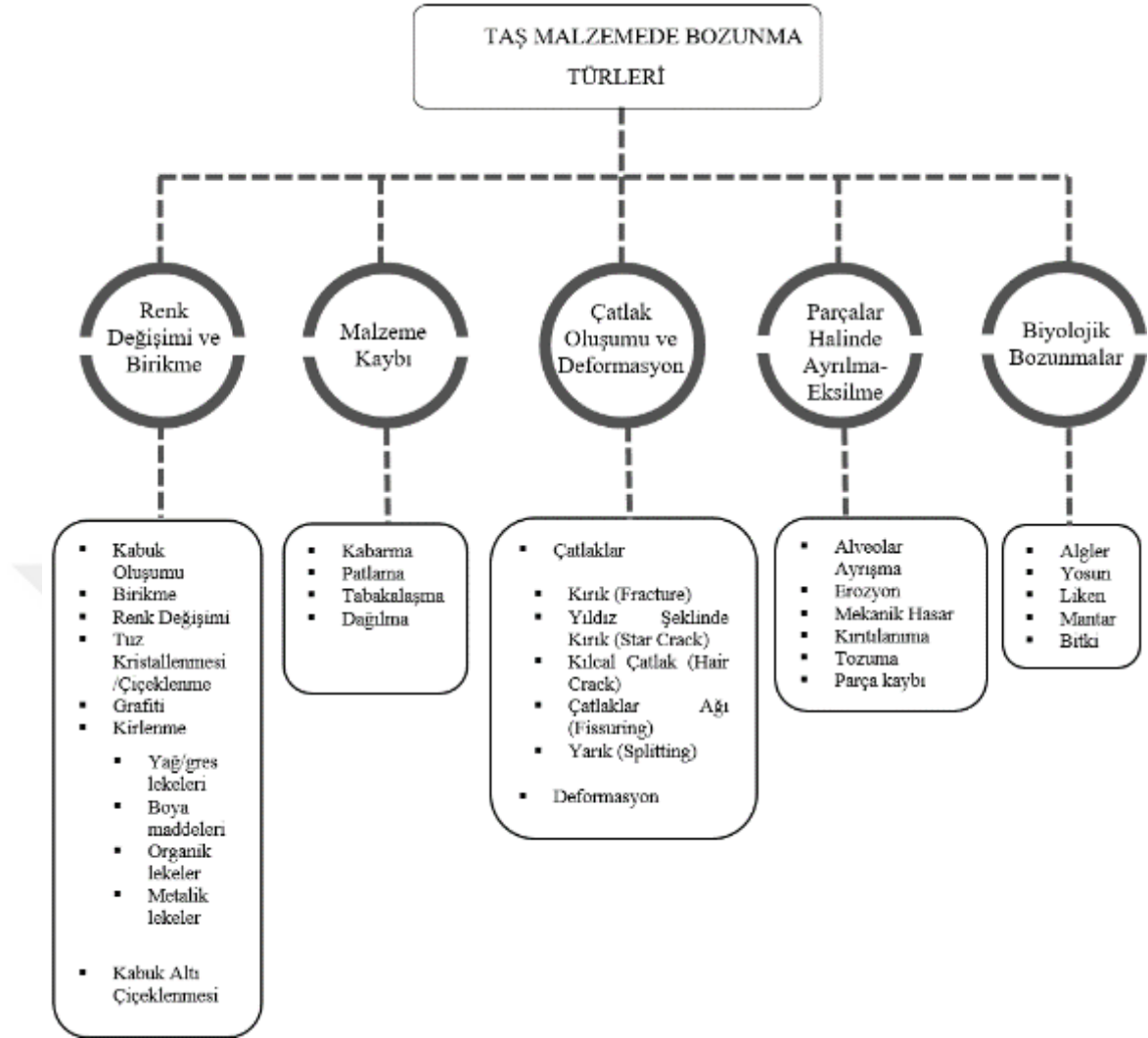
2.6.1.1. Taş Malzemedeki Bozunma Türleri

Bozulmanın çeşidi ve derecesi, taşın türüne, boyutuna, konumuna, detayına ve yapıda kullanıldığı yere göre değişiklik göstermektedir. Taşın ocaktan çıkarılıp kullanılmaya başlamasıyla mineral içeriğinden, minerallerin yerleşim düzeninden, makro ve mikro çatlaklar gibi fiziksel; donma-erime döngüsü gibi kimyasal; atmosferik kirlilik, canlı etkenler gibi biyolojik sebeplerle taşta bozulmalar meydana gelmektedir (Ünal, 2023; Erdem, 2016). Genellikle birden fazla etkinin taşta aynı anda meydana gelmesiyle gerçekleşen bozunmalar; taşın kendisinden kaynaklanan bozunmalar ve dışarıdan gelen etkiler olarak iki şekilde sınıflandırılabilir. Kendisinden meydana gelen bozunmalar ‘‘taşın litolojisi’’ olarak tanımlanan mineral içeriğinden, minerallerin yerleşim düzeninden, makro ve mikro çatlaklardan vb. durumlardan kaynaklanmaktadır. Dışarıdan gelen etkiler sebebiyle bozunmalar ise deprem, yangın, sel, terörizm, Vandalizm, hava ve çevre kirliliği, biyolojik etkenler, nem, işçilik, donma-erime döngüsü, komşu maddenin yarattığı basınç, bağlayıcı malzemeler vb. faktörlerden kaynaklanmaktadır (Öcal & Dal, 2012; Erdem, 2016; Tayşi, 2021).

Taş anıt-eserlerde bozunma, fiziksel parçalanma, kimyasal ayrışma ya da biyolojik bozunma olarak üç farklı şekilde meydana gelmektedir. Taş malzemedeki fiziksel bozunmalar; çözünebilen tuzlar, donma olayı, ıslanma-kuruma, sıcaklığa bağlı genişleme, kalıntı

gerilmeler ve rüzgâr etkisiyle meydana gelmektedir. Fiziksel ayrışma ile eserlerde sadece mekanik bir bozunma meydana gelirken yapısında yer alan mineraller herhangi bir değişim göstermemektedir. Kültür varlıklarının bir daha geriye dönmeyecek şekilde bozunması anlamına gelen kimyasal etkiler sonucunda bozunmalarda ise eserler ayrışmaya minerallerden başlamaktadır. Kimyasal bozunmada taşı oluşturan minerallerin içsel yapısı, çözünme, oksidasyon ve hidroliz olayları sonucunda değişime uğramaktadır. Dışarıdan gelen etkiler sebebiyle meydana gelen bozulma çeşitlerinden olan biyolojik bozunmalar ise özellikle nemli iklimlerde yosun, bakteri, mantar gibi canlı organizmaların kimyasal tepkimelerle taş bünyesinde meydana getirdiği yapısal değişimleri kapsamaktadır (Öcal & Dal, 2012). Öte yandan dışarıdan kaynaklanan sebeplerle meydana gelen bozunmalara; taşın işlenmesi sırasındaki sert darbeler sebebiyle oluşan mikro çatlaklar, taşın doğal yatak düzlemine paralel olarak oturtulması gerekirken dik kullanılması gibi işçilik hataları, ısı değişimleri, don ve çözünme gibi iklimsel olayların tekrarı ile oluşan kılcal ve derin çatlaklar örnek verilebilmektedir. Buna ek olarak hava kirliliğinin sebep olduğu asit yağmurları ile malzemeye taşınan sülfat ve nitrat, taşlarda kararma ve sonra da yüzeyden itibaren dökülmelere yol açarak bozunma sürecini başlatmaktadır (Öcal & Dal, 2012; Zakar, 2013; Kaçmaz, 2020; Karkas & Özgünler, Taş Koruma Yöntemlerindeki Teknikler ve Yenilikçi Yaklaşımlar. Trakya Üniversitesi, Edirne., 2021)

Tez kapsamında taş malzemede görülen bozulmalar, Fitzner ve Heinrichs'in yaptığı gibi 5 ana başlık altında toplanmaktadır. Bunlar; Renk Değişimi, Malzeme Kaybı, Çatlak Oluşumu ve Deformasyon, Parçalar Halinde Ayrılma-Eksilme ve Biyolojik Bozunmalardır (ICOMOS-ISCS, 2008).



Şekil 111. Taş Malzemede Bozunma Türlerinin Sınıflandırılması (ICOMOS-ISCS, 2008; Öcal & Dal, 2012; Şener, 2020)

Taş malzemede bozunmaların sınıflandırılmasının amacı, taşların bozulma sebeplerini iyi analiz etmek, bozunmayı tanımlamak ve bozunmaların yapıyı uğrattığı hasarı engelleyebilmek için doğru tespit edilmiş sebebe karşılık doğru müdahalenin uygulanmasını sağlamaktır. Unutulmamalıdır ki doğru müdahale; kültürel mirasımızda ciddi oranda yapının ana malzemesi olan taş malzemede geri döndürülebilir ve sürdürülebilir sonuçlar elde etmek ve kültürel mirasın devamlılığını sağlamak açısından oldukça önemlidir.

2.6.1.2. Renk Değişimi/ Birikme

Renk değişimi (discolouration), taş yüzeyinde çeşitli sebeplerle orijinal rengin değişmesi sonucu ortaya çıkan, tarihi eserin hem estetik görünümünü hem de malzemesini

etkileyen bir bozunma türüdür. Bu bozunmalar kimyasal, fiziksel ya da biyolojik sebeplerle meydana gelebilmektedir. Asit yağmurları ve rüzgâr gibi atmosferik olaylarla taşınan maddelerin taş yüzeyinde birikmesiyle oluşan değişim fiziksel renk değişimi olarak adlandırılır. Oksitlenme gibi reaksiyonlarla taşın orijinal rengindeki kayıplar, atmosferik etkilerle yüzeyde biriken maddelerle yeni bileşikler oluşturması sonucunda yüzeyde meydana gelen değişimler de kimyasal nedenli renk değişimleri olarak adlandırılmaktadır. Mikrobiyolojik türlerin yaşamsal koşullarını sağlamak üzere taşın yüzeyinde kolonileşerek fiziksel yapıyı tahrip etmeleri sonucunda oluşturdukları değişimler ise biyolojik nedenli renk değişimleridir. Renk değişimi taşın yapısına bağlı olarak etkisini arttırabilmektedir. Farklı renklerdeki her bir değişimin sebebi yüzeye etki eden bir duruma işaret etmektedir. Örneğin; kararma hava kirliliğini, tuz kristallerinin yüzeyde birikmesi (efflorescences) ile renk değişimi yüzeyde tuzların kristalleşmesi ile oluşur. Renk değişimleri farklı nedenlerle ortaya çıktığından oluşma nedenleri belirlenmesi ortaya çıkabilecek bozulmaların tespiti ve uygun müdahalenin yapılması açısından önemlidir (Öcal & Dal, 2012; Erdem, 2016; Vatan Kaptan, 2010; Kaçmaz, 2020).



Şekil 112. İstanbul, Zeynep Sultan Cami Yüzeyde Kararma ve Renk Değişimi (Vatan Kaptan, 2010).

○ Kabuk Oluşumu

Taş yüzeyinde mineral içerikli sert yapıdaki kabuk oluşumu “kabuklanma” veya “inkrustasyon”, atmosferik kirleticilerin veya su kaynaklı partiküllerin yüzeyde birikmesi sonucu meydana gelmektedir. (ICOMOS-ISCS, 2008). Genellikle su ile taşınan veya taşın kendi yapısında bulunan karbonatlar, sülfatlar, metal oksitler ve silikaların birikmesiyle meydana gelir. Kabuklaşma, genellikle yapı duvarlarının yere yakın olan bölgelerinde yoğunlaşmaktadır. Kabuk oluşumu, genellikle taşın orijinal yapısından farklı bir renkte ve

morfolojide olduğundan hemen fark edilebilmektedir. Fakat bazı liken türleri taş yüzeyinde kabuklanma gibi görülebilmektedir, ancak likenlerin yapısı kabuklanmaya göre daha yumuşak olduğundan dokunmak suretiyle fark kolaylıkla anlaşılmaktadır (Ünal, 2023; Öcal & Dal, 2012; Kaçmaz, 2020).



Şekil 113.Farklı taş türlerinde çeşitli sebeplerle görülen renk ve kabuk oluşumları (Öcal & Dal, 2012)

○ Birikme

Taş yüzeyinde taşla ilgisi olmayan yabancı maddenin yığılarak oluşturduğu, kalınlığı farklılık gösteren malzeme birikmelerini tanımlamak için kullanılmaktadır. Farklı yollarla tarihi esere ulaşan bu yabancı malzemeler genel olarak taş yüzeyine yapışma yoluyla birikmektedir. Boya ve harçların oluşturduğu tabakalar, toz ve is gibi atmosferik partiküller, korunma amaçlı uygulanmış olan konservasyon materyallerinin kalıntıları, deniz kökenli tuz aerosolleri gibi maddeler birikme olarak değerlendirilmektedir. Birikmelerin kökeni tanımlanabiliyorsa müdahalenin doğru yapılması için belirtilmelidir (Öcal & Dal, 2012; Ünal, 2023). Yapı üzerinde kuş ve yarasa pisliği gibi birikmelerde bu grupta değerlendirilmektedir fakat kuş yuvaları, örümcek ağları biyolojik kökenli bir birikim olduğundan bu sınıflandırmaya dâhil edilmemektedir (ICOMOS-ISCS, 2008).



Şekil 114. Taş yüzeylerinde meydana gelen birikmeler tuz, hayvan pisliği vb. (ICOMOS-ISCS, 2008; Öcal & Dal, 2012).

○ Renk Değişimi

Taş malzemede biyolojik kolonizasyon, kimyasal ayrışma gibi farklı sebeplerle özgün rengin değişime uğraması sonucu ortaya çıkan renk değişimi; taştaki minerallerin su ile buluşması sonucunda, yüzeyde oluşan daha çok demir oksitlerinin neden olduğu bir bozunma olarak karşımıza çıkmaktadır. Renk değişimleri her zaman periyodik etkiler sonucunda görülmemektedir. Yangınlar gibi ani olaylar ve vandalizm sonucunda da meydana gelebilmektedir. Bu bozunma hem yapı malzemesini, hem de yapının görünümünü estetik açıdan etkilemektedir (Öcal & Dal, 2012; Yurttaş, 2018; Ünal, 2023). Renk değişimin alt grupları renk açılması (beyazlaşma, ağarma veya solma), nemden dolayı koyulaşma, renklenme ve lekelenme oluşturmaktadır. Renk açılması taş minerallerinin ayrışmasının bir sonucu olarak hava koşullarına maruz kalmaları neticesinde oluşan ağarmalara verilen isimdir. Lekelenme ise taş üzerinde sınırlı ölçüde oluşan renk değişikliği olarak tanımlanmaktadır (ICOMOS-ISCS, 2008). Renklenme ise çoğunlukla tuzların neden olduğu; buna ek olarak anıtlarda farklı amaçlar için kullanılan metallerin ve bazı mikroorganizmaların etkili olduğu bir bozulmadır (Vatan Kaptan, 2010; Öcal & Dal, 2012; Ünal, 2023; Kaçmaz, 2020).



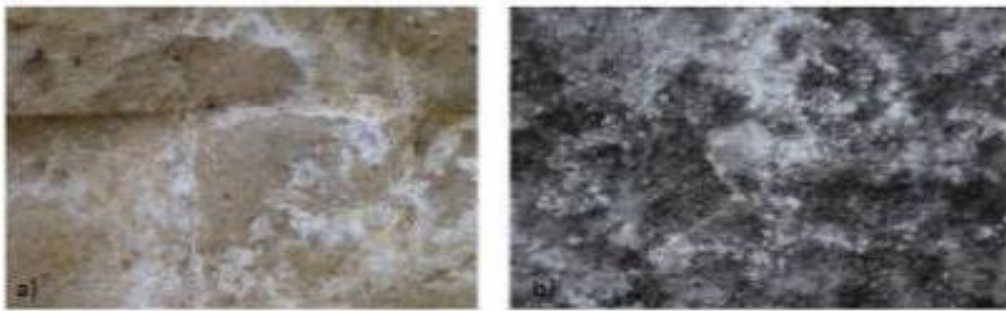
Şekil 115. Phrygia Hierapolis Siyah lekelenme/Beyaz lekelenme (Çiçeklenme)/Gri lekelenme (Erdem, 2016)



Şekil 116. Metallerin neden olduğu renklenme / Farklı etmenlerin sebep olduğu renklenme / Asit yağmurlarının sebep olduğu renklenme (Öcal & Dal, 2012).

○ Tuz Kristallenmesi /Çiçeklenme

Doğal taşlar, bünyelerinde suda çözünebilen tuzlar barındırmaktadır. Bu tuzlar yapı ve anıtlarda parçalanmalara, yüzeyde yer alan süsleme ve fresklerin dökülmesine neden olmaktadır. Tuz kristallenmesi (Haloclasty) olarak bilinen bu deformasyon, doğal taşlarda potansiyel olarak en fazla zarar veren renk değişimine ve çürümeye neden olan önemli faktörlerin başında gelmektedir. Tuz kristallenmesi, sadece yüzeyde olumsuz bir estetik etki yaratmanın yanı sıra, aynı zamanda, taş malzemenin yapısında hızlı ve yapı bileşeninin bütünlüğünü tehdit edecek zararlar meydana getirmektedir. Tuz kristalleşmesinin verdiği zarar birden fazla etkene bağlı olarak gerçekleşmektedir. Bu etkenler, gözenek boyutu ve porozite, tuzun yapısı, çözeltinin taşınması, kristalleşme basıncına karşı malzeme dayanıklılığı, hava kirliliği, toprak deniz serpintisi, uygun olmayan kimyasal temizlik malzemeleri, tuz içeren ek yapı malzemeleri arasındaki etkileşim olarak sıralanabilir (Öcal & Dal, 2012; Karakuş, 2012; Zakar, 2013; Vatan Kaptan, 2010; Kaçmaz, 2020).



Şekil 117.a) Büyük Han'da restorasyonu yapılmış bir duvarda tuzlanma (Lefkoşa)
b) Theodosius Zafer Takına ait mermer mimari eleman üzerinde şekerlenme (İstanbul) (Çetin, 2024).

Tablo 2. Taşa zarar verdiği bilinen tuzlar ve kaynakları (*Sülfür oksitlerinden ve sülfirik asitlerden kaynaklanan hava kirliliğidir.) (Zakar, 2013)Yeniden Düzenlenmiştir.

Tuzun Formülü	Tuzun Türü	Genel Kaynaklar
Na_2SO_4	Sodyum Sülfat	Deterjanlar; toprak, bazı pişmiş tuğlalar, işlenmiş katı yakıtlar; hava kirliliğinin* sodyum karbonat ile etkileşimiyle.
Na_2CO_3	Sodyum Karbonat/ Yıkama Sodası	Deterjanlar, temizlik malzemeleri, taze beton ve çimento esaslı harçlar
MgSO_4	Magnezyum Sülfat	Bazı pişmiş kil tuğlalar; hava kirliliğinden *etkilenmiş dolamitli kalker taşları üzerindeki yağmur yıkamaları
K_2CO_3	Potasyum Karbonat	Taze beton ve çimento esaslı harçlar; yakıt külü ve harç külü.
K_2SO_4	Potasyum Sülfat	Bazı tuğla türleri; potasyum karbonat ve hava kirliliğinin* etkileşimiyle.
NaCl	Sodyum Klorür/Genel Tuz	Deniz suyu, yol ve kaldırımlarda kullanılan buz eritici tuz, toprak
KCl	Potasyum Klorür	Toprak
CaSO_4	Kalsiyum Sülfat	Birçok pişmiş kil tuğlalarının türü; hava kirliliğinden* etkilenen kalker taşı ve dolamitli kalker taşı, yol plasterlerine döşenen alçı taşı
NaNO_3	Sodyum Nitrat/Şili Güherçilesi	Toprak, gübreler
KNO_3	Potasyum Nitrat/Güherçile	Toprak, gübreler, barut

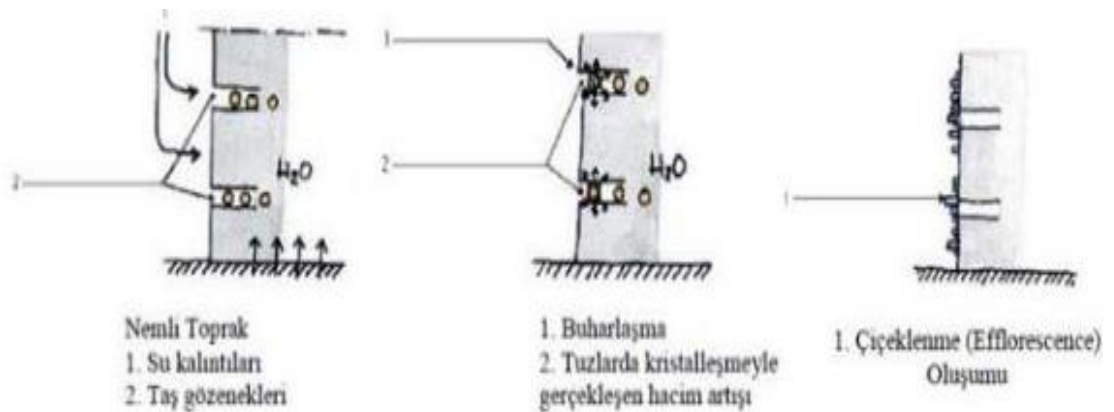
Taş malzeme yapısındaki gözenek ağı, bünyesinde çeşitli miktarlarda ve türlerde tuzların çözünebildiği su içermektedir. Bu su çatıdan ve cepheden şiddetli yağış ve yoğunlaşma ile veya zemin suyunun kapiler yükselmesiyle yapıya nüfuz etmektedir. Zemin suyu, malzeme içerisinde ilerlediği sırada çözdüğü tuzları, buharlaştığı noktaya kadar sürüklemekte, burada suyun buharlaşmasıyla tuzlar kristalleşerek birikmektedir. Ortam aniden ısınıp malzemede hızlıca kuruma meydana geldiğinde malzeme içindeki su yüzeye ulaşmadan buharlaşmaktadır. Bunun sonucunda tuzlar yüzeyin gerisinde birikmektedir ve duvar gözeneklerinde gerilmeler oluşması sonucunda büyük boyutlarda yüzey erozyonları oluşmaktadır. Taşın nemli olması durumunda ise yüzeye yapışan tozlar kirlenmelere ve birtakım yosunların birikmesine sebebiyet vermektedir. Gözenekler ve kılcal çatlaklarda

tuzlar kristallenirken oluşan basınçla birlikte taş üzerindeki gerilim artmakta ve taş yüzeyinde yavaş yavaş şekil 118'de gösterilen tozlaşma, kabuklaşma, kabarma şeklinde mineralojik, dokusal bozunmalar ve renk değişimleri meydana gelmektedir (zdemir A. , 2017; cal & Dal, 2012; Zakar, 2013).



şekil 118.a) Mustafapaşa M.Y. O.binasının temelinde ait tf taşlarda tozlaşma(Nevşehir), b)Selimiye Camii- St. Sophia Katedrali bir bloğun kimyasal bozunma sonucunda kabuklanması (Lefkoşa), c) Kale duvarında kristalleşme sonucunda oluşan kabarma (Ankara) (etin, 2024)

İlk başta mikroskobik düzeyde başlayıp hafif bir güç kaybına neden olan tuz kristallenmesi, ıslanma-kuruma döngülerinin belli bir seviyeye gelmesiyle yüzeyde pudralanma şeklinde görülmeye başlar. Pudralanma şeklinde taş tozu oluşmasının yanı sıra yüzeyde tuz kristallerini de gözlemlemek mümkündür. Tuzların meydana getirdiği bu etki, yüzeyde efflorescence, eklenme olarak görülebildiği gibi iç kısımda, suyun nüfuz edebildiği her yerde ise cryptoflorescence, kriptogizli) eklenme olarak görülebilmektedir. Taş yüzeyinde meydana gelen beyaz eklenmelerin, taşı parçalayan ve kırılmaya karşı hassas hale getiren nmeler oluşturabileceği de unutulmamalıdır (Zakar, 2013; cal & Dal, 2012; Mahrebel, 2006).



şekil 119. eklenme(Tuz Kristalleri oluşum evreleri) (Zakar, 2013).

○ Grafiti

Yapıların yüzeylerine spreyci, aerosol vb. işaretleyicilerle yapılan yazı veya çizimler “grafiti” adı altında bir bozunma türü olarak tanımlanmaktadır. Grafiti, aynı zamanda vandalizm sonucunda oluşan bir lekelenme olarak da tanımlanabilmektedir (Vatan Kaptan, 2010). Bu lekelenme türü, taş mirasının estetik değerini azaltmakla kalmayıp; taşın yüzey renginde ve pürüzlülüğünde meydana gelen değişikliklerle aşınma oranının artmasına sebep olmaktadır. Yağ, boya lekeleri vb. organik ve inorganik kökenli malzemeler, taş yüzeyinde ince bir film halinde griden siyaha doğru giden bir renk değişimi oluştururken taşın litolojisine bağlı olarak zamanla çürümeye de neden olabilmektedir (Öcal & Dal, 2012; Ünal, 2023).



Şekil 120. Taş heykeller ve duvar yüzeylerine yapılan grafitiler (ICOMOS-ISCS, 2008); İstanbul-Köprülü Medresesi tarihi yapı cephesine vandalizm (Vatan Kaptan, 2010).

○ Kirlenme

Kirlenme, taş yüzeyinin toz, kül ve is partikülleri gibi dış ortamdan gelen maddelere maruz kalmasından kaynaklı olarak meydana gelen bozunmadır. Dış cephedeki taş yüzeylerinde yüzeysel birikim, siyah tabaka ve leke gibi farklı etkenlerle sonradan oluşan kirlenmelere ek olarak Vandalizm ve grafiti kaynaklı kirlenmeler de görülebilmektedir. Aşağıda lekelenmeler ve lekelenmelere sebep olan maddeler sıralanmaktadır (Yurttaş, 2018).

Yağ/gres lekeleri: Çoğunlukla vandalizm ve kullanım kaynaklıdır. Yağ/gres lekelerinin görünümü genellikle, Taşa temas eden inorganik veya organik yağların, taş içine nüfus etmesi ve taşa temas ettiği bölgede bir siyahlık oluşması şeklinde görülür. Lekelenmenin çevresinde zamanla genişleme meydana gelir.

Boya maddeleri: Leke boyanın tipine ve kaynağına göre oluştuğundan herhangi bir renk olabilmektedir. Bu lekelenme türü genellikle temas ettiği alan civarında olmaktadır.

Organik lekeler: Organik lekeler, hayvan dışkısı, yapraklar, çiçekler gibi ayrışan organik maddelerle doğrudan temas durumunda ortaya çıkmaktadır. Bu lekeler genellikle kırmızımsı-kahverengi renkte olup, kaynağın ortadan kalkmasıyla kaybolmaktadırlar.

Metalik lekeler: Pas lekeleri ve bakır lekeleri olmak üzere iki türdür. Pas lekeleri demirin oksidasyonu sonucunda oluşup, renkleri kırmızımsı turuncudur. Bu lekelerinin kaynağı genellikle saklı ya da korunmuş olan yapısal veya bağlantı parçalarıdır. Metalik lekeler sonucunda, taşta renk bozulması veya taşın yüzeyinde pas birikimi gözlemlenmektedir. Bakır lekeleri ise taş üzerinde çözünmüş bakır tuzlarının birikmesi ve daha sonra oksitlenmesiyle ortaya çıkmaktadır. Bu lekelerin rengi, açık yeşil ile koyu kahve arasında değişkenlik göstermektedir (Ünal, 2023; Öcal & Dal, 2012).



Şekil 121.Yağ lekeleri/ Organik lekeler/ Metalik lekeler (Öcal & Dal, 2012).

○ Kabuk Altı Çiçeklenmesi

Duvarın gözenekleri içinde görünmez olarak ortaya çıkan alt çiçeklenme (kristalizasyon), taş yüzeyinin hemen altında tuz birikmesiyle oluşmaktadır ve çiçeklenme mekanizması ile aynı şekilde gerçekleşmektedir. Taş yüzeyine doğru hareket eden tuzlar, yüzeye ulaşamadıklarında kir ve isle yoğunlaşarak sertleşmiş yüzey kabuğu altında kristalleşme göstermektedirler. Bu sebeple, zamanla yüzeydeki kabuğun taşla olan bağları zayıflamaktadır ve parçalanarak dökülmektedir. Alt çiçeklenme, aynı zamanda duvar içinde çatlaklara veya basınca neden olmaktadır. Bu basıncın büyüklüğü, tuzun cinsine, gözeneklerin düzeni ve boyutuna bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Ünal, 2023; Öcal & Dal, 2012; Karakuş, 2012).



Şekil 122.Kabuk altı çiçeklenmesi-Kumtaşı

2.6.1.3. Malzeme Kaybı

ICOMOS; taş malzeme kaybını yüzeyden bazı etkenler sonucunda materyal ayrılması veya malzemenin tamamen yok olması olarak tanımlamaktadır. Bu durum taşların orijinal görünümlerinden uzaklaşmasına, bölgesel olarak deformasyonlara ve taş bünyesinde morfolojik değişimler meydana getirmektedir (ICOMOS-ISCS, 2008). Malzeme kaybı genellikle yüzey altında oluşan etkilerin bir sonucu olarak; aşınma, ufalanma, yapraklanma gibi kırılma, dökülme vb. mekanik etkiler sonucunda meydana gelmektedir. Bu durum taş boyutu, şekli ve görünümünde değişime neden olarak malzemenin estetik ve yapısal işlevinde azalmalara sebebiyet vermektedir. Malzeme kaybı ve parça kopmasına neden olan etkenler: Tuz ve suların atmosferdeki ısı farklılıkları etkisiyle buharlaşma ya da donma süreçlerinde hacim genişlemesi ile meydana gelen tahribat, ankraj metallerin korozyona uğrayarak hacimlerinin genişlemesi, müdahalede özgün malzeme ile uyumlu olmayan malzemelerinin kullanımı, taş yüzeyinde asit yağmurlarının oluşturduğu erimeler vb. olarak sıralanabilir (Ünal, 2023; Yıldırım, 2023). Materyal kaybı bozulma türlerinin bazı çeşitleri aşağıda sıralanmıştır.

- Alveolar ayrışma

Arı peteği, alveolar bozulma ve alveolar aşınma olarak da bilinen bozulma türü değişken boyutlarda ve şekilde taş yüzeylerinde birbirine bağlı şekilde oluşmuş boşluk, oyuklanma ve çukurlaşma biçimindeki deformasyonlardır (Şener, 2020) .



Şekil 123. Alveolar ayrışma (Ünal, 2023).

- Erozyon

İklimsel olaylar ve beşeri faktörlerin etkisiyle taşların kabartma veya desen olan bölgelerinde, yumuşak hatların homojen olarak aşınmasıdır. Taşların yapısına göre erozyonlar taş yüzeylerinde farklı şekilde meydana gelmektedir (Öcal & Dal, 2012; Karakuş, 2012; Şener, 2020).



Şekil 124. Solda taşlarda görülen diferansiyel erozyon (Ünal, 2023);Sağda Afyon Boyalıköy Medresesi (Yurttaş, 2018).

- Mekanik Hasar

Taş malzemede fiziksel bir etki sonucu oluşan hasar türüdür. Taş yüzeylerinde çizme, kazıma, kesme ve şok darbeler şeklinde olan bu bozulma türünde daha çok beşeri faktörler etkilidir (Şener, 2020; Öcal & Dal, 2012).



Şekil 125. Taş sütunlarda görülen mekanik hasarlar (Ünal, 2023)

- Kırılma

Taş yüzeylerin atmosferik hava kirleticilerine maruz kalmış olmasından veya taşın kendi yapısından kaynaklı olarak meydana gelmektedir. Karbonatlı taşlarda yaygın bir şekilde görülmektedir (Şener, 2020).

- Tozuma

Karınçalanma olarak da bilinen bu bozunmada korozyonun etkisi oldukça fazladır. Daha çok killi kireç taşlarında, taşın pudra halinde ele yapışması şeklinde görülmektedir (Şener, 2020).

- Parça kaybı

Taş bir esere ait çeşitli eklenti, kabartma ve motiflerin farklı sebeplerle orijinal yüzeyden eksilmesidir. (Şener, 2020).



Şekil 126. Solda parça kaybının olduğu bir heykel (ICOMOS-ISCS, 2008); Sağda Kırşehir Cacabey Medresesi'nde görülen parça kaybı (Yurttaş, 2018)

2.6.1.4. Çatlak Oluşumu ve Deformasyon

Taşların yapısında eksilme olmadan deprem, zemin oturması, ısı genleşmesi gibi etkenler neticesinde, taşların niteliklerini kaybetmesiyle bünyesinde meydana gelen değişimlerin tamamı çatlakları oluşturmaktadır. Çatlaklar çıplak gözle gözlenebilen, taşların mekanik dayanımını azaltan ve en fazla birkaç mm derinliğe sahip kısmi ayrılımlardır. Taşlarda bozulma sonucu görülen çatlaklar, “taşın jeolojik yapısına bağlı çatlaklar” ve “taşın yapısından bağımsız çatlaklar” olarak sınıflandırılabilir (ICOMOS-ISCS, 2008; Öcal & Dal, 2012; Mahrebel, 2006; Karakuş, 2012).

Çatlaklar yalnızca yapı taşlarının bütünlüğünü bozmakla kalmayıp; nemi ileterek yapının nemli kalmasıyla donma-çözünme döngüleri, renk değişimleri, biyolojik bozulmalar, parçalar halinde ayrılımlar ve tuz kristalleşmesi döngülerine zemin hazırlamaktadır. Yapılan hatalı onarım uygulamaları ve zemin özelliklerindeki değişimler nedeniyle yapıda meydana gelen oturma ve deprem sırasında etkiyen yanal yükler de çatlak oluşumuna neden olan bir başka sebeptir. Kullanılan çimento, bünyesinde tuz bulunduran harçlar, vb. onarım malzemelerinin orijinal malzemeye uyumsuzluğu yapıda tuz sorunlarına yol açmaktadır (Vatan Kaptan, 2010; Karakuş, 2012; Yurttaş, 2018). Tuz problemleri ise çatlak ve kabuk oluşumlarına neden olan temel etkenlerden biridir. Bu sebeple kullanılan onarım malzemeleri öncesinde iyi analiz edilmeli ve orijinal malzemeye uyumlu olmalıdır (Ünal, 2023). Başlıca çatlak türleri aşağıda listelenmiştir.



Şekil 127. Solda Konya İnce Minareli Medrese, Sağda Bursa İznik Surları Çatlakları (Yurttaş, 2018).

- Kırık (Fracture)

Taş parçalarının düşmeden birbirinden ayrılması şeklinde boydan boya çatlaklardan oluşan kırıklardır.

- Yıldız Şeklinde Kırık (Star Crack)

Taşların fiziksel bir darbe alması sonucunda meydana gelen çatlaklardır.

- Kılcal Çatlak (Hair Crack)

Ölçüleri 0,1 mm olan çatlaklardır.

- Çatlaklar Ağı (Fissuring)

Kısa formdaki çatlakların birbirine bağlı olarak ağ şeklinde oluşumuyla meydana gelmektedir.

- Yarık (Splitting)

Taşlarda meydana gelen çatlakların ileri aşamalarında görülen, geniş aralıklardaki büyük çatlaklardır.



Şekil 128. Kırık/Yıldız şeklinde kırık/Kılcal çatlak/Çatlaklar Ağı/Yarık (ICOMOS-ISCs, 2008; Öcal & Dal, 2012).

○ Deformasyon

Taş malzemede, özellikle mermerlerde, iç bükey ya da dış bükey olarak bükülme veya şekil değişikliği şeklindeki bozulma türleri olarak gözlemlenmektedir (Şener, 2020; Öcal & Dal, 2012).



Şekil 129. Daha çok mermerlerde görülen deformasyon ve bükülmeye örnekler (ICOMOS-ISCS, 2008).

2.6.1.5. 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. Taş yüzeyinde parçalar halinde ayrılmalara sebep olan etkenler; ısının sık sık ve hızlı bir şekilde değişmesi ve su veya nemin yoğun bulunduğu yerlerde ıslanma- kuruma döngülerinin tekrar etmesiyle gerçekleşen çözünmelerdir. Ek olarak taş ile uyum sağlamayan malzeme kullanımı taşın yüzeyinde meydana gelen çatlak ve parçalanma sürecini hızlandırmaktadır. Bu bozulma türünde alt başlıklar yüzeyden ayrılan parçanın derinliğine göre farklılık göstermektedir. Bozulmalar, süreksiz ya da yapı taşı boyunca sürekli olarak bir veya birden fazla katmanda farklı şekillerde meydana gelebilmektedir (Ünal, 2023; ICOMOS-ISCS, 2008; Öcal & Dal, 2012; Karakuş, 2012; Yıldırım, 2023).



Şekil 130. Sivas- Ulu Camii Parça Kopması (Yıldırım, 2023).

- Kabarma

Tuzların çözünme ve kristalleşme döngüsünün sebep olduğu ayrılmadan kaynaklı, taş yüzeyinin altı ile arasına hava dolması sonucu oluşan yarım küre şeklindeki yükseklikler olarak tanımlanmaktadır (ICOMOS-ISCS, 2008; Öcal & Dal, 2012).



Şekil 131. Taş yüzeyinde meydana gelen kabarma (Öcal & Dal, 2012).

- Patlama

Taşın iç basıncından kaynaklı olarak taş yüzeyinin belirli bölgelerinde görülen biçimsiz bir şekilde taştan parça ayrılması olarak tanımlanmaktadır. Bu bozulma türü doğal olarak taşların yapısında bulunan ya da sonra dâhil olan tuz, kil gibi bazı mineraller hacminin artmasıyla meydana gelmektedir. Ek olarak kullanılan metalik takviye elemanlarının korozyonu da patlamaya neden olan bir başka sebeptir. Taşlarda meydana gelen patlamaların, mekanik yöntemlerle gerçekleşen kırılmalarla karıştırılmamasına dikkat edilmelidir (Öcal & Dal, 2012; Şener, 2020).



Şekil 132. Metal kenetin korozyonu sonucu oluşan patlama (Öcal & Dal, 2012).

- Tabakalaşma

Sıcaklık, nem ve tuz kristallenmesi gibi taşların ayrışmasına etki eden kimyasal reaksiyonlar sonucunda taş yüzeyinin paralel levhalar halinde veya ince katlar soyulmasıdır. Boyutları mm'den cm'ye kadar değişiklik göstermekte ve nemin yoğun olduğu bölgelerde

daha çok meydana gelmektedir. Pullanma; levhalar halinde ayrılma ve delaminasyon gibi ayrılmaya dayalı bozulmaların ilk aşamasını oluşturmaktadır ve taş yüzeyinde ince balık pullarının ayrılması olarak kendini göstermektedir. Bozulma sürecinin ilerleyen aşamalarında tabakaların taş yüzeye olan bağının zayıflaması dökülmeleri başlatmaktadır (Şener, 2020; Öcal & Dal, 2012; Ünal, 2023; Karakuş, 2012).



Şekil 133. Taş yüzeyinde tabakalaşma (Tayşi, 2021).

○ Dağılma

Boyutları mm'den cm'ye değişkenlik gösteren taşların yüzeyinden parçalanma yoluyla, düzensiz parçacıklar şeklinde materyal kaybetmesi olarak tanımlanmaktadır. Granüler çözünme tozlanma, ufalanma ve kumlanma şeklinde gelişen, genellikle taştan çok küçük parça ayrılması olarak kendini göstermektedir ve taş yüzeyine hafifçe dokunulmasıyla kolayca fark edilebilmektedir (Şener, 2020; Öcal & Dal, 2012).

Ufalanma yoğun neme bağlı çiçeklenme sonucu meydana gelen, taşta taneleri bağlayan bağlayıcı maddenin ayrışıp çözünerek, su ve rüzgâr aracılığıyla taşınması sonucu oluşmaktadır. Kumlanma ise toz veya is gibi atmosferik kirlenmeler nedeniyle taş yüzeylerinde griden koyu siyaha kadar renk değişimi görülen, kalınlıkları yaklaşık 1 milimetre olan bozulma türüdür. Genelde doğal taşın dış mekâna bakan yüzeyinde taş köşelerinin yuvarlaklaşması şeklinde meydana gelmektedir. Tozuma ise taşın bazı kimyasal reaksiyonlara uğradıktan sonra ortam şartlarına uyum sağlayamadığı için granüler bağlayıcılarını yitirerek yüzeyden ayrılmasıdır. Zamanla taş renginde değişim gözlemlemek mümkündür. Taş yapısına bağlı gelişen bu bozulmada taş yüzeyine dokunulduğunda pudra halinde ele yapışma gözlemlenmektedir (Ünal, 2023; Karakuş, 2012).



Şekil 134. Sırçalı Medrese taş kapısında meydana gelen dağılmalar (Ünal, 2023).

2.6.1.6. Biyolojik Bozunmalar

Taş yüzeyinde bakteri, yosun, mantar, alg ve liken gibi mikrofloralar ile ağaç, ot ve çalı gibi bitkilerin gelişmesi biyolojik yerleşim veya biyolojik gelişme olarak adlandırılmaktadır. Ek olarak yapı malzemelerinin gözeneklerinde ve çatlaklarında yer edinen bazı böcek ve hayvan türlerinin taş yüzeyinde neden oldukları bozulmalar da biyolojik bozunma başlığı altında ele alınmaktadır. Yapı malzemeleri üzerinde meydana gelen biyolojik bozulmalarda çevresel koşulların etkisi, malzemenin patinaya elverişli yüzey özellikleri, kimyasal yapısı ve gözenekliliğinin etkisi büyüktür. Mevsimlerin geçmesiyle nemli ve kuru hallerin birbirini takip etmesi sonucu malzeme bünyesinde ufalanmalar ve parça kopmaları gibi deformasyonlar görülmektedir. Bu döngünün devamlılığı taş yüzeyini biyolojik kolonizasyon için daha elverişli bir ortam haline dönüştürmektedir. Biyolojik kolonizasyonların taş yüzeyini beslenme alanı olarak değerlendirmesi taşta kimyasal reaksiyonlar yol açmaktadır ve hasarlar meydana getirmektedir. Malzemeye en çok gelişimlerinin başlangıç periyodunda zarar veren bu bozulma türü, malzemeler üzerinde hem çürütücü etkiyle taşların içyapısına hem de görünümüne estetik açıdan zarar vermektedir. İlerleyen zamanlarda pul pul dökülme, kabuk oluşumu ve renk değişimi gibi tahribatları da beraberinde getirmektedir. Bozulmalar temele, çatı veya duvar yüzeyine, duvar gibi yapı bileşenlerine ve derzlere zarar vererek süreci hızlandırmaktadır (Ünal, 2023; Erdem, 2016; Öcal & Dal, 2012; Karakuş, 2012; Kaçmaz, 2020).

○ Algler

Algler (su yosunları), kök ve yaprakları olmayan mikroskobik bitkiler olup açık havada ya da kapalı alanlarda hem su hem de ışığın olduğu yerlerde kolonileşebilmektedirler. Algler kolonileştikleri yüzeylerde çatlaklar vasıtasıyla taşın derinliklerine ulaşarak taşı çatlatabilmektedirler. Aynı zamanda renk değişimine de neden olmaktadır (Ünal, 2023; Erdem, 2016; Karakuş, 2012).



Şekil 135. Taş yüzeyinde oluşan algler (ICOMOS-ISCS, 2008).

○ Yosun

Yosunlar sarımsı-yeşil renkli, rutubetli ortamlara yerleşen biyolojik bozulmalar olarak karşımıza çıkmaktadır. Köklerinden salgıladıkları asit; taş malzemedeki gözeneklilik ve çatlaklık nedeniyle taşların yavaş bir şekilde çözünmesini neden olmaktadır. Eğer neme müdahale edilmez veya nem ortadan kaldırılmaz ise taşlardaki çözünme devam etmektedir. Yosunlar aynı zamanda tarihi yapılarda yer alan taşlar üzerinde görsel kirliliğe ve renk değişimine sebebiyet vermektedir (Erdem, 2016; Karakuş, 2012; Ünal, 2023).



Şekil 136. Yosun oluşumu (ICOMOS-ISCS, 2008).

○ Liken

Açık havada, nemli bölgelerde, anıtlar ve yapıların dış yüzeylerinde sıklıkla görülen likenler; taş yüzeyinde milimetreden santimetreye kadar farklı boyutlarda koloniler oluşturarak yüzeyin tamamını örtebilme özelliğine sahiptir. Sarı, siyah, gri, turuncu veya yeşil renkleriyle ayırt edilebilirlikleri kolay olmaktadır. Likenler ürettikleri bileşiklerle yüzeyinde yer aldığı taşların renk değişimine sebep olurlar ve ayrıştırırlar. Bu süreç taşları parçalama ile devam etmektedir ve parçalanma süreci hızlandıkça, genişleyen yüzeyle birlikte taşlarda ayrışma hız kazanmaktadır (Vatan Kaptan, 2010; Erdem, 2016; Ünal, 2023).



Şekil 137.Farklı taş türlerinde liken oluşumu (ICOMOS-ISCS, 2008).

○ Mantar

“Fungi” adıyla da bilinen gövdeleri, kökleri ve yapakları olmayan fakat bitki kabul edilen ve çok fazla türleri bulunan canlılar mantar olarak adlandırılır. Çok kolay ve hızlı çoğalan mantarlar uygun yaşam ortamı bulunca yapı elemanı yüzeyine tutunarak taşın birkaç santimetre içine kadar ulaşabilirler ve çoğunlukla fiziksel ya da kimyasal olaylar sonucunda gelişen renk farklılaşmasına neden olmaktadır. Renk farklılaşması çıplak gözle de fark edilebilen beyaz, gri ve siyah renkte, pudra yapısında bir leke şeklindedir. Tarihi yapıların yüzeylerinde görülen bu renk değişimi ve tabakalaşma taş malzemedeki bozulmaları desteklediği ve hızlandırdığı unutulmamalıdır (Ünal, 2023; Erdem, 2016; Öcal & Dal, 2012; Vatan Kaptan, 2010).



Şekil 138. Taş malzemedede gözlemlenen mantarlar, Solda Konya Alâeddin Cami (Ünal, 2023); Sağda Val de Loire, Fransa (Vatan Kaptan, 2010).

○ Bitki

Yapı malzemelerinde zamanla gelişen boşluk ve çatlaklarda biriken organik madde miktarının artmasıyla bitki oluşumu meydana gelmektedir (Ahunbay, Tarihi Çevre Koruma ve Restorasyon, 2017). Uygun iklimsel ortamlarda ve organik maddeler üzerinde kolaylıkla gelişen bitkiler, biyolojik bozunma açısından en yıkıcı etkiye sahiptir. Çünkü taşın çatlakları ve gözenekleri içerisine uzayan kökler sürekli nemli olmaları sebebiyle malzemeyi nemli tutmaktadır bu da kimyasal ve fiziksel bozulmalara beraberinde getirmektedir. Aynı zamanda hayatta kalmak ve büyümek için köklerini çatlak, boşluk ve kırıklara doğru uzatmaktan kökler; hem yer edinebilmek için uyguladıkları fiziksel kuvvet ile mekanik strese hem de taşıdıkları nem ile kimyasal ve fiziksel bozulmaların gelişimine neden olabilirler. Buna ek olarak mimarideki boşluklarda yer edinmiş bitkilerin ölmeleri de içerdikleri suyun kaybıyla hacim küçülmesine neden olarak, taşıyıcı elemanlardaki yük dağılımını ani bir şekilde değişikliğe uğramasına sebep olmaktadır. Bu tür etkiler tarihi yapıda fiziksel bütünlüğü tehlikeye sokmaktadır (Ünal, 2023; Erdem, 2016; Öcal & Dal, 2012; Yurttaş, 2018).



Şekil 139. Taş yüzeyinde bitkilenme Kamboçya, Angkor, Chao Sey (ICOMOS-ISCs, 2008); Bitlis Şerefiye Cami (Öcal & Dal, 2012).



Şekil 140. Solda Tokat Niksar Yağıbasan Medresesi Sağda Afyon Boyalıköy Medresesi, bitkilenme (Yurttaş, 2018)

2.6.2. Taş Malzemede Kullanılan Analiz Yöntemleri

Taş malzemeler önceki bölümlerde bahsedildiği gibi oluşum koşullarına ve kökenlerine göre üç farklı grupta ele alınmaktadır. Bu farklı türdeki kayaların özellikleri de farklılık gösterdiğinden taş malzeme üzerinde meydana gelen deformasyonları sebeplerini araştırmak ya da ortadan kaldırmak için malzemeyi tanımak oldukça önemlidir. Çünkü yalnızca taş malzemenin litolojik özellikleri (renk, doku, tane boyutu ve bileşimi gibi fiziksel özellikleri) ve bunlara bağlı deformasyon sebepleri bilindiğinde uygun restorasyon yöntemi belirlenebilir. Bunun için taşlara müdahale etmeden önce kimyasal, fizikomekanik ve mineralojik analizler yapılarak özelliklerinin belirlenmesi, müdahaleye karşı taş yüzeyinde meydana gelen değişimin saptanması gerekmektedir (Zakar, 2013).

Tablo 3. Taş Malzeme Analizleri (Yazar tarafından yeniden düzenlenmiştir.)
(KUDEB, 2009-2011)

Analiz Yöntemi	Amaç	Analizler ve Testler
KİMYASAL	Taş yüzeyinde bulunan ve hasara neden olan tuzların ve kirliliklerin belirlenmesi, belirlenen etkenlere göre temizlik ve koruma yönteminin belirlenmesi	▪ Temas Açısı Ölçüm Testi ▪ Yapay Yaşlandırma Testi ▪ Biyokolonizasyon, ▪ Biyolojik Olarak Parçalanabilirlik/ ▪ Çıkarılabilirlik Testi ▪ Renk Analizi ▪ Tuz Analizi ▪ Elek Analizi ▪ İletkenlik-pH Analizi ▪ Kızdırma kaybı Analizi ▪ Termogravimetrik Analiz
FİZİKOMEKANİK	Örneklerin; ▪ Fiziksel özelliklerinin belirlenmesi ○ Gözeneklilik ○ Su emme, ○ Yoğunluk ▪ Mekanik özelliklerinin belirlenmesi ○ Basınç, ○ Çekme, ○ Eğilme dayanımı	▪ Yüzey Nem Ölçüm Testi ▪ Kızılötesi Termografi Testi ▪ Schmidt Çekici Sertlik Testi ▪ P-dalga Hızı Testi ▪ Taşınabilir Mikroskop Testi ▪ Ultrasonik Hız Ölçümleri ▪ Gözeneklilik Analizi ▪ Su emme Analizi-Kılcallık Analizi ▪ Eğilme Dayanımı Analizi ▪ Georadar ▪ Endoskopik Yöntem ▪ Yerinde Kayma Deneyi ▪ Yerinde Basınç Gerilmesinin Belirlenmesi ▪ Su Buharı Difüzyon Testi ▪ Yoğunluk Analizi ▪ Basınç Analizi ▪ Çekme Analizi
MİKROSKOPİK	▪ Taşın cinsinin ve ayrışma durumunun belirlenmesi ▪ Yüzey morfolojisinin belirlenmesi ▪ Yüzeydeki bitki, bakteri ve mantarların tespiti yapılarak yapılacak müdahalenin ve alınacak önlemlerin belirlenmesi	▪ SEM-EDX Analizi ▪ XRF Analizi ▪ XRD Analizi ▪ FTIR(Kızılötesi Spektrofobisi) Analizi ▪ İnce Kesit Analizi ▪ Kalın Kesit Analizi ▪ Petnografik Analiz

Yapılan araştırmada taş malzeme yüzeyinde meydana gelen deformasyonlar analiz etmek ve geri döndürülebilir müdahale yöntemini değerlendirmek, koruyucuların etkinliği ve uyumluluğunu ortaya koymak amacıyla en çok kullanılan kimyasal analiz yöntemleri

arasında: Taş yüzeyine uygulanan maddenin meydana getirdiği değişimi görmek için yapılan Renk Değişim Analizi, hidroforik kaplama malzemelerinin işe yararlığını ölçen Temas Açısı Ölçümü Testi, özellikle biyopolimer yüzey kaplama malzemelerine uygulanan Biyolojik Olarak Parçalanabilirlik Testi, taş yüzeyine uygulanan malzemenin mantar, liken, yosun gibi biyolojik bozunmalara karşı ne derece işe yaradığını gösteren Biyokolonizasyon Testi, malzemenin yüzeyde herhangi bir deformasyona sebebiyet vermeden ayrılabilirliğini ortaya koyan Çıkarılabilirlik Testi ve son olarak malzemede zamanla meydana gelecek olan değişikliklerin görülebilmesi için çok uzun süre beklenilmesinin önüne geçerek kısa sürede değişiklikleri saptamaya yarayan Yapay Yaşlandırma Testi yer almaktadır (KUDEB, 2009-2011).

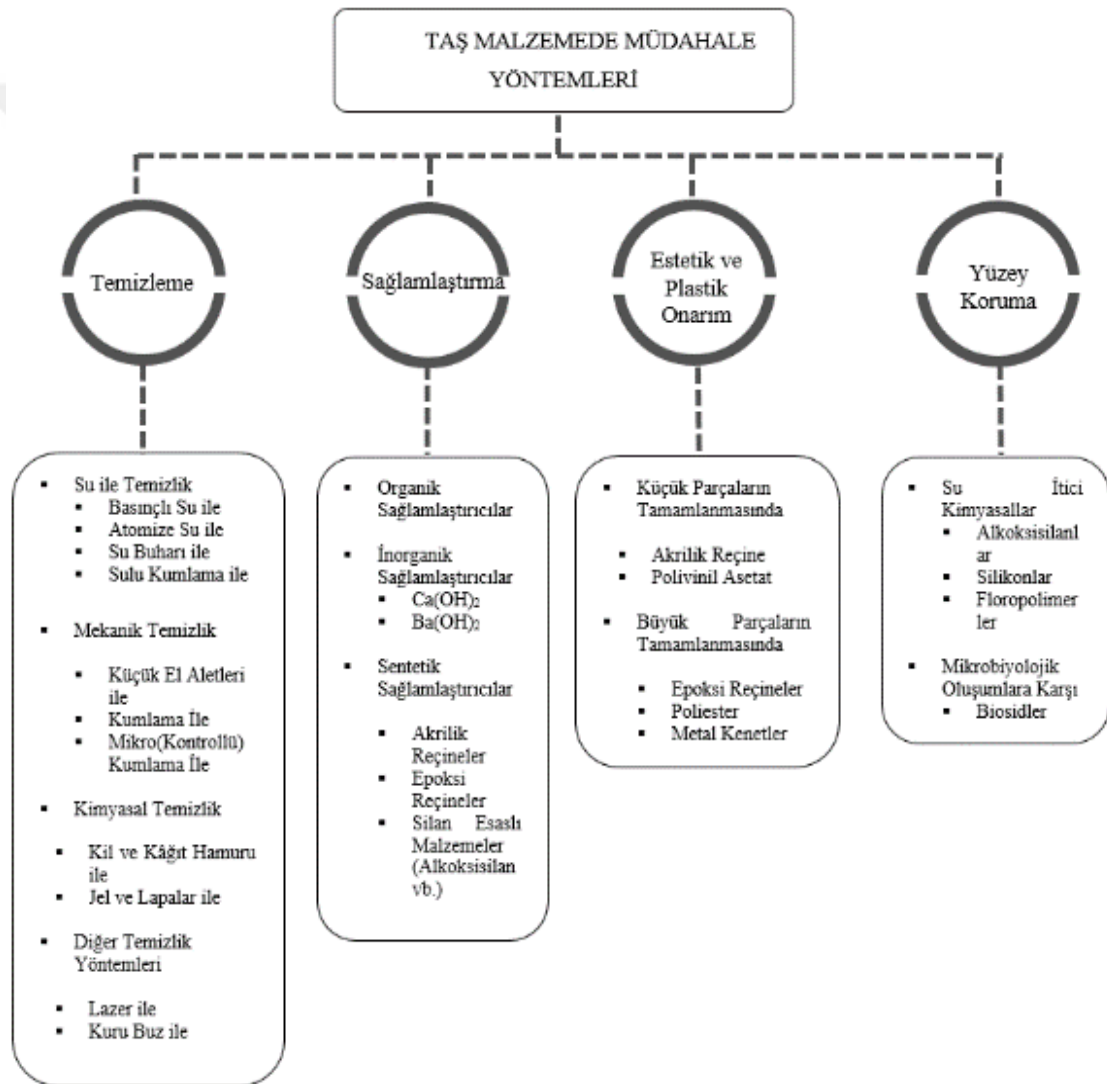
Taş yüzeyinde meydana gelen değişikliklerin Fizikomekanik analizinde kullanılan yöntemler arasında taşın litolojik özelliklerinden kaynaklanan ve uygulanan müdahalenin sebep olabileceği durumları saptayabilmek için Gözeneklilik Analizi, Su Emme Analizi-Kılcallık Analizi, Su Buharı difüzyonu Testi yer almaktadır. Taş yüzeyinin morfolojisinin belirleyen mikroskopik analiz yöntemlerine bakıldığında ise taşlardaki erimiş tuz ve kil minerallerinin kimlik belirlenmesinde XRD, Kayaç içerisinde bulunan kristallerin kimliğinin belirlenmesi, elementlerin çeşidi, elementlerin içeriği ve sayısal özelliklerinin tespiti için uygulanan XRF, kayaçları oluşturan bileşenlerin dağılımının ve mikro yapısının tespit edilmesini sağlayan SEM-EDX, moleküler bağların karakterizasyonu; Katı, sıvı, gaz veya çözelti halindeki bir organik bileşiğin yapısındaki fonksiyonel gruplar, iki bileşiğin aynı olup olmadığı, bağların yapıdaki durumları ve bağlanma konumları belirleyen FTIR analizleri müdahale öncesi ve sonrasında yüzeyde meydana gelen değişikliklerin tespiti için kullanılmaktadır (KUDEB, 2009-2011; Kolaylı, 2023; Yıldız, 2012).

2.6.3. Taş Malzemede Müdahale Yöntemleri

Birçok onarım çalışmasında; taşın özgün niteliklerinin yeterli seviyede bilinmemesi, bozulma türlerinin tespitinin doğru yapılmaması, tespit yapılsa bile bozulma faktörlerinin tam olarak belirlenememesi, bozulma türlerine uygun koruma ve onarım uygulamalarının yapılmaması ve malzeme seçiminde yapılan hatalarla sıkça karşılaşılmaktadır. Bu durumları ortadan kaldırmak için taş korumada; uygulanacak müdahale yöntemlerine karar vermeden önce taş cinsleri, bozulma çeşitleri ve bozulma derinliklerini belirleyen bir dizi deney ve araştırma yapılması gerekmektedir. Çünkü taş malzemede her bozulma türüne yapılacak

onarım yöntemi ve bu yöntemlerin uygulama koşulları farklılık göstermektedir. Taş malzemede teşhisin yapılmasının ardından müdahalelerin doğru uygulanması için izlenmesi gereken bazı aşamalar vardır. Bunlar taşın yapısına ve gösterdiği bozulmaya uygun bir teknikle temizlemenin ardından temizlenen yüzeylerde sırasıyla, sağlamlaştırma, onarım ve yüzey koruma uygulamalarının yapılmasıdır (Zakar, 2013; Ünal, 2023; Yıldırım, 2023).

Taş eserlerde yapılan müdahaleler Şekil 141'deki gibi temizleme, sağlamlaştırma, yüzey koruyucuların kullanılması, kopan parçaların yapıştırılması ile estetik ve plastik onarımların uygulamaları olarak sınıflandırılmaktadır (Ersen, 2013).



Şekil 141.Taş Malzemede Müdahale Yöntemleri

2.6.3.1. Taş Malzemedeki Temizleme

Temizlik, atmosferik etkilere maruz kalan tarihi taş yapılarda koruma sürecinin önemli bir adımını oluşturmaktadır. Aynı zamanda yapılara uygulanan koruma yöntemlerinin genel başarısı, büyük ölçüde uygulanan temizlik işleminin doğruluğuna ve estetik kalitesine bağlıdır. Çünkü temizleme işlemi, sağlamlaştırma ve yüzey koruyucuları gibi diğer koruma uygulamalarına zemin hazırlamaktadır (Fassina, 1994; Şener, 2020) . Tarihi taş yapılara uygulanan temizlik çalışmalarının asıl amacı yapının estetik ve tarihsel değerini gözeterek konservasyon ve restorasyon ilkeleri ışığında, yapının bozulmasına etki eden kir kaynaklarını çeşitli yöntemlerle engellemek, durdurmak veya azaltmaya çalışmaktır (Yurttaş, 2018). Fakat yapılan temizlik çalışması yapının patinasına zarar vermeden yapılmalı; yapıyı inşa edildiği ilk günkü haline getirmek gibi bir çaba içerisine girmemelidir. Temizleme çalışmalarına başlamadan önce yapıya hasar vermemek adına temizlik yöntemine karar vermek ve sınırlarını belirlemek büyük önem taşımaktadır. Çünkü tarihi taş yapılara uygulanan temizlik yöntemleri dikkat, özen ve yetkinlikle yapılmadığında tehlikeli ve geri döndürülemez bir sürecin başlangıcı olabilmektedir (Fassina, 1994; Şener, 2020; Ünal, 2023; Kaçmaz, 2020) .

Bu yüzden temizlik yöntemi seçiminde; yapının malzemesi, görünümü, tarihi dokusu, mevcut durumu ve koşulları dikkate alınarak yapı açısından risk oluşturmayacak yöntemler tercih edilmelidir. Temizleme işlemlerinde birden fazla yöntemin bir arada kullanılabileceği de unutulmamalıdır. En uygun temizlik yöntemin seçilmesinde dikkate alınması gereken bazı hususlar vardır. Bunlar; taşın kimyasal, mineralojik, fiziksel özelliklerini, yapıya zarar veren etkenlerin niteliği ve niceliği bilmek, yöntemlerin avantaj ve dezavantajlarını göz önünde bulundurmamak, geri döndürülebilir müdahale yöntemini seçmek ve yüzeyde bütüncül estetik dengeyi koruyarak, orijinal taş yüzeyinin minimum zarar, maksimum koruma ile temizlemesini sağlamaktır (Fassina, 1994; Şener, 2020; Mahrebel, 2006; Kaçmaz, 2020) .

○ Su ile Temizlik Yöntemleri

Su ile temizleme temel temizlik yöntemlerinden biri olmasına rağmen taş yüzeyine fazla miktarda su verilmesi, suyun taş bünyesinde derinliklere ulaşmasını kolaylaştırdığı için tehlike arz etmekte ve geri döndürülmesi mümkün olmayan sonuçlar ortaya çıkartabilmektedir. Bu durumun önüne geçmek için uygulamanın uzman kişiler tarafından kontrollü bir şekilde yapılması gerekmektedir. Su ile temizlemede taşın sağlam olması

gereklidir aksi halde suyun basıncına bağlı olarak uygulanan bu yöntem çatlaklar, donatılarda korozyon, parça kopmaları, yüzey kayıpları gibi bozulmaları beraberinde getirmektedir. Ayrıca temizleme müdahalesinin yapılacağı sıcaklık da önemlidir. Çünkü soğuk hava koşullarında yapılan temizlik çalışmalarında taş gözeneklerine dolan suyun donma-çözülme döngüsü, taşların bozulma sürecini hızlandırmaktadır. Su ile yapılan temizlik yöntemleri tüm bu olumsuzluklara ek olarak suda çözünebilir tuzların hareketlenmesi, su sızmaları, suyun tabanda birikmesi drenaj problemi ve metal donatıları olan yapılarda korozyon oluşumunu tetiklemektedir (Mark & Grimmer, 2000).

Kontrolü oldukça zor olan bu yöntemin temel prensibi; depozit olmuş kir katmanlarını, su ile yumuşatıp aşındırarak parçacıklar halinde yüzeyden uzaklaştırmaktır. Bu uygulamada işlem yapılacak kirli bölgelere, sistemli aralıklarla yukarıdan aşağıya doğru yıkama şeklinde temizlik yapılmaktadır. Ardından depozit durumdaki kir tabakasının su ve çeşitli yumuşak fırçalar yardımı ile kontrollü bir şekilde ovalanarak yüzeyden uzaklaştırılması sağlanmaktadır (Ünal, 2023; Şener, 2020; Yurttaş, 2018). Su ile temizleme yöntemleri basınçlı su ile temizlik, atomize su ile temizlik, su buharı ile temizlik ve sulu kumlama ile yapılan temizlik yöntemleri şeklinde 4 gruba ayrılmaktadır.

- Basınçlı Su ile Temizlik

Tarihi eser niteliği taşımayan az gözenekli ve düşük su emme özelliğine sahip taş yapılara uygulanabilen basınçlı su ile temizlik, kir tabakasının kompresör yardımı ile belli basınç aralıklarında su ile aşındırılması prensibine dayanmaktadır. Bu yöntemde suyun basıncı, hacmi, akışı, suyun çıktığı nozulun niteliği, uygulama yapılan yüzey ile mesafesi ve hava koşulları gibi faktörler önemlidir (Fassina, 1994; Şener, 2020).



Şekil 142.Basınçlı su ile temizlik (Zakar, 2013; Kaçmaz, 2020)

- Atomize Su ile Temizlik

Taş yüzeyindeki aşındırıcı etkisi az olan atomize su ile temizlik, kirli yüzeylerin temizlenmesinde oldukça etkilidir. Uygulamada düzenek, temizlik yapılacak kirli yüzeye en az 50 cm mesafede yağmurlama yapacak şekilde yerleştirilmektedir. Bu yöntemin farkı suyun, kirli yüzeylere atomize (zerrecikler) olarak düşük basınçta yağmurlama şeklinde püskürtülmesidir. Uygulama kirli yüzeye direk temas eden; çatlak, kopma ve ayrılma gözlemlenen taşlarda risk ve geri döndürülemez sonuçlar oluşturabilmektedir. Bu uygulamanın gerçekleşmesi için çok fazla zaman ve su kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır bunun yanı sıra yöntem, kirlerin yüzeyden tamamen uzaklaştırılmasında etkili değildir (Fassina, 1994; Şener, 2020; Kaçmaz, 2020).



Şekil 143. Atomize su ile yıkama (Ersen, 2013).

- Su Buharı ile Temizlik

Su buharı basıncıyla kirli yüzeylere uygulanıp, çeşitli yumuşak uçlu fırçalarla ovalanarak kir tabakasının uzaklaştırılması sağlayan bu yöntem mekanik temizlik uygulamaları ile geri döndürülemez sonuçların ortaya çıkabileceği düzensiz yüzeylerde avantajlıdır. Uygulayıcılar açısından kontrolünün zor olması ve yüksek buhar sıcaklığının taşlarda çözünebilir tuzların hareketine sebep olarak nem kaynaklı çiçeklenme ve lekelenme

oluşturması sebebiyle risklidir. Bu yüzden, tarihi eser niteliği olan kirli yüzeylerde uygulaması çok fazla tavsiye edilmemektedir (Fassina, 1994; Şener, 2020; Kaçmaz, 2020).

- Sulu Kumlama ile Temizlik

Bu yöntemde 0,5-3 bar basınçta su ve kum karışımı kullanılarak temizleme yapılmaktadır. Karışım yüzeylerdeki kir tabakasını aşındırarak temizleme yapmaktadır. Bu yöntemin uygulanmasında aşındırıcı kumun niteliği, tane boyutu, sertliği, su ve kum oranı, uygulama mesafesi ve basınç değeri gibi parametreler oldukça önemlidir. Bu yöntemde de tarihi taş yapılarda çözünabilir tuzların harekete geçmesi, su sızması, yapının tabanına su birikmesi ve suyun yapıdan drenajı gibi dezavantajlar vardır (Fassina, 1994; Şener, 2020).

- Mekanik Temizlik Yöntemleri

Mekanik temizleme yöntemleri taş yüzeyindeki işlemin hassas bir şekilde yürütülmesi gerektiği durumlarda kontrollü kumlama, küçük el aletleri, kuru buz ve donmuş karbondioksit gibi uygulamalar vasıtasıyla kir tabakasının yüzeyden sökülmesini içeren temizleme yöntemleridir. Yöntem kas gücüne dayalı olduğu için kas yorgunluğu ile oluşabilecek koruyucu patina dokusunun hasarlanma durumu, yüzeydeki detay kayıpları ve buna paralel olarak geri dönüşü mümkün olmayan hasarlar söz konusu olabilmektedir. Bu, çoğunlukla yosun oluşumlarının ilk aşamasında ve kabuk halinde bulunan kirlerin temizliğinde kullanılan basit bir yöntemdir. Mekanik temizleme yöntemi ayrıca, geniş olmayan yüzeylerin temizlenmesi için uygundur. Çünkü geniş yüzeylerde kullanıldığı durumlarda temizleme işlemi oldukça yavaş ilerlemektedir (Şener, 2020; Ünal, 2023; Yurttaş, 2018; Kaçmaz, 2020).

- Küçük El Aletleri ile Temizlik

Mekanik temizleme çalışmalarında; fırça, bisturi, spatül gibi küçük el aletleri kullanılmaktadır (Yurttaş, 2018). Tarak, tel fırça, zımpara, spiral motorlar gibi aletler kullanılarak yapılan çok eski, kontrolsüz şekilde taşın yüzeyine tamamen zarar veren ve uygun olmayan temizlik yöntemlerinin aksine kontrolü nispeten daha mümkündür. Bu uygulama ile yüzeyde gözlemlenen kir tabakasının hassas bir şekilde uzaklaştırılması sağlanmaktadır. Kontrolün uygulayıcıda olduğu bu yöntemde, hassas yüzeydeki bezeme ve desenlerin detayları arasında yer edinen kirler dikkatli bir şekilde temizlenebilmektedir. (Şener, 2020; Ünal, 2023). Bu yüzeyde parça kayıplarına bağlı olarak geri döndürülemez sonuçların önüne geçmek açısından oldukça önemlidir.



Şekil 144.Solda küçük el aletleri ile yapılan temizlik (Ersen, 2013); Sağda St. Pierre Han- Raspalama işlemi sonucunda bulunan motif (Güven, 2022).

- Kumlama ile Temizlik

Kumlama yöntemi kaba kuvarz, silis ve dolomit tanelerinin yüksek basınç altında uygulanması ile yapılan eski ve aşındırıcı etkisi çok güçlü olan bir yöntemdir. Yöntem oldukça ucuz ve hızlı olmasına rağmen kontrolü son derece zayıf olduğu için; yapılarda yüzey tabakasının yok olması, çatlak ve parça kayıpları gibi geri dönüşü mümkün olmayan hasarlara neden olabilmektedir. Bu sebeple tarihi eser niteliği taşıyan yapıların temizlik uygulamalarında önerilmemektedir (Şener, 2020; Kaçmaz, 2020).



Şekil 145.Kumlama uygulaması (Ersen, 2013)

- Mikro Kumlama (Kontrollü Kumlama) ile Temizlik

Kumlama ile aynı prensipte çalışan mikro kumlama mekanik temizleme yöntemlerinin bir başka çeşididir (Yurttaş, 2018). Fakat kumlamadan farkı mikron ölçüsündeki garnet, kalsit, dolomit ya da fındık, yumurta, ceviz kabuğu, mısır kovanı gibi organik agregaların; yüzeyin niteliği aşındırıcıların kökeni, tane boyutu, sertliği, şekli, uygulama basıncı, mesafesi ve nozul boyutu gibi parametreler göz önünde bulundurularak sınırlı basınç değerlerinde uygulanmasıdır. Mikron ölçüsündeki maddeler genellikle 80-60 μ (mikro metre) elek açıklığında ve yaklaşık 1 atm basınçta kirli yüzeye kontrollü bir şekilde düşük seviyedeki aşındırıcı güçle püskürtülerek uygulanmaktadır. Püskürtmenin gerçekleştiği nozul ölçüleri (0,8 mm, 1,2 mm, 1,8 mm) dar olduğu için uygulayıcının kontrolü sağlamasına olanak tanımakla birlikte hasarlı ve zayıf dirençli yapılarda kullanımı avantajlıdır. Bu sebeple yüzey hasarlı ve zayıf dirençli olmasına rağmen müdahalenin kontrol edilebilirliği mümkün olduğundan diğer temizlik müdahalelerine göre geri döndürülebilir sonuçlar ortaya çıkartabilmektedir (Şener, 2020; Ersen, 2013; Kaçmaz, 2020).



Şekil 146. Mikro kumlama ile yapılan yüzey temizliği a) öncesi, b) sonrası (Zakar, 2013).

- Kimyasal Temizlik Yöntemleri

Asit, alkali temizleyiciler ve özel kimyasal lapaların yüzeye uygulanmasıyla kimyasal reaksiyon sonucu elde edilen yöntemler kimyasal temizleme olarak adlandırılmaktadır (Zakar, 2013; Ahunbay, Tarihi Çevre Koruma ve Restorasyon, 2017). Kimyasal temizleme tarihi taş yapılarıdaki tuzların, kirlerin uzaklaştırılması ya da azaltılması, bitki, yosunlaşma vb. canlı organizmaların meydana getirdiği oluşumlarının temizliği ve biyolojik bozulma süreçlerinin pasifize edilmesini amaçlamaktadır. Bu temizlik yöntemleri, yüzeydeki kirin

niteliği ve taşın yapısına bağlı olarak değişkenlik gösterdiğinden; taşta meydana gelebilecek hasarı engellemek için temizleme işleminin uygulanacağı taşın özellikleri tespit edilmelidir. İşlemden kullanılacak maddelerin kimyasal reaksiyonlar sonucunda meydana getirebileceği yan etkilerin ve ne gibi oluşumlara neden olabileceğinin de detaylı olarak analiz edilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde yüzeyde geri döndürülemez tahribatlara sebebiyet verebilmektedir (Şener, 2020; Ünal, 2023; Ahunbay, Tarihi Çevre Koruma ve Restorasyon, 2017; Kaçmaz, 2020).



Şekil 147.Tarihi taş yapıda odunsu bitkilerin temizlenme aşamaları (Kaçmaz, 2020)

Tarihi taş yapıların kimyasal temizliğinde Hidroklorik asit (HCl), sülfirik asit (H_2SO_4), nitrik asit (HNO_3) ve hidroflorik asit (HF) gibi güçlü asit ve alkali uygulamaları; kontrol edilemeyen etkileri ve taş yapıların zaman içerisinde daha hızlı ve daha fazla bozulmasına sebep olması nedeniyle önerilmemektedir. Tıpkı asitlerde olduğu gibi sodyum hidroksit (NaOH) ve amonyum hidroksit (NH_4OH) gibi alkali temizleyiciler de tarihi taş yapılarda yıkıcı ve geri döndürülmesi mümkün olmayan etkiler meydana getirmektedir. Asit ile yapılan temizlik çalışmaları taş yüzeylerinde zamanla leke, renk ve doku gibi agresif etkilere sebep olabilmekte olumsuz etkileri uzun yıllar sürebilmekte veya taş yüzeylerinde etkileri yıllar sonra görülebilmektedir. Alkalilerle yapılan temizlik çalışmalarında ise, uygulama sonrasında taş yüzeylerinde lekelenmeler veya çözünabilir tuzlar oluşmaktadır. Kimyasal temizleyiciler, yapı bünyesindeki bu tuzları ya açığa çıkarmaktadırlar ya da taşla tepkimeye girerek oluşturmaktadırlar. Bu sebeple temizlik çalışmalarının ardından kimyasal temizleyici maddelerin taştan tamamen arındırılması gerekmektedir (Zakar, 2013; Fassina, 1994; Kaçmaz, 2020).



Şekil 148. Bursa-Yıldırım Bayezid Camii, Kimyasal temizlik uygulamaları (Kaçmaz, 2020).

- Kil ve Kâğıt Hamuru ile Temizlik

Kil ve kâğıt hamuru ile yapılan temizlik yapı cephelerinde kirli yüzeylerin temizlenmesinde çok eskiden beri uygulanan; kısa selüloz lifli, yüksek emici killerden veya kâğıt hamurlarından faydalanılarak uygulanan yöntemlerden biridir. Uygulama, kirli olan bölgeye kil veya kâğıt hamurları ile deiyonize su kompres yapılmasının ardından killerden oluşturulan lapaların taş yüzeyine yapıştırılarak yüzeydeki çözünabilir tuz, yağ ve mum gibi depozit kirlerin temizlenmesi prensibine dayanmaktadır. Bu temizlik yönteminin dezavantajı, kalın kir katmanlarının ve taşın gözeneklerinde birikmiş kirlerin uzaklaştırılmasında çok fazla etkiye sahip olmaması ve zayıf taş yüzeylerinde yapışmaya bağlı olarak yüzeyden parça kopmasına sebebiyet vermesidir (Zakar, 2013; Kaçmaz, 2020). Fakat bu uygulama; deiyonize suyun, kâğıt hamurundan oluşturulan lapanın içinden gözenekli taşın bünyesine doğru hareket ederek çözünabilir tuzların taş yüzeyinden dışarıya doğru uzaklaştırılması ya da azaltılmasında daha etkin bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Yapı cephelerinin yüzeyinde gözlemlenen kir katmanlarının çözülmesi amacıyla EDTA (etilen diamin tetra asetik asit) sodyum tuzları, amonyum karbonat, amonyum bikarbonat ve sodyum bikarbonat katkılarının kullanıldığı görülmektedir. Bu uygulamada sodyum bikarbonat ortama fazla sodyum iyonu kattığından dolayı kullanımı sakıncalıdır (Ersen, 2013; Şener, 2020).

- Jel ve Lapa ile Temizlik

Jel ve lapa ile temizlik, son yıllarda oldukça yaygınlaşan özel kimyasal lapalarla yapılan, daha çok 1 mm kalınlığındaki kir tabakalarının uzaklaştırılmasında etkili olup kalın depozit durumdaki kirlerin uzaklaştırılmasında çok etkili olmayan bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Lapa ile kimyasal temizlik yöntemlerinin avantajı, zararsız ve özellikle killi lapaların tekrar kullanılabilir olmasından dolayı ekonomik ve aynı zamanda kolay uygulanabilir oluşudur. Bu uygulamanın dezavantajı ise, çok gözenekli ve yüzey kayıplarının gözlemlendiği taş yüzeylerde kullanımının riskli olması ve büyük kirli taş yüzeylerinde kontrolünün oldukça zor olup uygulama süresinin uzun olmasıdır. Bu uygulamada zayıf yüzeylerde kullanımında yapışmaya bağlı parça sökülmelerine karşı dikkatli olunması gerekmektedir (Zakar, 2013; Ersen, 2013).

Lapaların yüzeyde herhangi bir çökelti bırakmaması için işlem sonrasında bol deiyonize suyla yıkama gerçekleştirilmektedir ve yumuşak uçlu fırçalardan faydalanılarak uygulama yapılan yüzeyin kimyasallardan arındırılması sağlanmaktadır. Lapa uygulaması kirin yüzeydeki durumuna göre uygulama iki veya daha fazla tekrarlanabilmektedir. Bu temizlik yönteminde bina içindeki lekelerin temizlenmesinde hidrojen peroksitten (H_2O_2) oluşan lapalar, iyot lekelerini temizlemede mermer tozu ile saf alkolden yapılmış lapalar, pas lekelerinin çıkarılmasında ise genellikle oksalik asit ($H_2C_2O_4$) etkili olmaktadır. Bu temizlik yönteminde kullanılan AB57 (Mora absorblayıcı jel) kimyasal olduğu ve doğa, çevre, insan sağlığı açısından olumsuz etkilere sahip olduğundan yapı yüzeyinden uzaklaştırılırken zemine veya toprağa ulaşmadan tahliye edilmelidir (Zakar, 2013; Ersen, 2013).

Lateks Kompresi: Ticari adı “Arte Mundit” olan lateks kompresi, AB57 karışımının geliştirilmiş versiyonudur. Özellikle mermer, yoğun kalker, granit veya yüzeyi iyi korunmuş fazla gözenekli olmayan kireç taşlarına uygulanması oldukça yaygın olmakla birlikte iç mekânlarda da geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bu yöntem fırça veya spreyleme ile yüzeylere uygulanmaktadır. Lateks kompresinin dezavantajları, taş gözeneklerinde birikmiş kirlerde etki etmemesi ve yüzey kayıplarının gözlemlendiği zayıf taş yüzeylerinde yapışmalara bağlı olarak parçalar halinde ayrılımlar meydana getirmesidir (Ersen, 2013).

- Biyolojik Temizleme

Taş yüzeylerin temizlenmesinde henüz fazla yaygınlaşmamış olan biyolojik temizlik yöntemleri, küçük objelerin veya sınırlı yüzeylerin temizlenmesine yönelik gerçekleştirilen

uygulamalarda denenmiştir. Geniş ölçekli mimari yüzeylerde uygulaması henüz yapılmamıştır. Yalnızca bazı bakterilerin metabolizma faaliyetlerinden yararlanılarak ve bazı mantarlardan elde edilen enzimlerle biyolojik temizlik yöntemleri denenmiştir. *Trametes versicolor*” mantarının enzimleriyle, mermer yüzeyindeki su yosunu kaynaklı lekelenmelerin ve toprak altında kalmış mermer fragmanların temizlenmesi bu uygulamaya örnek olarak gösterilebilmektedir (Ersen, 2013; Zakar, 2013).

○ Diğer Temizlik Yöntemleri

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte tarihi taş yapıların temizlik çalışmalarında yeni yöntemler ortaya çıkmaktadır. Bunlar Lazer ve Kuru Buz Yöntemleri ile yapılan temizlik çalışmalarıdır. Bu yöntemlerin diğerlerinden farkı kirli yüzeylerin mekanik olarak aşındırılması ile temizlik çalışmalarının gerçekleştiriliyor olmasıdır. Hemen her uygulamada olduğu gibi bu uygulamalarla yapılan temizlik çalışmalarında da avantajlar ve dezavantajlar vardır (Şener, 2020).

• Lazer ile Temizlik

Lazer ile yapılan ısı bazlı temizlik yöntemi, son 15-20 yılda tarihi taş yapıların temizliği gibi uygulamalarda yaygın kullanım alanına erişmiştir (Ersen, 2013). Bu yöntemde lazerin gönderdiği kızılötesi ışının yarattığı enerji, ani ısı ile yüzeydeki kir tabakasını noktasal vuruşlarla yakarak uzaklaştırması prensibine dayanmaktadır. Yöntemde lazer ışınlarının dalga boyu kirin niteliğine göre 2 farklı tipte dalga boyu ile gerçekleştirilebilmektedir (Şener, 2020). Lazer, hassas yüzeylerin temizlenmesinde oldukça etkili olup diğer yöntemlerin aksine taşın bünyesinde bulunan çözünbilir tuzların hareketlenmesini sağlayacak hiçbir çözücü etkiye sahip değildir. Lazerle temizleme yönteminde, temizlenecek yüzey yapıda yer alan kir tabakasının daha da koyulaşmasının önüne geçmek ve zararlı karbon kalıntısı salınımını ortadan kaldırmak için hafifçe nemlendirilmelidir (Fassina, 1994). Lazerle temizliğin dezavantajları pahalı olması ve dar atışlar yapılarak uygulandığından çok zaman almasıdır. Bu nedenle kullanımı küçük objelerde daha yaygındır. Yüzeylerde renk değişimlerine de sebep olabilen lazerle temizlik uygulamaları, geri döndürülemez sonuçlar çıkmaması adına uzmanlar tarafından dikkatli bir şekilde yürütülmelidir (Şener, 2020; Ersen, 2013; Yurttaş, 2018) .



Şekil 149.Lazer ile temizleme (Ersen, 2013)

- Kuru Buz ile Temizlik

Kuru buz ile temizlik tarihi taş yapıların kirli yüzeylerine donmuş karbondioksitin(CO_2) agrega olarak kullanıldığı mekanik aşındırıcı bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır (Zakar, 2013). Bu yöntemde belli bir basınç ile sıcak taş yüzeyine temas ettirilen maddeler ısının transferi sonucu taşta hızlı bir buharlaşma ve mikro patlamalarla yüzeydeki kir katmanlarını aşındırarak uzaklaştırmaktadır. Bu yöntem kumlama, mikro kumlama gibi diğer mekanik aşındırıcı yöntemlerden farklı olarak tozuma nedeniyle çevreye verilen rahatsızlığı ortadan kaldırmasına rağmen; taş yüzeylerde patinaya zarar vermesi, kontrolsüz aşındırma yapması ve maliyetli olması nedeniyle kullanımı yaygın değildir. Taş, tuğla, ahşap ve metal gibi farklı yüzeylerde denemesi yapılan bu yöntem; en başarılı sonucu metal yüzeylerin temizliğinde vermektedir (Ersen, 2013; Şener, 2020; Kaçmaz, 2020).



Şekil 150.Kuru buz ile temizlik uygulaması (Ersen, 2013).

2.6.3.2. Taş Malzemedeki Sağlamaştırma

Taşlar zaman içerisinde yüzeysel bozulma, kavlanma, parçalanma, tozlaşma, plakalar halinde erime gibi erozyonlara uğramaktadır. Bu durum, taşların farklı ayrışabilirlik özelliklerine bağlı olarak yüzeysel aşınma, dâhili erime ve parça kayıpları şeklinde meydana gelmektedir. Yüzeysel aşınma, taş yüzeyinde meydana gelen boşluklar, küçük kopmaları tanımlamaktadır. Yüzeysel aşınmada işlem olan yüzeyin veya içyapının organik veya inorganik sağlamaştırıcılarla doldurulmasına dayanmaktadır. Emprenye olarak adlandırılan bu uygulamada, yüzeye nüfuz etme (penetrasyon) miktarı büyük önem taşımakla birlikte sağlamaştırıcıların taşın bünyesine işlemesi ve sağlam kısımla bütünleşmesi önemlidir. Dâhili erime, taşın iç bünyesinde oluşan erime ve boşalmalar olarak meydana gelirken; parça kopmaları ise taşta meydana gelen nispeten iri parça ve yüzey kayıpları olarak gerçekleşmektedir. Dâhili erimede, epoksi reçineler, akrilik reçinelerin enjeksiyonu ve dolgu harçları ile sağlamaştırma yapılabilmektedir. Parça kopması durumunda ise taşta yeni parçaların entegre edilmesi gerekmektedir (Zakar, 2013).

Bu noktada dikkat edilmesi gereken; taşın yapısı ile uyumlu, yapılan müdahalenin geri döndürülebilirliğini mümkün hale getiren sağlamaştırıcılar ve yapıştırıcılar seçerek işlemi ilerde yapılması muhtemel olan bir müdahaleye olanak tanıyacak şekilde gerçekleştirmektir.

Sağlamaştırma uygulamasının başarılı olabilmesi için birkaç gereksinim vardır. Bunlar; doğal taşın ayrılmış, yıkanmış veya yüzey erozyonu yoluyla eksilmiş bağlayıcı çimentosunu ikâme edecek, tozumayı ve kırıntıları adezyon aracılığıyla bağlayacak ve ayrılmış yüzeyi taşın sağlam kısmına bağlayacak şekilde yapılması olarak sıralanabilir. Bu tek başına yeterli değildir. Taş sağlamaştırma uygulamaları; hava kirliliği, ıslanma -kuruma etkileri, su emme kapasitesi ve gözenekliliğin azaltılması, kimyasal bozunmalara olan dayanıklılığın ve mekanik niteliklerinin artırılması ve tuz kristallenmelerine karşı taşın yüzeyini garanti altına almayı istemektedir. Bu da yüzey koruyucularla taşın korunması, uygulamaların en az birkaç on yıl etkili olması ve yapının periyodik bakım programlarında, korunmuşluk durumunun kontrolüne bağlı olarak yüzey koruyucuların yenilenmesiyle mümkün hale gelmektedir (Ersen, 2013; Zakar, 2013; Ünal, 2023).



Şekil 151. Taş yapıda hatalı çimento kullanımı ile meydana gelen deformasyon (Tayşi, 2021).

Sağlamlaştırma işlemlerinde dikkat edilmesi gereken başka bir husus ise sağlamlaştırılmış taşın fiziksel ve mekanik özelliklerinin, sağlamlaştırılmamış kısımlarla uyumunun yakalanmasıdır. Aksi takdirde, mekanik özellikler bakımından yüksek olan sağlamlaştırılmış kısım, yükler karşısında farklı davranarak zayıf kısımlardan ayrılma göstermektedir. Ek olarak sağlamlaştırılmış bölümünde mikro porozitenin yükselmesiyle birlikte geç kuruma ve bu duruma bağlı olarak taşın porozitesinde biriken suda çözünür tuzların, kuruma-ıslanma ve dehidratlanma-hidratlanma süreçlerinde bu yüzeylerin altında hapsolmaları durumunda; ek iç gerilmeler ve kabuk altı çiçeklenmesi meydana gelmektedir (Ünal, 2023; Ersen, 2013; Zakar, 2013).

Sağlamlaştırmada kullanılan sağlamlaştırıcıların, taş yüzeyine fırçayla emdirme, atomize uygulama ve kılcallıkla emdirme gibi üç farklı metotla uygulanmaları mümkündür. Uygulama yöntemi taşın cinsine, bozulma türüne, derecesine ve ortam şartlarına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir ve seçimi uzmanlar tarafından yapılmalıdır. Sağlamlaştırmada uygulanan malzemeden beklenen ise orijinal alt tabakaya mümkün olduğu kadar benzer özellikleri geri kazandırması, işlemlerin dayanıklı olması, bozulmaya ve kimyasal reaksiyona neden olmaması ve gelecekte aynı veya başka bir malzeme ile farklı bir işlem yapma olasılığının önüne geçmemesidir (Ünal, 2023; Tayşi, 2021; Ersen, 2013).



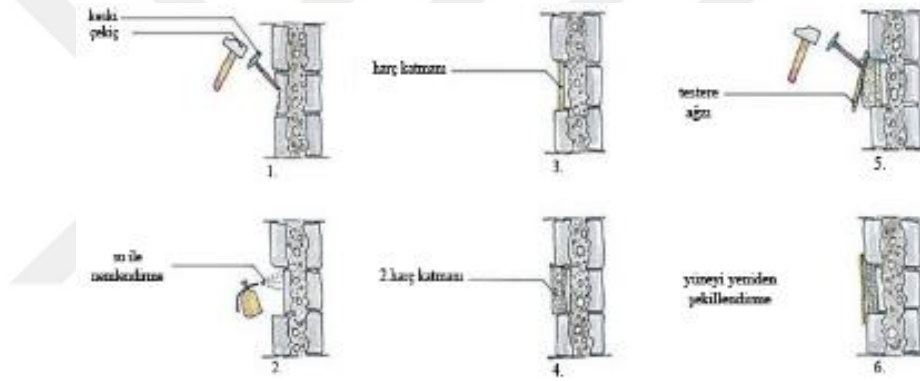
Şekil 152.Solda Püskürtme yöntemiyle sağlamlaştırıcı uygulaması; Sağda fırça sürme yöntemiyle sağlamlaştırıcı uygulaması (Tayşi, 2021).

Sağlamlaştırıcı çeşitleri organik, inorganik ve inorganik-organik karışımı olarak hibrid(sentetik) olmak üzere üç başlık altında ele alınmaktadır. Günümüzde kullanılmakta olan organik sağlamlaştırıcıların hem inorganik hem sentetik olanları mevcuttur. Bunlar; akrilik ve vinil sağlamlaştırıcılar, epoksi reçineleri, poliüretanlar, silan esaslı malzemeler (polisiloksanlar, alkoksi silanlar, vb.), polyesterler, fluosilikatlar ve perfluoropolyesterlerdir. Bazı sentetik organik malzemeler, bozulmuş taşın mekanik özelliklerini önemli ölçüde geliştirse de, renk değişikliği, gerilme mukavemeti kaybı ve kırılabilirlik gibi bozulmalara neden olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan incelemelerde, kalsiyum hidroksit($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ve baryum hidroksit $\text{Ba}(\text{OH})_2$ gibi inorganik sağlamlaştırıcıların ise taşta meydana gelmiş bozulmaları hızlandırdığı, taşın derinliklerine yeteri kadar nüfus edememesinden dolayı gerekli sağlamlaştırmayı yapamadığı ve bu nedenlerle de bu uygulamalarda inorganik sağlamlaştırıcılar yerine organik sağlamlaştırıcıların kullanımı yaygın hale geldiği gözlemlenmektedir. Ayrıca günümüzde, organo-silikon malzeme uygulamalarına, gelişen teknoloji ile birlikte nanomalzemeler kullanılarak yapılan yeni sağlamlaştırma uygulamalara ve bakteriler kullanılarak yapılan biyo-sağlamlaştırıcılara rastlamak mümkündür (Ünal, 2023; Tayşi, 2021; Karkaş & Özgünler, Taş Koruma Yöntemlerindeki Teknikler ve Yenilikçi Yaklaşımlar. Trakya Üniversitesi, Edirne., 2021).

2.6.3.3. Taş Malzemedeki Estetik ve Plastik Onarım

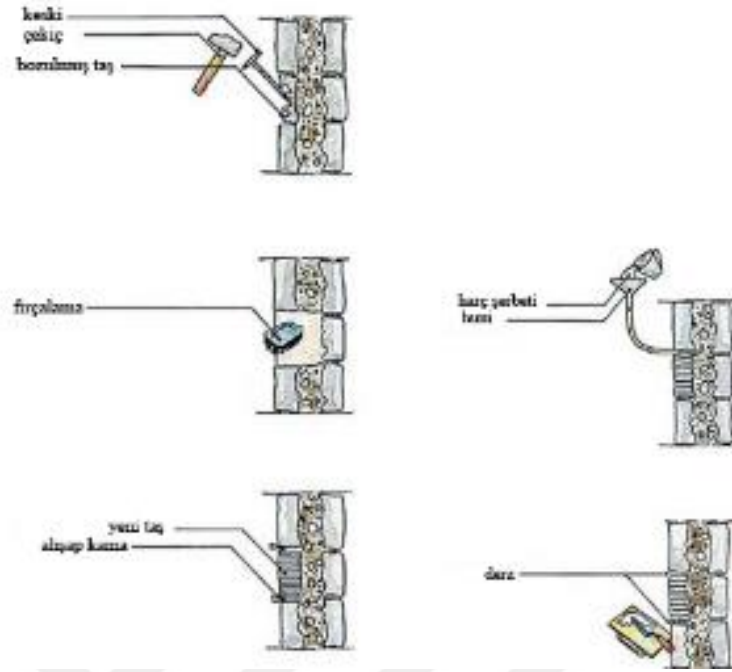
Atmosferik etkiler ile meydana gelen yüzeysel bozulmalar için sağlamlaştırma tedavileri uygulanırken, bozulmaların 5 santimetreyi geçtiği tahribat durumlarında (jeolojik zayıflıklardan kaynaklı dikey veya yatay boşluk oluşumu ve dağılma) estetik ve

plastik onarım uygulaması yapılmaktadır (Öztürk, 2012). Taşta meydana gelen parça kopmaları, taşta yeni parçaların eklenmesini gerektiren deformasyonlara karşı yapılan onarımlar plastik onarımları oluşturmaktadır. Çünkü bu işlem, taş yüzeyinde doku ve renk açısından estetiği kaybolmuş formların yeniden oluşturulmasına dayanmaktadır (Zakar, 2013). Estetik ve plastik onarım; taşın kopan parçası ile yapılan plastik onarım, yapay taş ile yapılan plastik onarım ve yabancı benzer taş kullanımı ile yapılan plastik onarım olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Taşta meydana gelen ayrışma ilerlediğinde, bağlayıcılarla hazırlanmış tamamlama harçlarının kullanılmasıyla taş tamamlama yapılması gerekmektedir. Eğer taştaki kopma büyük ise, silikon kauçuk ile kalıp çıkarılmasının ardından organik veya mineral bağlayıcı harçlarla elde edilen yapay veya doğal taşta bu kalıpta uygun şekil verilerek, eksik kısma monte edilmektedir (Ünal, 2023).



Şekil 153. Taş malzemede plastik onarım aşamaları (Zakar, 2013)

Taşın ayrılan parçasının kullanılmasının gerekli olduğu uygulamalarda, kopan parça boyutuna göre uygulama tekniğine karar verilmesi esastır. Küçük parçaların tamamlanmasında akrilik reçineler veya polivinil asetat; daha büyük parçaların birleştirilmesinde epoksi reçineler ve poliestere gibi kuvvetli yapıştırıcılar ve metal kenetlerin kullanımına rastlanmaktadır (Zakar, 2013). Yapay taş ile yapılan plastik onarım müdahalelerinde ise, yapıya ait orijinal taş öğütüldükten sonra belirli oranlarda birleştirme harcı ve su karıştırılmasıyla yeniden elde edilmektedir (Öztürk, 2012). Yapı taşının kopan parçası bulunmadığında veya plastik onarım için kullanılacak taş ocağı tespit edilemediğinde, orijinal taşta benzer yabancı taş kullanılmaktadır (Hatır, 2019). Yeni taş; bileşimi, dokusu, rengi, sertliği, parlaklığı ve ortama uyma kabiliyeti gibi pek çok özelliğiyle orijinale uygun olması gerekmektedir. Bunun için de ilk olarak orijinal taş tahlil edilmeli ve uygun taş aranmalıdır (Ünal, 2023).



Şekil 154. Taş malzemede plastik onarım yöntemi (Zakar, 2013)

2.6.3.4. Taş Malzemede Yüzey Koruma

Yüzey koruma; yapı malzemesine zarar vermeden, sadece hasar yaratan ya da estetik olarak malzemeye zarar veren kirlerin ve etkenlerin yapıdan uzaklaştırılmasıdır. Temizlenmiş ve sağlamlaştırılmış olan yüzeyleri, su, kir ve tuz gibi oluşumlara karşı korumak amacıyla kullanılan kimyasallar ise yüzey koruyuculardır. Yüzey koruyuculara su iticiler, emülsiyonlar, anti-grafitti yüzey kaplamaları, tuz inhibitörleri, kolloidisilika ve biosidler örnek olarak verilebilir. Bu koruyucu kimyasalların yüzeye uygulanmasında yapılan seçimlerde, ilk olarak söz konusu taşın laboratuvar testleri yapmak, bu raporlara uygun kimyasalları seçmek; taşın petrografik ve fiziksel özellikleri, taşıdığı yüzey erozyonunun derecesi, duvar yüzeyindeki tuzların miktarı ve kesitindeki dağılımlarına dikkat edilmesi önemlidir. Yüzey koruyucuların 5-10 yıl gibi belli periyotlarla yenilenmesi ve sağlamlaştırıcılardan sonra uygulanması daha etkili sonuçlar vermektedir (Ersen, 2013; Zakar, 2013).

Yüzey korumada su itici olarak kullanılan kimyasallar; alkoksil silanlar, silikonlar ve floropolimerlerdir. Su iticiler, yüzeyde tutunan su miktarını azaltmaları ile biyolojik oluşumlara karşı da etkilidirler. Yüzey korumada yaygın olarak kullanılan uygulamalardan biri de, kalsiyum oksalat tabakası oluşturarak, kireç taşı ve mermer yüzeylerinin hava

kirliliği ortamına ve iklimsel bozulmaya dirençli hale getirilmesi işlemidir. Yüzeyin hidrofilik hale gelerek, asit yağmuru ve diğer kirli hava ile etkileşme mekanizmalarıyla ortaya çıkan başkalaşma sürecini engellemeyen bu uygulama, jel kompresleriyle de gerçekleştirilebilmektedir Taş yüzeylerinin mikrobiyolojik ve biyolojik oluşumların yol açtığı bozulmaya karşı korunmasında ise biosidlerden faydalanılmaktadır (Ersen, 2013; Zakar, 2013).

Bu uygulamalarda; suda çözünen tuzların yoğun olduğu ve suyun zeminden kılcallıkla emilerek duvarlarda yükseldiği durumlarda, su itici olarak kullanılan alkoksi silanların kullanımı, silikat oluşumuna neden olarak yüzey kabuklanmaları gibi etkilere yol açmaktadır. Kireç taşı ve mermer yüzeylerinin hava kirliliği ortamına ve iklimsel bozulmaya dirençli hale getirilmesinde yüzeye uygulanan amonyum oksalat çözeltisi, yüzeyde tabakası oluşturmasıyla çok etkili bir yöntem değildir. Taş yüzeylerinin mikrobiyolojik ve biyolojik oluşumların yol açtığı bozulmaya karşı korunmasında kullanılan biosidlerde ise taş yüzeyiyle tepkimeye girmemek, taşın rengini değiştirmemek, ultraviyole ve oksidasyonla bozulmaya uğramamak gibi bazı parametreler aranmaktadır. Fakat bunların tümüne uyan bir biyosid çeşiti bulunmamaktadır ve bazı biyosidlerin çevre sağlığına zararlı olduğu da görülmektedir. Ek olarak kireç taşı tozu ve kireç badanası yüzey koruyucu olarak bugüne kadar kullanılagelmiş bir metot olmasına rağmen estetik açıdan olumsuz sonuçlar doğurduğu görülmektedir. Kullanılengelene yöntemlerin yanı sıra yüzey korumada değerlendirilen yeni yöntemlerde mevcuttur. Bunlardan, Biyokalsifikasyon olarak adlandırılan, tuz kristallenmelerinin yıkıcı etkilerini sınırlamak amacıyla biyolojik yöntemlerle kireç taşı yüzeylerini korumayı hedefleyen ve henüz deney aşamasında olan çok yeni bir tekniktir. (Ersen, 2013; Zakar, 2013).

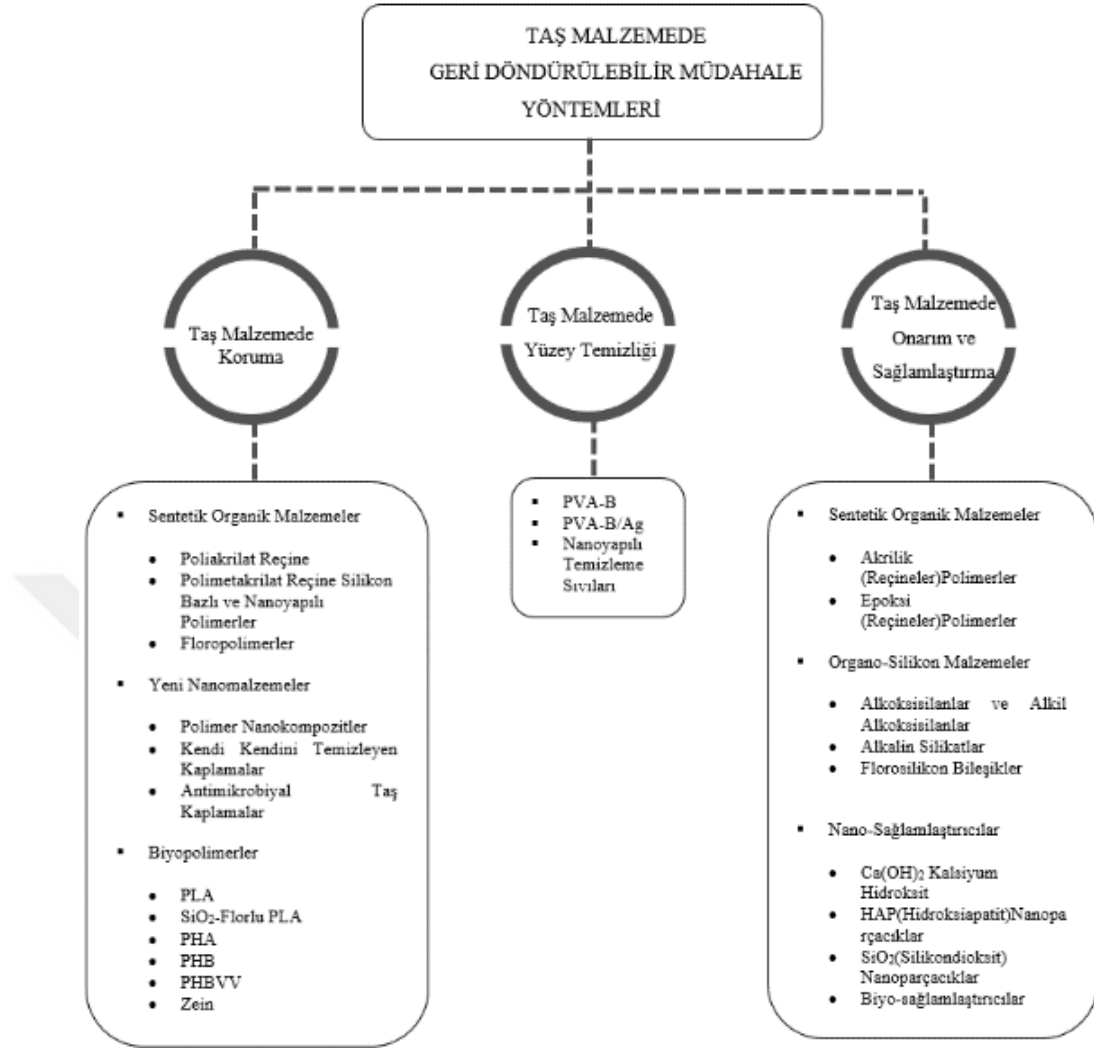
Taş malzemede yüzey korumada bugüne kadar kullanılmış uygulama ve tekniklerden tamamen taş yüzeyiyle uyumlu, yüzeye zarar vermeyen ve geri döndürülebilir olanların sayısı oldukça azdır. Fakat taş malzemenin korunması alanına nano teknolojinin girmesiyle geliştirilmiş, tamamen taş yüzeyiyle uyumlu, yüzeye zarar vermeyen ve geri döndürülebilir birtakım uygulamalar ve malzemelerden bahsetmek mümkündür. Bunlar taşın malzeme ve estetiğine herhangi bir kayıp yaşatmadan yüzeyini korumayı sağlayan, titanyum dioksit (TiO_2) ve polimer bazlı nano ürünler gibi malzemerdir (Zakar, 2013). Bu ürünlere ‘‘Taş Malzemede Geri Döndürülebilirlik’’ başlığı altında, ‘‘Taş Malzemede Koruma’’ başlığı altında detaylı olarak yer verilmektedir.

2.6.4. Taş Malzemede Geri Döndürülebilirlik

Geleneksel mimarinin en vurgulu malzemesi olan taşın dayanıklı, estetik, işlenebilir ve uzun ömürlü olması sebebiyle Anadolu'nun hemen her yerinde; strüktürde, mimari elemanlarda ve dolgu malzemelerinde kullanımına rastlamak mümkündür. Taşın, farklı çevresel koşulların etkisiyle bozulma eğiliminde olduğu bilinmektedir (Zakar, 2013; Kolaylı, 2023). Bu olgu, tarihi binaların işçiliği, detayları gibi mimari ve sanatsal değerler söz konusu olduğunda oldukça önemlidir. Bu sebeple kültürel mirasın korunmasına yönelik uygun çözümler sağlamak amacıyla taş malzemelerin doğal yapılarının bilinmesi ve davranışlarını ilişkin bilimsel bilginin artırılması ihtiyacı ön plana çıkmaktadır. Çünkü taşların bozulma biçimleri, kimyasal bileşimlerinden ziyade gözeneklilik, gözenek şekilleri, gözenek boyutu dağılımı ve tane boyutu gibi özelliklere bağlıdır (Öcal & Dal, 2012).

Tezin bu kısmında taş malzemede geri döndürülebilirlik araştırılmaktadır. Yapılan literatür taramasında taş yüzeyinde hava koşulları, atmosferik kirliliğin etkileri, su ve asit yağmurları sebebiyle meydana gelen deformasyonları ve su etkisiyle oluşmuş mikrobiyal kolonizasyonları ortadan kaldırmak ya da bu sebeplerden meydana gelmesi muhtemel olan deformasyonları önlemek için geri döndürülebilir malzemelerin kullanıldığı saptanmıştır. Kültürel mirası koruma alanında özellikle son zamanlarda yer edinmeye ve kullanılmaya başlanan; sürdürülebilir, biyolojik olarak parçalanabilir, geri döndürülebilir, eko-sürdürülebilir ve ICOMOS tarafından yeşil malzeme olarak tanımlanan bu malzemelerin kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır (Zucchelli, 2021).

Tez kapsamında bu malzemeler, taş yüzeyi temizliğinde kullanılan malzemeler, yüzey koruyucular ve taşın onarım ve sağlamlaştırmasında kullanılan malzemeler olmak üzere üç sınıfa ayrılmaktadır. Taş yüzeylerin temizliğinde PVA-B gibi çözeltiler, birden fazla maddenin karıştırılmasıyla elde edilen PVA-B/AG ve nanoyapılı temizleme sıvıları karşımıza çıkmaktadır. Taş yüzeylerin korunmasında; sentetik-organik malzemeler, yeni nanomalzemeler ve biyopolimerler yer almaktadır. Taş malzemelerin onarım ve sağlamlaştırmasında ise sentetik organik malzemeler, organo-silikon malzemeler ve nano-sağlamlaştırıcıların kullanımına rastlanmaktadır. Bu başlıklar altında yer alan malzemelerin taş malzemede uygulanmasında geri döndürülebilir ve geri döndürülemez olduğu tartışılmaktadır.



Şekil 155.Taş Malzemede Geri Döndürülebilir Müdahale Yöntemlerinin Sınıflandırılması

2.6.5. Taş Malzemede Koruma

Su; tuz, patojen mikroorganizmalar veya kirleticiler olmadan da mimari eserler ve anıtlardaki taş malzemeler üzerinde çeşitli bozulmalar meydana getirebilecek bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Su, binanın çatısından sızma yoluyla, topraktan yükselen nem yoluyla, yüzeysel ve ara yoğunlaşma yoluyla taşın gözeneklerine girebilmekte ve kimyasal veya fiziksel hasarlara sebebiyet verebilmektedir. Gözeneklerdeki suyun varlığı, suyun dönüşümlü donma ve çözülme döngüleri, çatlama ve mekanik mukavemet kaybı özellikle soğuk bölgelerde veya şiddetli kış şartlarında taş malzemelerin fiziksel hasarlarından doğrudan sorumludur (Öcal & Dal, 2012; Uyar Z. , 2024). Suyun Taş Malzemelerle Olası Etkileşimi ve Bozulma Mekanizmaları Tablo 4’de gösterilmiştir.

Tablo 4. Suyun Taş Malzemelerle Olası Etkileşimi ve Bozulma Mekanizmaları
(Zucchelli, 2021)

Su Aktivitesi	Meydana Gelen Bozunma
Gözeneklerin İçindeki Donma-Çözünme Döngüleri	Mekanik Stresler, Çatlama
Akıntı ve akış	Fiziksel/mechanik erozyon, malzeme kaybı
Gözeneklerin içinde sıvı suyun varlığı	Çözünür tuzun çözünmesi ve taşınması ve kristalleşmesinden kaynaklanan mekanik stres. Suyun buharlaşması üzerine Atmosferden gelen reaktif kirleticilerin taşınması (SO ₂ , NO _x , CO ₂), erozyon ve siyah kabuk oluşumu
Sorpsiyon/desorpsiyon ¹	Kil minerallerinin şişmesi-büzülmesi, kararsız minerallerin hidrasyonu/dehidrasyonundan kaynaklanan mekanik stres ve çözünebilir tuzun higroskopikliği ²
Adsorbe edilmiş su ve nemin varlığı	Kimyasal/fiziksel bozulmaya neden olabilecek mikroorganizmanın gelişmesi

Yüzey kaplama malzemelerinin başarısı; suya karşı koruma, yüzeye iyi yapışma ve taş yüzeyi üzerinde eşit dağılım sonuçlarının yanı sıra, bir polimerin kültürel mirasın korunması alanında uygulanacak diğer bazı gereklilikleri de karşılamasına bağlıdır. Bunlar; hidrofobik koruma etkisi, yaşlanmaya bağlı gözle görülür herhangi bir renk değişikliği olmaması, çözünürlük, geri döndürülebilirlik çıkarılabilirlik, biyolojik olarak parçalanabilirlik ve taş yüzeyinde herhangi bir mikrobiyal kolonizasyon olmaması gibi parametrelerdir (Zucchelli, 2021).

Günümüzde uluslararası kuruluşlar koruma alanında sürdürülebilir ve geri döndürülebilir eylemlerin uygulanması konusunda çalışmalar yapmaktadır. Özellikle son zamanlardaki çalışmalar açık hava koşullarına maruz kalan kültürel miras varlıklarının korunmasına yönelik yenilikçi metodolojiler, sürdürülebilir malzeme alternatiflerin olası uygulamalarına yöneliktir (Balliana, Ricci, Pesce, & Zendri, 2016). Ancak bu konuda

¹ Sorpsiyon: Bir maddenin diğerine bağlandığı fiziksel ve kimyasal süreçtir.

Desorpsiyon: Tutunan taneciklerin yüzeyden ayrılmasıdır.

² Higroskopiklik: Maddenin bulunduğu ortamdaki su moleküllerini difüzyon yöntemi ile azaltabilmesi

araştırma henüz başlangıç aşamasında olup, bugüne kadar konuyla ilgili yayınlanmış çok az çalışma vardır ve koruma alanında geri döndürülebilir ve sürdürülebilir yeni malzeme ve teknoloji bulmak için daha fazla araştırma yapılmasına ve deneysel analizlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Çünkü geliştirilmiş olan koruyucu formülasyonların iyi performans göstermesinin yanı sıra, Restorasyon Şartlarının dayattığı gereklilikleri yerine getirdiğinde başarılı olmaktadır. Bunlar koruyucu kaplama alt tabaka ile uyumlu, su buharı geçirgenliğini azaltarak estetik görünüm ve renkte değişiklik meydana getirmeden ve istenmeyen hasara neden olmadan dayanıklı aynı zamanda uygulamasından sonra geri döndürülebilirliği mümkün olmalıdır. Yani ileride gerekli görülmesi halinde kaldırılabilmelidir (Andreotti, Franzoni, Esposti, & Fabbri, 2018).

2.6.5.1. Sentetik Organik Malzemer

Taş koruma çalışmalarında sentetik organik polimerler 1960'lı yılların başlarından beri kullanılmaktadır. Farklı yapılarda olan sentetik reçinelerin termoplastik (ısı ile yumuşayan) ve termoset (ısı ile sertleşen) olmak üzere iki türü vardır. Bazı sentetik organik malzemeler, bozulmuş taşın mekanik özelliklerini önemli ölçüde geliştirmesine rağmen oksijen ve ışık varlığına hassasiyetleri olması taşlarda renk değişikliği, gerilme mukavemeti kaybı ve kırılabilirlik gibi bozulmalara sebebiyet vermektedir (Princi, 2014; Karkas, 2020).

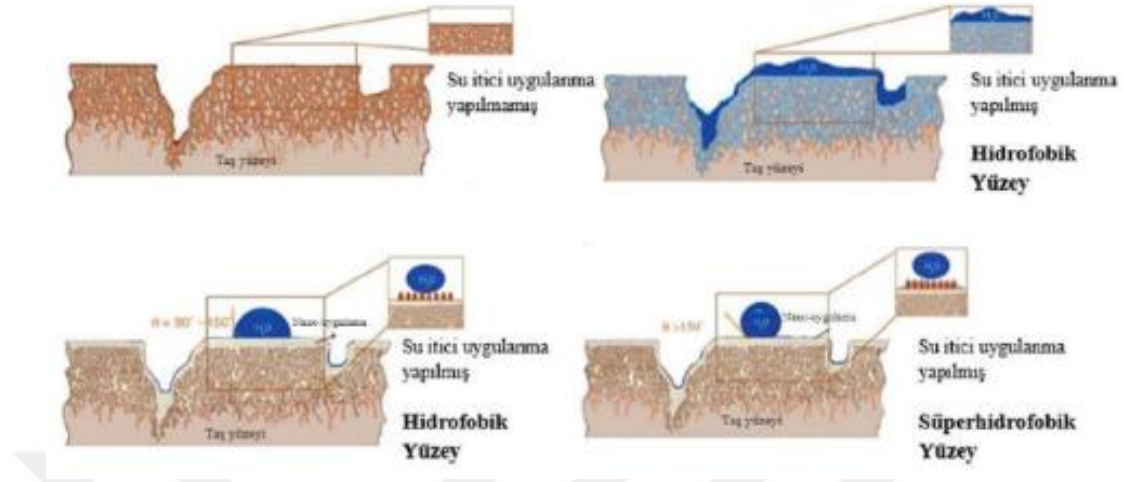
- **Poliakrilat ve Polimetakrilat Reçineler**

Poliakrilatlar, bir vinil grubu içeren akrilik asitlerin esterlerinden olup aynı zamanda termoplastik polimerlerin bir çeşidir. Poliakrilatlar ve polimetakrilatlar, restorasyonda yaygın olarak kullanılan sentetik polimerler olmalarına rağmen çabuk yaşlanmaları ve mekanik özelliklerinin kaybolmasından dolayı malzeme yüzeyinde hoş olmayan sarı ton oluşumuna neden olmaktadır (Princi, 2014; Karkas, 2020)

- **Silikon Bazlı ve Nanoyapılı Polimerler**

Son zamanlarda, gözenekli yapı malzemelerine su nüfuzunu azaltmayı amaçlayan araştırmalar, silanlara ve siloksan ürünlerine nanoparçacık eklenmesi test edilmiş ve süperhidrofobik ve nefes alabilen yüzeyler oluşturduğu görülmüştür. Geliştirilmiş su itici özelliklerin yanı sıra, bu nanomateryaller fotokatalitik aktiviteleriyle; havadaki organik

kirleticilerin parçalaması ve böylece bunların taş üzerinde birikmesini önleyebilmesiyle bilinmektedir (Zucchelli, 2021).



Şekil 156. Su itici uygulama yapılmamış ve yapılmış taştaki bir su damlasının statik temas açısının şematik gösterimi (Sierra-Fernandez, Gomez-Villalba, Rabanal, & Fort, 2017).

- Floropolimerler

Floropolimerler, taş koruması için kullanılan sentetik polimerler sınıfındadır. 21. yüzyılın başından bu yana, taş yüzeyler için koruyucu kaplamaların verimliliğini artırmak için polimerler üzerinde yapılan çalışmalar floropolimerlerde hidrofobikliğin artırılabilmesi hedeflenmiş ve başarılmıştır. Floropolimerler, yağ ve suya karşı dirençli olmaları, kirlenme önleyici özellikleri, yüzey gerilimini en aza indirmeleri gibi özellikleriyle çokça kullanılmaktadır. Floropolimerler yüksek stabilite ve hidrofobik özellikleri bakımından iyi ama maliyetli olan koruyucu malzemelerdir. Taş korumasında yapılan birçok çalışma bu polimerlerin koruma etkinliğinin, pürüzlülük ve gözeneklilik gibi yüzey özellikleri, hacimsel özellikler ve uygulama yöntemine göre farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur. Floropolimerlerin tüm çeşitleri taş malzemede özellikle oksidasyonla aşınmalara karşı koruma sağlamaktadır (Zucchelli, 2021; Princi, 2014).

2.6.5.2. Yeni Nanomalzemeler

Nanoteknoloji son zamanlarda evrensel kültürel mirasın korunması alanındaki uygulamalarla potansiyelini ortaya koymaya başlamıştır. Malzeme bilimi tarafından geliştirilen nanoteknolojik malzemelerden oluşan yenilikçi uygulanabilir çözümler nano

yapılı temizleme sıvıları, jeller, solüsyonlar ve dispersiyonlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Günümüzde yeni nanomalzemelerin mimari restorasyon alanında bozulma, temizlik, onarım ve koruma aşamalarında kullanımına sıklıkla rastlanmaktadır. Ayrıca son yıllarda bu nanomalzemelerin, hasarlı yapı malzemelerini konsolide etme ve koruma gibi özellikleri mimari koruma alanında başarıyla test edilmiş ve uygulanabilirliği kanıtlanmıştır. Fakat bu malzemelerin kültürel mirasın korunması ve restorasyonu uygulamalarında kullanılabilmesi için termal kararlılık, biyolojik ve kimyasal olarak inert olması, toksik olmaması, düşük maliyetli, çeşitli ortamlara iyi uyum sağlaması ve güneş spektrumunda iyi emilim gibi bir takım özelliklere sahip olması beklenmektedir. Uygulamalarda geri döndürülebilir sonuçlar elde edebilmek adına kullanılacak nanomalzemenin uygulama yapılacak eser uygun olup olmadığı detaylı analiz edilmeli ve araştırılmalıdır (Uyar Z. , 2024).

- Polimer Nanokompozitler

Mirasın korunmasında kullanılan nanokompozitlerin çoğu polimer nanokompozitlerden oluşmaktadır. Polimer nanokompozitler, nano dolguların ve nanopartiküllerin, boyutu 50 nm'nin altında olan polimer matris içinde dağıldığı kompozit türüdür. Polimer nanokompozitler geleneksel kompozitlerle karşılaştırıldığında mükemmel termal, mekanik bariyer özellikleri, termal direnç, geri döndürülebilirlik vb. özellikleri nedeniyle endüstride ve akademik dünyada oldukça popülerdir. Kültürel miras öğelerini korumak ve muhafaza etmek için kullanımında ise çeşitli nanopartiküllerin bir polimer içinde dağıtmanın güvenilir yolları bulunmuştur. Hem nanopartiküllerin hem de polimerik sistemlerin özelliklerinin birleştirilmesi yoluyla nanokompozit sentezi, sistemlerin belirli koruma sorunlarına göre uygun ürünün formüle edilmesinde ve çeşitli nanopartiküllerle istenen özelliklerin yakalanmasına esneklik tanımaktadır. Yüzeyin bozulmadan daha iyi korunması, daha iyi şeffaflık, optik berraklık ve daha uzun bir süre boyunca minimum sararma elde etmek amacıyla çeşitli miras yüzeyleri için koruyucu kaplama üzerinde çok sayıda yapılmış araştırma mevcuttur. Örneğin kaplamada kirlenme önleyici ve koruyucu özellikler sağlamak için titanyum dioksit (TiO_2) kullanımı; ahşap, kâğıt, mermer, diğer gözenekli taşlar ve özellikle bronz yüzeylerin korunmasında kil nanopartiküller ve boyalı yüzeyler başta olmak üzere çeşitli yüzeylerde temizlik maddesi olarak da kullanımına rastlamak mümkündür. Nanokompozitlerin bir parçası olarak; TiO_2 nanopartiküller, Ag nanopartikülleri, ZnO nanopartikülleri, bakır oksit (CuO) nanopartikülleri biyosidal özellikleri nedeniyle yalnızca taş ve diğer mimari yüzeylerde değil, aynı zamanda tarihi

öneme sahip metaller, kâğıt, papirüs ve ahşap eserler üzerinde de kullanılmaktadır (Becerra, Zaderenko, Gómez-Morón, & Ortiz, 2019; Kanth & Soni, 2023). Özellikle, ZnO çoğu organizmaya karşı uzun süreli antimikrobiyal aktivite, korozyon direnci, ultraviyole engellemenin yanı sıra fotokatalitik özellikler gibi olağanüstü nitelikler sunmaktadırlar. TiO₂ nanopartikülleri ise yüksek kimyasal stabilite, toksik olmama, yüksek foto reaktivitesi, düşük maliyeti ve çeşitli biyolojik kirleticilere karşı uzun süreli biyosit aktivite göstermesi gibi olumlu özellikleri sayesinde sürdürülebilir ve geri döndürülebilir bir malzeme olarak karşımıza çıkmaktadır (Kanth & Soni, 2023; Uyar Z. , 2024; Karkaş & Özgünler, Taş Koruma Yöntemlerindeki Teknikler ve Yenilikçi Yaklaşımlar. Trakya Üniversitesi, Edirne., 2021).



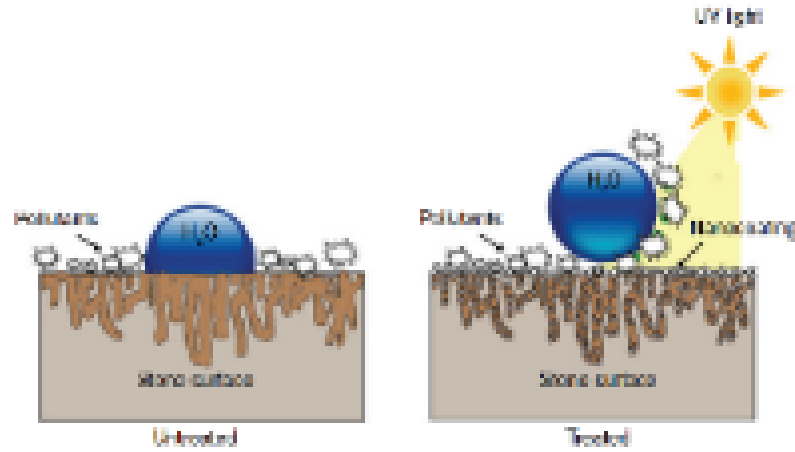
Şekil 157. San Leonardo di Siponto Kilisesi ZnO uygulaması/İtalya. a)Dış cephesi
b) Test alanlarının gösterimi (Uyar Z. , 2024).



Şekil 158. Villa dei Papiri'nin SE duvarında yer alan biyolojik bozunmaya TiO_2 uygulaması/ İtalya; Sırasıyla Şubat 2015, Nisan 2015 ve Eylül 2015'te duvar yüzeylerinde biyolojik kolonizasyonun durumu (Uyar Z. , 2024).

- Kendi Kendini Temizleyen Kaplamalar

Taş koruma alanına nano teknolojinin girmesiyle, kendi kendini temizleyebilen yüzey kaplamaları ve temizlenmiş yüzeylerin yeniden kirlenmesini engelleyen malzemeler ortaya çıkmıştır (Zakar, 2013). TiO_2 , fotokatalitik nano yüzey kaplama malzemelerinde organik kirleticilerin yok edilmesine yönelik yüksek stabilite, iyi performans ve amfifilik (hem hidrofilik ve hidrofobik özellikler taşıyan kimyasal bileşik) özelliklerinden dolayı yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu kaplamalar ışık etkisiyle üzerindeki kir oluşumunu yok edebilmekte yani kendi kendini temizleyebilmektedir. Unutulmamalıdır ki bu kaplamalar uygulandıkları yüzeyi temizleme özelliğine sahip değildir. Yalnızca, uygulandıktan sonra ışık etkisi altında, üzerlerinde biriken kirleri yok edebilmektedir. Yüzeyden gevşemiş ve ayrılmış yabancı maddeler daha sonra normal yağışla veya başka yollarla yıkanıp giderilebilmektedir. TiO_2 , nanoparçacıkları beyaz taşlara uygulandıktan sonra yüzeylerde renk ve parlaklık değişikliği oluşturmamaları, toksik bileşen içermemeleri, fotokatalitik bir uygulama olarak uzun süreli stabilitelerinin olması gibi temel avantajlara sahiptir. Fakat koyu renkli taşlara uygulanması taş yüzeyinde beyaz lekelenmelere neden olabilmektedir. Aynı zamanda TiO_2 , nanoparçacıkları ile taş yüzeyi arasındaki zayıf kimyasal bağlar, malzemenin yüzeyden çıkarılmasını kolaylaştırırken ömürlerini azaltmaya sebebiyet vermektedir. Bu dezavantajları ortadan kaldırmak içinse TiO_2 , nanoparçacıkları, sağlamaştırıcılarla karıştırılarak farklı kombinasyonlarda kompozit olarak uygulamalar gerçekleştirilmektedir (Zakar, 2013; Sierra-Fernandez, Gomez-Villalba, Rabanal, & Fort, 2017).



Şekil 159. İşlenmemiş ve işlenmiş taş yüzeylerdeki kendi kendini temizleme işlemlerinin şematik gösterimi (Sierra-Fernandez, Gomez-Villalba, Rabanal, & Fort, 2017; Karkas, 2020).



Şekil 160. İtalya'da Monza Katedrali'nde TiO_2 nanoparçacıkları ile yapılan koruyucu-su itici yüzey uygulaması (Gherardi, Gulotta, Goidanich, Colombo, & Toniolo, 2017).

- Antibakteriyel Taş Kaplamalar

Biyolojik bozulma, dış mekân taş mirasının ana bozulma süreçlerinden biridir. Mikroorganizmalar, metabolik süreçleri sırasında salgıladıkları enzimler ve organik asitler nedeniyle taşın bozulmasında rol oynamakta olup, taş mirasına oldukça zarar vermektedir. Bu nedenle, son yıllarda önemli çalışmalar, konsolidantların, su iticilerin kombinasyonunun uygulanmasını içeren yenilikçi stratejiler üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu bağlamda, nanoyapılı metal oksitler biyolojik bozulmanın kontrolünde etkili bir araç olabilmektedir. Taş mirasına

yönelik biyolojik büyümeye karşı koruyucu tedaviler elde etmek amacıyla bakır (Cu) nanopartiküllerinin polimer matrislerle bir araya getirilmesinden ortaya çıkacak sonuçlar ortaya konmuştur. Son zamanlarda farklı taşlar (mermer, kumtaşı ve alçı) üzerinde konsolidant veya su itici ürünlerin Cu nanopartikülleri ile karışımlarının antimikrobiyal etkinliğini araştırmış ve bu karışımların biyolojik büyümesini üç yıl boyunca engellediğini ortaya çıkarmıştır (Pinna, Salvadori, & Galeotti, 2012).

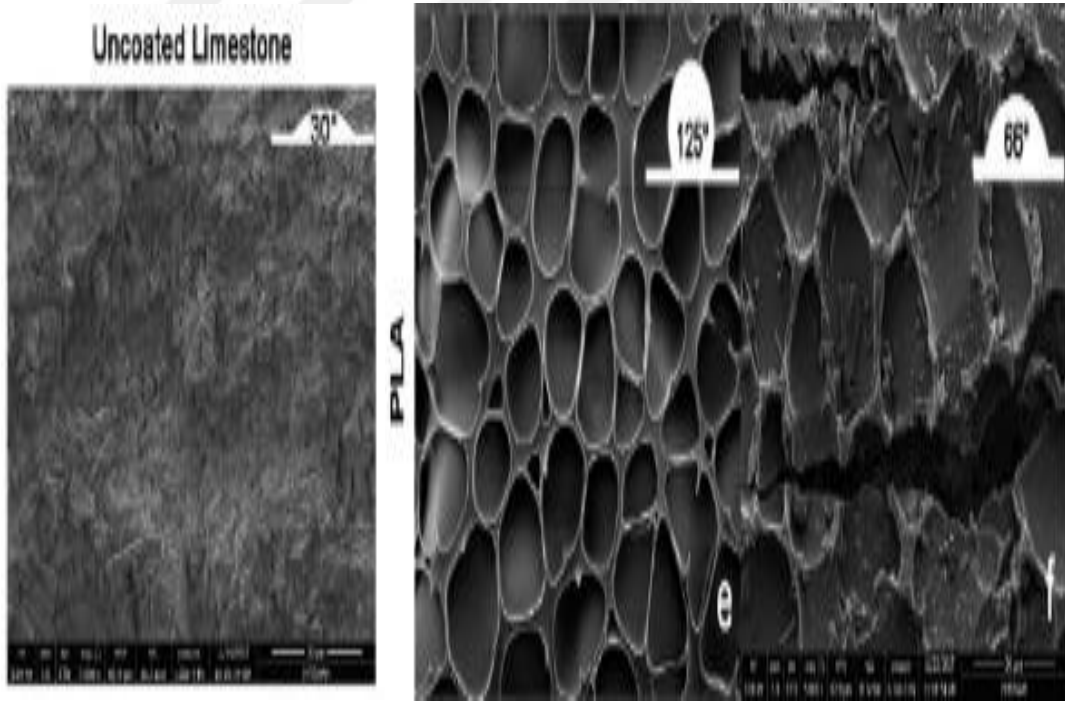
Öte yandan son zamanlarda uzun süredir güçlü bir antimikrobiyal olarak yaygın şekilde kullanılmakta olan gümüş (Ag) nanoparçacıklarının taş mirası için antimikrobiyal kaplama olarak kullanılması üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Kültürel mirasa yaygın olarak uygulanan farklı taş türleri (sıva, bazalt ve kalsit) üzerinde yapılan çalışmalarda gümüş (Ag) nanoparçacıkların, kültürel mirasın korunması için seçilen dozlara büyük ölçüde gelecek vaat eden antimikrobiyal ajanlar olduğunu saptanmıştır. Ayrıca beyaz renkli olmasından ve kültürel mirası korumada istenen gereklilikleri daha iyi karşılamasından dolayı nanoyapılı çinko oksidin (ZnO); biyolojik olarak güvenli ve biyouyumlu olduğu ve yüzey kimyasal aktiviteleri nedeniyle antibakteriyel ve antifungal aktiviteye sahip olduğu ortaya konmuştur. (Sierra-Fernandeza, Gomez-Villalba, Rabanal, & Fort, 2017)

2.6.5.3. Biyopolimerler

“Kültürel Mirasın Yeşil Korunması” gibi birçok ulusal ve uluslararası konferans, Europa Nostra ve ICOMOS'un kültürel mirasta yeşil malzeme ve metodolojilerin tanıtılması yönündeki girişimleri gibi kültürel miras için yeşil ve sürdürülebilir alternatiflerin gerekliliğini değerlendirmesinin sonucunda biyopolimerlerin kullanımı koruma alanında yer edinmeye başlamıştır (Balliana, Ricci, Pesce, & Zendri, 2016). Taş kültür mirası için koruyucu kaplama alanındaki uygulaması oldukça yeni olan ve geliştirilmiş yeni malzemeler arasında yer alan biyopolimerler, yüksek geri döndürülebilirlik, biyolojik olarak parçalanabilirlik ve eko-sürdürülebilirlik özelliklerinden dolayı kültürel mirasta alanında sentetik-petrol bazlı polimerlerin yerini almıştır. Biyopolimerler, doğal ve sentetik olarak iki sınıftan oluşurlar. İlki polisakkaritler (nişasta, kitin, selüloz) gibi canlı organizmalar tarafından "doğrudan" sentezlenen, kullanıldıkları formda olan polimerleri tanımlarken; ikinci sınıfı ise sentetik yollarla yenilenebilir kaynaklardan elde edilen polimerleri tanımlamaktadır. Bu, özellikle taş korumada en çok araştırılan biyopolimerler malzemeleri oluşturan PLA-polilaktik asit'dir (Zucchelli, 2021).

- PLA

PLA-Polilaktik asit, mısır nişastası veya şeker kamışı gibi yenilenebilir kaynaklardan elde edilebilmektedir bu yüzden petrol bazlı malzemelere alternatif oluşturmaktadır. Son zamanlarda yapılan araştırmalara göre en umut verici polimerler arasında yer alan PLA; biyolojik olarak parçalanabilirlik ve üretilen yan ürünlerin düşük toksisiteye sahip olması gibi benzersiz özelliklere sahiptir. Tarihi binaların yapı malzemelerinin dış yüzey koruması için bir kaplama olarak PLA'lar son zamanlarda yeni bir uygulama olarak kullanılmaktadır. Tersine çevrilebilirliğin, koruma için temel bir koşul olarak öngörüldüğü düşünüldüğünde, orijinal yüzeyde herhangi bir hasar bırakmadan yenilenebilmesi ile dikkat çekmektedir (Pednaa, Pinhoa, Fredianib, & Mosqueraa, 2015). PLA benzer koruma gösteren Paraloid B72 ve PHB'lere nispeten, hidrofobiklik açısından uygulandığı yüzeylerde daha hızlı bozulmaya uğrarken zamanla taş yüzeyinde meydana getirdiği renk değişimi Uluslararası Tarihi Anıtlar ve Yapıları Koruma Topluluğu'nun belirlediği değerden ve gözün algılayabileceğinden daha düşüktür. (Kaplan, Böke, Sofuoglu, & İpekoğlu, 2019).



Şekil 161. PLA uygulanmadan önce taş yüzeyi hidrofobikliği, PLA uygulandıktan ve yaşlandırma testine tabi tutulduktan sonra hidrofobiklik –SEM görüntüleri (Kaplan, Böke, Sofuoglu, & İpekoğlu, 2019).

- SiO₂ - Florlu PLA

Taş ve benzeri yapı malzemeleri üzerinde geri dönüşümlü ve yüksek oranda hidrofobik kaplamalar üretmek için basit ve düşük maliyetli olan aflorlu polilaktit kopolimerin SiO₂ nanopartikülleri ile karıştırılmasıyla elde edilmektedir. Bu kaplamaların; püskürtme, fırçalama veya çözelti dökümü gibi çeşitli basit yöntemlerle yapı malzemesinin dış yüzeyine sıcaklık, nem ve rüzgâr gibi normal dış koşullar altında uygulaması yapılabilmektedir. SiO₂-Florlu PLA'lar taş yüzeyinin estetik özelliklerini korumanın yanı sıra taşın nefes alabilirliğini önemli ölçüde değiştirmedeği gibi organik bir çözücü yardımıyla, kloroform vb, taş yüzeyine uygulanan çözeltinin kolaylıkla uzaklaştırılabileceğini ve geri döndürülebileceğini göstermektedir (Pednaa, Pinhoa, Fredianib, & Mosqueraa, 2015; Sierra-Fernandeza, Gomez-Villalbaa, Rabanal, & Fort, 2017).

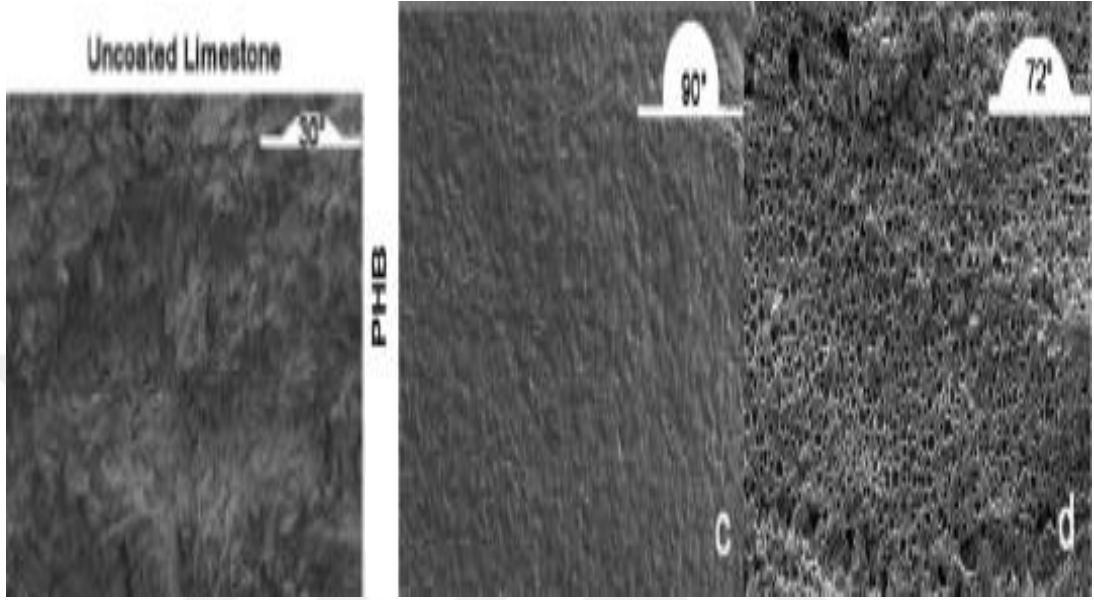
- PHA

PHA'lar, geçen yüzyılın başından beri farklı alanlarda iyi bilinen, doğal olarak sentezlenen termoplastik doğrusal polyesterlerin bir sınıfıdır. Son zamanlarda kendilerine özgü özellikleriyle fonksiyonel çözümlerin geliştirilmesinde birçok alanda önemli rol oynamaktadırlar. Kültürel mirasta taşların korunmasında PHA'ların kullanımı; içsel hidrofobik yapıları, taş yüzeyi ile olumsuz etkileşimleri önleyen düşük asitlik, biyolojik olarak parçalanabilirlik, su iticilik ve tersine çevrilebilirlik gibi çeşitli özellikleri nedeniyle taş yüzeyine uygulanabilecek potansiyel bir yüzey koruyucudur (Kaplan, Böke, Sofuoglu, & İpekoğlu, 2019; Andreotti, Franzoni, Esposti, & Fabbri, 2018).

- PHB

PHA sınıfındaki en yaygın polimerdir. PHB, tıpkı PLA gibi tersinirlikleri biyolojik olarak parçalanabilirlikleri, iyi hidrofobik davranışları ve dış mekân maruziyetinin kireçtaşı yüzeyleri üzerindeki etkilerini azaltmada hava koşullarına karşı iyi stabiliteleri nedeniyle koruyucu ajanlar olarak tercih edilen polimerler arasındadır. Paraloid B72, PHB, PLA gibi polimerlerden oluşturulmuş tüm kaplama maddeleri üzerinde yapılan çalışmada, hızlandırılmış yaşlandırma testleri vasıtasıyla kimyasal, fiziksel ve optik değişikliklerin olduğu hava koşulları altındaki değişimler kaydedilmiştir. Sonuçlar PHB'lerin, benzer koruma özelliği gösteren PLA'ya göre daha iyi hidrofobik davranış gösterdiğin ortaya koymuştur. PHB'ler genel olarak geri döndürülebilirlik, biyolojik olarak parçalanabilirlikleri, düşük kromatik değişimleri ve dış mekân maruziyetinin taş yüzeyleri

üzerindeki etkilerini azaltmada hava koşullarına karşı iyi stabiliteleri nedeniyle koruyucu ajanlar olarak uygun polimerler sınıfında yer almaktadır (Kaplan, Böke, Sofuoglu, & İpekoğlu, 2019).



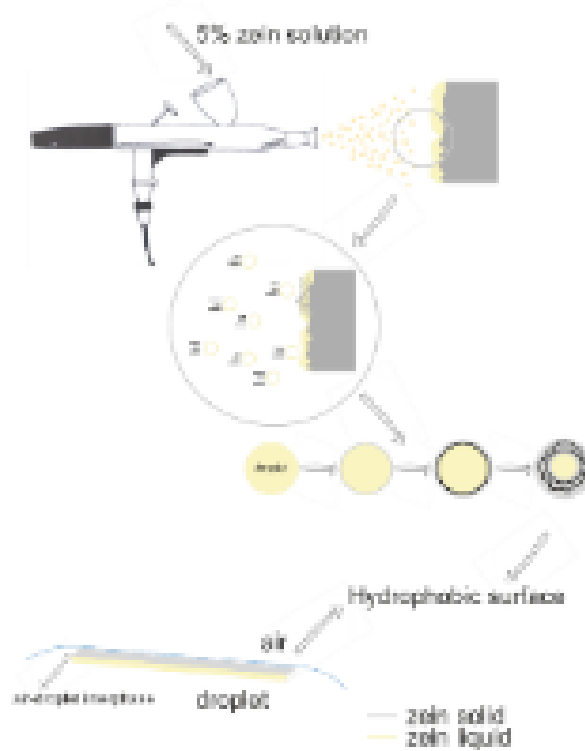
Şekil 162. PHB uygulanmadan önce taş yüzeyi hidrofobikliği, PHB uygulandıktan ve yaşlandırma testine tabi tutulduktan sonra hidrofobiklik-SEM görüntüleri (Kaplan, Böke, Sofuoglu, & İpekoğlu, 2019)

- PHBVV

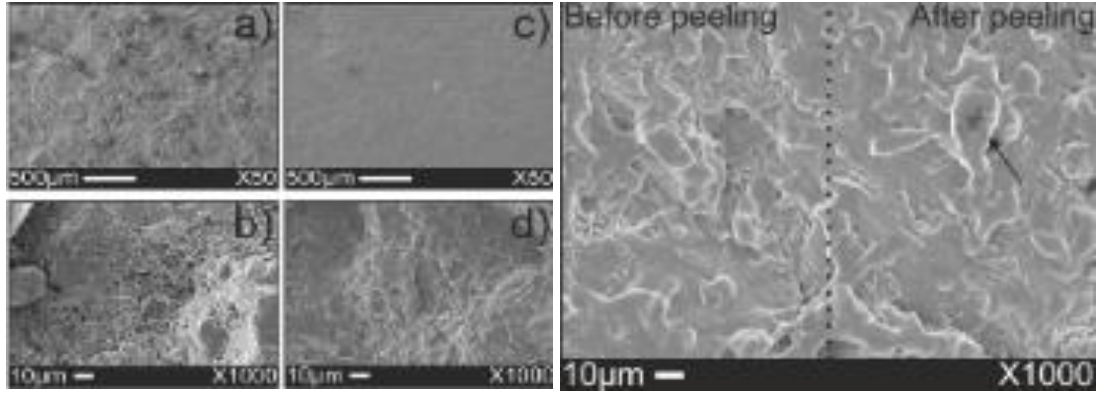
PHBVV taş malzemede koruyucu tedavi olarak kullanılan PHA'lara dayalı olarak üretilmektedir. Yapısı nedeniyle, PHB'den daha az kristalli, daha esnek ve daha dayanıklı bir kopolimerdir. PHBVV hidrofiklik, uygulandığı yüzeydeki su geçirimsizliğini önemli miktarda azaltma gibi faktörler göz önüne alındığında PHB'ye nazaran daha iyi bir performans göstermektedir. Biyopolimer sınıfında yer alan bu malzeme su iticiliği sona erdiğinde, herhangi bir tehlikeye veya etki yaratmadan taş yüzeyinde bir kalıntı bırakmadan tamamen kaybolmaktadırlar. Bir sonraki koruma çalışmalarında öngörülemeyen sonuçlara neden olmadıkları için geri dönüşümlü malzeme olarak sınıflandırılabilirler. Fakat bu malzeme üzerinde diğer geri dönüşümlü müdahalelerde olduğu gibi farklı taş türleri için daha fazla deneysel araştırma yapılması gerekmektedir (Andreotti, Franzoni, Esposti, & Fabbri, 2018).

- Zein

Zein, geri döndürülebilir ve yüzeyden kaldırılabilir olması gibi önemli özellikleriyle tarihi yapı malzemelerinin korunmasına yönelik gereklilikleri karşılayabildiği için uygun bir yüzey kaplama koruyucu alternatifi olarak karşımıza çıkmaktadır. Zein, özellikle tahıllarda bulunan prolaminler olarak bilinen protein sınıfına aittir. Bünyesinde yüksek oranda aminoasit içeriği, zeine suda çözünmez, hidrofobik özellik vermektedir. Bugüne kadar çeşitli yapıştırıcıların üretiminde, çoğunlukla yenilenebilir ve biyolojik olarak parçalanabilir malzeme olarak kullanılmıştır. Zeini çözmek için farklı solventler kullanılmaktadır. Fakat çözme işleminin başarısı gözeneklilik gibi taş malzeme özelliklerinin yanı sıra uygulama yöntemi ve farklı katkı maddelerin birleşimine bağlı olarak değişiklik gösterir. Bu katkı maddeleri ve birleşimleri dikkatli bir şekilde ayarlanmalıdır. Ancak bu şartlar altında doğal taşların korunmasına yönelik zein bazlı koruyucu bir kaplamanın geri döndürülebilirlik, biyolojik olarak parçalanabilirlik ve eko-sürdürülebilirlik özelliklerini başarılı olması söz konusudur. Zucchelli'nin yaptığı çalışmada zein kullanılarak elde edilen sonuçlara göre; geliştirilen yüzey kaplama malzemelerinde biyolojik olarak parçalanabilirlik, işlemin geri döndürülebilirliği ve yüzeyden çıkarılabilirliği yapılan testler vasıtasıyla doğrulanmıştır (Zucchelli, 2021).



Şekil 163. Zeinin taş yüzeyine uygulanması (Zucchelli, 2021).



Şekil 164.Solda: zein uygulanmadan önce taş yüzeyi (a,c), zeinin uygulandıktan sonra taş yüzeyinde oluşturduğu pürüzsüzlük (c,d); sağda zeinin taş yüzeyden kaldırıldıktan sonra herhangi bir zarar vermediği gözlemlenmektedir (Zucchelli, 2021).

2.6.6. Taş Yüzeyi Temizliği

Temizleme işlemleri, sanat eserinin yüzeyinden stabilite ve estetik gereksinimler için istenmeyen birikintilerin uzaklaştırılmasına dayanmaktadır. Temizleme eyleminin alttaki orijinal malzemeler üzerindeki etkisini en aza indirmek için eylem, birikintiler ile işlenecek yüzey arasındaki ara yüzle sınırlandırılmalıdır. Geleneksel lapaların saf veya harmanlanmış solventlerle birlikte yüzey temizliğinde kullanılması, önceden en yaygın olarak kullanılan tekniktir. Ancak son zamanlarda yapılan çalışmalarla bazı temizlik işlemlerinde bu yaklaşımın, orijinal malzemelere zarar verebileceği ve geride kalıntı bırakabileceği için yetersiz kaldığı ortaya konmuştur. Bu zararlar; çözücülerin boyanın alt katmanlarına yayılma ve boyayı şişirme olasılığı, temizleme işlemi sırasında uygulanan mekanik etkinin boya tabakasına hasar vermesi ve uçucu organik solventlere maruz kalma nedeniyle sağlık riskleri olarak sıralanabilmektedir (Alemam, 2021).

Taş yüzeyi temizliğinde kullanılan bu solventler ve çözücülerin dezavantajları kontrol edebilen yeni sistemlerin geliştirilmesinde itici bir güç oluşturmıştır. Bu sorunları karşı daha kontrol edilebilir ve geri döndürülebilirliği mümkün seçici bir temizleme aracı olarak solventler ve temizlik maddeleri için bir taşıyıcı olarak ‘‘çözücü jeller’’ adı verilen çok sayıda jel karışımı geliştirilmiştir. Koruma-restorasyon alanında bahsi geçen (polivinil alkol-boraks, poli-2-hidroksietil vb.) hidrojel örneklerinin tümünde, eklenen ikinci polimer, elde edilen hidrojin özelliklerini spesifik temizleme ihtiyaçlarının kriterlerini karşılayacak şekilde optimize etmektedir (Alemam, 2021).

2.6.6.1. PVA-B

Boraks ile çapraz bağlanmış PVA polimerinden oluşan polivinil alkol-boraks (PVA-B) konservatör-restoratörler için alternatif bir temizleme ürünüdür. PVA-B viskoelastik bir davranışla karakterize edilmektedir ve koruma-restorasyon camiasında yaygın olarak kullanılan hidrojel arasında yer almaktadır. Bu ürünlerin esnekliği, kaba bir dokuya sahip yüzeylere uyumunu kolaylaştırmaktadır. Aynı zamanda basit bir cımbız yardımıyla yüzeyden tek parça halinde soyulabilmektedir. Fakat PVA-B hidrojellerinin uygulanabileceği yüzeylerle ilgili bazı sınırlamalar vardır. Jelin bazı gözenekli yüzeylere (bazı ahşap, alçı türleri vb.) yapışıp kalıntı bırakabildiği ve yüzeyden kolayca temizlenemediği ortaya konduğu için bu malzemelerde kullanımında dikkat edilmelidir (Alemam, 2021).

2.6.6.2. PVA-B/AG

PVA-B sisteminin özelliklerini geliştirmek için sert hidrojel agaroz ile karışımından elde edilen PVA-B/AG hidrojel, istenildiği gibi kolayca şekillendirilebildiği, boyalı yüzeylere kolayca uygulanabildiği ve çıkarılabildiği için iyi bir işlenebilirliğe sahiptir. Rölyefli yüzeylerde ve duvar resmi uygulamalarına uygun olacak şekilde dikey pozisyonda uygulaması yapılabilmektedir. Karışımın kendi kendini iyileştirebilme ve yüzeyden akmadan uzun temas süresi boyunca sabit kalma özelliği vardır. PVA-B/AG hidrojelinin işlenmiş yüzeylerde herhangi bir kalıntı bırakmadığı ortaya konmuştur. Ancak çok gözenekli bir yüzeye uzun uygulandığında kalıntı bırakması muhtemeldir. Bu nedenle temas süresini belirlemek amacıyla ön testler yapılmalıdır. (Alemam, 2021).

PVA-B/AG karışımı hidrojel uygulaması, duvar resminden bozulmuş sağlamlaştırıcı katmanların çıkarılmasında; orijinal mat yüzeyi onarmış ve sararmış/koyu görünümünü ortadan kalmıştır. Üstelik tüm bu işlem boyunca orijinal boya katmanına hiçbir zarara sebebiyet vermemiştir. Yapılan farklı araştırmalar ve analizler, hidrojelin hiçbir şey bırakmadığını işlenen yüzeydeki yüzey kalıntıları, boya tabakasında herhangi bir değişikliğe neden olmadığını ve verniğin, boyanın alttaki katmanlarına sızmasına neden olmadığını doğrulamıştır. Müdahale büyük ölçekte uygulanabilmektedir (Alemam, 2021).



Şekil 165.PVA-B/AG ile duvar yüzeyinde temizleme a) öncesi b)sonrası (Alemam, 2021).

2.6.6.3. Nanoyapılı Temizleme Sıvıları

Tarihi ve kültürel miras eserlerinin koruma ve onarımlarında yapılan ilk işlemlerin başında temizlik gelmektedir. Bu işlem yüzeyden kir, toprak, doğal ve sentetik kaplamalardan yapıştırıcılar ve verniklere kadar çeşitlenmektedir. Hatta bu kirler zamanla koyulaşabilmekte, bozulabilmekte, estetik değişikliklere ve fiziko-kimyasal bozulmalara sebebiyet verebilmektedir. Yüzeyden kaldırılması zor hale gelen bu kirler işlem sırasında dikkatli bir şekilde ve uygun malzemelerle çıkartılmalıdır. Bu anlamda temizleyici kimyasal sıvılar, poliakrilatlar ve vinil asetatlar gibi sentetik hidrofobik kaplama uygulamaları ve geleneksel kimyasal yüzey temizliğinde kullanılan aseton, benzilalkoller ve ksilenler gibi malzemeler duvar resimleri vb. yüzeylerin fiziko-kimyasal özelliklerini büyük ölçüde değiştirmekte orta veya uzun vadeli hasara neden olabilmektedir. Son yıllarda kültürel mirasın korunması yönünde en dikkat çekici gelişme olan nano yapılı temizleme sıvıları ise duvar yüzeyinde bulunan renk pigmentlerine zarar vermeden ve herhangi bir pigment kaybına neden olmadan yüzeydeki kirlerin temizlenmesini sağladığından geri döndürülemez hasarlara neden olan geleneksel temizleyicilere önemli bir alternatif oluşturmaktadır (Uyar Z. , 2024).



Şekil 166. Nasıra'daki Müjde Bazilikası duvar resimlerinde Nanoyapılı temizleme sıvısı uygulanması /İsrail. (Üst) Restorasyon öncesi. (Alt) Restorasyon sonrası.

2.6.7. Taş Malzemede Onarım ve Sağlamaştırma

Doğal taşlar, maruz kaldığı yağmur, donma-çözülme döngüleri, yeraltı suları, yüzeyden emilen sular gibi etkenler nedeniyle yüzeylerinde çatlaklıklar, biyolojik oluşumlar, çiçeklenmeler, tuzlanmalar, yüzey kopmaları, yüzey kayıpları ve mukavemet kaybı meydana gelmektedir (Uyar Z. , 2024). Bu amaç doğrultusunda oluşturulan, taş malzemede birleştirme ve koruma kapasiteleri sayesinde kültürel miras eserleri için kullanılan sentetik organik malzemeler, organo-silikon malzemeler ve nano-sağlamaştırıcıların kullanımına rastlanmaktadır. Bu başlık altında, taş malzemelerin koruma ve onarımın sağlanması için geri döndürülebilirliği mümkün olmayan epoksi reçineler vb. malzemelerden, geri döndürülebilirliği mümkün yenilikçi nanopartikül dispersiyonlara kadar geniş bir yelpazede karşılaştırılmasının yapılması hedeflenmektedir.

2.6.7.1. Sentetik Organik Malzemeler

Taş yapıtları korumak için kullanılan polimerlerin çoğu sentetik kökenlidir. Sentetik polimerler taşı suyun etkisinden korumak, aynı zamanda alt katmana yapışmayı ve uyumluluğu sağlamak, su buharı geçirgenliği ve renk değişimlerini önlemek için koruyucu

müdahaleler gerekli olmaktadır. Bu malzemeler yüzeyin dayanıklılığını ve geri döndürülebilirliğini garanti etmesi gerekmektedir. Bu anlamda sentetik polimerler iki veya daha fazla bileşenin karışımları, su iticilik(hidrofobi) ve şeffaflık gibi umut verici özelliklerinden dolayı taş korumada koruyucu kaplamalar olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Taş malzemelerin onarım ve sağlamlaştırmasında kullanılan sentetik organik malzemeler başka bir tabirle sentetik polimerler, akrilik reçineler (polimerler) ve epoksi reçineler olarak iki başlık altında toplanmaktadır(Zucchelli, 2021).

- Akrilik (Reçineler) Polimerler

1960'lardan beri silikon bazlı polimerler ve akrilatlar çeşitli koruma amaçlarıyla yaygın olarak kullanılmıştır. Akrilat ve metakrilat polimerleri, verniklerin, boyaların, yapıştırıcıların içeriğinde; taş, ahşap ve tuğla gibi farklı yüzeylerin korunması ve birleştirilmesinde büyük ölçüde kullanılmaktadır. Etil metakrilat (EMA) ve metil akrilat (MA)'dan elde edilen Paraloid B72, taş için koruyucu kaplama olarak kullanılan ilk akrilik reçinelerden biridir. Test edilip uygulanmış olan akrilatlar arasında, Paraloid B67 ticari adıyla bilinen poli(metil metakrilat- PMMA) ve poli(izobutil metakrilat- PiBMA) ise taş yüzeyinde iyi film oluşturma kabiliyetleri, iyi yapışma özellikleri, şeffaflıkları ve orta derecede su iticilikleri sebebiyle uzun süredir taşların ve fresklerin korunmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Son zamanlara kadar akriliklerin oksijene ve UV ışınlarına karşı dayanıklı olduğuna, yaşlandıkça çözünürlüklerini koruyabildiklerine ve dolayısıyla geri dönüşümlü olduklarına bilinmekteydi (Karkaş, 2020). Fakat çeşitli çalışmalar uzun süreli UV ışığına maruz kalmanın, nemin ve aşırı sıcaklık değişimlerinin akrilik polimerlerin istenmeyen bozunmasına, bazı durumlarda kaplamanın tamamen ortadan kalkmasına sebebiyet verdiğini ortaya çıkartmıştır. Meydana gelen bu reaksiyonlar su geçirmezlik davranışının azalması, sararma ve polimerik tabakanın ayrılması şeklinde sonuçlandığı gibi çeşitli çalışmalarda alt tabakadan zor ve bazen imkânsız bir çıkarılabilirlik gözlemlenmiştir. Bu olası bir restorasyon müdahalesi için dramatik ve geri dönüşü mümkün olmayan bir etki yaratmaktadır (Zucchelli, 2021).

- Epoksi Reçineler

Epoksi reçineler taş gibi geleneksel malzemelerin sağlamlaştırılmasının yanı sıra yapıştırıcı, boya, parlaticı ve sentetik harç gibi kullanımlarla karşımıza çıkmaktadır. Epoksi reçineler iyi bir penetrasyon sağlamak için genellikle çok yoğun olarak kullanılırlar. Restorasyon uygulamalarında en çok tercih edilen epoksi reçine türleri; epiklorohidrin ve bisfenol A'dır. Epoksi reçineler, güneş ışığına maruz kalırsa, tebeşirlenme eğilimi ile taş

yüzeyde beyaz bir toz halinde oluşum göstermektedirler. Fakat taş gözenekleri tamamen doldurma eğiliminde olan epoksiler farklı termal genişlemesinden kaynaklanan gerilmeler sonunda taş malzemede bozulmalara sebebiyet vermektedirler. Bütün bu olumsuz özellikleri ve dönüşümsüz (irreversible) olmaları gibi sebeplerle epoksiler, tarihi taş yapılarda uygun bir sağlamlaştırma malzemesi değildirler (Henry, 2015; Karkas, 2020).

2.6.7.2. Organo-Silikon Malzemeler

Organo-silikon malzemeler, taşın gözenekli yapısı içinde bir sol-jel işlemi ³ile polimerize olarak malzeme bütünlüğünü önemli ölçüde arttırmaktadır. Suyun atmosferden, taşın kendisinden gelebildiği veya ilave edilebildiği polimerizasyon işlemi, taş yüzeyinde bulunan hidroksil grupları ile bir hidroliz reaksiyonu olarak başlar. İkinci olarak karışımı karışabilir hale getirmek ve ürün viskozitesini azaltmak, böylece taşa nüfuz etmesine yardımcı olmak için bir çözücü gerekebilmektedir. Polimerizasyondan sonra, su ile temas nedeniyle silikon-oksijen omurgasına sahip stabil bir jel oluşmaktadır. Oluşan siloksan bağlantıları içeren polimer, taşa gereken mukavemeti, sağlamlaştırıcı etkiyi ve kimyasal stabiliteyi vermektedir. Organo-Silikon malzemeler alkoksisisilanlar ve alkil alkoksisisilanlar, alkalin Silikatlar, Florosilikon bileşikleri olarak 3 gruba ayrılmaktadır.

- Alkoksisisilanlar ve Alkil alkoksisisilanlar

Alkalin silikatlar, florosilikon bileşikleri, alkoksisisilanlar ve alkil alkoksisisilanlar, etil silikatlar, trimetoksümetilsilanlar, polisiloksanları kapsamaktadır. Alkoksisisilanların en önemli özelliklerinden biri, düşük viskoziteli ve küçük yapısal monomerik molekülleri sayesinde gözenekli taş içine derinlemesine nüfuz edebilmeleridir. Bu malzemelerle yapılan uygulamalar, malzeme bütünlüğünü önemli ölçüde artırmaktadır. Küçük yapısal monomerik moleküllerinden dolayı gözenekli taş içine derinlemesine nüfuz etme kabiliyeti olan alkoksisisilan, en önemli organo-silikon malzemeler arasındadır ve son yıllarda en çok kullanılan sağlamlaştırıcıdır. Alkoksilanların Metiltrimetoksisisilan (MTMOS), metiltrioksisisilan (MTEOS), tetraetoksisisilan (TEOS) ve alkilalkoksisisilanlar ve alkoksisisilan-akrilik polimer karışımları gibi başka türleri de vardır (Karkas, 2020; Karkas & Özgünler, Taş Koruma Yöntemlerindeki Teknikler ve Yenilikçi Yaklaşımlar. Trakya Üniversitesi, Edirne., 2021).

³ 1 ila 100 nm çapında katı parçacıkların bir sıvı içinde dağılmasıdır.

- Alkalin Silikatlar

Alkalin Silikatlar, potasyum silikat, sodyum silikat gibi malzemelerin çözücülerle hidrolizi sonucu meydana gelmektedir. Bu hidroliz reaksiyonu çok hızlı bir şekilde gerçekleşir ve yüzeyin yakınında büyük miktarda silika jel biriktirmektedir. Bu durum sonucunda da hasarlı taşın çekirdeğine ulaşması gereken sıvının, daha fazla erişimi engellenmiş olmaktadır. Sonuç olarak, alkalin silikatlar tüm taş yüzeyde kısa sürede kaybolma olasılığı yüksek, düşük kohezyonlu sert bir kabuk oluşmasına neden olabilmektedir (Doehne & A.Price, 2011; Karkas, 2020).

- Florosilikon Bileşikler

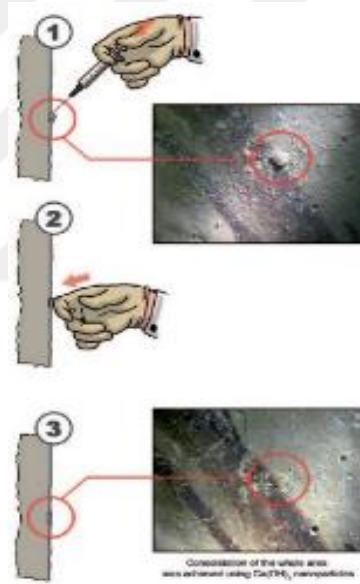
Florosilik asitin metalik tuzları, alkalin silikatlara alternatif bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Florosilikatlar, kalsiyum karbonat ile reaksiyona girerek silika jel ve çözünmeyen florür oluştururlar ve bunlar sağlamlaştırıcı aynı zamanda da su itici özelliğine sahip bileşiklerdir. Magnezyum ve çinko florosilikat karışımı, taş yapıların restorasyonunda sağlamlaştırıcı olarak bir süre kullanılmasının ardından atmosfer etkilerle birlikte yüzeylerde bozulma belirtileri gösterdiği için kullanımına son verilmiştir. Florosilikatlar, aynı zamanda kumtaşı ve kalker gibi taşlar üzerinde renk değişikliği, taşta zarar veren çözünür tuzların oluşmasına sebep olduğu ve taş yüzeyde beyaz lekelenmeye sebep olmaktadır (Doehne & A.Price, 2011; Henry, 2015).

2.6.7.3. Nano- Sağlamlaştırılar

Taş malzemelerin sağlamlaştırmasında kullanılan nanomalzemelerin yapısı, doğal taş ile son derece uyumlu sağlamlaştırıcı üretilmesini ve farklı malzemelerle çeşitli kombinasyonlarda nanokompozit uygulamalar yapılabilmesini mümkün hale getirmektedir. Bu sağlamlaştırıcılar aynı zamanda epoksi reçine ve akrilik reçinelerin geri dönüşümsüz müdahalelerine karşılık iyi birer geri döndürülebilir müdahale alternatifi oluşturmaktadır. Taş koruma çalışmalarında, günümüzde en çok araştırma yapılarak kullanılan sağlamlaştırıcı nano-sağlamlaştırıcı malzemeler; kalsiyumhidroksit nanoparçacıkları (nano-kireç), silikondioksit nanoparçacıkları (nano-silika), hidroksiapatit nanoparçacıkları (nano-hidroksiapatit) olarak karşımıza çıkmaktadır (Sierra-Fernandeza, Gomez-Villalba, Rabanal, & Fort, 2017; Karkas & Özgünler, Taş Koruma Yöntemlerindeki Teknikler ve Yenilikçi Yaklaşımlar. Trakya Üniversitesi, Edirne., 2021).

- $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – Kalsiyum Hidroksit

Kalsiyum Hidroksit başta kireçtaşları olmak üzere karbonatlı taşlarda ve harçlarda sağlamlaştırıcı olarak karışımıza çıkmaktadır. Bağıl nem, sıcaklık değişiklikleri, dış ve iç etkenlere karşı hassas olan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ nanoparçacıkları, ıslak koşullarda atmosferik karbondioksit maruz kaldığında, karbondioksit ile reaksiyona girerek karbonatlaşma olarak adlandırılan kalsiyum karbonat oluşturmaktadır. Yeniden yüzeye yapıştırılması gereken ayrılmalarda ve pullanma şeklinde meydana gelen döküntülerin olduğu durumlarda, taş yüzeyi ile pullanan kısmın arasına karışımın şırıngayla enjekte edilmesiyle uygulanmaktadır. Yapılan bu kalsiyum hidroksit $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ile oluşturulmuş nanopartikül dispersiyonu noktasal uygulaması sayesinde, yüzeyi sağlamlaştırmak ve yüzey pigment renklerini eski haline getirerek eser yüzeyinde oluşan kopmayı önlenmesi mümkün hale getirilmektedir (Uyar Z. , 2024; Karkas, 2020) .



Şekil 167. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ Nanoparçacıklı karışımli dispersiyon uygulaması gösterimi
(Uyar Z. , 2024)

Bu uygulama ile ilgili bir çalışma ülkemizde yer alan Beyazıt Camii'sinin kesme taş yüzeylerinde yapılmıştır. Yapılan çalışmada günümüzde restorasyon uygulamalarında sıkça kullanılan epoksi reçine bazlı konsolidasyonlar ile nanopartikül dispersiyonları uygulamalarının karşılaştırılması hedeflenmiştir. Deneylerden elde edilen sonuçlara göre nano tedavi yöntemleri, piyasada mevcut olan en iyi kalite epoksi reçine ile uygulama yapılmasına rağmen oldukça başarılı sonuçlar ortaya koymuştur. Ayrıca epoksi reçine yapı malzemesi üzerinde penetrasyon sonrası geri dönüşü mümkün olmayan hasar, doku farklılaşması ve renk değişiklikleri meydana getirmiştir. Dölgen' göre Avrupa'da özellikle

Almanya ve İtalya’da son yıllarda uygulamaları etkin olarak başlatılan nano formülasyonlarla restorasyon tedavilerinin şu an günümüzde uygulanabilecek ve tercih edilebilecek en doğru tedavi şekli olduğu gerçeğini yapılan testler vasıtasıyla ortaya konmuştur (Dölgen, 2016; Uyar Z. , 2024).



Şekil 168. Beyazıt Camii avlu duvarı numunesinde yapıda nanotedavi öncesinde mevcut olan bütün kırık ve çatlakların nanopartiküllerle doldurulduğu ve karbonatlaşma süreci sonrasında kemikleşerek yapıya mukavemet kazandırdığı nano- tedavi sonrasında açıkça görülmektedir (Dölgen, 2016; Uyar Z. , 2024).

- Hidroksiapatit (HAP) nanoparçacıkları/Nano-hidroksiapatit

HAP uygulama, Sassoni ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmalarda toksik olmayan bileşenleri içerdiği ve genellikle karbonatlı taşlarda özellikle kireçtaşlarında olumlu sonuçlar vermiştir. Gelecekte yapılacak sağlamlaştırıcı uygulamalar için de umut verici alternatif bir sağlamlaştırıcı uygulama olarak karşımıza çıkmaktadır. HAP ile yapılan uygulamalarda, nanoparçacıkların taşın derinlemesine nüfuz ederek mekanik özelliklerde önemli bir gelişme sağladığı görülmüştür (Karkas, 2020).



Şekil 169. İtalya-Bologna’da Rolandino De Passeggeri Mezarının sütun kaidesine yapılan hidroksiapatit (HAP) sağlamlaştırıcı uygulama aşamaları (Scherer, Franzoni, Sassoni, & Graziani, 2018).



Şekil 170.Solda sağlamlaştırıcı öncesi; sağda sağlamlaştırıcı sonrası (Scherer, Franzoni, Sassoni, & Graziani, 2018).

- Silikondioksit (SiO_2) Nanoparçacıkları /Nano-silika

SiO_2 nanoparçacıkları, taş koruma çalışmalarında kompozit malzemeler oluşturmak için su itici olarak da kullanılmasının yanı sıra sağlamlaştırıcı olarak da kullanılmaktadır. Sağlamlaştırıcı olarak SiO_2 nanoparçacıklarının kullanımı silika jel oluşumu için reaksiyon süresini azaltmaktadır ve toksik çözücülerin kullanılmasının önüne geçmektedir. Fakat bu nanoparçacıkların, kurutma aşamasında oluşan kılcal gerilmeler ile taşın içinde çatlaklara neden olması gibi bir dezavantajı vardır (Karkaş, 2020). Bu gerilmeleri azaltmak için çeşitli çalışmalar önerilmiştir. Bazı çalışmalarda, SiO_2 nanoparçacıkları, etil silikat esaslı sağlamlaştırıcılarla karşılaştırılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda etil silikatın daha iyi sağlamlaştırıcı etkiye sahip olduğu fakat nano-silika uygulamasının daha iyi penetrasyon derinliğine sahip olduğu görülmüştür (Zornoza-Indart & Lopez-Arce, 2016).

- Biyo-Sağlamlaştırıcılar

Biyo-sağlamlaştırma uygulamaları, bozulan karbonatlı tarihi yapı taşlarını korumak için geliştirilen ve canlı organizmalar kullanılarak mineral üreten doğal bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Doğal hava şartlarında sanat eserlerinin maruz kaldığı iklim-çevre koşullarından etkilenen karbonatlı taşların bozulmasını tersine çevirmeyi amaçlayan bu alandaki çalışmalar son 20 yılda artmış olup 2 farklı yöntemin kullanımına rastlanmaktadır. Çok eski zamanlardan beri bilinen ilk yöntemde biyolojik kalsiyum çökeltisi oluşturma özelliğine sahip canlı bakteriler doğrudan karbonatlı taşlara uygulanmaktadır. Granada yöntemi olarak da adlandırılan ikinci yöntem ise, karbonatlı taşın kendi yapısında bulunan karbonatojenik bakteri topluluğunun izolasyonuna ardından laboratuvar da yetiştirilmelerine ve aynı taşta yeniden uygulanmasına dayanmaktadır (Karkaş & Özgünler, Taş Koruma Yöntemlerindeki Teknikler ve Yenilikçi Yaklaşımlar. Trakya Üniversitesi, Edirne., 2021).



Şekil 171. Portekiz-Loulé Kilisesi’nde biyo sağlamlaştırıcı uygulaması; Solda uygulama öncesi, sağda uygulama sonrası (Rodriguesa & Pinto, 2019).

Tablo 5.Taş Malzemede Geri Döndürülebilir ve Geri Döndürülemez Uygulamaların Sınıflandırılması(Yazar tarafından hazırlanmıştır.)

TAŞ MALZEMEDE YAPILAN UYGULAMALAR			GERİ DÖNDÜRÜLEBİLİR	GERİ DÖNDÜRÜLEMEZ
TAŞ MALZEMEDE YÜZEY TEMİZLİĞİ	Su ile Temizlik	Basınçlı Su ile	✓	
		Atomize Su ile	✓	
		Su Buharı ile		✓
		Sulu Kumlama ile		✓
	Mekanik Temizlik	Küçük El Aletleri ile	✓	
		Kumlama İle		✓
		Mikro(Kontrollü) Kumlama İle	✓	
	Kimyasal Temizlik	Kil ve Kâğıt Hamuru ile		✓
		Jel ve Lapalar ile		✓
	Diğer Yöntemler	Lazer ile Temizlik	✓	
		Kuru Buz ile Temizlik		✓

Tablo 5'in Devamı

TAŞ MALZEMEDE ONARIM VE SAĞLAMLAŞTIRMA	Yenilikçi Yöntemler	PVA-B	✓	
		PVA-B/Ag	✓	
		Nanoyapılı Temizleme Sıvıları	✓	
	Sentetik-Organik Malzemeler	Epoksi Reçineler		✓
		Akrilik Reçineler		✓
	Organo-Silikon Malzemeler	Alkoksisisilanlar ve Alkil Alkoksisisilanlar	✓	
		Alkalın Silikatlar		✓
		Florosilikon Bileşikler		✓
	Nano-Sağlamlaştırıcılar	Ca(OH) ₂ -Kalsiyum Hidroksit	✓	
		HAP(Hidroksiapatit) Nanoparçacıkları	✓	
		SiO ₂ (Silikondioksit) Nanoparçacıkları	✓	
		Biyosağlamlaştırıcılar	✓	
	Estetik ve plastik onarımda Küçük Par. Tamam.	Akrilik Reçineler		✓
		Polivinil Asetat		✓
	Estetik ve plastik onarımda Büyük Par. Tamam.	Epoksi Reçineler		✓
		Poliester		✓
		Metal Kenetler	✓	

Tablo 5'in Devamı

TAŞ MALZEME KORUMA	Sentetik –Organik Malzemeler	Poliakrilat Reçine		✓
		Polimetakrilat Reçine		✓
		Silikon Bazlı ve Nanoyapılı Polimerler	✓	
		Floropolimerler	✓	
	Yeni Nanomalzemeler	Polimer Nanokompozitler	✓	
		Kendi Kendini Temizleyen Kaplamalar	✓	
		Antimikrobiyal Taş Kaplamalar	✓	
	Biyopolimerler	PLA	✓	
		SiO ₂ -Florlu PLA	✓	
		PHA	✓	
		PHB	✓	
		PHBVV	✓	
		Zein	✓	

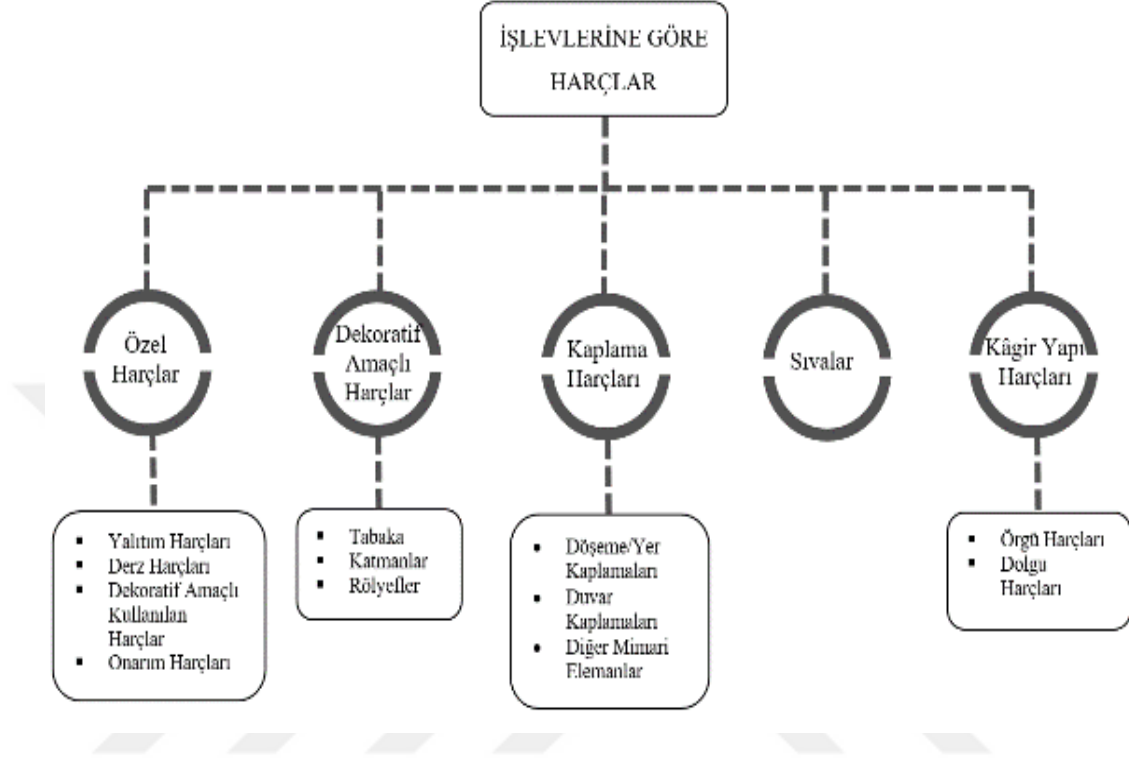
2.6.8. Harç ve Sıva

Harç ve sıvalar, bağlayıcı malzeme, dolgu malzemesi ve suyun belirli oranlarda karıştırılmasıyla elde edilen, şekil verilebilen, yapışma ve katılaşma özelliğine sahip hamur kıvamında malzemelerdir. Yapılarda kullanılan harçlar, taş, tuğla, kerpiç gibi belirli büyüklükteki kâgir blokların bir örgü düzeninde bir araya getirilmesi için kullanılırken; yapı malzemelerinin ve bileşenlerinin birbirileri ile oluşturduğu boşlukları doldurarak yığma yapı elemanlarını oluşturmaktadır. Duvarların bütünlük içerisinde çalışması, harcın örgü bloklarıyla uyumu ile doğrudan ilişkilidir ve bu sayede elemanlar bir bütün olarak çalışmaktadır. Uyumsuz harç ve yapı malzemelerinin kullanıldığı durumlarda ise bu uyum zarar görmektedir. Bunun sonucunda duvarı meydana getiren örgü malzemelerinde kimyasal, duvar elemanlarında ise fiziksel olarak bozunmalar meydana gelebilmektedir. (Akbulut, 2006; Zakar, 2013; Yıldırım, 2023).

Bütün diğer geleneksel malzemelerde görüldüğü gibi harç ve sıva grubu malzemeler yöreye, yapıların inşa edildiği döneme, yapım tekniğine, yapının fonksiyonuna ve yapıda kullanıldıkları yere göre farklılaşmaktadır. Bu sebeple harçlar bünyelerine giren bağlayıcı malzeme çeşidine göre; kil harcı, alçı harcı, çimento harcı, kireç harcı ve melez harç olarak adlandırılmaktadır. Yapıdaki kullanım yerlerine göre ise duvar örgü harçları, sıva harçları, sap-serbet ve badana olarak sınıflandırılmaktadırlar. Duvar örgü harçları; kâgir elemanları birleştirmek ve yatay yükleri almak amacıyla hazırlanan harçlar iken; strüktürel sistemin korunması açısından önemli sıva harçları duvar ve tavan yüzeylerini estetik açıdan düzgünleştirmek ve teknik açıdan korumak amacıyla uygulanan sürekli kaplamalar olarak isimlendirilmektedir. Ayrıca bir veya daha fazla katmandan oluşabilen sıva harçları strüktürel çekirdeği, fiziksel, kimyasal ve mekanik etkenlerden korumaya yardımcı olmaktadır (Akbulut, 2006; Kozlu, 2010).

Sıvaların yüzeye tutunmasını ve yapışmasını sağlamak için çeşitli işlemler uygulanmakta ve yardımcı elemanlar kullanılmaktadır. Bu yardımcı elemanlar hem kâgir duvarlarda hem de ahşap sistemlerde yaygın bir uygulama olan sıva teli; kâgir duvarlarda kullanılan metal pimlerdir. Taşların üzerinde özel aletlerle kanalların açılması ve ahşap duvarlarda bağdadi sıva tekniği de sıva tutunmasını destekleyici geleneksel olarak yapılan başka uygulamalardır. Ek olarak sıvalara katılan, hımış, saman gibi organik katkı maddeleri sıvanın içerisinde bir donatı görevi gördüğü gibi aynı zamanda sıvanın çekme kuvvetlerine olan dayanımını ve kendi taşıyıcılığını arttırarak onu çatlama ve dağılmaya karşı daha güçlü hale getirmektedir. Sıvalarda dayanımı arttıran benzer uygulamalara harcın içerisine hayvan kanı, yumurta akı ve benzeri organik katkı maddelerin katılmasıyla harcın yapışma ve tutunma özelliğinin arttığı; tuğla, kiremit, çömlek parçaları gibi pişmiş kilin eklenmesiyle harcın puzolan- hidrolik- özellik kazandığı uygulamalarda rastlanmaktadır. Bu açıdan bakıldığında kültürel mirasın taşıyıcıları olan yapıların korunması, onarımı ve güçlendirilmesi çalışmalarında harç ve sıva malzemelerin özellikleri ve içeriklerinin bilinmesi yapının güncel durumunun değerlendirilmesi ve onarımda kullanılacak yeni malzemelerin seçimi açısından oldukça önemli bir girdi oluşturmaktadır. Bu sebeple, restorasyon müdahalelerinden önce, özgün malzemeye ait özellikler deneysel olarak belirlenmesi ve müdahalelerde kullanılacak malzemelerin bu özelliklerle paralellik göstermesi gerekmektedir. Aksi halde kültürel miras yapılarımızda geri dönüşü mümkün olmayan hasarlar meydana gelmektedir. Bu uygulamalar çoğunlukla tarihi yapılara zarar

veren çimento katkılı harç ve sıva kullanımıyla meydana gelmektedir (Akbulut, 2006; Zakar, 2013; Yıldırım, 2023).

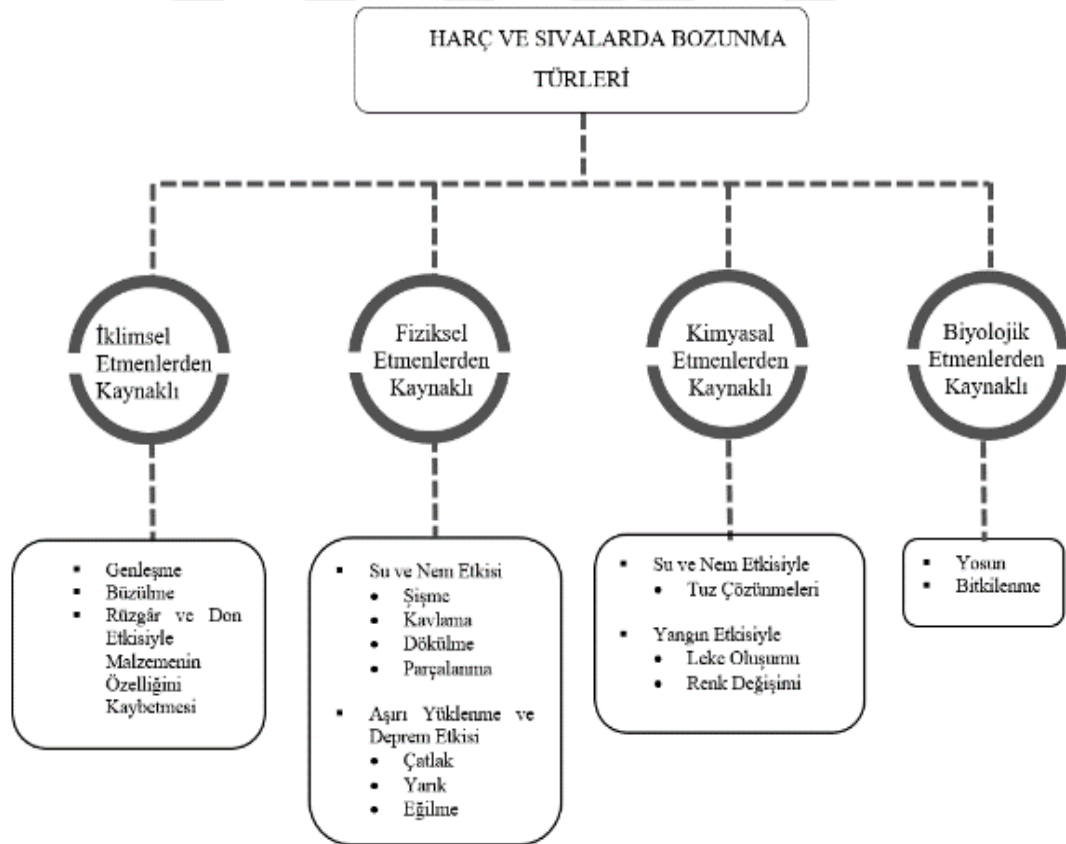


Şekil 172. İşlevlerine Göre Harçların Sınıflandırılması (Pekmezci, 2012).

2.6.9. Harç ve Sıvalarda Bozunma Türleri

Tarihi yapılarda kullanılan harç ve sıvaların yapıyla uyum sağlaması ve görevini yerine getirebilmesi için bir takım özelliklere sahip olması beklenmektedir. Bunlar emicilik, yüzey tutuculuğu, kılcallık, uyumluluk, yoğunluk, devamlılık, akışkanlık, mekanik özellik, geçirgenlik, esneklik, gözeneklilik, pozzolan özelliği, rötre, kıvam, su tutuculuk ve çalışabilirlik olarak sıralanmaktadır. Fakat harç ve sıvalar zaman içerisinde en çok hasar gören, değişime uğrayan ve bozulan malzemeler arasında yer almaktadır. Bu malzemelerde zaman içerisinde meydana gelen bozulmaların temel sebebi su ve diğer atmosferik etkilere, Harç ve sıvaların bünyesine giren suyun varlığı, sıcaklık farklılıklarından kaynaklanan genleşme ve büzüşmeler, rüzgâr, don etkisi gibi etkenler sonucunda bu malzemeler belli süre sonra özelliklerini yitirmeye başlamaktadır. Malzeme içyapısında meydana gelen bozulmalar sebebiyle sıvalar çözülerek kesit kaybına uğrarken, harçların bağlayıcılıkları kaybolmaktadır (Akbulut, 2006; Zakar, 2013; Gür, 2017).

Harç ve sıvalar; ‘‘Characterisation of Old Mortars with Respect to Repair ‘’adlı çalışmada, tarih-malzeme açısından irdelenmektedir ve bünyesinde oluşan hasarlar ortaya konmaktadır (Gür, 2017). Bu bozulmalar nem etkisinden kaynaklanan yüzeyden ayrışmalar; yosun, bitki ve benzeri biyolojik oluşumlardır. Yüzeyde oluşan bitkilerin köklerinden gelen asit salgıları ve köklerin fiziksel büyüme hareketleri, sıva ve harç gibi malzemelerde deformasyonlara ve çözülmelere neden sebebiyet vermektedir. Yapıları meydana getiren yapı malzemeleri ve elemanlarının bünyesinde bulunan suda çözünmeyen tuzların varlığı harç ve sıvalarda fiziksel ve kimyasal olarak şişme, kavlanma, çözülme, deformasyon ve dökülmeler şeklinde gerçekleşen hasarlar meydana getirmektedir. Bunların yanı sıra yapı elemanlarında aşırı yükleme ve deprem yüklerinden kaynaklı gerçekleşen farklı oturmalar harç ve sıvalarda, çatlak, yarık, eğilme, parçalanma ve dökülme gibi deformasyonlar oluştururken; yangın bu malzemelerin kimyasal yapısını bozarak leke oluşumu, renk değişimi gibi deformasyonlarla harç ve sıvalar kullanılmaz hale getirebilmektedir (Zakar, 2013; Gür, 2017).



Şekil 173. Harç ve Sıvalarda Bozunma Türlerinin Sınıflandırılması



Şekil 174.Solda sıva harcında dökülmeler sonucu malzeme kaybı, sağda sıva harçlarında ufalanma (Ağan, 2017)



Şekil 175.Aksaray-Ihlara Vadisi, Direkli Kilise Sıva Dökülmesi (Günözü, 2014).



Şekil 176. Solda harçlarda rötire çatlağı; Sağda sıva harçlarında kirlilik (Ağan, 2017).

2.6.10. Harç ve Sıvalarda Kullanılan Analiz Yöntemleri

Harç ve sıvalar diğer geleneksel malzemelerde görüldüğü gibi; yöreye, yapıların inşa edildiği döneme, yapım tekniğine, yapının fonksiyonuna ve yapıda kullanıldıkları yere göre farklılaşmaktadır. Bu sebeple farklı türdeki harç ve sıvaların özellikleri, bünyelerine giren bağlayıcı malzemeye bağlı olarak çeşitlilik gösterdiğinden bu malzemeler üzerinde meydana gelen deformasyonları sebeplerini araştırmak ya da ortadan kaldırmak için malzemeyi tanımak oldukça önemlidir. Çünkü yalnızca harç ve sıvaların özellikleri ve bunlara bağlı deformasyon sebepleri bilindiğinde uygun restorasyon yöntemi belirlenebilir. Bunun için harç ve sıvalara müdahale etmeden önce kimyasal, fizikomekanik ve mineralojik analizler yapılarak özelliklerinin belirlenmesi, müdahaleye karşı harç ve sıvalarda meydana gelen değişimin saptanması gerekmektedir (Akbulut, 2006; Kozlu, 2010; Karakuş, 2012).

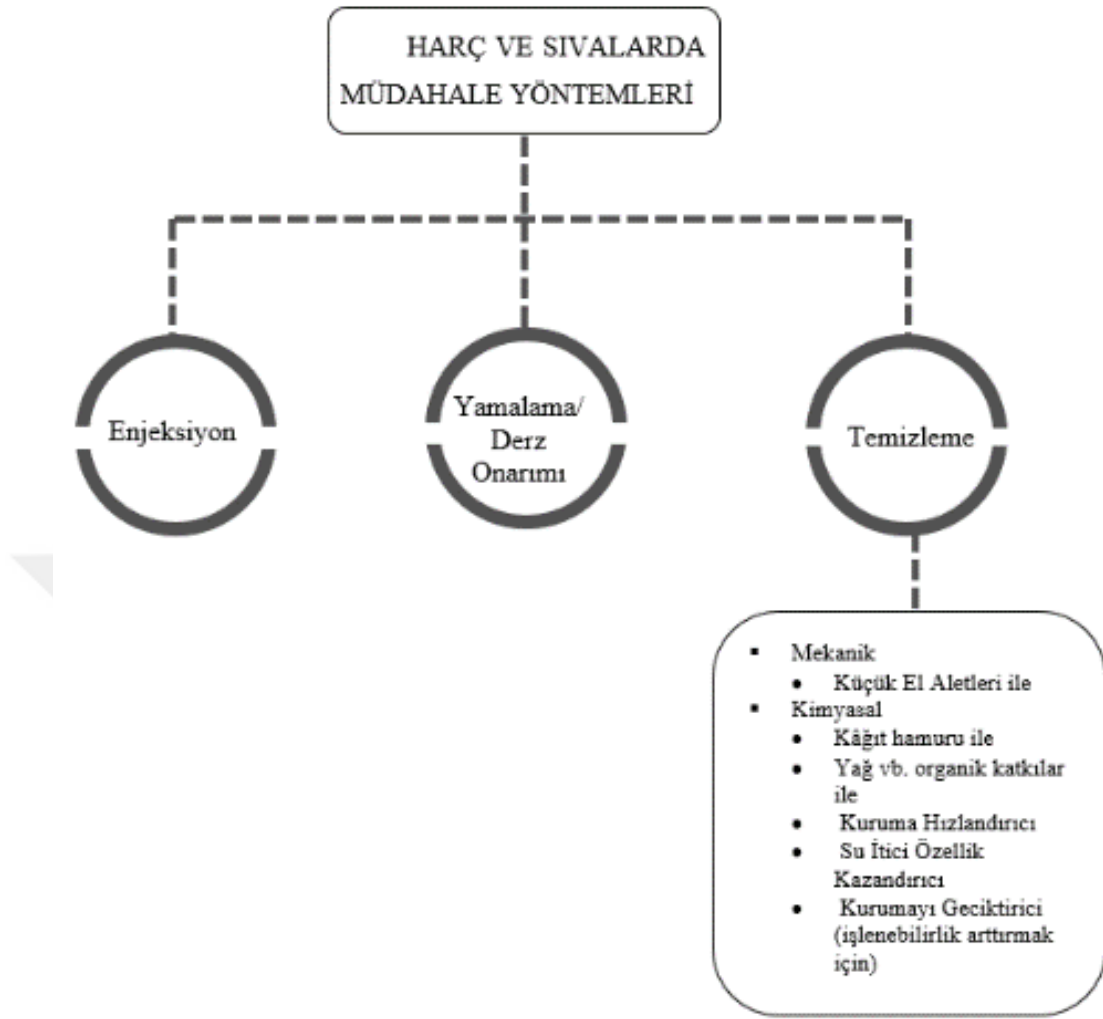
Tablo 6. Harç Ve Sıva Analizleri(Yazar tarafından yeniden düzenlenmiştir.)
(KUDEB, 2009-2011)

Analiz Yöntemi	Amaç	Analizler ve Testler
KİMYASAL	- Örneklerin içerdiği tuz kir ve boyaların kimyasal içeriğinin belirlenmesi - Örneğin bağlayıcısının ve bağlayıcı-agrega oranlarının, agrega özelliklerinin/boyutlarının, tespit edilerek, onarımda önerilecek harç/sıva kompozisyonunun belirlenmesi - Önerilecek agrega ve bağlayıcının niteliklerinin ve oranının belirlenmesi	- İletkenlik Ölçümü - Kızdırma Kaybı Analizi - Tuzluluk Analizi - Protein Analizi - Yağ Analizi - HPLC Analizi
FİZİKSEL	- Harç ve sıvaların bağlayıcı -agrega oranları, - İçerdikleri agregaların - Türleri ve özelliklerinin tespit edilmesi, - Kaynak alanları üzerine yorumlamalar getirilmesi	Nokta Yükleme Dayanım Analizi
MİKROSKOPİK	Harç ve sıvaların mekanik özelliklerinin belirlenmesi	- SEM- EDX Analizi - XRD Analizi

2.6.11. Harç ve Sıvalarda Müdahale Yöntemleri

Harçlar, geçmişten bugüne içinde bulunduğu coğrafyanın, kültürün ve yapım dönemlerinin yapı teknolojileri hakkında önemli bilgiler vermektedir ve birçok faktöre bağlı olarak farklı karışımlarda üretilerek kullanılmaktadır. Tarihi yapılarda kullanılan malzemeler arasında en fazla değişkenlik gösterenlerin harçlar olması sebebiyle; restorasyon çalışmalarında özgün harç özellikleri deneysel olarak belirlenmeli, bu malzemeleri oluşturan bileşenlerin türleri ve karışım içerisindeki oranları hakkında bilgi edinilmelidir. Yeni kullanılacak malzemelerle özgün harç arasında ise uyum olmasına özen gösterilmelidir (Akbulut, 2006; Zakar, 2013).

Geleneksel harçlar pozolan katkılı horasan harcı dışında geçirimlidir. Bu harçları geçirimsiz hale getirmek için geçirimsiz çimentolar içeren tamir malzemeleriyle birleştirilmektedir. Ancak, doğal veya yapay çimentoların suya karşı geçirimsiz; hava ve suyun geçişine görece daha fazla imkân veren geleneksel malzemelerin de geçirimli olması sebebiyle birlikte çalışmamaktadır ve bu işlem uzun vadede olumsuz sonuçlar meydana getirmektedir. Bu olumsuz sonuçlar arasında geleneksel malzemeler üzerinde tuz problemlerinin oluşumu ve harç veya sıvadan beklenen elastikitenin elde edilememesi yer almaktadır. Fakat tamir harcına az miktarda katılan hidrolik kireç, doğal ya da yapay çimentoların dış sıvaların dona karşı dayanımını arttırdığı göz ardı edilmemelidir (Zakar, 2013). Çeşitli etkiler altında bozulmaya uğramış harç ve sıvalara yapılan müdahaleler enjeksiyon, yamalama-derz onarımı, temizleme şeklinde uygulanmaktadır.



Şekil 177.Harç ve Sıvalarda Müdahale Yöntemleri

2.6.11.1.Harç Sıvalarda Enjeksiyon

Enjeksiyon tekniği, sıvanın taşıyıcı yüzeyle olan bağlantısının zayıflamış olduğu ama ileri derecede bozulma göstermemiş sıvalarda tercih edilen bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu teknik özgün malzemenin kaybının tolere edilemeyeceği durumlarda, özellikle üzerinde kalem işi ve benzeri süslemeler barındıran yüzeylerde, mevcut sıvaya yapılan dolgu ve güçlendirme şeklinde uygulanmaktadır. Enjeksiyon işleminde polivinil asetat gibi modern kimyasallar kullanılarak, sıvanın boşalmış veya taşıyıcı yüzeyden ayrılmış kısımlarının doldurulması ve yeniden yüzeye tutunması hedeflenmektedir. Enjeksiyon işlemi, sıva ile arka taşıyıcı yüzey arasında boşalmanın tespit edildiği bölgelerde taşıyıcı yüzeyin içine gerekli derinliğe kadar metal pimlerin yerleştirilmesinin ardından, enjeksiyon sıvısıyla desteklenmesi şeklinde gerçekleştirilmektedir (Zakar, 2013; Karakuş,

2012). Enjeksiyon işlemi geri dönüşümsüz olduğundan üretimde kullanılan malzemelerin seçimi son derece önem kazanmaktadır. Geri döndürülebilirliği mümkün olmayan enjeksiyon müdahalesinde tarihi yapılarla uyumlu ideal enjeksiyon harcı üretilse dahi, harcın hazırlanmasından uygulama esnasında geçen süreçte uygulayıcı tarafından yapılan hatalar enjeksiyon harcının performansını ve orijinal malzemeyi olumsuz olarak etkilediği unutulmamalıdır. Günözü'nün Kapadokya Bölgesi'nde yer alan duvar resimlerinde yaptığı çalışmalara göre kireç bağlayıcılı enjeksiyon harçları ile yapılan uygulamalar geri dönüşümsüzdür (Günözü, 2014).



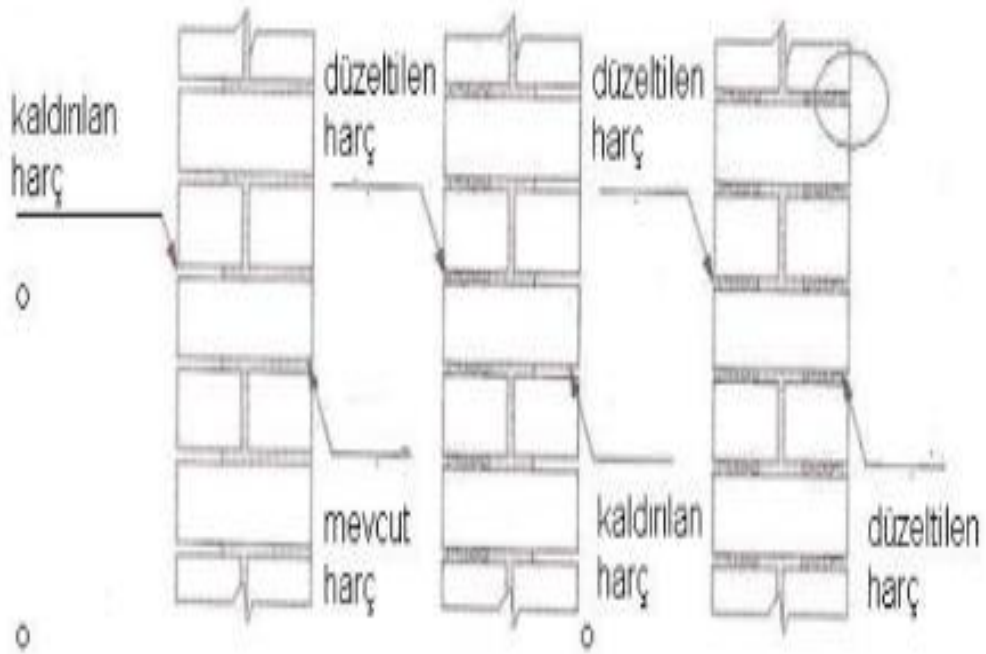
Şekil 178. Ayasofya'nın kubbe mozaiklerinin sağlamlaştırılması amacıyla yapılan harç enjeksiyonu; Solda mikro enjeksiyon, sağda makro enjeksiyon (Cura, 2024).



Şekil 179. Sıvanın enjeksiyon tekniğiyle sağlamlaştırılması (Zakar, 2013).

2.6.11.2.Harç ve Sıvalarda Yamalama- Derz Onarımı

Harç ve sıvaların onarımında özgün malzemenin mümkün olduğunca korunabilmesi açısından sıva bozulmalarının gözlemlendiği yerlerde kullanılan tekniklerden biri de bölgesel yamalama, yeniden sıvamadır. Yamalama şeklinde gerçekleştirilen yenilemelerde bozulmuş kısımlara belli geometrilerde işlem yapılabilirdiği gibi; bozulmanın geniş bölgelere yayılmış olduğu durumlarda sıvanın tamamının indirilip yenilenmesi de karşımıza çıkan uygulamalar arasındadır. Yamalama işlemine ilk olarak bozulmuş sıvanın mekanik olarak temizlenmesi ve yapıdan uzaklaştırılmasıyla başlanmaktadır. Ardından duvar yüzeyi nemlendirilmektedir ve yeni sıva uygulamasına hazır hale getirilerek özgün sıvaya uygun bileşimde tamir sıvasıyla yüzeye uygulanmaktadır. Harç onarımında da, sıvama işlemine benzer bir şekilde bölgesel veya bütünsel yeniden yapım tekniğinin gerçekleştirilmesi işlemi karşımıza çıkmaktadır. Burada önemli olan harcın bozulmuş ve hasarlı olduğu bölgelerde derzlerin, onarım harcının yerleşmesine imkân verecek derinlikte (min3-5 cm) temizlenmesi ve eski harç ile yeni harcın birbiriyle bütünleşebilmesi açısından derz derinliği dikkatli bir şekilde belirlenmesini sağlamaktır (Zakar, 2013; Karakuş, 2012).



Şekil 180. Derz Onarımı (Karakuş, 2012).



Şekil 181. Ankara-Altındağ, Arslanhane Camii; Solda boşalmış derzler, sağda yeniden derzleme (Karakuş, 2012).

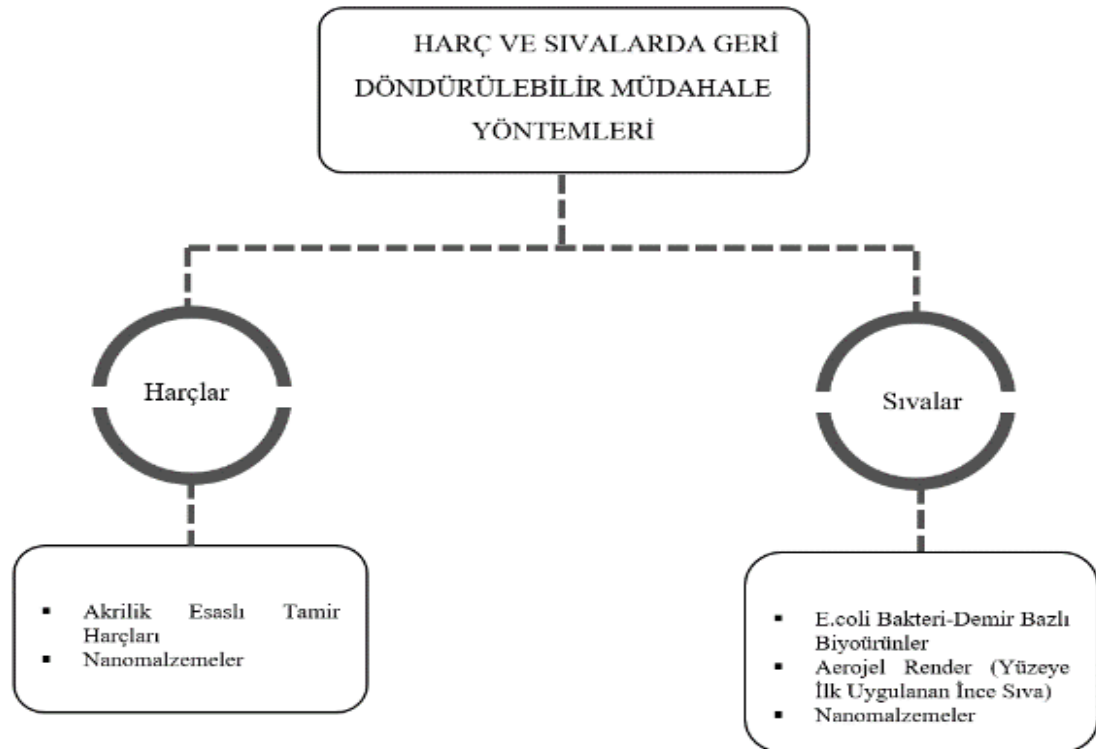
2.6.11.3. Harç ve Sıvalarda Temizleme

Sıvalara yapılan temizleme müdahalelerinde, yüzey üzerindeki özgün malzeme ve tabakalarının hasar görmemesine dikkat edilerek ve korunmasına özen gösterilerek uygun sertlikte fırça ve benzeri aletlerle mekanik; sıva üzerinde birikmiş tuz kristallerinin uzaklaştırılması için ise saf su ve kâğıt hamuru kullanılarak kimyasal temizlik yöntemleri kullanılabilir. Bu uygulamaların yanı sıra geleneksel yağ ve benzeri organik katkıları, kuruma hızlandırıcı, su itici özellik kazandırıcı, işlenebilirlik arttırmak amacıyla kurumayı geciktirici gibi farklı amaçlarla katkı maddelerinin kullanılmasıyla karşılaşılabilir. Fakat olumsuz sonuçlar meydana getirebileceği olasılığı dikkate alınarak, katkı maddelerinin geleneksel malzemeler üzerindeki davranışlarının çok iyi bilinmediği durumlarda kullanımından kaçınılmalıdır (Zakar, 2013).

2.7. Harç ve Sıvalarda Geri Döndürülebilirlik

Yapılar üzerinde yer alan harç ve sıvalarda iyileştirmeler yapmak için oluşturulan herhangi bir yanlış harç ve sıva karışımı, yapılarda ilerleyen süreçlerde stabilite, mukavemet ve görsellik açısından geri dönüşümü mümkün olmayan hasarlara neden olabilmektedir. Bu geri döndürülemez hasarları ortadan kaldırmak ve uygun müdahaleleri yapabilmek için tezin bu kısmında harç ve sıvalarda malzemede geri döndürülebilirlik araştırılmaktadır.

Yapılan literatür taramasında harç ve sıva yüzeyinde hava koşulları, atmosferik kirliliğin etkileri, su ve asit yağmurları sebebiyle meydana gelen deformasyonları ve su etkisiyle oluşmuş mikrobiyal kolonizasyonları ortadan kaldırmak ya da bu sebeplerden meydana gelmesi muhtemel olan deformasyonları önlemek için geri döndürülebilir malzemelerin kullanıldığı saptanmıştır. Kültürel mirası koruma alanında özellikle son zamanlarda yer edinmeye ve kullanılmaya başlanan; sürdürülebilir, biyolojik olarak parçalanabilir ve geri döndürülebilir malzemelerin kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Harç ve sıvalarda dayanımı arttırmak, suya maruz kaldığında bozunmasının önüne geçmek (biyo-ürünler ile), yapının özgün tarihi dokusunu, fiziksel durumunu korunmasını sağlamak(Tekstil donatılı harç –TRM vb.), tarihi bina kabuklarının onarımında tersinir ısı yalıtım sıvaları vb. uygulamalar karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 182.Harç ve Sıvalarda Geri Döndürülebilir Müdahale Yönetemleri

2.7.1.Akrilik Esaslı Tamir Harcı

Akrilik bazlı harç, yetmişli yılların sonlarında düşük geri döndürülebilirlik ve olası tuz salınımı gibi çoğu durumda onarım açısından memnuniyet vermeyen çimento esaslı harçlara alternatif bir çözüm sağlamak üzere geliştirilmiştir. Aynı zamanda taştan yapılmış normal aletlerle işlenebilmesi, yerinde kullanımının kolay olması (yalnızca üç bileşen, reçine, taş tozu ve birleştirici bir solvent), taş rengiyle uyumunun kolay sağlanması(çünkü çoğunlukla taş tozundan oluşmaktadır) gibi özelliklere sahiptir. Kumtaşı üzerinde yapılan araştırmada akrilik esaslı harçların çözücüler yardımıyla (örneğin izopropil alkol, etanol, aseton...) geri döndürülebilir olduğu ve tuz kristalleşmesinin olduğu yerlerde bile alt tabakaya hala güçlü bir şekilde yapıştığı gözlenmiştir. (Demoulin, 2016).

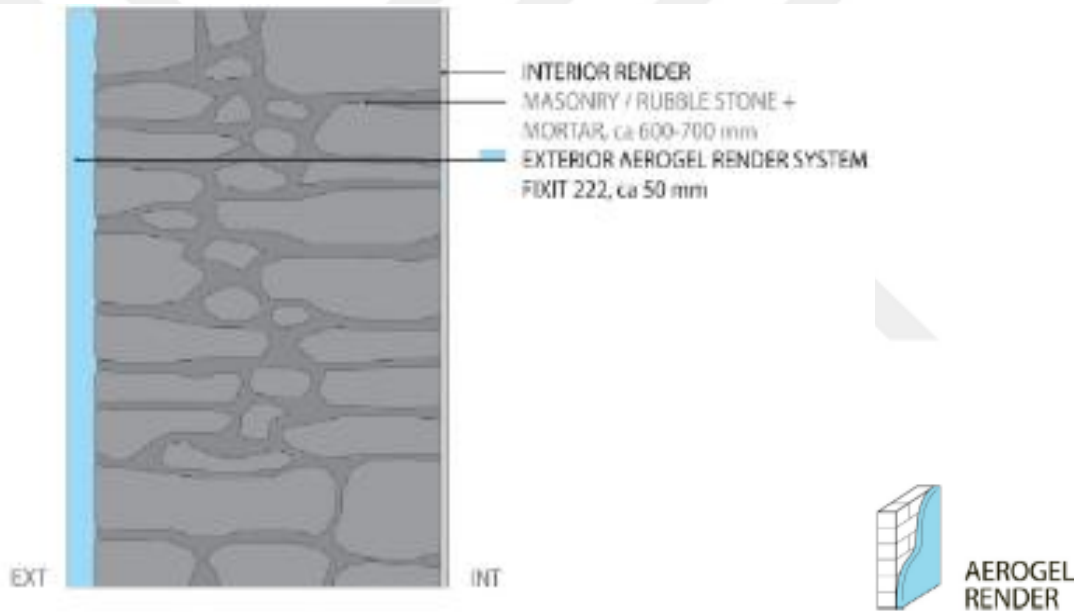
2.7.2.E.coli Bakteri - Demir Bazlı Biyoürünler

Bakterilerin malzeme geliştirilmesinde kullanımı ve farklı malzemelerin yüzeyini sağlamlaştırmak için mikrobiyal hücre uygulamaları son birkaç yıldır yapılan çalışmaların odak noktasını oluşturmaktadır. Özellikle kültürel miras yapılarını korumak için kullanılan ve eko-verimli yapı ürünleri olan toprak sıvalar üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Toprak sıvalar bol miktarda, uygun fiyatlı ve elde edilmesi kolay bir malzeme olmasına rağmen suya karşı hassastırlar. Demir katkılı E. Coli kültürleri temel alınarak eko-verimli yeni biyoürünlerle sıva harcının suya maruz kaldığında dayanıklılığını arttırıp arttırmadığı konusunda yapılan testlerde sonuçlar: Optimize edilmiş E. coli-demir bazlı yüzey biyolojik işlemi, sıvanın suya karşı direncini güçlü bir şekilde arttırdığı; E. coli+Fe'nin aynı miktarda su uygulandığı benzer sıvalarla karşılaştırıldığında su emme süresinde çok ciddi bir artış ve su geçirmezlik etkisi yaratarak uyumluluk sağladığını ortaya koymuştur. Yapılan araştırmalar zamanla meydana gelen etkinlik kaybı, müdahalenin geri döndürülebilirliğini garanti etmektedir (Parracha, Pereira, Silva, Almeida, & Faria, 2019).

2.7.3.Aerojel Render(Yüzeye İlk Uygulanan İnce Sıva)

Aerojel render, aerojel granülünün inorganik bağlayıcılarla bağlanmasıyla oluşan; özellikle tarihi, düzgün olmayan yüzeyler için (iç ve dış) ve pencere pervazları veya ahşap çerçeve yapılarındaki kırılgan vb. yerlerde olduğu gibi değişen yalıtım kalınlığının avantajlı olduğu uygulamalar için kullanılabilen bir malzeme çeşididir. Aerojel sıvalar oldukça

yumuşaktır. Yumuşaklığı bu bağlamda olumlu bir özellik olarak değerlendiriliyor olup bir mala yardımıyla orijinal katmanlara kadar sert bir fırça yardımıyla kalıntılarına kadar çıkartılabilmesi sebebiyle geri dönüşümlü olduğu kabul edilmektedir. İsviçre’de 2012 ve 2014 yılları arasında, Basel yakınlarındaki Sissach’taki eski değirmen, aerojel sıvanın tarihi bir binadaki ilk uygulamalarından biri olan yenilemedir. Mevcut sıva ne tarihi kökenli ne de uyumlu bir bileşime sahiptir; diğer tarihi binalarda hasara yol açan Portland çimentosunu içermektedir. Uygulamada mevcut sıva kaldırılıp yerine aerojel sıva uygulanmıştır. Ayrıca iç mekânda yapılan mevcut duvarlara uygulanan render sıcaklık ve nem açısından izlenmiş ve higrotermal simülasyonlarla toplanan verileri sıvada herhangi bir bozulma veya ayrılma da meydana gelmediğini ve sıvada nem birikmesi olmadığını ortaya koymaktadır (Ganobjaka, Brunnera, & Wernerya, 2020).



Şekil 183. Aerojel Render Uygulamasının Şematik Gösterimi (Ganobjaka, Brunnera, & Wernerya, 2020).

2.7.4. Nano-Malzemeler

Restorasyon uygulamalarında koruma ve sağlamlaştırma müdahaleleri için hazırlanan harç ve sıvalara yönelik nanomalzeme bazında çeşitli çalışmaların yapılmış olduğu görülmektedir. Harçlarda koruma ve sağlamlaştırma müdahaleleri için katkı maddesi olarak kristalin nano-titanya ile karıştırılmış olan metakaolin-kireç malzemeleri yapılan uygulamalar arasındadır. Bu uygulamanın ardından harçlara yapılan karbonatlaşma,

puzolanik reaksiyon, priz süresi ve mekanik özelliklerindeki değişimleri ortaya koyan testlerde nano-titanya içeren harçların, nano-titanya içermeyen numunelerle karşılaştırıldığında daha yüksek elastikiyet modülüne sahip olduğunu ortaya çıkarmıştır. Ayrıca Nano-titanyanın hidrofilik özelliğe sahip olması sebebiyle, harçlarda nemin tutulmasını iyileştirerek karbonasyon ve hidrasyon süreçlerini kolay hale getirmektedir. Nemin harç ayarını ve yapışma verimliliğini kontrol eden bu özellikten yararlanılarak, gözenekli kireçtaşlarının yapıştırılması için üretilen harçlar elde edilebilmektedir (Uyar Z. , 2024). Kültürel miras eserlerine özgü harç ve sıvalar için hazırlanan bu nanoteknolojik dispersiyonlar pek çok analiz ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen analiz verileri doğrultusunda tarihi eserlerde kullanılması daha doğru olmaktadır.

Tablo 7. Harç ve Sıvalarda Geri Döndürülebilir ve Geri Döndürülemez Uygulamaların Sınıflandırılması

HARÇ VE SIVALARDA YAPILAN UYGULAMALAR		GERİ DÖNDÜRÜLEBİLİR	GERİ DÖNDÜRÜLEMEZ
HARÇLAR	Akrilik Esaslı Tamir Harcı	✓	
	Çimento Esaslı Harçlar		✓
	Nanomalzemeler	✓	
SIVALAR	E.coli Bakteri - Demir bazlı Biyoürünler	✓	
	Aerojel Render(Yüzeye İlk Uygulanan İnce Sıva)	✓	
	Nanomalzemeler	✓	

2.8. Ahşap Malzeme

İnsanlar ilk çağlarda marangozluk bilgilerini geliştirerek kendilerine doğadaki malzemeyi kullanarak ağaç kavuklarına barınak yapmışlardır. Yaz aylarını geçirebilmek amacı ile ağaç dalları ile kütükleri birleştirip aralarını balçıkla kapatarak barınaklar meydana getirmişlerdir. Fakat yağışların evleri yıkması ile inşaat bilgilerini mağaralara kullandıkları bilinmektedir. Yapı malzemesi olarak ahşabın kullanımı ilk çağlara kadar uzanmaktadır ve ahşabın taştan sonra kullanılan ikinci yapı malzeme olduğu bilinmektedir. İlk çağlardan günümüze kadar olan süreç içerisinde yapıların hemen hemen tüm alanlarında ahşabın malzeme kullanımını görmek mümkündür. Ahşap kale, tapınak, saray, depo gibi birçok yapı türünde olduğu gibi ahşabı taşıyıcı sistem, doğrama, kaplama, hatıl, çatı, süsleme elemanı ve mobilya olarak kullanımını görmek de mümkündür. Hafif bir malzeme olması ahşabı basınca, çekmeye ve eğilmeye karşı dayanımlı hale getirmektedir. Bu sebeple tarihi yapılarda da bol miktarda kullanılmıştır(Yüce, 2021; Çakmak, 2021).



Şekil 184. İzmir, Birgi Köyü geleneksel evlerinden ahşap hatıl ve ahşap payandaların kullanımı (Yüce, 2021).

Ahşap malzemenin nem alış veriş sonucunda bulunduğu ortamın nem derecesine uyması, gözenekli bir yapıya sahip olduğundan ısı geçirgenliğinin az olması, kuru halde elektrik iletmemesi gibi özelliklere sahiptir. Ayrıca ses dalgalarını düzenleyici, absorbe edici, ses yankılanmasını önlemesi; basınç, çekme, eğilme ve makaslama kuvvetlerine karşı

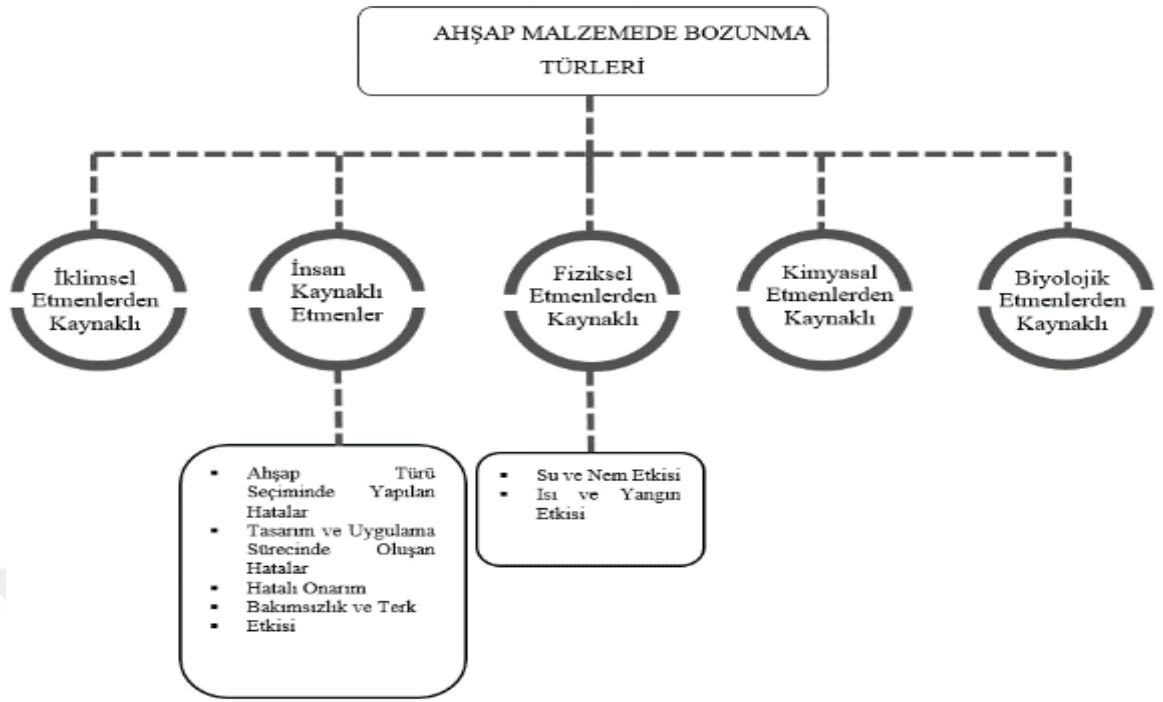
direncinin yüksek olması, kolay işlenmesi ve elastik özellik göstermesi bakımından yapı malzemeleri arasında tercih sebebidir. Ahşabın dayanımını etkileyen faktörler ise cinsi, nem oranı, ahşabın kusurları ve üretim yöntemleridir (Yüce, 2021; Perker & Akıncıtürk, 2006).

ICOMOS'un yayınladığı Ahşap Tarihi Yapıların Korunmasına İlişkin İlkelerde(1999) yapılan her müdahalenin uygun araştırma ve değerlendirmelere dayandırılması ve sorunların mevcut koşul ve gereksinimlere göre, yapının estetik ve tarihi değerlerine, tarihi yapının veya sitin fiziksel bütünlüğüne saygı gösterecek şekilde çözüme kavuşturulması, önerilen müdahalelerin geleneksel yöntemlerin izlenmesi, teknik olarak mümkünse geri dönüşümlü olması veya gelecekte yapılacak koruma çalışmalarını engellememesi gerektiği savunulmaktadır. Hatta ideal olanın, ahşap bir tarihi yapının dokusuna olabildiğince az müdahale edilmesidir (ICOMOS, 1999).

Yapılan araştırmada ahşap malzemelerde koruyucu kaplama olarak (küf, mantar, atmosferik ortam koşulları vb.) yenilikçi, sürdürülebilir ve geri döndürülebilir nanokompozitlerin kullanımına; güçlendirme ve sağlamlaştırma müdahalelerinde ise geleneksel ahşap malzemenin rehabilitasyonu için metal kenet, gergi ve bulonlama yöntemlerinin kullanımına rastlandığını söylemek mümkündür.

2.8.1. Ahşap Malzemede Bozunma Türleri

Canlı bir organizmanın ürünü olan ahşap; üstün fiziksel ve mekanik özelliklere sahip olduğundan hem strüktürel hem de estetik anlamda geleneksel konut mimarimizde oldukça fazla kullanım alanına sahip sade, sıcak ve yaşayan bir yapı malzemesidir. Fakat kültürel mirasın benzersiz sembolleri olan ahşap yapılar doğal ve beşerî nedenlerden dolayı çok fazla hasara uğramaktadırlar. Tarihi ahşap yapılardaki hasar ve bozulmalar yapının konumu, zemin özellikleri, taşıyıcı sistem tasarımıındaki hatalar, hatalı malzeme kullanımı, deprem, nem, rüzgâr gibi doğal etkenler, mantar ve bakteri etkileri, kurt ve böcek etkileri, yangınlar, bağlantı hataları, onarım hataları, kötü işçilik, bakımsızlık, terk etme ve trafik gibi etkenlere bağlıdır. Bu etmenler iklimsel, biyolojik, kimyasal, fiziksel ve insan kaynaklı olmak üzere 5 başlık altında toplanmaktadır. Bu inorganik etkenler karşısında bozulan ahşap malzemede renk değişimi, küflenme, çürüme, kesit kaybı vb. deformasyonlar meydana gelmektedir (Zakar, 2013; Çağlar, Çağlar, & Tezel, 2019; Perker & Akıncıtürk, 2006; Saatçi & Gürsoy).



Şekil 185. Ahşap Malzemede Bozunma Türlerinin Sınıflandırılması

2.8.1.1. İklimsel Etmenler

İklimsel etmenler atmosferik koşullardan kaynaklanan yağmur, kar, sıcaklık değişimleri, UV ışınlar ve rüzgâr gibi etkenleri kapsamaktadır. Bu etmenler zaman içinde ahşapta yarıлма, çatlama ve burulma gibi bozulmalar meydana getirmektedir. Ahşap elemanlardaki renk değişimiyle başlayıp çürümeye kadar devam eden bozulmalar, bu malzemede bakımsızlıkla birlikte bozulma hızını arttırmaktadır (İ.B.B., 2009; Çağlar, Çağlar, & Tezel, 2019).



Şekil 186. İklimsel etmenlerden kaynaklı solda cephede kararma, sağda güneş alan kısımda renk değişimi (Saatçi & Gürsoy).

2.8.1.2. İnsan Kaynaklı Etmenler

Ahşap türü seçiminde yapılan hatalar tasarım ve uygulama sürecinde yapılan hataların etkisi, hatalı onarım etkisi, bakımsızlık ve terk etkisi olarak sıralanabilmektedir (Çağlar, Çağlar, & Tezel, 2019).

- Ahşap Türü Seçiminde Yapılan Hataların Etkisi

Ağaç türleri zeminin yapısına, beslenme özelliklerine, iklime ve cinslerine göre sert ve yumuşak ağaç olarak iki grupta incelenmektedir. Ahşap yapılarda sert ağaç kullanılması yapının uzun ömürlü olmasını sağlarken; ahşap çatkılarda kullanılan yumuşak ağaçlar yapılarda ömrü kısaltmaktadır. Bu durum da duvarlarda dökülme, aşınma, dağılma ve ayrışma biçiminde hasarlar oluşturmaktadır. Bu sebeple yapının taşıma kapasitesine göre dayanıklılık ve uzun ömürlülük, kolay işlenebilme; çivilenme, vidalanma, cilalanma ve yapıştırılma kabiliyetleri ve esneklik gibi parametrelere bakılarak malzeme seçimi yapılmalıdır. Çünkü bütün bu özellikleri yapıların ne kadar süre ayakta kalacağını göstermektedir (Perker & Akıncıtürk, 2006; Saatçi & Gürsoy).

- Tasarım ve Uygulama Sürecinde Oluşan Hataların Etkisi

Ahşap yapılarda taşıyıcı sistemi oluşturan elemanlarda kullanılan malzemelerin uygun bir teknikte birleştirilmesi yapının uzun ömürlü olması açısından önemlidir. Aksi takdirde yapı birleşimlerin doğru yapılamamasından kaynaklı hasarlara açık hale gelmektedir (Saatçi & Gürsoy). Bu sebeple yapıların taşıyıcı sistemini oluşturan ahşap elemanların dış etkilere karşı dayanıklılığı, düşey ve yatay yükleri karşılayacak kesitlerde olup olmadığı, detayların taşıyıcılık ve dış etkilere karşı dayanıklılık açısından uygunluğu gibi kriterler göz önünde bulundurularak malzeme seçimi yapılmalıdır (Perker & Akıncıtürk, 2006).



Şekil 187.Hatalı taşıyıcı sistem kurgusunun yapı hasarına etkisi (Saatçi & Gürsoy).

- Hatalı Onarım Etkisi

Malzemenin niteliklerinin onarımı yapan kişiler tarafından yeterince bilinmemesi, yapım sisteminin kendine özgü özellikleri olduğunun bilinçli ya da bilinçsiz olarak göz ardı edilmesi ve yapıda ahşap malzeme ile onarılması gereken bölümlerde değişik malzeme kullanılmasıyla yapı strüktürlerine ciddi zararlar verilmektedir. Hatalı onarımlar bir yandan yapının tarihi ve estetik değerinin kaybolmasına neden olurken diğer yandan yapıya bilinçsizce dâhil edilen yabancı malzemelerin, yapı elemanının taşıyıcılık işlevini yok etmesine ve görseelliğin bozulmasına sebep olmaktadır (Perker & Akıncıtürk, 2006).



Şekil 188. Bursa-Cumalıkızık Geleneksel Konutlarda Hatalı Onarım Etkisi (Perker & Akıncıtürk, 2006).

- Bakımsızlık ve Terk Etkisi

Mirasçılar arasında paylaşılammaktan ya da çevresindeki alanların terk edilmesiyle ıssızlaşan alanlarda boşaltılmak zorunda kalınan ahşap yapılar bakımsızlıktan veya yerine yenisini yapmak amacıyla kasıtlı olarak yıkılarak bozulmaktadır.



Şekil 189. Bursa-Cumalıkızık Geleneksel Konutlarda Bakımsızlık ve Terk Etkisi (Perker & Akıncıtürk, 2006).

2.8.1.3. Fiziksel Etmenler

Ahşap yapı elemanlarına zarar veren etkenlerin başında malzemede % 20'den fazla oranda bulunması durumunda malzemeyi olumsuz yönde etkilediği bilinen su ve nem etkisiyle birlikte ısı ve yangın etkisi yer almaktadır (Perker & Akıncıtürk, 2006).



Şekil 190. İklimsel etmenlerden kaynaklı bozulmalar (İ.B.B., 2009).

- Su ve Nem Etkisi

Nemin basınç farkından kaynaklanan yapı içerisindeki hareketi higroskopik bir malzeme olan ahşabın iç boşluklarına su moleküllerinin dolmasına; lif yönlerine bağlı olarak da ahşap malzemede şişme ve çekme gibi deformasyonlara neden olmaktadır. Bu durum ahşap malzemede şekil değişiklikleri meydana getirerek yapı sağlığını olumsuz etkilemekte zaman içerisinde ise yapının dayanımını ve sağlamlığını azaltmaktadır. Ayrıca nem oranının yüksek olması ahşap malzemeyi, bakteri ve mantarlar gibi bozulmaya neden olan etkenlere karşı savunmasız hale getirmektedir (Zakar, 2013; Çağlar, Çağlar, & Tezel, 2019).



Şekil 191. Solda ahşap yapı elemanlarında su ve nem etkisiyle meydana gelen deformasyonlar (Karaman & Zeren, 2010); Sağda Cumalıkızık konutlarında meydana gelen deformasyonlar (Perker & Akıncıtürk, 2006).



Şekil 192. İstanbul-Büyükada Rum Yetimhanesi, Su ve Nemden Dolayı Ahşap Elemanlarda Bozulma (Yıldırım, 2023)

- Isı ve Yangın Etkisi

Yangın, ahşabın bozulmasına yol açan önemli bir etken olarak görülmektedir. Çünkü ahşabın tamamen yanarak yok olmasına neden olabildiği gibi yanmasını tamamlamasa dahi genelde, yangın sonrasında ahşap malzemenin kısa zamanda tahrip olmasına, kullanılamaz hale gelmesine neden olmaktadır (Zakar, 2013).



Şekil 193. Balıkesir-Ahşap yapıda yangın etkisiyle malzemenin bozulması (Ağan, 2017).

2.8.1.4. Kimyasal Etmenler

Ahşabın kimyasal bozulmaya karşı direncinin diğer yapı malzemelerine oranla daha fazla olduğu bilinmektedir ancak yine de ahşap malzemede de kimyasal nedenlerden kaynaklanan birtakım bozulmalar görülmektedir. Ahşap malzemede, asit oranının arttığı ve yüksek sıcaklıklar söz konusu olduğunda bozulma meydana gelmektedir. Buna ek olarak

çeşitli alkali çözeltilerinin ahşabı yumuşattığı, alkollerin ise ahşabın direncini azalttığı ve malzemenin şişmesine neden olduğu bilinmektedir. Genel anlamda kimyasal maddeler ahşabın rengini değiştirmektedir (Perker & Akıncıtürk, 2006; Çağlar, Çağlar, & Tezel, 2019).



Şekil 194.Cumalıkızık Ahşap Yapılarında Korozyon Etkisi (Perker & Akıncıtürk, 2006).

2.8.1.5. Biyolojik Etmenler

Biyolojik etmenler, bakteriler ve mantarlar, yosunlar, böcekler gibi canlıları kapsamaktadır. Dış, iç veya zemin ile ilişkili yapı elemanlarının tümünde, ahşabı besin maddesi olarak kendi gelişimleri için kullanan bu organizmalar, ahşabı çürütüp malzemenin bozulmasına hız kazandırmaktadır. Nemin %20'nin üzerinde ve sıcaklığın 20-22° C civarında olduğu ortamlar mantarın olduğu optimum şartları oluşturmaktadır. Bu şartlarda bakteri ve mantar etkisi sonucu olduğu düşünülen ve yaygın olarak görülen bozulmalar elemanlardaki renk değişimi ve çürümeler olarak karşımıza çıkmaktadır (İ.B.B., 2009). Ahşabın içyapısını bozarak, malzemenin ufalanıp çözülmesine neden olan bakteri ve mantarlar malzemenin ana bileşeni olan selüloz ve lignini ayrıştırarak, ahşabın hücre yapısını bozmaktadırlar. Bunun sonucunda ahşap malzemede bakteri ve mantarlar sebebiyle kuru küf ve ıslak küf olmak üzere iki çeşit çürüme görülmektedir. Kuru küf, bakteri veya mantarın cinsine ve ahşabın bünyesinden tükettiği maddeye göre kahverengi veya beyaz renkli olarak karşımıza çıkmaktadır. Sadece selülozun tüketildiği durumda ligninin kahverengi olmasından dolayı küf kahverengi görünümlü iken; hem selüloz hem de ligninin

tüketildiği durumda kuru küflerde beyaz renk gözlemlenmektedir. Islak küf oluşumu ise ıslaklık durumunun sürekli olduğu gemi enkazları vb. arkeolojik ahşaplarda karşımıza çıkan bir tür çürümedir. Ahşap malzeme üzerinde zarara yol açan ve ahşabın selülozuyla beslenen bir diğer canlı da böceklerdir. Yumurta, larva veya ergin böcek hallerinin tümünde ahşabın üzerinde yaşayabilen bu canlılar malzemenin içerisinde delikler ve kanallar oluşturarak ahşabın kesit kaybına, dolayısıyla taşıyıcılığını kaybetmesine neden olmaktadır (Zakar, 2013; Çağlar, Çağlar, & Tezel, 2019; Vatan Kaptan, 2010).



Şekil 195. İstanbul-Nuruosmaniye Cami, Ahşaptaki mantarlaşma, çürüme ve böceklenme (Durak, 2012).



Şekil 196. Solda Cumalıkızık konutlarında böcek ve kurt etkisi; Sağda Cumalıkızık konutlarında bakteri ve mantar etkisi (Perker & Akıncıtürk, 2006).



Şekil 197. Solda böcekleri ahşap yüzeyinde meydana getirdikleri uçma delikleri ve galeriler; Sağda Ahşap taşıyıcıda böcek ve mantarın meydana getirdiği tahribat (İ.B.B., 2009).

2.8.2. Ahşap Malzemede Kullanılan Analiz Yöntemler

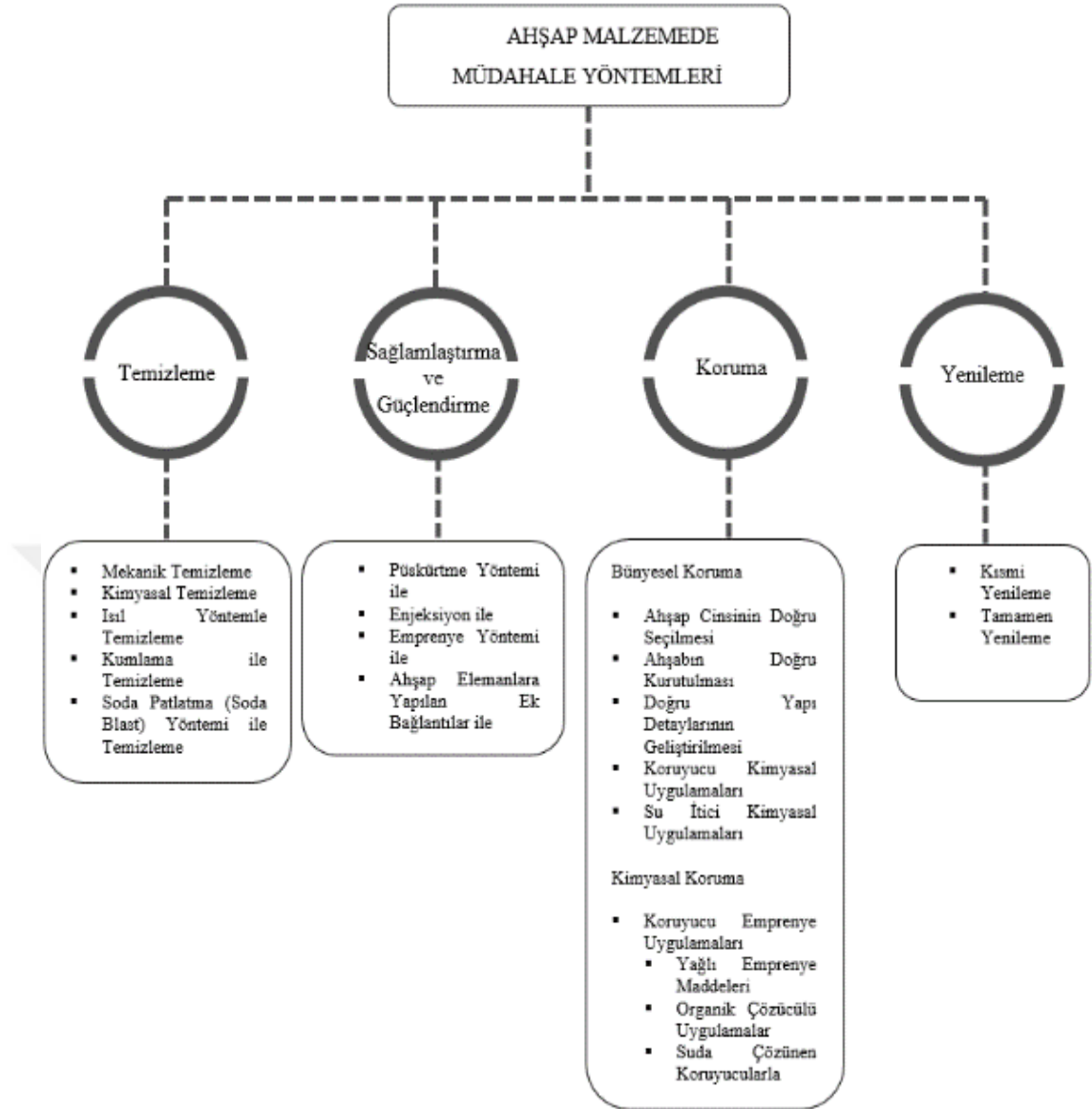
Geleneksel malzemeler içerisinde yer alan ahşap malzemelerde farklı türdeki ahşabın; cinsi, nem oranı, ahşabın kusurları ve üretim yöntemleri gibi hususlar malzemenin dayanımını ve yapıda kullanımını doğrudan etkilemektedir. Bu sebeple ahşap malzemelerin ve ahşap yapıların onarım ve restorasyonu yapılmadan önce kimyasal, fizikomekanik ve mineralojik analizler yapılarak özelliklerinin belirlenmesi, müdahaleye karşı malzeme bünyesinde meydana gelen değişimlerin saptanması gözlem, incelemeler ve gerekli deneysel araştırmalarla tespit edilmesi gerekmektedir. Bu tespitler bozulmanın temelindeki doğru teşhisin konulmasında önemlidir. Çünkü yalnızca ahşap malzemenin özellikleri ve bunlara bağlı deformasyon sebepleri bilindiğinde uygun restorasyon yöntemi belirlenebilmektedir. Yanlış tespit yapılması halinde hasarın artarak başka problemlere yol açabileceği; emek, maliyet ve zaman gibi kayıplara sebebiyet vereceği unutulmamalıdır(Saatçi & Gürsoy; Yüce, 2021).

Tablo 8.Ahşap Malzeme Analizleri(Yazar tarafından yeniden düzenlenmiştir.)
(KUDEB, 2009-2011).

Analiz Yöntemi	Amaç	Analizler ve Testler
KİMYASAL	- Örnekte bulunuyorsa boya vb. kaplama tabakalarının cinsinin ve kimyasal özelliğinin belirlenmesi - Varsa emprenye edilmiş malzemelerin ve bağlayıcılarının belirlenmesi	- Renk Analizi - İnce Tabaka Kromatografisi - HPLC Analizi
FİZİKOMEKANİK	Örneklerin; - Fiziksel özelliklerinin belirlenmesi - Gözeneklilik, - Su emme, - Yoğunluk - Mekanik özelliklerinin belirlenmesi - Yapışma - Basınç - Çekme-gerilme dayanımı	- Yüzey Nem Ölçüm Testi - Kızılötesi Termografi Testi - Schmidt Çekici Sertlik Testi - P-dalga Hızı Testi - Taşınabilir Mikroskop Testi - Endoskopik Yöntem - Yerinde Kayma Deneyi - Yerinde Basınç Gerilmesinin Belirlenmesi - Gerilme Testi - Basınç Testi - Eğilme Testi - Burulma Testi - Sıkışma Testi - Ultrasonik Hız Ölçümleri - Georadar
MİKROSKOPİK	- Ahşap malzemenin anatomik yapısının incelenmesi ile cins ve tür tayinin yapılması ve varsa bozulmaların belirlenmesi - Kullanılan geri döndürülebilir müdahalenin tespiti	- İnce Kesit Analizi - Biyolojik Mikroskop Analizi - SEM – EDX Analizi - XRD Analizi

2.8.3. Ahşap Malzemede Müdahale Yöntemleri

Ahşap malzemede yapılan müdahaleler malzeme bünyesinde gerçekleşen bozulmalar, bu bozulmaların türü ve derecesine bağlı olarak gerçekleştirilmektedir. Ahşap malzemede bozulmalar iklimsel, insan kaynaklı, fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak sınıflandırılmaktadır. Bu sebeplerle bozulmaya uğramış fakat ileri derecede hasar görmemiş; yapısal taşıyıcılığı bulunmayan, kaplama, süsleme ve ince yapı elemanları olarak kullanılan ahşap malzemede oluşan deformasyon, malzemenin taşıyıcı kısımdan ayrılmasına neden olmak, estetik açıdan olumsuz bir durum oluşturmak, üzerindeki bezemenin ayrılmasına yol açmak gibi sonuçlar doğurmuyorsa belli ölçülerde kabul edilebilmektedir. Eğer, malzeme özelliklerini koruyor ve yapıdaki görevini yerine getirebiliyorsa, bozulmaya neden olan etken ortadan kaldırılmaktadır ve ahşap malzemenin daha fazla bozulmasının önüne geçmek için kurutma ve emprenye teknikleri uygulanmaktadır. Benzer şekilde malzeme üzerinde böceklerden kaynaklı oluşan çatlaklar ve delikler ileri boyutlarda değil ise enjeksiyon yöntemiyle doldurularak müdahalede bulunulması yeterli olmaktadır. Fakat mantar ve böcekler tarafından ahşabın özünü oluşturan malzemelerin tüketilmesi, ahşabın iklimsel etkiler altında çalışması veya aşırı yüklenmesi, nem alışverişi nedeniyle dayanımını yitirmesi, yangın sonucunda hasar görmesi ve deformasyona uğraması gibi ileri seviye bozulmalar söz konusu olduğunda; malzeme üzerinde şekil bozuklukları, eski dayanımını kaybetme ve çeşitli deformasyonlar meydana gelmektedir. Farklı nedenlerle gerçekleşen bu deformasyonlar ahşabın yapısal taşıyıcılık görevi varsa malzeme dayanımını doğrudan etkileyeceğinden, yapılan müdahalelerde tahrip olmuş kısımlar ahşabın bünyesinden uzaklaştırılmaktadır. Çünkü ileri seviyede deformasyona uğramış bir ahşap elemanın yeniden şekillendirilerek kullanımı, ahşap malzemede sağlamlaştırma ve güçlendirme çok mümkün olmayacağından nadir durumlarda uygulanmakla birlikte tercih edilen yöntemler değildir. Bu sebeple yenisi ile değiştirme veya ek eleman ile güçlendirme gibi geriye döndürülebilirliği mümkün olmayan yöntemler ileri seviye deformasyonlarda tercih edilmek zorunda kalmaktadır. Ahşap malzemede müdahaleler temizleme, sağlamlaştırma ve güçlendirme, inorganik ve organik bozulma etkenlerine karşı koruyucuların uygulanması ve yenileme olarak sıralanabilmektedir (Zakar, 2013; Yıldırım, 2023).



Şekil 198.Ahşap Malzemede Müdahale Yöntemleri

2.8.3.1. Ahşap Malzemede Temizleme

Ahşap malzemede temizleme yüzey üzerindeki kir, toz ve boyaların mekanik olarak, kimyasal olarak, ısı yöntemi ve kumlama ile temizlenmesi şeklinde 4 farklı yolla yapılabilmektedir. Boya sökerken seçilecek yöntemde; ahşabı tahrip etmeyen, geri döndürülebilirliği mümkün, boyayı kat kat çıkararak özgün boyayı koruyan ve sağlığa zararlı olmayan yöntem olmasına dikkat edilmelidir. Mekanik temizleme yönteminde, ahşap malzemenin imkân vermesine bağlı olarak, fırça, spatula, zımpara gibi aletlerle alt katmanlara zarar vermeden boya kısımları yüzeyden kaldırılmaktadır. Yüzeydeki boya

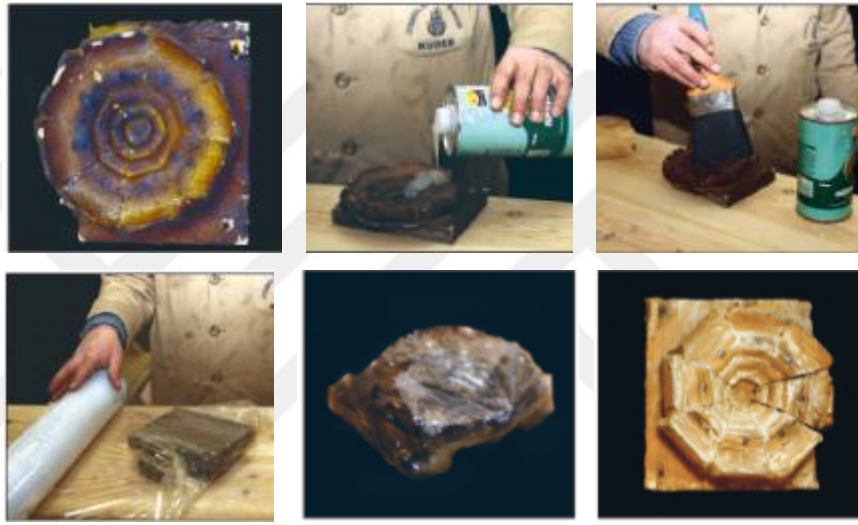
tabakasının kaldırılmasına yardımcı olmak amacıyla ısı tabancısı yöntemi yüzeydeki boyanın yumuşatılması, kazınması ve son olarak yüzey zımparalanması adımlarıyla gerçekleştirilmektedir. Ahşabın üzerinde bulunan cila ve boya kimyasal sökücüler yardımıyla da temizlenebildiği gibi; kumlama yöntemi kullanılarak mekanik aşındırma ile kaldırılabilir. Kimyasal yöntemde sökücüler yüzeye sürülerek boya yumuşatılır, ardından boya kazınır ve zımparalanır. Bazen ısı yöntemi ile birlikte kimyasal yöntemler de metilen klorür, isopro-panol, ksilol, toluol, metanol gibi organik çözücülerin uygulanmasıyla gerçekleştirilir. Fakat günümüzde toksik temizlik kimyasalların yerine, insan ve çevre sağlığını tehdit etmeyen çağdaş boya sıyırma teknolojisi kullanılmaktadır. Soda patlatma, *soda blast*, olarak isimlendirilen, ıslak veya kuru olarak uygulanabilen bu yöntem tahribatsız yüzey soyma sağlamaktadır. Kumlama ise çok dikkatle yapılması gereken bir yöntem olup, dikkat edilmediği takdirde malzemede geri döndürülemez deformasyonlar meydana getirmektedir(Zakar, 2013; İ.B.B., 2009; Günay, 2007).



Şekil 199. İstanbul-Nuruosmaniye Cami, Ahşap malzemede temizlik-bütünleme-sağlamlaştırma (Alioğlu & Aydemir, 2012).



Şekil 200. Mekanik yöntem ve ısı yöntemi ile boya sökümü (İ.B.B., 2009).



Şekil 201. Kimyasal yöntem ile boya sökümü (İ.B.B., 2009).

2.8.3.2. Ahşap Malzemede Sağlamaştırma ve Güçlendirme

Ahşap malzemede sağlamaştırma yüzeyde yangın, mantarlaşma vb. etkenlerden kaynaklı bozulmaların etkisini azaltmak için iç kısmı çürüyen ancak dış kısmı sağlam olan malzemelerin, parçalarının yenilenmesinin uygun görülmediği durumlarda tercih edilmektedir. Bozulan ahşap elemanlarda sağlamaştırma; koruyucu nitelikte maddeler olan doğal ve sentetik reçineler kullanılmaktadır. Bu doğal ve sentetik reçineler arasında en etkili sağlamaştırıcılar Paraloid B72 ve Butvar B98'dir. Sağlamaştırma uygulamaları fırça ile sürülerek, aşılama olarak da tabir edilen enjeksiyon yöntemleriyle, püskürtülerek ya da sıvı, katı ve gaz halinde bulunan maddelerin ahşabın bünyesine geçirilme işlemi olarak tanımlanan emprenye yöntemiyle sağlanabildiği gibi, ahşap yapıda yükleri azaltmak ve sistemin stabilitesi arttırmak için yapıda yer alan ahşap elemanlara ek bağlantılar ve

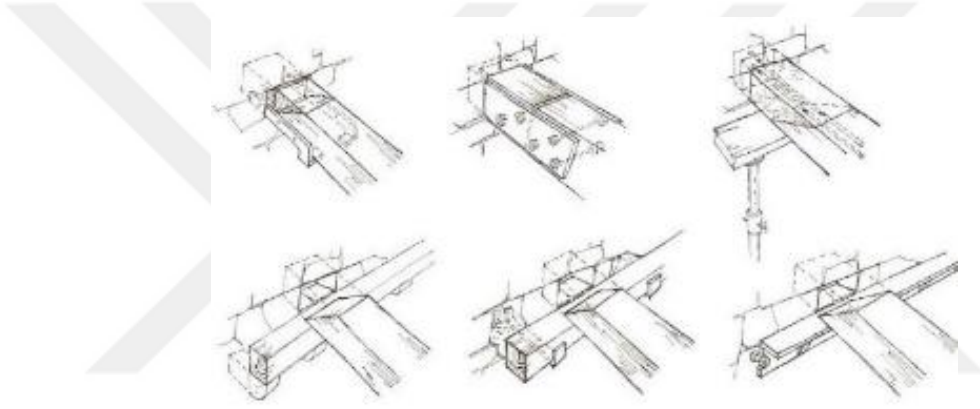
takviyeler yapılarak da sağlanabilmektedir. Yapılan yeni parça takviyesi ile sağlamlaştırma çelik vb. malzemelerin bulonlanması gibi birleştirme yöntemleriyle geri döndürülebilir oluyorken; tutkal vb. yapıştırıcılarla yapıldığında geri döndürülebilirliği mümkün olmamaktadır. Ahşap malzemede hasar görmüş kısımların yakın çevresi ile birlikte kesilerek elemandan uzaklaştırılması ya da ahşap elemanın tümüyle yenilenmesi de geri döndürülemez müdahaleler arasındadır. Bu geri döndürülemez müdahalede oluşan eksik kısım mümkünse aynı tür ve kesitteki ahşaptan, değilse mevcut ahşapla benzer kimyasal, mekanik ve estetik özelliklere sahip bir ahşaptan yeniden üretilip, uygun birleşim detayıyla yerine konmaktadır (ICOMOS, 1999). Yapılan eklemelerin birleşim detayları yapıda kullanılacak yere göre çeşitlilik göstermektedir. Bu sebeple parçaların birbirine çok iyi alıştırmaları ve özgün detaya uygun olarak üretilmesi gerekmektedir. Ahşap malzemede ve yapım sisteminde bu gibi geri döndürülemez sonuçların ve olası deformasyonların önüne geçmek için yapımda ve onarımda kullanılan tüm ahşap malzemelerin; çeşitli koruyucu ve kimyasallarla, mantar ve böceklerle karşı mutlaka koruma ve güçlendirilmeler yapılmalıdır (Zakar, 2013; Günay, 2007; İ.B.B., 2009; Yıldırım, 2023; Güven, 2022).



Şekil 202. İstanbul- Yenicami Hünkâr Kasrı, Sırasıyla fırça ile sürülerek sağlamlaştırma uygulamaları, enjeksiyon yöntemi ile sağlamlaştırma, Emprenye yöntemi ile sağlamlaştırma (İ.B.B., 2009).



Şekil 203. Kırklareli Gar Binası, Çürüyen çatı kirişinin yeni parça takviyesi ile sağlamlaştırması (Güven, 2022).



Şekil 204. Geri döndürülebilirliği mümkün olmayan müdahale yöntemi, Ahşap yapı elemanlarında bozulmuş kısımların yeni malzemeler ile tamamlanması ve güçlendirilmesi (Gómez, 2007).

2.8.3.3. Ahşap Malzemede Koruma

Ahşap malzemede koruma malzemenin bozulmasından önce ve bozulmasından sonra olmak üzere iki farklı şekilde incelenmektedir. Bozulmadan önce yapılan uygulamalar bünyesel koruma olarak adlandırılmaktadır. Bu uygulamalar kullanım yerine uygun ahşap cinsinin seçilmesi, doğru kurutulmuş ahşabın kullanılması, ahşabın çalışma yönleri dikkate alınarak yapı detaylarının geliştirilmesi, malzemenin yanmaya karşı korunması sağlayan yanmayı geciktirici madde uygulamaları, dış hava etkenlerine karşı koruyucu kimyasallar ve su itici malzemelerle yapılan emprenye uygulamaları olarak sıralanabilmektedir. Bu önlemler basit gibi görünse de bakteri ve mantarlara, yangın vb. dış etkenlerden kaynaklı bozulmalara karşı en etkin olanlardır. Fakat ahşabın direnç kazanması için ilaçlama yapılması gerektiği unutulmamalıdır (Zakar, 2013; İ.B.B., 2009; Yıldırım, 2023).



Şekil 205. Ankara Altındağ Cenab-ı Ahmet Paşa Camii Ahşap elemanlarda enjeksiyon yöntemi ile ilaçlama çalışmaları (KUDEB, 2009-2011).

Ahşap malzemenin bozulmasından sonra yapılan koruma uygulamaları da kimyasal koruma olarak adlandırılmaktadır. Bu koruma yönteminde ahşaba reçine vb.maddelerin emprenye edilmesinden faydalanılmaktadır. Koruyucu emprenye maddelerinin işlevini yerine getirmesi için ahşabı mantar, böcek ve benzeri biyolojik oluşumlara karşı uzun süre etkin şekilde koruyabilmesi, metallerle tepkimeye girerek korozyona neden olmaması ve insan sağlığını olumsuz etkileyecek özellikler taşımaması olarak sıralanmaktadır. Emprenye işleminde kullanılan maddeler yağlı emprenye maddeleri, organik çözücülü emprenye maddeleri ve suda çözünen tuzlar olmak üzere üç farklı grupta toplanmaktadır. Yağlı emprenye maddelerine örnek olarak kreozot, karbolineum, linyit yağı ve çeşitli katranlar iken; organik çözücülü koruyucular, ahşap korumada etkin koruyucu bir maddenin organik bir çözücüde çözülmesiyle elde edilen PCP (veya Penta), Lindan, Dieldrin, bakır naftenat gibi kim solüsyonlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Suda çözünen koruyuculara bakıldığında ise, koku bulunmasının arzulanmadığı yerlerde daha çok tercih edilen, ACA (amonyaklı bakır arsenit), ACC, CCA (kromlu bakır arsenat) gibi kimyasallardır. Ahşap malzemenin üst yüzeyinde çatlak ve yarıkların oluşmasına engel olup mumsu su itici yüzeyler oluşturmak için kullanılan parafin, hidrokarbon reçineleri, bezir yağı ve benzeri doğal yağlar geçmişten günümüze ahşap malzeme üzerinde kullanılan etkin koruyuculardır. Şeffaf film tabakası oluşturarak, ahşabı mor ötesi ışıklardan ve dış ortamın oluşturduğu deformasyonlardan koruyan maddeler ise hidrofobik boyalar, vernikler, ACC, CZC ve FCAP gibi kimyasallardır. Ahşap yüzeyler üzerinde yangın kaynaklı ciddi bozulmaların önüne geçmek için ahşaba, korozyon önleyicilerle birlikte emprenye edilen yanmayı geciktirici amonyum sülfat/ amonyum fosfat karışımları olan tuz uygulamaları ve ateşle karşılaştıklarında köpük tabakası veya camsı film tabakası oluşturan yüzey kaplamaları uygulaması yapılmaktadır. Bu uygulamalar arasında köpük oluşturan kaplamalar, diğer yalıtım oluşturan kaplamalara göre daha etkindir (İ.B.B., 2009; Zakar, 2013; Hafizoğlu, 2001).

2.8.3.4. Ahşap Malzemede Yenileme

Ahşap bir yapı elemanında; nem, yetersiz havalandırma ve ısıtılmada mantar ve böcek oluşumları nedeniyle bozulmalar meydana geldiğinde güçlendirme işlemi uygulanmaktadır. Güçlendirme işlemi, kimyasal olarak polimer esaslı malzemelerle yapılan enjeksiyonları ve bu yöntemin ileri boyutundaki deformasyonlara karşı mekanik olarak kısmi yeni malzeme ile yamalanması veya tamamen yenileme yapılması şeklinde gerçekleştirilmektedir. Ahşap konstrüksiyonun güçlendirilmesinde en çok kullanılan müdahale yöntemlerinin başında gelen yenilemede temel ölçüt bozulmanın etki ettiği kısmın hacmidir. Müdahalede bozulmanın görüldüğü kısmı içine alan daha geniş bir bölümün elemandan uzaklaştırılmasıyla yapılabildiği gibi, malzemenin büyük bir kısmı deforme olmuş ise yapı elemanın yeni bir ahşapla değiştirilmesine kadar gitmektedir. Bu işlem yapının orijinalinde yer alan malzemenin yapı bünyesinden tamamen çıkartılıp atılmasına dayandığı için geri döndürülebilirlik mümkün olmamaktadır. Yenilen malzemenin birleştirme işlemi sırasında kullanılan detaylar, yük aktarımının doğru sağlanabilmesi, eski ve yeni kısımların bu anlamda birlikte çalışabilmeleri için büyük önem taşımaktadır. Bu sebeple, yenilenen malzemede aranan nitelik özgün malzemenin fiziksel ve kimyasal özellikleriyle uyumlu olmalı, mümkünse aynı malzemedan seçilmesidir. Diğer taraftan yenilenen eleman ile eski kısım yapının özgünlük değerinin korunması açısından farklılaştırılması gerektiği unutulmamalıdır (Zakar, 2013; Beckmann, 1995; Venedik Tüzüğü, 1964; ICOMOS, 1999).

Eski ve yeni kısmın eleman bağlantılarında ayrılmanın önlenmesi için de yeniden yapım sırasında geri döndürülebilirliği mümkün olmayan yapıştırıcılar; geri döndürülebilirliği mümkün ek ahşap, metal plak elemanlar, kenet ve bulonların kullanımına rastlamak mümkündür. Ahşap elemanların birleşim bölgelerinde oluşan gerilme yoğunluğunu azaltmak, birleşen elemanların gevşeme ve dağılmalarını engellemek için ise küçük kesitte yüksek dayanım imkânı veren ve çağdaş bir yöntem olan CTP çubuklar ile güçlendirme karşımıza çıkmaktadır. Bu müdahalenin avantajları olmasına rağmen CTP çubukların ahşap yüzeyine yapıştırılmasında geri döndürülebilirliği mümkün olmayan epoksi yapıştırıcılar kullanılması müdahalede dezavantajlı hale getirmektedir (Zakar, 2013; Alsheghri & Akgül, 2019).



Şekil 206. Kırklareli -Kaptan'ın Evi yeniden yapılan ahşap çatı makasları (Güven, 2022).



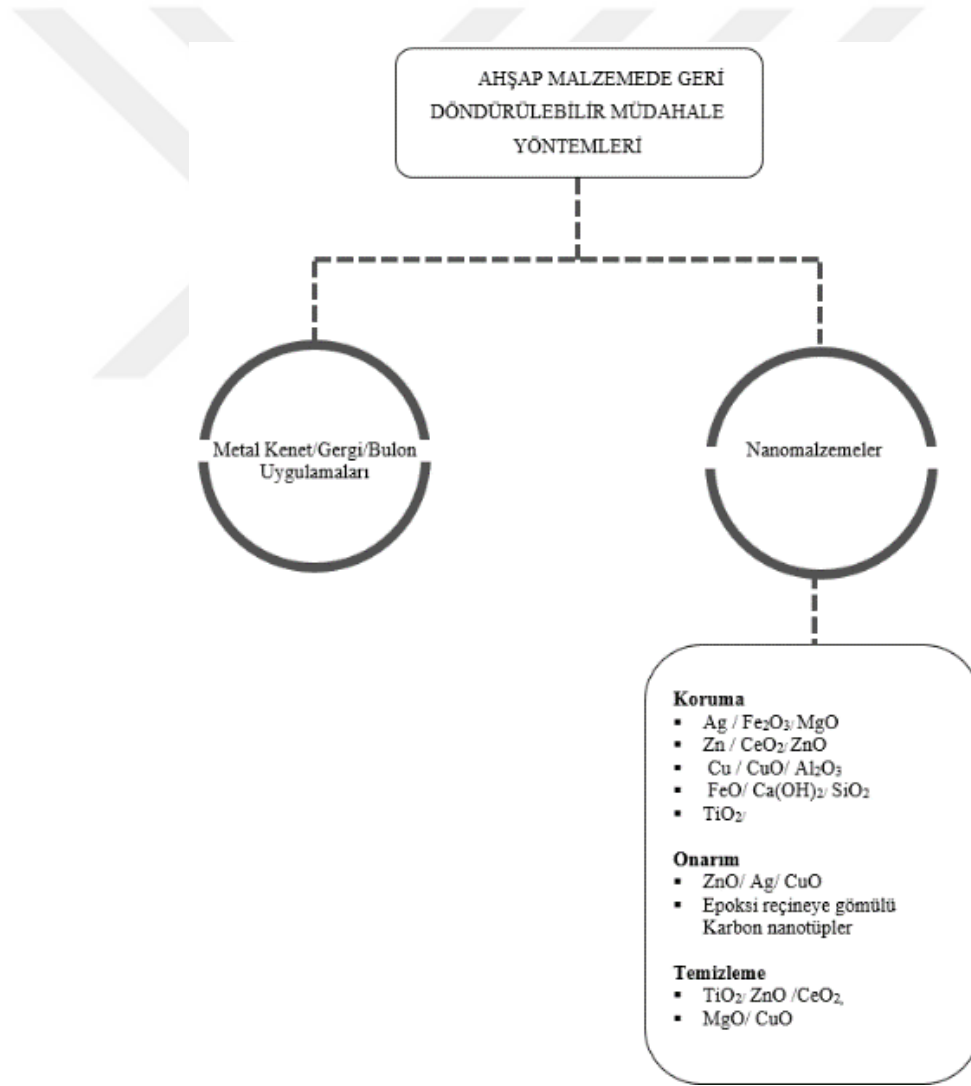
Şekil 207.İstanbul-Mısır Çarşısı moloz taş duvarlarında çürümüş ahşap hatılın yenilemesi (Yüce, 2021).

2.9. Ahşap Malzemedeki Geri Döndürülebilirlik

Organik bir malzeme olan ahşap kullanılan ilk yapı malzemelerinden biridir. Hafif bir malzeme olması sebebiyle basınca, çekmeye ve eğilmeye karşı dayanıklıdır ve tarihi yapılarda çokça tercih edilmektedir. Ahşabın, yapılarda taşıyıcı sistem, doğrama, kaplama, hatıl, çatı, süsleme elemanı ve mobilya olarak kullanımına rastlamak mümkündür. Özellikle çekmeye karşı dayanımından dolayı hatıl, eğilmeye karşı dayanımından dolayı çıkma ve cumbalarda sıkça kullanılmıştır (Yüce, 2021). Ahşap malzemenin, farklı çevresel koşulların etkisiyle bozulma eğiliminde olduğu bilinmektedir. Bu sebeple kültürel mirasın korunmasına yönelik uygun çözümler sağlamak amacıyla ahşap malzemelerin doğal yapılarının bilinmesi ve davranışlarına ilişkin bilimsel bilginin artırılması ihtiyacı doğmaktadır. Çünkü ahşabın bozulma biçimleri, ahşap malzemenin cinsine, yapıda kullanım yerine, zemin özelliklerine, taşıyıcı sistem tasarımındaki hatalara, deprem, nem, rüzgâr gibi

doğal etkenlere, yangınlara, mantar, bakteri, kurt ve böcek etkilerine, bağlantı ve onarım hatalarına, bakımsızlık, terk etme gibi faktörlere göre farklılık göstermektedir (Zakar, 2013; Çağlar, Çağlar, & Tezel, 2019; Perker & Akıncıtürk, 2006; Saatçi & Gürsoy; Uyar Z. , 2024).

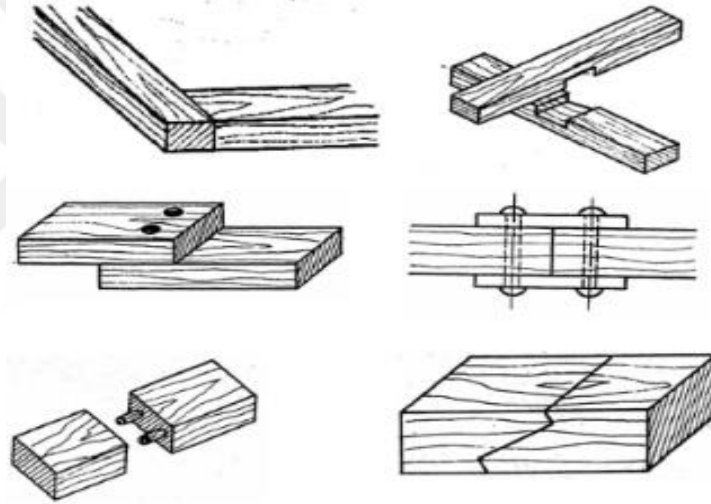
Tezin bu kısmında ahşap malzemede geri döndürülebilirlik araştırılmaktadır. Yapılan literatür taramasında ahşap malzemede meydana gelen ya da gelmesi muhtemelen olan deformasyonlara karşı korumada ve yüzey temizliğinde kültürel mirası koruma alanında özellikle son zamanlarda yer edinmeye ve kullanılmaya başlanan sürdürülebilirliği, geri döndürülebilirliği mümkün nanomalzemelerden faydalandığı; sağlamlaştırma ve güçlendirme müdahalelerinde ise metal, kenet, gergi ve bulon vb.malzemelerin kullanıldığı saptanmıştır.



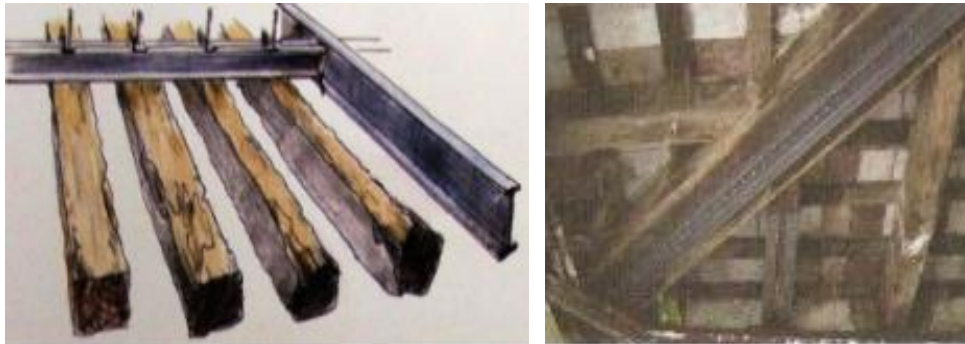
Şekil 208.Ahşap Malzemede Geri Döndürülebilir Müdahale Yöntemleri

2.9.1.Metal Kenet, Gergi ve Bulon Uygulamaları

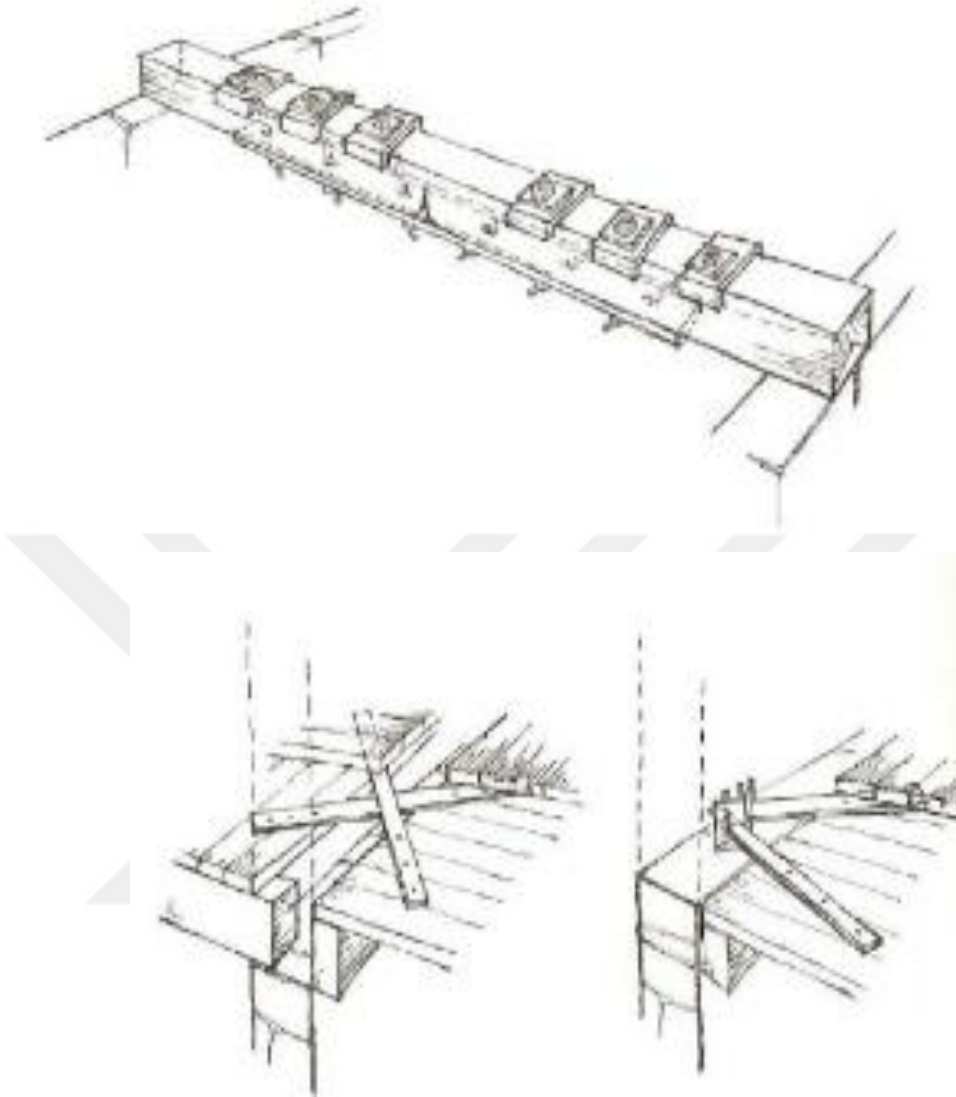
Ahşap yapı elemanları; geçme, çapraz geçme, lamba zıvana, boğaz geçme ve kurtağzı gibi çeşitli detaylarla birleştirilebildiği gibi birleşim noktalarında tutkal, çivi, kama, bulon veya metal levhalar da kullanılabilir (Yüce, 2021). Yapılan sağlamlaştırma ve güçlendirme uygulamalarında da ahşabın birleştirilmesi için epoksi reçine, tutkal gibi geri döndürülebilirliği mümkün olmayan yapıştırıcıların ve FRP, CFRP bantların kullanımına rastlamak mümkündür. Fakat bu müdahalelerde metal, kenet ve bulonlama gibi geri döndürülebilir müdahale yöntemlerinin varlığı ahşap yapıların gelecek nesillere orijinalliğini bozmadan aktarımında umut vaat etmektedir (S.Anthimos, Structural Restoration Of Historical Monuments Specific Exampels From Greek Practice, 2003; Henry, 2015).



Şekil 209. Ahşap elemanların birleşim detayları; geçme, çapraz geçme, lamba zıvana, boğaz geçme ve kurtağzı (Yüce, 2021).



Şekil 210. Solda ahşap döşeme malzemelerinin ek bir metal sisteme asılarak desteklenmesi; sağda ahşap döşemede metal gergi kullanımı (Zakar, 2013).



Şekil 211.Ahşap döşeme eleman ve bağlantılarında metal kenet kullanımı (Gómez, 2007).

Akgül ve Alsheghri' ye göre ahşap yapıların birleştirme bölgelerinde korozyondan dolayı çürümeler meydana geldiği için CFRP levhaların ahşap birleşim bölgelerinde kullanımı avantajlıdır. Çünkü gerilme yoğunluğu nedeniyle zamanla bu bölgelerde oluşan gevşemelerinin engellenmesi amacıyla iki CFRP levha blonlar ve epoksi yardımıyla sıkıştırılarak bu bölgelerde oluşan gevşeme ve dağılmalar engellenmektedir. Aynı zamanda geleneksel güçlendirmede birleşim bölgelerinde uygulanan çelik levha, blon ve gergi çubuklarına göre CFRP birleştirme elemanlarıyla yapılan uygulamalar istenilen dayanımı daha küçük malzeme kesitleri ile elde etme olanağı tanımaktadır ve oldukça hafiftir. FRP'lerin ise istenen renk ve desende üretilmesi nedeniyle birleştirme bölgelerinde daha estetik bir görüntü elde edilmesinin mümkün olduğu görüşündedirler (Alsheghri & Akgül,

2019). Fakat epoksi kullanılarak yapılan bu uygulamaların bulon, metal, kenet ve gergi elemanlarına karşın geri döndürülebilirliği mümkün değildir. Ek olarak ahşap malzemelerle yapılan gergi uygulamaları gibi geçici önlemler, daha kalıcı çözümler belirlenene kadar yapılan alternatif bir geri döndürülebilir müdahale yöntemidir (S.Anthimos, Structural Restoration Of Historical Monuments Specific Exampels From Greek Practice, 2003; Yıldırım, 2023).



Şekil 212. Fransa-Beauvais Katedrali'nde kullanılan geri döndürülebilirliği mümkün ahşap gergi destekler (Yıldırım, 2023).

2.9.2. Nanomalzemelerle Koruma, Onarım ve Temizleme

Açık hava koşullarına karşı oldukça açık olan ahşap yapılarda zamanla malzeme yüzeylerinde fiziksel bozulmalar; mantar ve böceklerin oluşturduğu renklenme ve çürümeler meydana gelmektedir. Bu sebeple geçmişten günümüze dek bu faktörlerin etkilerinden tarihi kültürel ahşap malzemeyi etkin bir şekilde korumak için birçok koruyucu madde geliştirilmiştir. Bu maddeler arasında en çok tercih edilen malzeme yüzeyinde ince bir tabaka oluşturan su veya solvent içerisinde çözünmüş durumda bulunan sıvı, akışkan halde bulunan reçineler olan verniklerdir (Ulusoy & Peker, 2019).

Ahşap malzemenin sağlamlaştırılması, güçlendirilmesi ve korunması amacıyla yapılan emprenye etme ve vernikleme işlemleri sırasında kullanılan bu koruyucu malzemelerin ahşap yüzeye uygun olması için güneş ışığından etkilenmemesi, renginin solmaması, sıcaklık soğukluk farkından deformasyona uğramaması, yağmur, don, rüzgârın etkisi, rutubet ve nem gibi faktörlerden etkilenmemesi gerekmektedir. Kültürel miras yapı ve eserlerinin restorasyonu ve konservasyonu yapılırken, kullanılan koruyucu vernik kaplamaların aynı zamanda eser yüzeyinde herhangi bir renk değişimi ve doku bozulması gibi geri dönüşü mümkün olmayan tahribatlara neden olmaması gerekmektedir. Ahşap malzemede kullanılmak üzere geliştirilen bu nanoteknolojik malzemeler bünyesinde taşıdığı çeşitli nanoparçacıklar sayesinde deformasyonlara karşı dirençli hale gelmektedir. (Aksu, 2020; Uyar Z. , 2024). **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**'de ahşap malzemede kullanılan üncel nanoteknolojik malzemelerin temizlik, onarım ve koruma gibi restorasyon aşamalarındaki, kullanımlarına ilişkin bilgiler ve bu nanopartiküllerin özellikleri yer almaktadır. Tablo 9. Ahşap malzemelerin koruma ve onarımında kullanılan nanopartiküllerin özellikleri, hangi amaçla kullanıldığı (Ansell, 2013; David, Ion, Grigorescu, Iancu, & Andrei, 2020; Uyar Z. , 2024).

NANOPARTİKÜL ÇEŞİTLERİ		ÖZELLİKLERİ
KORUMA	Ag, Zn, Cu, MgO, FeO, SiO ₂ ,	Mantar ve böceğe karşı koruma
	TiO ₂ , ZnO, SiO ₂ , Fe ₂ O ₃ , Kil, CeO ₂ , MgO, FeO	UV kaynaklı solmaya karşı direnç
	CeO ₂ , TiO ₂ MgO, CuO, Kil	Su iticilik, ıslanmaya ve leke tutmama ya karşı
	SiO ₂ , TiO ₂ , Kil	Yanmaya karşı direnç
	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Ca(OH) ₂ , CuO, Kil	Çizilme, aşınma ve yırtılmaya karşı direnç
	Ca(OH) ₂	Çevresel ve kimyasal etkilere karşı daha dayanıklılığın artırılması

Tablo 9'un Devamı

ONARIM	ZnO	Ahşap kaplama ürünü olarak bulunan termitlere karşı
	Ag	Yüksek antimikrobiyal aktivite spektrumuna (bakterisidal ve mantar öldürücü aktivite)
	CuO	Ahşap sağlamlaştırıcı olarak ve ahşabı çeşitli mikroorganizmalara karşı korumak
	Epoksi reçineye gömülü carbon nanotüpler	Ahşabın mekanik mukavemetinde önemli bir iyileşme
TEMİZLEME	TiO₂	Kendi kendini temizleme özelliği
	ZnO	Kendi kendini temizleme özelliği
	CeO₂, MgO, CuO	Leke tutmaya karşı direnç

Ahşap malzemelerin nanopartikül içeren vernik ve boya malzemeleri ile yapılan restorasyon ve konservasyon işlemlerindeki temel amaç; kültürel değere sahip ahşap yapı ve eserlerin, kirlenme, yağmur, don, bakteri, mantar, UV gibi fiziksel ve kimyasal etmenlere karşı malzemeyi dirençli hale getirerek koruma ve onarım müdahalelerini sağlıklı bir şekilde gerçekleştirmektir (Uyar Z. , 2024). Literatürde nanopartiküllerle yapılan birçok çalışma yer almaktadır. Ansell'in 2013'te yaptığı çalışmada ahşap malzemenin görünüş özelliklerinin ve mukavemetinin artırılması için çeşitli nanomalzemelerin kullanıldığı ve kullanılan bu nano malzemelerin, ahşap malzemenin yüzeyine su veya solvent bazlı solüsyonlarla yüzeyde bir film katmanı oluşturarak n geleneksel olarak kullanılan kimyasallarla kombinasyonları sonucu kendi kendini temizleyen yüzeyler elde edilebildiği ortaya konmaktadır (Ansell, 2013; Uyar Z. , 2024). Sonraki süreçte ahşap malzemenin korunması ve dayanıklılığının artırılması üzerine yapılan çalışmalarda; Bláha ve J. Novotný kalsiyum hidroksit (Ca(OH)₂) nanopartiküllerin çeşitli kültürel miras eserlerinde kullanımıyla ilgili çalışmalarına ve ahşap malzemede oluşan çürümeyi önlemek adına nano ölçekli lif uygulamalarına rastlamak mümkündür (Blaha & Novotny, 2018). Nano ölçekli ahşap lifler, ahşabın dokusundaki organik bileşenlerden oluşturulmuş plastik kapsüller ile birleşerek ahşap yüzeyde yosun, küf, bakteri ve mantar oluşumunu engelleyebilmektedir (Atik & Bilgin, 2018).

Tablo 10. Ahşap Malzemede Geri Döndürülebilir ve Geri Döndürülemez Uygulamaların Sınıflandırılması

AHŞAP MALZEMELERDE YAPILAN UYGULAMALAR		GERİ DÖNDÜRÜLEBİLİR	GERİ DÖNDÜRÜLEMEZ
TEMİZLEME	Mekanik Yöntem		✓
	Kimyasal Yöntem		✓
	Isıl Yöntem		✓
	Kumlama		✓
	Soda Blast/Soda Patlatma	✓	
	Nanomalzemeler	✓	
SAĞLAMLAŞTIRMA VE GÜÇLENDİRME	Yapıştırma Yöntemi ile (Paraloid B72,epoksi vb.)		✓
	Yeni Parça Takviyesi		✓
	Metaller	✓	
	Kenetler	✓	
	Gergiler	✓	
	Bulonlar	✓	
	FRP Bant		✓
	CFRP Bant		✓
	Nanomalzemeler	✓	
KORUMA	Yağlı Emprenye Maddeleri		✓
	Organik Çözücülü Maddeler		✓
	Suda Çözünen Tuzlar		✓
	Nanomalzemeler	✓	
YENİLEME	Tümüyle Yenileme		✓

3. BULGULAR VE İRDELEME

3.1. Mimari Restorasyonda Geri Döndürülebilirlik Parametrelerinin Belirlenmesi

Tarihi eserlerde restorasyon uygulamalarının kaldırılmasından sonra bile yapılar üzerinde uygulanmış olan müdahalenin izleri ve hatırası az da olsa var olacaktır. Jurina, diğer yandan durumun böyle olması da yerinde bir sonuç olarak görürken; aksi halde yapıya ve onun geçmişine ilişkin maddi bir belgenin kaybolacağını savunmaktadır. Fakat geri döndürülebilirlik kavramını en azından bir istek olarak kabul edip, koruma pratiğinin bir parçası haline getirmenin, uygulayıcıya ilham veren bir "paradigma" olduğunu belirtmektedir. Bu anlamda, "iyi bir restoratör" sanatı, tekniği ve duyarlılığı ile mümkün olduğu kadar koruma müdahalesini her şeyden önce yapının hayatta kalmasını garanti altına alarak ideale yöneltmelidir (Jurina, Consolidamento Strutturale e Reversibilità, 2002). Bu noktada ideale yöneltmekle kastedilenin koruma ile ilgili tüzük ve ilkelerde yer alan geri döndürülebilirlik ilkesidir. Geri döndürülebilirliğe uygun yapılan müdahaleler mevcuttur. Fakat bu müdahale kaldırıldıktan sonra ne oranda geri döndürülebilir olduğu merak konusudur. Daha da önemlisi müdahalenin geri döndürülebilir olduğunu ortaya koyan parametreler bugüne kadar yayınlanmış tüzükler ve koruma ilkelerinde ortaya konmamıştır. Yapılan araştırmalar doğrultusunda müdahaleyi geri döndürülebilir yapan 5 farklı parametre belirlenmiştir. Reversibility (R1, R2...) ile ifade edilen bu parametreler malzemede müdahale öncesinde ve sonrasında meydana gelen değişimleri esas alarak bir geri döndürülebilirlik hesaplaması yapmayı hedeflemektedir. Bu hesaplamada belirlenen parametreler müdahalenin kaldırılabilirlik, dayanıklılık, özgünlük, uyumluluk ve sürdürülebilirliği esas almaktadır. Parametreler sırasıyla;

- **R1-Müdahaleden Sonra Malzeme Kaybı Yaşanmaması / Özgünlüğün Korunması**
- **R2- Müdahaleden Sonraki Performansı/Dayanıklılık**
- **R3-Müdahalenin İstenildiğinde Kaldırılabilmesi/ Kaldırılabilirlik**
- **R4-Müdahaleden Sonra Kültür-Kimlik Özelliklerini Bozmaması/ Sürdürülebilirlik**
- **R5 – Yapılan Müdahalenin Orijinal Malzemeye Uyumu/Uyumluluk**

3.2. Mimari Restorasyonda Geri Döndürülebilirlik Sınır Tanımlaması

Geri döndürülebilirlik Jurina'ya göre “Yeni malzemelerin dayanıklılığı göz önünde bulundurularak, mevcut olanın önünde imkânsızlığı temsil etmekten çok uzak olan ve restoratöre müdahalelerin gelecekte değiştirilmesi açısından düşünme fırsatı veren” bir kavramdır. Bu nedenle yapısal restoratörlerden beklenen yaklaşım, disiplinler arası, çapraz kontrol, bilimsel yaklaşım ve yaratıcılık içeren bir tutumla yapıya uyarlanarak tasarlanması gereken spesifik müdahalenin doğru şekilde uygulanmasıdır (Jurina, Consolidamento Strutturale e Reversibilità, 2002).

Bu sebeple geri döndürülebilirlik hesaplaması disiplinler arası ortak bir çalışma gerektirmektedir. Ancak ve ancak müdahaleler bu doğrultuda yapıldığında etkili çözümler ortaya konmaktadır. Aşağıda yer alan tabloda yapılan tez çalışmasının 2. ve 3. bölümlerinden elde edilen restorasyon müdahaleleri ve verileri ışığında belirlenmiş olan parametrelerle uygulanan müdahalelerin ne oranda geri döndürülebilir olduğu saptanmaya çalışılacaktır.

Belirlenen somut ve soyut özellikleri ortaya koyan parametrelerin her biri 1 puana tekabül etmektedir. Bu değerlerin toplanıp ortalamasının alınmasıyla elde edilen ortalama değer yüz ile çarpılması ile de müdahalenin geri döndürülebilirlik oranı yüzde olarak hesaplanmaktadır. Bu hesaplamada bir RF-Reversibility Factor (Geri Döndürülebilirlik Faktörü) elde edilmesi hedeflenmektedir.

$$RF = \frac{R1 + R2 + R3 + R4 + R5}{5} \times 100 = \% RF$$

Hesaplanan RF-Reversibility Factor yüzdelikleri belirli aralıklara bölünerek düşük, orta ve yüksek olmak üzere 3 kategoride müdahalelerin geri döndürülebilirlik oranları elde edilmiştir. Aşağıda müdahalenin ne oranda geri döndürülebilir olduğunu belirleyen aralıklar yer almaktadır.

% 0 < RF < %60	Düşük Geri Döndürülebilirlik
% 61 < RF < %80	Orta Geri Döndürülebilirlik
% 81 < RF < %100	Yüksek Geri Döndürülebilirlik

Restorasyon müdahalelerinde olması istenen temel kavramların başında gelen geri döndürülebilirlikle ilgili sınır tanımlaması literatürde yer almamakla birlikte; geçmişten bugüne kadar bu kavramla ilgili yapılmış herhangi bir çalışmaya da rastlanmamıştır. Bu

durum literatürde ciddi bir eksiklik olarak karşımıza çıkmaktadır. Aynı zamanda yapılacak müdahalelerin yapılara olan zararlarını önceden somut olarak ortaya konulmaması tarihi yapıların geleceğini tehlikeye sokmaktadır. Yapılan çalışma tüm bu faktörleri göz önüne alarak restorasyon müdahalelerine başlanmadan önce yapılması planalanan uygulama ve tekniklerin yapılar üzerinde olası geri döndürülemez hasarlarını engellemeyi hedeflemektedir. Bu doğrultuda oluşturulmuş parametreler ve sınır tanımlamaları restorasyon alanında yapılacak olan tüm uygulamaların ancak geri döndürülebilirliklerinin hesaplanmasından sonra uygulamaya konması halinde olası tahribatları en aza indirilebilmekte ya da engelleyebilmektedir. Bu sebeple belirlenen parametreler ve bu doğrultuda oluşturulan sınır tanımlamalarının bundan sonra yapılacak olan çalışmalara referans olması öncelikli hedef olarak belirlenmiştir. Tablo 11’de restorasyon müdahalelerinde kullanılan tüm teknik ve yöntemlerin hesaplaması gösterilmektedir.

Tablo 11. Geri Döndürülebilirlik Parametrelerinin Belirlenmesi ve Müdahale Yöntemlerin Bu Parametrelere Göre Değerlendirilmesi(Yazar tarafından hazırlanmıştır.)

GERİ DÖNDÜRÜLEBİLİRLİK PARAMETRELERİ			Özgünlüğün Korunması	Dayanıklılık	Kaldırılabilirlik	Sürdürülebilirlik	Uyumluluk	%RF (Geri Döndürülebilirlik Oranı)
STRÜKTÜREL YAPI ELEMANLARINDA GERİ DÖNDÜRÜLEBİLİRLİK	TEMEL	Kesit Genişletme		✓				% 20
		Temel Sağlamaştırma		✓				% 20
		Taban İzolasyon Uygulaması	✓	✓	✓	✓	✓	% 100
		Sismik İzolatör Uygulaması	✓	✓	✓	✓		% 80
	DUVAR	Dikiş		✓	✓		✓	% 60
		Kenet		✓	✓		✓	% 60
		Enjeksiyon	✓	✓		✓	✓	% 80
		FRP Bantla Yapılan Güçlendirme		✓				% 20
		Kuşaklama	✓	✓	✓	✓	✓	% 100
		Çelik veya Metal Gergilerle Yapılan Güçlendirme	✓	✓	✓	✓	✓	% 100

Tablo 11'in Devamı

		CFRP Bantla Yapılan Güçlendirme		✓				% 20
		Betonarme ek hatıllar		✓				% 20
		Çelik ek hatıllar	✓	✓	✓	✓	✓	% 100
		Betonarme Mantolama İşlemi		✓				% 20
		Payandalarla Destekleme		✓				% 20
		(TRM) Tekstil Donatılı Harç ile Güçlendirme	✓	✓	✓		✓	% 80
		Çelik veya Metal Gergilerle Yapılan Güçlendirme	✓	✓	✓	✓	✓	% 100
		FRP Çubuklar ile Güçlendirme (Uyumlu harç ile doldurulduğunda)	✓	✓	✓	✓	✓	% 100
		FRP Çubuklar ile Güçlendirme (Epoksi ile doldurulduğunda)	✓	✓		✓		% 60
		Çelik Elemanlar ile Yapılan Güçlendirme	✓	✓	✓	✓	✓	% 100
		Reticolatus Tekniği	✓	✓	✓	✓	✓	% 100
		CAM Sistemi İle Güçlendirme		✓	✓			% 40
		Ard Germeli (Post-Tensioning) Kablo Sistemleri İle Güçlendirme	✓	✓	✓	✓	✓	% 100
	DÖŞEME	Döşemeleri Değiştirmek		✓				% 20
		Yeniden Yapım		✓				% 20
		Yıkma		✓				% 20
		FRP Bantla Yapılan Güçlendirme		✓				% 20
		Döşemenin Kesitinin Arttırılması (betonarme katman uygulanarak)		✓				% 20
		Enjeksiyon	✓	✓		✓	✓	% 80
		Yapıştırma Müdahaleleri		✓				% 20
		Çelik/Ahşap Levhalarla Birleştirme	✓	✓	✓	✓	✓	% 100
		Çelik/Ahşap Levhalarla Destekleme	✓	✓	✓	✓	✓	% 100

Tablo 11'in Devamı

	KEMER/KUBBE/ TONOZ	FRP Bantla Güçlendirme(epoksi kullanılarak)		✓				% 20
		CFRP Bantla Güçlendirme(epoksi kullanılarak)		✓				% 20
		Çelik donatılarla güçlendirme	✓	✓	✓	✓	✓	% 100
		Betonarme ile Güçlendirme Uygulamaları		✓				% 20
		Yay ve amortisör sistemleri kullanımı	✓	✓	✓	✓	✓	% 100
		Çelik Halatlarla Yapılan Güçlendirme	✓	✓	✓	✓	✓	% 100
		Ön Gerilmeli Çelik Bağlarla Yapılan Güçlendirme	✓	✓	✓	✓	✓	% 100
		Çelik Gergilerle Yapılan Güçlendirme	✓	✓	✓	✓	✓	% 100
	TAŞIYICI AYAK/SÜTUN	FRP Bantla Yapılan Güçlendirme		✓				% 20
		LAR(Liquid Adhesion Release-agent) Uygulaması	✓	✓	✓	✓	✓	% 100
		Çemberleme	✓	✓	✓	✓	✓	% 100
	ÇATI	Taşıyıcı Elemanların Kesitlerinin Arttırılması		✓			✓	% 40
		Ahşap Kirişlerde Tamamen veya Kısmen Yenileme		✓			✓	% 40
		Betonarme Hatıl Uygulaması		✓				% 20
		Metal Kenet, Metal Plaka ve Bulonlarla Yapılan Birleştirme İşlemleri	✓	✓	✓	✓	✓	% 100

Tablo 11'in Devamı

		FRP Çubuk Uygulaması		✓	✓	✓	✓	✓	% 100
		Gergi ve Kablolarla Güçlendirme		✓	✓	✓	✓	✓	% 100
		Yeni Elemanla Destekleme			✓	✓		✓	% 60
		Cam malzeme ile Yapılan Şeffaf Restorasyon		✓	✓	✓	✓	✓	% 100
		Çatı Örtüsünde Yapılan İyileştirmeler (Düz çatıda toprağın değiştirilmesi)			✓	✓	✓	✓	% 80
GELENEKSEL YAPI MALZEMELERİNDE GERİ DÖNDÜRÜLEBİLİRLİK	TAŞ MALZEME	TEMİZLİK	Su ile Temizlik	Basınçlı Su ile		✓	✓		% 40
				Atomize Su ile		✓	✓		% 40
				Su Buharı ile	✓	✓	✓	✓	% 80
				Sulu Kumlama ile		✓	✓		% 40
			Mekanik Temizlik	Küçük El Aletleri ile	✓	✓		✓	% 80
				Kumlama İle		✓	✓		% 40
				Mikro(Kontrollü) Kumlama İle	✓	✓	✓	✓	% 100
			Kimyasal Temizlik	Kil ve Kâğıt Hamuru		✓	✓		% 40
				Jel ve Lapalar		✓	✓		% 40
			Diğer Yöntemler	Lazer ile Temizlik	✓	✓	✓	✓	% 80
				Kuru Buz ile Temizlik		✓	✓		% 40

Tablo 11'in Devamı

		ONARIM VE SAĞLAMLAŞTIRMA	Yenilikçi Yöntemler	PVA-B		✓	✓	✓	✓	% 80
				PVA-B/Ag	✓	✓	✓	✓	✓	% 100
				Nanoyapılı Temizleme Sıvıları	✓	✓	✓	✓	✓	% 100
			Sentetik-Organik Malzemeler	Epoksi Reçineler		✓				% 20
				Akrilik Reçineler		✓				% 20
			Organo-Silikon Malzemeler	Alkoksisisilanlar ve Alkil Alkoksisisilanlar		✓				% 20
				Alkalın Silikatlar		✓				% 20
				Florosilikon Bileşikler		✓				% 20
			Nano-Sağlamlaştırıcılar	Ca(OH) ₂ -Kalsiyum Hidroksit	✓	✓	✓	✓	✓	% 100
				HAP(Hidroksiapatit) Nanoparçacıkları	✓	✓	✓	✓	✓	% 100
				SiO ₂ (Silikondioksit) Nanoparçacıkları		✓				% 20
				Biyosağlamlaştırıcılar	✓	✓	✓	✓	✓	% 100
			Estetik-Plastik On. Küçük Par.	Akrilik Reçineler		✓				% 20
				Polivinil Asetat		✓				% 20
			Estetik Plastik On. Büyük Par.	Epoksi Reçineler		✓				% 20
				Poliester		✓				% 20
				Metal Kenetler	✓	✓	✓	✓	✓	% 100

Tablo 11'in Devamı

			Sentetik –Organik Malzemeler	Poliakrilat Reçine		✓				% 20	
				Polimetakrilat Reçine		✓				% 20	
				Silikon Bazlı ve Nanoyapılı Polimerler	✓	✓	✓	✓	✓	% 100	
				Floropolimerler	✓	✓	✓	✓	✓	% 100	
			Yeni Nanomalzemeler	Polimer Nanokompozitler	✓	✓	✓	✓	✓	% 100	
				Kendi Kendini Temizleyen Kaplamalar	✓	✓	✓	✓	✓	% 100	
				Antimikrobiyal Taş Kaplamalar	✓	✓	✓	✓	✓	% 100	
			Biyopolimerler	PLA	✓	✓	✓	✓	✓	% 100	
				SiO ₂ -Florlu PLA	✓	✓	✓	✓	✓	% 100	
				PHA	✓	✓	✓	✓	✓	% 100	
				PHB	✓	✓	✓	✓	✓	% 100	
				PHBVV	✓	✓	✓	✓	✓	% 100	
				Zein	✓	✓	✓	✓	✓	% 100	
HARÇLAR	Akrilik Esaslı Tamir Harcı				✓	✓	✓	✓	✓	% 100	
	Çimento Esaslı Harçlar					✓				% 20	
	Nanomalzemeler				✓	✓	✓	✓	✓	% 100	
	SIVALAR	E.coli Bakteri - Demir bazlı Biyoürünler				✓	✓	✓	✓	✓	% 100
		Aerojel Render(Yüzeye İlk Uygulanan İnce Sıva				✓	✓	✓	✓	✓	% 100
		Nanomalzemeler				✓	✓	✓	✓	✓	% 100

Tablo 11'in Devamı

AHŞAP MALZEME	TEMİZLEME		✓	✓	✓	✓		
		Mekanik Yöntem	✓	✓	✓	✓		% 80
		Kimyasal Yöntem	✓	✓	✓	✓		% 80
		Isıl Yöntem	✓	✓	✓	✓		% 80
		Kumlama		✓	✓			% 40
		Soda Blast/Soda Patlatma	✓	✓	✓	✓	✓	% 100
		Nanomalzemeler	✓	✓	✓	✓	✓	% 100
	SAĞLAMLAŞTIRMA VE GÜÇLENDİRME	Yapıştırma Yöntemi ile (Paraloid B72,epoksi vb.)		✓				% 20
		Yeni Parça Takviyesi		✓	✓		✓	% 60
		Metaller	✓	✓	✓	✓	✓	% 100
		Kenetler	✓	✓	✓	✓	✓	% 100
		Gergiler	✓	✓	✓	✓	✓	% 100
		Bulonlar	✓	✓	✓	✓	✓	% 100
		FRP Bant		✓				% 20
		CFRP Bant		✓				% 20
		Nanomalzemeler	✓	✓	✓	✓	✓	% 100
	KORUMA	Yağlı Emprenye Maddeleri	✓	✓		✓		% 60
		Organik Çözücülü Maddeler	✓	✓		✓		% 60
		Suda Çözünen Tuzlar	✓	✓		✓		% 60
		Nanomalzemeler	✓	✓	✓	✓	✓	% 80
	YENİLEME	Tümüyle Yenileme		✓				% 20

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan tez çalışmasında görüldüğü üzere tüzükler ve ilkeler geçmişten bugüne kendinden öncekilerde eksik kalmış olan kısımları tamamlayıp güncelleştirerek ilerleyen ya da korunması gerekli kültürel miras alanlarında, anıtlarda ve yapılarda ihtiyaç duyulan düzenlemelere karşılık oluşturularak ilerlemektedir. Bu çalışma da tüzük ve ilkelerde yer alan, restorasyon müdahalelerin taşınmasının gerekli olduğu geri döndürülebilirlik kavramı üzerinde durmaktadır. Geri döndürülebilirlik Dictionary of Building Preservation'da yer aldığı şekliyle yapılan müdahalenin gelişen çağ ve teknoloji imkânları dâhilinde gelecekte değiştirilmesini ifade etmesinin yanı sıra; restorasyon müdahalelerinde restoratöre yeni bir tekniğin var olması halinde uygulamaların yapıya minimum zararlarla kaldırılabilir olma olasılığını ifade etmektedir. Koruma düşüncesi içerisinde temel bir yapı taşı olan geri döndürülebilirlik kavramının bir ilke olarak geçmişten bugüne dek sit alanlarından endüstri mirasına; yapı malzemesinden strüktürel düzenine dek geniş bir yelpazede benimsenmiş olduğu görülmektedir. Fakat geçen zaman dilimi, gelişen çağ ve teknolojiye rağmen yalnızca olması gerektiği yönünde literatür bir bilgi olarak tanımsal çerçevenin dışına çıkamamıştır.

Kavram; genel hatlarıyla açıklanmış olsa dahi tarihi yapıda karşılığının ne olması gerektiği, hangi uygulamaların geri döndürülebilir olarak değerlendirildiği ve tarihi yapıya uygulanan müdahalenin geri döndürülebilir olarak nitelendirilmesi için gerekli olan parametrelerin tanımlamasına dair herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Uygulamada yapılan yanlışlıklara ve bunların yapı bünyesinde oluşturduğu tahribatlara rağmen çağ ilerledikçe eksikliklere cevaben revize edilen ya da yeniden oluşturulan tüzük ve ilkelerde karşılığını bulamamıştır. Bu açıdan bakıldığında tüzüklerde belirtilen geri döndürülebilirlik kavramının yalnızca bir tavsiye niteliği taşımakta olduğunu söylemek mümkündür.

Mimari restorasyon alanı ve tarihi yapıların devamlılığı için hayati önem taşıyan geri döndürülebilirlik kavramı; literatür taramasından elde edilen sonuçlar doğrultusunda işlevsel geri döndürülebilirlik, kültürel önemi ve kimlik değerlerini azaltan değişikliklerin geri döndürülebilirliği, sit alanlarında yapılan çalışmalar, strüktürel problemlerden kaynaklı durumlar ve geleneksel malzemede (taş, ahşap, harç/sıva) meydana gelen deformasyonlara uygulanan müdahalelerde sıklıkla karşılaşılan bir kavram olduğunun saptaması yapılmıştır. Aşağıda yapılan bu sınıflandırmada geri döndürülebilirlikte dikkat edilmesi gereken temel ilkeler her bir başlık için ayrı olarak ele alınmaktadır.

İşlevsel Geri Döndürülebilirlikte dikkat edilmesi gereken temel ilkeler;

- Yapının ileride özgün durumuna döndürülebilme olasılığını göz önünde bulundurmak
- Yeni eklerin özgün strüktüre herhangi bir zarar vermeden eklenebilmesini sağlamak
- Yeni işlevde eklenmesine ihtiyaç olan merdiven, asma kat, cephe, çatı ekleri ya da yeni bir yapının bağımsız bir strüktür ile çözümlemelerini yapmak
- Yapılan müdahalelerin kültür varlığının özgünlüğünü kaybetmemesi ve algılanabilir olmasını sağlamak
- Yapı için kimlik değeri taşıyan hacimsel-mekânsal kurgunun göz ardı edilmeden mekân organizasyonlarını oluşturmaktır.

Kültürel Önemi ve Kimlik Değerlerini Azaltan Değişikliklerin Geri Döndürülebilirliğinde dikkat edilmesi gereken temel ilkeler;

- Kültür-kimlik değerlerin kaybolmaması için müdahalelerin kültür varlığının özgünlüğünün en üst düzeyde korunması sağlayacak, uluslararası ilkelere uygun bir çerçevede yapmak
- Kültürel miras eserlerinin bağlamıyla birlikte bir bütün olarak değerlendirmek
- Somut ve soyut kültürel miras öğelerinin yapılar üzerinde bütüncül korumasına özen göstererek uygulamaları gerçekleştirmek
- Tarihi yapının önemine uygun materyal ve stratejiler dikkate alarak müdahalede bulunmak
- Kültürel mirasla yarışan nitelikte yapıya alelade tasarlanıp entegre edilen çağdaş ek uygulamalarından kaçınmak
- Yapılan müdahale ile yapının rengi, boyutu, ölçeği, malzemesi, dokusu ve işlevinin uyumlu olması gibi somut parametreleri dikkate almak
- Kültürel mirasa anlam yükleyen tarih, kültür aktarımı ve hafıza gibi daha geniş kavramsal ve kalıcı değerler olarak tanımlanabilen soyut parametreleri somut parametrelerle birlikte ele almaktır.

Sit Alanlarında Geri Döndürülebilirlikte dikkat edilmesi gereken temel ilkeler;

- Bilgi toplamaktan müdahalenin uygulanmasına kadarki geniş bir yelpazeyi kapsadığından bu alanlarda geri döndürülebilirlik kavramı belgeleme ve müdahale gibi iki farklı aşamayı kapsadığı unutulmamalıdır.

- Sit alanlarında belgeleme ve alanın güncel durumunu saptamak söz konusu olduğunda mimari mirasın araştırılması, incelenmesi, belgelenmesi ve koruma çalışmalarında öncelikli hedef olarak hasar vermeyen tahribatsız; CBS(Coğrafi Bilgi Sistemleri), Fotogrametri, Total Station, SFM (Structure From Motion), lazer tarayıcı, 3D görüntüleme gibi çağdaş belgeleme tekniklerden faydalanmak
- Tahribatsız muayene yöntemlerinin sağlanamadığı koşullarda ise az hasar muayene yöntemlerinden faydalanmak
- Geleneksel tekniklerin yetersiz kaldığı durumlarda bilimsel verilerle ve deneylerle geçerliliği saptanmış çağdaş teknikleri kullanmak
- Bu anlamda en geri döndürülebilir müdahale yöntemini belirleyebilmek için sırasıyla;
 - Belgelemesi yapılan alana ait bilgilerin bilgisayar ortamına aktarımı gerçekleştirmek
 - 3D Modelleme programlarıyla yapılan yapısal modeller ve bu modeller üzerinde yapılan 3D analizleri kullanmak
 - Sanal ortamda yapılan çeşitli analiz ve simülasyonlarla geçerliliği saptanmış olası sonuçlar ortaya koymak
 - Kullanılan programlar vasıtasıyla en uygun ve en geri döndürülebilir müdahale yöntemini seçmek, müdahaleye alternatifler üretmek ve alternatiflerin beraberinde getirdiği olası sonuçların avantaj ve dezavantajlarının uygulamaya konmadan saptamak gerekmektedir.

Strüktürel Problemlere Müdahalelerde Geri Döndürülebilirlikte dikkat edilmesi gereken temel ilkeler;

- Taşıyıcı sistemin çökmesini önlemek için alınması gerekli acil güvenlik önlemlerini hariç tutarak; müdahalenin avantaj ve dezavantajlarını göz önünde bulundurmadan tarihi eser üzerinden kalıcı etki yaratan müdahaleden kaçınılmalı ve müdahaleler mümkün olduğunca geriye döndürülebilir olmalıdır.
- Acil önlemlerin dışında iyileştirici önlem ve tedbirler için de yeni bilgiler edinildiğinde yapılan müdahalelerin tarihi esere zarar vermeden kaldırılarak daha uygun olan çağdaş bir teknikle yer değiştirebilmesi yani geri döndürülebilir olması arzu edilmektedir.
- Klasik müdahalelere (güçlendirme, sağlamlaştırma vb.) alternatifler sunmak ve statik çözümlemeleriyle müdahale yöntemine karar vermeden önce dijital ortamda

yapıya sağladığı avantaj ve dezavantajları görmeyi sağlayan; FEA(Sonlu Elemanlar Analizi), Sayısal Modelleme, Doğrusal Kinematik Analiz, Sismik Sarsma Testleri, Deprem Simülasyon Testleri, Statik Analiz, Eksenel Sıkıştırma Testleri, İtme Testleri, Diyagonal Sıkıştırma Testleri (DCT), Kesme Basınç Testleri (SCT)inden yararlanılmalıdır

- Mimari mirasın incelenmesine ve bütüncül korunmasına yardımcı olabilecek bilim ve tekniklerden yararlanılması, yeni araştırma ve olanaklara imkân tanıyan çağdaş teknoloji ile koruma çalışmalarında az hasar veren ya da hasar vermeyen modern yöntemlerin bir çözüm önerisi olarak kullanılması gerekmektedir.
- Hasar almış bir tarihi yapının kapsamlı bir araştırma, analiz, testlerden geçmesinin yanı sıra tercih edilen yapısal güçlendirme ve onarım metodunun da birçok analiz, deney ve testlerden geçmesi gerekmektedir.

Geleneksel Yapı Malzemelerinde Geri Döndürülebilirlikte dikkat edilmesi gereken temel ilkeler;

- Yapı malzemesinin içinde bulunduğu şartlara ve malzemenin cinsine göre nasıl çalıştığını, bozulmaların nerelerde ve neden ortaya çıktığını saptamadan, doğru müdahalelerin yapılması mümkün değildir.
- Restorasyon müdahalesinin daha doğru yapılması için öncesinde yapılan araştırmalarla yapı malzemeleri ve elemanlarının bütünlüğünü tehdit eden tüm etkenlerin ortaya çıkartılması gerekmektedir.
- Tarihi yapıları oluşturan her geleneksel yapı malzemesinin içyapısı, minerolojisi, dokusun farklı olduğunu bilmek gerekmektedir.
- Malzemenin deformasyona ne kadar yatkın olduğu bilmek, uygulanacak müdahalenin başarısını belirleyen kriterlerin başında yer almaktadır.
- Yapılan deney ve analizler malzemenin korunmuşluk düzeyinin, bozulma sebeplerinin ve içeriğinin belirlenmesi; en geri döndürülebilir müdahaleyi uygulamak için yapılardaki özgün malzemelere uyumlu olarak kullanılacak onarım malzemelerine karar verilmesi gibi sebeplerle oldukça önemlidir.
- Geleneksel yapı malzemelerinin bünyesinde meydana gelen deformasyonları ortaya çıkarmak ve sonrasında uygulanan müdahalenin geri döndürülebilirliğini anlayabilmek için birden fazla analiz yöntemi bir arada kullanan ‘‘Çoklu Analitik Yaklaşım’’ kullanılmaktadır.

- Çoklu analitik yaklaşım ilk etapta Tahribatsız Analiz Yöntemlerini - NDT (Non-Destructive Technique); Tahribatsız Muayene yöntemlerinin yetersiz kaldığı durumlarda ise ‘‘Tahribatlı Analiz Yöntemleri-DT (Destructive Technique)’’ne başvurulmaktadır.
- Geleneksel malzemeye uygulanacak müdahalenin geri döndürülebilir olması için fiziksel analiz, kimyasal analiz ve son olarak mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin tespiti kullanılan mikroskobik analizler kullanılmaktadır.

Özetle, mimari restorasyonda geri döndürülebilir uygulamaların temel birtakım hedefleri taşıması gerekmektedir. Bu hedefler; müdahalenin uygun araştırma ve değerlendirmelere dayandırıldıktan sonra yapının estetik ve tarihi değerlerine, fiziksel bütünlüğüne saygı göstererek yapılması; yeni bilgiler edinildiğinde ise yapılan müdahalelerin esere zarar vermeden geri döndürülebilir/ kaldırılabilir olmasını mümkün hale getirmek olarak sıralanabilmektedir. Bu temel gereklilik ancak ve ancak disiplinler arası etkileşim, çapraz kontrol, bilimsel yaklaşım ve yaratıcılık içeren bir tutumla mümkün hale gelebilmektedir. Bu sebeple geri döndürülebilirliğin sağlanabilmesi için inşaat, malzeme mühendisliği, kimya mühendisliği, mimarlık gibi farklı disiplinlerin ortak paydalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Başka bir deyişle mimari restorasyon uygulamalarında geri döndürülebilirlik çağın getirdiği teknolojik altyapıdan etkilenmektedir. Bu sebeple özellikle nanoteknoloji alanındaki ilerlemelerle gelişim gösteren nanomalzemelerin üretiminin restorasyon alanında temizleme, bakım, onarım, sağlamlaştırma, güçlendirme gibi uygulamalarda geri döndürülebilir müdahalelerin önünü açmış olduğu görülmektedir.

Fakat geleneksel malzemelerden olan taş, ahşap harç ve sıvaların korunması, bakımı, onarımı, temizlenmesi, sağlamlaştırılması ve güçlendirilmesi uygulamalarında daha başarılı sonuçlar elde edilebilmesi ve yüzeye uygulaması yapılan malzemelerin zarara neden olmaması için uygulamalarının mutlaka koruma kuralları, standartlar ve yönetmelikler çerçevesinde yapılması; hatta belirli standartlara oturtulması gerekmektedir. Disiplinler arası bir hiyerarşiye dayanan bu uygulama süreci, teknik elemanlar, malzeme laboratuvarları ve restorasyon alanında uygulama yapan uzmanlar arasında işbirliği içinde planlamalıdır. Bu konuda yapılmış olan literatür taramasında görüldüğü üzere uygulamalar sadece belirli malzemeler üzerinden (örneğin kireçtaşı, alçıtaşı üzerine nanomalzeme uygulaması) uygulamaların üst başlıkta değerlendirilmesi yetersiz ve yanlış sonuçlar ortaya çıkartabilmektedir. Bu sebeple uygulamaların laboratuvar ortamında numune malzemeler

üzerinde değerlendirilmesinin yapılması uygulama öncesinde öngörülemez sonuçların önüne geçilmesini sağlamaktadır.

Öte yandan restorasyon müdahalelerinde uygulamalara karar verme sürecinde tereddütlerin olduğu ve bu süreç değerlendirilirken bir altlığa ihtiyaç duyulduğu saptanmıştır. Bu kapsamda, yapılan tüm literatür çalışmalarından elde edilen veriler sonucunda, restorasyon müdahalelerinin geri döndürülebilir olması için kullanılabilecek bir yöntem önerisi geliştirilmiştir. Geliştirilen yöntem önerisi ile önerilen her aşama, tarihi yapılarda müdahalelerin kaldırılabilirliği ve malzemelerin korunması, sağlamlaştırılması, güçlendirilmesi ve temizlenmesi kapsamında uygulanan sağlamlaştırıcı ve/veya su itici kimyasal uygulamaların doğru seçimi için uluslararası tüzükler ilkeler ve standartlardan çıkartılan parametrelere dayandırılmıştır.

Geliştirilen yöntem önerisi doğrultusunda sonuç olarak;

- Belirlenen parametreler ve sınır tanımlamalarının mimari restorasyonda geri döndürülebilirlik uygulamaların değerlendirilmesinde altlık oluşturması hedeflenmiştir.
- Müdahalelerin birbirine alternatif oluşturanları karşılaştırmalı olarak verilerek müdahalelerden en geri döndürülebilir olanının seçilmesi ve geri döndürülebilirlik oranlarının görülmesi hedeflenmiştir.
- Tarihi yapıların korunması kültürel mirasın devamlılığı için kaçınılmaz olduğundan uygulamalar yapılmadan önce belirlenen parametreler doğrultusunda geri döndürülebilirliği tartışılması gereklidir.
- Değerlendirmeler sonucunda çıkan RF-Reversibility Factor'ün yüksek geri döndürülebilirlik aralığında olması tarihi yapının devamlılığı için önem arz ettiği unutulmamalıdır.

5. KAYNAKLAR

- Ağan, A. (2017). Balıkesir kent dokusundaki tarihi yapılarda malzeme bozulmaları üzerine bir araştırma. Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Ahunbay, Z. (2017). *Tarihi Çevre Koruma ve Restorasyon*. Yem Yayın.
- Ahunbay, Z. (2019). *Kültür Mirasını Koruma İlke ve Teknikleri* (1 b.). İstanbul: Yem Yayın.
- Akbulut, D. E. (2006). Tarihi Yapıların Onarımında Kullanılacak Harçların Seçimine Yönelik Bir Öneri. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Aköz, F., & Yüzer, N. (2009). Tarihi Yapılarda Malzeme Özelliklerinin Belirlenmesinde Uygulanan Yöntemler. *IMO-1. Insaat Muhendisliği Eğitimi Sempozyumu*, 6-7. İstanbul-Türkiye.
- Aksu, S. (2020). Tarihi ve kültürel mimari yapıların restorasyonunda ahşap malzemenin nano verniklerle konservasyonu. Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Bartın.
- Alemam, E. (2021). Cleaning of Wall Paintings by Polyvinyl alcohol–Borax/Agarose (PVA–B/AG) Double Network Hydrogels: Characterization, Assessment, and Applications. Antwerp: University of Antwerp.
- Alioğlu, E., & Aydemir, O. (2012). *Nuruosmaniye Camisi ve 2010-2012 Yılları Restorasyonu*. Vakıf Restorasyon Yıllığı, 5.
- Alsheghri, A., & Akgül, T. (2019). Ahşap Yapıların Birleşim Bölgelerinde Karbon Elyaf Takviyeli Polimer Levhaların Kullanımının Araştırılması. *Academic Platform Journal of Engineering and Science* . 406-413.
- Andreotti, S. (2019). Biopolymers-Based Treatments For The Protection Of Stone in Cultural Heritage. Bologna, İtalya.
- Andreotti, S., Franzoni, E., Esposti, M. D., & Fabbri, P. (2018, Ocak). Poly(hydroxyalkanoate)s-Based Hydrophobic Coatings for the Protection of Stone in Cultural Heritage. *11*(165). doi: <https://doi.org/10.3390/ma11010165>
- Ansell, M. P. (2013). Multi-functional nano-materials for timber in construction. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Construction Materials*, 166(4), 248-256.
- Atık, İ., & Bilgin, B. (2018). Mimarlıkta nanoteknolojinin yeri. *Kent Akademisi*, 11(2), 232-242.
- Atina Tüzüğü. (1931). Atina, Yunanistan.

- Bakar, M. (2022). Çağdaş Konsolidasyon Yöntemi Uygulanan Restorasyon Çalışmalarının Koruma Kavramı Bağlamında Değerlendirilmesi. Haliç Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Balliana, E., Ricci, G., Pesce, C., & Zendri, E. (2016). Assessing The Value Of Green Conservation For Cultural Heritage: Positive and Critical Aspect Of Already Available Methodologies. *International Journal of Conservation Science*, 7(1).
- Baykan, C. (2018). Arkeolojik Buluntuların Koruma ve Onarımında Paraloid® B-72.MASROP E-Dergi., 12(1), 1-9.
- Becerra, J., Zaderenko, A. P., Gómez-Morón, M. A., & Ortiz, P. (2019, Eylül). Nanoparticles Applied to Stone Buildings. *International Journal of Architectural Heritage*, 15(9), 1320-1335. doi:https://doi.org/10.1080/15583058.2019.1672828
- Beckmann, P. (1995). *Structural Aspects of Building Conservation*, McGraw-Hill.
- Blaħa, J., & Novotny, J. (2018). Report Assessing Innovative Restoration Techniques, Technologies and Materials Used in Conservation. Institute of Theoretical and Applied Mechanics of the Czech Academy of Sciences.
- Brancaccio, F. (2016). Traditional Use of Timber in XVIII Century South Italian Architectures Restoration of Roof Structures, In Symposium on restoration and conservation of traditional timber structures., Vol:4, s. 107-143.
- Brand, J. (2022). Strengthening monumental timber floors with a reversible intervention to accommodate acoustic measures, Delft University of Technology, Master Thesis.
- Burra Charter. (2013).
- Büyükarslan, B., & Güney, E. (2013). Endüstriyel Miras Yapılarının Yeniden İşlevlendirilme Süreci ve İstanbul Tuz Ambarı Örneği. Beykent Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 6(2), 31-57.
- Büyüköztürk, E., & Oral, M. (2020). Arkeolojik Alanlarda Üst Örtü Tasarım Kriterleri. *Journal of Social and Humanities Sciences Research (JSHSR)*(7), 679-691.
- Cascardi, A., Dell'Anna, R., Micelli, F., & Lionetto, F. (2019). Reversible Techniques for FRP-Confinement of Masonry Columns. *Construction and Building Materials*(225), 415-428.
- Cebioğlu, G. (2013). İstanbul'da Yeniden İşlev Verilen 16. Yüzyıl Çarşı Hamamlarına Yönelik Bir Araştırma: Ağa Hamamı-Samatya, Ortaköy Hamamı-Beşiktaş, Büyük Yeşil Direkli Hamam-Üsküdar. Maltepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Croci, G. (1998). *The Conservation and Structural Restoration of Architectural Heritage* (Cilt Vol. 1.). UK: WIT Press.
- Cura, M. (2024). Ayasofya Kubbe Mozaiklerinin Onarım Çalışmalarındaki Enjeksiyon Harçları Üzerine Bir Tespit. *Journal of Mosaic Research*, (17), 239-249.

- Cöcen, Ö. N. (2014). Sustainability Assessment of Heritage Buildings' Restoration: Study on Their Adaptive Re-use by Means of Steel Based Interventions. Aristotle University of Thessaloniki, Institute of Metal Structures, PhD Thesis, Thessaloniki,.
- Çağlar, A., Çağlar, H., & Tezel, H. (2019). Geleneksel Kastamonu Evleri'nin Ahşap Yapı Elemanlarında Bozulma. *In SETSCI-Conference Proceedings, SETSCI-Conference Proceedings*.(7), 276-279.
- Çakmak, A. (2021). Yapı Malzemesinin Tarihsel Gelişimi ve Mimarlığa Etkileri. *ATA Planlama ve Tasarım Dergisi*, 5(1).
- Çetin, C. (2024, Eylül 17). *Ankara Üniversitesi Açık Ders Malzemeleri*. https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/141564/mod_resource/content/1/04_Kimyasal%20bozulmalar_2.pdf adresinden alındı
- Çılı, F., & Yıldız, H. (2013). Fatih Camii ve I. Mahmut Kütüphanesi Güçlendirme Çalışmaları. *Vakıf Restorasyon Yıllığı*(7).
- Dabanoğlu, A. C., & Çağlayan, M. (2024). Yıkım Sonrası Restorasyon ve Rekonstrüksiyon Uygulaması: Geleneksel Bir Diyarbakır Evi Örneği. *Kent Akademisi*, 17 (6).
- Dann, N., & Cantell, T. (2007). Maintenance in Conservation. M. Forsyth (Dü.) içinde, *Understanding Historic Building Conservation* (s. 188). Blackwell Publishing.
- David, M. E., Ion, R.-M., Grigorescu, R. M., Iancu, L., & Andrei, E. R. (2020). Nanomaterials used in conservation and restoration of cultural heritage: An up-to-date overview. *Materials*, 13(9), 2064.
- Demoulin, T. (2016). Durability of Clay-Bearing Sandstone and Its Repair by Viscoelastic Mortars. *Zürih*.
- Devreux, G., & Spada, S. (2010). Esperienze Nei Sistemi Di Ancoraggio Nel Restauro Dei Manufatti Lapidei. *VIII Congresso Nazionale IGIC*. Venezia: Lo Stato dell'Arte.
- Doehne, E., & A.Price, C. (2011). *Stone conservation: an overview of current research*.
- Dölgen, Ş. E. (2016). Mimari Restorasyonda Nanoteknoloji. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Durak, S. (2012). *Restorasyon Sorunları Çerçevesinde Nuruosmaniye Camii. Vakıf Restorasyon Yıllığı* 5.
- Erdem, H. O. (2016). Koruma ve Onarım Uygulamaları Öncesinde Tarihi Taş Yapılarda Bozulmaların Teşhisi: Phrygia Hierapolis'inden Bir Örnek. Pamukkale Üniversitesi, Arkeoloji Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale.
- Ersen, A. (2013). Taş korumada son 20 Yılda Gelişmeler ve Yenilikler. *Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi*, (10), 3-19.
- Fassina, V. (1994). General criteria for the cleaning of stone: Theoretical aspects and methodology of application. *Stone Material in Monuments: Diagnosis and*

Conservation; Scuola universitaria CUM conservazione dei monumenti, Heraklion, Crete.

- Ganobjaka, M., Brunnera, S., & Wernerya, J. (2020). Aerogel materials for heritage buildings: Materials, properties and case studies. *Journal of Cultural Heritage*, 42, 81-98. doi:<https://doi.org/10.1016/j.culher.2019.09.007>
- Gattesco, N. (2011). New Materials for the Rehabilitation of Cultural Heritage. Czech Technical University, Faculty of Civil Engineering, PhD Thesis, Prague.
- Gherardi, F., Gulotta, D., Goidanich, S., Colombo, A., & Toniolo, L. (2017). On-site monitoring of the performance of innovative treatments for marble conservation in architectural heritage. *Heritage Science*, 5, 1-15.
- Gómez, C. D. (2007). Rehabilitation Techniques: reinforcing structures, Rehabimed Method, Traditional Mediterranean Architecture II Rehabilitation Buildings. Barcelona.
- Günay, R. (2007). *Geleneksel Ahşap Yapılar Sorun ve Çözüm Yolları*, Birsen Yayıncılık.
- Günözü, H. (2014). Kapadokya bölgesi Bizans Dönemi duvar resmi sıvalarının korunmasında kullanılan enjeksiyon harçlarının araştırılması ve geliştirilmesi. İstanbul Üniversitesi ,Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Gür, H. (2017). Tarihi Kagir Cephelerdeki Bozulmaların İfadelelendirilmesi İçin Bir Model Önerisi ve Modelin Galata-Pera Bölgesindeki 19. Yüzyıl Yapılarında Sınanması. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Güven, A. (2022). Restorasyon Müdahale Ölçütleri Kapsamında Kırklareli Gar Binası'nın İncelenmesi ve Değerlendirilmesi. Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Hafizoğlu, H. (2001). *Ahşap Malzemenin Kimyasal Maddelerle Korunma Teknikleri, Ahşap Kültürü: Anadolu'nun Ahşap Evleri*, Editör: Aysun Özköse, Ankara, Kültür Bakanlığı.
- Hatır, M. E. (2019, Ocak). Kapadokya Bölgesi 19. Yy. Osmanlı Kiliselerindeki Taş Malzemelerin Bozunma Nedenleri ve Rehabilitasyonu İçin Öneriler; Niğde Küçükköy Kilisesi Örneği. Konya: Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Henry, A. (2015). *Stone conservation: principles and practice*. Routledge.
- İ.B.B., K. M. (2009). *KUDEB Ahşap Eğitim Atölyesi Geleneksel Ahşap Yapı Uygulamaları*. İstanbul.
- ICOMOS. (1999, Ekim). Ahşap Tarihi Yapıların Korunmasına İlişkin İlkeler. (Z. Ahunbay, Çev.) Mexico. Ocak 2004 tarihinde alındı

- ICOMOS. (2003). Mimari Mirasın Analizi, Korunması ve Strüktürel Restorasyonu için İlkeler. (Z. Ahunbay, Çev.)
- ICOMOS. (2013). ICOMOS Türkiye Mimari Mirası Koruma Bildirgesi.
- ICOMOS. (2017, Aralık). Ahşap Mimari Mirasın Korunması İçin İlkeler. (Z. Ahunbay, Dü.) New Delhi, Hindistan. 2018 tarihinde alındı
- ICOMOS-ISCS. (2008). Illustrated glossary on stone deterioration patterns, France.
- ICOMOS-TICCIH. (2011, Kasım). Dublin İlkeleri. (Z. Ahunbay, Çev.) 2017 tarihinde alındı
- Jurina, L. (2002). Consolidamento Strutturale e Reversibilità.
- Jurina, L. (2003). La Possibilità Dell'approccio Reversibile Negli Interventi Di Consolidamento. *Atti del XIX Convegno Scienza e Beni Culturali La reversibilità nel restauro. Riflessioni, Esperienze, percorsi di ricerche*, (s. 1-4). Bressanone.
- Kaçmaz, Ö. F. (2020). Tarihi Taş Yapılarda Cephe Temizliği:Bursa Hisar Bölgesi Üzerine Bir Araştırma.Karabük Üniversitesi,Lisansüstü Eğitim Merkezi,Yüksek Lisans Tezi,Karabük.
- Kanth, A. P., & Soni, A. K. (2023). Application of nanocomposites for conservation of materials of cultural heritage. *Journal of Cultural Heritage*(59), 120-130.
- Kaplan, Z., Böke, H., Sofuoğlu, A., & İpekoğlu, B. (2019, Haziran). Long term stability of biodegradable polymers on building limestone. *Progress in Organic Coatings*(131), 378-388.
- Karaca, Ü. B. (2021). Anadolu geleneksel kırsal mimarisinde düz toprak damların iyileştirilmesine yönelik öneriler. *Mimarlık ve Yaşam Dergisi*, 6(2), 447-458.
- Karakuş, F. (2012). Geleneksel Yığma Yapılarda Strüktürel Sorunlar.Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,Yüksek Lisans Tezi,Ankara.
- Karaman, Ö. Y., & Zeren, M. T. (2010). Geleneksel Türk Konutunda Kullanılan ve Kagir Sistemi Destekleyen Ahşap Yapısal Elemanların Önemi ve Bozulma Nedenleri. *DEÜ Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(2), 75-87.
- Karkas, Z. S. (2020). Tarihi Yapıların Cephelerinde Kullanılan Kagir Yapı Malzemelerinde Konservasyon Çalışmalarının İrdelenmesi ve Sistemik Bir Yöntem Önerisi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Karkas, Z. S., & Özgünler, S. A. (2021). Taş Koruma Yöntemlerindeki Teknikler ve Yenilikçi Yaklaşımlar. Trakya Üniversitesi, Edirne. *XII. Uluslararası Sinan Sempozyumu*, 8 – 9 Nisan 2021.
- Kaynar, C. İ. (2019). Restorasyon Uygulamaları Sonrasında Önleyici Koruma Metodolojisinin Mimar Sinan Dönemi Türbeleri Üzerinden İrdelenmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi,Fen Bilimleri Enstitüsü,Yüksek Lisans Tezi,İstanbul.

- Keskin, A., & Özen, S. (tarih yok). Tarihi Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi.
- Kolaylı, B. (2023, Temmuz). Anıtsal Yapıların Restorasyonunda Yenilenecek Taş Malzemenin Belirlenmesine Yönelik Yöntem Araştırması. *Yüksek Lisans Tezi*. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kouris, L. A., & Triantafillou, T. C. (2018). State-of-the-art on strengthening of masonry structures with textile reinforced mortar (TRM). *Construction and Building Materials*(188).
- Kozlu, H. H. (2010). Kayseri Yöresindeki Tarihi Harçların Karakterizasyonu ve Onarım Harçlarının Özellikleri. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Köksal, B. (2019). Arkeolojik Sit Alanlarının Korunmasında Koruyucu Örtülerin ve Çatıların Uluslararası ve Ulusal Mevzuat Açısından İrdelenmesi. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kuban, D. (1962). Restorasyon Kriterleri ve Carta Del Restauero. *Vakıflar Dergisi*, 5, 149-152.
- Kuban, D. (2000). *Tarihi Çevre Korumanın Mimarlık Boyutu: Kuram ve Uygulama*. İstanbul: Yem.
- KUDEB, İ. (2009-2011). Restorasyon ve Konservasyon Laboratuvarları. İstanbul, Türkiye: Şan Matbaası.
- Küçükdoğan, B. (2007). An Investigation of Strengthening of Historical Masonry Constructions by Steel Skeleton. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Lupășteanu, V., Soveja, L., Lupășteanu, R., & Chingălată, C. (2019). Installation of a base isolation system made of friction pendulum sliding isolators in a historic masonry orthodox church. *Engineering Structures*, 188, 369-381.
- Mahrebel, H. A. (2006). Tarihi Yapılarda Taşıyıcı Sistem Özellikleri, Hasarlar, Onarım ve Güçlendirme Teknikleri. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Mark, R. C., & Grimmer, A. (2000). *Assessing cleaning and water-repellent treatments for historic masonry buildings (Vol. 1)*. Government Printing Office.
- Mezrea, P. E. (2014). Tarihi Tuğla Duvarların Tekstil Donatılı Harç (TRM) İle Güçlendirilmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Nimwegen, B. V. (2020). Cast Glass Restoration of Marble Monuments. Delft University of Technology, Sustainable Design Graduation Studio.

- Niqueta, N.-D., Sánchez-Lópezb, M., & Mas-Barberàa, X. (2020). Development of reversible intelligent prosthesis for the conservation of sculptures. A case study. *Journal of Cultural Heritage*(43), 227-234.
- Öcal, A. D., & Dal, M. (2012). *Doğal Taşlardaki Bozunmalar*. Bogota / Kırklareli: Mimarlık Vakfı İktisadi İşletmesi.
- Özdemir, A. (2017). İstanbul'da Önemli Tarihi Eserlerdeki Taş Malzemenin Mikrobiyolojik Bozunması.Yıldız Teknik Üniversitesi,Fen Bilimleri Enstirüsü,Yüksek Lisans Tezi,İstanbul.
- Özdemir, A. A. (2023, Temmuz). Kentsel Sitlerdeki Sivil Mimari Miras için Önleyici Koruma Yöntemi Önerisi: Kentsel Sit Sivil Mimari Miras İzleme Tekniği (Kesit).Eskişehir Teknik Üniversitesi,Lisansüstü Eğitim Enstitüsü,Doktora Tezi,Eskişehir.
- Öztürk, N. (2012). Büyük Mecidiye Camisi Hünkar Kasrı Restorasyon ve Konservasyon Projesi.İstanbul Teknik Üniversitesi,Fen Bilimleri Enstitüsü,Yüksek Lisans Tezi,İstanbul.
- Parracha, J. L., Pereira, A. S., Silva, R. V., Almeida, N., & Faria, P. (2019). Efficacy of iron-based bioproducts as surface biotreatment for earth-based plastering mortars. *Journal of Cleaner Production*(237). doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117803>
- Pednaa, A., Pinhoa, L., Fredianib, P., & Mosqueraa, M. J. (2015). Obtaining SiO₂–fluorinated PLA bionanocomposites with application applicationas reversible and highly-hydrophobic coatings of buildings. *Progress in Organic Coatings*, 91-100.
- Pekmezci, I. P. (2012). Çukurova bölgesindeki (Kilikya) bazı tarihi yapılarda kullanılan harçların karakterizasyonu ve onarım harçları için öneriler. İstanbul Teknik Üniversitesi,Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi,İstanbul.
- Pekol, B. (2010). İstanbul'da Yeni İşlevlerle Kullanılan Tarihi Yapıların Üslup Sorunsalı. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, DOKtora Tezi, istanbul.
- Perker, Z. S., & Akıncıtürk, N. (2006). Cumalıkızık'da Ahşap Yapı Elemanı Bozulmaları. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, , 11(2).
- Pinna, D., Salvadori, B., & Galeotti, M. (2012). Monitoring the performance of innovative and traditional biocides mixed with consolidants and water-repellents for the prevention of biological growth on stone. *Science of the Total Environment*(423), 132-141. doi:10.1016/j.scitotenv.2012.02.012
- Pinto, L. (2008). Inventory of Repair and Strengthening Methods Timber. Universitat Politècnica de Catalunya, Master's Thesis,.
- Princi, E. (2014). *Handbook of Polymers in Stone Conservation*. Shawbury, UK: Smithers Rapra Technology Ltd.
- Restorasyon-Konservasyon-Arkeoloji ve Sanat Tarihi Yıllığı. (2017). (14).

- Resuloğlu, S. (2005). Koruma Olgusu ve Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurullarının Yaklaşımları. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Rodriguesa, J. D., & Pinto, A. P. (2019). Stone consolidation by biomineralisation. Contribution for a new conceptual and practical approach to consolidate soft decayed limestones. *Journal of Cultural Heritage*, 39, 82-92.
- Rodrígueza, M. A., Pérezb, S. R.-G., & Mas-Barberàa, a. (2018). Use of magnets for reversible restoration in sculpture. The case of the “Virgen de los Desamparados” in Valencia (Spain). *Journal of Cultural Heritage*(31), 215-219.
- Ruocco, G. D., Melella, R., Iglesias, L. P., & Sicignano, C. (2022). Cultural Heritage Sustainability Restoration: A Quantitative Method For The Reversibility Assessment. *Technologies Engineering Materials Architecture* (8).
- S.Anthimos, A. (2003, Eylül 9-29). Structural Restoration Of Historical Monuments Specific Exampels From Greek Practice. *3rd WorkShop on Restoration of Historical Surfaces*. Selanik, Timisoara, Yunanistan.
- S.Anthimos, A. (9-29 September 2003). Structural Restoration of Historical Monuments. Spesific Examples From Greek Practice. Venice.
- Saatçi, M., & Gürsoy, Ş. (tarih yok). Ahşap Yapıların Hasar Nedenleri ve Korunması Üzerine Bir Değerlendirme An Evaluation on the Causes of Damage and Protection of Wooden Structures.
- Satta, M. L., Ruggieri, N., Tempesta, G., & Galassi, S. (2021). Remains of the ancient colonnade in the archaeological site of Pompeii, Italy: vulnerability analysis and strengthening proposal. *Journal of Cultural Heritage*(52), 93-106.
- Scherer, G. W., Franzoni, E., Sassoni, E., & Graziani, G. (2018). Phosphate consolidants for carbonate stones. *APT Bulletin: The Journal of Preservation Technology*, 49(2-3), 61-68.
- Sierra-Fernandeza, A., Gomez-Villalbaa, L., Rabanal, M., & Fort, R. (2017, Ocak-Mart). New nanomaterials for applications in conservation and restoration of stony materials: A review. *MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN*, 67(325).
- Şener, E. V. (2020). Tarihi Taş Yapılarda Görülen Bozulmalar ve Temizlik Yöntemlerinin İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Güney Dış Cephesi Örneği Üzerinden Değerlendirilmesi. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- T.S.E. (1999). Göz ile Muayene. *TS-EN 13018*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- Tarhan, Ç. M. (2019, Eylül). Beycesultan ve Laodikeia Örneklerinden Hareketle Kazı Alanlarındaki Arkeolojik Koruma Olgusunun Değerlendirilmesi. Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

- Tayşı, Y. (2021). Otel yapılarında doğal taş bozulmalarına ilişkin bulguların örnekler üzerinden irdelenmesi ve analizi. Işık Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Türkmen, A. (2020). Farklı Tipteki Binalarda Yapı Elemanlarının İrdelenmesine Yönelik Bir Araştırma. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Uğur, M., & Kaya, G. (2022). İzmir Buca'daki Tarihi Levanten Konutlarının Yeniden İşlevlendirilmesi ve Soylulaştırma. *Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi (AKSOS)*(12).
- Uğursal, S. (2011, Mayıs). Tarihi Yapıların Yeniden İşlevlendirilmesi: İzmir Sümerbank Basma Sanayi Yerleşkesi Örneği. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ulusoy, H., & Peker, H. (2019). Ahşapta nanoteknolojik vernik/tutkal kullanımı ve etkileri. In SETSCI Conference Proceedings (pp. 591-594).
- URL-1. (2024, 12 2). <https://www.deltayapi.net/raporlar/DELTA.pdf> adresinden alındı
- URL-2. (2024, 12 1). <https://kulturelcisi.com/ayasofya-payandalar/> adresinden alındı
- URL-3. (2024, Haziran 25). <https://www.kalitebelgesi.com/muayene-hizmetleri/tahribatsiz-muayene/gozle-muayene> adresinden alındı
- URL-Arslantepe. (2025, 04 15). <http://www.malatya.gov.tr/arslantepe-hoyugu> adresinden alındı
- Uyar, O. (2008). Arkeolojik Alanlarda Koruma Çatıları ve Gezi Platformlarının Düzenlenmesi: Apollon Klarios Bilicilik Merkezi Örneği. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Uyar, Z. (2024). Mimari Restorasyonlarda Kullanılmak Üzere Geleneksel Malzemelerle Uyumlu Nanoteknolojik Malzemeler Üzerine Araştırmalar. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Ünal, H. B. (2023). Koruma ve Onarım Uygulamaları Öncesinde Derin Öğrenme Tabanlı Yöntem ile Taş Bozulmalarına Müdahale Önerisi. Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Vatan Kaptan, M. (2010). Anıtsal Yığma Binalarda Risk Düzeyinin Tespitine İlişkin Bir Öndeğerlendirme Yöntemi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Venedik Tüzüğü. (1964). Venedik, İtalya.
- Wiley, J., & Sons, I. (1996). *Dictionary of Building Preservation*. United States Of America: Preservation Press.

- Yalaz, E. T., & Yaldız, E. (2020). Yeniden Kullanım Sonrası Yapısal Müdahalelerin Değerlendirilmesi: Tantavi Ambarı Örneği. *8*(2), 105-117.
- Yalçın, D. S. (2022). 19. yy son çeyreğinde yeni malzeme ve yapım tekniği kullanımının istanbul'da inşa edilen üç dini yapı üzerinden çözümlenmesi. *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.*
- Yıldırım, Y. H. (2023). Tarihi Yapılarda Onarım ve Güçlendirme Yöntemlerinin Etkinliğinin Değerlendirilmesi. *Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.*
- Yıldız, A. (2012). Kalker Esaslı Yapı Taşlarında Kirli Kabuk Oluşumu ve Özelliklerinin İncelenmesi. *Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Edirne.*
- Yılmaz, M., Şener, Y. S., & Yılmaz, A. B. (2019). Arkeolojik Alanlarda Uygulanan Koruma Örtülerinin Tasarım Kriterleri. *Sanat ve Tasarım Dergisi*(23), 413-428.
- Yurttaş, C. (2018). Anıtsal Yığma Yapılarda Karşılaşılan Bozulmalara Yönelik Uygulanan Müdahale Tekniklerinin Anadolu Selçuklu Kapalı Avlulu Medrese Örnekleri Üzerinden Değerlendirilmesi. *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon. 1., 29.*
- Yüce, A. (2021). Tarihi Kargir Yapıların Güçlendirilmesinde Yenilikçi Yaklaşımlar. *Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.*
- Zakar, L. (2013). Restorasyon Uygulamalarında Kullanılan Çağdaş Teknikler. *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.*
- Zornoza-Indart, A., & Lopez-Arce, P. (2016). Silica nanoparticles (SiO₂): Influence of relative humidity in stone consolidation. *Journal of Cultural Heritage*(18), 258-270.
- Zucchelli, M. (2021). Zein-Based Hyhrophobic Coating: From Promising Propertiees To Field Application. *Venedik, İtalya.*

ÖZGEÇMİŞ

Tuğba AKIN; lise eğitimini Nevşehir Anadolu Öğretmen Lisesi'nde tamamladıktan sonra, 2016 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi İç Mimarlık bölümünü kazandı. 2017 yılında kurum içi yatay geçiş programı ile Mimarlık bölümüne geçiş yaptı. 2019 yılında Trabzon-Ortahisar Belediyesi'nin düzenlemiş olduğu Mimar Sinan Proje Ödülleri yarışmasında Beşirli Sahili Dinlenme İstasyonu Projesi "En İyi Fikir Proje Ödülü"ne layık görüldü. 2021 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesinden "Mimar" olarak mezun oldu. Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümü Restorasyon kürsüsünde yüksek lisans öğrenimine başladı. B2 seviyesinde İngilizce bilmektedir.

