MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PENCERE SİSTEMLERİNDEKİ BOZULMALARIN TEŞHİS, ANALİZ VE MÜDAHALESİNE YÖNELİK KARAR DESTEK MODELİ

DOKTORA TEZİ

Emine Merve OKUMUŞ

Mimarlık Anabilim Dalı

Yapı Bilgisi Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Özlem EREN

TEMMUZ 2020

MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PENCERE SİSTEMLERİNDEKİ BOZULMALARIN TEŞHİS, ANALİZ VE MÜDAHALESİNE YÖNELİK KARAR DESTEK MODELİ

DOKTORA TEZİ

Emine Merve OKUMUŞ

Mimarlık Anabilim Dalı

Yapı Bilgisi Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Özlem EREN

TEMMUZ 2020

Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel etik kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ücret karşılığı başka kişilere yazdırmadığımı (dikte etme dışında), uygulamalarımı yaptırmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

Emine Merve OKUMUŞ
Temmuz 2020

Aileme,

ÖNSÖZ

Lisans ve lisansüstü eğitimim boyunca bana daima destek olan, bilgi ve deneyimleriyle beni yönlendiren, her konuda örnek aldığım değerli tez danışmanım; Prof. Dr. Özlem EREN' e,

İzlemeler süresince çalışmaya farklı açılardan bakmamı sağlayan değerli hocalarım; Doç. Dr. Erkan AVLAR'a ve Dr. Öğr. Üyesi Ömer Şükrü DENİZ'e,

Tez savunma jürimde değerli görüşleri ile destek sağlayan değerli hocalarım; Prof. Dr. K. Selin GÜNDEŞ'e ve Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Cem ALTUN'a,

Kendisini her anlamda örnek aldığım, anlayışlı ve değerli hocam; Dr. Öğr. Üyesi Mine TOPÇUBAŞI'na,

İş yerindeki sorumluluklarımı benimle paylaşan ve bu süreçte desteklerini hiç esirgemeyen sevgili arkadaşım; Hayriye İSMAİLOĞLU'na

Gösterdikleri sabır ve anlayış için hayatımın her koşulunda yanımda olan, bana inançlarını ve desteklerini esirgemeyen, en değerli varlıklarım; aileme,

sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Temmuz 2020

Emine Merve OKUMUŞ

(Y.Mimar)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **xi**
İÇİNDEKİLER ..... **xiii**
KISALTMALAR ..... **xvii**
SEMBOLLER ..... **xix**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xxi**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xxv**
ÖZET ..... **xxix**
ABSTRACT ..... **xxxi**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Problemin Tanımı 2
1.2 Tezin Amacı 4
1.3 Tezin Kapsamı 6
1.4 Tezin Yöntemi 6
1.5 Özgün Değer 8
1.6 Yaygın Etki 9
2. PENCERE SİSTEMLERİNİN PERFORMANS ÖZELLİKLERİ VE BİLEŞENLERİ **11**
2.1 Pencere Sistemlerinin Performans Özellikleri 11
2.1.1 Görsel performans 13
2.1.2 Isı performansı 15
2.1.3 Su ve nem performansı 18
2.1.4 Hava performansı 20
2.1.5 Ses performansı 21
2.1.6 Yangın performansı 21
2.1.7 Mekanik performansı 23
2.2 Pencere Sistemlerini Oluşturan Bileşenler 24
2.2.1 Pencere bileşenleri 24
2.2.1.1 Çerçeve bileşeni 25
2.2.1.2 Dolgu bileşeni 31
2.2.1.3 Yalıtım bileşenleri 36
2.2.1.4 Tamamlayıcı bileşenler 39
2.2.2 Pencere bileşenlerinin birleşim kararları 40
2.2.2.1 Çerçeve ile duvar birleşimi 41
2.2.2.2 Kasa ile kanat birleşimi 44
2.2.2.3 Kasa/kanat ile camın birleşimi 44
2.2.2.4 Kasa ile denizlik birleşimi 46
3. PENCERELERDE GÖRÜLEN BOZULMA TÜRLERİ, TEŞHİS VE MÜDAHALE YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ **47**
3.1 Bozulma Terminolojisi ve Sınıflandırılması 48
3.2 Pencerelerde Bozulmalara Sebep Olan Etkenler ve Bozulma Türleri 52

3.2.1 Çevresel etkenler ve oluşturduğu bozulma türleri 52
3.2.1.1 Fiziksel etkiler 53
3.2.1.2 Kimyasal etkiler 67
3.2.1.3 Biyolojik etkiler 69
3.2.1.4 Mekanik etkiler 70
3.2.2 İnsan kaynaklı etkenler ve oluşturduğu bozulma türleri 72
3.2.2.1 Tasarım hataları 72
3.2.2.2 Üretim hataları 73
3.2.2.3 Uygulama hataları 75
3.2.2.4 Kullanım ve bakım hataları 76
3.2.3 Zamana bağlı bozulmalar 77
3.3 Pencerelerde Görülen Bozulmaların Tespitinde Kullanılan Tahribatsız Teşhis Yöntemleri 80
3.3.1 Görsel teşhis yöntemleri 81
3.3.2 Su sızıntı testleri 84
3.3.3 Basınç farkı kullanan teşhis yöntemleri 85
3.3.4 Elektrik sistemli yöntemler 87
3.3.5 Akustik teşhis yöntemleri 88
3.3.6 Termal higrometrik yöntemler 89
3.4 Pencerelerde Oluşan Bozulmalara Uygulanan Müdahaleler 90
3.4.1 Çerçeve bileşenlerinde oluşan bozulmalara uygulanan müdahaleler 90
3.4.2 Cam bileşeninde oluşan bozulmalara uygulanan müdahaleler 98
3.4.3 Yalıtım bileşenlerinde oluşan bozulmalara uygulanan müdahaleler 99
3.4.4 Tamamlayıcı bileşenlerinde oluşan bozulmalara uygulanan müdahaleler .. 103
4. DURUM DEĞERLENDİRMESİNDE VE BAKIM YÖNTEMLERİNDE KULLANILAN ARAÇLARIN VE YÖNTEMLERİN İNCELENMESİ ... 105
4.1 Bakım Yöntemlerinin Gelişimi ve Sınıflandırılması 106
4.1.1 Bakım anlayışının tarihsel gelişimi 108
4.1.2 Bakım türleri 110
4.1.2.1 Koruyucu (Önleyici) Bakım 111
4.1.2.2 Kestirimci (Öngörücü) bakım 113
4.1.2.3 Düzeltici bakım 113
4.2 Bozulma Tahminlerinde Kullanılan Yöntemler 114
4.2.1 Kontrol listeleri 116
4.2.2 HAZID-Tehlike tanımlama 117
4.2.3 HAZOP-Tehlike ve işletilebilirlik analizi 118
4.2.4 SWIFT tekniği- Olursa ne olur 120
4.2.5 Hata türü ve etki analizi-HTEA 120
4.2.6 Ön tehlike analizi 122
4.2.7 Birincil risk analizi 123
4.2.8 Risk değerlendirme karar matrisi 124
4.2.9 Hata ağacı analizi 125
4.2.10 Olay ağacı analizi 128
4.2.11 Neden-sonuç analizi 129
4.3 Durum Değerlendirme ve Bakım Yöntemleri için Kullanılan Araçlar 129
4.3.1 Durum değerlendirme ve bakım yöntemleri için kullanılan kılavuz ve rehber 130
4.3.1.1 Kusur önleme kılavuzları ve onarım rehberleri-BRE 130
4.3.1.2 Anomalileri onarım kılavuzları-LNEC 132
4.3.1.3 Bozulma vakalarının bilgi kılavuzları ve Bilgi araştırma kılavuzları-CIB .. 135

4.3.1.4 Sebep-sonuç-QCE 138
4.3.1.5 Bina patoloji kılavuzları-AQC 138
4.3.1.6 Bina denetim sistemleri-IST 139
4.3.1.7 Teşhis ve müdahale veri kılavuzları-düzeltici bakım- Lopes 140
4.3.1.8 Konut yapılarına entegre bakım sistemi-FDI 145
4.3.1.9 Teşhis teknikleri kılavuzları-Abreu 147
4.3.2 Durum değerlendirme ve bakım yöntemleri için kullanılan bilgisayar destekli veri tabanları 149
4.3.2.1 ConstruDoctor- OZ, Portekiz 149
4.3.2.2 Hatalardan Öğrenmek- BEST, İtalya 150
4.3.2.3 PATORREB, Portekiz 151
4.3.2.4 Web tabanlı prototip sistem-Fong ve Wong, Hong Kong 153
4.3.2.5 Binaların bakım yapılabilirliği-NUS, Hong Kong 154
4.3.2.6 Bina tıbbı kaydı-Chang ve Tsai, Tayvan 156
4.3.3 Durum değerlendirmesi için kullanılan yöntemler 156
4.3.3.1 Avrupa Birliği yöntemi (EPIQR-TOBUS) 157
4.3.3.2 Belçika yöntemi (Renofase) 162
4.3.3.3 Portekiz yöntemi (MAEC, SCARBCC) 164
4.3.3.4 Hollanda yöntemi (NEN2767) 167
4.3.3.5 İngiliz yöntemi (HHSRS) 168
4.3.3.6 ABD yöntemi (FISP) 171
4.3.3.7 Hong Kong (MBIS, MWIS) yöntemi 172
4.3.4 Durum değerlendirme ve bakım yöntemleri için kullanılan araçların değerlendirilmesi 173
5. PENCERE SİSTEMLERİNDEKİ BOZULMALARIN TEŞHİS, ANALİZ VE MÜDAHALESİNE YÖNELİK KARAR DESTEK MODELİ 179
5.1 Modelin Temel Adımları 179
5.1.1 Destek veri tabanları 182
5.1.1.1 Bilgi kaynakları 183
5.1.1.2 Veri tabanları 185
5.1.1.3 Karar matrisleri ve bütünleşik tablolar 194
5.1.2 Aşama 1-Durum değerlendirmesi 197
5.1.2.1 Adım 1.1-Veri toplama 198
5.1.2.2 Adım1.2-Durum analizi 200
5.1.2.3 Adım 1.3-Durum değerlendirmesi 202
5.1.3 Aşama 2-Olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi 210
5.1.3.1 Adım 2.1-Olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi 211
5.1.3.2 Adım 2.2-Müdahale öncelik puanlarının belirlenmesi 211
5.1.3.3 Adım 2.3-Müdahale puanlarının belirlenmesi 211
5.1.3.4 Adım 2.4-Uygun müdahale alternatiflerinin belirlenmesi 212
5.1.4 Aşama 3-Durum raporu ve envanterinin hazırlanması 212
5.2 Pencere Sistemlerindeki Bozulmaların Teşhis, Analiz ve Müdahalesi için Karar Destek Modelinin Uygulanması 214
5.2.1 Alüminyum pencerelerde modelin uygulanması 214
5.2.2 Ahşap pencerelerde modelin uygulanması 230
5.2.3 PVC pencerelerde modelin uygulanması 245
6. SONUÇ VE ÖNERİLER 263
KAYNAKLAR 273
EKLER 299
ÖZGEÇMİŞ 307

KISALTMALAR

AQC : İnşaat Kalite Ajansı (L'Agence Qualité Construction)
ASTM : Uluslararası Amerikan Test ve Materyalleri Topluluğu (American Society for Testing and Materials)
BMR : Bina Tıbbi Kaydı (Building a Medical Record)
BRE : Bina Araşırtma Kuruluşu (The Building Research Establishment)
BRE : Building Research Establishment
BS : İngiliz Standartları (British Standards)
BSI : İngiliz Standartları Enstitüsü (British Standards Institution)
CBM : Duruma dayalı bakım (Condition Based Maintenance)
CDD : Soğutma Gün-Derecesi
CIB : International Council for Research and Innovation In Building and Construction *(Kurumun 1953-1998 yılları arasında açılımı Conseil International du Bâtiment (International Council for Building))*
CMHC : Canada Mortgage and Housing Corporation
COMASS : Kapsamlı Bakım Yapılabilirliği Puanlama Sistemi (Comprehensive Maintainability Scoring System)
CQF : The Construction Quality Forum
DAS : Defect Action Sheets
DIN : Alman Standartlar Enstitüsü (Deutsches Institut für Normung)
EN : Avrupa Standartları (Europeane Norm)
EPDM : Etilen Propilen Dien Monomer
EPIQR : Enerji Performansı, İç Ortam Kalitesi ve Güçlendirme (Energy Performance, Indoor Air Quality And Retrofit)
EPRI : Elektrik Enerjisi Araştırma Enstitüsü (Electric Power Research Institute)
ESL : Tahmini servis süresi
ETA : Olay Ağacı Analizi (Event Tree Analysis)
ETFE : Etilen tetrafloroetilen
EVA : Etilen vinil asetat
FEM : Sonlu Elemanlar Metodu (Finite Element Method)
FMEA : Hata türü ve etki analizi (HTEA) (Failure Mode and Effect Analysis)
FTA : Hata Ağacı Analizi (Fault Tree Analysis)
GFRP : Cam elyaf takviyeli polyester (Glass fiber reinforced plastics)
HAZID : Tehlike tanımlama (Hazard Identification)
HAZOP : Tehlike ve işletilebilirlik analizi (The Hazard And Operability Analysis)
HDD : Isıtma Gün-Derecesi
HHSRS : Konut Sağlık ve Güvenlik Derecelendirme Sistemi (Housing Health and Safety Rating System)
HTEA : Hata türü ve etki analizi
IEQ : İç ortam çevresel kalitesi (Indoor environmental quality)
IR : Kızılötesi ışınlar

ISO : Uluslararası Standartlar Teşkilatı (International Organization for Standardization)
LNEC : İnşaat Mühendisliği Ulusal Laboratuarı (National Laboratory for Civil Engineering)
M.Ö. : Milattan Önce
MAEC : Method to Assess the Condition of Buildings
MTTF : Ortalama arıza süresi (Mean Time To Failure)
NDE : Tahribatsız değerlendirme (Nondestructive evaluation)
NDE : Tahribatsız muayene (Nondestructive examination)
NDI : Tahribatsız teşhis (Nondestructive inspection)
NEN : The Netherlands Standardization Institute
NUS : Singapur Ulusal Üniversitesi (National University of Singapore)
PA : Cam elyaf takviyeli polyamid
PC : Polikarbonat
PHA : Ön Tehlike Analizi (Preliminary Hazad Analysis)
PMMA : Polimetil metakrilat
POE : Kullanım Sonrası Değerlendirme (Post Occupancy Evaluation)
PRA : Birincil Risk Analizi (Preliminary Risk Analysis)
PU : Poliüretan köpük
PVB : Polivinil butiral
PVC : Polivinil klorür
RCM : Güvenilirlik merkezli bakım (Reliability Centered Maintenance)
RDS : Risk Derecelendirme Skoru
RÖS : Risk Öncelik Sayısı
RPN : Risk Öncelik Sayısı (RÖS) (Risk Priority Number)
RSL : Referans servis süresi
SCARBCC : The State of Conservation Assessment of Residential Buildings at Controlled Costs
SHGC : Güneş Isı Kazanç Katsayısı (Solar Heat Gain Coefficient)
SHGC : Güneş Isı Kazanç Katsayısı (Solar Heat Gain Coefficient)
TOBUS : Ofis Binası Yükseltme Çözümlerini Seçme Aracı (Tool for Selecting Office Building Upgrading Solutions)
TPE : Thermo Plastic Elastomer
UV : Ultraviyole-Morötesi ışınlar
VT : Gün ışığı geçirgenlik değeri (Visible Transmittance)

SEMBOLLER

PVC : Polivinil klorür
TWh : Terawatt Saat
CO_2 : Karbondioksit
U_f : Çerçevenin ısı iletkenlik katsayısı
U_g : Camın ısı iletkenlik katsayısı
μ : Buhar geçirgenliğini
d : Yapı malzemesi kalınlığı
Pa : Pascal
θ : Güneş ışınlarının geliş açısı
g : Güneş ısısı kazanç katsayısı
α : Yüzeysel emicilik katsayısı
λ : Isı iletim katsayısı
αT : Doğrusal genleşme katsayısı [1/K]
ΔT : Sıcaklık farkı
SO_2 : Sülfür dioksit
NO_2 : Nitrojen oksit
H_2 : Hidrojen
He : Helyum
CO : Karbon monoksit
SF_6 : Kükürt hekzaflörür
N_2O : Azot oksit
CH_4 : Metan
He : Helyum
CO : Karbon monoksit
SF_6 : Kükürt hekzaflörür
N_2O : Azot oksit

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2. 1: Ülkelerde kabul edilen standartlara göre pencerelerin ısı iletkenlik değerleri.. **17**
Tablo 3. 1: Literatürde bozulma sınıflandırması için kullanılan yöntemler..... **51**
Tablo 3. 2: Pencerelerde kullanılan malzeme ve renklerin yüzeysel emicilik katsayıları **54**
Tablo 3. 3: Pencere sistemlerindeki bileşenlerin servis süreleri **80**
Tablo 4. 1: İnşaat dönemlerine göre pencere yalıtımına ait değerler **116**
Tablo 4. 2: HAZOP yönteminde kullanılan kılavuz kelimeler **118**
Tablo 4. 3: EPIQR ve TOBUS yöntemlerinde kullanılan durum değerlendirme kodları ve açıklamaları..... **162**
Tablo 4. 4: SCARBCC yönteminde kullanılan FMEA yöntemi **167**
Tablo 4. 5: NEN2767'ye göre bozulma puan hesaplaması **168**
Tablo 4. 6: ABD şehirlerinde uygulanan cephe yönetmeliklerine ait veriler..... **171**
Tablo 4. 7: Durum değerlendirme ve bakım yöntemleri için kullanılan kılavuz, rehber ve veri tabanlarına ait genel bilgiler **174**
Tablo 4. 8: Durum değerlendirmesi ve bakım yöntemlerinde kullanılan kılavuz, rehber ve veri tabanlarının karşılaştırılması..... **175**
Tablo 4. 9: Durum değerlendirme ve bakım yöntemleri için Avrupa'da kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması..... **177**
Tablo 5. 1: İnşaat dönemlerine göre pencere yalıtımına ait değerler **184**
Tablo 5. 2: Pencere bileşenlerine ait veri tabanı. **188**
Tablo 5. 3: Bozulmaya sebep olan etkenleri içeren veri tabanı **189**
Tablo 5. 4: Bozulma anomalilerini içeren veri tabanı..... **191**
Tablo 5. 5: Pencere sistemlerinin yerinde teşhis yöntemlerinin sınıflandırılması .. **192**
Tablo 5. 6: Pencere sistemlerinde uygulanan müdahaleleri içeren veri tabanı **193**
Tablo 5. 7: Pencere bileşenlerinde görülen bozulma anomalileri ve bozulma sınıfları **195**
Tablo 5. 8: Bozulma ve bozulmaya sebep olan etkenlere ait karar matrisi..... **196**
Tablo 5. 9: Pencere bileşenlerde görülen bozulma türleri ve etkilediği performanslar..... **197**
Tablo 5. 10: Cam bileşeninin durum analizi ve değerlendirme adımlarında kullanılan tablo. **203**
Tablo 5. 11: Çerçeve bileşeninin durum analizi ve değerlendirme adımlarında kullanılan tablo. **204**
Tablo 5. 12: Tamamlayıcı bileşeninin durum analizi ve değerlendirme adımlarında kullanılan tablo. **205**
Tablo 5. 13: Yalıtım bileşeninin durum analizi ve değerlendirme adımlarında kullanılan tablo. **205**
Tablo 5. 14: Bozulma şiddetinin bozulma sınıfı, yoğunluğu ve alanına göre puanlama tablosu. **206**
Tablo 5. 15: Model kapsamında kabul edilen bozulma anomalilerin ağırlık puanları .. **207**

Tablo 5. 16: Pencere sistemlerindeki bileşen, alt bileşen ve katmanlarında görülen bozulmaların puanlarının hesaplamasında kullanılan ağırlık puanları. **209**
Tablo 5. 17: Müdahale öncelik puanı **211**
Tablo 5. 18: Müdahale puanına ait karar matrisi. **212**
Tablo 5. 19: Müdahale puanına göre müdahale türleri. **212**
Tablo 5. 20: İncelenen 1. alüminyum pencerenin veri toplama tablosu. **214**
Tablo 5. 21: İncelenen 1. alüminyum pencere sisteminde görülen bozulmalara ait fotoğraflar. **216**
Tablo 5. 22: 1. alüminyum pencerenin cam bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu. **218**
Tablo 5. 23: 1. alüminyum pencerenin çerçeve bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu. **219**
Tablo 5. 24: 1. alüminyum pencerenin tamamlayıcı bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu. **220**
Tablo 5. 25: 1. alüminyum pencerenin yalıtım bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu. **220**
Tablo 5. 26: 1. alüminyum pencerenin için hazırlanan olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi aşaması. **221**
Tablo 5. 27: 1. alüminyum pencere için hazırlanan rapor. **222**
Tablo 5. 28: İncelenen 2. alüminyum pencerenin veri toplama tablosu. **223**
Tablo 5. 29: İncelenen 2. alüminyum pencere sisteminde görülen bozulmalara ait fotoğraflar. **224**
Tablo 5. 30: 2. alüminyum pencerenin cam bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu. **226**
Tablo 5. 31: 2. alüminyum pencerenin çerçeve bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu. **227**
Tablo 5. 32: 2. alüminyum pencerenin tamamlayıcı bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu. **228**
Tablo 5. 33: 2. alüminyum pencerenin yalıtım bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu. **228**
Tablo 5. 34: 2. alüminyum pencerenin için hazırlanan olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi aşaması. **229**
Tablo 5. 35: 2. alüminyum pencere için hazırlanan rapor. **230**
Tablo 5. 36: İncelenen 1. ahşap pencerenin veri toplama tablosu. **231**
Tablo 5. 37: İncelenen 1. ahşap pencere sisteminde görülen bozulmalara ait fotoğraflar. **232**
Tablo 5. 38: 1. ahşap pencerenin cam bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu. **234**
Tablo 5. 39: 1. ahşap pencerenin çerçeve bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu. **235**
Tablo 5. 40: 1. ahşap pencerenin tamamlayıcı bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu. **236**
Tablo 5. 41: 1. ahşap pencerenin yalıtım bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu. **236**
Tablo 5. 42: 1. ahşap pencerenin için hazırlanan olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi aşaması. **237**
Tablo 5. 43: 1. ahşap pencere için hazırlanan rapor. **238**
Tablo 5. 44: İncelenen 2. ahşap pencerenin veri toplama tablosu. **239**
Tablo 5. 45: İncelenen 2. ahşap pencere sisteminde görülen bozulmalara ait fotoğraflar. **240**

Tablo 5. 46 2. ahşap pencerenin cam bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu. **241**
Tablo 5. 47: 2. ahşap pencerenin çerçeve bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu. **242**
Tablo 5. 48: 2. ahşap pencerenin tamamlayıcı bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu. **243**
Tablo 5. 49: 2. ahşap pencerenin yalıtım bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu. **243**
Tablo 5. 50: 2. ahşap pencere için hazırlanan olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi aşaması. **244**
Tablo 5. 51: 2. ahşap pencere için hazırlanan rapor. **245**
Tablo 5. 52: İncelenen 1. PVC pencerenin veri toplama tablosu. **246**
Tablo 5. 53 İncelenen 1. PVC pencere sisteminde görülen bozulmalara ait fotoğraflar. **247**
Tablo 5. 54: 1. PVC pencerenin cam bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu. **249**
Tablo 5. 55: 1. PVC pencerenin çerçeve bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu. **250**
Tablo 5. 56: 1. PVC pencerenin yalıtım bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu. **251**
Tablo 5. 57: 1.PVC pencerenin tamamlayıcı bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu. **251**
Tablo 5. 58: 1. PVC pencere için hazırlanan olası müdahale **252**
Tablo 5. 59: 1. PVC pencere için hazırlanan rapor. **253**
Tablo 5. 60: İncelenen 2. PVC pencerenin veri toplama tablosu. **254**
Tablo 5. 61: İncelenen 2. PVC pencere sisteminde görülen bozulmalara ait fotoğraflar. **255**
Tablo 5. 62: 2. PVC pencerenin cam bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu. **257**
Tablo 5. 63: 2. PVC pencerenin çerçeve bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu **258**
Tablo 5. 64: 2. PVC pencerenin yalıtım bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu. **259**
Tablo 5. 65: 2. PVC pencerenin tamamlayıcı bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu. **259**
Tablo 5. 66: 2. PVC pencere için hazırlanan olası müdahale **260**
Tablo 5. 67: 2. PVC pencere için hazırlanan rapor. **261**
Tablo 6. 1: İncelenen pencerelerin bozulma puanları **266**
Tablo 6. 2: İncelenen pencerelerin müdahale puanları. **266**
Tablo 6. 3: İncelenen pencerelerde görülen bozulmalara sebep olan etkenlerin bileşenlere göre dağılımı. **268**
Tablo 6. 4: Pencere görülen bozulmaların etkilediği performansların bileşenlere göre dağılımı **269**

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Model önerisinin aşamaları **6**
Şekil 1.2 : Tez planı **8**
Şekil 2. 1: Pencere sistemlerinden beklenen performansları belirleyen parametreler **14**
Şekil 2. 2: Pencere sistemlerinin ısı performansının fonksiyonları **16**
Şekil 2. 3: Pencere ve cephe tasarımına göre değişen yangın davranışları **23**
Şekil 2. 4: Pencere sistemini oluşturan bileşenler. **25**
Şekil 2. 5: Ahşap çerçeve sistemleri **27**
Şekil 2. 6: Metal çerçeve sistemleri **27**
Şekil 2. 7: Alüminyum çerçeve sistemleri **28**
Şekil 2. 8: PVC çerçeve sistemleri **29**
Şekil 2. 9: Kompozit çerçeve sistemleri. **30**
Şekil 2. 10: Temperlenmiş ve tavlanmış camların kırılma davranışı **33**
Şekil 2. 11: Yalıtımlı cam bölümleri **34**
Şekil 2. 12: Cam tutucu sistemlerine ait örnek uygulamalar **39**
Şekil 2. 13: Pencere sistemlerinin katmanları **41**
Şekil 2. 14: Çerçevenin duvardaki konumu **42**
Şekil 2. 15: Çerçevenin duvara özel vidalı, dübelli ve kenet lamalı tespitlerine ait örnek çizimler **43**
Şekil 2. 16: Kasa ile duvar kaplamaları arasında sızdırmazlık malzemesinin durumuna göre oluşan yapı fiziği sorunları **43**
Şekil 2. 17: Kasa ile kanat birleşim alternatifleri **44**
Şekil 2. 18: Kasa ile kanat arasında kullanılan tahliye sistem detayları **44**
Şekil 2. 19: Camın çerçeveye tespit şekilleri **45**
Şekil 2. 20: Cam ile kasa/kanat arasından sızan suların tahliye edilme yöntemleri **45**
Şekil 2. 21: Kasa ile denizlik arasında görülen ısı kayıpları ve su hareketleri. **46**
Şekil 3. 1: Hammurabi Kanunları **47**
Şekil 3. 2: Yapı sorunlarının oluşum süreci **49**
Şekil 3. 3: Hasar oluşum süreci **50**
Şekil 3. 4: Pencere sistemlerine etki eden çevresel etkiler **53**
Şekil 3. 5: Güneş spektrumu tablosu **54**
Şekil 3. 6: Isı hareketleri **56**
Şekil 3. 7: Pencere sistemlerinde ısı kayıplarının yaşandığı alanlar **58**
Şekil 3. 8: Cephede yüksekliğe bağlı yüzeysel ıslanma etkisi **61**
Şekil 3. 9: Pencere ve duvar arasında oluşan nem sorunları **64**
Şekil 3. 10: Bina yüzeyinde rüzgârın oluşturduğu basınç alanları **66**
Şekil 3. 11: Ahşap malzemede görülen çatlama şekilleri **74**
Şekil 3. 12: Yapı alt sistemlerinin servis süreleri **78**
Şekil 3. 13: Tahmini servis süresi grafiği **78**

Şekil 3. 14: Görsel teşhiste bakış noktası ile incelecek alan ilişki **82**
Şekil 3. 15: Çatlak ölçüm cihazları **83**
Şekil 3. 16: Denizlik bileşeninin eğiminin ayarlanması **84**
Şekil 3. 17: Su sızıntı testleri **85**
Şekil 3. 18: 2000 yıllından itibaren kullanılan nabız yöntemi cihazları **86**
Şekil 3. 19: Blower door test düzeneği **87**
Şekil 3. 20: PVC pencerelerde uygulanan ahşap folyo katmanının bozulması. **92**
Şekil 3. 21: Ahşap pencerelerde macun uygulaması **93**
Şekil 3. 22: Ahşap kanadın alt başlığında görülen bozulmalara karşı yapılan müdahale ... **94**
Şekil 3. 23: Ahşap kanadın sereninde görülen bozulmalara karşı yapılan müdahale **95**
Şekil 3. 24: Ahşap kanadın alt başlığı ile serende görülen bozulmalara karşı yapılan müdahale **95**
Şekil 3. 25: Ahşap düşey ara kayıtlarda görülen bozulmalara karşı yapılan müdahale . **96**
Şekil 3. 26: Ahşap yatay ara kayıtlarda görülen bozulmalara karşı yapılan müdahale .. **96**
Şekil 3. 27: Ahşap çerçevede ileri düzeyde görülen bozulmalara karşı yapılan müdahale **97**
Şekil 3. 28: Cam yüzeylerde yapılan menfez çeşitleri **98**
Şekil 3. 29: Dolgu malzemelerinin bağlayıcılık özelliğini kaybetmesi **99**
Şekil 3. 30: Derz dolgu malzemesinin yırtılması ve/veya çatlaması **100**
Şekil 3. 31: Derz dolgu malzemesinin, derz dolgu fitiline bağlı kalırken duvar yüzeyinden ayrılması soruna ait örnek **100**
Şekil 3. 32: Derz söküm yöntemleri **101**
Şekil 4. 1: Bakım anlayışının tarihsel gelişimi **108**
Şekil 4. 2: AFF 04 İsveç standardındaki bakım stratejisi **110**
Şekil 4. 3: EN 13306 (2010) standardındaki bakım stratejisi **110**
Şekil 4. 4: CIBSE (2008) tarafından oluşturulan bakım stratejisi. **111**
Şekil 4. 5: Risk analizi metotlarının genel çerçevesi **115**
Şekil 4. 6: HAZOP yönteminin çalışma prosedürü. **119**
Şekil 4. 7: Hata Türü ve Etki Analiz (HTEA) yönteminin akış şeması **121**
Şekil 4. 8: Ön tehlike analizinde kullanılan tablo **123**
Şekil 4. 9: L Tipi Matris Analizi grafiği **125**
Şekil 4. 10: Hata Ağacı Analiz (FTA) yöntem kurgusu ve bağlantıları. **126**
Şekil 4. 11: Hata Ağacı Analiz (FTA) yönteminin akış şeması **127**
Şekil 4. 12: Olay ağacının işleyiş adımları. **129**
Şekil 4. 13: Ishikawa (balık kılçığı) diyagramının çalışma prensibi. **130**
Şekil 4. 14: Kusur önleme kılavuzunun (DAS) işleyiş diyagramı **131**
Şekil 4. 15: Kusur önleme kılavuzlarına ait örnek çalışma **133**
Şekil 4. 16: Onarım rehberlerine ait örnek çalışma **134**
Şekil 4. 17 : Anomalileri onarım kılavuzlarının işleyiş diyagramları **135**
Şekil 4. 18: Bozulma vakalarının bilgi kılavuzlarına ait örnek çalışma **136**
Şekil 4. 19: Bilgi araştırma kılavuzuna ait örnek çalışma **137**
Şekil 4. 20: (a) Bina patoloji kılavuzları çalışmasında incelenen bina bölümleri (b) Bina patoloji kılavuzlarının işleyiş şeması **138**
Şekil 4. 21: Bina patoloji kılavuzuna ait örnek çalışma **139**
Şekil 4. 22: Yapı denetim sisteminin işleyiş diyagramı **140**
Şekil 4. 23: Teşhis ve müdahale veri kılavuzunun işleyiş diyagramları **141**
Şekil 4. 24: Teşhis ve müdahale veri kılavuzlarına ait anomali sayfalarından örnekler.... **142**
Şekil 4. 25: Teşhis ve müdahale veri kılavuzlarına ait anomali sayfalarından örnekler. **143**
Şekil 4. 26: Teşhis ve müdahale veri kılavuzlarına ait müdahale sayfalarından örnekler. **144**
Şekil 4. 27: Konut yapılarına entegre bakım sistemine ait ön tanı listesi **145**

Şekil 4. 28: Konut yapılarına entegre bakım sistemine ait özel tanı listesi **146**
Şekil 4. 29: Konut yapılarına entegre bakım sisteminin akış diyagramı **147**
Şekil 4. 30: Medeiros tarafından hazırlanan müdahale kılavuzu..... **148**
Şekil 4. 31: ConstruDoctor sisteminde kullanıcının doldurduğu formun 3. Aşaması . **149**
Şekil 4. 32: ConstruDoctor sistemine ait rapor örneği **150**
Şekil 4. 33: Hatalardan öğrenmek-Imparare dagli Errori web sayfası **151**
Şekil 4. 34: Patorreb patoloji kataloğunda incelenen yapı bölümleri..... **152**
Şekil 4. 35: Patorreb patoloji raporuna ait örnek çalışma..... **153**
Şekil 4. 36: Web tabanlı prototip sistemin web sayfası..... **154**
Şekil 4. 37: Maintainability web sayfasının işleyis şeması **155**
Şekil 4. 38: EPIQR yönteminin işleyiş şeması **158**
Şekil 4. 39: EPIQR programının arayüzü **159**
Şekil 4. 40: EPIQR programındaki sonuç çizelgeleri..... **160**
Şekil 4. 41: TOBUS programının ara yüzü **160**
Şekil 4. 42: TOBUS yönteminin değerlendirme şeması..... **161**
Şekil 4. 43: Renofase programının arayüzü..... **163**
Şekil 4. 44: Renofase programında yenileme alternatifleri **163**
Şekil 4. 45: Hasar seviyelerine göre değerlendirilen pencere açıklığı örnekleri **164**
Şekil 4. 46: Fonksiyonel elemanlara verilen ağırlık puanları **165**
Şekil 4. 47: SCARBCC yönteminde değerlendirme ölçeği..... **166**
Şekil 4. 48: HHSRS yönteminde hasar hesaplama formülü **169**
Şekil 4. 49: HHSRS yönteminde kullanılan puanlama formu..... **170**
Şekil 4. 50: New York'ta uygulanan 7. dönem denetim haritası **172**
Şekil 4. 51: MWIS programının işleyişi **173**
Şekil 5. 1: Pencere sistemlerindeki bozulmaların teşhis, analiz ve müdahalesine yönelik hazırlanan karar destek modelinin işleyiş şeması. **180**
Şekil 5. 2: Pencere sistemlerindeki bozulmaların teşhis, analiz ve müdahalesi için hazırlanan karar destek modelinin aşamaları. **182**
Şekil 5. 3: Pencere sisteminin hiyerarşik sınıflandırılması..... **186**
Şekil 5. 4: Durum değerlendirme aşamasının adımları. **198**
Şekil 5. 5: Veri toplama adımında kullanılan excel tablosu. **199**
Şekil 5. 6: Durum analizinde kullanılan Excel tablolarındaki açılan seçim listesi örneği..... **200**
Şekil 5. 7: Durum analizi ve değerlendirmesinde kullanılan tablonun strüktürü. ... **202**
Şekil 5. 8: Olası müdahale alternatiflerinin belirlenme aşamasının adımları. **210**
Şekil 5. 9: Durum raporu ve envanterinin hazırlanması aşamasının adımları. **213**
Şekil 5. 10: Model raporunun strüktürü..... **213**

PENCERE SİSTEMLERİNDEKİ BOZULMALARIN TEŞHİS, ANALİZ VE MÜDAHALESİNE YÖNELİK KARAR DESTEK MODELİ

ÖZET

Yapıların işlevsel ve estetik açıdan vazgeçilmez elemanı olan pencere sistemlerinde çevresel etkilerden ve insan kaynaklı hatalardan dolayı bozulmalar görülmektedir. Pencerelerde oluşan bozulmalar sadece çerçeve ve saydam yüzeylerle sınırlı kalmayıp duvar boşluğu ile cephe üzerinde birçok yapı fiziği sorununa sebep olmaktadır. Bu bozulmalar doğrudan ya da dolaylı olarak binanın performansının ve malzemelerin yaşam ömrünün azalmasına, kullanım maliyetinin ve doğa tahribatlarının artmasına sebep olmaktadır. Bu sorunlar pencerenin ve yapının performansını, dayanımını ve estetik özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir.

Tezin amacı, kullanım sürecinde pencere sistemlerinde karşılaşılan bozulmalara zamanında doğru teşhis, analiz ve müdahale ile pencere sistemlerinin etkin kullanımını sağlayacak karar destek modeli geliştirmektir. Tez kapsamında, geliştirilen model için konut ve konut dışı kullanım amaçlı yapılarda kullanılan ahşap, PVC ve alüminyum pencere sistemleri incelenmiştir.

Pencerelerdeki bozulmaların teşhisi, analizi ve müdahalesi için önerilen karar destek modelinde durum değerlendirmesi, olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi, durum raporu ve envanterinin hazırlanması olarak 3 ana aşamadan oluşurken bu aşamalara veri sağlamak amacıyla destek veri tabanı oluşturulmuştur. Modelin 1. aşamasında pencerenin mevcut durumu değerlendirilmesiyle bozulma puanları belirlenir. 2. aşamada tespit edilen bozulmalara müdahale öncelik puanları verildikten sonra müdahale puanları hesaplanır. Müdahale puanlarına göre uygun müdahale alternatifleri belirlendikten sonra 3. aşamada pencerenin durum raporu ve envanteri hazırlanmaktadır. Modelin durum değerlendirme ve müdahale alternatiflerinin belirlenme aşamalarında oluşturulan destek veri tabanlarındaki bilgiler kullanılmaktadır.

Tez kapsamında geliştirilen karar destek model önerisi ile,

- Karar verici kişilerin, üreticilerin, tasarımcıların ve uygulayıcıların yenilemeye yönelik bilinçlendirilmesi,
- İç ortam koşullarının ve kullanıcı konforunun korunması,
- Cephelerde ve pencerelerde meydana gelen estetik ve fonksiyonel değer kayıplarının azaltılması,
- Diğer cephe bileşenlerinin maruz kalacağı olumsuz etkilerin azaltılması,
- Bilinçsiz ve hatalı yapılan bakım ve onarım işlemlerinden kaynaklı performans kayıplarının önlenmesi,

- Gereksiz iş yükü ve malzeme tüketiminin önlenmesi,
- Yerel ve ulusal kaynakların korunması,
- Yerel yönetimlerin enerji tasarruf hedeflerinde, yapıların enerji performansının değerlendirilmesinde etkili bir araç olması,
- Pencerelerin servis sürelerinden önce performans kayıplarını engelleyerek pencere değişimlerinin önüne geçilmesi hedeflenmektedir.

Pencerelerin etkin kullanımı ile pencere üretim ve değişim aşamalarında oluşan atıkların azaltılması, kullanılan malzeme, enerji ve insan gücü gibi kaynakların korunması amaçlanmaktadır.

Altı bölümden oluşan tez çalışmasında izlenen adımlar aşağıda özetlenmektedir;

İlk bölümde, problemin tanımı, tezin amacı, tezin kapsamı, tezin yöntemi, özgün değeri ve yaygın etkisi anlatılmıştır.

İkinci bölümde, pencere sistemlerinin görsel, ısı, hava, ses, mekanik, yangın, su ve nem performans özellikleri incelenmiştir. Pencere sistemlerinden beklenen performansa göre uygun bileşen ve birleşim alternatifleri ve kararları araştırılmıştır.

Üçüncü bölümde, bozulma mekanizması, pencerede bozulmalara sebep olan etkenler ve bozulma türleri, pencerelerde görülen bozulmaların tespitinde kullanılan tahribatsız teşhis yöntemleri ve pencerelere uygulanan müdahale işlemleri ele alınmıştır.

Dördüncü bölümde, tez modelinde kullanılacak yöntemler hakkında literatür araştırmaları yapılmıştır. Bakımın tanımı, gelişimi ve sınıflandırılması yapıldıktan sonra bozulma tahminlerinde kullanılan yöntemler araştırılmıştır. Mevcut durum değerlendirme ve bakım yöntemleri için kullanılan kılavuzlar, rehberler ve veri tabanları vb. araçlar incelenmiştir.

Beşinci bölümde, tez kapsamında geliştirilen "Pencere Sistemlerindeki Bozulmaların Teşhis, Analiz ve Müdahalesi İçin Karar Destek Modelinin" temel adımları anlatılmıştır. Model, İstanbul'daki bir eğitim binasında yer alan üç farklı çerçeve sistemi üzerinde uygulanmıştır.

Altıncı bölümde, tezde geliştirilen modelin uygulamasıyla ortaya çıkan sonuçlar, modelin faydaları açıklandıktan sonra yapılacak çalışmalara yönelik önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar kelime: Pencere, bozulma, karar destek modeli, teşhis, müdahale

DECISION SUPPORT MODEL FOR DIAGNOSIS, ANALYSIS AND INTERVENTION OF THE FAILURES IN WINDOW SYSTEMS

ABSTRACT

While window systems give room for requirements such as visual connection and ventilation between indoor and outdoor, they also provide the opposite functions such as heat preservation, solar control, sound insulation, air and water tightness. Deformations related to environmental factors and human errors are seen on window systems over time. The deterioration of the windows is not only limited to frames and glazing surfaces, but also cause many building physics problems on the wall space and facade. These problems significantly impact on the performance, strength and aesthetic properties of the building.

The purpose of the thesis is to develop a decision support model that will ensure the effective use of window systems with accurate diagnosis, analysis and intervention in time to the deformations in window systems during the usage process. Wooden, PVC and aluminum window systems used in residential and non-residential buildings were examined for the model developed within the scope of this thesis.

The decision support model suggested for diagnosing, analyzing and intervening to deformation in windows is composed of three main stages including the due diligence, determination of possible intervention alternatives and preparation of the status report and inventory and a support database has been created for providing data for these stages. In the first stage of the model, the deformation rating is determined by evaluating the current state of the window. At the second stage, the intervention rating is calculated after performing prioritization of the deformations detected. Status report and inventory of the window is prepared at the third stage once intervention alternatives suitable for the intervention rating are determined. The information in the support databases created is used in due diligence and intervention alternative determination stages of the model.

With the decision support model proposal developed under the thesis, it is aimed to

- Raise awareness of decision-makers, manufacturers, designers and practitioners for renewal,
- Maintain indoor conditions and user comfort,
- Reduce the aesthetic and functional losses in the facades and windows,

- Reduce the negative effects that other facade components will be exposed to,
- Prevent performance losses arising from improper and erroneous maintenance and repair operations,
- Prevent unnecessary workload and material consumption,
- Preserve local and national resources,
- Provide an effective tool in the energy saving targets of local administrations and in evaluating the energy performance of the buildings,
- Prevent window replacements by preventing the performance losses before the service periods of the windows.

With the effective use of windows, it is aimed to reduce waste generated during window production and replacement stages, and to avoid wasting resources such as materials used, energy and manpower.

The steps followed in the thesis study consisting of six parts are summarized below;

In the first part, the definition of the problem, the purpose of the thesis, the scope of the thesis, the method of thesis, its original value and its widespread effect were explained.

In the second part, visual, heat, air, sound, mechanical, fire, water and moisture performance properties of window systems were examined. Appropriate component and combination alternatives and decisions were investigated according to the performance expected from window systems.

In the third part, the mechanism of deformation, the factors that cause deformations in the window and the types of deformations, the non-destructive diagnostic methods used to detect the deformations seen in the windows and the intervention procedures applied to the windows were discussed.

In the fourth part, literature researches were made about the methods to be used in the thesis model. After the definition, development and classification of the care, the methods used in the estimation of deterioration were investigated. Guides, guidelines and databases etc. used for due diligence and maintenance methods. tools were examined.

In the fifth parts, the basic steps of "Decision Support Model for Diagnosis, Analysis and Intervention of The Failures in Window Systems" developed within the scope of the thesis were explained. The model was applied on three different frame systems in an educational building located in Istanbul.

In the sixth part, outcomes obtained upon application of the model developed in the thesis and suggestions on studies to be performed thereafter were made following explaining the benefits of the model.

Keywords: window, failure, decision support model, diagnosis, intervention

1. GİRİŞ

Yapı inşa edilmeye başladığı andan itibaren çevresel etkilere maruz kalarak eskimeye ve bozulmaya başlar. Bozulmaların en çok görüldüğü yapı elemanlarından biri de pencere sistemleridir. Pencere sistemlerinde oluşan bozulmalar sadece çerçeve ve saydam yüzeylerle sınırlı kalmayıp duvar boşluğu ile cephe üzerinde de birçok yapı fiziği sorununa sebep olmaktadır. Bozulmalar çevresel etkilerle birlikte zamanla oluşabileceği gibi tasarım ve uygulama aşamasında alınan yanlış kararlar, üretim hataları ve kullanım aşamasında gerekli bakımların yapılmaması gibi insan kaynaklı hatalardan da meydana gelebilmektedir. Bu hasarlar; yapının ısıtma-soğutma yükününün artmasına, kullanıcı konforunun azalmasına, yapının diğer bileşenlerine ait performansların olumsuz etkilenmesine ve cephede atmosferik kirlenmeye bağlı estetik değer kayıplarına neden olmaktadır. Eskiyen ve işlevini yerine getiremeyen pencereler tahmini servis sürelerinden önce kullanıcılar tarafından değiştirilmektedir. Pencere değişimleri ile dünyada pencere üretimi her geçen gün artmaktadır. Cremers (2016) kitabında Almanya'daki toplam pencere sayısı yaklaşık 595 milyon iken, 2013 yılında Almanya'da yeni ve mevcut binalarda kullanılmak üzere 13,1 milyon yeni pencere sistemi üretildiğini belirtmiştir. Pencere değişimlerinin yapılar üzerinde olumlu etkilerinden biri enerji korunumudur. Avasoo (2007) çalışmasında Avrupa'daki konut stokundaki pencereleri yenileyerek sağlanacak enerji tasarrufunun yılda 400TWh'den fazla olacağını belirtmiştir. Pencere değişimlerinin olumsuz yönleri de bulunmaktadır. Pencere değişimlerinde eski ve yeni elemanlar arasında uyum sorunu, yanlış tasarım kararları, uygulama hataları gibi etkiler pencere sisteminin yapıya sağlayacağı faydadan ziyade servis süresi boyunca binaya ek yükler ve sorunlar getirmesine sebep olmaktadır. Ayrıca yeni pencere üretimi için kullanılacak malzeme, enerji, işgücü ve oluşacak atıklar doğa üzerinde geri dönüşümü zor tahribatlara yol açacaktır.

Bu çalışmada mevcut pencere sistemlerinin durum analizleri ile performans durumları, servis süreleri ve strüktürel durumları belirli periyotlarla kontrol edilip küçük müdahalelerle servis süresinin uzatılması ve etkin kullanımı amaçlanmaktadır. Doğru

zamanda doğru müdahalelerle binanın enerji tüketiminin azaltılması ve kullanıcı konforunun sürekliliğinin sağlanması istenmektedir. Bu sayede gereksiz pencere üretimi azaltılarak hammadde, iş gücü, enerji tüketimi ve atık madde oluşumunun azaltılması ve çevreye verilen tahribatların önlenmesi hedeflenmektedir. Tezin ilk bölümünde problem tanımı, tezin amacı, kapsamı, yöntemi, özgün değeri ve yaygın etkisi tanımlanmaktadır. İkinci bölümde pencere sistemlerinin performans özellikleri ve bileşenleri incelenmiştir. Üçüncü bölümde pencere sistemlerinde görülen bozulmalar, bozulmaların sebepleri, bozulmaların tespitinde kullanılan teşhis yöntemleri ve bozulmalara uygulanan müdahale yöntemleri araştırılmıştır. Dördüncü bölümde mevcut durum değerlendirme ve bakım yöntemleri için kullanılan araçlar ve yöntemler incelenmiştir. Beşinci bölümde tez kapsamında geliştirilen karar destek modelinin temel adımları anlatıldıktan sonra model, ***ahşap, PVC ve alüminyum çerçeveli pencere sistemleri*** üzerinde uygulanmıştır. Altıncı bölümde tezde geliştirilen modele ve uygulamalara yönelik sonuçlar incelenip önerilerde bulunulmuştur.

1.1 Problemin Tanımı

Doğal çevre içerisine yapılan binaların değişen çevresel koşullara ve kullanıcı konforuna cevap verebilen ve öngörülen servis süresi boyunca kendinden beklenen tüm performansları kaybetmeden hizmet verecek şekilde tasarlanmaları gerekmektedir. Çevre koşulları düşünülerek tasarlanan binalarda bile zaman içerisinde meydana gelen bozulma ve eskime gibi sebeplerle performans kayıpları görülmektedir. Bu sorunlar her yapı elemanına göre farklılık göstermektedir. Tez kapsamında çevresel etkiye en çok maruz kalan pencere sistemleri incelenmiştir. Pencere sistemleri duvar yüzeyinde oluşturdukları boşluk ve bu boşluğu dolduran çerçeve olarak incelendiğinde birçok farklı yapısal bozulmalarla karşılaşılmaktadır. Bu bozulmalara bağlı olarak pencere sistemleri,

- Kendilerinden beklenen performansları öngörülen servis sürelerinden önce yerine getirememesi,
- Pencere sistemlerinde enerji kayıplarının yaşanması,
- Diğer pencere birleşenlerinde oluşacak sorunları hızlandırması,
- Pencere sistemindeki sorunların, duvar gövdesi, kaplama malzemesi ve yalıtım gibi diğer yapı bileşenlerini olumsuz etkilemesi,

- Beklenen performansı sağlayamayan pencere sistemlerinin değiştirilmesine bağlı olarak enerji, malzeme ve su gibi kaynakların gereksiz tüketimi,
- Kullanıcı konforu ve sağlığını olumsuz etkilemesi,
- Yapı kullanım maliyetinin artması,
- Doğaya verilen tahribatların artması vb. sorunlara sebep olmaktadır.

"Mevcut pencere sistemlerinde kullanım süreleri boyunca karşılaşılan bozulmalara doğru teşhis, analiz ve müdahaleler ile performans kayıplarını önleyerek servis süreleri uzatılabilir mi?" sorusuna, yapılan tez çalışmasında ve modelinde cevap aranmıştır.

Çalışmada sorulan alt sorular;

- Türkiye'de yerel ya da ulusal yönetim birimleri tarafından pencere sistemlerinin kullanım süreci boyunca;
    - Yapılması gereken bakım işlemlerinin niteliği ve zamanlaması konularında güncel bilgilendirici rehber, broşür ya da kitap gibi yayınlar mevcut mu?
    - Pencere sistemlerine yapılacak bakım planlaması için yetkili kişiler yetiştirilmiş mi?
    - Pencere sistemlerinde yapılan müdahaleleri denetleyen ve yapılan işlemleri kontrol eden bir birim var mı?
- Üretici firma;
    - Ürettiği pencere sistemlerinde uygulanacak bakım işlemlerinin niteliği ve zaman planlaması konusunda bilgilendirme yapıyor mu?
    - Ürettiği pencere bileşenlerinin çevresel etkilere bağlı tahmini servis sürelerini değişimi konusunda bilgilendirme yapabiliyor mu?
    - Pencere sistemlerinin tasarım, uygulama ve kullanım aşamalarında yapılması ve yapılmaması gerekenler konusunda bilgilendirme yapılıyor mu? (Detaylandırma, uygulama ve temizlik gibi konularda)

- Pencere sistemleri ya da bileşenleri için garanti veriliyor mu? Veriliyorsa tüm sistem bileşenleri için mi veriliyor ve garanti süresi ne kadardır?

- Tasarımcılar,
  - Yapıda kullandığı pencere sistem çeşidine göre yapılması gereken bakımlar konusunda bilgisi var mı? Varsa kullanıcıyı servis süresi boyunca uygulayacağı bakım ve onarımlar için bilgilendirme yapıyor mu?
  - Tasarımcı pencere seçimi yaparken pencerenin bulunduğu kat, baktığı yön ve kullanıldığı mekân gibi faktörleri göz önünde bulunduruyor mu?
- Kullanıcı,
  - Bakım ve onarım zamanlaması ve niteliği konusunda yardım alıyor mu?
  - Diğer mesken sahipleri ile ortak uygulamalar mı yapıyorlar yoksa onarımlar bireysel mi yapılıyor? vb. sorular bölümler içinde sorularak cevaplar aranmıştır.

1.2 Tezin Amacı

Yapıların işlevsel ve estetik açıdan vazgeçilmez elemanı olan pencere sistemlerinde kullanım süreci boyunca iç ve dış etkenlerden dolayı bozulmalar meydana gelmektedir. Bu bozulmalar doğrudan ya da dolaylı olarak binanın performansının ve malzemelerin yaşam ömrünün azalmasına, kullanım maliyetinin ve doğa tahribatlarının artmasına sebep olmaktadır. Çalışmanın amacı kullanım sürecinde pencere sistemlerinde karşılaşılan bozulmalara zamanında doğru teşhis, analiz ve müdahale ile pencere sistemlerinin etkin kullanımını sağlayacak karar destek modeli geliştirmektir.

Mevcut yapı stokunun iyileştirilmesine yönelik yapılan müdahaleler konusunda uluslararası çalışmalar incelendiğinde veritabanları, programlar ve yönetmeliklerle destekli uygulamalarla karşılaşılmaktadır. ABD ve Hong Kong gibi ülkelerde yerel ya da ulusal yönetmeliklere bağlı olarak cephe ve pencere onarımları için belirli dönemlerde uzmanlar tarafından denetimler yapılmaktadır. Uzman, cephe ve pencere

sistemlerindeki sorunları belirleyip kullanıcıyı bilgilendirmektedir. Kullanıcının yönetmeliklerin belirlediği süre zarfında gerekli bakım ve onarımları gerçekleştirip tekrar uzmandan uygun yazısı alması gereklidir. Bu süreç yerel ya da ulusal birimler tarafından konut bazında takip edilerek arşivlenmektedir. Gerekli uygulamaların kullanıcı tarafından yapılmaması durumunda yasal yaptırımlar uygulanır.

Yapı patolojisinin öneminin geliştiği ülkelerde, binalarda durum değerlendirmenin doğru ve hızlı yapılabilmesi için ülkeler kendi yönetmeliklerine uygun olacak şekilde programlar geliştirmişlerdir. Avrupa Birliği yönteminde EPIQR ve TOBUS programları, Belçika yönteminde Renofase programı, Portekiz yönteminde MAEC ve SCARBCC programları, Hollanda yönteminde NEN2767 programı ve İngiliz yönteminde HHSRS programı kullanılmaktadır.

Malzeme, teknoloji ve tekniklerin gelişmesiyle birlikte yapılarda meydana gelen hasar türleri de değişmektedir. Yapılan hatalar ve karşılaşılan kusurlardan elde edilen bulgulara dayalı olarak mimari, mühendislik, üretim ve teknoloji alanlarında uygulanmak üzere güncel ve güvenilir veri tabanları oluşturulmalıdır. Veritabanı konusunda BRE, LNEC, NUS ve CIB gibi önemli kuruluşlar ve üniversiteler çalışmalar yürütmektedirler.

Türkiye'de mevcut binalara ait cephe ve pencere sistemlerinin durum değerlendirmesi ve iyileştirilmesi için yerel/ulusal çalışmalar ile veri tabanları bulunmamaktadır. Bu çalışma ile pencere sistemleri için tasarım, uygulama ve kullanım aşamalarında oluşabilecek bozulma türlerinin ve derecelerinin doğru tespitlerinin yapılması ve tespit edilen bozulmalara karşı uygulanacak müdahale yöntemlerini içeren kontrol listeleri, veri tabanları ve rehber oluşturulması planlanmaktadır. Tez modelinin aşamaları;

- Model kapsamında pencere sistemlerine yönelik destek veri tabanlarının oluşturulması,
- Uzman ekibin pencere sistemindeki bozulmalara yönelik durum değerlendirmesi,
- Bozulmalara yönelik olası müdahalelerin belirlenmesi,
- Pencere durumuna ve envanterine ait raporun hazırlanması olarak dört aşamadan oluşmaktadır (Şekil 1.1).

Model ile hatalı bakım ve onarım masraflarının önlenmesi, malzeme ve enerji korunumu ile ülke ekonomisine katkı sağlanması ve kullanıcı konforunun korunması hedeflenmektedir.

Şekil 1. 1: Model önerisinin aşamaları.

1.3 Tezin Kapsamı

Tez kapsamında, pencere sistemlerinin etkin kullanımı amacıyla uygulanacak müdahalelerin seçimine yönelik model için konut ve konut dışı yapılarda kullanılan ahşap, PVC ve alüminyum pencere sistemleri incelenmiştir. Binanın formu, yüksekliği, pencerenin yönü gibi parametrelerin ve pencere sistemlerinde oluşan bozulmaların pencere sistemleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Araştırma sırasında güneş kırıcı elemanlar ve duvar kaplamaları kapsam dışı bırakılmıştır. İncelenen pencere sistemlerinin kanat hareketleri olarak yan dönel kanat, vasistas ve sabit camı içeren pencereler çalışma kapsamındadır. Şekil 1. 2'de tezin planı gösterilmiştir.

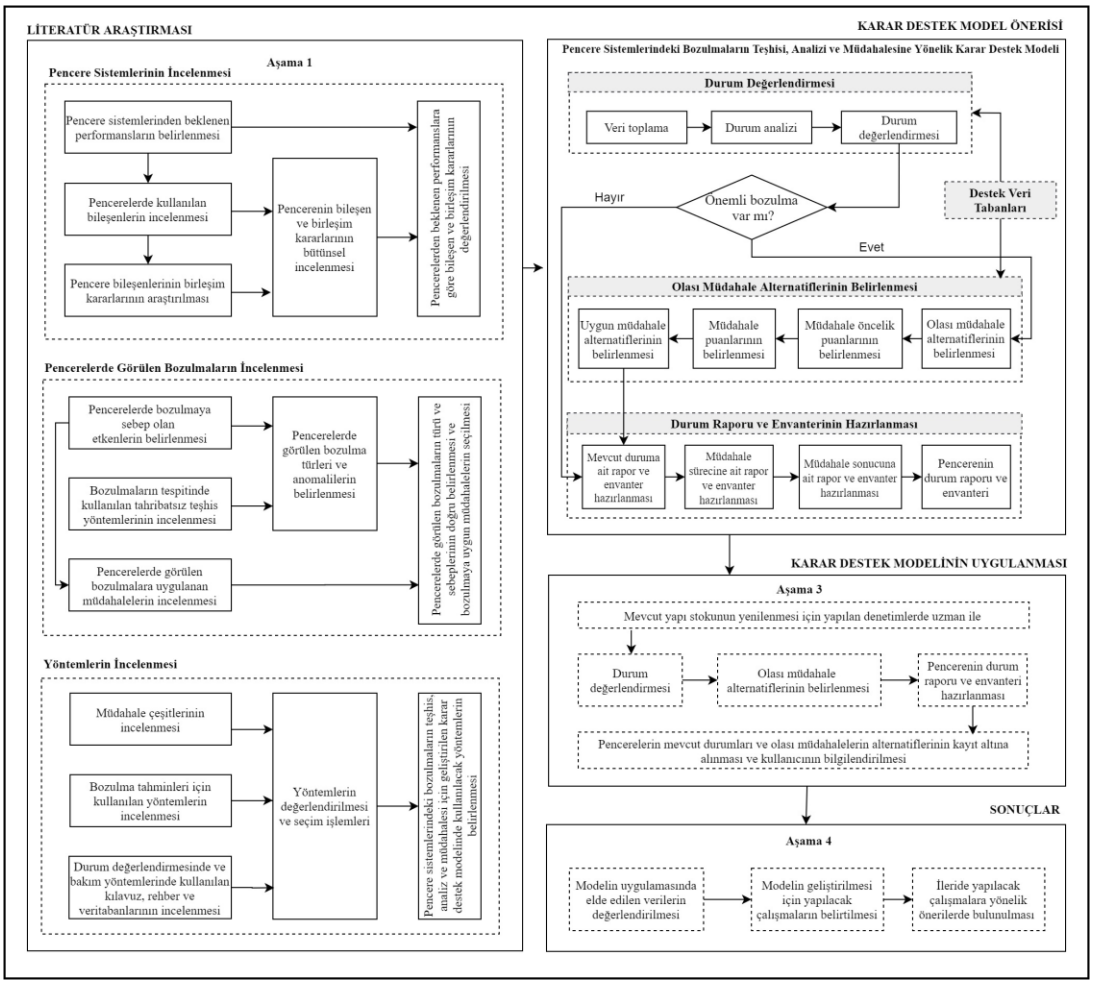
1.4 Tezin Yöntemi

Çalışmada izlenecek adımlar;

- Problemin belirlenmesi, yapılan çalışmanın amacı ve kapsamının belirtilmesi,
- Literatür çalışmalarının yapılması,
    - Literatür araştırmasında pencere sistemlerinde incelenecek konular,
        - Pencere sistemlerinden beklenen performansların belirlenmesi,
        - Pencerede kullanılan bileşenlerin incelenmesi,
        - Pencere bileşenlerinin birleşim kararlarının araştırılması,
    - Literatür araştırmasında pencerelerde görülen bozulmalarda incelenecek konular,
        - Pencerelerde bozulmaya sebep olan etkenlerin belirlenmesi,

        - Pencerelerde görülen bozulma türleri ve anomalilerin belirlenmesi,
        - Bozulmaların tespitinde kullanılan tahribatsız teşhis yöntemlerinin incelenmesi,
        - Pencerelerde görülen bozulmalara uygulanan müdahalelerin incelenmesi,
    - Literatür araştırmasında bozulmalara ve müdahalelere yönelik uygulanan yöntemlerde incelenecek konular,
        - Müdahale yöntemlerinin incelenmesi,
        - Bozulma tahminleri için kullanılan yöntemlerin incelenmesi,
        - Durum değerlendirme ve bakım yöntemlerinde kullanılan kılavuz, rehber ve veri tabanlarının incelenmesi,
- Model önerisinin oluşturulması,
    - Destek veri tabanlarının oluşturulması,
    - Pencere sistemlerinin durum değerlendirmesi,
        - Veri toplama,
        - Durum analizi,
        - Durum değerlendirmesi,
    - Olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi,
        - Olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi,
        - Müdahale öncelik puanlarının belirlenmesi,
        - Müdahale puanlarının belirlenmesi,
        - Uygun müdahale alternatiflerinin belirlenmesi
    - Durum raporu ve envanterinin hazırlanması,
        - Mevcut duruma ait rapor ve envanterin hazırlanması,
        - Müdahale sürecine ait rapor ve envanterin hazırlanması,
- Karar destek modelinin uygulanması,
    - Ahşap, PVC ve alüminyum pencerelerde modelin sınanması,

- Sonuç ve öneriler
    - Karar destek modelinin uygulama sonuçlarının sunulması,
    - Model çalışması sonucunda modelin geliştirilmesi için yapılacak çalışmaların belirtilmesi,
    - İleride yapılacak çalışmalara yönelik önerilerde bulunulması vb. adımlar izlenmiştir.



Şekil 1. 2: Tez planı.

1.5 Özgün Değer

Türkiye'de konutlarda kullanılacak pencere sistemlerinin seçiminde maliyet, estetik ve uygulama kolaylığı gibi kriterler önem kazanırken pencereyi etkileyen çevresel koşullar ve pencere sistemlerinden beklenen performansların geri planda kaldığı görülmektedir. Kullanım süresi içinde pencere sistemlerinde iç ve dış etkenlerden dolayı bozulmalar meydana gelerek doğrudan ya da dolaylı olarak binanın performansı ve malzemelerin yaşam ömrü azalmakta, kullanım maliyeti ve doğa tahribatları artmaktadır. Tez kapsamında geliştirilecek model önerisi ile kullanım sürecinde

pencere sistemlerinde oluşan bozulmaların ve performans kayıplarının değerlendirilmesi ve bozulmaların iyileştirilmesine yönelik müdahalelerin belirlenmesiyle kullanıcının bilinçlendirilmesi hedeflenmektedir. Ayrıca çalışmanın ABD, Almanya ve Hong Kong gibi ülkelerde cephe ve pencere sistemlerinde uygulanan bakım ve onarım yönetmeliklerinin, gelecek yıllarda Türkiye'de de uygulanması için yapılabilecekler konusunda öncülük yapması hedeflenmiştir.

1.6 Yaygın Etki

Tez kapsamında gerçekleştirilecek model önerisi ile pencere sistemlerinde kullanım aşamasında oluşacak bozulmaların türü ve derecelerinin tespiti ile üreticilerin, tasarımcıların ve uygulayıcıların bilinçlendirilmesi; yerel yönetimlerin enerji tasarruf hedeflerinde, yapıların enerji performansının değerlendirilmesinde etkili bir araç olması; pencere durum değerlendirmesinin doğru yapılabilmesi için kontrol listesi oluşturulması ve mevcut duruma göre yapılacak müdahalele stratejilerinin belirlenmesi öngörülmektedir. Model önerisi ile

- Cephelerde ve pencerelerde meydana gelen estetik ve fonksiyonel değer kayıplarının azaltılması,
- Bilinçsiz ve hatalı yapılan bakım ve onarım işlemlerinden kaynaklı performans kayıplarının önlenmesi ve kullanıcı konforunun arttırılması,
- Pencerelerin servis sürelerinde performans kayıplarının azaltılarak pencere sistemlerinin değiştirilmesinin önüne geçilmesi hedeflenmektedir.

Bu sayede oluşan atığın azaltılması ve yeni pencere üretimi aşamasında kullanılan malzeme, enerji ve insan gücü gibi kaynakların israfının önüne geçilmesi amaçlanmaktadır.

2. PENCERE SİSTEMLERİNİN PERFORMANS ÖZELLİKLERİ VE BİLEŞENLERİ

Bir yapıyı meydana getiren yapı elemanı, bileşen ve malzeme gibi çeşitli parçaların kullanım aşaması boyunca doğal ya da yapay etkiler altında kalırken kendi yapısal özellikleri ile dış etkilere karşı koymaya çalışır. Parçaların, kullanılışlarına ilişkin bu davranışlarına performans denilmektedir (Hasol, 2005). Bir başka deyişle binanın performansı, bina servis ömrü boyunca, kullanılmış olan malzemeler ve sistemlerle hedeflenen amaçlara hizmet etme kapasitesi olarak ifade edilmektedir (Sneck, 1973). Pencere sistemlerinden beklenen performansları belirleyen parametreler; kullanıcı konforu ve gereksinimleri, iç etkiler, dış etkiler, pencere kullanımından kaynaklanan etkiler, pencerenin bina üzerindeki etkisi, bina sistemi içinde oluşan etkilerdir (Şekil 2. 1). Yukarıda belirtilen parametrelere göre pencerelerden beklenen performans gereksinimleri belirlendikten sonra uygun bileşen ve malzemeler seçilerek birleşim detay alternatiflerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu bölümde pencere sistemlerinden beklenen performans gereksinimleri, pencere sistemlerini oluşturan bileşen alternatifleri ve birleşim kararları olmak üzere üç ana başlık altında incelemeler yapılmıştır.

2.1 Pencere Sistemlerinin Performans Özellikleri

Pencere sistemlerinin performanslarından beklenen; iç ile dış ortam arasında görsel etki, ısı konforu, nem düzeyi, havalandırma ve hava sızdırmazlığı, ses düzeyi gibi kullanıcı konfor koşullarını sağlayabilen belirli koruyucu ve düzenleyici fonksiyonlara sahip olmasıdır. Tez kapsamında incelenecek pencere performansları ve fonksiyonları;

- Görsel performans ile;
    - Kamaşmayı önlemeli,
    - Yeterli düzeyde aydınlık sağlamalı,
    - Güneş ışınlarının gereksinimlere göre yansıtma ve/veya geçirme sağlamalı,

    - Dış ortamla görsel ilişki kurmalı,
    - İç ortamda mahremiyeti sağlamalı,
- Isı performansı ile;
    - Isı geçişini engellemeli,
    - Isısal hareketleri sağlamalı,
    - Isı köprüsü oluşturmamalı,
    - Isı depolamamalı,
- Su ve nem performansı ile;
    - Yağmur sularına karşı geçirimsiz olmalı,
    - Yoğuşma oluşturmamalı,
    - Terleme oluşturmamalı,
- Hava performansı ile;
    - Havalandırmayı sağlamalı,
    - İç ortamı nemden korumalı,
    - Havadaki partiküllere, toz, böcek vb. karşı geçirimsiz olmalı,
- Mekanik dayanım performansı ile;
    - Sistemin kendi yük dağılımını sağlayarak kendini taşıyabilmeli,
    - Rüzgar yüküne karşı dayanımı olmalı,
    - Darbe etkisine karşı dayanımı olmalı,
    - Deprem yüküne karşı dayanımı olmalı,
    - Kimyasallara karşı dayanımı olmalı,
    - Biyolojik etkilere karşı dayanımı olmalı,
    - Mekanik aşınmaya karşı dayanımı olmalı,
    - Uzun ömürlü olmalı,
- Ses ile ilgili performans;
    - Hava kaynaklı sesi engellemeli,

- Ses yansıtıcı olmalı,
- Ses yutucu olmalı,

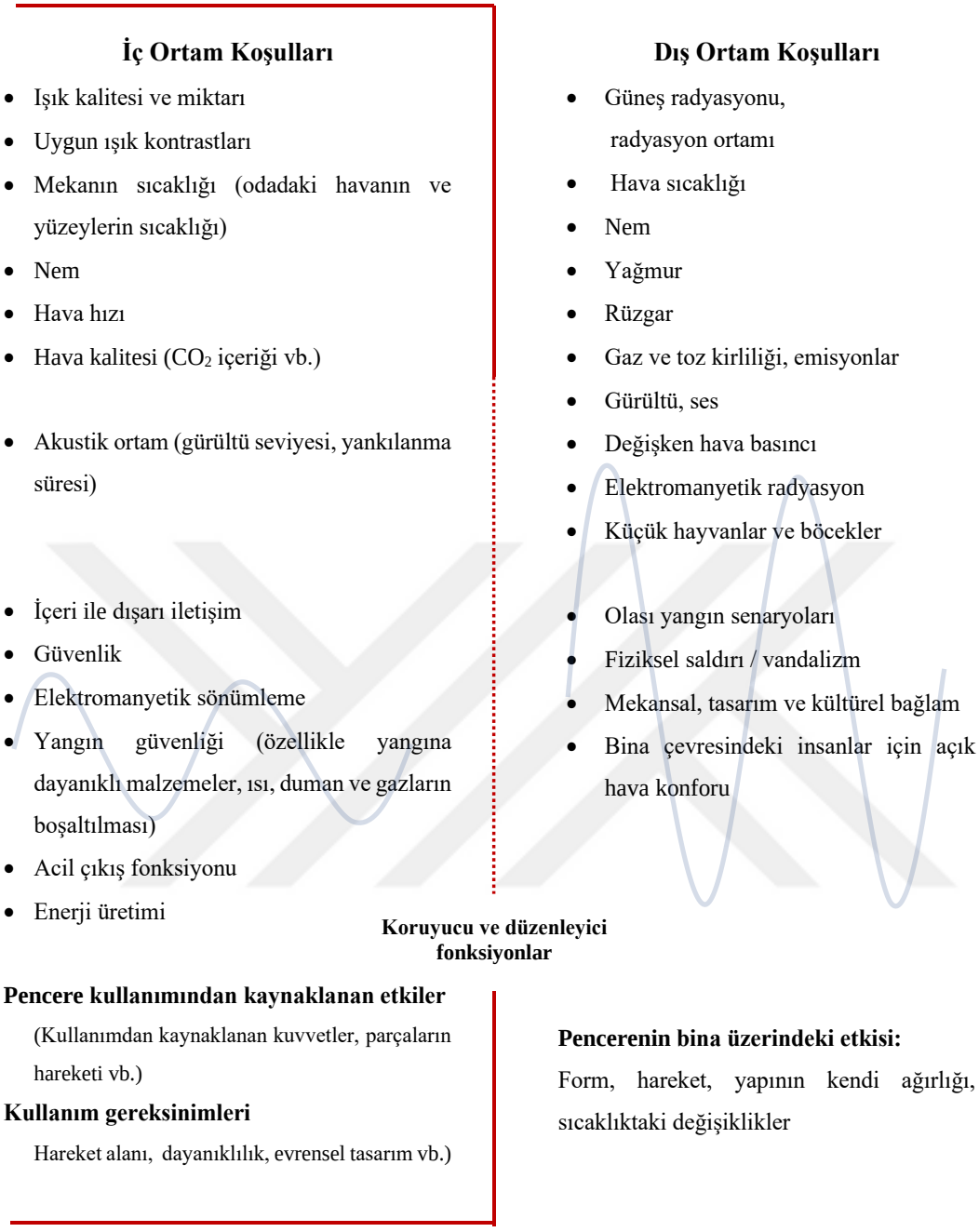
- Yangın ile ilgili performans;
  - Kolay yanmamalı ve alev almamalı,
  - Yanma esnasında zararlı gaz salınımı olmamalı,

Pencere performansları birbirleriyle bazı çakışmalar ve çelişkiler bulundurmaktadır. Örneğin mekân içinde doğal aydınlık istenirken kamaşma durumu oluşmamalı ve istenmeyen ısı kayıp ve kazançları yaşanmamalıdır. Tüm gereksinimleri ve koşulları insan konforu ve enerji tasarrufu açısından doğru değerlendirerek performans ağırlıkları belirlenmelidir.

2.1.1 Görsel performans

Pencere sistemleri kullanıcı konforu açısından mekân içerisinde günışığı kaynaklı kamaşma oluşturmadan uygun düzeyde aydınlatma sağlaması ve dış ortam ile görsel ilişki kurarken kullanıcı mahremiyetini koruması gibi karşıt fonksiyonları aynı anda sağlaması gerekir. Mekân içerisinde doğal aydınlatma, enerji tasarrufu ve kullanıcı sağlığı üzerinde önemli bir role sahiptir.

Yapılan tıbbi ve biyolojik araştırmalar, gün ışığının kullanıcının psikolojik ve hormonal yapısında görsel olmayan bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir (Veitch, 2005; Garnier vd., 2015). Deneysel çalışmalarda, insan bünyesinde bir gün boyunca iç periyodunu düzenleyen melatonin hormonun salgılama miktarı gün içinde maruz kaldığı gün ışığı düzeyi ve süresi ile bağlantılı olduğu görülmüştür. Gün içerisinde doğal aydınlatmanın olmadığı mekanlarda bulunan kullanıcıların "biyolojik karanlık" olarak bilinen performans ve verimlilik düşmesi görülmektedir (Leslie, 2003; Okutan, 2008). Yapılan başka bir çalışmada ofis çalışanları gün içerisinde gün ışığından faydalanmak ve dış ortam ile ilişki kurmak için bilgisayar monitörlerindeki parlama ve yansıma sorunlarına rağmen pencerelere daha yakın olmayı tercih ettikleri görülmüştür. Bunun sebebi biyofili hipotezinin insanların doğayla iç içe olma gereği hissinden dolayı olduğu belirtilmiştir (Menzies ve Wherrett, 2005).



Şekil 2. 1: Pencere sistemlerinden beklenen performansları belirleyen parametreler (Cremers, 2016).

Pencere sistemlerinin görsel performansında cam bileşeninin gün ışığı geçirgenlik değeri (VT) etkili olmaktadır. Gün ışığı geçirgenlik değeri ile mekanın aydınlık düzey arttırılabilirken kamaşmaya sebebiyet verilebileceğinden VT değeri seçiminde binanın konumu ve çevresi, iklimi, binanın formu, pencerenin baktığı yön vb. özellikleri dikkate alınmalıdır. Örneğin güneş ışınlarının yatık olarak geldiği ve bulutlu gün sayısının fazla olduğu kuzey bölgelerinde camların ışık geçirgenliğinin yüksek olması

gerekirken güney bölgelerinde kamaşmayı önlemek için camın ışık geçirgenliğinin düşük olması istenmektedir (Şenkal Sezer, 2005). Cam bileşeninde farklı gün ışığı geçirgenlik düzeyi elde edebilmek için farklı cam türlerinin üretimi ve/ veya farklı cam kaplamalarının kullanılması gerekmektedir.

Mekânlarda görsel konforun sağlanması amacıyla tasarım aşamasında mekânın her noktasında aydınlık düzeyinin aynı olması için mekâna doğrudan alınan güneş ışınımları zemin ve duvar yüzeylerinden yansıtılarak mekâna dengeli yayılmalıdır (Arasteh vd., 2000). Mekânın uygun düzeyde güneş ışınları ile aydınlatılmasıyla yapay aydınlatma ihtiyacının azalmasına bağlı enerji tasarrufu, kullanıcı veriminde artış ve yapı kaynaklı çevre sorunlarında azalma sağlanmaktadır.

2.1.2 Isı performansı

Pencere sistemlerinin ısı performansı iklim bölgesi fark etmeksizin tüm binalar için önemli bir konu ve sorundur. İnsan fizyolojisi hijyenik ve konforlu bir iç mekân iklimine ihtiyaç duyar ve alınan her ısı yalıtım önlemi, iç ortam sıcaklığı, akustik ve hava kalitesi gibi parametreleri etkilemektedir. Pencere sistemlerinin ısı yalıtımı strüktürel, fiziksel, ekolojik ve ekonomik olarak 4 ana fonksiyona sahiptir (Şekil 2. 2). Isı yalıtımının strüktürel fonksiyonları ile pencere sistemlerinde ısı difüzyonu, yoğuşma ve ısısal hareketlere bağlı kısıtlayıcı kuvvetlerin önlenmesi hedeflenmektedir. Fiziksel fonksiyonla birlikte iç mekandaki hava hızının azaltılması, küf oluşumunun engellenmesi, yüzey sıcaklığının dengelenmesi, mekânın aşırı ısınma ve soğumaya karşı korunması gereksinimlerini gerçekleştirirken ekolojik fonksiyonlarla enerji tüketiminin en aza indirilmesi, binanın fonksiyonel ve servis süresinin uzatılması sağlanmaktadır. Isı performansı ile sağlanacak ekonomik faydalar, ısıtma ve soğutma sistemlerinde kullanılan enerji miktarını ve havalandırma sistemlerine ait yatırım ve işletme maliyetlerini en aza indirme ve binanın servis süresinin uzatılması istenilmektedir (Cremers, 2016). Mekânın uygun sıcaklıklarda tutulabilmesi için pencere sistemlerinde kullanılan bileşenlerin ısı performansını etkileyen dört parametre bulunmaktadır. Bu parametreler;

- Cam (U_g) ve çerçeve (U_f) bileşenlerinin ısı iletkenlik katsayısı,
- Birleşim noktalarında hava sızdırmazlığı,
- Camın güneş ısı kazanç katsayısı (SHGC),
- Camın gün ışığı geçirgenlik değeridir.

Şekil 2. 2: Pencere sistemlerinin ısı performansının fonksiyonları (Cremers, 2016).

Isı iletkenlik katsayısı ($W/m^2.K$), pencere sisteminden iç ve dış ortam arasındaki sıcaklık farkının 1 kelvin olduğunda 1 saniyede sisteminin $1m^2$'sinden geçen ısı miktarını ifade etmektedir. Isı iletkenlik katsayısının düşük olması ısı performansının yüksek olmasını sağlamaktadır. Çerçeve sistemlerinde kullanılan malzeme ve detaylara bağlı olarak ısı iletkenlik değeri değişebilmektedir. Örneğin PVC çerçevelerde oda sayısına, ahşap çerçevelerde ahşap malzemesine ve profil kalınlığına ve alüminyum çerçevelerde iç ve dış profillerin arasındaki yalıtım profilinin özelliklerine göre ısı iletkenlik değeri değişir.

Camın orta noktasındaki ısı iletkenlik katsayısı camın türüne, cam tabaka sayısına, tabakalar arasındaki boşluk boyutuna ve tabakalar arasındaki dolgu gazının türüne bağlıyken camın kenar noktalarında cam tabakalar arasındaki çıtanın malzemesi de etkili olmaktadır (Mitchell vd., 2017). Ülkeler enerji korunumu üzerine yaptıkları çalışmalar sonucunda pencerelerin ısı iletkenlik katsayılarını ülkenin bulunduğu iklim koşullarındaki ısıtma ve soğutma gün derecesine göre düzenlemişlerdir. Tablo 2. 1'de ülkelerde uygulanan standartlara göre pencerelerin ısı iletkenlik değerleri verilmiştir. Türkiye'de dört farklı iklim bölgesi bulunmasına rağmen dört bölgede de aynı ısıl iletkenlik değerinin kullanımı uygun görülmüştür.

Kasa ile duvar, kasa ile kanat, kasa/kanat ile cam ve kasa ile denizlik arasındaki yalıtım malzemelerinin doğru yerleştirilmemesi ya da servis süresine bağlı olarak performans kayıplarının yaşanması ile hava sızıntıları görülmektedir. Bu duruma bağlı olarak

soğuk günler ısı kaybına ve sıcak günlerde ısı artışına sebep olacağından bozulan sızdırmazlık malzemelerinin değiştirilmesi gerekmektedir.

Tablo 2. 1: Ülkelerde kabul edilen standartlara göre pencerelerin ısı iletkenlik değerleri (URL-1).

Ülkeler		**HDD (°C)**	**CDD (°C)**	**Konutlarda**	**Konut dışı yapılarda**
Türkiye ***	1.Bölge	870	646	2,40	2,40
	2.Bölge	1937	44	2,40	2,40
	3.Bölge	2749	14	2,40	2,40
	4.Bölge	5155	0	2,40	2,40
Avusturya		3089	370	1,40	1,40
Danimarka		3238	104	1,40	1,40
İngiltere ve Galler		2938	60	2,00	1,50
Finlandiya		5380	101	1,00	1,00
Fransa	H1a (Paris)	2435	261	0,36	0,36
	H2(c) (Toulouse)	2045	527	0,36	0,36
	H3 (Marseilles)	1647	769	0,36	0,36
Almanya		3093	245	1,40	-
İrlanda		2999	9	1,60	2,20
Litvanya		4052	25	1,60	1,60
İspanya	Madrid (D3)	1862	871	3,50	3,50
	Barcelona/Bilboa (C2/C1)	1300	699	4,30	4,30
	Valencia (B3)	1181	1039	5,70	5,70
	Malaga (A)	794	1089	5,20	5,20
İsveç	3. Bölge	3851	102	1,30	0,60
	3. Bölge (Elektrik Isıtmalı)	3851	102	1,10	1,30
Hollanda		2795	127	1,40	1,40
ABD	Austin	951	1989	2,90*	2,90
	San Diego/Los Angeles	745	585	2,27*/2,67**	4,37
	San Francisco	1738	150	2,27*/2,67**	2,67
	Fresno	1669	1091	2,27*/2,67**	2,67
	Maryland (4.bölge)	2501	895	1,99	2,16
	Massachusetts	3241	514	1,99	1,99
	New York (4.bölge)	2575	706	1,99	2,27
	Oregon	2630	480	1,99	-
	Seattle	2652	196	1,93	1,73

HDD = Isıtma Gün-Derecesi CDD = Soğutma Gün-Derecesi
*Alçak katlı konutlar **Yüksek katlı yapılar, oteller vb. ***Şensoy vd. (2007)

Güneş ısı kazanç katsayısı (SHGC), doğrudan saydam yüzeyden geçen güneş enerjisi ve cam tarafından emildikten sonra iç ortama konveksiyon ve/veya radyasyon yoluyla geçen ısının toplamıdır (Ismail vd., 2009). Pencerenin güneş ısı kazancı katsayısı, camın geçirgenlik değerine, ışığı soğurma miktarına ve güneş ışınlarının cama geliş açısına vb. parametrelere bağlıdır. Güneşten edinilen ısı kazancının istenildiği mekânlarda SHGC değeri yüksek olan camlar kullanılması gerekirken ısı kazancının istenilmediği mekânlarda ise SHGC değeri düşük olan camlar seçilmelidir. (Yaşar vd., 2007).

Camın ışık geçirgenlik değerinin (VT) dolaylı olarak pencere sistemlerinin ve mekanın ısı performansı üzerinde etkisi bulunmaktadır. Düşük ışık geçirgenliğine sahip camlardan dolayı mekânda yeterli ışık düzeyi olmayacağından yapay aydınlatma ihtiyacı ortaya çıkacaktır. Bu nedenle kullanılan yapay aydınlatma ise mekanın sıcaklığını ve soğutma yükünü arttıracaktır.

2.1.3 Su ve nem performansı

Pencerenin iç ve dış yüzeyleri su ve nem etkilerine maruz kalmasıyla malzemenin ısı iletkenlik değerinin artmasına, bileşenlerde bozulma ve çürümelerin başlamasına sebep olduğundan su ve nem performansı önemlidir. Pencere sistemlerinde su ve nem etkileriyle oluşabilecek enerji kaybını ve bozulmaları azaltmak için, bina kabuğu şiddetli yağmurdan gelen suya, neme ve havaya karşı geçirimsiz olmalı, sıcaklık farkının oluştuğu bölgelerde yoğuşma önlenmeli, yoğuşma oluşursa su ve nem tahliye edilmeli ya da sistem içinde kurutulabilmelidir. Uygulamada yapıların içte kesintisiz olarak hava geçirimsiz olacak şekilde inşa edilmesi gerektiği anlamına gelir. Hava geçirimsiz kabuk sistemlerinde kullanıcı konforu, ısı kaybının azaltılması, kaliteli iç ortam hava koşullarının sağlanması, nemden koruması gibi çeşitli gereksinimleri karşılayacak havalandırma stratejileri uygulanmalıdır (Cremers, 2016).

Neme karşı dayanıklılıkta pencere bileşenlerinin gaz geçirimsizliği ve nemi emme kabiliyeti gibi yapısal özellikleri önemlidir. Su buharı difüzyon direnci, bir malzemenin su buharı difüzyonunu ne ölçüde engellediğini ölçer. Bir malzemenin kalınlığı ve su buharı difüzyon direncinin $s_d = \mu \cdot d$'si, şekil olarak, su buharı difüzyon eşdeğeri hava kalınlığı tabakası olarak tanımlanır. Su buharı difüzyon direncine malzemeler aşağıdaki gibi üç sınıfa ayrılır (Cremers, 2016).

- $S_d \leq 0.5$ buhar geçirgen
- $0.5 < S_d < 1{,}500$ buhar önleyici
- $S_d \geq 1{,}500$ buhar geçirmeyen

Pencere sistemlerinde nem performansını sağlanabilmesi için bileşenlerde ve sistemde alınacak önlemler;

- Pencere sistemlerinin iç yüzey sıcaklıklarının iç ortamdaki havanın yoğuşma sıcaklığının üzerinde tutulması için çerçevede kullanılan malzemelerin ısı iletkenlik değerlerinin düşük olması,

- Pencere sistemlerinde yoğuşma ile oluşan suyun sistem üzerinde bozulmalara sebep olmadan tahliye edilmesi,
- Buhar geçirimsiz malzemeler tercih edilmesi gibi önlemler alınmalıdır.

Pencere sistemlerinde su performansını sağlanabilmesi için bileşenlerde ve sistemde alınacak önlemler;

- Kritik bölgelere suyun gelmesini önlemek;
    - Duvar ve pencere yüzeyine gelen ilk su miktarını belirleyen ve azaltan saçaklar ve konsol çıkmaların yapılması,
    - Çerçevenin duvar ile birleşim noktasına suyun girişini azaltmak için çerçeve, duvar yüzeyinin iç ya da orta bölümüne yerleştirilmesi,
    - Suyun kasa ile duvar arasındaki girişini engellemek için dişli duvar ya da söve uygulamalarının yapılması,
- Suyun yapı elemanı üzerinde tutunmasını engellemek;
    - Dişsiz duvarlarda yapılan pencerelerin su etkisini azaltmak için lento seviyesinde metal profiller ve/veya damlalık yapılması,
    - Çerçevelerde su ile temas eden yüzeylerin meyilli yapılması,
    - Pencerede yağmurluk, denizlik, damlalık gibi suyu uzaklaştırıcı bileşenlerin yapılması,
- Suyun pencere sistemlerindeki birleşim noktalarından girişini engellemek;
    - Kasanın duvar ve denizlik arasındaki boşlukların derz hareketlerine izin veren dolgularla kapatılması,
    - Kasa ve kanat birleşim detayında iki ya da üç bini yapılması,
    - Kanatların birleşim noktalarında pervaz yapılması,
    - Pencere bileşenlerinin bileşim noktalarında su sızdırmazlığını sağlayan fitillerin kullanılması,
    - Kasa ile denizlik birleşim noktasında suyun girişini önleyecek özel detayların uygulanması,
- Yapı elemanının içine giren suyun kontrollü olarak toplanıp atılması;

- Rüzgârın etkisiyle itilen yağmur suları ahşap kasa ile kanat arasındaki birleşim noktalarından girerlerse kasa ile kanat arasında bulunan iç oluklar vasıtasıyla buğu tablasında toplanması,
- İç oluklarda toplanan su, çerçeve malzemesine göre kasada en az iki tane metal boru ya da tahliye kanalı detayı uygulanarak suyun tahliyesinin yapılması gereklidir.

2.1.4 Hava performansı

Pencerenin hava performansı ile pencerenin açık olma durumunda mekânın etkin havalandırması sağlanırken kapalı olma durumda ise sistemin hava geçirimsiz olması istenilmektedir. Pencere sistemlerinde havalandırma ile mekandaki oksijen oranının artması, karbondioksit oranının azalması, yapı malzemelerinde oluşan buharın tahliye edilmesi, pişirme faaliyeti gibi mekânın işlevlerinden kaynaklanan kokunun ve yanma gazının uzaklaştırılması gibi hava kalitesinin iyileştirilmesi pasif olarak sağlanır. Havalandırma ve sızdırmazlık performanslarının her ikisi de rüzgâr hızına ve iç ortam ile dış ortam arasındaki sıcaklık farkına bağlıdır. Pencerenin havalandırma performansını, binanın kentsel konumu, pencerenin yapıdaki konumu, kullanıldığı mekânın özellikleri, pencere boyutları gibi parametreler belirlemektedir.

Hava sızdırmazlığı literatürde 50 Pa'lık basınç farkında bina kabuğunun 1 m^2'lik yüzey alanından 1 saatte dış ortama sızan veya dış ortamdan binaya nüfuz eden hava hacmi olarak tanımlanmaktadır (Cüce, 2017). Pencere sistemlerinin hava sızdırmazlık performansının yetersiz olması durumunda ısıtma ve soğutma yüklerinin artmasına, akustik performansta azalma, mekân içerisinde uygun olmayan hava hızı ve su sızıntıları gibi sorunlara sebep olmaktadır (Van Den Bossche vd., 2012).

Pencere sistemlerinde hava sızıntıları, kasa ile duvar, kasa/kanat ile kanat, kasa/kanat ile cam ve kasa ile denizlik arasındaki bileşimlerde görülmektedir. Birleşim noktalarında uygun poliüretan, kendinden genişleyen dolgu malzemeleri ve/veya conta, fitil gibi sızdırmazlık malzemeler kullanılmalıdır.

Derzlerde kullanılan sızdırmazlık malzemelerinin kullanıldıkları derz boyutları aynı bile olsa yalıtım malzemelerine bağlı hava akış hızında değişiklik görülmektedir. Örneğin, mineral yününü doğru uygulandığında hava sızdırmazlık değeri 50 Pa'da yaklaşık 1,5 m^3/h.m iken hatalı uygulamalarda bu değer 5 m^3/h.m olmaktadır. Derz dolgu fitilleri doğru uygulandığında çok iyi seviyede hava geçirmezliği sağlayabilirler.

Derz dolgu fitillerinde hava sızıntısı 50 Pa'da 1 m^3/h.m 'nin altında olmalıdır. Açık hücreli sızdırmazlık malzemeleri ve kendi kendine genişleyen bantlarda genellikle düşük hava sızdırmazlık performansı gösterirler. Bantlar ve membranlar 50 Pa'da 0 ila 0.31 m^3/h arasında daha fazla hava geçirmez, aynı zamanda yanlış kurulumlara karşı da hassastır. Poliüretan köpük ve dolgu macunları, doğru bir şekilde monte edildiğinde hava geçirimsizlik sağlarlar (Van Den Bossche vd., 2012).

2.1.5 Ses performansı

Binaların dış ortamdaki gürültülere karşı ses yalıtımının en zayıf alanı pencere sistemleridir. Pencerelerdeki ses performansı ile dış ortamdaki seslerin iç mekana geçişini engellemek ya da azaltmak için ses yutucu ya da ses yalıtımlı bileşenler kullanılmalıdır.

Pencere sistemlerinde ses performansını sağlanabilmesi için olması gereken özellikler (Alptekin, 1995; Cremers, 2016);

- Cam malzemenin ses yalıtımına uygun kalınlık ve yoğunluğa sahip olması,
- Cam ve çerçeve bileşenlerinin çevresel koşullara uygun detay özelliklerine sahip olması (cam türü, kaplama türü, tabaka sayısı, tabakalar arası mesafe, ara dolgu gazı, bini sayısı vb.),
- Çerçeve malzemenin kolay titreşmeyecek malzemelerden üretilmesi ve detaylandırılması (çerçeve kalınlığı ve oda sayısının arttırılması, yalıtımların kullanılması vb.),
- Çerçeve ile duvar arasında boşlukların hava yoluyla ses geçişine imkan vermeyecek yalıtım malzemeleri ile doldurulması,
- Kasa, kanat ve cam bileşenlerinin birleşim noktalarında ses ve ısı yalıtımı için elastik fitillerin kullanılması,
- Pencere sisteminin ses ve hava sızdırmazlığı için bağlantı bileşenlerinin yapısal özellikleri ve sayısı çevresel etkileri karşılayacak düzeyde olmalıdır.

2.1.6 Yangın performansı

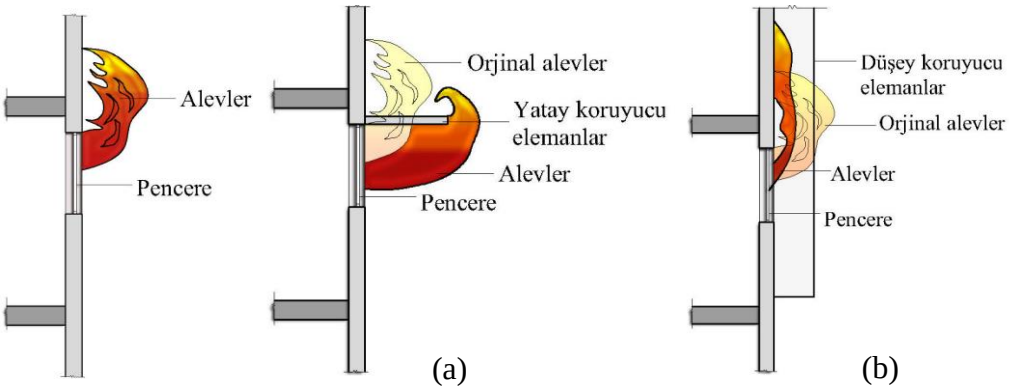
Pencere sistemleri yangından korunma konusunda cephelerde önemli bir role sahiptir. Doğru malzeme ve detay ile tasarlanan pencereler ısı ve duman tahliye edilmesine, duman ve ısı ekstraktörü için hava giriş noktası ve olası acil çıkışlar olarak işlev görebilmektedir (Cremers, 2016). Doğru tasarlanmayan pencere sistemleri yangının

yayılmasını hızlandırırken zehirli gaz salınımı ve camların kırılması gibi sonuçlara bağlı yaralanmalar görülmektedir. Pencere sistemlerinde cam ve çerçeve bileşenlerinde seçilen malzeme ve cephede alınan ek tedbirlerle yangında insanların güvenli bir şekilde tahliyeleri için gerekli zaman kazandırılır.

Yangın esnasında ısı etkisi ile mekan içinde oluşan ısı dalgalarının cam yüzeyinde termal basınçlar oluşturarak camın kırılmasına sebep olmaktadır. Camların kırılması sırasında meydana gelen yaralanma gibi sorunlara karşı alınacak önlemler (Calvin, 2003; İplikçi, 2006);

- Kırılma anında yaralanmaya sebep olacak dağılma davranışı göstermeyen telli camlar gibi camların tercih edilmesi,
- Küçük yüzey alanlarına sahip pencerelerin kullanılması, (küçük yüzeylere sahip camlar kırıldıklarında çerçeveye bağlı kalmalarından dolayı),
- Camların termal basınca karşı dayanımlarının arttırılması için termal genişleme katsayısı düşük camların tercih edilmesi,
- Tercih edilen çift cam kaplama sistemlerinin yangın esnasında termal farklılıklarını olabildiğince düşürebilecek özellikte olmaları gereklidir.

Yangına dayanımı olmayan ve kırılan camlardan alevler dış duvar yüzeyinden üst kata ulaşma eğilimi göstermektedirler ve çoğunlukla üst kata ulaşarak yangının yayılım hızı artmaktadır. Yangının yayılımını azaltmak için pencere boyutları ve cephede kullanılan yatay ve düşey elemanlar dikkatlice seçilmelidir. Pencere boyutlarının yangının yayılmasındaki etkileri için yapılan testlerde büyük boyutlu pencerelerin olduğu mekanlarda, küçük boyutlu pencerelerin olduğu mekanlardakine göre, daha fazla malzemenin tutuştuğu için pencere dışındaki alevlerin yüksekliği ve sıcaklığı azalmakta ve bu sebeple ısı akışı düşerek yangın yayılımı yavaşlamaktadır. Cephelerde kullanılan yatay eleman sayesinde alevler cepheden uzaklaşmakta ve ısının ani düşüş yaşamasıyla alevlerin etkisi azalarak yayılım önemli ölçüde engellenmektedir (Şekil 2. 3-a). Cephelerde kullanılan balkon ve güneş kırıcı elemanlar yangın koruyucu görev üstlenmektedirler. Cephelerde kullanılan düşey elemanlar yangının yataydaki yayılımını azalttığı için alevlerin daha çok yukarıya doğru yönelmesine ve ısının geri beslemesine neden olmaktadır (Şekil 2. 3-b), (URL-2; İplikçi, 2006). Pencere sistemlerinde kullanılan malzemelerin yangını geciktirmesi, yanma esnasında zehirli gaz yaymaması gibi yapısal özellikleri yangın performansı açısından önemlidir.



Şekil 2. 3: Pencere ve cephe tasarımına göre değişen yangın davranışları (URL-2; İplikçi, 2006).

Çerçeve sistemlerinde seçilen malzeme alternatiflerine göre yangın davranışları aşağıda sıralanmıştır (Fitzgerald, 2002; URL-3; İplikçi, 2006).

- Ahşap çerçeve sistemler hafif ve sert olmak üzere iki grupta incelenmektedir. Hafif ve sert ahşap çerçevelerin yangın anında kömürleşme hızları 0,5 mm/dakikadır. Yalıtımsız camlarla kullanılan hafif ahşap çerçevelerin yangın dayanımı genellikle 30 dakika iken sert ahşap çerçevelerin yangın dayanımı genellikle 60 dakikadır. Yalıtımlı camlarla hafif ahşap çerçeve kullanıldığında yangın dayanımı 60 dakikaya çıkarken sert ahşabın yangın dayanımı 90 dakikaya çıkmaktadır. Ahşap çerçeveler uygun yalıtım detayları ile uygulandıklarında duman geçirimsiz özelliktedirler.
- Alüminyum çerçevelerin erime sıcaklıklarının düşük olmasından dolayı yangın dayanımı en fazla 30 dakikadır. Yangın performanslarının arttırılması için genellikle metal veya mineral/alçı kaplamalar uygulanmalıdır.
- PVC pencere sistemleri plastik esaslı olmasından dolayı yüksek sıcaklık artışlarına ve yangın yayılımını engellemeye engelleyici davranış gösteremeyip yanarlar. PVC'nin yangın davranışı, kimyasal bileşenleri, kullanılan katkı maddeleri, kömürleşme hızı, biçim ve boyutu gibi etkenlere bağlıdır. Yanma esnasında karbondioksit, benzen, hidrojen siyanür vb. zehirli gaz salınımları yapmaktadır.

2.1.7 Mekanik performansı

Pencere sistemlerinin mekanik dayanım performansı ile öncelikle kendi yükünü tespit elemanları ile yapı sistemine dengeli aktardıktan sonra çevresel etkiler ve kullanıcı davranışlarıyla oluşan yüklere karşı dayanım göstermesi istenilmektedir. Pencerelerin

mekanik dayanım performansı ile rüzgar yüküne, darbe etkisine, deprem yüküne karşı direnç göstermelidir. Bu etkilerle oluşan yükleri sönümleyecek bağlantıların yapılması ve bileşenlerin seçilmesi önemlidir. Kimyasal, biyolojik ve mekanik etkilere dayanımı olması ve belirli periyotlarda yapılacak bakımlarla pencere sistemlerinin servis sürelerinin etkin kullanılması sağlanmalıdır.

2.2 Pencere Sistemlerini Oluşturan Bileşenler

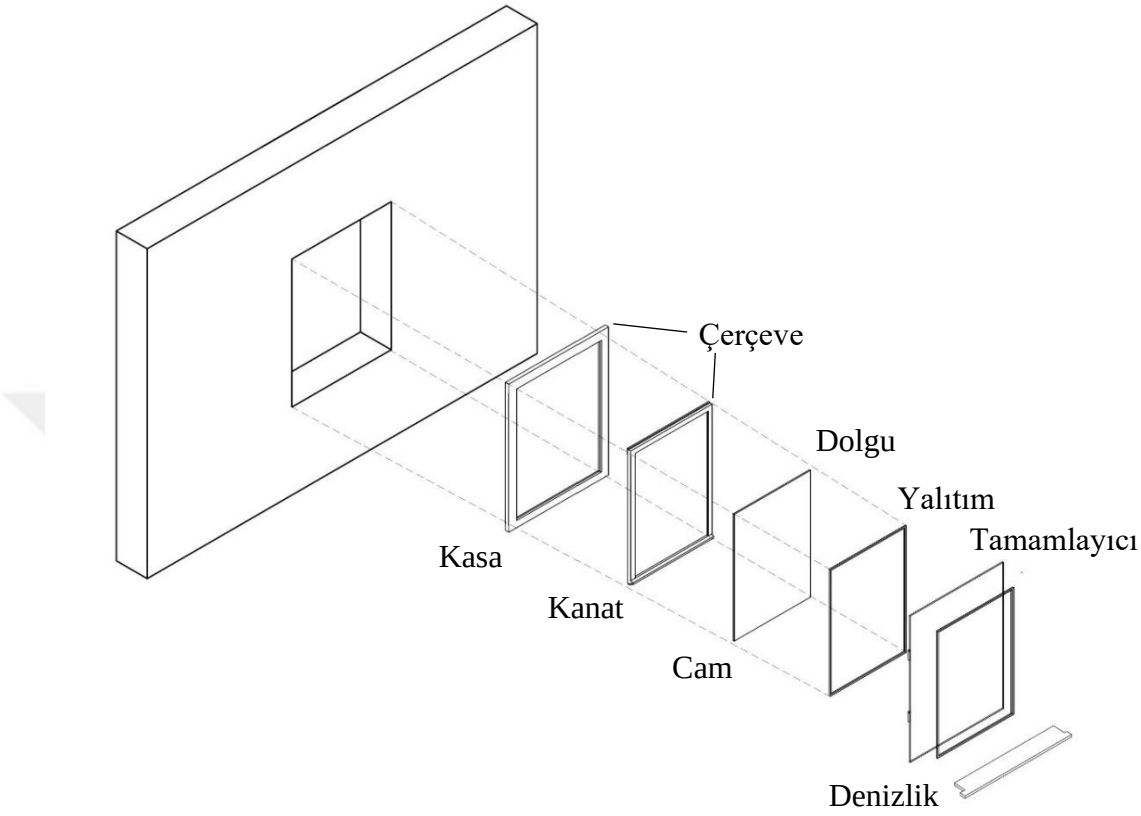
Pencere sistemlerinden beklenen performansların sağlanmasında bileşenlerde kullanılan malzeme ve detay alternatifleri önemli bir role sahiptir. Bu bölümde pencere sistemlerini oluşturan bileşenler çerçeve, cam, yalıtım ve tamamlayıcı bileşenler olarak dört ana bölümde incelendikten sonra çerçeve ve duvar birleşimi, kasa ve kanat birleşimi, kasa/kanat ve cam birleşimi ve kasa ve denizlik birleşimleri kararları araştırılmıştır.

2.2.1 Pencere bileşenleri

Pencere sistemleri enerji verimliliği, kullanıcı konforu, çevresel etkileri ile yapıların en önemli elemanıdır. Pencere sistemlerinden istenen performansları gerçekleştirebilmek için uygun bileşen alternatiflerinin seçilmesi önemlidir. Van Den Bossche ve arkadaşlarının (2015) pencerenin toplam ısı iletkenlik katsayısının azaltılması üzerine yaptığı çalışmada ahşap, PVC ve alüminyum pencerelerde kullanılan bileşen alternatiflerininoluşturduğu farklı kombinasyonlarla %56 oranında ısı kaybında azalma sağlandığı görülmüştür.

Tez kapsamında pencere bileşenleri; çerçeve bileşeni, dolgu bileşeni, yalıtım bileşeni, tamamlayıcı bileşenler ve denizlik bileşeni olarak 5 bölüme ayrılmıştır (Şekil 2. 4). Tez kapsamında denizlik bileşeni kapsam dışı tutulduğu için incelenmemiştir. Pencere sistemlerinde çerçeve bileşenleri kasa, kanat ve cam tespit bileşeni olarak üç alt gruba ayırırken dolgu bileşeni olarak cam bileşeni ise cam tabakası, kaplama yüzeyi, tabakalar arası çıta ve cam dolgu malzemesi olarak dört bölüme ayrılmıştır. Yalıtım bileşenleri hareket derz dolguları, su yalıtımı, hava sızdırmazlık malzemesi, ses yalıtımı ve derz dolgu kapatıcı (mastik, silikon) gibi sızdırmazlık bileşenlerinin pencerelerdeki kullanıldıkları birleşim noktalarında ve bileşenlerde incelenmiştir. Tamamlayıcı bileşenler tespit elemanları, açma kapama mekanizması ve estetik açıdan tamamlayıcı bileşenler olarak üç alt gruba ayrılmıştır. Tespit elemanları olarak tespit

vidası, çiviler, tespit profilleri, yapıştırıcılar vb. bileşenler sayılabilir. Açma kapama mekanizması içinde ispanyolet, açma kapama kolu, menteşe ve karşılıklar vb. bileşenleri içerir. Estetik açıdan tamamlayıcı bileşenler pervazlar, estetik açıdan kullanılan çıtalar, söve vb. bileşenler sayılabilir.



Şekil 2. 4: Pencere sistemini oluşturan bileşenler.

2.2.1.1 Çerçeve bileşeni

Çerçeve bileşenleri pencere sistemlerinin taşıyıcı bileşeni olması, duvar ile bağlantıyı sağlaması, havalandırma için açılması, cam bileşenin taşınması gibi görevlerinden dolayı pencerenin önemli bileşenidir. Çerçeve pencere sistemlerinin karakteristik özelliğini ve servis süresini belirlemektedir.

Geliştirilmiş çerçeve ve cam bileşenlerinin ısı iletkenlik katsayıları incelemelerinde en yüksek yalıtımlı çerçeveler (~0.6–0.8 $W/m^2 K$) hala en yüksek yalıtımlı camı (~0.3–0.5 $W/m^2 K$) kadar iyi performans göstermediği görülmektedir. (Gustavsen vd., 2011). Çerçeve bileşenlerinde ısı köprüsü ve ısı kayıplarının fazla görüldüğü için uygun fitil ve conta ile ısı performansı desteklenmelidir. Çerçeve bileşenleri olarak; ahşap, çelik, vinil, kompozit ve fiberglas çerçeveler incelenmiştir.

Ahşap çerçeve:

Ahşap, doğal, sıcak, kolay işlenebilirliği, estetik gibi sebeplerle yüzyıllardır çerçevelerde kullanılan yegâne malzeme olmuştur. Ahşabın önemli bir özelliği de bünyesinde CO_2 depolamasıyla iyi fiziksel ve yapısal özelliklerle birlikte uygun bir çevre dengesine sahip olmasıdır. 500 kg ağırlığındaki bir metreküp ahşap, fotosentez yoluyla yaklaşık 1,83 kat fazla CO_2 yakalar. Ahşabın büyümesi sırasında kullandığı CO_2 miktarı, yaşam döngüsünün sonunda yakılarak enerji üretmek için kullanılabilir. Genç ve büyüyen bir ağaç, eski bir ağaçtan daha fazla CO_2 yakaladığı için sürdürülebilir ormancılık, iklim korumasına önemli bir katkı sağlar. Bir yapı malzemesi olarak ahşabı kullanmak, karbon tutmayı arttırır ve sera etkisini azaltır (Cremers, 2016). Ahşap çerçevelerin eskiden masif kullanımı yaygınken günümüzde yapısal özellikleri geliştirilmiş lamine ahşap çerçeveler daha çok tercih edilmektedir (Şekil 2. 5).

Ahşap çerçeveleri çevresel etkenlerden koruyabilmek için çeşitli işlemler yapılmaktadır. Astarlama ile ahşap rengini değiştiren mantarlara karşı koruma sağlanırken emprenye işlemi ile neme bağlı çürüme önlenebilir (Krippner ve Musso, 2008). Çerçeve bileşenlerini korumak için, malzemenin belirli bir miktardaki nemi emmesini ve serbest bırakmasını sağlayan boya ve vernik tabakaları uygulanmaktadır. Kaplamalar, çerçeveyi UV ışınları, biyolojik bozulma, nem, kirlenme ve lekelenme gibi etkilere karşı korumaktadır. Kaplamaların yenilenmesi için altı ile sekiz yıl arasında süreye ihtiyaç vardır. Bu süreler büyük ölçüde ağacın yapısına, kaplamanın türüne, rengine, yapılan işin kalitesine ve dolu, fırtına gibi hava etkisi gibi etkenlere bağlıdır (Cremers, 2016). Ahşap çerçevelerde kullanılacak ahşabın çalışması nem etkisi altında az ve çekme kat sayısı 0.30'un altında olmalıdır (İzgi, 1983).

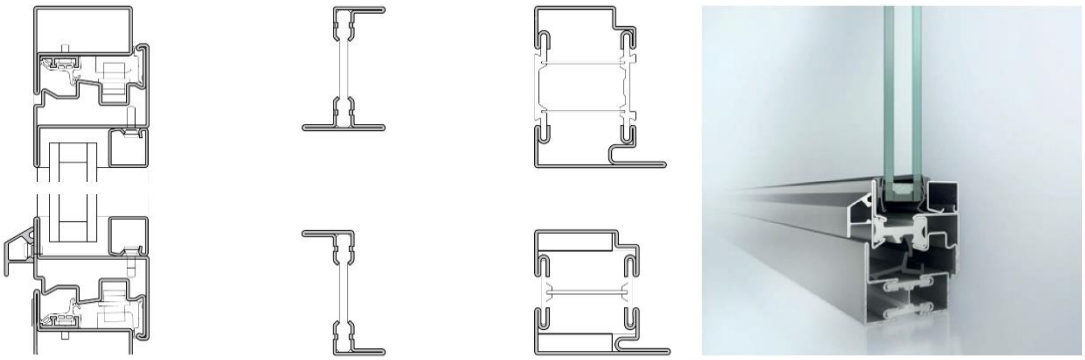
Ahşap çerçevenin avantajları ısı iletkenliğinin az olması, dokunulduğunda sıcak ve soğuk hissi vermemesi, kolay işlenebilmesi, çivi, vida ve tutkal gibi malzemelerle kolayca birleştirilebilmesi, çarpma esnasında az gürültü çıkarması, özgül ağırlığının düşük olmasına rağmen direncinin yüksek olmasıdır. Dezavantajları ise sık bakım gerektirmesi ve bakımların aksaması durumunda çatlama, çürüme, ısı iletkenliğinin artmasına bağlı ısı kayıpları gibi sorunlar yaşanmaktadır. Diğer çerçevelere göre onarımla servis süresi uzatılabilmektedir.

Şekil 2. 5: Ahşap çerçeve sistemleri (URL-4).

Metal çerçeveler:

Metal çerçeveler endüstri devriminden sonra kullanılmaya başlanılmıştır. En çok kullanılan metal çerçeveler çelik ve alüminyum çerçevelerdir. Metal çerçevelerin avantajı profil boyutlarında diğer çerçeveler gibi standart ölçülerle sınırlı olmayıp istenilen ölçülerde üretim yapılabilmesidir. Metal çerçevelerin ısı iletkenlerinin yüksek olmasından dolayı ek tedbirlerin alınması gerekmektedir.

Çelik çerçeve: Çelik genellikle 19. yüzyılda endüstriyel ve konut dışı binalardaki pencere sistemlerinde en çok tercih edilen çerçeve malzemesi olmuştur. Üretim aşamasında döküm, sıcak çekme, soğuk çekme ve preste bükme olarak dört şekilde profiller üretilmektedir (İzgi, 1983). Endüstriyel binalarda uzun yıllar basit çelik çerçeveler kullanıldıktan sonra mevcut ısı yalıtım standartlarını karşılayan termal olarak ayrılmış metal çerçeveler üretilip kullanılmaya başlanılmıştır (Şekil 2. 6).

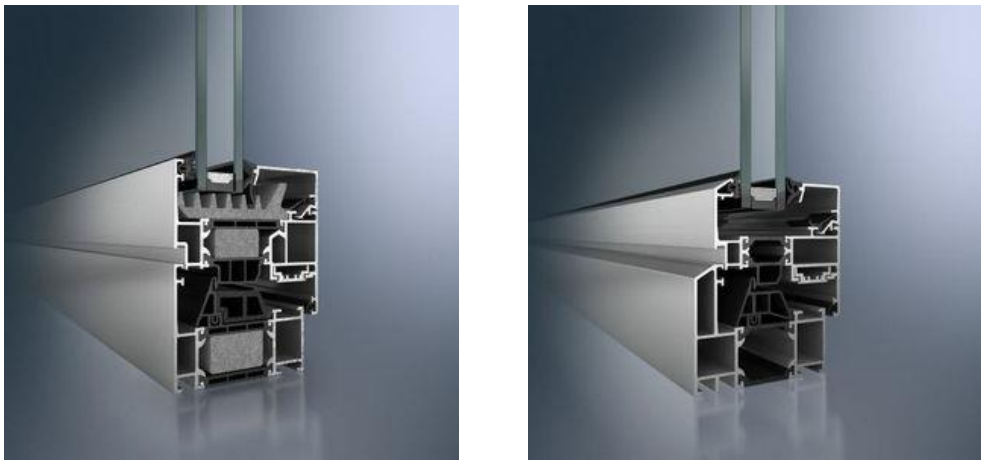


Şekil 2. 6: Metal çerçeve sistemleri (Cremers, 2016).

Çelik çerçeveler diğer çerçeve malzemelere kıyasla daha pahalı ve karmaşık detaylı olmalarına rağmen yangından daha fazla koruma sağlar. Çelik pencere çerçeveleri genellikle korozyona karşı korunmaları gereken haddelenmiş çelikten yapılır. Kaplamasız paslanmaz çelik çerçeveler tamamen geri dönüştürülebilir (Cremers, 2016). Profillerinin diğer çerçevelere göre daha ince kesitlerde yüksek mukavemet

sağlamasıyla geniş açıklıklar geçebilmesi estetik açıdan da önemlidir. Metal çerçevelerin diğer avantajları uzun ömürlü olması ve servis süresi boyunca bakım gereksiniminin az olmasıdır.

Alüminyum çerçeve: Demir, bronz ve bakır gibi diğer metallerle karşılaştırıldığında, alüminyum daha geç kullanılmaya başlandığı görülmektedir (Şekil 2. 7). Bunun önemli nedenlerinden biri alüminyumun hammaddesi olan boksitten saf alüminyum yapmak için büyük miktarda enerji kullanılmasıdır. Bir kilo ham alüminyum yapmak için 12 ila 18 kWh enerji gerekir. Dünyanın tüm elektrik enerjisinin%1'inden fazlası şu anda alüminyum üretmek için kullanılmaktadır. Alüminyumun geri dönüşümde daha az enerjiye ihtiyaç duyması sebebiyle, sektör şu anda %95 civarında çok yüksek bir geri dönüşüm oranına sahiptir. Alüminyum yüzeyin doğal oksit kaplaması belirli bir dereceye kadar koruyabilmesi ve kimyasal etkiler sonucunda lekelerin oluşması sebebiyle eloksal (anodik oksidasyon) veya elektrostatik toz boya işlemleri ile korunur. Eloksal işlem uygulanmış çerçeveler harç, çimento, alçı gibi malzeme ile temas ettirilmemeli yoksa alkalin reaksiyonları sebebiyle renklerde bozulma meydana gelir. Bu yüzeylerde meydana gelen mekanik bozulmaların onarımı zordur. Çerçeveler asitler ve alkali gibi temizlik malzemeleri ile temizlenmesi kaplamaya zarar verir. Geniş pencerelerde kullanılacak uzun profillerin üretimlerinde gerek duyulduğunda ekstra çelik takviye kullanılmalıdır (Cremers, 2016). Alüminyum çerçeveler ısı etkisiyle uzama ve kısalma değişimleri dikkate alınarak detaylandırma yapılmazsa çerçevede oluşan bozulmalarla birlikte cam bileşeninde de çatlamalar meydana gelebilir (Krippner ve Musso, 2008).



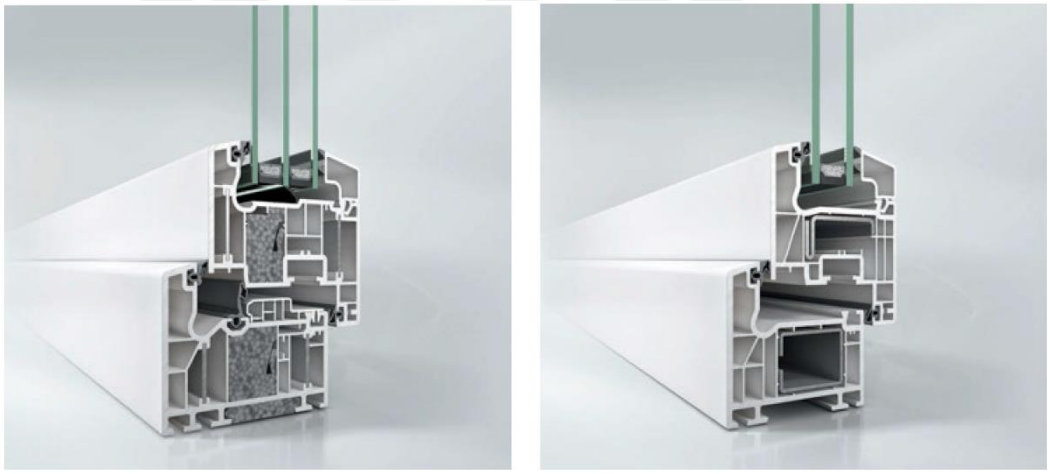
Şekil 2. 7: Alüminyum çerçeve sistemleri (URL 2.5).

Alüminyum çerçevelerin avantajları; hammadde kaynağının fazla olması, şekillendirme kolaylığı, geri dönüşüm oranın yüksek olması, atmosferik etkilerle

koruyucu bir yüzey oluşturması, düşük bakım ihtiyacı gerektirmesi, diğer çerçevelere göre daha esnek profil boyutlarında üretilmesidir. Alüminyum çerçevelerin dezavantajları ise ısı iletkenlik katsayısının yüksek olmasından dolayı termal yalıtım gerektirmesi, işleme sırasında yüzey lekelerinin oluşması, ısı farklarına bağlı uzamaların yaşanması, birincil üretimde çok fazla enerji kullanılması, alüminyumun üretimi sırasında kırmızı çamur gibi zararlı bileşenlere sebep olmasıdır.

PVC (Poli vinil klorür) çerçeve:

PVC, diğer adıyla "vinil" petrol (veya doğalgaz) ile tuzdan petrokimya tesislerinde üretilen bir polimer türüdür. Bu polimer, çeşitli katkı maddeleri ile harmanlandıktan sonra yüksek sıcaklıklarda şekillendirilerek PVC profiller üretilmektedir. PVC kapı, pencere sistemleri 1980'li yıllarda Türkiye'ye kullanılmaya başlanmış ve sağladığı avantajlar sayesinde hızlı bir gelişim sağlamıştır (Akgür, 2004). PVC çerçeve sistemleri düşük ısı iletkenliğinin yanı sıra 3, 4, 5, ve 6 vb. odacıklı yapı sayesinde ısı yalıtımı yüksektir (Şekil 2. 8).



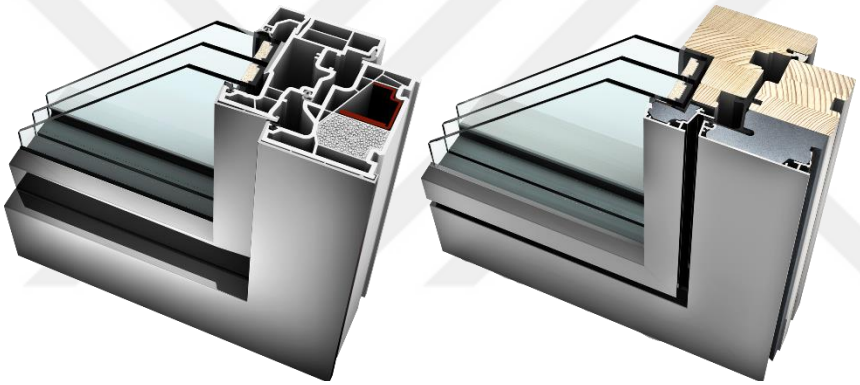
Şekil 2. 8: PVC çerçeve sistemleri (Cremers, 2016).

PVC çerçeveler çoğunlukla beyaz renkli üretildiği gibi tercihe göre renkli üretimlerde yapılabilmektedir. Renkli yüzeyli çerçeveler daha fazla ısı emmesiyle daha fazla genleşir, bu nedenle üreticiler genellikle sınırlı boyutlarda renkli elemanlar sunarlar. Günümüzde akrilik boyalı renklendirilen çerçevelerde zamanla renk solması vb. bozulmalar görülmektedir. PVC çerçevelerin yüzey kaplamalarında ahşap etkisi için plastik folyolar kullanılmaktadır (Cremers, 2016). PVC çerçeveler sıcaklık değişimiyle meydana gelen ısısal hareketlere karşı zayıf dayanım göstermelerinden dolayı çerçeve içerisinde galvanize çelik veya alüminyumdan yapılan destek sacı kullanılmaktadır (Mills ve Lemaitre, 1996; Karakurt, 2008).

PVC çerçevelerin sağladığı avantajlar; kolay işlenip şekillendirilmesi, ısı yalıtım değerlerinin yüksek olması, ısı geçirgenlik katsayısının düşük olması, darbe ve aşınmaya karşı dayanıklı olması, dış etkenlere, gazlara, neme, yağışlara ve ışığa karşı dayanıklı olması, yangına karşı dayanıklı olması, bakım maliyetlerinin az olması, hafif ve uzun ömürlü olması söylenebilir. Dezavantajları ise UV ışınlarından etkilenmesi, ısısal genleşmesinin fazla olması, yangın sırasında zararlı gaz yayması, doğada geri dönüşümün çok uzun yıllar alması ve bu sırada havaya, suya ve toprağa zararlı salınımlarda bulunması gösterilebilir (Güneş, 2010).

Kompozit çerçeve:

Kompozit çerçevelerde ahşap-alüminyum, ahşap-PVC, PVC-alüminyum gibi farklı malzemelerin, avantajları ve dezavantajları düşünülerek bir arada kullanılmasıyla daha iyi performans gösteren çerçeve sistemleri oluşturulmaktadır (Şekil 2. 9).



Şekil 2. 9: Kompozit çerçeve sistemleri (URL 2.7).

Ahşap gövdeli alüminyum pencereler, yaklaşık %7 ile en büyük genel pazar payına sahiptir. Bu kompozit pencerelerde alüminyum kısım dış hava koşullarına karşı koruma sağlamasıyla çerçevedeki bakım işlemleri ve maliyetleri azalmaktadır. Ahşap gövde ise çerçevenin taşıyıcılık fonksiyonu gerçekleştirirken iç ortamda ısı yalıtımlı yüzey oluşturmaktadır. Bu kompozit çerçeve sistemi ses yalıtımı üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir (Cremers, 2016). İki malzemenin de ısıl genleşme katsayısı farklı olduğundan bağlantı noktalarının genleşmeye izin verecek plastik veya metal parçalarla kayar bağlantılı olmalıdır. Çerçeve içerisinde yoğuşmanın oluşmaması için gerekli durumlarda çerçevelerde poliüretan köpük gibi ısı yalıtım malzemeleri kullanılmaktadır (Krippner ve Musso, 2008). Ahşap ile PVC kompozit çerçevelerde ahşap taşıyıcı iç tarafta tasarlanırken dış etkilere karşı dayanıklı PVC dış ortamda tasarlanmaktadır. PVC ile alüminyum kompozit çerçevelerde PVC iç tarafta olurken dış tarafta alüminyum olacak şekilde detaylandırılır.

Cam elyaf takviyeli polyester çerçeve (Fiberglas çerçeve, glass fiber reinforced plastics-GFRP):

Cam elyaf takviyeli polyster çerçeveler, özellikle polyester veya poliüretan alanlarındaki gelişmelerle diğer çerçeve malzemeleri ile yarışabilecek düzeye çıkmaya başlamıştır. Yüksek mukavemete sahip fiberleri basınca dayanıklı, çeliğe benzer mekanik özelliklere sahip çok güçlü çerçeveler üretir. Bunların 0.25 ila 0.35 W/m.K (cam elyafın oranına bağlı olarak) seviyelerindeki iletkenliği, sıradan PVC çerçevelerinkinden biraz daha yüksektir (Cremers, 2016). Diğer çerçevelerle kıyaslandığında; Fiberglas çerçeve, PVC'den sekiz kat ve ahşaptan üç buçuk kat daha güçlüdür. Bu da GFRP çerçevelerinin ilave takviye gerektirmeden daha ince profillerin üretilebileceği anlamına gelmektedir. Düşük ısı iletkenliği ile pencere çerçeveleri üzerinde yoğuşma ve küflenme riskini azaltır. Ayrıca, fiberglas çerçeveler nem emmemesi, UV ışınlarına karşı dayanımı ve pahalı bakım gerektirmemesi, termal genleşmesi camınkine yakın olmasından dolayı fitillerde hava ve su sızıntı riski azalmaktadır (Appelfeld vd., 2010).

2.2.1.2 Dolgu bileşeni

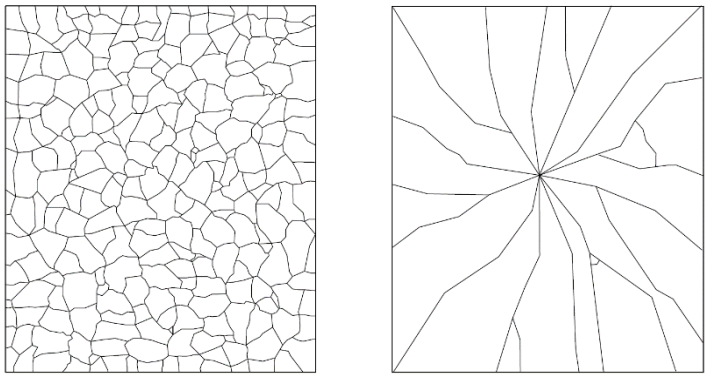
Pencere sistemlerinde kullanıcı konforu açısından mekânın uygun düzeyde aydınlatılmasını ve dış ortam ile görsel ilişki kurulmasını sağlamak için pencere boşluklarında kullanılan dolgu malzemelerine dolgu bileşeni denir. Pencere sistemlerinde dolgu bileşenler en büyük alana sahip olmalarından dolayı enerji verimliliği ve kullanıcı konforu açısından önemli role sahiptir. Tez kapsamında dolgu bileşeni olarak cam malzemesi incelenmiştir. Yüksek sıcaklıkta yüksek viskozite yapıya sahip olan cam bileşeni, normal sıcaklıkta kristalleşmeden katılaşan katı cisimlerin mekanik özellikleri yanında sıvı cisimlerin özelliklerini de gösteren inorganik yapılı silikat sistemidir (Eriç, 2002). Cam tamamen mineral bir malzeme olduğundan yanıcı özelliği yoktur ve yaklaşık 560°'nın üzerinde yumuşamaya başladığından belirlenmiş bir erime noktasına da sahip değildir. Camın alkali çözeltilere ve asitlere karşı dayanımı bulunurken polikarbonat (PC), polimetil metakrilat (PMMA) veya Etilen tetrafloroetilen (ETFE) gibi dolgu malzemesi olarak kullanılan şeffaf plastik malzemelere göre cam daha iyi mukavemet göstermektedir (Cremers, 2016).

Camın optik özellikleri; cam türü ve kalınlığı, tabaka sayısı, tabakalar arası mesafe, tekstürü, ara dolgu gazı, yüzeyine uygulanan kaplama malzemesi vb. parametrelere

bağlıdır. Camın optik özellikleriyle güneş ışınımının geliş açısının (θ) değiştirilmesi, istenen dalga boylarındaki ışınımın geçirilmesi, istenmeyen dalga boylarındaki ışınımın yansıtılması gibi özelliklere sahip olabilir (Ayçam ve Utkutuğ, 1999). Pencere sistemlerinde kullanılan cam türleri;

- **Basit cam (float)**, cam eriyiğinin erimiş kalay üzerinde yüzdürülmesiyle üretilmekte ve saydamlığı sayesinde yüksek ışık geçirgenliğine sahiptir. Bu özelliği ile sıcak günlerde mekânın daha fazla ısınmasına sebep olurken soğuk günlerde güneşten daha fazla faydalanmayı sağlar. Basit camlar günümüzde daha çok işlem görerek kaplamalı ve hava tabakalı camlarda kullanılmaktadır.
- **Renkli camlar**; cam eriğine metal oksitlerin (Fe_2O_3, NiO vb.) eklenmesiyle camın kimyasal özelliğinin değiştirilmesi yoluyla elde edilir ve kullanılan metalin çeşidine bağlı olarak çeşitli renklerde olabilirler (Yurttakal, 2007). Renkli camlar, güneş kontrol etkinliği ve/veya cam boyutları arttıkça yüzeydeki gerilmenin artmasından dolayı temperlenerek kullanılması gerekmektedir. Cama metal oksit ilaveleriyle geniş renk yelpazesi elde edilir. Buna karşılık ışık geçirgenliği azalır; 4mm'lik yeşil camda T-değeri 0.78 (beyaz camda 0.92) ve g-değeri 0.67 (beyaz camda 0.90)'dır (Compagno, 2000).
- **Temperlenmiş camlar,** camın termal ve mekanik dayanımının artırılması amacıyla yaklaşık 650°C'de ısıtma fırınından çıkan camın sıcaklığı ani soğutma ile 350°C'ye düşürülerek, soğutma tüneline alınır ve nihai olarak 50-70°C seviyelerinde temperleme işlemi tamamlanmış olur (URL-5). Hızlı soğutulma esnasında camın çekirdeği viskoz yapıda kalır daha sonra soğutma sırasında daralır. Bu özel ısıl işlem, iç kısımda gerilme stresi ve camı sertleştiren yüzey üzerinde basınç stresi oluşturarak float camdan daha fazla ısıya dayanıklı, elastik ve sıcaklık değişikliklerine karşı daha az duyarlı hale getirir. Kırılma sırasında gerilimde depolanan enerji açığa çıkar ve cam aniden yaralanma riski oluşturmayan 1 cm^2'den küçük parçalara ayrılır (Cremers, 2016), (Şekil 2. 10-a).
- **Tavlanmış camlar,** DIN EN1863'te belirtildiği gibi temperlenmiş camlara göre daha yavaş soğutulmasıyla malzeme içindeki gerilim daha azdır ve kırılma esnasında daha büyük parçalara ayrılır (Şekil 2. 10-b). Tavlama

işleminden dolayı sert ve tavlanmış cam daha sonra zımparalanamaz, topraklanamaz, kesilemez veya delinemez (Cremers, 2016).

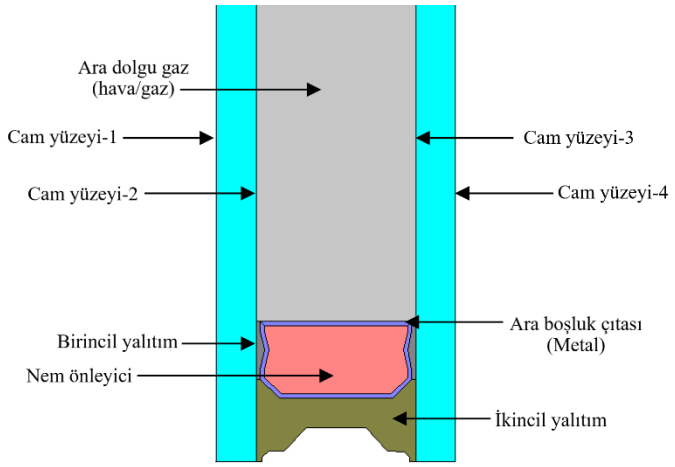


(a) (b)

Şekil 2. 10: (a) Temperlenmiş ve (b) tavlanmış camların kırılma davranışı (Cremers, 2016).

- **Kimyasal olarak güçlendirilmiş cam,** float camların sıcak erimiş tuzlara daldırılması işlemi ile üretilen camlar işlem sırasında yüzeyde basınç gerginliği oluştururken camın kenarlarını sertleştirir. EN 12337'de tanımlandığı gibi kimyasal olarak güçlendirilmiş cam, termal ve mekanik yüklere karşı oldukça dirençliyken kırılma davranışı açısından float cam ile aynıdır. Bu camların bükme dayanımı 200 N/m^2'dir. Sertleştirilmiş ve tavlanmış camlardan farklı olarak, kimyasal olarak güçlendirilmiş cam kesilebilir ancak kesik kenarı sadece float cam kadar güçlüdür (Cremers, 2016).
- **Lamine güvenlik camı**, cam tabakalarının arasına yerleştirilen polivinil butiral (PVB) malzemenin yüksek sıcaklık ve basınç altında eritilip cam yüzeylere yapışması ile oluşturulur. Elastomerik PVB ara tabaka ile camın ısı, ses yalıtımı sağlamaya, güneş ısısı kazancına ve ultraviyole ışınları soğurmaya yardımcı olur. Kırılma esnasında ara tabaka sayesinde cam parçalarının dağılmasını engeller (Dural ve Aşık, 2017).
- **Lamine cam,** lamine güvenlik camının yapısına benzer cam tabakalar arasında PVB folyoları yerine 1 ila 4 mm kalınlığında reçine veya etilen vinil asetat (EVA) folyoları kullanılmaktadır. Lamine camlar, güvenlik gereksinimini karşılayamazlar ama kullanılan döküm reçinesinin bileşimi özel frekans aralıklarına uyarlanabilir bu sayede ses yalıtımı sağlanır. Döküm reçinesi, UV ışığı altında sertleşen tek veya çok bileşenli bir malzemedir (Cremers, 2016).

- **Yalıtım camı,** en az iki cam tabaka ve arasında ara boşluk çıtası, nem önleyici ve dolgu gazı bulunan ve cam tabakalarının çevresi hava geçirimsiz olacak şekilde yalıtımlarla kapatılmış cam sistemidir (Şekil 2. 11). Paneller arasındaki boşluk, ısı veya ses yalıtımını iyileştirmek için kurutulmuş hava veya soygaz içermektedir.



Şekil 2. 11: Yalıtımlı cam bölümleri (Mitchell vd., 2017).

Flotal camların yapısal özelliklerini iyileştirmek için hat üstünde sert kaplamalar ya da üretim sonrasında yumuşak kaplamalar uygulanmaktadır (Demircan vd., 2018). Kaplamaların türüne ve yapısına bağlı olarak kaplamalar cam tabakalarının dış düzeyine, iç yüzeyine veya bölmeler arasında boşluğa uygulanabilir. Pencere camlarında kullanılan kaplama çeşitleri;

- **Pirolitik kaplama** (Sert kaplama-Pyrolytic coating), float cam üretimi sırasında sıcak cam yüzeyine bir metal oksidin uygulanmasıyla oksit, pirolitik reaksiyona bağlı olarak cam ile kuvvetli bir şekilde bağlanmaktadır. Kaplama sayesinde cam güneşi daha iyi yansıtarak güneş korumasını sağlanır. Bu kaplamaların yüzey dayanıklılığı, işlenmemiş bir cam yüzeyine yakındır (Cremers, 2016).
- **Katot püskürtme** (Yumuşak Kaplama-Cathode sputtering), cam bir vakum haznesine konulur, burada yüzeye bir dizi metal katot yüzeyinden iyonlar ile iyonize gaz püskürtülür. Metalin atomları buharlaşır ve ardından camın yüzeyinde ince bir film tabakası halinde bir katman oluşturur (URL-6). Bu tür kaplamalar, float cam yüzeyleri veya sert kaplamalar kadar dayanıklı olmadığı için kaplamalarda korozyon veya mekanik bozulmaları önlemek için tabakalar arasındaki boşluğa bakan yüzeyde olmalıdır (Cremers, 2016).

- **Sol-jel işlemi,** sıcak camın metal banyosuna daldırıldığı bir kimyasal kaplama işlemidir. Bileşikler cam yüzeye yapışır ve pirolize edilir (ısı kullanılarak) ve ilgili oksitlere dönüştürülür. Bu sayede düşük yansıma seviyesine sahip güneş koruma camları üretilir (Cremers, 2016).
- **Reflektif kaplamalar** güneş kontrolü sağlamada oldukça etkilidir. Güneş ışınımını yansıtma katsayısı yüksek, geçirgenlik katsayısı düşüktür. Bu kaplamalar hem flotal cama hem de renkli cama uygulanabilirler. Flotal camla karşılaştırıldığında renkli cama uygulanan bir reflektif kaplama daha yüksek bir soğurma katsayısına sahiptir (Wiggington, 1996; Maçka, 2008). Güneş ışığı geçirgenlik değerleri düşük olduğundan mekânda kullanıcı konforunu sağlamak için yapay aydınlatmaya ihtiyaç olabilir.
- **Kendi kendini temizleyen cam kaplamalar**; camın optik özelliğini ve şeffaflığını koruyacak şekilde titanyum dioksit püskürterek uygulanır. Titanyum dioksit kaplama ile cam bileşeni yüksek yüzey gerilimi oluşturarak camın hidrofilik ve UV radyasyonu ile hava ve yüzeyde bulunan kirletici bileşenlerini parçalayan fotokatalitik özelliğini kazanır (Cremers, 2016).
- **Low-e kaplamalı camlar**, cam yüzeyinin iç veya dış kısmına uzun dalga ışınlarını yansıtma özelliğine sahip, şeffaf metal ve/veya metal oksit özelliğe sahip kaplama kullanılarak üretilmektedir (İlhan ve Aygün, 2005). Low-e kontrol kaplamalı çift cam üniteleri güneş enerjisinin büyük bir bölümünün içeri geçmesini sağlarken, odadaki ısıyı tekrar içe yansıtarak bina sıcaklığının dışa kaçışını, klasik çift cama kıyasla, yarı yarıya azaltabilmektedir (Eşsiz, 2004). Low-e kaplamalar, ısı kaçışının %70'lik bölümünü denetleyebildiği için ısı kontrolünde etkili olmaktadır. Ilıman nemli iklim bölgelerinde kaplama tek başına, sıcak nemli iklim bölgelerinde güneş kontrol kaplamalarıyla ve sıcak bölgelerde ise çok amaçlı özel Low-e kaplamalarla camların kullanılması uygundur. Yüksek performanslı Low-e kaplamalı yalıtım camı üniteleri; ısı kayıplarını tek cama göre 5 kat, standart yalıtım camı ünitelerine göre 2,5 kat azaltmaktadır (Demir, 2011).

İki ya da daha çok tabakalı cam sistemlerinde kullanılan ara boşluk çıtası ve nem tutucu ile (Cremers, 2016);

- Tabakalar arasındaki boşluğun neme dayanıklı ve gaz geçirimsiz olması,
- Tabakalarda yaşanan ısıl hareketleri sönümlemesi,

- Cam sistemlerde oluşan hareketlere ve mekanik yükleri sönümlemesi,
- Yalıtım camından oluşan yükleri sönümlemesi,
- Cam kenarındaki ısı geçişini azaltması (Ψ değeri) gibi fonksiyonları bulunmaktadır.

Cam tabakaları arasında ısı iletkenlik değeri yüksek alüminyum ve galvanizli çelik metallerin kullanılmasından dolayı camın ısı iletkenlik değerinin kenarlarda artmasıyla yoğuşma riski ve yüksek ısı akışı görülmektedir. Günümüzde yalıtımlı cam çıta (warm edge) sistemleri ile ara boşluk çıtalarının ısı iletkenliği düşürülmesiyle camların yalıtım performansı arttırılmıştır.

Hava tabakalı camlarda nemi alınmış hava, argon, kripton ve ksenon gibi soygazlar kullanılmaktadır. Argon, kripton ve ksenon gibi soygazların ısı iletkenlik katsayıları ve konveksiyon özellikleri havadan daha az olması sebebiyle camın ısı iletkenlik değerini düşürerek ısı yalıtımı sağlamaktadırlar. Kullanılacak gazın seçiminde havadaki gaz oranının maliyete etkisine yansımaktadır. Normal havada %1 oranında argonun bulunmasından dolayı daha ucuz olmasından daha çok tercih edilmektedir. Havada kripton %0,0001 ve ksenon ise %0,000009 oranında bulunmaktadır (Amstock, 1997; İlhan ve Aygün, 2005). Kripton, argona göre hacimce yaklaşık %30 daha pahalı olduğundan cam tabakalar arasında 16mm boşluk olan 1 m^2'lik bir cam ünitesinin dolgu gaz maliyeti yaklaşık %20 daha fazladır (Cremers, 2016).

Ara dolgu gazının türüne göre optimum yalıtım değeri için tabakalar arasındaki mesafe değişiklik göstermektedir. Hava veya argon ile doldurulan cam ünitesi için optimum yalıtım değeri için 12 mm yeterlidir. Boşluk büyüdükçe konveksiyon yoluyla ısı geçişleri artarken boşluk 9 mm'nin altında olduğunda kondüksiyon yoluyla ısı geçişleri ve ısıl iletkenlik değeri artmaktadır. Kripton gazı için cam tabakalar arasındaki mesafe 6 mm olması sebebiyle üç tabakalı camlarda kripton kullanımı uygundur (Mitchell vd., 2017).

2.2.1.3 Yalıtım bileşenleri

Tez kapsamında yalıtım bileşenleri olarak hareket derz dolguları, hava sızdırmazlığı, su yalıtımı, ısı yalıtımı, ses yalıtımı ve derz dolgu kapatıcıları dahil edilmiştir. Bazı yalıtım bileşenleri tek bir yalıtım sağlayabileceği gibi bazen birden fazla fonksiyona sahip olabilmektedir. Tez kapsamında yalıtım bileşenleri; kasa ile duvar, kasa ile denizlik, kasa ile kanat, kasa/kanat ile cam gibi bileşim noktalarındaki yalıtımlar, cam

tabakaları arasındaki cam tutucu sistemler ve çerçeve bileşenlerinde kullanılan yalıtımlar olarak incelenmiştir.

Kasa ile duvar arasındaki yalıtımlar:

Kasanın kullanım süreci boyunca yaşanan sıcaklık değişimlerine bağlı ısıl hareketlere cevap verebilmesi için duvar ile kasa arasında pencere genişliği, çerçeve malzemesi, iklim koşulları gibi etkilere bağlı oluşacak uzama miktarına uygun boşluklar bırakılmalıdır. Kasa yerleştirilirken kasa ile duvar yüzeyi arasına bitüm emdirilmiş gözenekli plastik sızdırmazlık fitilleri veya bantlar kullanılmalı ve boşluklarda poliüretan köpük uygulanarak ısı yalıtımı sağlanmalıdır. Yalıtım malzemelerinin su ve hava sızıntılarından etkilenmemesi için kasa ile dış duvar kaplamaları arasında elastik macunlar kullanılmalıdır.

Kasa ile denizlik arasındaki yalıtımlar:

Kasa ile denizlik arasındaki en önemli yalıtım su yalıtımıdır. Yalıtım malzemesinin düzgün çalışabilmesi için doğru detaylandırma ile suyun kasa ve denizlik arasında birikmesi ve sistem içerisine sızma durumu kontrol edildikten sonra kasa ile denizlik arasındaki boşluklar elastik macun malzemeleri ile doldurulmalıdır.

Kasa ile kanat arasındaki yalıtımlar:

Kasa ve kanat arasında meydana gelebilecek su ve hava sızıntılarının ve ısı kayıplarının önlenmesi için vinil, polipropilen, neopren, polivinil gibi malzemelerden yapılan sızdırmazlık fitilleri kullanılmaktadır. Ahşap, PVC ve alüminyum çerçevelerde genellikle EPDM (Etilen propilen dien monomer) fitiller tercih edilmektedir ve servis süresini dolduran fitiller yenileri ile değiştirilebilir.

PVC çerçevelerde üretim süreci içinde profile tespit edilen kendinden fitilli sistemlerde de TPE (Thermo plastic elastomer) fitiller kullanılmaktadır. TPE fitillerin dış kısmı çevresel etkilere dayanıklılığı için yumuşak plastik, orta kısmı (gövdesi) fitilin mukavemeti için sert plastik ve profile geçen kısmı polipropilen (PP) malzemeden oluşmaktadır (URL-7). TPE fitiller çerçevenin servis süresi boyunca değiştirilemezler.

Kasa/kanat ile cam arasındaki yalıtımlar:

Kasa/kanat ile cam arasında oluşabilecek nem etkisini, hava ve su sızıntılarını önlemek ve camı sabitleme için cam fitilleri kullanılmaktadır. Eskiden camı tespit ve yalıtım edebilmek için bezir yağı esaslı cam macunları kullanırken günümüzde vinil ve bütil

esaslı malzemelerden yapılan fitiller tercih edilmektedir (Gustavsen vd., 2007; Karakurt, 2008). Kasa/kanat ile cam arasındaki fitillerin servis süresi boyunca gerçekleştirmesi beklenen en önemli işlevler, camın çevresel etkilerden kaynaklı yükleri sönümlemesi, rüzgâr ve yağmura karşı sızdırmazlık sağlamasıdır (Cremers, 2016).

Çerçeve bileşeni içerisinde uygulanan yalıtımlar:

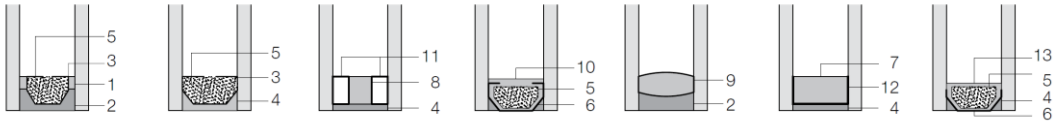
Çerçeve bileşenlerinde kullanılan alüminyum malzemesi ısı iletim değerinin yüksek olmasından dolayı ısı yalıtımlı sistemlerle birlikte kullanılması gerekmektedir. Alüminyum çerçevelerde; iç ve dış olarak iki ayrı profil olarak üretildikten sonra, ısı iletimi düşük plastikten üretilmiş fitillerle profillerin fabrika ortamında birleştirilme işlemi yapılmaktadır. Düz ya da boş oda profillerine sahip bağlantı fitilleri genellikle politermid (PT) veya cam elyaf takviyeli poliamid (PA) malzemelerden üretilirken ısı yalıtımı için yapıştırılarak kullanılan yalıtım malzemeleri ise genellikle sert poliüretan (PU) köpükten imal edilmektedir (Şekil 2.7), (Cremers, 2016). Ahşap ile alüminyum malzemeleri ile yapılan kompozit çerçevelerde iki malzeme arasına ve PVC çerçevenin odacıklarının içine ısı yalıtım malzemesi eklenerek ısı performansı arttırılabilir (Şekil 2.8).

Cam tabakaları arasındaki cam tutucu sistemler, iki ve daha fazla cam tabakalarının birbirinden ayıran ve destekleyen ara boşluk çıtası, nem önleyici ve kenar contalarından oluşmaktadır. Cam tutucu sistemlerinin görevleri (Mitchell vd., 2017);

- Termal genleşme ve basınç farklarının neden olduğu stresi azaltmak,
- Su veya su buharının geçişini önleyen bir nem bariyeri görevini sağlamak,
- Hava boşluğunda gaz kaybını önleyen gaz sızdırmaz conta görevini sağlamak,
- Kenarda iç yoğuşma oluşumunu azaltan bir yalıtım bariyeri oluşturmaktır.

Cam tutucu sistemler tek ve çift yalıtım malzemeli olarak farklı detay uygulamaları bulunmaktadır. Tek yalıtım malzemeli sistemler, ara boşluk çıtasının arkasında genellikle bütil esaslı organik sızdırmazlık malzemesi uygulanır. Bu malzeme ile tabakaların bir arada tutulmasını ve nem girişinin önlenmesi sağlanır. Çift yalıtım malzemeli sistemlerde birincil yalıtım genellikle bütil malzeme kullanılarak nem oluşumunu ve ara dolgu gazında sızıntıları önlerken ikincil yalıtım genellikle silikon malzemeler tercih edilirken cam sistemine mukavemet sağlamaktadır (Mitchell vd.,

2017). Şekil 2. 12'de farklı yalıtım ve ara boşluk malzemeleri ile kurulan cam tutucu sistemler gösterilmiştir.



1	Birincil sızdırmazlık	6	Metal şerit	11	Alüminyum profil
2	İkincil sızdırmazlık	7	Silikon köpük	12	Metalize folyo
3	Ara parçası (metal)	8	Poliüretan	13	Kompozit plastik
4	Sızdırmazlık	9	Poliizobütilen		
5	Nem önleyici	10	Poliizopropilen		

Şekil 2. 12: Cam tutucu sistemlerine ait örnek uygulamalar (Cremers, 2016).

2.2.1.4 Tamamlayıcı bileşenler

Tamamlayıcı bileşenler tespit elemanları, açma kapama mekanizması ve estetik açıdan tamamlayıcı bileşenler olarak üç alt grupta incelenmiştir. Tespit elemanları olarak tespit vidası, çiviler, tespit profilleri, yapıştırıcılar vb. bileşenler sayılabilir. Açma kapama mekanizması içinde ispanyolet, açma kapama kolu, menteşe ve karşılıklar vb. bileşenleri içerir. Estetik açıdan tamamlayıcı bileşenler pervazlar, estetik açıdan kullanılan çıtalar, söve vb. bileşenler sayılabilir.

Tespit bileşenleri: Pencere sistemini duvarda belirli ısısal hareketlere izin verecek boşluklar bırakıldıktan sonra L, Z gibi metal profiller yardımıyla ya da doğrudan dübel, ankraj gibi elemanlarla dört taraftan tespit edilmektedir. Pencerenin tespit bileşeninin seçiminde bulunduğu duvarın özelliklerine uygun olması ve servis süresi boyunca sistemi taşıması, rüzgâr, deprem gibi çevresel ve kullanıcı etkilere karşı dayanımı olması gerekmektedir. Pencere sistemlerinde kullanılan diğer tespit elemanları, açma kapama mekanizmasını tespit edilmesinde, ahşap cam çıtasının ve estetik açıdan tamamlayıcı bileşenlerinin sabitleştirmesinde kullanılan çivi, vida vb. sabitleyici bileşenler olarak sayılabilir. Günümüzde tespit bileşenleri çoğunlukla metal bileşenler oldukları için kullanım aşamasında rutin temizleme işlemleri uygun malzemelerle yapılması korozyon oluşumu ve performans kayıplarının yaşanmaması için önemlidir.

Açma kapama bileşeni: Pencere sisteminin açma kapama mekanizmasındaki bileşenlerin seçiminde, çevresel etkiler pencere boyutu, kanat hareketi, boyutu ve ağırlığı, çerçeve malzemesi, kullanıcı gereksinimleri, gibi etkenlere bağlıdır. Açma kapama bileşenleri menteşe, ispanyolet, açma kapama kolu, köşe hareket iletim

parçası, karşılıklar vb. bileşenlerden oluşmaktadır. Açma kapama bileşeninden beklenen fonksiyonlar;

- Kanadı kasaya bağlaması,
- Kanat hareketlerine izin vermesi,
- Havalandırmayı sağlaması,
- Kanadın tam kapama konumdayken sızdırmazlık görevini gerçekleştirmesi,
- Güvenlik amacıyla kilitleme olanağı sağlaması,
- Kullanıcı güvenliği açısından kanadın güvenli bir şekilde tespitini sağlaması istenmektedir.

Açma kapama bileşenleri fonksiyonlarını düzgün bir şekilde yapabilmesi için belirli periyotlarda temizleme, vidaların kontrol edilmesi, yağlama gibi rutin bakım işlemleri yapılması gerekmektedir.

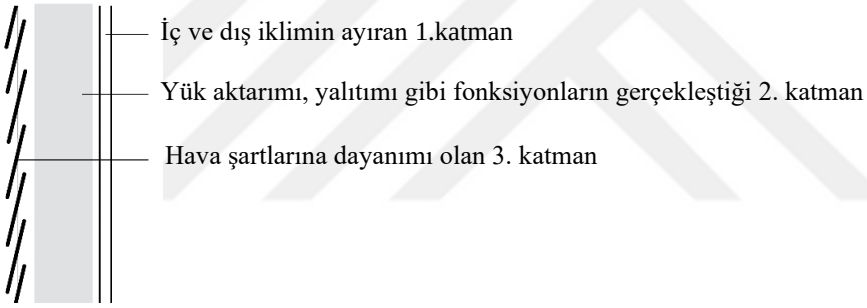
Estetik açıdan tamamlayıcı bileşenler: Pencere sistemlerinde sistemin performansları üzerinde doğrudan etkisi olmayan estetik açıdan sistemi destekleyen bileşenler tez kapsamında estetik açıdan tamamlayıcı bileşenler olarak değerlendirilmiştir. Pencere sistemlerinde kullanılan estetik açıdan tamamlayıcı bileşenler;

- İç mekânda kasa ile duvar arasındaki bileşim noktalarını kapatmak için ahşap, plastik esaslı vb. malzemelerden yapılan pervazlar,
- Büyük cam yüzeylerde işlevsel olmayan sadece dekoratif amaçla kullanılan çıtalar,
- Pencere sistemlerinde dekoratif uygulanan söveler vb. bileşenler sayılabilir.

2.2.2 Pencere bileşenlerinin birleşim kararları

Pencere sistemlerinin tasarımında çevresel koşullar, pencerenin binadaki konumu, kullanıcı gereksinimleri gibi etkenlere bağlı olarak üç katmandan oluşmaktadır (Şekil 2. 13). 1. ve 3. katmanlar iç ve dış mekânı birbirinden ayırma, dış ortam koşullarına dayanıklılık sağlama gibi ısısal ve fiziksel gereksinimleri karşılarken 2. katman yük aktarımı, akustik ve ısı yalıtımı gibi fonksiyonları yerine getirmektedir. İç ve dış iklimi birbirinden ayırarak hava sızdırmazlık sağlayan 1. katman küf ve yoğuşma sorunlarının oluşumu için kritik iç mekân sıcaklığının üzerinde bir sıcaklığa sahip bir katmanın içinde yer almalıdır. Bu tabakanın kesintisiz olarak dış duvarın tüm yüzeyini

kaplaması gerekli ve katmanın konumu iklim koşullarına bağlıdır. Örneğin Orta Avrupa ikliminde, hava sızdırmazlık tabakası sürekli mekân tarafında devamlı uygulanırken diğer iklim bölgelerinde dış tarafa yerleştirilmelidir. Kuru ve ılıman iklim bölgelerinde bu tabaka belirli koşullar altında ihtiyaç duyulmayabilir. Fonksiyon katmanı olarak görev yapan 2. katman ile pencerenin ölü ve hareketli yükleri duvar sistemi aracıyla ile taşıyıcı sisteme güvenli şekilde aktarılmalıdır. Bu katman ayrıca termal akustik yalıtım özelliklerini desteklemelidir. Fonksiyonel alanın su ve nem etkisiyle oluşacak suların dışarıya atılmasını sağlayacak detay çözümleri ile korunmalıdır. Hava şartlarına dayanımı olan 3. katman, yüksek rüzgâr koşullarında bile, yağışların dışarıdan içeriye girişini önleyen ve kontrollü olarak uzaklaştırarak fonksiyonel tabakaya ulaşmasını engelleyen tabakadır (Cremers, 2016). Bu katmanlara bağlı pencereden beklenen performansları sağlayacak detay çözümleri incelenmiştir.



Şekil 2. 13: Pencere sistemlerinin katmanları (Cremers, 2017).

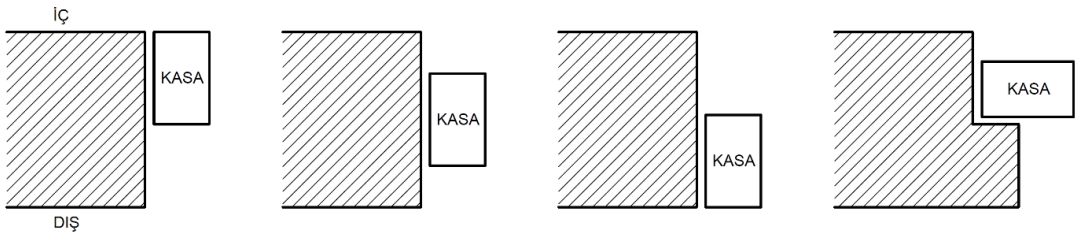
2.2.2.1 Çerçeve ile duvar birleşimi

Çerçevenin duvardaki konumu, çerçevenin maruz kaldığı atmosferik koşulların şiddetini ve performans gereksinimlerini, iç ve dış mekânda oluşturacağı estetik ve fonksiyonel etkileri üzerinde önemli bir rol oynamaktadır. Düz duvarda, pencere sistemleri duvarın iç, orta veya dış kısmına uygulanabileceği gibi dişli duvarda sadece duvar dişine dayanarak uygulama yapılabilir (Şekil 2. 14).

Çerçevenin duvardaki konumunun sağladığı olumlu ve olumsuz etkiler;

- Kasanın iç yüzeye yakın olması durumunda çerçeve bileşeni dış etkenlere karşı korunması, cephede derinlik etkisinin oluşması, bakım işlerinin yoğunluğunun ve maliyetinin azalması,

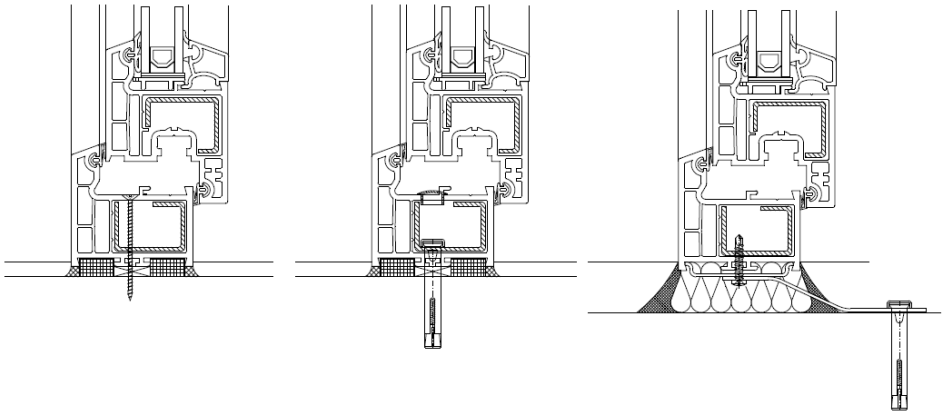
- Kasanın orta kısımda olmasıyla çerçeve bileşeni dış etkenlerden kısmen korunması, iç ve dış denizlik kullanımı alanı oluşması,
- Kasanın dış yüzeye yakın olmasıyla çerçeve bileşeni dış etkenlere doğrudan maruz kalmasıyla bakım işlerinin yoğunluğunun ve maliyetinin artması, iç mekânda geniş denizlik alanı oluşurken iç mekan algısını zenginleştirmesi vb. etkiler sıralanabilir.



Şekil 2. 14: Çerçevenin duvardaki konumu.

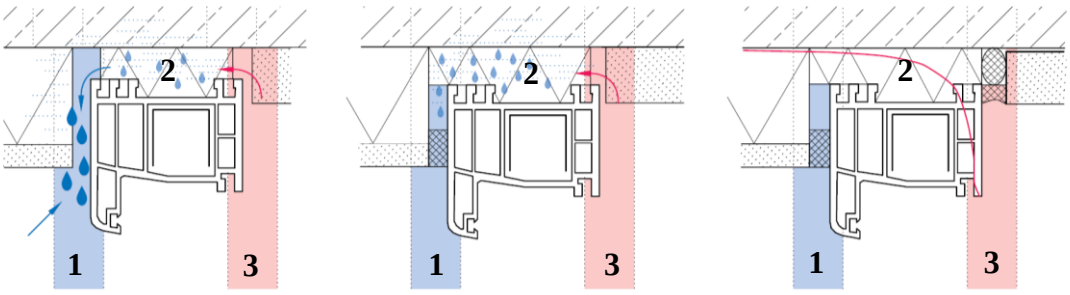
Çerçeve sistemlerinin duvara tespitinde duvar ile kasa arasında uygun mesafe bırakıldıktan sonra özel vidalı, dübelli ve kenet lamalı olarak üç ayrı mekanik bağlantı yöntemiyle tespit edilebilmektedir (Şekil 2. 15). Türkiye'de hızlı ve kolay montaj yöntemi olması sebebiyle özel vidalı montaj yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu montaj yönteminde kasa doğrudan özel vidalar vasıtasıyla duvara tespit edildiği için bağlantı güvenliği vida yivleri ile duvar gövdesi arasındaki mekanik aderansa bağlıdır. Güvenli bağlantı yapılabilmesi için vidaların duvar gövdesinin dolu kısımlara denk getirilmeye çalışılmalıdır. Özellikle tuğla duvar gibi boşluklu yapıya sahip sistemlerde vidaları derz aralıklarının üzerine gelecek şekilde tespit edilmelidir. Tuğla duvarda sıvanın altındaki derz hizasını tespitinin zor olmasından dolayı dübelli çözümler daha iyi sonuç vermektedir. Duvar yüzeyi dübellerin çakılmasından sonra çerçeveden dübel hizasında vida delikleri açıldıktan sonra tespit yapılabilmektedir. Bu yöntem özel vidalı yönteme göre daha uzun süreli ve hassas adımlar gerektirdiği için tercih edilmemektedir. Özel vidalı montajlarda vidanın fazla sıkılması durumunda kasa profilinde çökme, sehim ve gönye bozulmalarına neden olmaktadır. Özel vidalı yöntemin diğer olumsuz yönü de hem çerçeve profilinin tüm katmanlarına hem de duvara diş açarak bağlantı aderansını sağladığı için çerçeve genleşmeyi engelleyen rijit noktalar oluşturmaktadır. Çerçeve genleşme anında farklı gerilmeler göstereceğinden çerçevede deformasyonlara sebep olacaktır. Dübelli montaj yönteminde ise, çerçeve profilinin montaj için bırakılan boşluk ile profilin tek katmanın tespit edilmesinden dolayı ısısal genleşmeye sistem izin vermektedir. Kenet lamalı montaj yönteminde ise

kenet laması kasa profiline vidalandıktan sonra duvara tespit kaba yapı yüzeyinde olduğu için kolaylıkla uygulanabilmektedir. Bu yöntem çerçevenin genleşmesine izin verdiği gibi çerçeve profilinin iç yüzeylerinde deliklere sebep olmadığı için su sızıntılarından kaynaklı bozulmalar görülmez (Ekinci, 2016).



Şekil 2. 15: Çerçevenin duvara (a) özel vidalı, (b) dübelli ve (c)kenet lamalı tespitlerine ait örnek çizimler (URL-8).

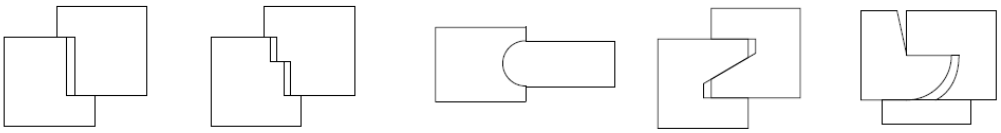
Çerçevenin duvara tespitinden sonra kasa ile duvar arasındaki boşluklar ısı yalıtım malzemeleriyle doldurulmaktadır. Daha sonra iç ve dış duvar kaplamaları yapılır. Yapı fiziği açısında çerçevelerin duvar ile kasa arasındaki su ve nem ilişkisi incelendiğinde 1. ve 3. katmanlarda duvar kaplamaları ile kasa arasında sızdırmazlık malzemesi uygulanmazsa dış ortamdan yağmurla ve iç ortamdan odanın neminin çerçeve ile duvar arasındaki 2. katman bölgesinde toplanır ve sıcaklığın düşmesiyle yoğuşma meydana gelir. Pencere sisteminde sadece 3. katmanda sızdırmazlık malzemesi uygulanırsa iç mekandaki nemli hava birleşim noktalarından kasa ile duvar arasındaki 2. katmana ulaşır ve soğuk havalarda birleşim içindeki nem sıcaklığın çiy noktasının altına düşmesiyle tekrar yoğuşma görülür. 1. ve 3. katmanlarda duvar kaplamaları ile kasa arasında sızdırmazlık yapılırsa iç ve dış ortamlardan hava ve nem geçişini önleyerek yoğuşma önlenebilir (Cremers, 2016), (Şekil 2. 16).



Şekil 2. 16: Kasa ile duvar kaplamaları arasında sızdırmazlık malzemesinin durumuna göre oluşan yapı fiziği sorunları (Cremers,2016).

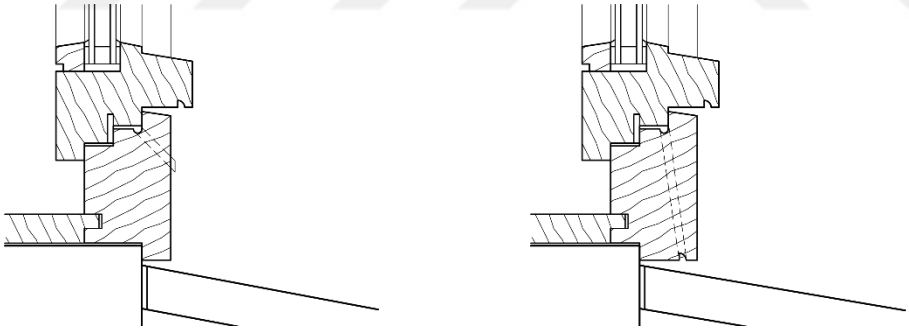
2.2.2.2 Kasa ile kanat birleşimi

Pencere sistemleri yatay/düşey sürme, yatay/düşey eksenli, vasistas gibi kanat hareketlerini sağlayabilmek için kanat hareket türüne özel kasa ile kanat birleşim detayları uygulanması gerekmektedir (Şekil 2. 17).



Şekil 2. 17: Kasa ile kanat birleşim alternatifleri (Cremers,2016).

Kasa ile kanat arasında yağmur sularının ve yoğuşmaya bağlı su oluşumların pencere bileşenlerinde bozulmaya sebep olmaması için su tahliye sistemleri kullanılmalıdır. Detay çözümlerinde kasa ile kanat arasında suyun toplanması için kasada 6 mm çapında oluk yapılmalıdır. Olukta toplanan suyun dışarıya tahliye edilebilmesi için metal borular kullanılır. Şekil 2. 18'de görüldüğü gibi metal boru kasanın ön yüzeyinden suyu tahliye edebileceği gibi kasanın altındaki damlalık yüzeyinden de tahliye edebilir. PVC çerçevelerde de kasada tahliye kanalları açılmaktadır.

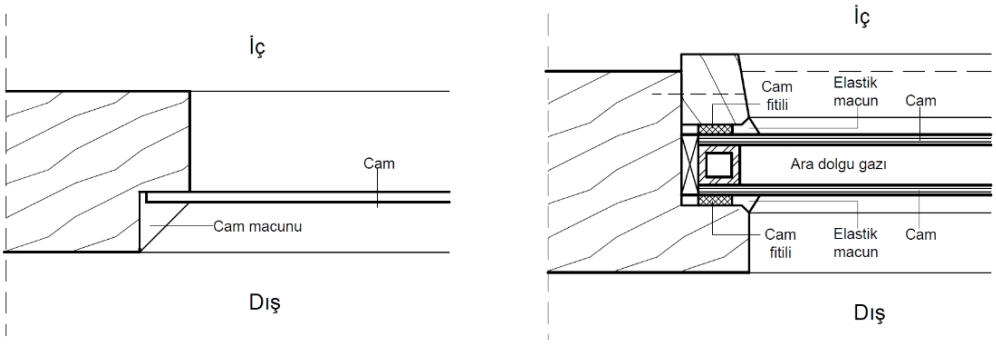


Şekil 2. 18: Kasa ile kanat arasında kullanılan tahliye sistem detayları.

2.2.2.3 Kasa/kanat ile camın birleşimi

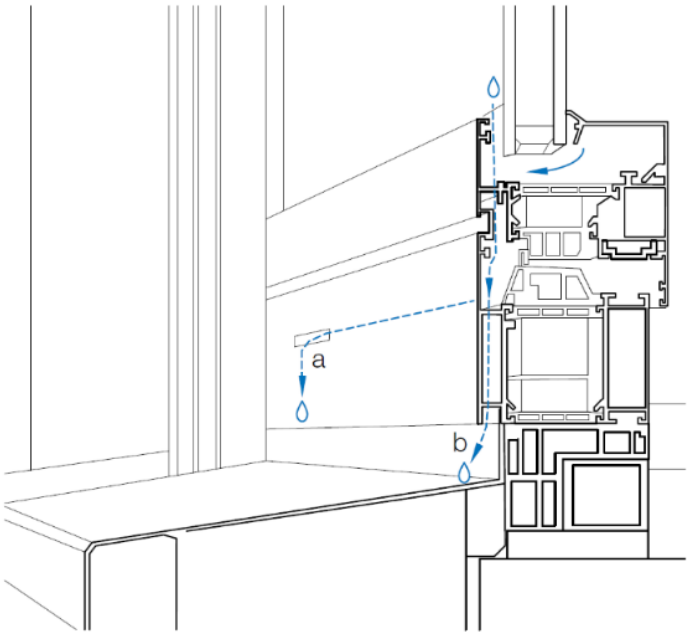
Kasa/kanat ile cam birleşim alternatifleri olarak camın tespit yöntemleri ve cam ile kasa/kanat arasından sızan suların tahliye edilmesi için kullanılan yöntemler olarak iki bölümde incelenmiştir. Pencere sistemlerinde cam bileşeninin çerçeve tespit edilirken ısı kayıplarını, su ve hava sızıntılarını engellenmesi önemlidir. 1. tespit yöntemi tek tabakalı camların çerçevenin dış yüzeyine 15-20 cm aralıklarla başsız çivilerle sabitlendikten sonra cam macunları uygulamaktır. Macun uygulamalarının tercih edilmeme sebebi hava tabakalı camlara uygun olmaması, güvenlik ve bakım

periyodunun sıklığıdır. 2. tespit yönteminde ise cam ile kasa/kanat çerçeve arasında hava, su ve nem sızdırmazlığı için bileşenlerin arasına cam fitilleri ve elastik macun kullanılmalı ve çıtalar ile sabitleme işlemi yapılmalıdır (Şekil 2. 19). Ahşap çıtalar çivi ile tespit edilirken PVC çıtalar ise çıtanın çerçevenin yuvasına oturtma işlemi ile tespit edilmektedir.



Şekil 2. 19: Camın çerçeveye tespit şekilleri.

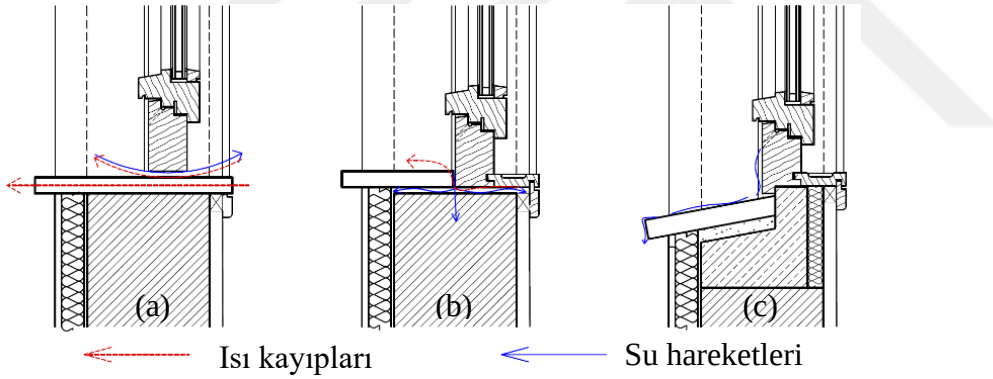
Cam ile kasa/kanat arasından rüzgarla itilen suların sızması ya da sistem içerisindeki nemin yoğuşması sonucunda oluşan suyun tahliye edilmesi gerekmektedir. Tahliye sistemleri için yapılan oluklarda su toplandıktan sonra dış ortama doğru sürekli açık olan tahliye kanalları ile boşaltılmalıdır (Şekil 2. 20). Oluklarda biriken su ve nem ahşap malzemelerde bozulmalara sebep olacağı gibi cam yalıtım bileşenlerini de olumsuz etkilemektedir.



Şekil 2. 20: Cam ile kasa/kanat arasından sızan suların tahliye edilme yöntemleri (Cremers, 2016).

2.2.2.4 Kasa ile denizlik birleşimi

Kasa ile denizlik birleşimlerinde su sızıntıları ve ısı kayıpları en çok görülen sorunlardır. Çözüm olarak denizlik bileşeninde meydana gelen ısı kayıplarını önlemek için denizlikte kullanılan malzemenin ısıl iletkenlik katsayısının düşük olması gereklidir. Türkiye'de yaygın olarak yapılan denizlik detay çözümlerinden biri Şekil 2. 21-a'daki gibi denizlik tek parça olarak parapet duvar yüzeyine yerleştirildikten sonra kasanın özel vida ya da dübelli sistemle tespit edilmesidir. Bu tür tasarımlarda denizlik ısı köprüsü oluşturmaktadır. Isı köprüsü olarak çalışmaması için Şekil 2. 21-b'deki denizlik iç ve dış denizlik olarak iki parçadan oluşmalıdır. Bu detay çözümünde kasa denizlikler arasına yerleştirilmesiyle ısı kayıpları azalırken su sorunları dış denizlik ile kasa arasından sızan suların duvar gövdesine ulaşarak bozulmalara sebep olmasıyla artmaktadır. Denizlik tasarımında, denizlik beton bir yastık üzerine denizlik ve buğu tablası olarak iki parçadan oluşacak şekilde yerleştirilir. Beton yastığın üst yüzeyine kasa ve buğu tablası bulunurken alt yüzeyine denizlik yerleştirilerek hava sızıntıları ve ısı kayıpları önlendiği gibi su sızıntıları da engellenir (Şekil 2. 21-c).



Şekil 2. 21: Kasa ile denizlik arasında görülen ısı kayıpları ve su hareketleri.

3. PENCERELERDE GÖRÜLEN BOZULMA TÜRLERİ, TEŞHİS VE MÜDAHALE YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ

Yapılardaki bozulmalara ve hasarlara karşı eski çağlardan itibaren çeşitli önlemlerin alındığı görülmektedir. Bu önlemlerden en önemlilerinden biri tarihteki ilk yazılı yasa olarak da kabul edilen Hammurabi kanunlarıdır. M.Ö. 18. yüzyılda Mezopotamya'da uygulanan Hammurabi kanunlarının yapı ile ilgili maddelerinde yapılardaki hasarlara ve hasarların sebep olduğu zararlara karşılık mimarlara ağır cezaların uygulandığı görülmektedir (Şekil 3. 1). Bu yasa mimarların yalnızca yapısal bozulmalara karşı sorumlu olmadığını aynı zamanda topluma karşı mesleki sorumluluklarının bulunduğunu göstermektedir (CIB, 1993). Günümüzde de yapılan yapılarda tasarım aşamasından yıkım aşamasına kadar kullanıcılara karşı tasarımcıların sorumlulukları bulunmaktadır.

A If a builder build a house for a man and do not make its construction firm and the house he has built collapse and cause the death of the owner of the house - that builder shall be put to death.
B If it cause the death of the son of the owner of the house - they shall put to death a son of that builder.
C If it cause the the death of a slave of the owner of the house - he shall give to the owner of the house a slave of equal value.
D If it destroy property, he shall restore whatever it destroyed, and because he did not make the house which he built firm and and it collapsed, he shall rebuild the house which collapsed at his own expens.
E If a builder build a house for a man and do not make its construction meet the requirements and a wall fall in, that builder shall strengthen the wall at his own expense.

Translated by R.F. Harper
"Code of Hammurabi" p.83-seq.

Jacob Feld 1922

Şekil 3. 1: Hammurabi Kanunları (CIB, 1993).

Yapılar inşa edildiği andan itibaren yapı elemanları ve bileşenleri bozulmaya başlar. Her yapı bileşeninin belirli servis süresi aralığı bulunmaktadır. Servis süresi bileşene etki eden çevresel etkilere ve insan kaynaklı hatalara bağlı olarak azalmaktadır. Bunu önleyebilmek için yapılarda görülen bozulma mekanizmasının doğru anlaşılması ve

zamanında müdahale edilmesi gerekmektedir. Çalışmanın bu bölümünde bozulma mekanizması, pencerede bozulmalara sebep olan etkenler ve bozulma türleri, pencerelerde görülen bozulmaların tespitinde kullanılan tahribatsız teşhis yöntemleri ve pencerelere uygulanan müdahale işlemleri ele alınmıştır.

3.1 Bozulma Terminolojisi ve Sınıflandırılması

Günümüzde binaların, malzemelerin ve yapı sistemlerin artan karmaşıklığında bozulmaların doğru teşhis edilmesi yapının servis süresince etkin kullanımı açısından önemlidir. Yapı elemanlarında ve bileşenlerinde oluşan bozulmaların teşhisi için yapı patolojisinin iyi bilinmesi gerekir. Yapı patolojisi bir binada neyin yanlış gittiğini bulmak amacıyla bozulmanın neler olduğunu ve nasıl gerçekleştiği ile ilgili bilgileri sistematik olarak inceleyen bir yaklaşımdır (CIB, 2013). Yapı patolojisi ile mevcut binalardaki anomalilerin tanımlanması, teşhisi ve bozulmalara ait öngörülen ilerleme senaryoları ve mevcut kaynakları göz önünde bulundurarak en uygun müdahale ile iyileştirme çalışmalarının programlaması ve denetlenmesi gerekmektedir (Watt, 2009). Literatürdeki yapı patolojisinde kullanılan bozulma terminolojisini ait terimler aşağıda açıklanmıştır.

Hata *(error)* ve **ihmal *(omission)*** insan kaynaklı sorunlar olarak kabul edilir. Hata, insanların yanlış seçim ya da kararlarından dolayı olurken ihmal, insanların bazı eylemleri göz ardı etmesinden kaynaklanmaktadır (CIB, 1993).

Kusur *(Defect)*; bir ya da daha fazla elemanın kendisinden/kendilerinden beklenen işlevi yerine getiremediği durumdur (CIB, 1993). Başka bir ifade ile kusur meydana geldiği binanın ömründe herhangi bir zamanda meydana gelen performanstaki eksikliğidir (BRE Digest 268, 1982). Kusur;

- Kullanıcı beklentilerine cevap vermeyen,
- Bileşen için öngörülen standardın altına düşen,
- Teknoloji ve ekonomik gerçekliği göz önünde bulundurarak, olması gerekenden daha az durumda olmasıdır (Puller-Strecker, 1990; Douglas ve Ransom, 2013).

Anomali/Semptom *(Anomaly):* Doğrudan görülebilen veya ölçülebilen olası bir kusur veya sorunun göstergesidir (CIB, 1993).

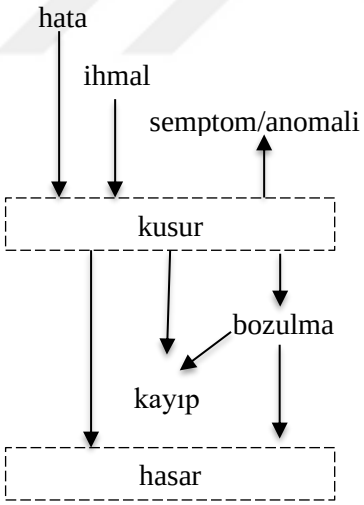
Degradasyon *(Degradation):* Bir bileşenin veya malzemenin mikro yapısında ve özelliklerinde zaman içinde meydana gelen ve performansını azaltan değişimlere degradasyon denir (ISO 15686-1, 2000). Bu genellikle güneş ışığının, özellikle organik maddeler üzerinde karmaşık molekül yapısının basit parçalara ayrışması olarak tanımlanır (Douglas, 2006).

Deformasyon *(Deformation):* Bileşen ya da malzemeye uygulanan kuvvet etkisiyle şekil değiştirmesidir (Watt, 2009).

Bozulma *(Failure);* bir binanın veya bileşenin belirli bir işlevi yerine getirme yeteneğinin yitirilmesidir (ISO 15686-1, 2000). Ayrıca bir kusur ve/veya hatanın sonucu veya etkisi olarak da sayılabilir (Douglas ve Ransom, 2013).

Kayıp *(Loss);* bir kusurun, degradasyon veya bozulmanın sonuçları hasar (maddi kayıp), yaralanma, can kaybı gibi olumsuz durumlardır (CIB, 1993).

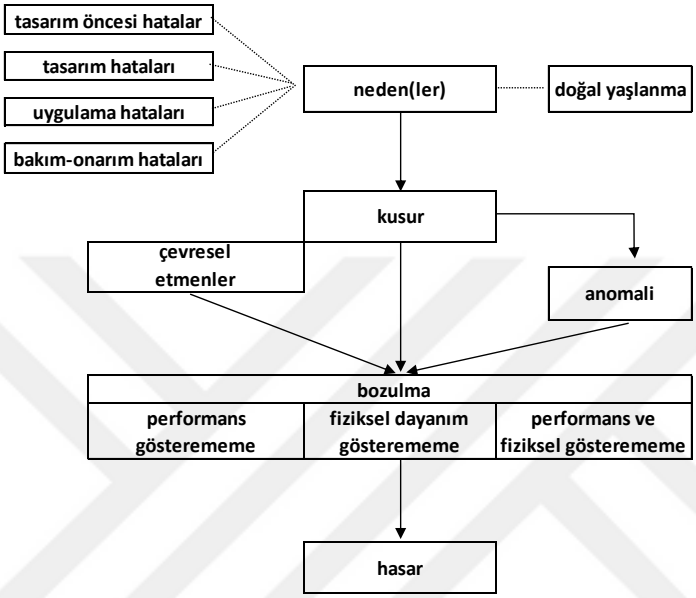
Hasar *(Damage);* bir hata, kusur ya da bozulma sonucu oluşan maddi kayıplar olarak belirtilmektedir (CIB, 1993). Yapı sorunlarının oluşum süreci Şekil 3. 2'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 2: Yapı sorunlarının oluşum süreci (CIB, 1993).

Pencere bileşenlerinin kendiden beklenen performansları zaman içerisinde yapamayacak duruma geçiş süreci literatürde bozulma süreci olarak kabul edilmektedir. Bozulmaların ana nedenleri tasarım öncesi hatalar, tasarım hataları, uygulama hataları ve kullanım hataları gibi insan kaynaklı sorunları ile birlikte zamana bağlı malzemenin doğal yaşlanmasından dolayı kusurların oluşmasıdır.

Oluşan kusurlar çeşitli anomaliler gösterebileceği gibi göstermeden de doğrudan bozulmalara neden olabilmektedir. Kusur ve çevresel etmenlerin etkisiyle pencere sistemlerinde performans kaybına dayalı bozulmalar, fiziksel bozulmalar ya da her ikisininde birlikte görüldüğü bozulmalar meydana gelebilmektedir. Bozulmalara herhangi bir müdahale edilmediği sürece çeşitli hasarlar oluşmaktadır (CIB, 1993), (Şekil 3. 3).



Şekil 3. 3: Hasar oluşum süreci (CIB,1993).

Binalarda oluşan bozulmalar ve etkenleri üzerine yapılan çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. BRE tarafından 1988'de 955 binanın incelenmesi sonucunda hazırlanan raporda 11 yapı elemanı içinde pencere ve kapı elemanlarının bozulma oranı %13 ile 3. sırada yer almaktadır (Trotman, 1994). İnşaat Kalite Formu (The Construction Quality Forum-CQF) tarafından 1997'de yayınlanan çalışmada 303'ü konut olmak üzere 862 bina üzerinde yapılan araştırmada pencere ve camların bozulma oranı % 10 ile 3. sırada olmuştur. "Mirasımızı Koruma (Maintain our Heritage)" adına miras mülklerinin bakımı ile ilgili yapılan araştırmada pencere ve cam elemanında bozulma oranı %11 olarak analiz edilmiş ve 19 eleman arasında bozulma sırası yine 3. sıradır (Watt ve Colston, 2003; Watt, 2009). Çalışmalar sonucunda cephe elemanı olmasından dolayı pencerenin bozulma oranı yüksek olduğu görülmektedir.

Yapı malzemelerinde ve bileşenlerinde zamanla fiziksel ve/veya perfomans özelliklerinde bozulmalar görülmektedir. Normal bakım koşulları altında bileşende

ortalama servis süresi ile uyumlu olarak gelişen bozulmalar doğal yaşlanma olarak tanımlanmaktadır. Fiziksel ve performans bozulmalarına bağlı anomaliler servis süresinde ve kalitede beklenmedik bir şekilde gelişmesi doğal yaşlanma kavramının tam aksine, patolojik bir bozulma olarak kabul edilmektedir (CIB, 1993). Bozulma anomalilerine ve davranışına göre yapı malzemesine etki eden etkenler hakkında bilgi sahibi olunabilir. Bozulmaları önlemek amacıyla yapılacak müdahaleleri seçmeden önce bozulma sebebi ve etkenleri doğru tespit edilmesi gerekir. Literatürde yapı bozulmaları hakkında farklı sınıflandırmalar bulunmaktadır.

ASTM E-632'de bozulma etkenleri atmosferik etkenler, biyolojik etkenler, yük etkenleri, uyumsuzluk etkenleri, kullanım etkenleri olarak beş ana gruba ayrılmıştır. ASTM E-632'deki bozulma sınıflandırmasından farklı olarak etkenler yerine yapı bileşeninde ya da malzemesinde görülen bozulma türlerine göre sınıflandırma yapılabilmektedir. Bu bozulma sınıflandırmasında bozulma türleri, estetik bozulma, fonksiyonel bozulma, malzemede bozulma, bileşenlerin ve elemanların sistem bozulması, strüktürel ve strüktürel olmayan bozulmalar, tersinir ve tersinir olmayan bozulmalar olarak sekiz grupta ayrılmıştır (CIB, 1993), (Tablo 3. 1).

Tablo 3. 1: Literatürde bozulma sınıflandırması için kullanılan yöntemler (CIB, 1993; Douglas ve Ransom, 2013).

Bozulma Etkenlerine göre (ASTM E 632)	**Bileşende ve Malzemede görülen bozulmalara göre**	**Bozulmanın niteliklerine ve kaynaklarına göre**
• Atmosferik Etkenler o *Radyasyon Etkisi* o *Sıcaklık Etkisi* o *Su Etkisi* o *Hava Etkisi* o *Rüzgâr Etkisi* o *Donma-Erime* • Biyolojik Etkenler o *Mikroorganizmalar* o *Mantar, küf* o *Bakteri* • Yük Etkenleri o *Sabit yükler* o *Hareketli yükler* • Uyumsuzluk Etkenleri o *Kimyasal* o *Fiziksel* • Kullanım Etkenleri o *Sistem tasarımı* o *Yapım ve bakım prosedürleri* o *Yıpranma ve aşınma* o *Kullanıcı hataları*	• Estetik bozulma • Fonksiyonel bozulma • Malzemede bozulma • Bileşenlerin ve elemanların sistem bozulmaları • Strüktürel bozulmalar • Strüktürel olmayan bozulmalar • Tersinir bozulmalar • Tersinir olmayan bozulmalar	• Fiziksel o *Yapısal olmayan* o *Yapısal* o *Sistem bileşenleri arasında* • Bağlamsal o *Bileşen malzemelerle ilgili* • Gözlemsel o *Belirgin/ Görülebilir* o *Belirgin olmayan/ Görülemez*

Bina bozulma etkenlerine ait son bozulma sınıflandırılmasında bozulmanın niteliklerine ve kaynaklarına bağlı olarak sınıflandırma yapılmaktadır. Fiziksel (yapısal) bozulmalar veya performans bozulmaları olarak sınıflandırılabilirler. Heckroodt (2002) ise "sistem bozulmaları" ve "malzeme bozulmaları" terimlerini kullanmaktadır. Bu bozulma sınıflandırmasına örnek Tablo 3. 1'in 3. sütunda verilmiştir. Örnekte fiziksel, bağlamsal ve gözlemsel olarak üç gruba ayrılmıştır (Douglas ve Ransom, 2013). Tez çalışmasında pencere sistemlerinde görülen bozulmalara doğru teşhiste bulunabilmek için bozulmalara sebep olan etkenlere bağlı bozulma sınıflandırılması kullanılmıştır.

3.2 Pencerelerde Bozulmalara Sebep Olan Etkenler ve Bozulma Türleri

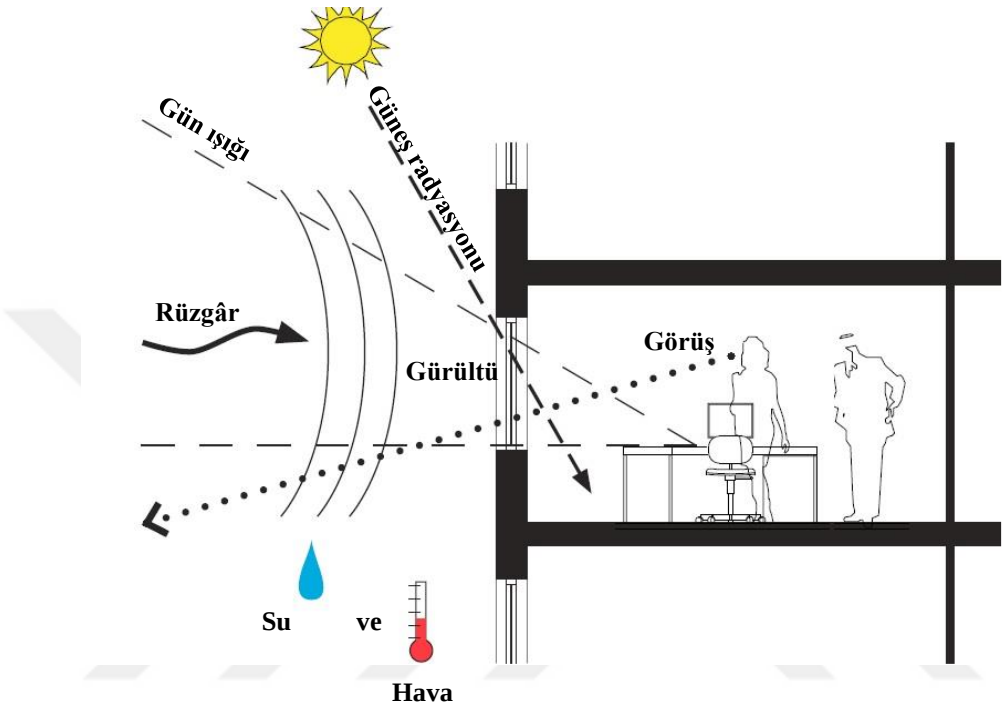
Pencere sistemlerinde bozulmalara sebep olan etkenler tez kapsamında çevresel etkenler, insan kaynaklı etkenler ve zamana bağlı etkenler olarak üç ana gruba ayrılmıştır. Çevresel etkenler olarak atmosferik etkiler, biyolojik etkiler, kimyasal etkiler ve mekanik etkiler olarak dört bölümde incelenmiştir. İnsan kaynaklı etkenler; tasarım hataları, üretim hataları, uygulama hataları ve kullanım hataları olarak dört bölüme ayrılmıştır. Zamana bağlı etkenler doğal yaşlanma olarak ifade edilmiştir. Bozulmaların sebebini tespit ederken dikkatli olunması gerekmektedir. Bazen bozulmaların bir sebebi olabileceği gibi birden fazla sebebi de olabilmektedir. Bu bölümde pencere sistemlerine etkileyen etkenler ve oluşturdukları bozulma türleri incelenmiştir.

3.2.1 Çevresel etkenler ve oluşturduğu bozulma türleri

Gelişen teknoloji ve değişen kullanıcı ihtiyaçlarıyla birlikte pencere sistemleri pasif ısıtma-soğutma, su-nem kontrolü, güneş kontrolü, ses kontrolü, güvenlik, hava sızdırmazlığı ve estetik değer gibi işlevleri yerine getirmektedir. Pencere sistemleri bu işlevleri gerçekleştirirken iç ortamla dış ortam arasında yapı kabuğunun saydam bileşeni olarak sürekli ve sürekli olmayan birçok çevresel etkilere maruz kalmaktadır. Bu etkilerin türleri ve şiddetleri; coğrafi konum, iklimsel şartlar, yapının kentsel konumu ve formu, yüksekliği ve pencerenin baktığı yön gibi çeşitli faktörlere göre değişiklik göstermektedir. Bu bölümde pencere sistemlerine etki eden çevresel etkenler fiziksel, kimyasal, biyolojik ve mekanik olarak dört grupta incelenmiştir.

3.2.1.1 Fiziksel etkiler

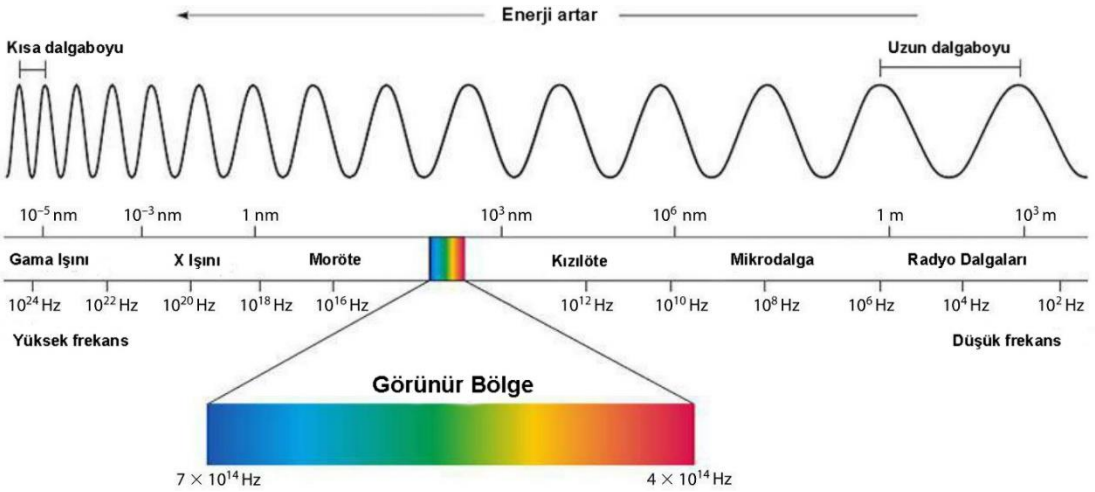
Pencere sistemlerinde etkili olan fiziksel etkenler güneş etkisi, ısı etkisi, rüzgâr etkisi, su ve nem etkisi olarak dört grupta incelenmiştir (Şekil 3. 4). Bu bölümde pencere sistemlerine etki eden etkiler ve etkilere bağlı oluşan bozulmalar incelenmiştir.



Şekil 3. 4: Pencere sistemlerine etki eden çevresel etkiler (Nielsen, 2012).

Güneş (radyasyon) etkisi ve sebep olduğu bozulmalar:

Güneş etkisi, pencereler ile mekânın aydınlatma, görsel konfor ve ısıtma performansları üzerinde etkili olmaktadır. Güneş etkisinde güneşten yeryüzüne radyasyon yoluyla gelen ışınımlar doğrudan ve dolaylı olarak iki tür ışınım olarak yapıya etki etmektedir. Güneş ışınımları atmosferden geçtiği hava kütlesine bağlı olarak atmosfer bileşenlerinin içinden doğrudan geçebildikleri gibi bazı ışınımlar yutulma ve saçılmaya bağlı olarak dolaylı olarak geçebilmektedir. Güneşten yeryüzüne ulaşan ışınımlar farklı dalga boylarına sahip olmaları sebebiyle gama ışınları, X ışınları, ultraviole ışık, görünür (visible) ışık, kızılötesi (infrared) ışın ve radyo dalgaları olarak altı sınıfa ayrılırlar (Okutan, 2012), (Şekil 3. 5). Farklı dalga boylarına sahip ışınımlar pencere sistemlerinde hem fiziksel hem de kimyasal bozulmalara sebep olmaktadır.



Şekil 3. 5: Güneş spektrumu tablosu (URL-9).

Güneş ışınımlarına maruz kalan bileşenlerin yüzey özelliklerine göre güneş etkileri değişebilmektedir. Örneğin parlak ve açık renkli yüzeyler güneş ışınımlarını yansıtırken koyu renkli yüzeyler ışınımları yutmaktadır. Güneş ışınımlarını yutan malzemelerin yüzey ve mekan sıcaklığının artmasıyla malzemelerde ısıl hareketlere bağlı bozulmaya ve konfor koşullarında azalmaya sebep olur. Pencere sistemlerinde kullanılan renk ve malzemelerin yüzeysel emicilik katsayısı Tablo 3. 2'de gösterilmiştir (Eriç, 2002).

Tablo 3. 2: Pencerelerde kullanılan malzeme ve renklerin yüzeysel emicilik katsayıları (Eriç, 2002).

Renk	**Malzeme**	**α (Yüzeysel Emicilik Katsayısı)**
Beyaz	Mermer, beyaz sıva, metal, alüminyum, alçı, beyaz boya	0,2-0,3
Sarı, turuncu, açık kırımızı	Taş, tuğla, beton, metal, seramik, plastik	0,3-0,5
Açık mavi	Taş, seramik,plastik	0,5-0,7
Koyu mavi	Seramik, boya, plastik	0,7-0,9
Koyu kahve, siyah	Taş, seramik,plastik, boya	0,9-1,0

Kızılötesi ışınlara (IR) maruz kalan bileşenlerin atomlarının daha hızlı hareket etmesiyle malzemenin ve mekânın ısısının artmasına ve bu ısı artışına bağlı olarak bileşenlerde meydana gelen genleşmeler sonucunda çatlama, kırılma ve parçalanma gibi hasarlar oluşmaktadır (Eriç, 2002). Kısa dalga boyuna ve yüksek frekanslı yapıya sahip morötesi (UV) ışınlar kinetik enerjisi yüksek ve girginliği fazla

olmasından dolayı pencere bileşenlerinde farklı bozulmalara sebep olmaktadır. Pencere sistemlerinde güneş etkisi ile oluşan bozulmalar;

- UV ışınlar ahşap malzemenin hücrelerindeki lignin tarafından %80-90, karbonhidratlar tarafından %5-20 ve ekstraktifler tarafında %2 oranında emilme özelliği bulunmaktadır (Fengel ve Wegener, 1984; Hon, 2001; Liu, 1997; Müller vd., 2003; Pastore vd., 2004; Temiz, 2005). Ahşap çerçeve bileşenlerinde UV ışığını emen lignindeki kromoforik grupların modifikasyonu sonucunda sararma daha sonra kahverengileşme görülmektedir. Ekstraktiflerce zengin ahşap malzemelerde kahverengi olmadan önce renkte ağarma gözlenmektedir (Temiz, 2005; Kılıç ve Hafızoğlu, 2007).
- Güneş ışınları ile fotodegrasyona uğrayan ahşap malzemelerde zamanla yüzey erozyonu görülmektedir. Pencere sistemlerinde, güneş etkenlerine karşı koruyucu tabakanın olmadığı süreçte, dış ortamla ilişkili bir yapı elemanı olmasından dolayı doğrudan ve uzun süreli güneş ışınlarına maruz kalmasıyla malzeme yüzeyinde çatlama ya da gevrekleşme gibi bozulmalara sebep olmaktadır (Bozkurt, 2008).
- PVC çerçeve bileşenlerinde ise plastiğin depolimerize olmasıyla malzemede yüzeysel deformasyon, çatlama, çözülme ve renk değişimi meydana gelmektedir (Toydemir vd., 2004).
- Denizlik ve söve malzemelerinde kullanılan kagir malzemelerde güneş etkisiyle ayrışma ve renk değişimleri görülmektedir (Toydemir vd., 2004).
- Pencere bileşenlerinde kullanılan ve UV ışınlarına karşı dayanıklı olmayan boyalarda bağlayıcı özelliğini kaybederek yüzeyden ayrılma ve renklerde solma meydana gelmektedir (Toydemir vd., 2004).

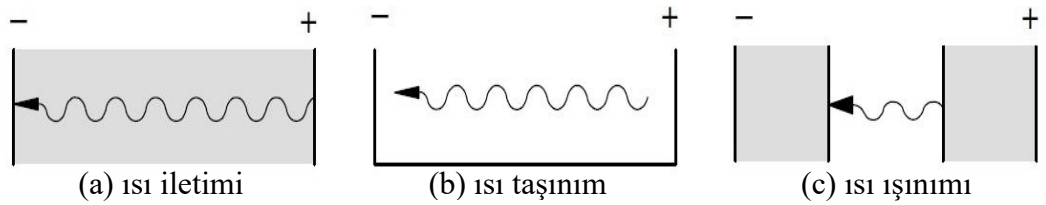
Pencere sistemlerinde biyolojik bozulmalar için nemli ve karanlık ortam koşulları gerekmektedir. Pencere sistemlerinde güneşe maruz kalması sebebiyle özellikle mantar gibi mikroorganizmaların gelişebilmesi için gereken koşullara karşı güneş etkisinin engelleyici bir rolü bulunmaktadır (Bozkurt, 2008).

Isı etkisi ve sebep olduğu bozulmalar:

Pencere sistemleri yapı kabuğundaki yapı elemanları içerisinde en yüksek ısı iletkenlik değerine sahip olması ve bağlantı noktaları ile yapı kabuğunun en zayıf noktası olarak görülmektedir. Bununla birlikte pencerelerdeki saydam yüzeylerin büyüklüğüne ve konumuna göre ısı kayıpları kadar, mekanda ısı artışlarına da sebep olmasıyla yapının ısıtma ve soğutma için kullanılan enerji miktarını arttırmaktadır (Nielsen vd., 2001; Van Den Bossche vd., 2015). Yapılan çalışmalarda soğuk iklimlerdeki yapılarda kullanılan pencere sistemleri ısıtılmış mekandaki ısı kayıplarının % 10 ile 25'inden sorumlu olduğu tespit edilmiştir (Ismail vd., 2009). Konut üzerine yapılan diğer bir çalışmada ise çok katlı konutlarda ısı kayıplarının % 40'ı dış duvarlardan, % 30'u pencerelerden meydana gelirken tek katlı konutlarda ise dış duvarlardan % 25, pencerelerden % 20 olarak belirlenmiştir (Koçu ve Dereli, 2010).

Pencerelerde ısı artışı ya da azalışı güneş ışınımları ile kazanılan ısı değerine, dalga boyuna, yüzey rengine, dokusuna ve malzemenin yansıtma, geçirgenlik ve yutma değerlerine, kalınlığına, kristal ve amorf gibi yüzey morfolojisine ve opak, saydam ya da yarı saydam özelliklerine vb. etkenlere bağlı olarak değişmektedir (Dilmaç ve Tepehan, 1994; Gezer, 2005). Pencere bileşenlerindeki ısı miktarı, bileşenlerindeki atomlarının titreşimi ve kinetik enerjilerinin toplamı olarak kabul edilmektedir. Termodinamik yasasına göre dış ve iç ortam arasındaki pencere yüzeylerinde ve birleşim noktalarında ısı sıcaktan soğuğa doğru geçiş göstermektedir (Eriç, 2002). Bu sebeple pencere sistemlerinde yazın ısı akışı dışarıdan içeri olurken kışın ise içeriden dışarı doğru gerçekleşmektedir.

Isı etkisi, dış ortam sıcaklığı gün ve yıl içerisinde her zaman değiştiği için pencere sistemleri üzerinde sürekli etkili olmaktadır. Pencere sistemleri içinde ısı, sıcak malzemeden soğuğa doğru hareketi ısı iletimi (kondüksiyon), ısı taşınımı (konveksiyon) ve ısı ışınımı (radyasyon) olarak üç şekilde gerçekleşir (Şekil 3. 6).



Şekil 3.6: Isı hareketleri (Herzog vd., 2004).

Isı İletimi (Kondüksiyon): Pencere bileşenlerinde moleküllerin titreşimi sonucunda temas halindeki atomlar ya da moleküller arasında enerjinin yüksek olan alandan düşük alana doğru iletim yoluyla ısı geçişine ısı iletimi denilmektedir. Isı iletimi yoluyla ısı geçişleri atomlarının ya da moleküllerin sıklığı iletim miktarını arttırdığı için en çok katı haldeki cisimlerde görülürken bunu sıvılar daha sonra gazlar takip etmektedir.

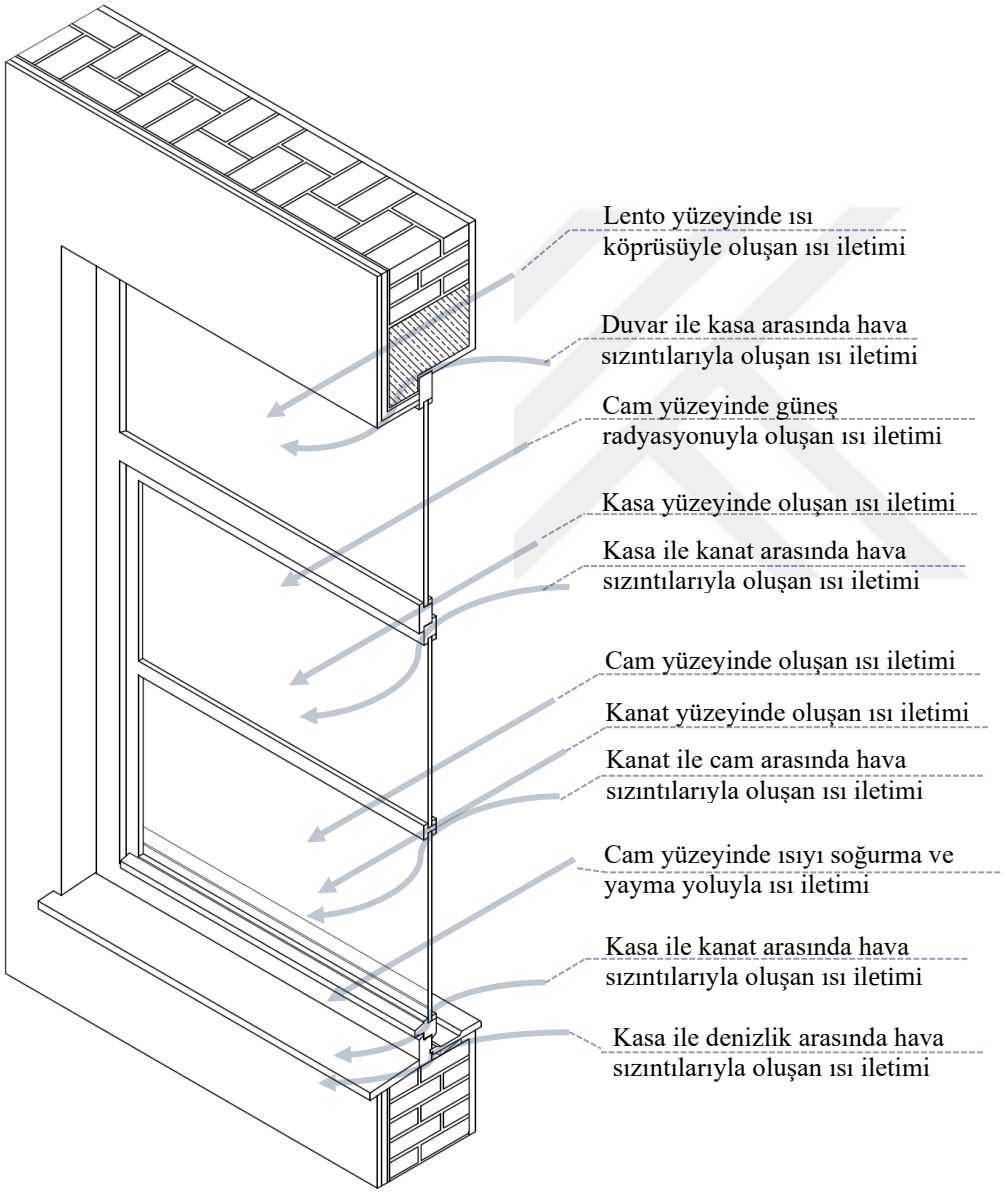
Isı iletiminindeki ısı miktarını etkileyen diğer faktörler sıcaklık farkı, malzemenin kalınlığı, yüzey alanı, süre ve ısı iletim katsayısıdır (Close, 1966; Durmuş, 2006). Isı iletimi pencere sistemlerinde çerçeve yüzeylerinde, cam tabakaları ve cam tabakası arasındaki cam çıtasının iç ve dış yüzeyleri arasında görülmektedir.

Isı Taşınımı (Konveksiyon): Isı taşınımı, sıvı ve gaz gibi akışkanlarda görülen ısı iletim şeklidir. Sıvı ve gaz molekülleri sıcak katı bir cisimle temas etmesiyle enerji aktarımına bağlı moleküllerin ısıl titreşimleri ve hacimleri artmaya başlamaktadır. Moleküllerin hacimlerinin artmasıyla ortama göre daha hafif olduklarında yükselmeye başlayacak ve yükselen molekülün yerine benzer moleküllerin yüzeyden enerji alarak taşınım hareketini devam edilmesiyle enerji yüksek alandan düşük alana taşınmış olacaktır (Toydemir vd., 2004). Isı taşınımı, cam tabakaları arasındaki boşlukta gerçekleşmektedir.

Isı Işınımı (Radyasyon): Isı ışınımında enerji herhangi bir ara taşıyıcı gereksinim duymadan elektromanyetik dalgalar şeklinde ısı iletilmektedir (Eriç, 2002). Isı ışınımları karşılaştıkları yüzey tarafından yansıtılma, soğurma ve geçirme olarak üç durum mevcuttur. Cam yüzeyler yapısal özelliklerine bağlı olarak bazı ışınımları yansıtılırken bazıları emilmektedir. Pencere sistemlerinde meydana gelen ısı hareketleri Şekil 3.7'de gösterilmiştir.

Isı iletimi metaller gibi homojen ve izotropik yapılı malzemelerde görülürken ısı taşınımı ve ısı radyasyonu çok katmanlı yapısal bileşenler dahil olmak üzere tüm diğer malzemelerde gerçekleşebilir. Yapı malzemesi yüzeyi boyunca birim zamanda taşınan enerji miktarı, yüzeyin iki tarafı arasındaki sıcaklık farkına, yüzeyin kalınlığına ve ısı iletkenliğine λ [W/m.K] bağlıdır. Bu üç ısı taşınım olayı toplam enerji transferinde temsil edilme derecesi, malzeme ve malzeme sıcaklığına bağlı olarak değişir. Pencere sistemlerinde ise ısı akışlarını inceleyebilmek için tek boyutlu

ısı akışı ya da çok boyutlu ısı akışına air izoterm diyagramı kullanılmaktadır. İzotermler Sonlu Elemanlar Metodunu (FEM) kullanan bilgisayar programları aracılığıyla hesaplanabilmektedir. İzotermik hesaplamalar ile termal köprüleri değerlendirmesi, yoğuşma tahminleri ve yüzeysel ısıların belirlenmesi için kullanılabilir (Cremers, 2016). Pencere sistemlerinde ısı etkisiyle oluşan bozulmalar ısı kayıp ve kazancına bağlı olarak ısısal hareketlere ve ısı köprülerine sebep olmaktadır.



Şekil 3.7: Pencere sistemlerinde ısı kayıplarının yaşandığı alanlar (Baker (2012)'den uyarlanmıştır).

Isısal hareketler: Yapı malzemelerinde sıcaklığın artmasıyla boyca uzama ya da hacimce genleşme gösterilirken sıcaklığın düşmesi durumda ise boyca kısalma ya da hacimce büzülme meydana gelerek pencere bileşenlerinde ısısal hareketlere bağlı çatlama, kırılma, mekanik dayanımda azalma gibi bozulmalar görülmektedir.

Isısal genleşmede malzemenin yapısında meydana gelen iç gerilmeler ısı değişim hızına ve ısı iletkenlik değerleri ile bağlantılıdır. Yüksek ısı değişimlerinde ya da ısı iletkenliğine sahip malzemelerde daha fazla ısısal deformasyon görülmektedir (Coşkunsu, 1990). Sıcaklık değişimleri nedeniyle yapı malzemelerinde gerçekleşen doğrusal uzaması aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanabilir (Cremers, 2016). Tasarım aşamasında ısısal genleşme katsayıları birbirine yakın malzemeler kullanılmalı ya da farklı genleşmelere izin verecek detay çözümleri yapılmalıdır.

$$\Delta L = \alpha T.\ L_0.\Delta T$$

ΔL:Çubuğun doğrusal uzaması[mm/m] αT:Doğrusal genleşme katsayısı [1/K]

L_0 :Çubuğun başlangıç uzunluğu [m] ΔT:Sıcaklık farkı [K]

Isı Köprüsü: Literatürde ısı köprüleri, yapıya göre daha çok yüksek ısı akışına sahip alanlar olarak tanımlanmaktadır (Cremers, 2016). Yapı elemanlarındaki ortalama ısı akışının (Nalcıoğlu, 1997);

- Yapı bileşenlerinden yüksek ya da farklı ısı iletkenlik değerine sahip malzemelerin kullanılması,
- Isı yalıtımının eksik ya da uygun olmayan kalınlıklarda uygulanması,
- Yapının geometrisine bağlı olarak iç ve dış yüzey büyüklüklerinin farklı olması gibi sebeplerle izoterm eğrilerinin dikliğinin bozulduğu alanlarda ısı köprüleri oluşmaktadır.

Geometrik ısı köprüleri yapının dış mekan ile ilişkili köşelerde sıcak iç yüzey alanlarının soğuk dış yüzey alanlarına göre daha küçük olmasından dolayı bu alanlarda ısı kayıpları daha fazladır. Pencerelerde geometrik ısı köprüleri daha çok köşe pencerelerinde görülmektedir. Yapısal ısı köprüleri ise yapı sistemi içindeki farklı ısı iletkenlik katsayısına sahip bileşenler arasında ısı akışının yaşanmasıyla ortaya çıkar. Bazen de ısı köprüleri ısı yalıtımının yüzey boyunca kesintiye uğraması ve uygulanan bölge ile diğer alan arasındaki ısıl iletkenlik değeri yüzünden ısı

kayıpları yaşanmaktadır. Isı köprülerini azaltabilmek için kullanılan malzemelerde ısı iletkenlik katsayısı düşük elemanlar tercih edilmeli ve doğru ısı yalıtımı uygulanmalıdır.

Pencere sistemlerinde ısı etkisi ile oluşan bozulmalar;

- Duvar boşluğuna ısısal genleşmeye izin verecek uygun boyutlarda pencere monte edilmemesi ya da duvar ile kasa arasında elastik dolgu malzemelerinin kullanılmamasından kaynaklı çatlama, kırılma ve çerçevede mekanik dayanımının azalması,
- Çevresel koşullara ve mekânın ihtiyaçlarını göz ardı edilerek yanlış cam seçimi, uygun olmayan boyutlarda pencere tasarımı gibi insan kaynaklı hatalardan dolayı mekânda ısı kayıp ve kazançlarından ötürü malzemede oluşan genleşmeye bağlı çatlama, kırılma vb. bozulmalar ve ısıl konfor sorunlarının oluşması,
- Isı köprülerine bağlı olarak iç yüzeylerde yoğuşma görülmesi,
- Isı köprüsüyle oluşan yoğuşmaya bağlı estetik, biyolojik ve yapısal bozulmaların görülmesi ve kullanıcı sağlığını olumsuz etkilemesi,
- Cam bileşeninde ısısal genleşmeye izin verecek şekilde monte edilmediğinde yüzeyde oluşan kılcal çatlamalardan dolayı cam tabakaları arasında buğulanma ve performans kayıpları görülmesi,
- Denizlik bileşeninde doğru malzeme seçimi ve detay çözümü yapılmadığı zaman ısı köprüsü olarak çalışarak ısı kayıplarına sebep olmaktadır.

Su ve nem etkisi ve sebep olduğu bozulmalar:

Su doğada yeraltı, yerüstü ve atmosferdeki nem olmak üzere üç şekilde bulunmakta ve hava sıcaklığına ve ortamdaki nem miktarına göre pencere sistemlerine katı, sıvı ve gaz olarak üç fazda da etkili olmaktadır (Eriç, 2002).

Su etkisi: Suyun dış duvarlarda ve pencere sistemlerindeki etki alanları yağış halindeki suyun rüzgâr ile itilmesiyle oluşan çarpma suyu, yağmur suyunun zemine çarpmasıyla sıçrama suyu, geçirimsiz topraklarda ya da yanlış konumlandırılmış yapılarda yüzeyde biriken yüzey suları olarak etkilemektedir. Dış duvar ve pencere sistemlerine etki eden suların pencere sistemlerine girişini sağlayan kuvvetler dört gruba ayrılmaktadır.

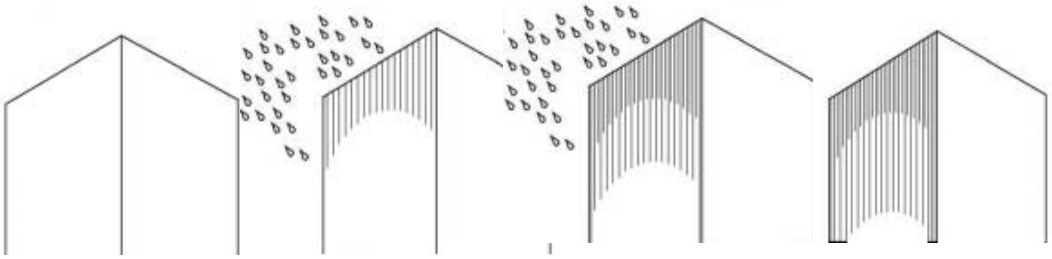
Yer çekimi kuvveti: Cepheye gelen suların yer çekimi etkisiyle düşey olarak akmasına sebep olan kuvvettir.

Kinetik enerji: Yağmur sularının rüzgar kuvveti ile kinetik enerji kazanarak yatay düzlemlerde tutunarak yatay düzlemde ilerlemesini sağlayan kuvvettir.

Kılcal hareket (Kapiler kuvvet): Kapiler emicilik, malzemenin herhangi bir yüzeyi ile etkileşim halinde bulunan suyu, bir basınç olmaksızın içine alarak kılcal kanalları aracılığıyla herhangi bir doğrultuda yükseltmesi hatta yatay olarak hareket ettirmesidir. Su geçirgenliğinin aksine, kılcal boruların çapları ne kadar küçükse, suyun kapilarite ile malzeme içine girmesi ve malzeme içinde ilerlemesi o kadar kolay olur (Umaroğulları, 2011).

Basınç farkıyla oluşan yüzey gerilimi kuvveti: Yağmur sularının yüzey boyunca yerçekimi ile ilerlerken malzemeler arasındaki basınç farkı ile hareket ederek yapı içine geçmesini sağlayan kuvvettir.

Cephelerde su etkisi, yüzeysel ıslanma ve su emme olayı olarak iki şekilde gerçekleşmektedir. Yağmur etkisi pencere sistemlerinde tek başına etkisi sınırlı olurken sağanak yağışlarla birlikte havanın rüzgârlı olmasıyla yağış suları pencere sistemleri üzerinde ıslanmayla birlikte istenmeyen su girişlerine sebep olmaktadır. Rüzgârın etkisi yüksek katlı yapılarda yüksekliğin artmasıyla etkisini arttırdığından dolayı üst katlardaki etkisi az katlara göre daha fazla olmaktadır (Şekil 3. 8).



Şekil 3. 8: Cephede yüksekliğe bağlı yüzeysel ıslanma etkisi (CMHC, 1999).

Su emme olayı, alt yüzeyin kapiler güçleri yer çekimi kuvveti, rüzgâr basıncı, yağmur damlalarının kinetik enerjisi ve hava akımı ile gerçekleşir. 0.001 ile 0.5 mm arasındaki çatlaklar kapiler etki oluşurken 0.1 ve 0.2 mm arasındaki çatlaklarda kapiler kuvvetlerin su emilmesine etkisi rüzgârın etkisi kadardır. Çatlaklar daha büyük ise rüzgâr basıncının etkisi daha fazla olmaktadır (Coşkunsu, 1990). 4 mm

kadar olan çatlaklarda rüzgâr etkisi, suyun içeriye ilerlemesine sağlarken daha geniş çatlaklarda su filmi dağılır, bir basınç dengelemesi oluşur ve böylece suyu duvara iten kuvvet yok olur. Böyle geniş çatlak ve yarıklara su, yerçekimi kuvveti ile çekilir. Genişliği 4 mm'den fazla olan çatlaklara yağmur suyu, kinetik enerji sayesinde girebilir. Geniş açıklıklar ve yarıklarda bir hava basıncı düşüşü olduğunda ise (pencere derzleri ve sızdıran pencere kasalarında olduğu gibi) hava akımı sonucunda su sızar (Kiper, 1992).

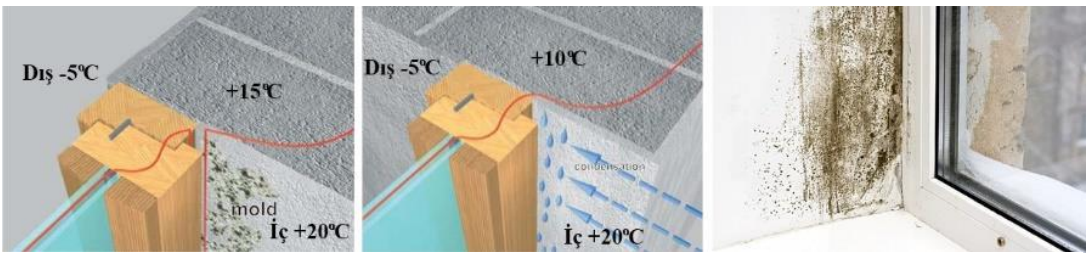
Pencere sistemlerinin su emmesi kullanılan malzemenin dokusu, gözenek yapısı, su buharı geçirgenliği ve emme derecesine vb. yapısal özelliklerine bağlıdır. Pencerelerindeki malzemenin ıslanabilirliği, adhezyonun (yüzeyle su arasındaki elektriksel çekim kuvveti) kohezyondan (su moleküllerinin kendi atomları veya moleküllerinin elektrik yükleri) daha fazla olduğu durumlarda gerçekleşmektedir. Pencere bileşenleri ıslanma sonucunda malzeme bünyesindeki boşlukların hacminin artmasıyla şişme olayı gerçekleşirken bünyesindeki suyun kurumasından sonra büzülme olayı gerçekleşmektedir. Şişme ve büzülme sırasında malzemede çatlakların oluşması veya var olan çatlakların genişlemesine sebep olmaktadır (Gezer, 2005).

Nem Etkisi: Havada iç ve dış ortam etkenlerine bağlı olarak her zaman belirli miktarda su buharı bulunmakta ve birim hacimdeki su buharı miktarına (g/m^3) mutlak nemlilik denmektedir. Her sıcaklık değerinin belirli su buharı taşıma kapasitesi bulunmakta ve 1 m^3 hava içerisinde taşıyabileceği maksimum su buharı miktarı doygun/doymuş nemliliği olarak ifade edilmektedir. Doygun nemliliğinin, mutlak nemliliğe oranı ortamın bağıl nemini % olarak vermekte ve bağıl nem, belirli bir sıcaklıktaki havanın içindeki su buharı ağırlığının, aynı sıcaklıkta ve aynı miktardaki havada bulunabilecek azami su buharı ağırlığına oranının yüzde olarak ifadesidir. Mekân içerisindeki hava sıcaklığı ve bağıl nem miktarı yapı fiziği, kullanıcı sağlığı ve konforu açısından önemlidir. Mekân sıcaklığı 18 ile 20°C arasında iken bağıl nemi miktarı %50 den aşağı olduğunda kuru, %50 ile %60 arası normal, %60 ile %75 arası nemli ve %75' den fazla olduğunda ise ıslak olarak ifade edilmektedir. Kullanıcı için kaliteli iç hava koşulları için mekân sıcaklığın 19 ile 23°C arasında tutulması ve bağıl nem miktarının %40 ile 60 aralığında olması gereklidir (Özer, 1996; Kuşaslan, 2007).

İç ortam nem değerini uygun düzeyde tutabilmek için yapı kabuğunun tasarımında iç ortam ile dış ortam arasında su buharını geçişine izin verecek şekilde tasarlanması gerekmektedir. Yapılarda iç ve dış ortam arasında sıcaklık farkından dolayı basınç farkı oluşmasıyla su buharı basıncın yüksek olduğu ortamdan düşük olduğu ortama yapı elemanlarının içinden geçmeye çalışacaktır. Buhar difüzyonu geçişi kışın ısıtılan binalarda iç ortamdan dış ortama doğru olurken yazın ise dış ortamdan soğutulan iç ortama doğru geçmektedir (Ertaş, 2001). Hava, ısı köprülerinin görüldüğü alanlarda sıcaklık çiy noktasının altına düştüğünden su buharı bu alanlardan geçtiğinde yoğuşma meydana gelmektedir. Eğer çiy noktasının altına düşen sıcaklıktan etkilenen alan iyi havalandırılırsa ve sıcaklık kısa bir süre için düşmesiyle hava nemi hızlıca emebilecektir (Cremers, 2016). Yapı elemanları içindeki nem hareketi infiltrasyon, kapilarite etkisi ve buhar difüzyonu olarak üç şekilde gerçekleşmektedir (Ertaş, 2001).

- *İnfiltrasyon*: Sıcaklık farkları ya da mekanik havalandırma etkisiyle iç ortamdaki nemli havanın pencere sistemlerindeki boşluklara ya da çatlakların içerisine girmesi ve orada yoğuşarak suyun boşlukta birikmesi veya eğim doğrultusunda sızmasıdır.
- *Kapilarite etkisi*: Gözenekli yapı malzemelerinin su emmesiyle suyun kılcal kuvvet ile düşey olarak hareket etmesi ve malzeme yüzeyinde buharlaşmasıdır.
- *Buhar difüzyonu*: Su buharının yüksek basınçtan düşük basınca yapı elemanlarının içerisinden geçmesine denir.

Nem etkisi ise duvar ve pencere sistemlerinde yoğuşma (kondansasyon) ve terleme sorunları ile ortaya çıkmaktadır (Şekil 3. 9). Terleme olayı, yapı elemanının yüzeyinde ısı düşmesi ile bünyesindeki su buharının su haline dönüşmesiyle meydana gelmektedir (Kiper, 1992). Yoğuşma ise, havanın içindeki su buharının, ortam sıcaklığı ve bağıl nem miktarına bağlı olan terleme sıcaklığından daha düşük sıcaklıktaki bir yüzeye temas etmesi sonucu gaz halinden sıvı hale geçmesidir (Böke, 2015).



Şekil 3. 9: Pencere ve duvar arasında oluşan nem sorunları (URL-10).

Pencere sistemlerinde su ve nem etkisi ile oluşan bozulmalar;

- Pencere sistemlerinde kullanılan ahşap malzemelerde ortamın bağıl nemine göre higroskopik sınırlar içinde su alışverişi ile genişleme ve daralma gerçekleşmekte ve literatürde bu olay "ahşabın çalışması" olarak ifade edilmektedir. Ahşap malzemelerdeki nem miktarı arttıkça direnç ve elastikiyet özellikleri azalmakta ve malzemede çatlamalar meydana gelmektedir. Ahşap malzemede nemin %1 oranında artması durumunda basınç direncinde %5, eğilme direncinde %4, çekme direncinde ise % 3 oranında azalma görülmektedir (Bozkurt vd., 1993).
- Ahşap malzemelerde nemin artmasıyla mantar, böcek ve bakteri gibi mikroorganizmaların yaşayabilmesi için ideal ortam oluşmakta ve biyolojik bozulmalar oluşmaktadır (Bozkurt, 2008).
- Pencerelerdeki metal bileşenlerde de nem etkisiyle birlikte korozyon olayı meydana gelmektedir.
- Yapı malzemelerinin ıslanma sonucunda ısı iletkenlik katsayıları artması mekan içinde ısıtma ve soğutma yükünü arttıracağı gibi kullanıcı konforunu da azaltmaktadır (Toydemir vd, 2004).
- Su, pencere bileşenlerinin bünyesine girdiğinde hava sıcaklığında ani bir düşüş görüldüğünde su donmaya başlar. Suyun donma sırasında hacminde yaklaşık %9'luk artış görülmesiyle malzeme içinde iç gerilmelere bağlı çatlama ve kırılma meydana gelmektedir (Cilason ve Aksoy, 2000). Sıva gibi malzemelerin altında su donarsa yüzeyde kabarma ve dökülme görülmektedir.
- Pencere sistemlerinin su emmesiyle birlikte şişme görülürken kuruma evresinde ise bünyesindeki suyun daha fazlasını kaybederek büzülme olayı

meydana gelmektedir. Şişme ve büzülme olayları sonucunda pencere sistemlerinde çatlaklar meydana gelir ve var olan çatlaklarda genişlemektedir.

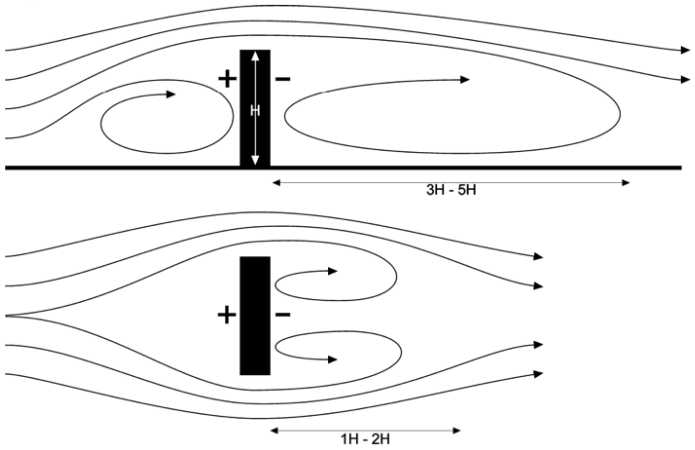
- Yüzeysel ıslanma veya hidrostatik basıncın artması durumunda kaplamanın adezyonunun azalmasıyla kabarmalar oluşabilmektedir. Atmosferdeki sülfür dioksit (SO_2), nitrojen oksit (NO_2) ve klorürler gibi asidik gazlar, havada bulunan su molekülleriyle birleşmesi durumunda organik malzemenin bozulmasına, ayrışmasına neden olmaktadır (Gezer, 2005).
- İç ortamın nem miktarının artması ve duvar ile kasa arasındaki yüzeylerde yoğuşmanın meydana gelmesiyle küf ve mantar gibi biyolojik bozulmalar görülmektedir. Bu bozulmalar kullanıcı konforunu ve sağlığını olumsuz etkilemektedir.
- Pencere yüzeylerinde oluşan nemlilik ile havadaki kirletici bileşenlerin pencere yüzeyine yapışmasıyla kirlenmeye sebep olmaktadır.
- Malzemenin buhar difüzyon direncinin azalmasıyla duvarda taşınan nem miktarı artmaktadır (Erkal, 2009).
- PVC pencerelerde çerçevenin denizlik ve duvar yüzeylerine tespit profili kullanılmadan doğrudan vida ile tespit edilmesi durumunda pencere sisteminde oluşan su sızıntılarıyla destek sacı korozyona uğramaktadır.
- Denizlik elemanında dışa doğru eğim verilmediğinde ya da kasa ile denizlik arasındaki ilişki doğru çözülmediğinde, su sızıntıları ile çerçeve ve duvar bileşeninde bozulmalar görülmektedir.
- Pencerenin parapet ve yan duvar yüzeyinde kullanılan malzemelerin yapısında tuz bulundurması ve gözenekli yapıya sahip olması durumunda yağmur suyunun temas ettiği malzemelerin yapısındaki tuzların suda çözülmesi ve yağmur suyunun zamanla buharlaşmasıyla birlikte cephelerde çiçeklenmeye bağlı estetik değer kayıpları yaşanmaktadır.

Rüzgâr etkisi ve sebep olduğu bozulmalar:

Atmosferin alt katmanlarına ulaşan güneş ışınımları ile hava ısınmaya ve yükselmeye başlayarak atmosferin değişik bölgelerinde alçak ve yüksek basınç merkezleri oluşturmaktadır (Toydemir vd., 2004). Atmosferde sıcak ve yüksek basınçlı alanlardan soğuk ve düşük basınçlı alanlara doğru havanın hareket etmesiyle rüzgâr

oluşmaktadır. Rüzgârın hızında basınç farkı belirleyici olurken rüzgârın yönüne ise basınç bölgeleri etkili olmaktadır (Karagözlü, 2006).

Rüzgâr yapıya dik olarak geldiğinde yapının üstüne ve çevresine doğru esiş düzenini değiştirir. Şekil 3. 10'daki gibi rüzgâr yönündeki yapı yüzeyinde (+) yüksek basınç, arka yüzeyinde ise (-) düşük basınç alanlarının oluşmasıyla yapı çevresinde emme kuvvetiyle rüzgâr gölgesi olarak adlandırılan, burgaç alanları görülür (Özdeniz, 1979; Uzun, 1997). Rüzgârın yapılar üzerindeki etkilerini statik ve dinamik olarak ikiye ayrılır. Rüzgâr etkisinin yapıların üzerindeki alanı, rüzgârın esiş hızı ve doğrultusu, binanın geometrisi, yapının yüksekliği ve çevresindeki yapıların konumu gibi birçok parametreye göre değişmektedir.



Şekil 3. 10: Bina yüzeyinde rüzgârın oluşturduğu basınç alanları (URL-11).

Rüzgâr etkisi ile yapılarda hava ve su sızıntılarının oluşmasını önlemek için belirli standart ve yönetmelikler uygulanmaktadır. DIN EN 12207 "Pencereler ve kapılar – Hava geçirgenliği" gibi çeşitli standartlar ve düzenlemeler ile bina açıklıklarında hava geçirgenliği ve derz/birleşim noktalarının geçirgenliğine ilişkin bilgiler verilmiştir. Pencere sistemleri ile bir yandan hava sızdırmazlığı sağlanılmaya çalışılırken öte yandan pencerelerden asgari hava değişim oranına (hijyen sağlamak için) ihtiyaç duyulmaktadır. DIN 4108-7'e göre dış duvar yapısal bileşenleri arasındaki bağlantıların hava geçirmez olacak şekilde yapılması gerekmektedir. Her iki yapısal bileşenin ve birleşimlerinin hava geçirmezliği, DIN EN 12114 standardına göre laboratuvar ortamında yapılırken Blower door testi ile bina kabuğunun yerinde hava sızdırmazlık değerinin ölçümü yapılabilmektedir. Bu yöntemde tüm bina kabuğunun hava geçirmezliğinin ölçümü yapılırken yapısal derz ve birleşim

noktalarında tek tek değerlendirme yapılamaz. Mekanın kullanıma bağlı olarak, hava değişiminin uygun koşullarda sağlanmaması durumunda ya da çok yüksek hava sızdırmazlığı olan mekanlarda nem oranı yüksek olmaktadır (Cremers, 2016).

Pencere sistemlerinde rüzgâr etkisi ile oluşan bozulmalar;

- Kasa ile duvar, kasa ile kanat, kanat ile kanat ve kasa/kanat ile cam gibi bileşim noktalarında rüzgâr etkisiyle hava sızıntıları artmaktadır.
- Rüzgârla itilen su sebebiyle bileşenlerde kabarma, dökülme, şişme vb. bozulmalar görülmektedir.
- İstenilmeyen hava girişlerinde iç ortam sıcaklığı sıcak günlerde artarken soğuk günlerde azalmasına sebep olmasıyla genleşme bağlı bozulmalar, yoğuşma gibi etkiler görülmektedir.
- Atmosferde yanma sonucu oluşan bazı partiküller hava akımlarıyla birlikte pencere açıklıklarından, çatlak ve deliklerden yapılara girmesiyle pencerelerde istenilmeyen is tabakaları oluşmaktadır (Tüz, 1996).

3.2.1.2 Kimyasal etkiler

Pencere sistemlerine etkileyen güneş ışınımı, korozyon, yangın ve çeşitli atmosfer etkileri sonucu ortaya çıkan kimyasal etkiler malzemenin iç yapısında veya yüzeyinde bozulmalara sebep olmaktadır. Yangın etkisi hariç diğer kimyasal olaylar, uzun bir süreç sonucunda görüldükleri için malzemede veya strüktürde ani çökmelere ve bozulmalara yol açmazlar (Eriç, 2002). Tez kapsamında pencere sistemlerinde görülen korozyon ve atmosferik etkiler incelenirken yangın etkisi kapsam dışında bırakılmıştır.

Korozyon etkisi, metal malzemelerinin yapısal özellikleri ve bulundukları ortamın etkisi ile süreye bağlı olarak pencerelerin metal aksamlarında meydana gelen kimyasal bozulmalardır. Metallerdeki korozyon sonucunda yüzeysel aşınma, noktasal çiçeklenme ve derinlemesine çatlamalar olmak üzere 3 tür bozulma olarak görülmektedir. Metal korozyonu (Eriç, 2002);

- İki metalin birbirine değmesi sonucu oluşan korozyon, (Metal yüzeyinin farklı doku olması, aynı yüzeyde farklı işlemlerin uygulanması ya da yüzey

üzerinde farklı havalandırmaya maruz kalmasıyla oksijenin etkili olduğu yerlerde yarık, çukur ve gözenekli noktalara oluşmaktadır.)

- Kristaller arası meydana gelen korozyon, (Metal kristallerinin anot ve katot ayrılmasıyla metallerde/alaşımlarda gözle görünmeyen ve kristal sınırları boyunca derin çatlaklar oluşmasına sebep olur.)
- Dış alaşımlardan meydana gelen korozyonlar, (Doğru akımın metal malzemeden çıktığı elektrik santralleri, elektrikli araç veya iletişim ünitelerinde görülür.)

Pencere sistemlerinde kimyasal etkilerle oluşan bozulmalar;

- Havada kirletici bileşenler yapı bileşenlerinde kirlenme, çiçeklenme, erime ve çözülme vb. bozulmalara sebep olmaktadır (Eriç, 2002). Kirletici bileşenlerle metaller üzerinde korozyon etkisine sebep olabilir.
- Asit ve alkali çevre koşulları ahşap malzemelerde önce ahşabın hemiselüloz yapısını bozmakta, sonra selüloz moleküllerin kısa parçalar halinde kırılmasıyla ahşap malzemeleri daha kırılgan hale getirmektedir. Bu bozulma, selüloz ve hemiselülozca daha zengin olan kapalı tohumlularda daha etkilidir (Ridout, 2004; Bozkurt, 2008).
- Yapı bacalarından, otomobil egzozlarından atmosfere verilen CO_2 ve SO_3 gazları yağmurlu ve sisli havalarda H_2CO_3 ve H_2SO_4 olarak pencere ve duvar sistemlerine etki etmektedir. Bu asitler güçlü elektrolitler oluşturma özelliğiyle metal tespit elemanlarında, denizlik ve çerçeve gibi bileşen yüzeylerinde korozyon oluşumunu hızlandırır (Kiper, 1992).
- Pencerelerin tespit bileşenlerinde, açma ve kapama mekanizmalarında oluşan korozyon, tamamlayıcı bileşenlerin sağlamlığını azaltıp çatlamalarına sebep olmaktadır.
- PVC çerçevelerde kasanın vida ile doğrudan denizliğe tespit edilmesi yönteminde; tespit vidasının korozif bileşenlerle temas etmesinden dolayı destek sacında korozyon meydana gelmesine ve performans kaybına sebep olmaktadır.
- Alüminyum çerçevelerde koruyucu tabakanın çizilmesi ya da bozulmasına bağlı çerçevede korozyon görülürken mekanik dayanımı azalmaktadır.

3.2.1.3 Biyolojik etkiler

Pencere sistemlerinde kullanılan mermer, tuğla ve beton gibi kagir ve ahşap malzemelerde bakteri, mantar, termit, böcek ve bitki gibi biyolojik etkenlerden kaynaklı biyolojik bozulmalar meydana gelmektedir. Biyolojik etkenlerinin her biri etkilediği malzeme türünde farklı bozulma anomalisine sebep olduğu için teşhisin doğru yapılması müdahale aşaması için önemlidir.

Bakterilerin ahşap üzerindeki tahribat etkisi mantar ve böcek gibi biyotik canlılara göre daha azdır. Bakterilerin tahribat etkisi, nem miktarının yüksek olduğu ortamlarda artmaktadır. Ahşap malzeme üzerinde bakteriler hücre çeperi ve selüloz mikrofibrilleri üzerindeki tahrip edici etkileri ile malzeme yüzeyinde erozyon gibi aşındırıcı etki göstermektedirler (Holt, 1983). Bakteri tahribatları ahşap malzeme yüzeyinde koyu renkli lekeler oluşturmaktadır (Bozkurt, 2008). Taş malzemelerde bakteri etkisi ise mikrobiyal çoğalma özelliği daima taşın ortalama ağırlık kaybına yol açar. Taşlarda toz halinde parçalanma ve pul pul dökülme olarak görülmektedir (Dolar ve Yılmaz, 2014).

Mantar tahribatına uğrayan ahşap malzemede; ahşabın su alıp verme kabiliyeti (higroskopisite), mekanik ve fiziksel özellikleri etkilenmektedir. Renk değişimi, odun strüktüründe değişmeler, malzemenin direncinde, ağırlığında ve sertliğinde azalmalar meydana gelmektedir. Ahşabın geçirgenliği ve rutubet alışverişi karşısında gösterdiği davranışları değişmektedir. Beyaz çürüklük mantarları, yapılarda kahverengi çürüklük mantarına oranla daha iyi gelişebilmektedir. Özellikle ahşap pencerelerin dış bölümleri ve çatı gibi neme maruz kalan iç yapı elemanlarında yaygın olarak görülmektedir (Ridout, 2004; Bozkurt, 2008). Mantarlar taş yüzeyinde bulunan mevcut mikrobiyal atıkları, metabolik ara ürünleri ve depolama malzemelerinden gelen polisakkaritleri kullanırlar. Taş duvar ve denizlik gibi yüzeylerde mantarlar renk değişimine ve kararmalara sebep olur (Dolar ve Yılmaz, 2014).

Kurt, beyaz karınca ve böcekler ahşabın bünyesinde bulunan selülozdan beslenir ve tüm yaşamlarını ahşabın içerisinde geçirirler. Bu hayvanlar ahşapta birçok kanal açarak ahşabın gözenekli bir yapı almasına ve zayıflamasına neden olurlar.

Dolayısıyla zamanla ahşabın kesiti azalır ve mukavemeti zayıflar (Şimşek, 2003; Yaman, 2007).

Pencere sistemlerinde kullanılan ahşap malzemelerde etkili olan diğer bir organizma ise termitlerdir. Termitler, ahşabın selüloz yapısı ile beslenerek malzemenin dış yüzeyinde fark edilmeden içten ufalanmasına sebep olmaktadır. Bu sebepten termitler erken evrelerde fark edilmemektedir (Beal, 1984; Bozkurt, 2008).

Pencere sistemlerinde biyolojik etkilerle oluşan bozulmalar;

- Ahşap malzemelerde bakterilerden dolayı yüzeyde erozyon ve koyu renkli lekelerin oluşması,
- Denizlik, söve gibi kagir bileşenlerde bakteri etkisiyle parçalanma, pul pul dökülme ve renk değişiminin görülmesi,
- Ahşap bileşenlerde mantar etkisiyle renk değişimi ve mekanik dayanımının azalması,
- Denizlik, söve gibi kagir bileşenlerde mantar etkisiyle renk değiştirmesi ve kararması,
- Ahşap bileşenlerde kurt, beyaz karınca ve böcekler etkisiyle kesitinin azalması ve mukavemet kaybının görülmesi,
- Ahşap bileşenlerde termit etkisiyle ufalanma ve mukavemet kaybı görülmektedir.

3.2.1.4 Mekanik etkiler

Yapı malzemelerinde yapısal ya da çevresel etkenlerden kaynaklı basınç, çekme, kesme gibi kuvvetlerin etkisiyle aşınma, rötre, sünme, sarkma ve oturma gibi mekanik bozulmalar meydana gelmektedir.

Aşınma, yapı malzemelerinde sıcaklık farkı, rüzgâr ve su gibi etkilerin malzemenin sertliğine bağlı olarak yüzeyinde meydana getirdiği kopma ve parçalanmaya bağlı mekanik bozulmalara denir (Eriç, 2002). Kagir malzemelerde aşınmanın derecesi ve türü, bulunduğu iklim ve coğrafi koşullara göre değişiklik göstermektedir. Fiziksel aşınma buharlaşmanın çok, yağışın az olduğu kurak bölgeler ve deniz kıyılarında görülürken kimyasal aşınma ise yağışın fazla ve sıcaklığın yüksek tropik bölgelerde etkilidir. Günlük ya da yıllık sıcaklık farklılıkları olduğu yerlerde küçük çatlaklara

giren su ve tuzların buz haline ya da kristal hale gelmesiyle malzemede kırılma ya da ufalanmaya sebep olurlar (Aslan, 2012).

Ahşap malzemelerde rüzgâr, şiddetli yağışlar gibi çeşitli atmosferik olayların aşındırma etkisi ile ahşap yüzeyinde erozyon meydana gelmektedir. Ahşap yüzeyindeki aşınma, ahşabın daha yumuşak olan ilkbahar odununda daha hızlı ve daha fazla etkili olmasıyla bu katman daha çukur iken yaz odunu tabakası ise daha yüksek kalarak yüzeyde girintili çıkıntılı bir görünüm oluşturmaktadır (Bozkurt, 2008).

Rötre yapı malzemelerinde kuruma sırasında su kaybı nedeniyle oluşan hacimsel küçülmeye denir. Duvar yüzeylerinde ve ahşabın koruyucu yüzeylerinde yağışlardan ve buhar difüzyonuna bağlı olarak kabarmalar yaşanırken ahşap doğramalarda rötreden kaynaklı çatlamalar görülmektedir.

Sarkma, yapı bileşenlerinin tek ya da iki noktadan tespit edilmiş ve zamanla kendi ağırlığından, tespit bileşeninden ya da kullanıma bağlı etkenlerden dolayı yerçekim kuvveti yönünde yaptığı konum değişimine sarkma denir. Pencere sistemlerinde genellikle kanat bileşenlerinde görülmektedir.

Yapılarda belirli zamanlarda zemin özelliklerine bağlı olarak meydana gelen oturmalar duvarın en zayıf bölgelerinden olan pencerelerde çatlamalara sebep olmaktadır.

Pencere sistemlerinde mekanik etkilerle oluşan bozulmalar;

- Ahşap çerçeve bileşenlerinde rötre etkisiyle çatlamalar, var olan çatlaklarda da genişleme ya da kırılma görülmesi,
- Pencere kanatlarında meydana gelen sarkma ile kanat hareketlerinin zorlaşmasına ve kapanma sorunlarının oluşması,
- Zemin hareketi ve sıkışması ile oluşan oturma etkisiyle pencere köşelerinde basamak şeklinde çatlamalar görülmesi,
- Aşındırıcı etkisi yüksek olan bölgelerde yanlış malzeme kullanımına bağlı denizlik, söve gibi bileşenlerde ve ahşap çerçeve bileşenlerinde yüzeysel erozyon oluşması vb. bozulmalar görülmektedir.

3.2.2 İnsan kaynaklı etkenler ve oluşturduğu bozulma türleri

Pencere sistemlerini servis süreleri boyunca etkin kullanılabilmesi için çevresel etkenlere uygun tasarlanması, standartlara uygun şekilde üretimi, uygun koşullar altında yapıya monte edilmesi ve kullanım süreci boyunca kullanıcıların gerekli bakım ve onarım müdahalelerinin yapılması gerekmektedir. Pencerelerin yaşam döngüsü boyunca herhangi bir adımında yapılan hata, servis boyunca diğer adımları etkileyerek istenilmeyen performans kayıplarına, kullanıcı memnuniyetsizliğine, malzeme ve enerjinin gereksiz tüketimine sebep olmaktadır. Bu bölümde pencerelerde insanların ihmalleri ya da fark etmeden yaptıkları hatalar proje ve tasarım hataları, üretim hataları, uygulama hataları ve kullanım hataları olarak dört bölümde incelenmiştir.

3.2.2.1 Tasarım hataları

Pencere sistemleri cephe üzerinde iç ve dış ortam arasında saydam bileşeni olarak çevresel koşullara ve kullanıcı faktörlerine karşı mukavemet sağlaması, kullanıcı konfor koşullarını karşılaması ve mekanın özelliklerine bağlı performans gereksinimlerini uygun tasarlanması gerekmektedir. Tasarım aşamasında yapılacak hatalar kullanım süresini, kullanıcı sağlığını, malzeme ve hammaddenin gereksiz tüketimi vb. olumsuz etkilere sebep olmaktadır. Pencere sistemlerinde yapılan tasarım hataları; yapının bulduğun coğrafi, iklimsel özellikleri, mekânın kullanım amacı, kullanıcı profili vb. tasarım parametrelerine uygun olmayan malzeme seçimi ve detay çözümü olarak iki alanda incelenmiştir.

- Pencere sistemlerinde tasarım aşamasında yapılan detaylandırma hataları;
    - Ofis, okul, konut vb. yapı tipolojilerindeki kullanıcı profiline uygun olmayan pencere boyutları ve kanat düzenlerinin seçilmesi,
    - Duvar boşluğuna uygun boyutlarda pencere seçilmemesi,
    - Pencerelerin su etkisine karşı eksik ya da hatalı detaylandırılması,
        - Yağmurluk ve denizlik bileşenlerinde damlalık yapılmaması,
        - Denizlik, kasa ve kanat yüzeylerinde eğim yapılmaması,
        - Duvar yüzeyinde suyu uzaklaştırmak için profil, saçak vb. elemanların yapılmaması,
    - Pencerelerin ısı etkisine karşı eksik ya da hatalı detaylandırılması,

        - Kasa ve kanat arasındaki bini sayısının iklime uygun düşünülmemesi,
        - Malzemelerin ısısal genleşmesine uygun genleşme boşluklarının bırakılmaması ve genleşmeye izin verecek detayların tasarlanmaması vb.
- Pencere sistemlerinde tasarım aşamasında yanlış malzeme seçimi ile ilgili hatalar;
    - Yoğun güneş, rüzgâr, yağış gibi çevresel etkilere maruz kalan cephelerde uygun cam, çerçeve ve yalıtım malzemelerinin seçilmemesi,
    - Pencere boyutlarına uygun açma-kapama ve tespit bileşenlerinin seçilmemesi,
    - Isısal genleşmeleri ve ısıl iletkenlik farklı malzemelerin birlikte kullanılması gibi hatalarla karşılaşılmıştır.

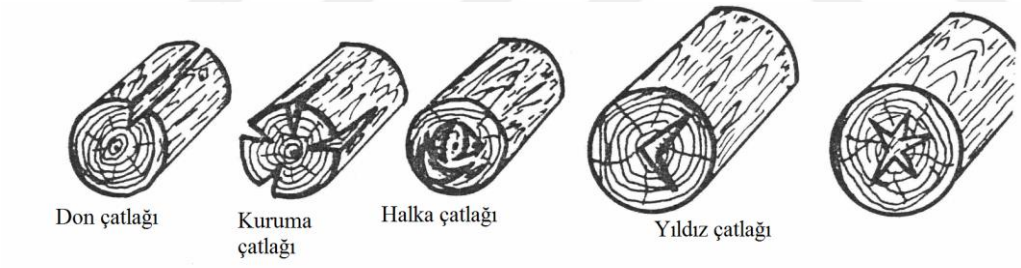
3.2.2.2 Üretim hataları

Günümüzde pencere sistemleri üretimleri atölyelerden daha çok fabrikalarda makineler yardımıyla standartlara uygun üretimler yapılmasından dolayı pencere sistemlerindeki üretim hata payı azaldığı görülmektedir. Ahşap pencere sistemlerinde doğal malzeme olmasından olayı hammadde bağlı sorunlarla karşılaşılmaya devam edilmektedir. Pencere sistemlerinde üretim aşamasında yapılan hatalar; hammadde ile ilgili hatalar, detaylandırma ve birleştirme hataları, pencerelerin saklanması ve taşınması olarak üç bölümde incelenmiştir.

- Pencere sistemlerinde hammadde edinim ve kullanımı ile ilgili yapılan hatalar,
    - Budaklar ağaç gövdesine, ana ekseni etrafında büyüyen dalların zamanla yıllık ağaç gövdesine gömülmesiyle gövdede dairesel bir oluşum meydana getirmektedir. Ahşabın kalitesini budakların sayısı, şekli, büyüklükleri, düşen ya da kaynamış budak olmaları gibi parametrelere bağlıdır (Bozkurt, 2008). Pencere sistemlerinde kullanılan budaklar ahşaptan dolayı vernik ve boya gibi koruyucu tabakalarının erken bozulmasına, budakların zamanla ahşaptan

ayrılmasına, pencere çerçevesinin mukavemetinin azalmasına, biyolojik başta olmak üzere çevresel etkilere karşı zayıflamasına sebep olmaktadır.

- Pencere çerçevelerinde kullanılan ahşaplarda görülen çatlaklar hatalı işleme ya da kullanım nedeniyle oluşabileceği gibi bazen ağaç dikili olduğu zamanda oluşabilmektedir. Ağaç dikili iken yapısal özellikleri ve çevresel koşullar sonucunda öz çatlağı, halka çatlağı, don çatlağı gibi çatlaklar oluşmaktadır (Şekil 3. 11). Öz çatlağı, ahşabın kurumasıyla içten dışa doğru ışınlar şeklinde uzanan ama dış katmana kadar gitmeyen çatlaklardır. Rüzgârın mekanik etkisiyle oluşan halka çatlakları, iki yıllık halka arasında gövdenin altından başlayarak oluşan çatlaklardır. Özellikle soğuk havalarda ahşap malzemelerde ani sıcaklık ve nem değişimlerine bağlı oluşan don çatlakları ahşapta dıştan içe doğru radyan şekilde çatlamaktadır. Bu çatlaklar ahşap malzemenin nem sorunlarına ve mantar, bakteri ve böcekler gibi biyolojik bozulmalara karşı zayıflamasına sebep olmaktadır (Bozkurt, 2008).



Şekil 3. 11: Ahşap malzemede görülen çatlama şekilleri (Aslan, 1994; Bozkurt, 2008).

- Ahşap çerçevelerde kullanılan ahşapların yeterli düzeyde kurutulmaması,
- Pencere çerçevelerinde PVC ve alüminyum karışımlarında standartlara uygun hammadde üretilmemesi ve koruyucu tabaka kullanılmaması,

- Pencere sistemlerinde detaylandırma ve birleştirme ile ilgili yapılan hatalar,
  - Çerçeve bileşenlerinde ahşapta lif doğrultusu dikkate alınmaması, PVC ve alüminyum çerçevelerde köşelerin düzgün kesilmemesi ve birleştirilmemesi,

- Çerçeve profilleri standartlara uymayan oda, bini vb. yapısal özelliklere sahip üretilmesi,
- Çerçeve yüzeylerinde suyun akışı için damlalık, eğimli yüzey, tahliye kanalları gibi detayların yapılmaması,
- Alüminyum çerçevelerde keskin köşeli profil üretimi yapılması,
- Ahşap çerçevelerin düzgün zımparalama yapılmaması ve PVC çerçevelerde köşelerde çapakların temizlenmemesi,
- PVC doğramalarda destek sacının et kalınlığı, formu, profille arasındaki mesafe ve vidalama hatası vb. üretim hatalarından dolayı profilde bozulmaların oluşması,
- PVC ve alüminyum çerçevelerde yalıtım fitillerinin düzgün yerleştirilmemesi,
- Çerçeve, yalıtım, cam ve tamamlayıcı bileşenlerinin montajı sırasında uygun olmayan birleşimler ve malzemelerin kullanılması vb.

- Pencere sistemlerinde pencerelerin saklanması ve taşınmasıyla ilgili yapılan hatalar,
  - Uygun koşullarda pencere sistemlerinin saklanmaması durumunda;
    - Çerçeve ve cam yüzeylerin çizilmesi,
    - Ahşap malzemelerde su ve nem sorunlarının oluşması,
    - Güneş ışınlarına maruz kalması durumunda PVC yüzeyindeki folyonun çerçeve yapışması vb.
  - Uygun koşullarda pencere sistemlerinin taşınmaması durumunda;
    - Cam yüzeyinin çizilmesi ve çatlaması vb.
    - Çerçeve yüzeylerinde ezilme, çökme, çizilme gibi yüzey kusurları görülmektedir.

3.2.2.3 Uygulama hataları

Pencere sistemlerinin yapıya monte edilmesi sırasında yapılan hatalar, uygun ekipman ve kalifiye işçi kullanılmaması ve belirtilen montaj kurallarının uygulanmaması olarak iki ana başlıkta toplanmaktadır. Pencere sistemlerinde uygulama aşamasında yapılan hatalar,

- Uygun ekipman ve kalifiye işçi kullanılmamasına bağlı hatalar;

    - Duvar boşluğu ile pencere arasındaki boşluk düzgün ayarlanmaması,
    - Boşlukların yalıtım malzemeleri ile düzgün doldurup mastik gibi derz kapatıcı ürünlerin doğru uygulanmaması,
    - Pencerelerde hizalama sorununun oluşması,
    - İşçiliğin düzgün olmamasına bağlı cam ve çerçeve bileşenlerinde inşaat atığı olması ve zamanında temizlenmemesi vb.
- Belirtilen montaj kurallarının uygulanmamasına bağlı hatalar,
    - Denizlik elemanının eğimli olmayacak şekilde yerleştirilmesi,
    - Kasa ile denizlik/duvar bağlantı detaylarının uygun tespit edilmemesi,
    - Duvar ve kasa arasındaki boşlukların mastik, silikon gibi derz kapatıcı ürünlerle kapatılmaması,
    - Denizlik ısı köprüsü oluşturacak şekilde hiçbir önlem olmadan uygulanması,
    - PVC çerçevelerde koruyucu folyonun zamanında çıkarılmaması,
    - Pencere sistemleri denizlik üzerine doğru yerleştirilmezse su tahliye boruları işlevini yerine getiremedikleri için su ile ilgili bozulmaların görülmesi,
    - Uygun olmayan koşullarda pencerenin yapıya monte edilmesinden dolayı bağlantı sorunları görülmektedir.

3.2.2.4 Kullanım ve bakım hataları

Pencerelerin kullanım aşaması, yaşam döngüsünün en uzun süreci olması ve pencerelerin servis sürelerinin etkin kullanımı açısından önemlidir. Pencerelerde kullanım sürecinde karşılaşılan insan kaynaklı hatalar, kullanıma bağlı hatalar ve bakım-onarım hataları olarak iki gruba ayrılmaktadır.

- Kullanıma bağlı hatalar;
    - Pencere sistemlerini açma ve kapama esnasında açma kolunu tam konuma getirilmemesi,
    - Kullanıcı, uzman görüşü almadan çerçeve ve cam yüzeyinde boşluklar açması,

- İç ve dış mekan arasında kullanıcı tarafından kablo gibi malzemelerin kasa ile kanat arasında kalacak şekilde geçirilmesi veya kasada boşluk açılması,
- Kanadın iç yüzeyinde stor, perde gibi güneş kırıcı elemanlarının monte edilmesi,
- Pencere kanatlarında kullanım (temizlik vb.) esnasında istenmeyen yük artışının yaşanması vb.

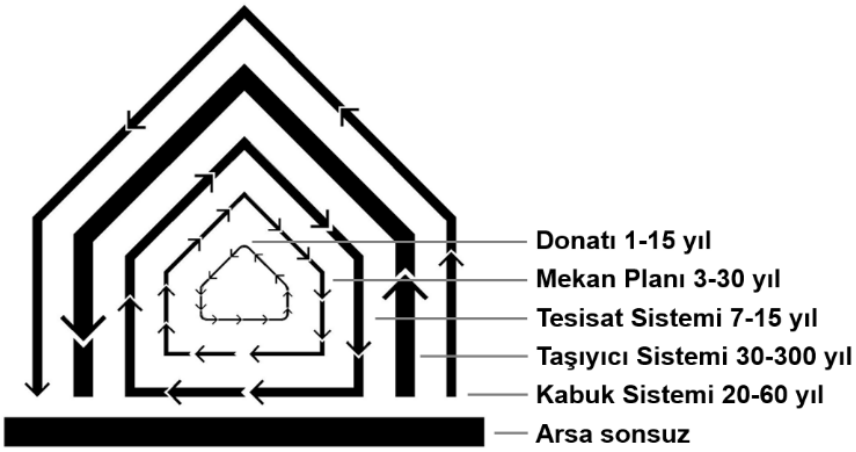
- Bakım ve onarım hataları,
  - Çerçeve malzemeleri ve yalıtım fitilleri uygun olmayan malzemelerle temizlenmesine bağlı lekelerin oluşması,
  - Açma ve kapama mekanizmalarının temizleme, yağlama gibi periyodik bakımlarının yapılmaması,
  - Yerinden çıkan yalıtım fitilleri, tespit elemanları, çıtalar vb. bileşenlerin olması gereken konuma getirilmemesi,
  - İspanyolet, menteşe, tespit elemanları vb. metal aksamların su ve kimyasal temizlemelere maruz kalması sonucu korozyon oluşumu,
  - Su tahliye kanallarının temizlenmemesine bağlı tıkanmalar vb. sorunlarla karşılaşılmaktadır.

3.2.3 Zamana bağlı bozulmalar

Standartlara uygun olarak üretilen yapı malzemesi, yapı bileşeni veya yapı elemanı uygun şartlarda depolanma, taşınma ve yapıya monte edildikten sonra belirtilen sürelerde ve yöntemlerde bakım ve onarım işlemlerinin yapıldığı halde malzemede veya yapı bileşeninde servis yeteneğinin kabul edilen en alt seviyeye inmesi için geçen sürece servis süresi denmektedir (Aköz, 2003). Başka bir ifadeyle bina bileşeninin servis süresi, montaj ya da yapım aşamasından sonraki süre içinde (rutin bakımları ile) kendinden beklenen tüm performansları kabul edilebilir minimum seviyede ya da üzerinde olduğu süre olarak tanımlanabilir.

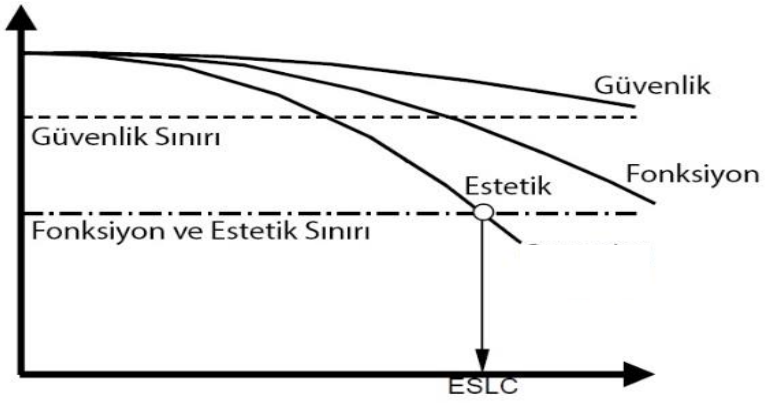
Bir bina sistemindeki her bir malzemeden veya bileşenden beklenen servis süresi farklı olmaktadır (Masters ve Brandt, 1987). Örneğin binanın taşıyıcı sisteminin servis süresi binadan beklenen hizmet süresi kadar olması gereklidir. Binanın türüne göre bu süre 30-300 yıl arasında değişmektedir. Yapı alt sistemlerinde kabuk

sistemlerde 20-60 yıl, tesisat sistemlerinde 7-15 yıl, mekân planı sistemlerinde 3-30 yıl ve donatılar için 1-15 yıllık servis süreleri referans olarak verilmektedir (Şekil 3. 12), (Brand, 1994).



Şekil 3. 12: Yapı alt sistemlerinin servis süreleri (Brand, 1994).

Servis süreleri boyunca bileşenlerden güvenlik, fonksiyonel ve estetik değerleri taşıması istenilmektedir. Bu değerler zaman içerisinde kendinden beklenen seviyenin altına düşmektedir. Güvenlik değerinin sınırı fonksiyon ve estetik değerin üzerinde olması ve bu sınırın altına indiğinde bileşenin değişmesi gerekmektedir. Estetik değerin sınıra ulaştığı süre tahmini servis süresi olarak kabul edilmektedir (Şekil 3. 13).



Şekil 3. 13: Tahmini servis süresi grafiği (Moser, 1999).

Servis süresi ISO 15686-1 standardına göre yapımdan itibaren bina veya bileşenlerinin performans gereksinimlerini karşıladığı süre olarak ifade edilmektedir. ISO 15686-5 'te, bir bileşenin tahmini servis süresinin varsayılan/referans servis süresinden daha az olmaması gerektiği önerilmektedir (Hovde, 2005). Tahmini servis

süresi ISO 15686'ya göre faktör metodu ile hesaplanmaktadır. Tahmini servis süresini hesaplama formülü aşağıdaki gibidir.

$$ESL = RSL \times A \times B \times C \times D \times E \times F \times G$$

ESL = *Tahmini servis süresi [yıl]* RSL = *Referans servis süresi [yıl]*

A = *Malzeme/Bileşen kalitesi (Quality of the component)*

B = *Tasarım seviyesi/kalitesi (Design level)* C = *Uygulama kalitesi (Work execution level)*
D = *İç çevre koşulları (Indoor environment)* E = *Dış çevre koşulları (Outdoor environment)*
F = *Kullanım koşulları (Usage conditions)* G = *Bakım seviyesi (Maintenance level)*

Bileşenin referans servis süresini etkileyen faktörlere bakıldığında A, B ve C değerleri bileşenin kalite ile ilgili özellikleri, D ve E değerleri bileşenin bulunduğu yere ait çevresel özellikleri, F ve G değerleri kullanım sürecinde kullanıcı davranışına bağlı özellikleri ifade etmektedir. Aynı firma tarafından üretilen ve tüm özellikleri aynı iki pencerenin yüksek katlı bir binanın farklı katlardaki, farklı yönlere bakan pencereleri arasında farklı/aynı mekâna hizmet etseler bile farklı çevresel etkenlere tabi olacakları için servis süreleri değişebilmektedir. Santos ve arkadaşlarının (2017) Portekiz'deki yaptığı çalışmada kuzeye bakan çerçevelerde mikroorganizmaların gelişmesine karşı daha duyarlı olmalarının sebebi kuzey cephenin daha soğuk ve daha ıslak olmasından kaynaklanırken güneye bakan çerçevelerde, yoğun güneş ışığına maruz kalmasıyla yüzeysel kaplamalarda daha fazla bozulmalar görülmüştür. Pencere bileşenlerinin referans servis süreleri için bilgi kaynaklarından yapılan araştırma sonucunda elde edilen veriler Tablo 3. 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3. 3: Pencere sistemlerindeki bileşenlerin servis süreleri (WCC, 1990; HAPM, 1996; CMHC, 2001; Citherlet vd., 2000; Chapman ve Izzo, 2002; Asif vd., 2002; Ding, 2004; Stanford, 2010; Cremers, 2016, InterNACHI,2017).

	(Cremers, 2016)											
Pencere sistemini oluşturan bileşenlerin servis süreleri	Servis süresi	Ort. Servis süresi	Stanford (2010)	URL-1 (Etool)	Asif vd. (2002)	Citherlet vd. (2000)	HAPM (1996)	WCC (1990)	Ding (2004)	Chapman and Izzo (2002)	CMHC (2000)	InterNACHI (2017)
Alüminyum çerçeve	40-60	50	23		43,5	45	35+	50-60	40	10-20	19-29	15-20
Sert ahşap çerçeve	40-60	50	20	50	39,6	45	35+	40+		20-50		30+
Yumuşak ahşap çerçeve	30-50	40		36								
Galvanizli çerçeve	40-50	45										
Çelik çerçeve	40-50	45	15	50								
Plastik (PVC) çerçeve	40-60	50		37	24,1	30	25	30				20-40
Ahşap kaplı alüminyum çerçeve					46,7	45						15-20
Vinil normal açılan kanatlı pencere			19									
Fiberglas çerçeve												20-40
Tek tabakalı cam	60-100	80										
Çok tabakalı yalıtımlı cam	20-30	25										
Macun	8-15	10										
Sızdırmazlık profili kapatılmış cam	15-25	20										
Sızdırmazlık malzemesi ile kapatılmış cam	10-25	12										
Kanattaki sızdırmazlık profili	15-25	18										
Basit cam						30						
Lamine cam+PBV tabaka						30						
Sert kaplamalı cam						30						
Basit bağlantı parçaları	30-50	40										
Normal açılan/vasistas/eksenel ve sürme pencere bağlantı parçaları	20-30	25										

3.3 Pencerelerde Görülen Bozulmaların Tespitinde Kullanılan Tahribatsız Teşhis Yöntemleri

Pencere sistemlerinin durum değerlendirilmesinin doğru yapılabilmesi için bileşenlerde görülen bozulma türleri ve şiddetlerinin belirlenmesinde çeşitli teşhis yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin yerinde aletli, yerinde test ya da laboratuvar ortamında test olmak üzere tahribatlı ya da tahribatsız olarak sınıflandırmaları yapılmaktadır. Tez kapsamında mevcut yapılardaki pencere korunumu amaçlandığı için çalışma kapsamında yerinde tahribatsız teşhis yöntemleri incelenmiştir.

Tahribatsız teşhis yöntemleri yapı malzemelerinin ya da bileşenlerinin yapısına zarar vermeden malzemenin kullanılabilirliğini etkileyen herhangi bir bozulmanın olup olmadığını tespit etmek ya da diğer malzeme özelliklerini değerlendirmek için

kullanılan yöntemlerdir. Literatürde bu yöntem için tahribatsız muayene (Nondestructive examination-NDE), tahribatsız teşhis (nondestructive inspection-NDI) ve tahribatsız değerlendirme (nondestructive evaluation-NDE) ifadeleri de kullanılmaktadır (Hellier, 2003; Korkmaz, 2010).

Tahribatsız teşhis yöntemleri ile yapı bileşenindeki bozulmaları, bileşenin fiziksel ve mekanik performansları vb. özellikleri hakkında bilgi edinilirken bileşenin yapısına zarar vermeden hızlı, güvenilir ve teşhis maliyetlerinin düşük olması yöntemin avantajlarındandır (Ross ve Pelerin, 1994; Bucur, 2006; İçel ve Beram, 2019). Ölçümlerin yapılması sırasında kontrol eden kişinin incelediği yapı elemanı ya da malzemesi hakkında standartlara ve teşhis yöntemi hakkında bilgili ve tecrübeli olması sonuçların doğruluğu ve güvenilirliği açısında önemlidir.

Pencerelerde oluşan bozulmaların teşhisi için kullanılan tahribatsız teşhis yöntemleri (Santos, 2016);

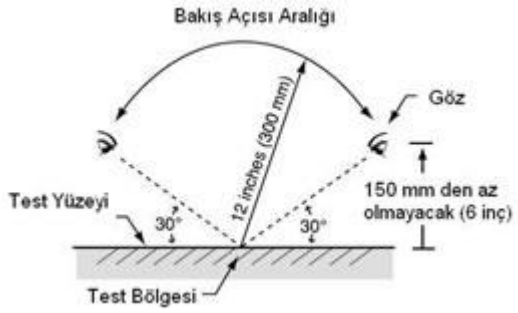
- Görsel teşhis yöntemleri,
- Su sızıntı testleri,
- Basınç farkı kullanılan yöntemler,
- Elektrik sistemli yöntemler,
- Akustik teşhis yöntemleri,
- Termal higrometrik yöntemler olarak altı gruba ayrılmıştır.

3.3.1 Görsel teşhis yöntemleri (Visual testing-VT)

Görsel teşhis yöntemi, kullanılan ilk tahribatsız teşhis yöntemi olmasına karşın resmi olarak kabul edilmesi uzun süreç almıştır. Bu yöntemin geliştirilmesi için 1980'li yılların başında Elektrik Enerjisi Araştırma Enstitüsü (EPRI) Tahribatsız Muayene Merkezi tarafından desteklenmiş ve 120 saatlik örgün eğitim programı oluşturulmuştur (Yağçı vd., 2018). Görsel teşhis yöntemleri, pencere sistemleri gibi taşıyıcı olmamasına rağmen yapı fiziği ve kullanıcı açısından önemli olan sistemlerdeki bozulmaların tespitinde önemli yer tutmaktadır. Bu sadece gözle teşhis yapılabileceği gibi yardımcı alet ya da cihazlarla da yapılabilmektedir. Gözle yapılan teşhislerde pencere sistemlerinde meydana gelen çürüme, korozyon, çatlama, form değişikliği, malzeme süreksizliği, yerinden çıkma ve eksik parça vb. bozulma ve sorunların tespitinde önemli rol oynamaktadır. Hong Kong ve New York gibi

şehirlerde cepheler ve pencere sistemlerinde görülen bozulmaların denetimlerinde göz ile teşhis edilmesi amacıyla özel kitapçıklar hazırlanmıştır. Görsel teşhis yöntemi bütün malzemelerde kullanılması, yüzey hazırlığı gerektirmemesi, hızlı ve ekonomik olması vb. özelliklerinden dolayı tercih edilmektedir.

Görsel teşhis yönteminde inceleme koşulları ve uzmanın tecrübesi önemli rol oynamaktadır.İnceleme yapıldığı malzeme ve ortama göre uygun ışık ve bakma açılarında inceleme yapılmalıdır.İnceleme sırasında ışık şiddeti minimum 500 lux, bakış açısı minimum açı 30˚ ve bakış uzaklığı maksimım 300 mm olmalıdır (URL-12), (Şekil 3. 14). Görsel teşhis yöntemlerinde kullanılan TS standartlar; TS EN 1330-10 (Tahribatsız muayene-Terminoloji–Bölüm 10: Gözle muayenede kullanılan terimler), TS EN 13018 (Tahribatsız muayene-Gözle muayene-Genel kurallar), TS ISO 3058 (Tahribatsız muayene - Gözle muayene araçları - Düşük büyütmeli gereçlerin seçimi) ve TS EN 13927 (Tahribatsız muayene-Gözle muayene– Donanım)'dir.



Şekil 3. 14: Görsel teşhiste bakış noktası ile incelecek alan ilişki (URL-13).

Görsel teşhis yöntemlerinde çatlak boyutları ve derinlikleri, eğim açısı ve hiza kontrolü için kullanılan cihazlar (Santos, 2016);

- Çatlak ölçümü için,
    - Çatlak ölçer,
    - Çatlak karşılaştırıcı,
    - Çatlak mikroskopu,
- Eğim açısı ölçümü için (denizliklerde),
    - Su terazi,
    - Lazerli nivo cihazı,

- Hiza kontrolü için,
    - Cetvel/şerit metre,
- Hava sızıntıları tespiti için,
    - Duman kalemi,

Çatlakların ve boşlukların boyutlarının ölçümünde çatlak ölçer, çatlak karşılaştırıcısı ve çatlak mikroskopu gibi basit cihazlar kullanılmaktadır (Şekil 3. 15). Bu cihazlar yüzeylere zarar vermeden çatlağın tespiti, ölçümü ve malzeme kalınlığını belirlenmesinde yardımcı olur (URL-14).

Çatlak boyutları malzeme ve incelenen bileşenin yapısal özelliklerine göre farklılık gösterebilir. BRE Digest 251 raporunda çatlakların genişliğine göre hasar durumları 0 ile 5 arasında altı sınıfa ayrılmıştır.

- 0 nolu çatlak: Çatlak genişliği 0.1 mm'den küçük olan kılcal çatlaklar,
- 1 nolu çatlak: Çatlak genişliği 0.1 ile 1 mm arasında olan çatlaklar,
- 2 nolu çatlak: Çatlak genişliği 1 ile 5 mm arasında olan çatlaklar,
- 3 nolu çatlak: Çatlak genişliği 5 ile 15 mm arasında olan ya da tekrarlayan birkaç tane 3 mm çatlaklar,
- 4 nolu çatlak: Çatlak genişliği 15 ile 25 mm arasında olan çatlaklar,
- 5 nolu çatlak: Çatlak genişliği 25 mm'den fazla olan çatlaklardır.

Şekil 3. 15: Çatlak ölçüm cihazları (URL- 15 ve URL-16).

Pencere sistemlerinde suyu uzaklaştırmak için eğimli yapılan denizlik yüzeylerinin yapım ve kullanım aşamalarında eğim açısının ölçümü için su terazisi ya da lazerli nivo gibi cihazlar kullanılmaktadır (Şekil 3. 16). Görsel teşhis yöntemlerinde pencere hizasının kontrol etmek amacıyla cetvel ya da şerit metreyle köşegen ölçümleri yapılmaktadır. Bu ölçümler pencere kasasının yerleştirilmesi aşamasında pencere boşluğunda yapılabileceği gibi kullanım aşamasında kanat hizalarının kontrolü amacıyla da yapılabilmektedir.

Şekil 3. 16: Denizlik bileşeninin eğiminin ayarlanması (MEGEP, 2007).

Hava sızıntıları tespiti için kullanılan görsel teşhislerinin başında kapalı pencerede perde gibi nesnelerin hareket etmesi gösterilebilir. Pencere sistemindeki hava sızıntılarını görsel teşhiste kullanılan diğer bir yöntem ise duman kalemidir. Duman kalemi çalıştırıldıktan sonra mekan artı basınçlandırma yapıldığı durumda dumanın hareketiyle hava sızıntısı olan alanlar tespit edilebilir (BRE, 2008).

3.3.2 Su sızıntı testleri

Pencere çerçevelerinde su sızıntılarını kontrol etmek amacıyla su jeti ve çerçevenin tabanının suya daldırılma olarak iki yöntem kullanılmaktadır. Su jeti yöntemi tüm pencere sisteminde ve duvar ile pencere arasındaki boşluklarda oluşabilecek su sızıntılarını kontrol etmek amacıyla kullanılır. Sistem çevre koşullarına uygun olarak rüzgârla simüle edilen suyun test alanına püskürtülmesidir (Şekil 3. 17-a). İkinci yöntem ise çerçeve tabanını suya daldırma yöntemidir. Bu yöntemde su birikimini simüle ederek pencere sistemlerindeki su sızıntıları kontrol edilir (Şekil 3. 17-b). Bu test, örneğin, bir balkonun su basması sırasında veya suyun denizlikte veya çerçevenin oluklarında biriktiğinde, çerçevenin maruz kaldığı koşullardaki su sızıntılarının kontrolü için yapılmaktadır (Santos vd., 2016).

(a) Su jet yönteminin uygulaması (b) Çerçeve tabanını suya daldırma yöntemi

Şekil 3. 17: Su sızıntı testleri (Window Inspections, 2012; Santos, 2012).

3.3.3 Basınç farkı kullanan teşhis yöntemleri

Pencere sistemlerindeki oluşan hava sızıntılarının ölçülmesinde basınç farkına bağlı fan basınçlandırma (blower door) , izleyici gaz (tracer gas) , nabız (pressure pulse) ve teleskopik sondalı anemometre olarak dört yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemlerle yapı elemanlarının ve yapının ulusal ve uluslararası standartlarda ve yönetmeliklerde belirlenen hava sızdırmazlık değerlerine uygunluğu ölçülmektedir.

İzleyici gaz yöntemi: Binalardaki hava sızıntıları için kullanılan izleyici gaz testi için ASTM E741-00 standartlarında belirtilen mekân düzeni sağlanması amacıyla öncelikle kapı, pencere ve yapı boşluklarının kapatılmasından sonra iç ortama atmosferde bulunmayan izleyici gaz verilmektedir. Gazın iç ortamdaki hava ile karışabilmesi için fanlar ve ortamdaki gazın değişen yoğunluğunu ölçen cihazlar kullanılır. İzleyici gaz testi binanın tamamında kullanılabileceği gibi sadece belirli bir mekânda ya da havalandırma sistemi gibi özel alanlarda da kullanılabilir. İzleyici gazların kokusuz, tepkimeye girmeyen, zehirli olmayan, renksiz, havadan hafif ve ekonomik olması gibi kriterlerden dolayı hidrojen (H_2), helyum (He), karbon dioksit (CO_2), karbon monoksit (CO), kükürt hekzaflörür (SF_6), azot oksit (N_2O), metan (CH_4) gibi gazlar tercih edilmektedir. Bu yöntemin dezavantajları test süresinin uzun olması ve bu süreçte mekanın kullanıcı tarafından kullanılamamasıdır (Hunt, 1980; Sherman vd., 1979; Lausmann ve Helm, 2007; ASTM, 2006; Sular, 2016).

Nabız yöntemi: Nabız test yönteminin uygulanması aşamasının diğer yöntemlerden en önemli farkı ölçüm için mekânda test için özel düzenlemelerin yapılmasına gerek olmamasıdır. Mekândaki hava sızıntılarını ölçmek için sıkıştırılmış havanın bulunduğu tank, tanka bağlı silindir-piston, kompresör ve ölçümler için bilgisayar

sisteminin mekân içerisinde kurulması yeterlidir (Şekil 3. 18). Testin çalışma prensibi tankın içindeki sıkıştırılmış havanın iç ortama verilmesinden 1-2 saniye içerisinde mekânda oluşan anlık basınç farkına ve silindir hacminin değişimine göre hesaplanmaktadır. Nabız testi küçük veya tek bölümlü mekanlarda tek cihaz ile yeterli olurken daha büyük mekanlarda aynı özelliklerdeki birkaç cihaz kullanılması gerekir. Testin avantajları olarak mekân ya da bina büyüklüğü sınırının olmaması, özel koşullara ihtiyaç duymaması ve hızlı sonuç vermesi sayılabilir (Cooper ve Etheridge, 2004; Cooper ve Etheridge, 2006; Sular, 2016).

Şekil 3. 18: 2000 yıllından itibaren kullanılan nabız yöntemi cihazları (Zheng vd.,2019).

Fan basınçlandırma yöntemi: Fan basınçlandırma, hava sızdırmazlık değerinin elde edilebilmesi için uygulamada en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Ölçüm yapılacak mekânın kapısı yerleştirilen test düzeni ve fan sistemleri ile iç ortam ve dış ortam arasında basınç farkının 50 Pa olarak ayarlandıktan sonra fan sistemi içerisinden geçen hava debisinin ölçülmesine dayalıdır (Minneapolis, 2012; Şahin vd., 2015), (Şekil 3. 19). Fan basınçlandırma testi sırasında mekandaki tüm açıklıklar, tesisat kanaları ve bacalar kapatılmalıdır. Bina ölçümleri yapıldığında iç kapılar hava akışını engellememesi için açık bırakılmalı ve ısıtma, soğutma, havalandırma vb. tesisat sistemlerine ait cihazlar kapalı tutulmalıdır. Bu test yönteminin dezavantajları testin uzmanlık gerektirmesi, mekânın belirli süre kullanılamaması ve tarihi yapılarda kapıya zarar verme ihtimalinin bulunmasıdır. (Sular, 2016).

Teleskopik sondalı anemometre: Termo-anemometreler, elektrikle ısıtılan bir prob elemanını bir hava akımına yerleştirerek lokal hava hareketini tespit edebilir. Hava hızı daha sonra probu belirli bir sıcaklıkta tutmak için gerekli olan ısıtma gücündeki

artıştan çıkarılır. Bu cihazlar ince hava kaçak yollarını tespit edebilir ve tekrar kullanılabilirliği sayesinde avantajlıdır (BRE, 2008).

Şekil 3. 19: Blower door test düzeneği (URL-32)

3.3.4 Elektrik sistemli yöntemler

Girdap akımları yöntemi elektrik iletkenliği olan malzemelerde yüzey ve yüzeye yakın süreksizlikleri bulmakta kullanılır. İletken bir malzemeye alternatif akım (örn; bakır tel) uygulanırsa bu malzeme içinde manyetik alan oluşur. Oluşan bu manyetik alana bir iletken yaklaştırılırsa (örn; alüminyum) iletken malzeme içerisinde dairesel yolla akan girdap akımları indüklenir. Malzeme içerisinde var olan kusurlar, geometrik ve metalürjik değişmeler, elektriksel iletkenlik ve geçirgenlik değişimleri dolayısıyla indüklenen girdap akımlarının yolu ve gücü değişir. Bu değişim ikincil manyetik alanın dolayısıyla birincil manyetik alanın gücünü değiştirir. Girdap akımlarındaki bu yerel değişmeler bir ekran ya da sayaçla tespit edilir. Tahribatsız muayene olarak girdap akımları alüminyum çerçevelerde kullanılabilir.

Alüminyum çerçevelerde (Korkmaz,2010);

- Yüzey ve yüzey altı çatlakları,
- Malzeme süreksizlikleri,

- İletkenlik ölçümü (Malzeme tespiti, ısı hasarı tespiti, ısıl işlem izleme amacıyla),
- Kaplama kalınlıkları,
- Korozyonun ve buna bağlı metal kaybını tespitinde kullanılmaktadır.

3.3.5 Akustik teşhis yöntemleri

Pencere sistemlerinde akustik teşhis yöntemleri ile sesin hızından ve akustik emisyondan faydalanarak yapısal bozulmaların tespiti yapılmaktadır. Özellikle ahşap malzemelerde mantar, böcek gibi biyolojik bozulmalara bağlı yapısal değişimler bir çekiç darbesi ile mekanik olarak elde edilen ses farklılıkları ile ortaya çıkar (Seçkin, 2010). Pencere sistemlerinde kullanılan akustik teşhis yöntemleri ultrasound test ve akustik dalga yöntemleridir.

Ultrasound testi: Ultrasound testi, yüksek frekanslı ses dalgalarının test malzemesine iletilmesine dayanmaktadır. Bu dalgalar, farklı akustik karakteristiklere (süreksizliklerin, kusurların veya malzemeninkinden farklı yüzeylerin oluşturduğu arayüzler) sahip iki yüzeyi ayıran bir yüzeye çarptıklarında yansıtılır. Girdap akımları yöntemindeki gibi korozif olaylar ve kaplama seviyesinin kalınlığı ölçülebilmektedir. Bu yöntem beton, metal, cam, kompozit kauçuk, ahşap ve taş gibi malzemelerde uygulanabilmektedir (ISO16810, 2012; Santos vd., 2016). Ultrasound testi hızlı ve kolay olmasına rağmen heterojen yapılı malzemelerde kullanılamamaktadır. Heterojen yapılı malzemelerde çalışma prensibi ultrasonik teste benzeyen sonik testler kullanması uygundur (Lombillo, 2013).

Akustik Emisyon Yöntemi: ASTM E 1316'ya göre Akustik Emisyon yöntemi, yapı malzemelerinin gerilme kuvveti altında malzemelerde bir ya da birden fazla kaynağın enerji salmasıyla oluşan geçici elastik dalgalarla ölçüm yapılmasıdır. Deprem hareketleri büyük ölçekli akustik emisyon olaylarına örnek verilebilir. Bu yöntemin diğer tahribatsız teşhis yöntemlerinden farklarından biri harici sinyal kaynağına ihtiyaç duymadan kendi bünyesinde oluşmasıdır. Akustik emisyon yöntemi ile malzemenin yük altındaki davranışının incelenmesi sayesinde hem mevcut durumun hem de olası bozulmalar hakkında bilgi edinilebilmektedir (Tayfur vd., 2015).

3.3.6 Termal higrometrik yöntemler

Termal higrometrik yöntemler olarak yüzeyin ve çevrenin sıcaklık ölçümleri, nem ölçümü ve kızılötesi termografi kamera kullanımı ile yapılan tahribatsız teşhis yöntemleri incelenmiştir.

Sıcaklık Ölçümü (Yüzeysel ve Çevre): Ortam ve yüzey sıcaklığına bağlı olarak pencere sistemlerinde genleşme, büzülme ve malzeme yapısında değişimlerden kaynaklı çatlama, kırılma, yapısal bozulmalar görülebilmektedir. Bileşenin yüzeysel sıcaklığı ve ortam sıcaklığının ölçülmesi için dijital veya termohigrometre termometreler kullanılabilmektedir.

Nem Ölçümü (Çevre ve Malzemeler): Hava neminin ölçülebilmesi için, dijital termohigrometre gibi cihazların kullanılmasıyla iç mekanın bağıl nemi ve nem konsantrasyonundaki değişiklikleri tespit etmek mümkündür. Bu sayede yoğuşma meydana gelme olasılığı değerlendirilebilir (Santos, 2016).

Kızılötesi Termografi Kamera: Kızılötesi termografik kamera sistemleri insan gözüyle anlaşılamayan 3 ile 5 μm arasındaki kısa dalgalar ile 8- 13 μm arasındaki uzun dalgaları iki boyutlu sıcaklık haritalarına dönüştürebilmektedir (Balaras ve Argiriou, 2002; Grinzato vd. 1998; Sular;2016). Bu cihazlarla pencere sistemlerinde yüzey sıcaklık farkları, ısı köprüleri, ısı yalıtımındaki bozulmalar, hava sızıntıları ve nem sorunları ve sorunların oluştuğu alanlar belirli bir mesafeden tahribatsız ve hızlı şekilde öğrenilebilmektedir. Kızılötesi termografi kameralarının ölçümlerinin uzman kişilerce ve uygun koşullarda yapılması sonuçların doğrululuğu için önemlidir.

Kızılötesi termografik kamera sonuçlarını etkilen faktörler (Sarıtabak, 2012);

- Yapı bileşeninin yüzeyine dair etkenler;
    - Yüzeyin heterojen olması, yüzey kusurları,
    - Yüzeyin ışınım yayınım değeri,
    - Yüzeyin optik özellikleri vb.
- Çevresel etkenler;
    - Uygun olmayan hava koşulları (bulutlu, yağışlı, rüzgâr yönü vb.)
    - İç ve dış ortam arası sıcaklık farkının yeterli ölçüde olmaması,

- Bileşen yüzeyine fazla güneş alması ya da gölge düşmesi vb.

- Ekipman özellikleri ve kullanımı ile ilgili etkenler;
  - Cihaz ile bileşen arasındaki uygun mesafe olmaması,
  - Cihazın uygun olarak temizlenmemesi,
  - Cihazın bileşen ile uygun açıda tutulmaması,
  - Cihazın çözünürlük, görüntü kayıt hızı gibi teknik özelliklerinin ölçüm yapılacak alan için uygun olmaması vb. gösterilebilir.

3.4 Pencerelerde Oluşan Bozulmalara Uygulanan Müdahaleler

Pencere sistemlerinde çevresel, insan kaynaklı ve zamana bağlı etkenlerle bozulmalar görülür ve bu bozulmalara bağlı olarak pencerelerde fonksiyon, performans ve estetik değer kayıpları yaşanılır. Tez kapsamında pencere sistemlerinde görülen bozulmalara uygulanan müdahaleler çerçeve, cam, yalıtım ve tamamlayıcı bileşenler olarak dört grupta incelenmiştir.

3.4.1 Çerçeve bileşenlerinde oluşan bozulmalara uygulanan müdahaleler

- Ahşap pencere sistemlerinde güneşin UV etkisi, ısı, su ve nem etkileri altında koruyucu tabakanın bağlayıcı özelliğini kaybetmesiyle çerçeve yüzeyinden ayrılma, koruyucu tabaka ve çerçeve bileşende (sararma, kahverengi lekeler ve ağarma vb.) renk değişimi gibi bozulmalar görülmektedir. Bu tür bozulmalarda yapılacak müdahale koruyucu tabakanın yenilenme işlemidir. Müdahale sırası olarak öncelikle çerçeve yüzeyindeki koruyucu tabaka ince zımpara kâğıdı, yüzey kazıyıcı gibi aletlerle temizlendikten sonra ahşap malzemede çatlak, çukur gibi yüzeysel sorunların olup olmadığı kontrol edilmelidir. Ahşap malzemede sorunlar varsa sorunlu alanlar doldurulduktan sonra tekrar zımpara ile yüzeyin pürüzsüz olması sağlanır. Zımpara işlemleri ahşabın lif doğrultusu yönünde yapılmalıdır. Zımpara işleminde sonra yüzey astar ve boyanın yapışmasına engel olmayacak malzemelerle temizlendikten sonra astar ve üzerine UV ışınlarına karşı koruyucu boya ya da vernik uygulanmasıyla işlem tamamlanmaktadır. Ünalan ve Gökaltun (2006) tarafından yapılan çalışmada Türkiye'deki yapılarda kullanılan ceviz, çam,

gürgen, kayın ve meşe gibi ahşap türlerini korumak için uygulanan vernik, selülozik boya ve sentetik boyanın malzeme performansları üzerindeki etkileri laboratuvar ortamında incelenmiştir. Çalışma sonucunda dış ortamda kullanılacak ahşapların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin birbirinden çok farklı olması ve kullanılan yüzeysel koruma çeşitlerine göre farklı performanslar gösterdiklerinden dolayı her koruyucu kimyasal her ahşap türüne karşı kullanılmaması gerektiği görülmüştür. Bu sebeple tez kapsamında kullanılacak koruyucu tabaka malzemesinin seçiminde ahşabın malzemesi ve çevresel etkilerin şiddetine göre değişiklik gösterebileceği için öneride bulunulmamıştır.

- PVC pencere sistemlerinde güneşin UV etkisi ve uygun olmayan temizleyici ürünlerin kullanılması sonucunda çerçeve renginin sarıya dönmesi ve yüzey parlaklığının azalması gibi bozulmalar görülmektedir. Renk değişiminden kaynaklı estetik değer kaybından memnun olmayan kullanıcıların pencerenin değiştirmemesi için boya işlemi gerçekleştirilebilir. PVC çerçeveyi doğrudan boyanması durumda boya çerçeveye tutunamayacağından kısa bir süre içinde soyulmaya başlayacaktır. Bu sebepten PVC çerçevenin boyayı tutabilmesi için yüzeyindeki tabakanın kaldırılması ve yüzeyinin alanının artması için zımparalama işlemi yapılmalı ve yüzey temizlenmelidir. Temiz yüzeye önce astar ve daha sonra PVC pencere için uygun solvent ya da su bazlı boyalar iki kat uygulanmalıdır. Boyanın püskürtme tabancası ile uygulanması, fırça uygulamasına göre daha pratik olması ve fırça izinin kalmamasından dolayı tavsiye edilmektedir.

- Ahşap folyo kaplamalı PVC pencerelerde görülen sorunlardan biri kaplamanın iyi yapışmaması ya da çevresel ve kullanıcı etkenlere bağlı olarak folyo kaplamasında kabarma, yırtılma, büzüşme gibi bozulmalar görülmesidir (Şekil 3.20). Bu tür bozulmalar üretim hatasından kaynaklıysa firma ile görüşülmelidir. Garanti süresi geçen ve kullanıcı hatasından kaynaklı ise servis süresinden önce pencere değişimi yapılmaması için folyo tabakası çıkarılıp boyama işlemi yapılabilir.

- Alüminyum çerçevelerde taşınma, uygulama ya da kullanım aşamalarında yüzeylerindeki koruyucu tabakanın bozulmasıyla çerçeve yüzeyinde

korozyon bağlı mukavemet ve estetik değer kayıpları yaşanır. Korozyonun önlenebilmesi için yüzeyin tekrar boyanması gerekmektedir. Alüminyum çerçevenin boyama işlemlerinde öncelikle alüminyum yüzeyde havadaki oksijen ile tepkimeye girmesiyle gözle görülmeyen ince koruyucu bir tabaka oluşturmakta ve bu tabaka boyanın çerçeveye tutunmasını zorlaştırmaktadır. Bu sebeple boya öncesi çerçeve yüzeyi zımpara vb. aşındırıcı malzemelerle yüzeydeki oksit tabakası temizlendikten sonra yüzeye uygun kimyasal temizleyici ürünler kullanılmalıdır. Alüminyum yüzeylere boyanın daha iyi tutunabilmesi ve korozyona karşı korumak amacıyla epoksi astar sürüldükten sonra 2-3 kat boya uygulanmalıdır.

Şekil 3. 20: PVC pencerelerde uygulanan ahşap folyo katmanının bozulması.

- Cam tespitinde kullanılan ahşap, PVC ve alüminyum malzemelerden yapılan çıtalar, ısısal genleşme, su etkisiyle şişme, uygulama aşamasında çıtanın yerine oturtulamaması ya da yeterli sayıda tespit çivisi kullanılmaması vb. sebeplerden dolayı çıta yerinden çıkabilmektedir. Çıtanın yerine yerleştirilmeden önce yapısal bozulmaların olup olmadığı kontrol edilmeli ve sorunlar yoksa yerine tespit edilmeli, yapısal bozulmalar ileri düzeyde ise bileşen değiştirilmelidir. Eskiden ahşap pencerelerde cam çıtası yerine macun ile tespit yapılmaktadır. İncelenen pencere macun uygulaması mevcut ve macunlar bozulduysa öncelikle macunların temizlenmesi gerekmektedir. Daha sonra camı çerçeveye sabitleyen çivilerin 15 ile 20 cm aralıklı olacak şekilde yeterli sayıda olduğu kontrol edilmelidir. Düşen çiviler varsa başsız çivilerle cam tespiti kuvvetlendirildikten sonra macun çekilmelidir.
- Ahşap çerçevelerde PVC ve alüminyum çerçevelere göre daha fazla çevresel etkilerden kaynaklı bozulmalar görülmektedir. Ahşap çerçevelerde koruyucu

tabakanın bozulmasıyla birlikte güneş, ısı, su ve nem gibi etkilerle çatlama, kırılma, çürüme gibi bozulmalar görülür. Bozulmanın türüne ve derecesine göre farklı müdahaleler yapılmaktadır.

- Ahşap malzeme yüzeylerinde ya da birleşim noktalarında zamanla oluşan çatlak, boşluk ve düzey kusurlarını doldurmak için ahşap dolgu macunu uygulaması yapılır. Müdahale işlemleri için ahşap yüzey temizlenir ve yüzeye astar uygulanır. Daha sonra dolgu macunu hazırlanması için epoksi macun ve özel sertleştirici ürünleri bire bir olacak şekilde bir yüzeye alınıp karıştırılır. Ahşap dolgu macunu 5-10 dakika bekletildikten sonra spatula veya mastar yardımı ile istenilen alanlara uygulanır. Ahşap dolgu macunun en az 24 saat kuruması beklendikten sonra yüzey temizliği yapılıp astar ve koruyucu tabaka uygulanmalıdır (URL-17). Bu yöntem küçük çaplı çürüme olan ahşap yüzeylerde çürüyen kısmın çıkarılmasından sonra da uygulanmaktadır (Şekil 3. 21).

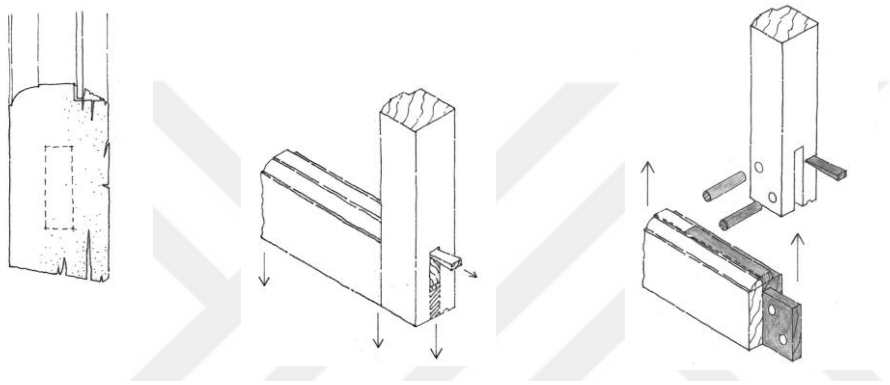
Şekil 3. 21: Ahşap pencerelerde macun uygulaması (URL-18).

- Dolgu yapılacak alanın daha büyük olması durumunda testere talaşı ve vernik karışımı hazırlanarak boşluklar doldurulur. Tam kuruma sağlandıktan sonra zımpara, astar ve boya uygulamaları yapılarak işlem tamamlanır (Brancaccıo, 2015).

Ahşap çerçevelerde çürüme yüzeyi daha fazla olduğu zaman çürüyen alan çerçeveden çıkarılıp yeni parça yapıştırmayla ya da metal elemanlarla tespit edilmektedir. Bu müdahale yönteminde çürümenin meydana geldiği seren, alt başlık,

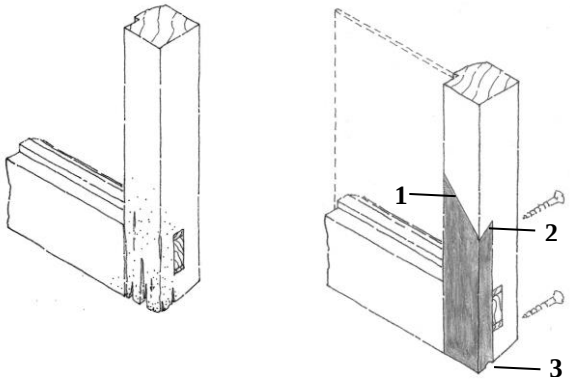
ara kayıt gibi bileşenlere ve bozulma düzeylerine göre farklı uygulamalar yapılmaktadır.

- Kanadın alt başlığında ve serenle birleşim noktasını etkileyen çürümelerde kanat çerçeveden çıkarılır düz bir yüzeye koyulduktan sonra cam bileşeni kanattan sökülür. Daha sonra kanat bileşim noktalarından seren ayırılır. Bozulan alanın küçük olduğundan bozulmuş ahşap alanı çıkarılıp aynı boyutlardaki ahşap tutkalla yapıştırıldıktan sonra seren ile alt başlık birleşim detayının yatay elemanlarla kuvvetlendirilerek bileştirilir (Townsend ve Clarke, 2019), (Şekil 3. 22).



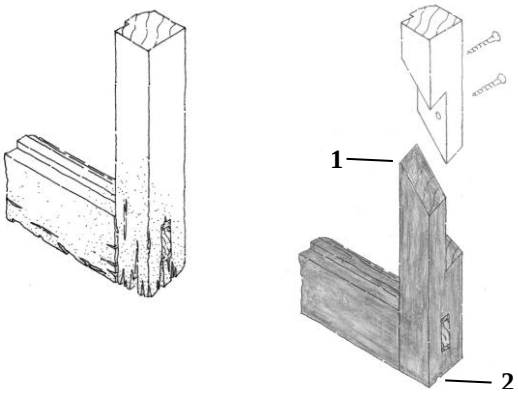
Şekil 3. 22: Ahşap kanadın alt başlığında görülen bozulmalara karşı yapılan müdahale (Townsend ve Clarke, 2019).

- Kanadın sereninde görülen ve alt başlıkla birleşim noktasının bir önceki uygulamaya göre daha sağlam olduğu durumlarda kanat çerçeveden çıkarılır düz bir yüzeye koyulduktan sonra cam bileşeni kanattan sökülür. Daha sonra kanat bileşim noktalarından seren ayırılır. Bozulan alanın çıkarılıp yerine Şekil 3. 23'teki 1, 2 ve 3 numaralı detaylara sahip olacak şekilde yeni ahşap parça içten vidalanarak tespit edilir. 1 nolu detayda çerçeveye etki edecek nemi cam yüzeyinden uzaklaştırmak ve yeni parçanın seren ile yapışma yüzeyini arttırmak için camdan kasaya doğru eğimli yüzey oluşturulmalıdır. 2 nolu detayda nemden dolayı içten dışa doğru eğimli yüzey yapılmalıdır. 3 nolu detayda ise kılcallık etkisiyle oluşabilecek su sorunlarını önlemek için damlalık çözümü uygulanmalıdır (Townsend ve Clarke, 2019).



Şekil 3. 23: Ahşap kanadın sereninde görülen bozulmalara karşı yapılan müdahale (Townsend ve Clarke, 2019).

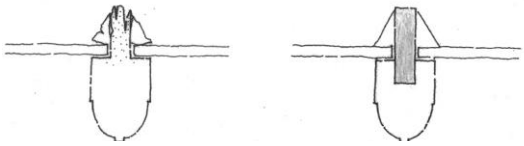
- Kanadın alt başlığı ile serende bozulmaların birlikte görüldüğü ve birleşim noktalarında ciddi bozulmaların olduğu durumlarda kanat müdahale işlemleri için hazırlandıktan sonra bozulan ahşap alanı Şekil 3. 24'te gösterildiği gibi alt başlık ve serenin köşe detayını da içeren yeni ahşap parça ile içten vidalanarak tespit edilir. 1 nolu detayda çerçeveye etki edecek nemi cam yüzeyinden uzaklaştırmak ve yeni parçanın seren ile yapışma yüzeyini arttırmak için camdan kasaya doğru eğimli yüzey oluşturulmalıdır. 2 nolu detayda ise kılcallık etkisiyle oluşabilecek su sorunlarını önlemek için damlalık çözümü uygulanmalıdır (Townsend ve Clarke, 2019).



Şekil 3. 24: Ahşap kanadın alt başlığı ile serende görülen bozulmalara karşı yapılan müdahale (Townsend ve Clarke, 2019).

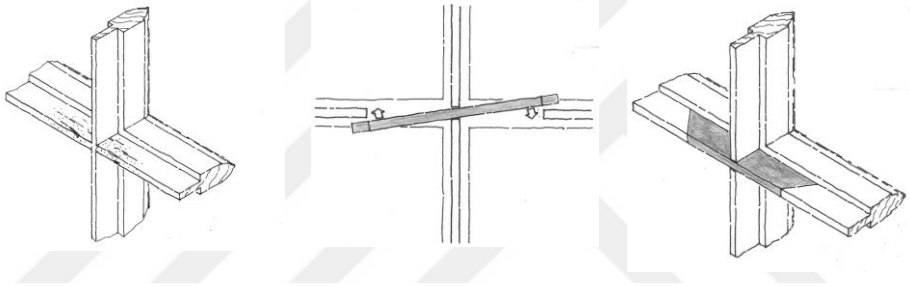
- Ahşap pencerelerde kullanılan düşey kayıtta iki cam levhayı ayıran parçada bozulma meydana gelirse cam ve kanat bileşenleri güvenlik amacıyla çıkarılır. Ara kayıtta bozulan alan kesilirken yeni parça için ara kayıtta yuva açılır. Mevcut pencere malzemesi yumuşak ağaçtan bile olsa yeni eklenecek

parça sert ağaç yapılması dayanıklılık için önemlidir. Yeni eklenen zıvana biçimindeki parça yapıştırılarak tespit edilmektedir (Townsend ve Clarke, 2019), (Şekil 3. 25).



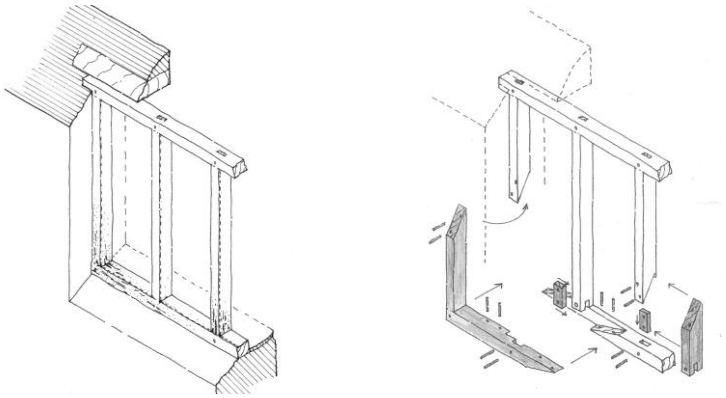
Şekil 3. 25: Ahşap düşey ara kayıtlarda görülen bozulmalara karşı yapılan müdahale (Townsend ve Clarke, 2019).

- Ahşap pencerelerde kullanılan yatay kayıtlarda bozulma meydana gelirse, bozulan alan bileşenden dışarıya doğru açılı olarak kesilip çıkarılır. Bu sayede yapıştırma alanı arttırılmış olunur (Şekil 3. 26).



Şekil 3. 26: Ahşap yatay ara kayıtlarda görülen bozulmalara karşı yapılan müdahale (Townsend ve Clarke, 2019).

- Ahşap pencerelerde yağmurluk parçasında bozulma meydana gelirse, bozulan alan çıkarıldıktan sonra üst yüzeyinde suyun akışı için eğimli altta da su sızıntılarını önlemek için damlalık detayı bulunan ve kasadan en az 30 mm dışarı çıkacak şekilde tasarlanan ve kanadın içine girecek şekilde içten vida ile tespit edilir.
- Ahşap kasadaki çürümeler başlangıç seviyesinde ise bozulmalar kanatta anlatılan detaylarla düzeltilebilmektedir. İleri boyuttaki çürümelerde müdahaleler edilse bile hem kullanıcı konforu hem de enerji korunumu açısından başarılı olmayacağı için tez kapsamında incelenmemiştir. Bu müdahaleler daha çok tarihi değeri olan yapılarda orijinal pencerelerin muhafazası için kullanılan ileri müdahale teknikleridir. Şekil 3. 27'de kasa için yapılan müdahalelere örnek verilmiştir. İleri düzeyde bozulmalar kasa ve kanatta görüldüğü zaman bileşenler tamamen değiştirilmelidir.



Şekil 3. 27: Ahşap çerçevede ileri düzeyde görülen bozulmalara karşı yapılan müdahale (Townsend ve Clarke, 2019).

- Ahşap, PVC ve alüminyum çerçevelerde suyun tahliyesi için kasa, kanat, çıta ve denizlik bileşenlerinin birinde ya da birkaçında tahliye kanalları bulunması gerekmektedir. Bazen tasarım ya da üretim hatasına bağlı yapılmadığı gibi bazen de tahliye kanalları uygulama ya da kullanım aşamasında çeşitli nedenlerle tıkanmaktadır. Pencere sistemlerinde tahliye kanallarının olmaması ya da tıkanmasına bağlı olarak su; çıta ile cam ve çerçeve, kasa ile kanat veya kasa ile denizlik arasında birikmektedir. Biriken su içeriye ya da duvar içine akmasıyla çeşitli bozulmalar görülür. Tahliye kanalları ile ilgili sorunların yaşanmaması için düzenli olarak tahliye sistemleri fırça gibi uzun ve ince elemanlarla temizlenip kanalların tıkalı olup olmadığı kontrol edilmelidir. Tahliye kanalları olmayan PVC ve alüminyum pencere sistemleri üreticilerle konuşarak profilin sonradan tahliye kanalı açılması konusunda destek alınmalıdır. Ahşap çerçevelerde tahliye kanallarında ek önlem olarak kanaların içinde metal boruların geçirilmesi gerekiyor yoksa su bileşen içerisinden geçerken ahşap malzeme tarafından emilme durumu olabilir.
- Pencere sistemlerinde kullanıcılar tarafından uzman görüşü alınmadan çerçeve yüzeyinde açılan delikler hava ve su sızıntılarına, istenmeyen toz, koku, böcek gibi girişlere sebep olduğu için boşluklar dolgu malzemesi ile kapatılmalıdır.
- Alüminyum ve PVC çerçevelerde kullanılan metal kör kasalar çerçeve ile temas ettiğinde çerçevede ve kör kasada korozyon görülmektedir ve bunu önlemek için yalıtım bantları kullanılmalıdır. Tasarım aşamasında seçilen kör

kasalar korozyona dayanıklı boyalarla boyanmış çelik profiller tercih edilmelidir.

3.4.2 Cam bileşeninde oluşan bozulmalara uygulanan müdahaleler

Cam bileşeni pencere alanı içinde en büyük alana sahip olduğu için ısı ve görsel performans açısından önemlidir. Cam bileşenindeki bozulmalara karşı yapılan müdahaleler aşağıda belirtilmiştir.

- Cam bileşeninin üzerinde lekelerin ve çizilmelerin oluşmaması için cam yüzeyine uygun ürünlerle temizlenmelidir.
- Cam yüzeyinde kullanım aşamasında kullanıcının havalandırmak amacıyla camın kesilip menfez takması ya da zamanla cam yüzeyinde kılcal çatlamaların oluşması gibi etkilerle cam tabakaları arasında yoğuşma meydana gelmektedir (Şekil 3. 28-a). Cam atölyeleri tarafından camın durumuna göre tek tabakanın değiştirilmesi, cam tabakalarının etrafındaki sızdırmazlık fitillerinin yenilenmesi, cam tabakaları arasındaki havanın kurutulması ve tekrar kapatılması gibi işlemler yapılmaktadır. Bu işlemlerin servis süreleri ve performansları fabrika üretilen cam kadar iyi olmayacağından önerilmemektedir. En iyi çözüm camın değiştirilmesidir. Tasarım aşamasında kullanılan mekânın ihtiyaçlarına göre özel havalandırma gereksinimi olması durumunda Şekil 3. 28-b ve c' de görüldüğü gibi özel tasarımlar yapılarak kullanıcı konfor koşulları ve enerji korunumu sağlanmalıdır.

Şekil 3. 28: Cam yüzeylerde yapılan menfez çeşitleri (URL-19).

- Pencere sistemlerinde kullanılan camların su, ses ve hava sızdırmazlık konusunda başarılı olmayan tek tabakalı camlar, çift camlarla değiştirilmeli

ve sistem silikon destek elemanlar ile montajı gerçekleştirilmelidir (Brancaccıo, 2015).

- Kullanılan camların ısı ve görsel performansları istenilen düzeyin altında olması durumunda yumuşak cam kaplama yöntemleri ile camın fiziksel özellikleri arttırılabilir.
- Kırılan ya da çatlayan camların kullanıldığı mekâna ve coğrafi koşullara uygun özelliklere sahip cam ile değiştirilmelidir.

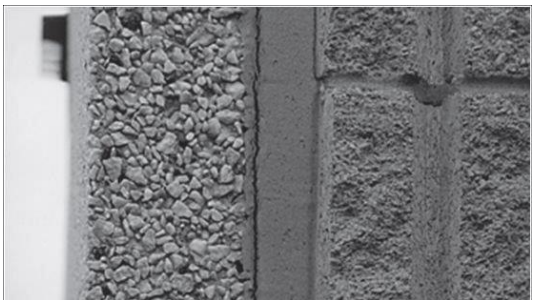
3.4.3 Yalıtım bileşenlerinde oluşan bozulmalara uygulanan müdahaleler

Pencerenin duvar ve denizlik arasındaki derz dolguları ve yalıtım malzemelerinde oluşan bozulmalara karşı yapılacak müdahale için öncelikle bozulmanın sebebi doğru belirlenmesi gerekmektedir. Derz dolgularının bozulma nedenleri (URL-20);

- Dolgu malzemelerinin bağlayıcılık özelliğini kaybetmesi (Şekil 3. 29),

  Belirti: Sızdırmazlık malzemesinin yüzeyden ayrılması,

  Sebebi: Uygun olmayan derz dolgu fitilinin kullanılması, yüzeyin iyi temizlenmemesi, yanlış derz dolgu malzemelerinin kullanılmasına bağlı olarak malzemenin yüzeye tutunamaması vb.

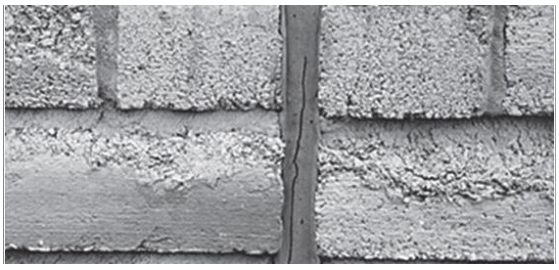


Şekil 3. 29: Dolgu malzemelerinin bağlayıcılık özelliğini kaybetmesi (URL-20).

- Derz dolgu malzemesinin yırtılması ve/veya çatlaması,

  Belirti: Derz dolgu malzemesi boyunca, yırtılma şeklinde görülür (Şekil 3. 30).

  Sebebi: Derz dolgusunun, derzin hareket kabiliyetini karşılayacak mukavemet özelliğine sahip olmaması, derz tasarım hatası veya malzemenin yanlış uygulanması vb. sebepleri olabilir.

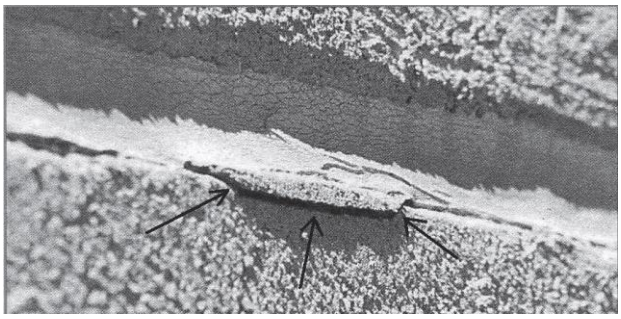


Şekil 3. 30: Derz dolgu malzemesinin yırtılması ve/veya çatlaması (URL-20).

- Derz dolgu malzemesinin, yerleştirildiği derz dolgu fitilinden dolayı bozulması,

  Belirti: Derz dolgu malzemesinin, derz dolgu fitiline bağlı kalırken duvar yüzeyinden ayrılmasıdır (Şekil 3. 31).

  Sebebi: Sızdırmazlık malzemesi, derzin hareket kabiliyetini karşılayacak mukavemet özelliğine sahip olmaması, derz tasarım hatası veya malzemenin yanlış uygulanması vb. sebeplerden dolayı meydana gelmektedir. Bu bozulmada genellikle sızdırmazlık malzemede bağlayıcılık özelliğini kaybetmesi bozulması ile karıştırılmaktadır. Bozulmaların ayırt edilmesinde derz dolgu fitilinin, sızdırmazlık yüzeyine gömülüp gömülmediğine bakılması gerekir. Bozulmanın bir diğer nedeni ise uzun süreli suya maruz kalma ve / veya donma çözülme genellikle bu durumun nedeni olabilir.



Şekil 3. 31: Derz dolgu malzemesinin, derz dolgu fitiline bağlı kalırken duvar yüzeyinden ayrılması soruna ait örnek (URL-20).

Derz dolgularının yukarıda belirtilen sebeplerle doğrudan etkilenebileceği gibi, denizlik ve kasa arasına sızan ya da biriken sulardan dolayı bozulmalarda görülmektedir. Derzler yeniden doldurma işlemi yaparak onarımı yapılsa bile su sızıntıları için önem alınmadığı sürece bozulmalar devam edeceği unutulmamalıdır.

Derz dolgularının yenilenmesi için öncelikle eski sızdırmazlık malzemelerinin yerlerinden çıkarılması gerekmektedir. Çıkarma işlemi mevcut sızdırmazlık malzemesinin ve alt tabakanın türüne göre değişiklik gösterir. Macun, yağ bazlı kalafatlar veya çözücü bazlı akrilikler gibi nispeten sert termoplastik sızdırmazlık ürünleri dahil olmak üzere çoğu sızdırmazlık maddesi, bir aşındırıcı taşlama tekerleği kullanılarak çıkarılabilir (Şekil 3. 32-a). Derz tasarımı nedeniyle taşlama tekerleği kullanılamıyorsa, dolgu malzemesi bir maket bıçağı ile kesilerek çıkarılır (Şekil 3. 32-b). Alüminyum gibi gözeneksiz yüzeylerde ise uygun kimyasal çözücü ile ıslatılmış bir aşındırıcı sünger kullanılmaktadır. Derz dolguları çıkarıldıktan sonra tel fırça , basınçlı hava ya da özel çözücülerle yüzeyler temizlenmelidir (URL-20). Kasa ile duvar arasında yalıtımda bozulma meydana gelmişse poliüretan köpük uygulaması yapıldıktan sonra derzler esnek UV dayanımlı PU (Poliüretan) mastikler veya su sızdırmazlık bantlarıyla sistem dış etkilere kapatılmalıdır. (İzoder, 2013)

(a) (b)

Şekil 3. 32: Derz söküm yöntemleri (URL-20).

Derz dolguları yapının büyüklüğü veya yüksekliğinden bağımsız olarak, ısı değişimi, sismik hareketler, toprak kayması, hareketli yükler, rutubetin neden olduğu uzama, sıkışma ve kesme kuvveti gibi etkilerle derz hareketleri oluşur. Derz dolgularında uygulanmasında dikkat edilmesi gereken hususlar (URL-21);

- Derz dolgu fitilinin üzerindeki dolgu macunu derinliği en az 6mm olmalı ve yeterli yapışmanın sağlanabilmesi için en az 6mm'lik temas yüzeyi oluşturmalıdır.
- Dolgu macunu uygulamasındaki en/derinlik oranı en az 2/1 olmalıdır.

Günümüzde yapılarda enerji korunumu amacıyla cephe sistemlerinde ısı yalıtımı yapılması zorunluluğu bulunmaktadır. Mevcut yapılarda yapı fiziği açısından daha iyi olması sebebiyle yalıtım cephenin dış yüzeyine yapılmaktadır. Isı yalıtım uygulamalarında pencere sistemlerinde dikkat edilmesi gereken hususlar;

- Dış duvar yüzeyleri temizlendikten sonra ısı yalıtım levhalarının köşeleri pencere köşesinde birleşmeyecek şekilde yerleştirilir.
- Mevcut pencere sisteminin bulunduğu duvarda yalıtım kasanın duvardaki konuma göre detaylandırılmalıdır. Kasa duvarın dış yüzeyi ile aynı hizada ise yalıtım ve dış sıva ile kasa arasına bitüm emdirilmiş gözenekli plastik bantlar ve poliüretan köpük sıkıştırılarak gürültüye, rüzgâra ve toza karşı iyi bir yalıtım sağlamalıdır (Altun, 2006).
- Çerçeve duvarın iç ve orta kısmındaysa duvarın yan yüzeyine de yalıtım yapılmalıdır. Dış duvarda yapılan yalıtım tabakası sürekliliğini kaybetmeden doğramaya kadar getirilmeli ve doğrama üzerine en az 30 mm gelmelidir.
- Isı yalıtım levhalarına uygun yapıştırıcı harcı kullanılmalı ve levha yüzeyinden taşan harçlar varsa bu yüzeyler temizlenerek bu noktalarda ısı köprüsü oluşturması önlenmelidir (URL-22).
- Isı yalıtım levhaları duvar malzemesine uygun dübellerle tespit edilmelidir (İzoder,2013).
- Pencerenin köşe birleşim noktalarında oluşabilecek çatlamaları önlemek için pencere köşelerinde sıva filesi diyagonal olarak uygulanmalıdır (URL-23).
- Pencere yüzeyine dönen ısı yalıtım levhasının dış köşelerini mekanik etkilerden korumak ve düzgün köşeler elde etmek için plastik, polistirol veya alüminyumdan imal edilmiş, cam elyafı sıva filesi takviyeli veya takviyesiz, alkali ortama dayanıklı iç veya dış köşe profiller kullanılmalıdır (İzoder,2013).
- Cephede dış ısı yalıtım uygulamaları yapılmadan önce kondansasyon hesabı yapılmalı ve gereken yüzeylere buhar kesici kullanılmalıdır. Buhar kesici, ısı yalıtım tabakasından önce olmak üzere yapı elemanının sıcak tarafına yerleştirilmedir (Kiper, 1992).

Pencerelerde kasa-kanat, kasa-kör kasa ve kasa/kanat-çıta-cam gibi birleşim noktalarında ısı, ses, su, rüzgâr, toz vb. unsurların dış atmosferden içeri girmesini önlemek amacıyla kauçuk esaslı yalıtım fitilleri kullanılır. Böylece kasa-kanat arası boşluğun dış basınca eşitlenmesini ve hava sirkülasyonu sağlayarak doğrama içerisindeki rutubetin kurutulması sağlanmaktadır (MEB, 2006). Bu fitillerin servis süreleri ya da kullanıma bağlı hatalardan kaynaklı performans kayıpları görülmeye

başlayınca fitiller değiştirilmelidir. Yenileme işleminde fitiller sürekli ve köşelerde 45° yapacak şekilde birleştirilmesi gerekmektedir.

3.4.4 Tamamlayıcı bileşenlerinde oluşan bozulmalara uygulanan müdahaleler

Tez kapsamında tamamlayıcı bileşenler tespit elemanları, açma kapama mekanizması ve estetik açıdan tamamlayıcı bileşenler olarak üç alt gruba ayrılmıştır. Tespit elemanları olarak tespit vidası, çiviler, tespit profilleri, yapıştırıcılar vb. bileşenler sayılabilir. Açma kapama mekanizması içinde ispanyolet, açma kapama kolu, menteşe ve karşılıklar vb. bileşenleri içerir. Estetik açıdan tamamlayıcı bileşenler pervazlar, estetik açıdan kullanılan çıtalar, söve vb. bileşenler sayılabilir. Tamamlayıcı bileşenlerde görülen bozulmalara karşı yapılacak müdahaleler;

- Belirli periyotlarda bileşenlerin özelliklerine uygun temizleyici malzemelerle temizlenmelidir. Temizlik esanasında açma kapama mekanizmasının ve tespit elemanlarının metal aksamları su ile temas ederse hemen kurulanması korozyon oluşumunu önlemek için önemlidir. Yanlış malzeme kullanımı yüzeylerde leke oluşumuna ve renk değişimine sebep olmaktadır.
- Belirli periyotlarda açma kapama mekanizması yağlanması ve sistem ayarlarının yapılması gerekir.
- Kasa ile kanat arasındaki menteşe, açma kapama kolu, tespit elemanlarındaki vida gibi bileşenlerde zamanla gevşeme meydana gelmesiyle pencere sistemleri güvenli çalışmayacağı gibi su ve hava sızıntılarının yaşanması ve diğer bileşenlerinin olumsuz etkilenmesine sebep olacaktır. Belirli periyotlarda kontrol edip sıkılaştırılması gerekir.
- PVC profiller, Türkiye'de profil içinden duvara ya da denizliğe tespit edilmektedir. Bu tespit yapı fiziği açısından uygun olmadığı gibi kullanım aşamasında su sızıntıları ile bağlantı elemanında korozyon görülmektedir. Bu tür hatalı uygulamalarda tespit elemanı üzerinde kapatıcı başlığın varlığı kontrol edilmeli ve belirli periyotlarda temizlenmelidir.
- Servis ömrünü tamamlamış bileşenlerin belirli periyotlarda değişimi yapılarak sistem bütünlüğünün korunması gerekir.

4. DURUM DEĞERLENDİRMESİNDE VE BAKIM YÖNTEMLERİNDE KULLANILAN ARAÇLARIN VE YÖNTEMLERİN İNCELENMESİ

Pencere sistemlerinde kullanım süreci boyunca performans, fonksiyon ve estetik değer kayıpları görüldüğü için belirli dönemlerde bakım ve onarım müdahalelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Pencere ve diğer yapı elemanlarının servis süreleri boyunca etkin kullanılabilmesi için son yıllarda bakım stratejileri ile ilgili çalışmaların arttığı görülmektedir. Bunun en önemli sebebi artan enerji talepleri, enerji üretimi sırasında çevreye verilen tahribatlar ve yükselen enerji fiyatları olarak sıralanabilir. Bina faaliyetleri ile çevreye verilen zararların artarak devam etmesinden dolayı gelişmiş ülkelerde bina faaliyetleri için çeşitli tedbirler alınmıştır. Avrupa Birliği'nin son on yıllık büyüme stratejisi (Europe 2020) planında enerji verimliliği başlığı altında Avrupa ülkelerindeki konut stokunun yeniden kullanımı ve bakımı, Avrupa konut politikasında ve uygulamalarında öncelikli konular haline gelmiştir. Bunun en önemli sebebi yeni konutların yıllık yapım miktarının mevcut konut stokunun sadece %1'ine tekabül etmesidir (Thomsen ve der Flier., 2002; Kylili vd., 2016). Euroconstruct 2015 raporunda Avrupa Birliği'nin bakım ve rehabilitasyon faaliyetleri ortalaması 2007 yılında %43 iken 2015 yılında yaklaşık %60 seviyelerine yükseldiği görülmektedir (Euroconstruct, 2015). Türkiye'deki enerji korunumu için yeni yapılan yapılarda çeşitli yaptırımlar uygulanırken eski binalarda ise sadece cephelerde ısı yalıtımı yapılması zorunluluğu bulunmaktadır. Bu çalışma ile Türkiye'deki yapı stokunun bakım ve onarım çalışmaları ile enerji performansının arttırılması, yapı elemanlarının servis süreleri boyunca etkin kullanımı, kullanıcıların bakım konusunda bilinçlendirilmesi ve yerel/ulusal yönetimler tarafından bakım ve onarım faaliyetlerinin desteklenmesi amaçlanmaktadır. Yapıların bakım ve onarımlarının sistematik ilerleyebilmesi için bakım ve onarım planlaması yapılırken yapı alt sistemlerinin öncelikle eleman bazında sonra bütünleşik olarak ele alınması gereklidir. 4. bölümde tez modelinde kullanılacak yöntemler hakkında literatür araştırmaları yapılmıştır. Bölümde öncelikle bakımın tanımı, gelişimi ve sınıflandırılması

yapıldıktan sonra bozulma tahminlerinde kullanılan yöntemler araştırılmıştır. Son olarak durum değerlendirme ve bakım yöntemleri için kullanılan kılavuzlar, rehberler ve veri tabanları vb. araçlar incelenmiştir.

4.1 Bakım Yöntemlerinin Gelişimi ve Sınıflandırılması

Bakım, dünya genelinde tesis, ekipman ve binalar gibi korunması gereken fiziksel varlıkların sayısındaki ve çeşitliliğindeki büyük artış, karmaşık tasarımlar, yeni bakım teknikleri, bakım organizasyonları ve sorumluluklarındaki değişen anlayıştan dolayı diğer tüm yönetim disiplinleri arasında en hızlı değişen disiplin olmuştur (Moubray, 1997). Bakım tanımlarını incelediğimizde 1964 yılında yayınlanan BS 3811:1964 göre bakım, tüm tesislerin, yani sitenin her bölümünün veya binanın kabul edilebilir bir standarda geri getirilmesi (restore) için yapılan iş olarak tanımlanmaktadır (BSI, 1964, Lee ve Scott, 2009).

1984 yılında yayınlanan aynı standartta bakım için "bir binanın, hizmetlerinin ve çevresinin her bölümünü kabul edilebilir bir standartta tutmak, eski haline getirmek (restore) veya iyileştirmek ve binanın fayda ve değerini sürdürmek için üstlenilen iş olarak" ifade edilmiştir (Chew vd., 2004). Standarttaki tanımlamada restore ifadesine ek olarak standartta uygun seviyede tutmak ve iyileştirme ifadelerini eklerken binanın fayda ve değerini sürdürmesinin önemini de belirtmiştir.

1990 yılında Alner ve Fellows ise bakımı,

- Binaların ve ilgili hizmetlerinin güvenilirliğinin sağlanması,
- Binaların kullanıma uygun olması,
- Binanın durumunun tüm yasal gereklilikleri karşılaması,
- Bina stokunun fiziksel varlıklarının değerini korumak için gerekli bakım işlerini yürütmesi,
- Binanın kalitesini korumak için yapılan çalışmalar olarak tanımlamıştır (Horner vd.,1997).

1991 yılında yayınlanan BS 3811'e göre bakım "gerekli fonksiyonu yerine getirebileceği bir durumda tutulması veya eski haline getirilmesi (restore) amaçlanan bir öğenin denetim eylemleri dahil tüm teknik ve idari faaliyetlerin birleşimi olarak ifade edilmiştir (BSI, 1991, Lee ve Scott, 2009).

1993 yılında güncellenen aynı standartta bakım, bir fiziksel varlığı belirli bir seviyede tutmak ya da gerekli bir işlevi yerine getirebileceği bir duruma getirmek (restore) için farklı teknik ve idari işlemlerle ilgili çaba olarak tanımlanmaktadır (BSI, 1993). Bakım tanımının geliştirilmesi, yalnızca teknik sorumluluğa bağlı anlayış, zaman içerisinde hem teknik hem de yönetim sorumluluğu olarak değişim göstermiştir (Lee ve Scott, 2009).

2010 yılında yayınlanan BS EN 13306'a göre bakım, gerekli fonksiyonu yerine getirebileceği bir durumda tutulması veya duruma getirilmesi (restore) amaçlanan bir öğenin yaşam döngüsü boyunca tüm teknik, idari ve yönetimsel eylemlerin birleşimi olarak ifade edilmiştir.

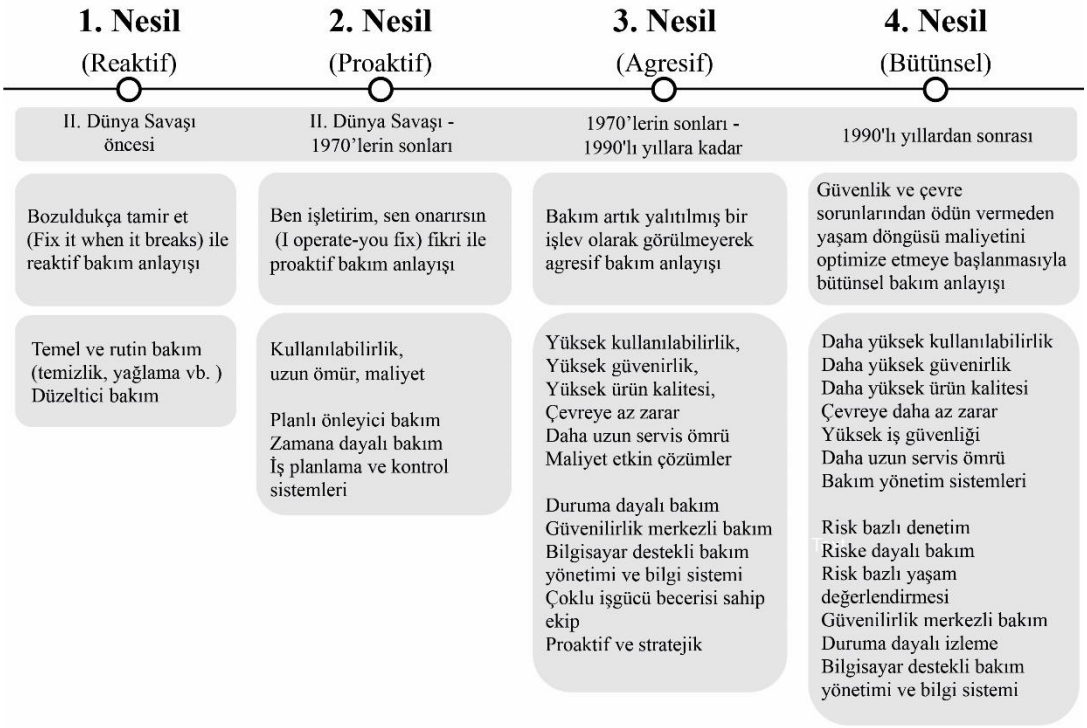
Watt (2009)'da binalar ve hizmetleri, binaların kullanımları (işlevsel, ekonomik, konumsal, sosyal, yasal veya fiziksel) ve binaların kullanıcılarının ihtiyaç ve isteklerinde meydana gelen değişikliklerle ilgili faktörlerin bir kaçınılmaz sonucu olarak kullanılmaz hale gelmektedir. Dolayısıyla, binaların eskimesi ve bozulması, buna bağlı olarak değerindeki düşüş sürekli devam eden bir süreçtir. Ancak uygun tamir ve bakım ile yavaşlatılabileceğini veya tersine çevrilebileceğini vurgulamıştır (Watt, 2009). Douglas (2006) "Building Adaptation" kitabında bakımın amaçlarını;

- Binanın fiziksel durumunun korunması,
- Binanın değerinin korunması,
- Binanın yatırım değerinin korunması,
- Uygun bir iç ortam sağlanması,
- Yasal gerekliliklere uyulması,
- Bir binanın durumunu korumak olarak ifade etmiştir (Douglas,2006).

Günümüzde bakımı; tesis, ekipman ve binalarda çevresel etkiler, insan kaynaklı hatalar ve zamana bağlı bozulmalarla sistemde yaşanan fonksiyonel, dayanım ve estetik değer kayıplarının durdurulup eski haline getirilmesi ve geçerli standartlara uygun olmaması durumunda iyileştirilmesi için servis süresi boyunca teknik, idari ve yönetimsel olarak tesis, ekipman ve binalar üzerinde yapılan eylemler olarak tanımlayabiliriz.

4.1.1 Bakım anlayışının tarihsel gelişimi

Bakım anlayışındaki hızlı gelişimi Moubray (1997) tarafından yapılan çalışma 1930 ile 1990 yılları arasındaki süreci 1.nesil, 2. nesil ve 3. nesil olarak üç döneme ayırmıştır (Cooke, 2003). 1990'dan sonraki dönem 4.nesil olarak incelenmektedir (Şekil 4. 1).



Şekil 4. 1: Bakım anlayışının tarihsel gelişimi
(Arunraj ve Maiti, 2007; Alsyouf, 2007'den uyarlanmıştır).

1. Nesil Bakım Anlayışı olarak kabul edilen dönem II. Dünya Savaşı'na kadar olan süreçtir (Moubray, 1997). Bakım bir üretim görevi ve hiç arzulanmayan ama kaçınılmaz olarak katlanılan durum olarak düşünülmekteydi. Bu dönemde endüstride ekipman arızalanıncaya kadar çalıştırılıp arızalanınca tamir ya da değiştirme işlemleri yapılmaktadır (Al-Najjar, 1997; Kelly, 1997; Pintelon ve Gelders, 1992; Alsyouf, 2007). Tesis yöneticileri için arızalanmaların önlenmesine yönelik bakım işlemleri öncelikli konular içinde yer almamaktadır. 1. nesil bakım dönemindeki ekipman özellikleri onarımı kolay ve basit olmalarından dolayı bakım faaliyeti olarak temizlik, yağlama vb. basit ve rutin işler yapılmaktaydı. Bu dönemin bakım anlayışı "bozulduğunda tamir et (Fix it when it breaks)" ve reaktif bakımdır (Moubray, 1997). *2. Nesil Bakım Anlayışı* II. Dünya Savaşı ile 1970'lerin sonlarına kadar devam eden süreçtir (Arunraj ve Maiti, 2007). II. Dünya Savaşı'ndan sonra artan ürün talebi ve

insan gücü yetersizliği makineleşmenin artmasına neden olmuştur (Alsyouf, 2007). 1950'lerde çok sayıda ve karmaşık makineler kullanılmaya başlanmıştır. Endüstrinin makinelere bağımlılığı arttıkça üretimde aksamaların oluşturacağı problemlere karşı koruyucu bakım anlayışı ortaya çıkmıştır. 1960'lı yıllarda bakım maliyetlerinin hızlı bir şekilde artmasıyla periyodik bakım anlayışı başlamıştır (Moubray, 1997). İkinci nesil bakımın önemli hedefleri kullanılabilirlik, uzun ömür ve maliyet kabul edilmiştir. Bakım anlayışı, bakım departmanın bir görevi olarak kabul edilirken ben işletirim, sen onarırsın/düzeltirirsin (I operate-you fix) fikri ile koruyucu bakım ve periyodik bakım fikirleri ortaya çıkmıştır (Sherwin, 2000; Waeyenbergh ve Pintelon 2002, Alsyouf, 2007).

3. Nesil Bakım Anlayışı 1970'lerde sanayi sektöründeki hızlı değişimler ile tesisler daha da otomatik ve karmaşık hale gelmiştir (Alsyouf, 2007). Bu dönemde sanayi tesislerinde arızaya bağlı aksamalar üretim kapasitesinde azalmaya sebep olurken üretim maliyetlerinin ve müşteri memnuniyetsizliğini arttırmıştır (Moubray, 1997). 3. Nesil bakım anlayışında (Cooke, 2003),

- Tesislerin sürekli büyümesi ve otomasyon kullanımının artmasıyla tesislerin güvenilirliğinin ve kullanılabilirliğinin artmasına,
- Ürün ve hizmet kalite standardında taleplerin artmasına,
- Güvenlik ile ilgili mevzuatların sıkılaştırılmasına,
- Ekipmanlarda daha uzun servis süresi sağlanmasına,
- Maliyette etkin çözümlerin bulunmasına,
- Çevreye daha az zarar vermesi gibi fikirler ortaya çıkmıştır.

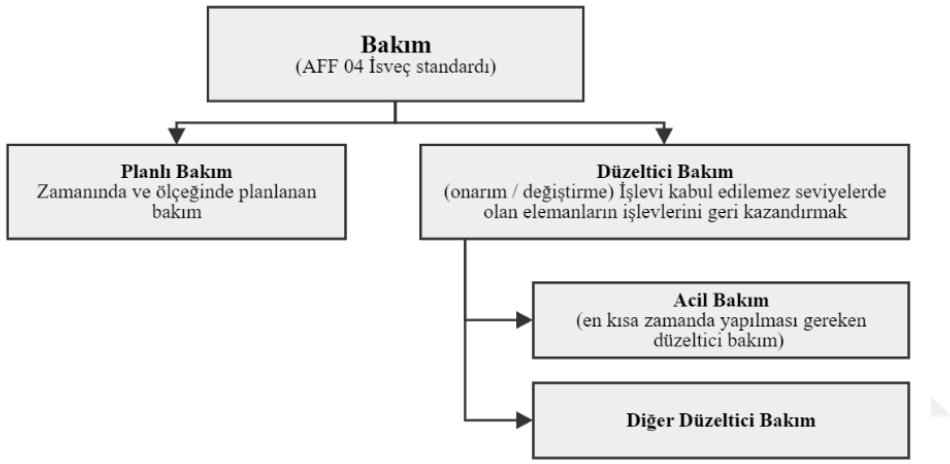
Bu fikirlerle birlikte bakım işlemlerinin önemi artmıştır. Bu dönemde bakım için duruma dayalı bakım (CBM), güvenilirlik merkezli bakım (RCM) ve bilgisayar destekli bakım yönetimleri benimsenip çoklu işgücü becerisine sahip ekip çalışmasıyla agresif bakım anlayışı uygulanmıştır (Arunraj ve Maiti, 2007).

4. Nesil Bakım Anlayışı 1990'lı yıllarda duruma dayalı bakım (CBM) ve güvenilirlik merkezli bakım (RCM) anlayışına ek olarak risk bazlı denetim ve bakım yöntemi ortaya çıkmasıyla başlamış ve 2000'den sonra kullanımı artmıştır. 2000 yılına kadar bakım ve güvenlik ayrı ve bağımsız faaliyetler olarak değerlendirilirken bakım işlemleri ile güvenlik veya çevre sorunlarından ödün vermeden toplam yaşam döngüsü maliyetini optimize etmeye başlanılmıştır (Raouf, 2004; Arunraj ve Maiti, 2007).

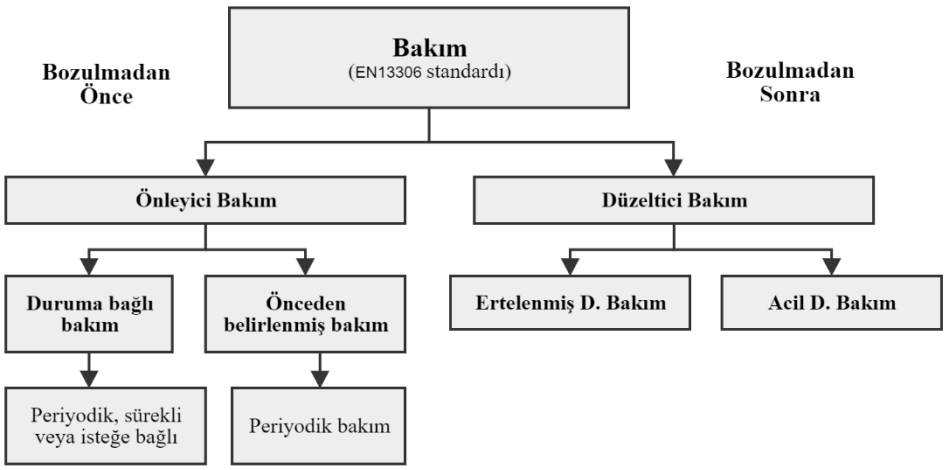
Küreselleşme nedeniyle (sınırları aşmak) tedarik zincirindeki bakım ve diğer unsurlar arasında iç ve dış ortaklık oluşturmak için daha fazla çaba gösterilmiştir. Bu dönemki uygulamalarda bütünsel bakım anlayışı uygulanmıştır (Alsyouf, 2007).

4.1.2 Bakım türleri

Bina bakım stratejileri ile ilgili çeşitli sınıflandırmalar bulunmaktadır. AFF04 İsveç standardına göre bakım, planlı bakım ve düzeltici bakım iki gruba ayrılırken (Şekil 4. 2) Avrupa'da kullanılan EN13306: 2010 standardında bakım bozulmadan önceki dönemde yapılan koruyucu bakım ve bozulmadan sonra yapılan düzeltici bakım olarak sınıflandırılmaktadır (Şekil 4. 3).

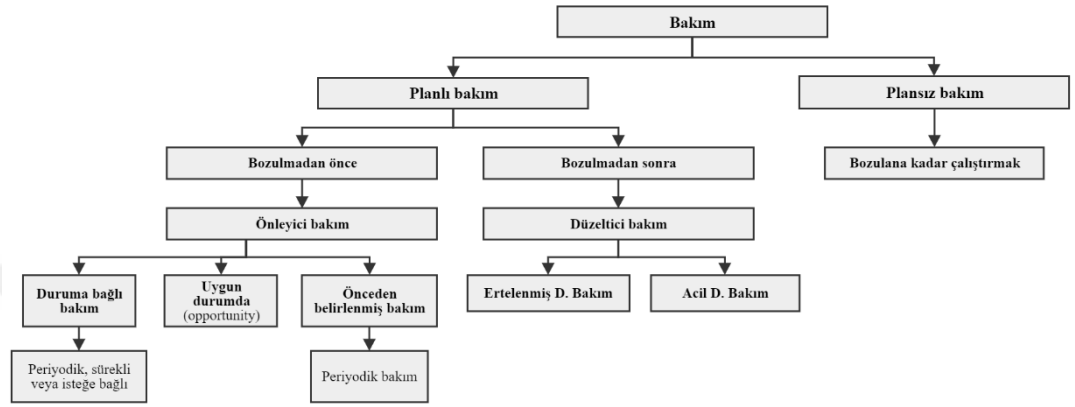


Şekil 4. 2: AFF 04 İsveç standardındaki bakım stratejisi (Lind ve Muyingo,2012).



Şekil 4. 3: EN 13306 (2010) standardındaki bakım stratejisi (BS EN 13306, 2010).

CIBSE (2008) tarafından yapılan çalışmada bakım planlı ve plansız olarak iki ana gruba ayrılmaktadır (Şekil 4. 4). Planlı bakım bozulmadan önceki dönem için koruyucu bakım, bozulmadan sonraki dönemde ise düzeltici bakım önermektedir. Plansız bakımda ise ekipman/bileşenin bozulana kadar çalıştırılması (run to failure) anlayışı bulunmaktadır.



Şekil 4. 4: CIBSE (2008) tarafından oluşturulan bakım stratejisi.

4.1.2.1 Koruyucu (Önleyici) bakım

Koruyucu bakım BS EN 13306 standardında "Önceden belirlenmiş aralıklarla veya belirtilen kriterlere göre yapılan ve bir ürünün işleyişinin bozulma veya degradasyon olasılığını azaltmayı amaçlayan bakım" olarak ifade edilmektedir (BS EN 13306, 2010). Koruyucu bakım ile düzeltici bakımın olumsuz yönlerinin üstesinden gelerek bozulmanın oluşma olasılığının azaltılması veya ani oluşan bozulmaları önlemesi hedeflenmiştir. Bu bakım bazı kaynaklarda zamana dayalı bakım (time-based maintenance), planlı bakım (planned maintenance) veya döngüsel bakım (cyclic maintenance) olarak adlandırılır (Raymond ve Joan, 1991; Horner vd., 1997). Koruyucu bakım ile yapısal veya fonksiyonel bozulmalar ilerlemeden önlenebilir. Koruyucu bakım, doğru şekilde kullanıldığında bakım maliyetlerini yaklaşık %15 azaltılabilmektedir (Olanrewaju ve Abdul-Aziz, 2014).

Koruyucu bakımın avantajları (Raymond ve Joan, 1991; Horner vd.,1997);

- Bakım işlemleri kullanıcı için uygun zamanda planlanıp uygulanabilir,
- Planlı bakım ile dolaylı olarak oluşabilecek bozulmaların önlenmesiyle bakım maliyetleri azaltılır,

- Aksama süresi, tüm binanın veya bir elemanının hizmet dışı kaldığı süreyi en aza indirilerek binanın yaşanabilirliği arttırılır,
- Kullanıcının sağlık ve güvenlik seviyesi arttırılabilir.

Koruyucu bakımın dezavantajları (El-Haram, 1995); (Horner vd.,1997);

- Koruyucu bakımda planlanan zamanda değişmesi gereken yapı elemanının performans ve fonksiyonel durumuna bakılmaksızın değiştirilmesinden dolayı uygun düzeydeki elemanların değişiminden kaynaklı maliyet, gereksiz malzeme tüketimi gibi sorunlar oluşturabilir,
- Yapı elemanları, bakım işlemleri sırasında insan kaynaklı hatalardan dolayı daha kötü performans gösterebilir.

Koruyucu bakım önceden belirlenmiş bakım ve duruma bağlı bakım olarak iki gruba ayrılır.

Önceden belirlenmiş bakım (Predetermined maintenance):

Önceden belirlenmiş bakım BS EN 13306 standardında "belirlenmiş zaman aralıklarına veya kullanım birimlerine göre önceden durum araştırması olmadan gerçekleştirilen bakım" olarak ifade edilmiştir (BS EN 13306, 2010). Önceden belirlenmiş bakım ekipmanın gerçek durumuna bakılmaksızın üretici tarafından geçmişte üretilen ekipmandan ya da bileşenden elde edilen ortalama başarısızlık süresi (MTTF) istatistiksel verilerine göre hazırlanır. Bu bakım yalnızca üreticiler tarafından hazırlanan programlara göre uygulandığı için bozulma oluşma riski ve çalışma verimlilikleri önceden tahmin edilemeyebilir. Ayrıca tamamen işlevlerini sürdürebilecek seviyedeki parçaların/bileşenlerin değiştirilmesi ile ek bakım maliyetleri çıkabilir (Sagnier, 2018).

Duruma dayalı koruyucu bakım (Condition based maintenance):

Duruma dayalı koruyucu bakım BS EN 13306 standardında "durum izleme ve / veya denetim ve / veya test, analiz ve sonraki bakım faaliyetlerinin bir kombinasyonunu içeren koruyucu bakım türü" olarak ifade edilmiştir. Durum izleme, muayene ve test yöntemleri sürekli veya isteğe bağlı olarak uygulanabilir (BS EN 13306, 2010). Duruma dayalı bakım sistemin mevcut durumu ile ilgili veri toplanması, toplanan

verilerin değerlendirilmesi ve bakım kararlarının verilmesi olarak üç temel adımdan oluşmaktadır (Jardine vd., 2004).

4.1.2.2 Kestirimci (Öngörücü) bakım

Kestirimci bakım BS EN 13306 standardında "Tekrarlanan analizlerden veya bilinen özelliklerden sağlanan bir tahmin ve bileşenin bozulmasındaki önemli parametrelerinin değerlendirilmesinden sonra uygulanan duruma bağlı bakım" olarak ifade edilmektedir (BS EN 13306, 2010). Kestirimci bakımda, binaların mevcut durumunu değerlendirmek için basit görsel denetimler yapılabileceği gibi kızılötesi, titreşim analizi, vb. tahribatsız izleme teknikleri de kullanılabilir (Olanrewaju ve Abdul-Aziz, 2014). Kestirimci bakımın en iyi şekilde uygulanabilmesi için yapısal elemanının normalden anormal duruma geçişinin tespiti için belirli periyotlarda doğru izleme cihazları ile takip edilmesi gerekmektedir (Horner vd.,1997).

Kestirimci bakımda eski ve yeni ölçümlerde elde edilen veriler, eğilim çözümleme yöntemi (Trend Analiz) ile değerlendirerek ileri de oluşabilecek bozulmalar belirlendikten sonra uygun bakım planlaması yapılır. Bu bakım yöntemi, sistemin çalışmasını engellemeden durum takibi sağlayarak aksamaları azaltacağı gibi gereksiz parça değişimlerini de önlemektedir (Köse, 1989).

4.1.2.3 Düzeltici bakım

Düzeltici bakım BS EN 13306 standardında "Hata (fault) tespitinden sonra gerçekleştirilen ve bir elemanın gerekli bir işlevi yerine getirebilecek duruma/seviyeye getirmeyi amaçlayan bakım" olarak ifade edilmiştir (BS EN 13306, 2010). İlk işletme tesis kurulduğundan beri kullanılan düzeltici bakımda ekipman/eleman bozulduğunda tamir et, bozulmadıysa tamir etme anlayışına sahip basit ve kolay reaktif bakım yaklaşımıdır (Mobley, 2004). Düzeltici bakım bazen arıza bazlı (failured based) veya plansız bakım (unplanned maintenance) olarak adlandırılır. Düzeltici bakımın diğer bakımlardan daha pahalı olmasının sebepleri (Horner vd., 1997),

- Bir elemanın/bileşenin bozulması diğer yapısal elemanların bozulmasına sebep olması,

- Ekipman/elemandaki bozulma hem kullanıcı hem de idare makamı için istenilmeyen bir zamanda meydana gelmesi ve bu süreçte insan gücü ve/veya yedek parça temin sorunları yaşanabilir.

Düzeltici bakımlar bozulmanın sistemdeki önemine ve aciliyetine göre ertelenmiş düzeltici bakım ve acil düzeltici bakım olarak iki türe ayrılmaktadır.

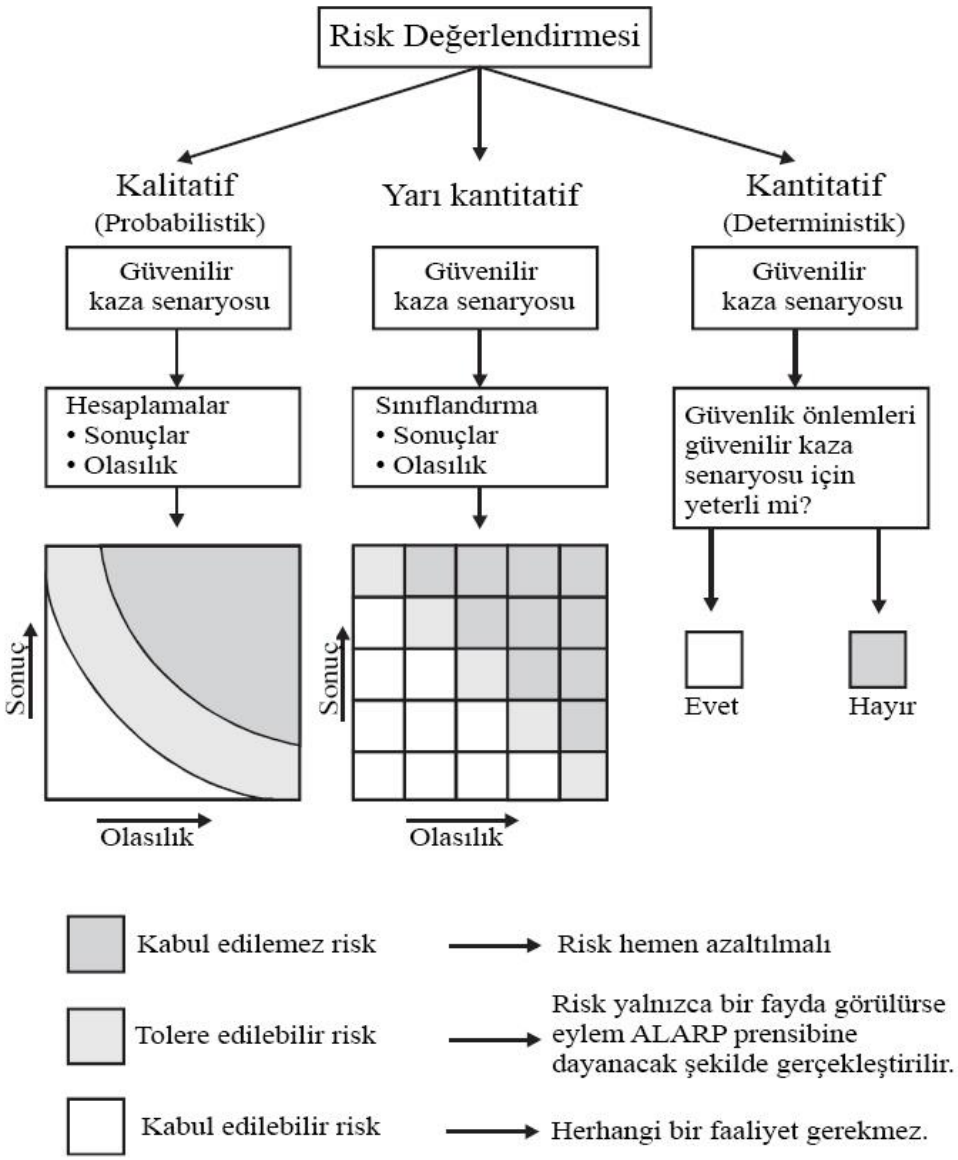
4.2 Bozulma Tahminlerinde Kullanılan Yöntemler

Yapılarda yapılacak bakım planlaması için öncelikle yapılarda oluşan ya da oluşabilecek bozulmaların belirlenmesi önemlidir. Literatürde risklerin tahminleri için kullanılan yöntemler yapılarda bozulmaların belirlenmesi için kullanılmaktadır. Çalışmada risk ifadesi yerine bozulma ifadesi kullanılmıştır.

Bozulma değerlendirme teknikleri, bozulmaların gerçekleşme olasılıklarının ve olası etkilerinin tahmin edilmesi açısından kullanılan yöntemler kalitatif, kantitatif ve hibrid (kalitatif-kantitatif/ yarı kantitatif) olarak üç gruba ayrılmaktadır (Marhavilas vd., 2011).

Kalitatif risk değerlendirme yöntemlerinde sayısal değerler yerine yüksek, çok yüksek gibi sözel ifadeler kullanılmaktadır. Uzman ekibin tecrübe ve sezgilerine dayanarak sübjektif olarak risk ve risk öncelik değerleri tahmin edilmektedir. Kantitatif risk değerlendirme yöntemlerinde riskin oluşma ihtimali, etkisi gibi değerleri olasılık ve güvenirlik teoremleri gibi basit teknikler ya da simülasyon modelleri kullanılarak sayısal değerlerin bulunmaktadır. Bu değerler matematiksel ve mantıksal metotlar ile işlenip risk değeri bulunur. Kantitatif risk analizinin temel formülünde risk, tehlikeli bir olayın meydana gelme ihtimali ile tehlikenin etkisinin çarpılmasıdır (Ceylan ve Başhelvacı, 2011).

Yarı kantitatif yöntemler; sonuç ve olasılıklar için sayısal derecelendirme ölçeklerinden faydalanır ve risk düzeyini belirlemek için formül kullanmak suretiyle bunları bir araya getirir (Özkılıç, 2014). Risk değerlendirme yöntemleri Şekil 4. 5'te gösterilmiştir.



Şekil 4. 5: Risk analizi metotlarının genel çerçevesi (Dziubinski vd., 2006).

Kalitatif, kantitatif ve hibrid (yarı kantitatif) yöntemleri de deterministik, probabilistik ve deterministik- probabilistik olarak üç alt başlığa ayrılmaktadır. Deterministik yöntemler bir tehlikenin oluşmasının ve sonuçlarının bilindiği ve kesin olduğu durumlarda insanlar, çevre ve ekipmanlara ait hedefler için sonuçlara yoğunlaşıp değerlendirir. Probabilistik yöntemler tehlikeli durum oluşma olasılığına veya sıklığına veya olası kaza olaylarına dayanarak ekipman/bileşenlerin bozulma/arıza olasılığına odaklanır. Probabilistik yöntemler esas olarak ekipman veya ekipmanın bileşenindeki arıza olasılığına odaklanırken deterministik ve deterministik-

probabilistik yöntemler tüm sanayi tesislerini analiz etmek için kullanılmaktadır (Tixier vd. 2002). Mevcut risk değerlendirme yöntemlerini Tablo 4. 1'de sınıflandırılmıştır. Çalışma kapsamında yapı bozulmalarında kullanılabilecek yöntemler incelenmiştir.

Tablo 4. 1: İnşaat dönemlerine göre pencere yalıtımına ait değerler (Tixier vd. 2002).

Yöntemler	Deterministik	Probabilistik	Deterministik-Probabilistik
Kalitatif	Action error analysis, checklist , concept hazard analysis , goal oriented failure analysis, hazard and operatibility (HAZOP), failure mode effect analysis (FMEA), human hazard operability (HumanHAZOP), hazard identification system (HAZID), master logic diagram, optimal hazard and operatibility (OptHAZOP), plant level safety analysis (PLSA), preliminary risk analysis, process hazard analysis (PHA), reliability block diagram (RBD), task analysis, What if? Analysis, sneak analysis , risk matrix	Delphi technique, Expert judgment, rapid ranking	Maximum credible accident analysis, safety culture hazard and operability (SCHAZOP), structural reliability analysis (SRA)
Kantitatif	Accident hazard index, chemical runaway reaction hazard index, Dow's chemical exposure index (CEI), Dow's fire and explosion index (FEI), fire and explosion damage index (FEDI), hazard identification and ranking (HIRA), instantaneous fractional annual loss (IFAL), reactivity risk index (RRI), safety weighted hazard index (SWeHI), toxic damage index (TDI)	Event tree analysis (ETA), fault tree analysis (FTA), petri nets, probabilistic fault tree (PROFAT), fuzzy fault tree analysis, risk integral	Method organised systematic analysis of risk (MOSAR), quantitative risk analysis (QRA), rapid risk analysis, probabilistic risk analysis (PRA), international study group on risk analysis (ISGRA), optimal risk assessment (ORA), IDEF methodology
Yarı Kantitatif	Domino effect analysis, layers of protection analysis (LOPA), predictive risk index, world health organization (WHO), risk priority number	IAEA-TECDOC-727, maintenance analysis, semi-quantitative fault tree analysis, short cut risk assessment	Safety analysis, failure mode effect criticality analysis (FMECA), facility risk review (FRR)

4.2.1 Kontrol listeleri (Checklists)

Kontrol listeleri sayfa bazlı kalitatif tahmin yöntemi olarak kabul edilmektedir. Kontrol listesi bir yapının/ekipmanın çeşitli gerekliliklerini yerine getirip getirmediğini doğrulamak için tesis organizasyonu, işletme, bakım ve diğer ilgili alanlar hakkında uzman kişi/grup tarafından hazırlanan sorulardan oluşmaktadır. Kontrol listeleri standartlara ve yönetmelikleri göz önünde bulundurularak uzman kişinin/grubun tecrübelerine dayanarak hazırlanır (Hessian ve Rubin, 1991; Oyeleye

ve Kramer, 1988; Khan ve Abbasi, 1998). Kontrol listeleri binanın/ekipmanın mevcut durumunun tespit edilmesi ve servis süresi boyunca oluşan bozulmaları ve uygulanan bakımların tarihsel olarak kayıt altına alınması için önemlidir.

Kontrol listeleri çoğunlukla görüşmelere ve saha incelemelerine dayanmaktadır. Kontrol listesi yöntemi kök neden analizi, güvenlik denetimi vb. nitel ve nicel yöntemlerde tamamlayıcı bir yöntem olarak kullanılmaktadır (Marhavilas vd., 2011). Kontrol listelerinin dezavantajları olarak (Eley, 1992; Ozog ve Stickles, 1991; Khan ve Abbasi, 1998),

- Kontrol listesi oluşturulması uzun zaman alması ve sonuçların nitel değerlere sahip olması,
- Bir kontrol listesi inceleme zamanında yalnızca bir elemana/ekipmana odaklanabilir, bu nedenle farklı elemanlar/ekipmanlar arasındaki etkileşim sonucu oluşabilecek bozulmaların tanımlanamaması,
- Kontrol listesinin başarısı onu hazırlayan kişinin/grubun yetenek ve önceki deneyimleri belirleyici etken olması,
- Kontrol liste yöntemi sızıntı, basınç ve sıcaklık vb. ölçüme dayalı bozulma tespitlerinde yetersiz kalması gibi sebepler gösterilebilir.

4.2.2 HAZID-Tehlike tanımlama (Hazard identification)

HAZID, tehlikeli olayların potansiyel sebep ve sonuçlarının sistematik olarak tanımlanması için kullanılan tablo bazlı kalitatif bir yöntemdir (Spouge, 1999). HAZID risk tanımlama yöntemi mümkün olduğu kadar erken uygulanmalıdır, böylece tehlikeyi önleyebilecek veya en azından sistem üzerindeki etkileri azaltabilecek değişiklikler ve uyarlamalar erkenden sistem tasarımına entegre edilebilir. Tipik bir HAZID çalışma sayfası, araştırılan bileşenin isimlendirilmesiyle ve ardından potansiyel olay ile başlar. Ardından, olası nedenler ve sonuçlar belirlendikten sonra şiddetlerine göre gruplandırılır. Son olarak, düzeltmeler veya önlemler için önerilerde bulunulmaktadır (Stapelberg, 2009; Leimeistter ve Kolios, 2018).

4.2.3 HAZOP-Tehlike ve işletilebilirlik analizi (The hazard and operability analysis)

HAZOP-Tehlike ve İşletilebilirlik analizinde yapının/ekipmanın tasarım ya da kullanım aşamalarında oluşabilecek hataların/risklerin potansiyel nedenlerinin ve etkilerinin tanımlanması için kullanılan ve analiz ile başlangıç olayı olarak normal çalışma modundaki sapmalara odaklanan kalitatif bir yöntemdir (Leimeistter ve Kolios, 2018). HAZOP yönteminde uzman bir ekip tarafından beyin fırtınası yapılarak sistemdeki sapmaların niteliğini uygun kılavuz kelimelerin seçimi yapılmaktadır (URL-24), (Tablo 4. 2). HAZOP analizinde yer alacak uzmanların sistem hakkında, tasarım, üretim ve bakımı konularında kapsamlı bilgiye sahip olmaları gereklidir (Khan ve Abbasi, 1998).

Tablo 4. 2: HAZOP yönteminde kullanılan kılavuz kelimeler (Clifton, 2005; Akman, 2015).

Kılavuz kelime	Anlamı
Hiç (None/Not)	Dizayn amacının başarıya ulaşmaması (ileri ya da geri yönde akışın olmaması, ısı aktarımının gerçekleşmemesi, reaksiyonun olmaması vb.)
Az (Less)	İşletme parametresindeki azalma(sıcaklık, basınç, akış hızı, seviye, viskozite)
Fazla (More)	İşletme parametresindeki artma(sıcaklık, basınç, akış hızı, seviye, viskozite)
Ters (Reverse)	Dizayn amacının tersi gerçekleşmesi(ters yönde akış, ısı aktarımının ters yönde gerçekleşmesi)
Yanı sıra (As well as)	Amaca ilave bir takım olayların ve aynı zamanda diğer ilgili faaliyetlerin mevcut olması (istenmeyen maddeler, kirleticiler, buhar ve korozif ürünler vb.)
Diğer (…den başka) (Other than)	İstenilen durumun aksine bir işlemin gerçekleşmesi (Akışın istenmeyen bir hatta yönlenmesi, ya da istenilmeyen bir ürünün elde edilmesi)
Kısmen (Part of)	İstenen durumun tam gerçekleşmemesi. (Bileşimin istenen durumdan farklı olması, istenen bileşimin bulunmaması)
Erken (Early)	İstenilen zamanlamanın dizayndan farklı farklı bir şekilde meydana gelmesi (Sıralı proseslerde bir işlemin diğerinden önce veya sonra başlaması)

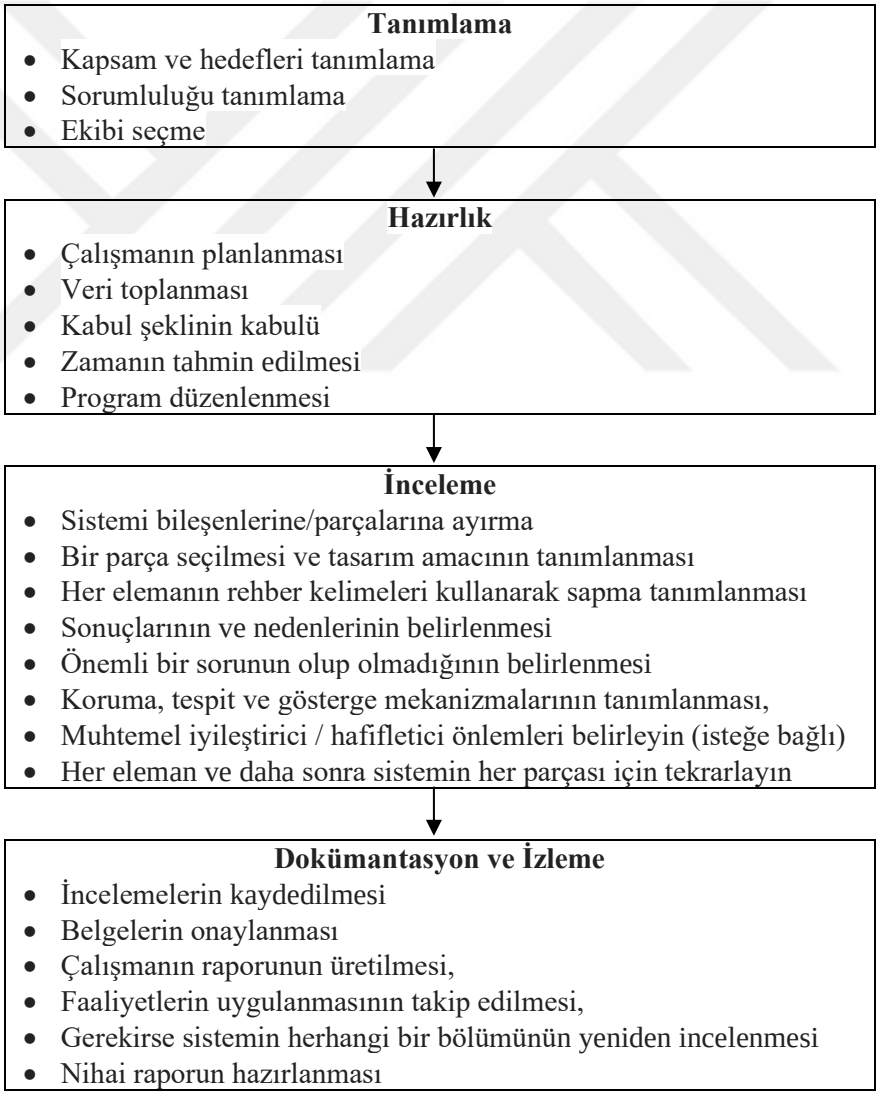
HAZOP yönteminin çalışma prensibi Şekil 4. 6'da gösterilmiştir. HAZOP yönteminin avantajları (Kotek ve Tabas, 2012);

- Tehlikeli durumlarını belirlemek amacıyla değerlendirilen ekipmanın sistematik ve kapsamlı bir şekilde incelenmesi,
- İnsan kaynaklı hataların sonuçlarının değerlendirilmesi ve yol açacağı durumların bulunması,

- Ekipman verimliliğinin artması, üretim ve kullanım süreçlerindeki aksamaların azaltılması, hammadde, işgücü ve zaman kayıplarının önlenmesi,
- Oluşabilecek bozulmaların önceden anlaşılmasını sağlayan sistematik bir yöntemdir.

HAZOP yöntemlerinin dezavantajları (Özkılıç, 2014),

- Detaylı bir analiz olması sebebiyle çok fazla zaman gerektirmesi,
- Yöntemin belgelendirme veya sistem/işlem ve prosedür şartnamesinin yüksek düzeyde olması,
- Temel problemler ile mücadele etmek yerine detaylı çözümler bulmaya çalışılması,
- Süreç ve sonuçlar, uzmanın objektifliğine bağlıdır.



Şekil 4. 6: HAZOP yönteminin çalışma prosedürü.

4.2.4 SWIFT tekniği- Olursa ne olur (What if ?)

SWIFT tekniği HAZOP analizi yöntemine alternatif olarak geliştirilmiş kalitatif deterministik bir yöntemdir. Yöntemde nelerin yanlış gidebileceğini ve meydana gelen bozulmaların sonuçlarını değerlendirmek için inceleme ekibi tarafından beyin fırtınası yapılmaktadır. Deneyimli inceleme ekibinin, bir süreç veya sistem ile ilgili önemli sorunları etkili ve verimli bir şekilde ayırt edebilme yetkinliğine sahip olması önemlidir (Reniers vd., 2005).

SWIFT yöntemi genellikle sistem düzeyinde uygulanırken HAZOP yöntemine göre daha az ayrıntılıdır. Ekip tesis veya ekipmandaki işletim ve davranış sapmalarından nasıl etkileneceğini anlamak için "Ne-Eğer" ya da "Olursa Ne Olur?" kalıplarını içeren sorular ile beyin fırtınası için tartışma oluşturulur. Her "what-if" sorusunun her birine yanıt verilir ve olası sorun riskinin rahatsız edici veya gereksiz göründüğü her aşaması için iyileştirme önerilerinin geliştirilmesi gereklidir. SWIFT yöntemi tek başına kullanıldığı gibi diğer yöntemlerle birlikte (özellikle kontrol listesi yöntemi ile) kullanılabilir (Marhavilas vd., 2011).

SWIFT yönteminin adımları (Marhavilas vd., 2011);

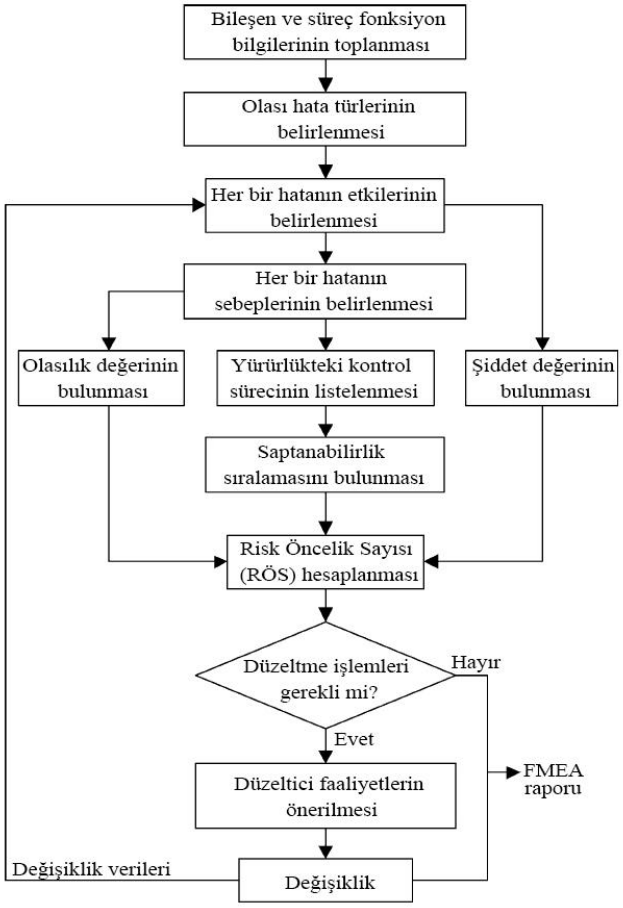
- Riskle ilgili bilgilere ait sınırların belirlenmesi ve tanımlanması,
- Yöntem ile çözülebilecek güvenlik, çevre ve ekonomik vb. sorunların belirlenmesi,
- Konuyu ana unsurlarına bölmesi ve analizlerin bu seviyelerden başlatılması,
- Gerekirse veya daha ayrıntılı analiz isteniyorsa, faaliyet veya sistemin öğelerini daha da alt bölümlere ayırılması,
- Sonuç aşamasında analizden gelen önerileri değerlendirilip faaliyetin veya sistemin yaşam döngüsünde maliyetlerinden daha fazla fayda sağlayacak önerinin seçilmesiyle analiz tamamlanır.

Yöntemin dezavantajı değerlendirmenin kalitesi, belgelerin kalitesine, inceleme ekibi liderinin eğitimi ve inceleme ekiplerinin deneyimine bağlı olmasıdır.

4.2.5 Hata türü ve etki analizi-HTEA (Failure mode and effects analysis-FMEA)

Hata türü ve etki analizi (HTEA) olası hataların değerlendirilmesi ve oluşmalarının önlenmesinde kullanılan güçlü kalitatif deterministik bir yöntemdir. Bu yöntemde (Sankar ve Prabhu, 2001);

- Ne yanlış gidebilir? /Yanlış giden ne olabilir?
- Yanlış gitmesine/Bozulmalara ne sebep olabilir?
- Hangi etkileri olurdu? Hangi etkilere sebep olurdu? vb. sorular ile sistemin/ekipmanın iç güvenlik sorunları tespit edilerek kritik bileşenler belirlenir. Bu sayede tasarım ve üretim aşamalarında güvenlik, kalite ve güvenilirliğin oluşturulması sağlanır (Sankar ve Prabhu, 2001). HTEA yönteminin akış şeması Şekil 4. 7'de gösterilmiştir.



Şekil 4. 7: Hata Türü ve Etki Analiz (HTEA) yönteminin akış şeması (Kristiansen, 2005).

Hata Türü ve Etki Analizi (HTEA) yöntemi altı adımda uygulanır (Kristiansen, 2005);

- Bileşenlerin tanımlanması,
- Olası hata ve hata modlarının belirlenmesi,
- Her hata modu/türü için hata etkilerinin belirlenmesi,
- Bozulma etkilerinin sıklık ve sonuçlarının şiddet açısından derecelendirilmesi ve güvenilirlik verilerini belirlenmesi,

- Hata modlarının/türlerinin tespiti için metotların belirlenmesi ve değerlendirilmesi,
- İstenmeyen hata etkilerinin nasıl azaltılabileceği ve ortadan nasıl kaldırılabileceği ile ilgili açıklamalar yapılmalıdır.

HTEA yöntemleri sistem, tasarım, süreç ve hizmet olarak dört gruba ayrılmaktadır. Sistem, tasarım, süreç veya hizmet genellikle birden fazla arıza/hata moduna veya neden ve sonuçlara sahip olabilir. Bu durumda, her hata modu veya sebebi, riskleri açısından değerlendirilmeli ve önceliklendirilmelidir, böylece yüksek riskli (veya en tehlikeli) hata modları öncelikli olarak düzeltilebilir. Geleneksel HTEA, hata modlarının risk önceliklerini, bir hatanın ortaya çıkmasının (O), şiddetinin (S) ve tespitinin (D) ürünü olan risk öncelik sayısı-RÖS (Risk Priority Number-RPN) ile belirler (Wang vd., 2009).

RÖS = O (olasılık) x S (şiddet) x D (fark edilebilirlik)

Hata türü ve etki analiz (HTEA) yönteminin avantajları (Yılmaz, 2000; Büyüktuna, 2012; Aran, 2006, DudekBurlikowska, 2011; Sönmez ve Ünğan, 2016);

- Ürünlerin kalite güvenilirlik ve emniyetini geliştirilmesi,
- Ürün geliştirme süresinin azaltılması,
- Tasarım veya süreç geliştirme faaliyetlerinde önceliklerinin belirlenmesi,
- Gerekli test, muayene vb. yöntemlerinin belirlenmesi,
- Hata olasılığı yüksek proseslerin nasıl daha güvenilir hale getirilebileceğinin tanımlanması,
- Üretim maliyetlerinin azaltılması olarak sıralanabilir.

Hata türü ve etki analiz (HTEA) yöntemi sistem içindeki hataların belirlenmesinde tek başına etkinliği kuvvetli olmadığı için pareto analizi ve balık kılçığı diyagramı gibi diğer kalite iyileştirme yöntemleri ile kullanılması gereklidir. (Shebl vd., 2009; Potts vd., 2014; Franklin vd., 2012; Sönmez ve Ünğan, 2016).

4.2.6 Ön tehlike analizi (Preliminary hazard analysis-PHA)

Ön tehlike analizi (PHA) yönteminde gelecekte sistem için tehlike arz edecek olayları tanımlamak ve tehlikenin oluşma ihtimallerini tahmin etmek için risk/bozulma

hakkında önceki deneyim veya bilgilere dayalı analizlerde kullanılan kalitatif deterministik bir yöntemdir (URL-25).

Ön tehlike analizi (PHA) yöntemi planlanması, tehlikeleri ve tehlikeli olayları tanımlanması, tehlikeli olayların sıklığını belirlenmesi, tehlikeli olayların sonuçlarının belirlenmesi, risk azaltma önlemlerinin önerilmesi, riskin değerlendirilmesi ve analizin rapor edilmesi olarak yedi adımdan oluşmaktadır (Rausand, 2013). PHA yönteminde kullanılan tablo örneği Şekil 4. 8'de gösterilmiştir.

	ŞİDDET			
FREKANS	(1) FELAKET	(2) TEHLİKELİ	(3) PEK AZ	(4) ÖNEMSİZ
(A) SIK SIK TEKRARLANAN	1A	2A	3A	4A
(B) MUHTEMEL	1B	2B	3B	4B
(C) ARASIRA OLAN	1C	2C	3C	4C
(D) PEK AZ	1D	2D	3D	4D
(E) İHTİMAL DIŞI	1E	2E	3E	4E

Şekil 4. 8: Ön tehlike analizinde kullanılan tablo (Seber, 2012).

Ön tehlike analizi (PHA) yönteminin avantajları olarak (Rausand, 2013),

- Kullanım kolaylığı,
- Çoğu risk analizinin ilk adımı olarak kullanılması,
- Tehlike günlüğü olması ve bunlara karşılık gelen riskleri tanımlaması,
- Erken proje aşamalarında, yani tasarım değişikliklerine izin verecek kadar erken kullanılabilmesi,
- Bir dizi problemi karşılayabilecek çok yönlü bir yöntem olmasıdır.

Yöntemin dezavantajları olarak (Rausand, 2013);

- Çok çeşitli sonuçları olan olaylarda kullanımının zor olması,
- Birleşik tehlikelerin veya bir arada var olan sistem bozulma modlarının risklerini değerlendirmede başarısız olması,
- Koruma önlemlerinin etkisini göstermek ve koruma önlemlerine öncelik vermek için kullanımlarının uygun olmaması gibi olumsuz özellikleri vardır.

4.2.7 Birincil risk analizi (Preliminary risk analysis-PRA)

Birincil risk analizi yöntemiyle sistemin tehlikeye sebep olacak bozulmaları tespit edilmesi ve bozulmalar için az ya da çok bozulma ihtimallerde bulunmak için kullanılan kalitatif deterministik bir yöntemdir. Bu yöntemde çevresel

değerlendirmeden öteye geçmeden muhtemel önemli problemlerin tespitinde kullanılmaktadır (Ünal ve Aykaç, 2010).

Birincil Risk Analizi yöntemi ile sistemdeki her aşama için geliştirilen kontrol listeleriyle değerlendirme yapılmaktadır. Bazı durumlarda Birincil Risk Analizi yöntemi ile 3x3, 5x5 ve L tipi risk değerlendirme karar matris yöntemleri kullanılmaktadır (Akpınar ve Çakmakkaya, 2014).

4.2.8 Risk değerlendirme karar matrisi

Risk değerlendirme karar matrisleri iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi analiz etmekte kullanılan kalitatif deterministik bir yöntemdir. Risk değerlendirme karar matrisleri çok boyutlu düşünce yoluyla problemli olayların çözülmesine, bir olay üzerinde etkisi olan faktörlerin tanımlanmasını ve belirlenen faktörlerle olay arasındaki ilişkinin belirlenmesini sağlamaktadır. Matrisler X tipi ve L tipi olmak üzere iki farklı risk değerlendirme karar matrisi yöntemi kullanılmaktadır (Tekin ve Erol, 2016).

L Tipi Matris Analizi (5x5 risk matrisi): L tipi matris sistemlerdeki sebep-sonuç ilişkilerinin değerlendirilmesinde kullanılan bir analist tarafından kolaylıkla yapılan analiz metodudur. Analizin sonucunun başarısı analistin tecrübe ve bilgi birikime ile bağlantılıdır. Acil olarak önlem alınması gereken sistemlerde tehlike/bozulma tespitlerinin yapılabilmesi için kullanılabilir (Seber, 2012).

L tipi matris analizinde riskin/bozulmanın gerçekleşme olasılığıyla oluşturacağı etkilerin derecelerini 1 ile 5 arasında değerler verildikten sonra çarpımları ile risk puanları elde edilir (Selçuk ve Selim, 2018), (Şekil 4. 9).

- Risk değeri<8 ise kabul edilebilir risk seviyesi,
- 8≤Risk değeri<15 dikkate değer risk seviyesi [uzun dönemde (1 yıl) iyileştirilmeli],
- 15≤ Risk değeri<20 ise yüksek risk seviyesi [kısa dönemde (1 ay) iyileştirilmeli],

- 20≤Risk değeri≤25 ise kabul edilemez risk seviyesidir [önlem alınana kadar sistem/ekipman çalıştırılmamalı].

	ŞİDDET				
İHTİMAL	1 ÇOK HAFİF	2 HAFİF	3 ORTA	4 CİDDİ	5 ÇOK CİDDİ
1 ÇOK KÜÇÜK	1 ANLAMSIZ	2 DÜŞÜK	3 DÜŞÜK	4 DÜŞÜK	5 DÜŞÜK
2 KÜÇÜK	2 DÜŞÜK	4 DÜŞÜK	6 DÜŞÜK	8 ORTA	10 ORTA
3 ORTA DERECEDE	3 DÜŞÜK	6 DÜŞÜK	9 ORTA	12 ORTA	15 YÜKSEK
4 YÜKSEK	4 DÜŞÜK	8 ORTA	12 ORTA	16 YÜKSEK	20 YÜKSEK
5 ÇOK YÜKSEK	5 DÜŞÜK	10 ORTA	15 YÜKSEK	20 YÜKSEK	25 TOLERE EDİLMEZ

* Risk=Şiddet X İhtimal (1-6: Düşük risk/8-12: Orta risk/12-25: Yüksek risk)

Şekil 4. 9: L Tipi Matris Analizi grafiği (Seber, 2012).

X Tipi matris analizi: X tipi matris analizinde tecrübeli bir ekip tarafından çok boyutlu düşünce yoluyla problemli konuların çözümü yapılmaktadır. Bu matris sisteminde bir probleme sebep olan ya da etkisi olan faktörlerin ve parametrelerin tanımlanmasını ve aralarındaki ilişkilerin belirlenmesi sağlanmaktadır (Akpınar ve Çakmakkaya, 2014). X Tipi Matris analizinde öncelikle bozulmanın/kazanın gerçekleşme sıklığı yardımıyla olasılık değeri, riskin şiddet değeri, tehlikeli durumun kontrol derecesi ve önceden meydana gelen kazaların sonuçları belirlenmelidir. Belirlenen bu değerler X tipi matrislerinde kullanılan A, B, C ve D olarak ifade edilen risk değerlendirme değişkenlerindeki değerleri bulunarak matris oluşturulmalıdır. Matris yardımıyla, risklerin önem derecelerini ifade eden Risk Derecelendirme Skoru (RDS) elde edilir. Risk Derecelendirme Skoru=A+B+C+D olarak hesaplanır (Tekin ve Erol, 2016).

A: Olayın/kazanın gerçekleşme olasılığı

B: Daha önceden olmuş bir olayın/kazanın gerçekleşme olasılığı

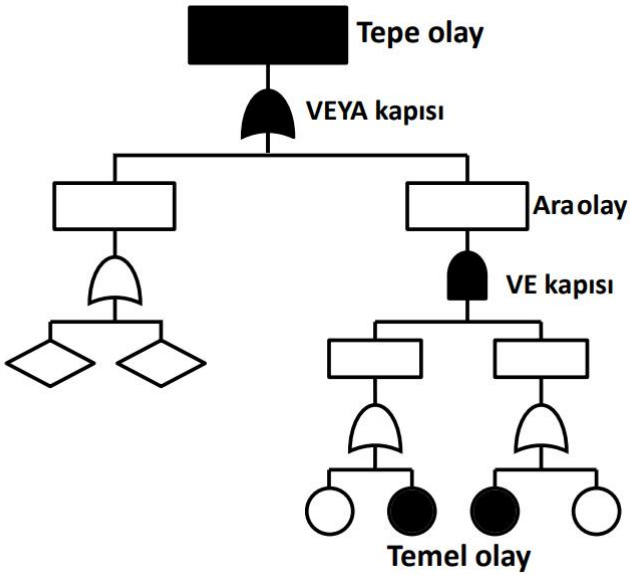
C: Daha önceden olmuş bir olayın etkilediği personel sayısı

D: Olayın/Kazanın şiddeti

4.2.9 Hata ağacı analizi (Fault tree analysis-FTA)

Belirli bir sistemin/ekipmanın çalışması için en kritik olan alt sistemleri tanımlamak veya istenmeyen olayların nasıl gerçekleştiğini analiz etmek için kantitatif/yarı kantitatif bir yöntem olan hata ağacı analizi (FTA) yöntemi kullanılmaktadır (Kristiansen, 2005). Hata ağacı analizinin amacı, hataların mekanizmalarını; mekanik, fiziksel, kimyasal veya insan kaynaklı hataları alt olayları ile güvenilirlik ve olasılık teoremleri ile kullanmaktır. Belirlenen kök nedenler daha sonra Hata Türü ve Etki Analizi-HTEA tablosunda incelenir (Seber, 2012).

Tümdengelim mantığına dayanan hata ağacı analizinde sistemin hatası, hata ağacında zirve olay (top-event) olarak temsil edilip ‘veya’ ve ‘ve’ kapıları gibi mantıksal işaretler çeşitli olaylar arasındaki ilişkiler belirlenir (Menteş ve Helvacıoğlu, 2010). Şekil 4. 10’da Hata Ağacı Analiz yöntem kurgusu ve bağlantıları gösterilmiştir.

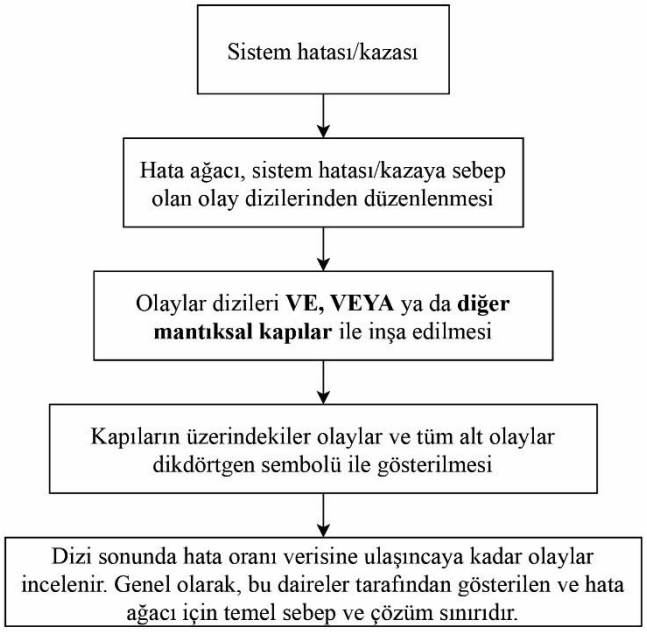


Şekil 4. 10: Hata Ağacı Analiz (FTA) yöntem kurgusu ve bağlantıları.

Hata ağacı analizi oluşturma sürecinde izlenecek adımlar (Özkılıç, 2014);

- Analiz içinde bir süreç/bölüm seçilir ve süreç/bölüme ait bileşenlerin belirlenmesi,
- Hata ağacı analizinin zirve olayının (top-event) tanımlanması,
- Süreç/bölüm ile ilgili olası bozulmaların ve tehlikelerin tanımlanması,
- Tanımlanan bozulma modlarının her biri analiz edilerek olası tüm nedenlerin listelenmesi,
- Nedenler oval formdaki sembollerin içine yazılması ve riske bağlanması,
- Her bozulma modu kök sebebine ulaşıncaya kadar tanımlamaya devam edilmesi,
- Her kök sebep için karşıt ölçümler tanımlanması ve beyin fırtınasıyla kök nedenlerinin tespit edilmesi,

- Her karşıt ölçüt için bir kutu formu oluşturulması ve ilgili kök nedenin altına kutular içine nedenlerinin yazılması ve karşıt ölçütlerine bağlanmasıyla analiz tamamlanır. Hata ağacı analiz yöntemine ait akış şeması Şekil 4. 11'de verilmiştir.



Şekil 4. 11: Hata Ağacı Analiz (FTA) yönteminin akış şeması (Kristiansen, 2005).

Hata Ağacı Analiz (FTA) yönteminin avantajları olarak (Harms-Ringdahl, 2001);

- Karmaşık sistemlerde riskleri tanımlamaya yardımcı olması,
- Genel bakış açısını kaybetmeden bir hataya odaklanmayı sağlaması,
- Ciddi sonuçlara karşısında nasıl öncülük edeceğine dair genel bir bakış sağlaması,
- Konu üzerinde uzmanlaşmaya bağlı olarak sonuçlara daha hızlı ulaşılması,
- Olasılık tahminlerinde bulunma fırsatı sağlaması vb. özellikler gösterilebilir.

Hata Ağacı Analiz (FTA) yönteminin dezavantajları (Harms-Ringdahl, 2001);

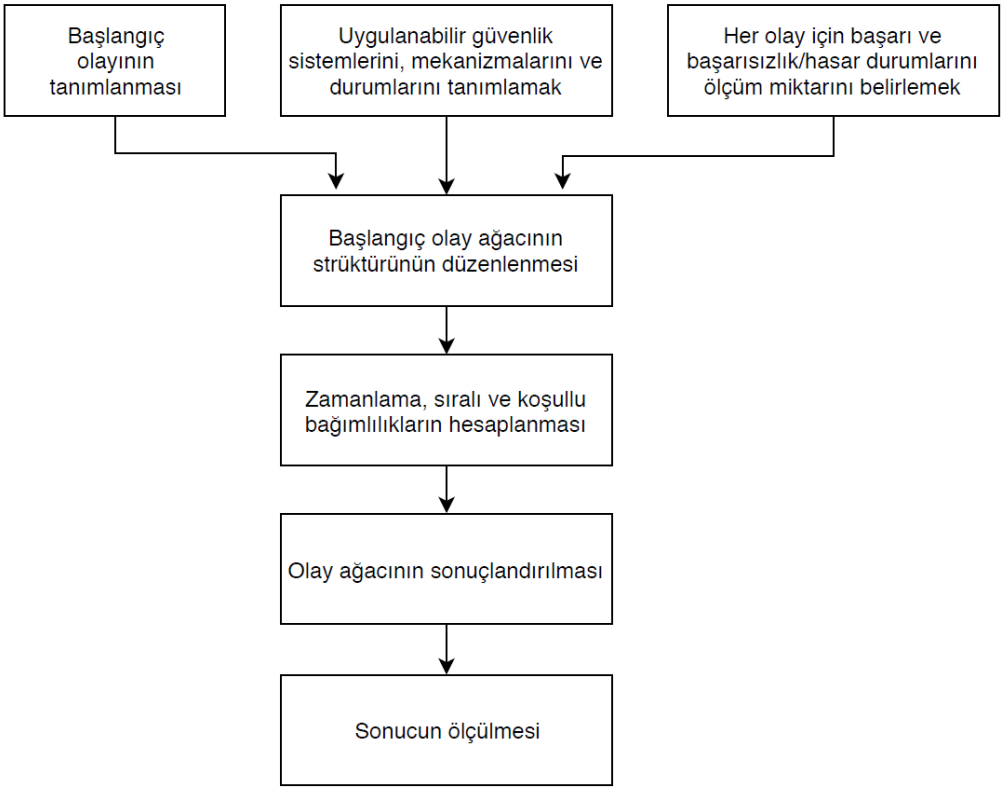
- Nispeten ayrıntılı ve genel olarak zaman alan bir yöntem olması,
- Uzmanlık ve eğitim gerektirmesi,
- Mekanik olarak uygulanamaması ve tüm arızaların tespit edildiğini garanti etmemesi gibi dezavantajları bulunmaktadır.

4.2.10 Olay ağacı analizi (Event tree analysis-ETA)

Olay ağacı analiz yöntemi sistem/ekipman/binadaki bir kazanın operatör hataları ve bozulmalar ile nereye ilerleyeceğini görmek için mantıksal hesaplamaya dayalı kantitatif bir analiz yöntemidir (Seber, 2012).

Bir olay ağacı analizinde kullanılan mantıksal diyagram, bir başlatıcı olay ile olası sonuçları arasındaki ilişkiyi açıklamaktadır. Analizin temel prensibi, sonuçta ortaya çıkan olaylar zincirindeki her seviyenin, birbirini etkilemeyen ve birbirinden bağımsız iki dikotomi olaydan oluşmaktadır. İki olay, tanım gereği, aynı anda birlikte gerçekleşmeleri imkansızsa, birbirini dışlayan (veya ayrık) olaylardır. Dikotomi, bir etkinliğin sadece iki farklı sonucu olabileceği anlamına gelir. Olay ağacı analizi yöntemi belirli bir başlangıç olayına dayanan sonuç olasılıklarının tahmini için nicel bir yöntemdir. Yöntemin işleyiş adımları Şekil 4. 12'de gösterilmiştir (Kristiansen, 2005).

Olay ağacı yöntemi analizde en sol kısımda başlangıç olayı ile başlayıp sağ tarafa doğru başlangıç olayının oluşturabileceği olası etkiler sıralanarak sonuca varılır. Olası etkiler başarılı/hatasız ya da başarısız/hatalı olarak değerlendirilebildiği gibi evet/hayır olarak da değerlendirme yapılabilir. Olay ağacı analizinde değerlendirmeler sayısal değer ile yapılabilme olasılığı bulunmaktadır. Olaylar tanımlandıktan sonra gerçekleşme olasılıkları 0-1 arasında değerlendirme yapılmaktadır. Olay ağacı analiz yöntemi basit ve uygulama kolaylığı ve sonuçların açık bir şekilde ifade edildiği için birçok alanda tehlikeyi analiz etmek için kullanılmaktadır. Analiz sisteminin dezavantajları birden fazla başlangıç olayı olan analizlerde her biri için ayrı ayrı analizlerin yapılması gerekmektedir. Sayısal olarak yapılan analizlerinin başarısı belirlenen olayların sırası ve oluşma olasılıklarının doğru değerlendirilmesine bağlıdır (Acar, 2007).

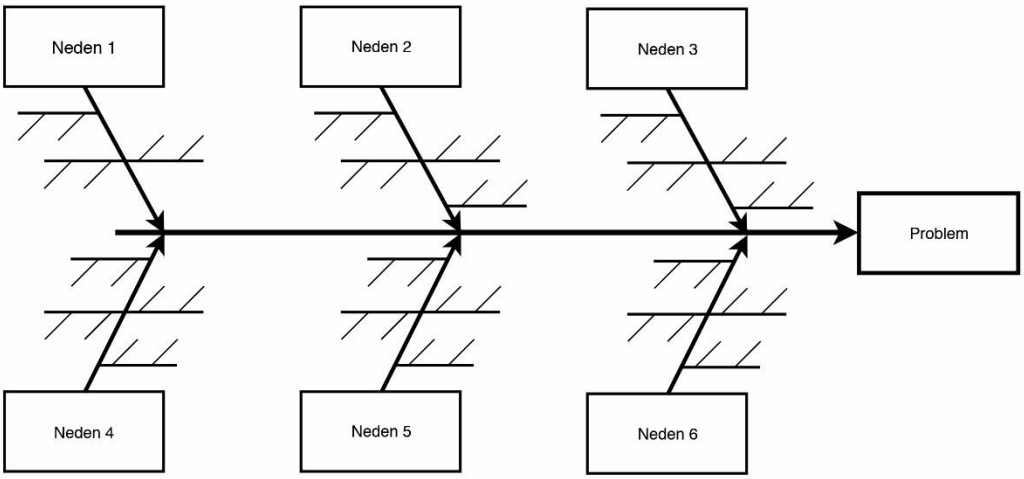


Şekil 4. 12: Olay ağacının işleyiş adımları (Kristiansen, 2005).

4.2.11 Neden-sonuç analizi (Cause-consequence analysis)

Neden-sonuç analiz yöntemi, olaylar arasındaki ilişkiyi tamamlarken istenilmeyen olayların meydana geleceği yeri belirlenmesinde kullanılan FTA ve ETA yöntemlerinin birleşiminden oluşan bir analiz yöntemidir. Analiz için uzman bir ekip tarafından beyin fırtınası ya da önceden hazırlanmış kontrol listesi kullanılarak Ishikawa (balık kılçığı) diyagramı oluşturulur (Akpınar ve Çakmakkaya, 2014).

Olası hasarların nedenlerini ve etkilerini belirlemek için kullanılan Ishikawa diyagram yönteminde diyagramın sağ tarafına (ana kılçığın sonuna) ana problemin yazılması ile başlar ve olası temel nedenler ana "kılçığa" bağlı "küçük kılçıklar" ile belirtilir. Genellikle tüm olası etkiler yaklaşık 3 ile 6 ana kategoride ve maksimum genişliği 4-5 seviye olarak belirlenir. Çalışma sonucunda ilgili probleme ait tüm olasılıklar belirlenmiş olunur (ISPE, 2011), (Aksu, 2015). Şekil 4. 13'te Ishikawa (balık kılçığı) diyagramının çalışma prensibi gösterilmiştir.



Şekil 4. 13: Ishikawa (balık kılçığı) diyagramının çalışma prensibi.

4.3 Durum Değerlendirme ve Bakım Yöntemleri için Kullanılan Araçlar (Kılavuz, Rehber, Veri tabanları)

Malzeme, teknoloji ve tekniklerin gelişmesiyle birlikte yapılarda meydana gelen hasar türleri de değişmektedir. Yapılan hatalar ve karşılaşılan hasarlardan elde edilen bulgularla mimari, mühendislik, üretim ve teknoloji alanlarında geliştirebilmek için güncel ve güvenilir veri tabanları oluşturulmalıdır. Bu bölümde yapılarda durum değerlendirme ve bakım yöntemleri için kullanılan araçlar;

- Kılavuz ve rehberler,
- Bilgisayar destekli veri tabanları,
- Yöntemler olarak üç grupta incelenmiştir.

4.3.1 Durum değerlendirme ve bakım yöntemleri için kullanılan kılavuz ve rehberler

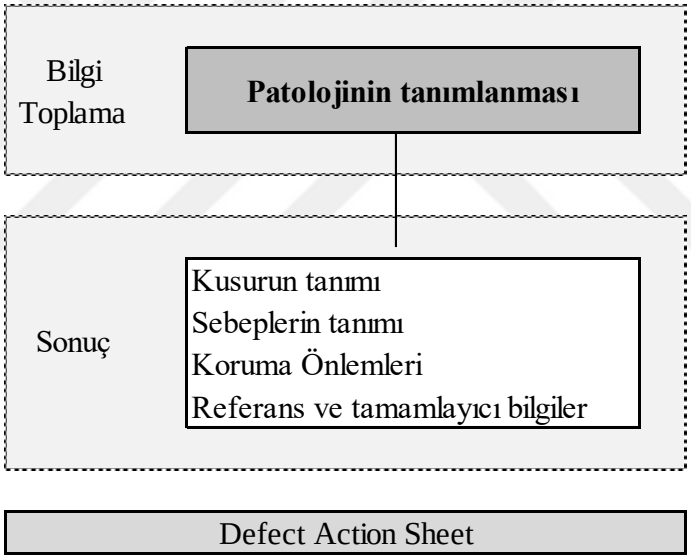
Bu bölümde çeşitli ülke ve kuruluşlar tarafından durum değerlendirmesi ve bakım yöntemleri için hazırlanan kılavuz ve rehber çalışmaları incelenmiştir.

4.3.1.1 Kusur önleme kılavuzları ve onarım rehberleri – BRE (1982-1996), İngiltere

BRE (Bina Araştırma Kuruluşu) tarafından 1980'lerin başlarında, inşaat sırasında elde edilen kaliteyi belirlemek için konutlarda anket çalışması yapılmıştır. Çalışma

sonucunda tasarımcılara 447'sine atfedilen 955 farklı yapı hata tipi kaydedilmiştir (Bonshor ve Harrison, 1982). Bu çalışmadan sonra "rehabilitasyon" anketleri ile performans ve uygunluk seviyelerini kabul edilebilir standartlara yükselterek konutların kullanım ömrünü uzatmaya yönelik çalışmalar üzerinde çalışılmıştır (BRE, 1990). Rehabilitasyon çalışmaları ile eski konutları yenileri kadar iyi hale getirmemesi ve anket çalışmalarının masraflı ve zaman alıcı olması İngiltere hükümeti tarafından inşaat sektöründe "Ulusal Kusurlar Veri Tabanı" kurma kararı almasına sebep olmuştur (Trotman, 2001).

BRE tarafından Mayıs 1982 ile Mart 1990 tarihleri arasında "Kusur Önleme Kılavuzları –DAS (Defect Action Sheets)" adıyla yapı kusurları ile ilgili 144 patoloji kılavuzu yayınlanmıştır (Freitas vd., 2013). Kılavuzun amacı, binalardaki hataların önlenmesi ve düzeltilmesi yönünde inşaat sektörüne gerekli bilgileri sağlamaktır. Kusur Önleme Kılavuzlarının işleyiş diyagramı Şekil 4. 14'te verilmiştir.



Şekil 4. 14: Kusur Önleme kılavuzunun (DAS) işleyiş diyagramı (Lima,2009).

Kusur önleme kılavuzları (Ferraz vd., 2015);

- Kusurun tanımı,
- Bozulma nedenlerinin tanımı,
- Koruma önlemleri,
- Referanslar ve tamamlayıcı bilgileri olmak üzere 4 bölümden oluşur (Şekil 4. 15).

DAS serisindeki 144 kılavuz 2001 yılında "Defect Action Sheets: the complete set" adıyla kitap olarak basılmıştır (BRE, 2001). BRE periyodik olarak inşaat alanında

“Digests”, “Information Papers”, “Good Buildings Guides” ve “Good Repair Guides” olarak bilinen kılavuz ve rehber çalışmaları yayınlamaktadır (Freitas vd., 2013). “Onarım rehberleri-Good Repair Guides” rehberi 1996 yılından itibaren yayınlanmaya başlamış olup 4 ile 6 sayfa arasında üç ana bölümden oluşmaktadır. Rehbere ait örnek çalışma Şekil 4. 16’de verilmiştir. Rehber;

- Kusurun tanımı,
- Bozulma nedenlerinin tanımı,
- Onarım önerileri olarak üç bölümden oluşmaktadır (BRE, 2013).

4.3.1.2 Anomalileri onarım kılavuzları– LNEC (1985), Portekiz

1985 yılında Lizbon’da yapılan 1.Konut Binalarının Korunması ve Rehabilitasyonu Toplantısı’nda (1.st Meeting on Conservation and Rehabilitation of Housing Buildings) “Anomalilerin Onarım Kılavuzları-Anomalies Repair Sheets” isimli patoloji kılavuzlarının hazırlanmasına yönelik model sunulmuştur (LNEC, 1985). Önerilen patoloji raporları yapısal kusur, yapısal olmayan kusur ve ekipman olmak üzere üç ana grupta sınıflandırılmaktadır (Ferraz vd., 2015). Yapısal patoloji bölümü temel ve altyapı, betonarme yapılar, duvar sistemleri ve ahşap yapılar diye dört ayrı alt bölüm halinde düzenlenmiştir. Yapısal olmayan patoloji bölümü ana elemanlar, ikincil elemanlar ve bitirmeler olarak üç alt bölüme ayrılmaktadır. (LNEC, 1985; Medeiros, 2010). Anomali onarım raporları (Şekil 4. 17);

- Belirti,
- İnceleme,
- Sebeplerin teşhisi,
- Onarım olarak dört ana bölümden oluşmaktadır (Ferraz vd. 2015).

Şekil 4. 15: Kusur önleme kılavuzlarına ait örnek çalışma (URL-26).

4053

BRE Housing Defects Prevention Unit

CI/SfB 1976 8 (21) (L2)

Defect Action Sheet (Design)

DAS 6

July 1982
Minor revisions February 1985

External walls: reducing the risk from interstitial condensation

FAILURE: Rot in timber; corrosion of steel framing, reinforcement, fixings; wetting of insulation

DEFECTS: House poorly ventilated; vapour checks omitted, poorly sealed, wrongly sited; walls not ventilated or drained

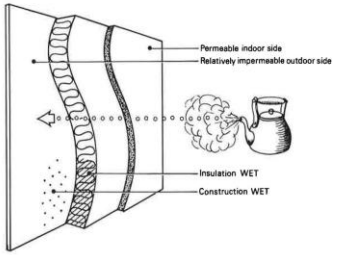


Figure 1
Interstitial condensation

Condensation is likely to occur within the thickness of most types of external wall under some conditions (interstitial condensation Figure 1). In traditional masonry construction it may not matter, but some other types of wall construction may be adversely affected. Appropriate design can minimise the risk of damage, but BRE surveys have shown that proper precautions are not always taken.

Activities in houses, particularly in kitchens and bathrooms, add large amounts of ***water vapour*** to that already present in incoming air. Much of this water vapour can, and should, be removed near its source by ventilation or extraction, but some is likely to find its way ***into the structure of the external walls;*** it can permeate through porous materials such as plasterboard, or be carried by air movements through cracks and holes. Even if a vapour check has been provided the practical difficulties of installation make it likely that some vapour will leak into the wall.

If vapour, from indoors, ***reaches a relatively cold and impermeable layer*** of, say, cladding or sheathing, or a wrongly sited vapour barrier, it is likely to ***condense*** unless there is good ventilation at that point. Water which condenses may drain harmlessly away or, if it soaks into porous materials, be subsequently dried out by ventilation without causing any damage. ***However, if no such drainage or ventilation has been provided and the water accumulates in or around timber or metal components, rot or corrosion may occur.*** Insulation also may become wet, reducing its effectiveness even to the point where condensation and mould growth appear on the indoor surface of the wall.

Building Research Establishment
Department of the Environment

Housing Defects Prevention Unit
Building Research Station
Garston, Watford WD2 7JR
Telephone: 0923 674040
Telex: 923220

PREVENTION

Principles — Restrict the entry of water vapour from the house to the external walls to levels which can be adequately dispersed from the walls by diffusion, ventilation and drainage.

Practice

- Provide for good, controllable ventilation to the house and particularly to kitchens and bathrooms (Figure 2).
- Whenever possible, design external walls having materials of increasing permeability towards the outside (Figure 3).
- Provide a vapour check on the warm side of the insulation for all external walls containing materials liable to be adversely affected by damp (Figure 4). No vapour check is required for traditional masonry cavity walls.
- Do not rely on a vapour check to prevent interstitial condensation if there is another relatively impermeable layer in the wall, (for example, a fairly impermeable cladding material). Provide in addition ventilation and drainage from its inside face to the outside (Figures 5 and 6). If the construction materials can absorb water, ventilation is more important than drainage.
- If a water-shedding layer is needed behind cladding such as vertical tiling, use a breather paper to BS 4016:1972[1]. Do not use polythene or building paper.
- The greater the risk of interstitial condensation, and the greater the difficulty in providing ventilation or drainage where condensation may occur, the greater the efforts that should be made to ensure that the vapour check is as effective as possible. Pay particular attention to maintaining the continuity of the vapour check at joints and at difficult details such as the junctions between elements of the building, and where services penetrate. Try to locate services so that they do not penetrate the vapour check.

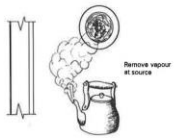


Figure 2

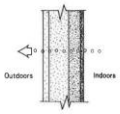


Figure 3

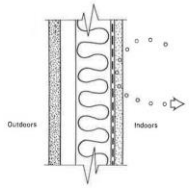


Figure 4

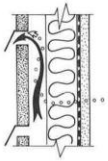


Figure 5

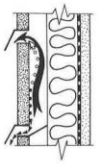


Figure 6

REFERENCES AND FURTHER READING

1 *British Standard* 4016:1972 'Building papers (breather type)'.

British Standard 5250:1975 'Code of basic data for the design of buildings: the control of condensation in dwellings'.

BRE Information Paper IP 1/81 'Vapour diffusion through timber framed walls'. Obtainable from Distribution Unit, Building Research Establishment, Garston, Watford WD2 7JR.

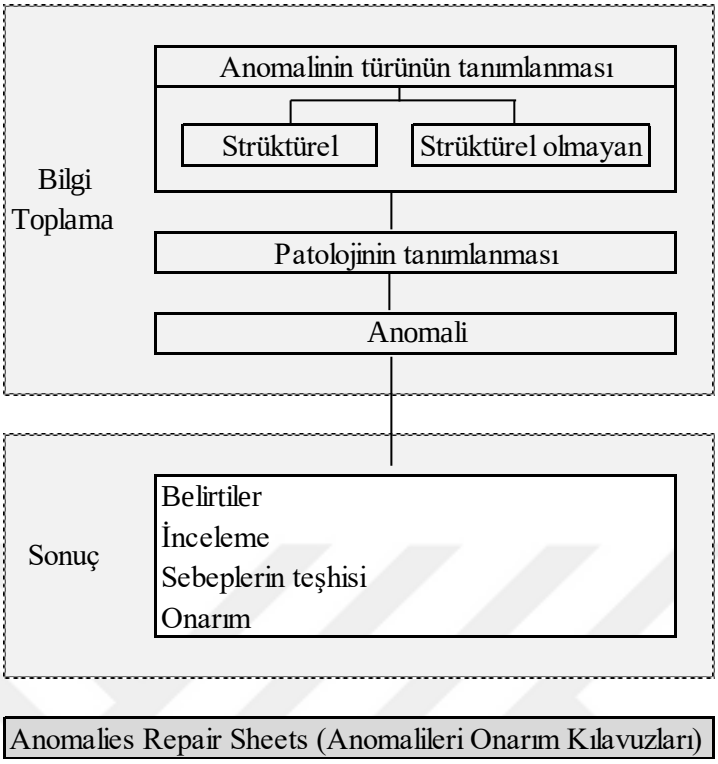
Defect Action Sheets are produced by the BRE Defects Prevention Unit. A Technical Committee including representatives appointed by DOE and the Local Authority Associations advises upon the general approach and priorities for the Unit's work. *Defect Action Sheets* are intended to remind and inform designers and site supervisory staff of ways of avoiding some of the most troublesome defects which have beset Local Authority housing in recent years. The advice is based on the most authoritative information available at the date of issue and frequently also on field assessments, but it is inevitably generalised and users should ensure that it is relevant to the specific circumstances in which they seek to apply it. For technical enquiries arising from this sheet please contact the DPU at the address overleaf.
Local Authority users may be able to obtain further copies of this and other sheets in this series from the nominated contact point in their authority. Alternatively further copies may be obtained from Publications Sales Office, Building Research Establishment, Garston, Watford WD2 7JR (Tel. 0923 674040).

Price group 1 Also available by subscription

© Crown copyright 1985. Published by Building Research Establishment, Department of the Environment.

Printed in the UK for HMSO. Dd.8245114, 3/90. C5, 38938.

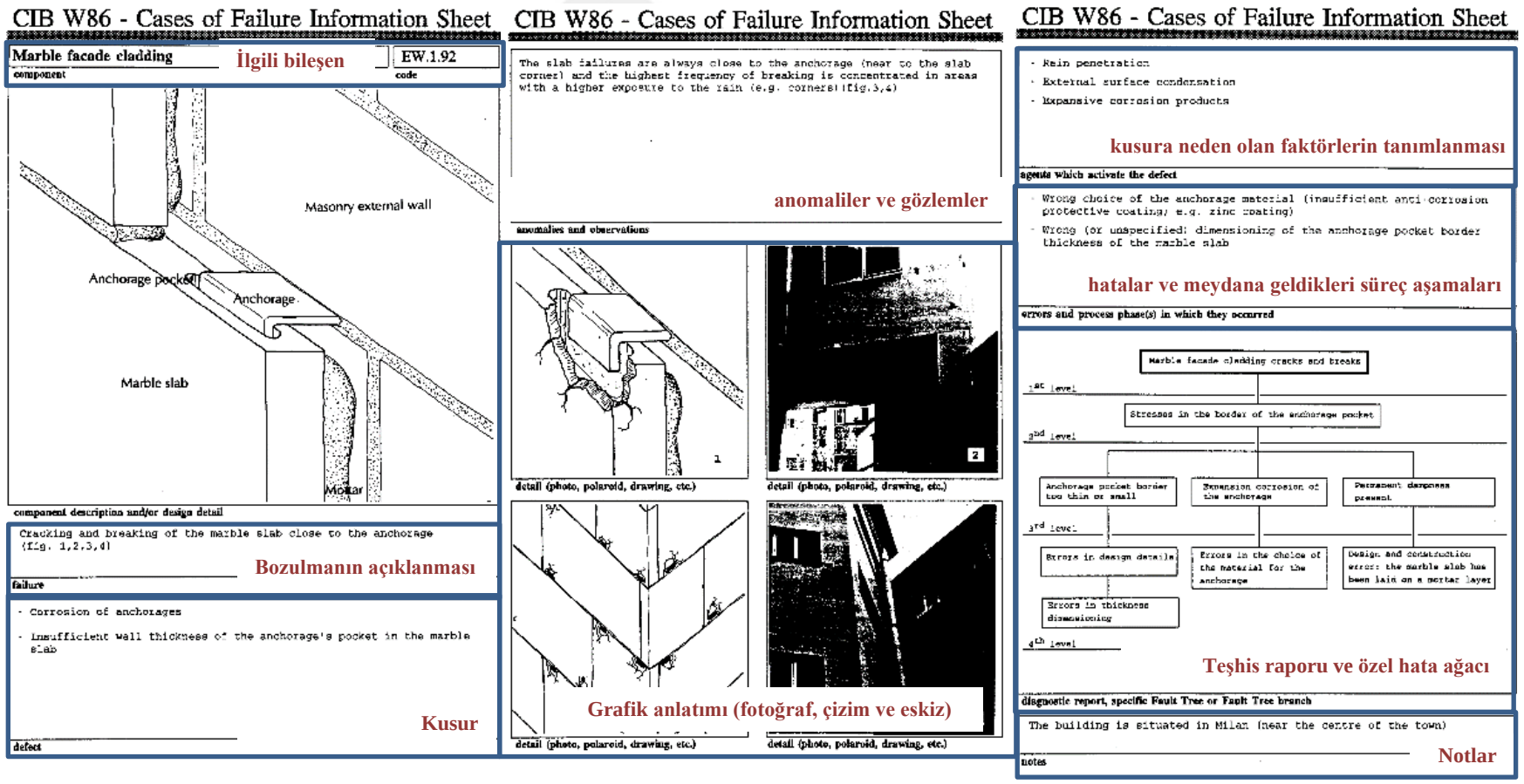
Şekil 4. 16: Onarım rehberlerine ait örnek çalışma (URL-27).



Şekil 4. 17: Anomali onarım kılavuzlarının işleyiş diyagramları (Lima,2009).

4.3.1.3 Bozulma vakalarının bilgi kılavuzları (1993) ve Bilgi araştırma kılavuzları (2013), CIB, Uluslararası kurum

CIB, 1953 yılında Birleşmiş Milletlerin desteği ile, inşaat sektörü ile devlet araştırma enstitüleri arasında uluslararası iş birliğini ve bilgi alışverişini teşvik etmek ve kolaylaştırmak için kurulmuştur. CIB kurumu tarafından Haziran 1993 yılında yayınlanan "Yapı Patolojisi (Building Pathology, A State Of The Art Report) raporunun altıncı bölümünde "Bozulma Vakalarının Bilgi Kılavuzları (Case of Failure Information Sheets)" adıyla oluşturulan patoloji kılavuzları ile yaşanan olumsuz deneyimlerden çıkarılan dersler sayesinde bina kalitesinin iyileştirilmesine ve bina bakım maliyetlerinin düşürülmesi hedeflenmiştir. Bozulma Vakalarının Bilgi Kılavuzları; ilgili bileşen, bozulmanın açıklaması, alet ile izlenebilecek anomalilerin tanımı, grafik anlatımı (fotoğraf, çizim ve eskiz), kusur açıklaması, kusura neden olan faktörlerin tanımlanması, hatalar, teşhis raporu ve özel hata ağacı gibi bölümlerden oluşmaktadır (Şekil 4. 18).



Şekil 4. 18: Bozulma vakalarının bilgi kılavuzlarına ait örnek çalışma (CIB, 1993).

CIB W086 tarafından 2013 yılında yayınlanan "A State-of-The-Art Report on Building Pathology" raporunda yapılarda meydana gelen bozulmaların teşhisinde uygulanan teknikler hakkında bilgi toplanması için "Bilgi Araştırma Kılavuzu (Survey Information Sheets)" çalışması geliştirilmiştir. Çalışmanın birinci aşamasında tekniğin/teşhisin tanımı hakkında kısaca bilgi verilmesinden sonra ikinci aşamada uygulanan tekniğin/teşhisin uygulanma şeklini anlatan formül ya da fotoğraflar bulunmaktadır. Üçüncü bölümde yapılan uygulama sonuçlarını, dördüncü bölümde ise sonuçların yorumlanması yapılmaktadır. 2013 yılındaki raporda örnek olarak verilen çalışma Şekil 4. 19'da gösterilmiştir.

Coating walls - in situ adherence through pull-off test

DESCRIPTION OF THE SURVEY/TECHNIQUES

The pull-off test is a destructive technique that allows in situ evaluation of the resistance to tensile extraction (bond strength) of various coatings. In this information sheet the results of this technique in eight case studies (ceramic tiling, pre-dosed mortar, interior renders, gypsum plaster, waterproofing paint / mortar, and resin paint) are briefly discussed. The purpose is to evaluate the adequacy of the pull-off test for in situ estimation of coating materials.
The inspections performed included in general two distinct types of analyses. First, visual observation with a photo survey led to the selection of the adequate location for gluing the disks. After that, the experimental campaign was performed. Where total loss of adherence was detected the tests were performed in adjacent locations where the coatings were still adherent to the substrate. To arrive at this conclusion, the surfaces were tapped with a hammer and the resulting sound was qualitatively evaluated.
The data relative to each case study has been summarized in terms of: reason for testing, their location, and month of inspection, extension of the anomalies, and type of observation (visual with or without expedient percussion by a hammer). In five of the cases the study focus was on the degradation of the coatings and in the remaining three on quality control (evaluation of the mode of preparation of the substrate, evaluation of the different options of coating chosen by the designer, and evaluation of the coating's adherence after its application) according to normalized procedures .The external inspections occurred during April-October months, with dry weather conditions and environment with moderate temperature (18-24ºC) in three cases and with high temperature (30-35ºC) in other three.

PROCEDURE

This test aims at evaluating the adherence capacity of the coating to its substrate. The pull-off test is described in LNEC (Portuguese National Laboratory of Civil Engineering) test form FE Pa36 for wall coatings, European standard EN 10115-12 for rendering and plastering mortars and European standard EN 1348 for cementitious adhesives. RILEM recommends the same technique to evaluate the adherence between bricks and mortars, according to MR 21, and an in situ adaptation of the technique described in EN 10115-12, according to MDT.D.3. The pull-off test consists in extracting with a pull-off device a metallic piece (usually a disk) previously glued to the coating with an epoxy resin. In order to guarantee that the pulling-off occurs only under the disk a groove is previously cut in its perimeter deeper than the coating's thickness. The device measures the force necessary to extract the disk. The ratio between this force and the disk transverse section corresponds to the pulling-off resistance, i.e. the maximum tension that can be applied to the coating. Rupture may occur by loss of adherence of the disk (faulty gluing), in the interface between the coating and the substrate (adhesive rupture - type a), rupture of the coating material (cohesive rupture of the coating - type b) or of the substrate (cohesive rupture of the substrate - type c). Frequently the rupture does not conform to any of the types mentioned, resulting from a combination of two or more of them. The tension that causes the rupture in the interface coating / substrate (adhesive rupture) is called yield stress. If the rupture is cohesive (types b and c) the value obtained is equivalent to a minimum of the adherence stress that can be used to determine the mean value of the pull-off resistance.

Tekniğin/teşhisin tanımı

Tekniğin/teşhisin prosedürünün anlatılması

RESULTS

The results obtained for the eight case studies have shown a high scatter of test results with coefficients of variation (standard deviation / average * 100) above 32% in all cases. Since the average results may result distorted by individual extreme values, the box-plot diagram of below figure was prepared to facilitate the comparative analysis of the case studies, by indicating: the average and median of the results, the lower (25%) quartile, the upper (75%) quartile, the highest and lowest result. The results of the rupture modes (adhesive and cohesive) in each case, including the average values of each failure stress, percentage of each failure mode (a, b or c) and its location within the coating system were systemized. Every rupture that occurred in the epoxy glue (interface between the test piece and the surface of the coating system) was considered nil.

(Flores-Colen, et al., 2009)

Uygulama sonuçları

INTERPRETATION

The results were discussed in terms of: i) results variability of pull-off tests; ii) average results of adherence in each coating system; iii) percentage and effective average of failure stress in interface of coating materials; iv) adherence extreme values (minimum) analysis in each coating system; v) in-situ observation of samples after testing; vi) degradation process in coating systems; vii) quality in control systems.

The eight case studies allowed the identification of the potential of in situ application of the pull-off technique for degradation cases of loss adherence / detachment and for quality. It was found that only in a few cases the analysis of the average values of the adherence tension by itself was enough to allow a diagnosis of the situation, due to the higher scatter of values and different types of rupture modes within the materials that make up the coating system (e.g. see figure below). The observation of samples (probing technique) was revealed as very important to justify minimum tension values. Finally, two ways for improving this technique can be proposed: conjunction with non-invasive techniques (acoustic tracing, thermography, Doppler interferometry) or systematically approach for pull-off technique.

Sonuçların yorumlanması

KEYWORDS rendering wall, in situ adherence evaluation, failure stress, modes of rupture.
AUTHORS/INSTITUTIONS (p.e.) Prof. Inês Flores-Colen (IST); Prof. Jorge de Brito (IST); Prof. Fernando Branco (IST).

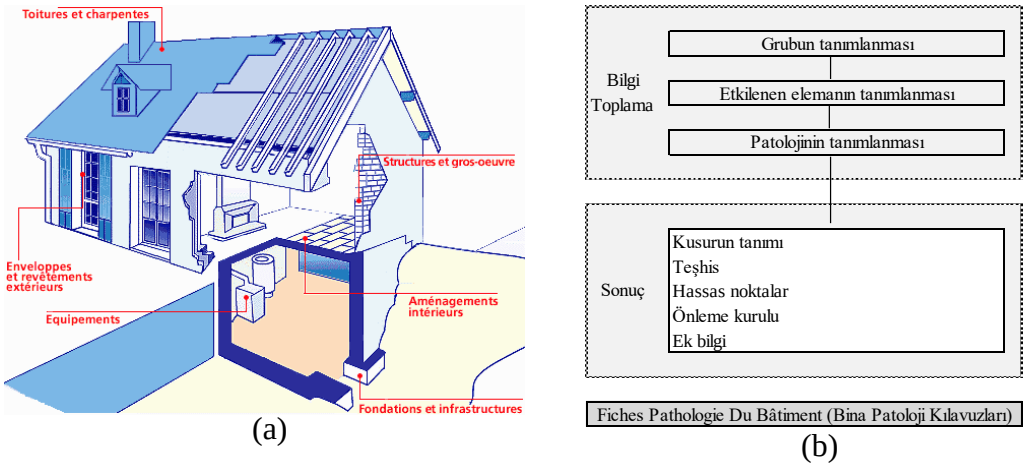
Şekil 4. 19: Bilgi araştırma kılavuzuna ait örnek çalışma (CIB, 2013).

4.3.1.4 Sebep-sonuç-QCE (1994), Portekiz

Soeiro ve Taborda (1994)'nın LNEC tarafında düzenlenen "2. Konut Yapılarının Korunması ve Rehabilitasyonu (2. Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios de Habitação)" konferansında "Sebep-Sonuç" metodolojisi ile yeni bir patoloji analiz yöntemi önerilmiştir. Bu metodolojide, anormalliklerin tanımlanması ve sınıflandırılması için faaliyet yapmadan sadece "sebep-sonuç" ilişkisinin (potansiyel nedenler ve patolojik etkiler arasında) alternatif bir mantıksal analiz metodu göz önünde bulundurulmuştur. Patoloji yönteminde incelenen adımlar; her patolojik semptomun tanımı ve niteliği, binadaki patolojinin yeri, patolojiyi tutan öğenin referansı, patolojiyi oluşturan fiziksel veya kimyasal olgunun tanımlanmasıdır (Lima, 2009).

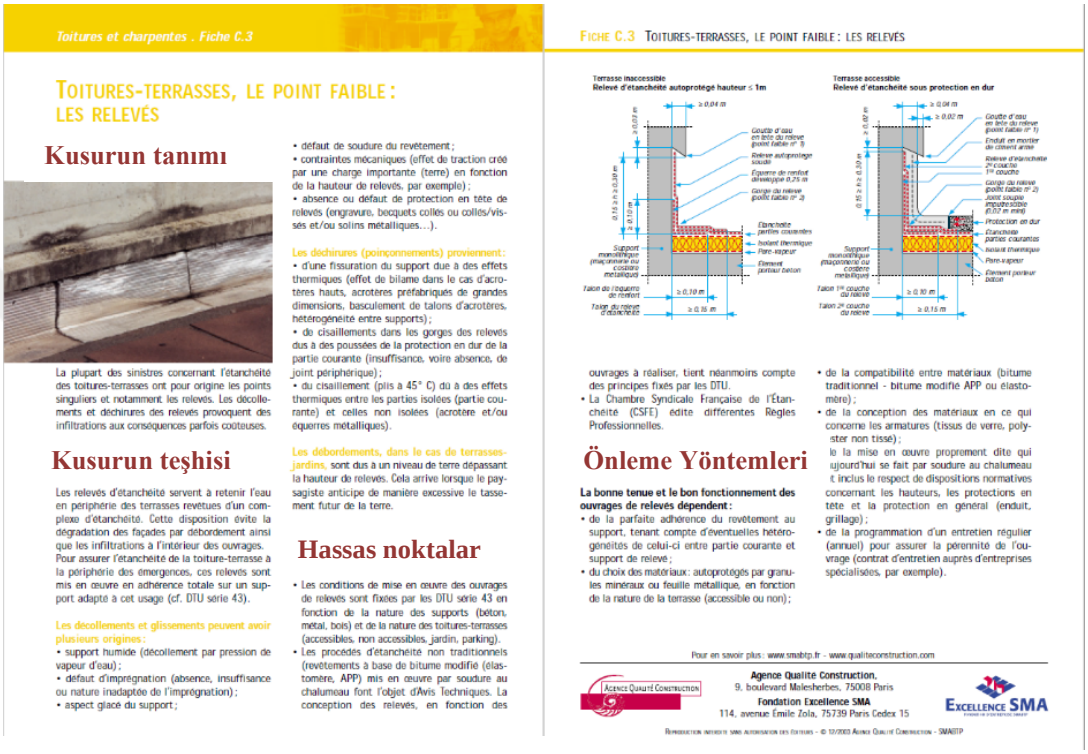
4.3.1.5 Bina patoloji kılavuzları- AQC (1995), Fransa

1995 yılında Fransız AQC (Agence Qualité Construction) ile SMA vakfı ortak olarak, Bina Patoloji Kılavuzları (Fiches pathologie du bâtiment) adlı bir patoloji kılavuzu geliştirmişlerdir (AQC, 2014). Bu kılavuzlar, sigorta şirketlerine rapor edilen olayların analizlerine dayanarak, Fransa'daki binalarda görülen ana anomalileri belirlemek için hazırlanmıştır (Ferraz vd. 2015). Kılavuzlarda Şekil 4. 20-a'da gösterilen temeller ve altyapılar, taşıyıcı sistem, dış duvarlar ve kaplamalar, çatılar ve taşıyıcı sistem, iç mekân kaplamaları ve bağlantı parçaları olarak 6 bölümde incelemeler yapılmıştır (Freitas vd., 2013).



Şekil 4. 20: (a) Bina patoloji kılavuzları çalışmasında incelenen bina bölümleri (AQC website); (Freitas vd.,2013) (b) Bina patoloji kılavuzlarının işleyiş şeması (Lima, 2009).

1995 yıllında binalardaki altı bölüm için toplam 61 tane patoloji sorununa yönelik kılavuz hazırlanıp basılmıştır. 2003 yılından itibaren online olarak faaliyetlerine devam etmekte olup 2015 yılında güncellenmiştir. Kılavuzların işleyiş şeması Şekil 4. 20-b'de gösterilmiştir Bina Patoloji kılavuzlarının bölümleri; kusurun tanımı, teşhis, hassas noktalar, önleme yöntemleri, ek bilgi olarak beş bölümden oluşmaktadır (Şekil 4. 21). Kılavuzların işleyiş şeması Şekil 4. 20-b'de gösterilmiştir (Ferraz vd. 2016).



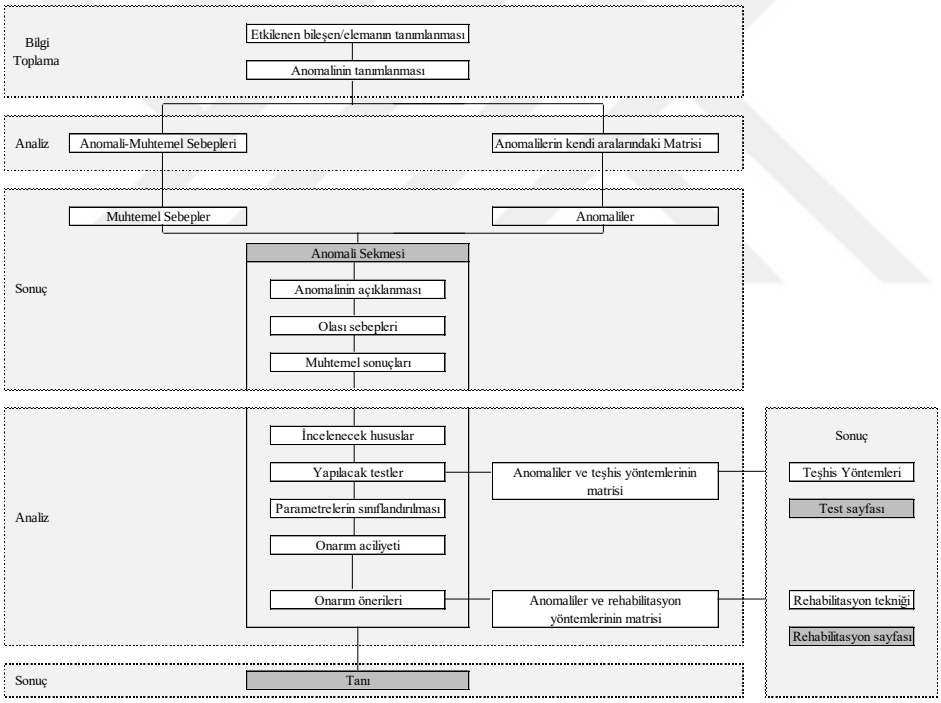
Şekil 4. 21: Bina patoloji kılavuzuna ait örnek çalışma (URL-28).

4.3.1.6 Bina denetim sistemleri–IST (2005), Portekiz

Lizbon Teknik Üniversitesi'deki araştırmacılar tarafından tasarlanan "Bina Denetim Sistemleri-Building Inspection Systems" ile mevcut bina patoloji değerlendirme yöntemlerinde nesnellik gibi konularda yaşanan zorlukları gidermek için geliştirilmiştir. Çalışmalarda daha çok taşıyıcı olmayan yapı elemanlarına uygulanan inceleme ve teşhis sistemleri üzerinde yoğunlaşılmıştır. Bina Denetim Sistemleri yöntemi için uluslararası yayınlara dayanan yoğun bir literatür araştırmasıyla, yapısal olmayan elemanların patolojisi hakkında mevcut bilgiler toplanmıştır. Bu bilgiler, saha çalışmalarında karşılaşılan kapsamlı örneklerle ve kusurların temeli ile ilgili daha iyi bir bakış açısıyla oluşturulmuştur. Modelde tanı için sistematik bir yöntem önerilmesi

ve onarım için müdahale yöntemlerinin seçilmesini kolaylaştırılması sağlanmıştır. "Bina denetim sistemleri" modelinde; (Şekil 4. 22), (Ferraz vd. 2015).

- Bozulma listesi,
- Bozulmalara neden olan etkileri içeren liste,
- Teşhis tekniklerinin sınıflandırılmasını içeren liste,
- Onarım tekniklerinin sınıflandırılması içeren liste,
- Bozulma-Nedenler arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon matrisi,
- Bozulmaların kendileri arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon matrisi,
- Bozulma-teşhis teknikleri arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon matrisi ve
- Bozulma-rehabilitasyon teknikleri arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon matrisleri bulunmaktadır. Matrislerde 0-değerler arasında ilişki olmaması, 1-dolaylı ilişki ve 2-doğrudan ilişki olduğunu belirtmektedir.



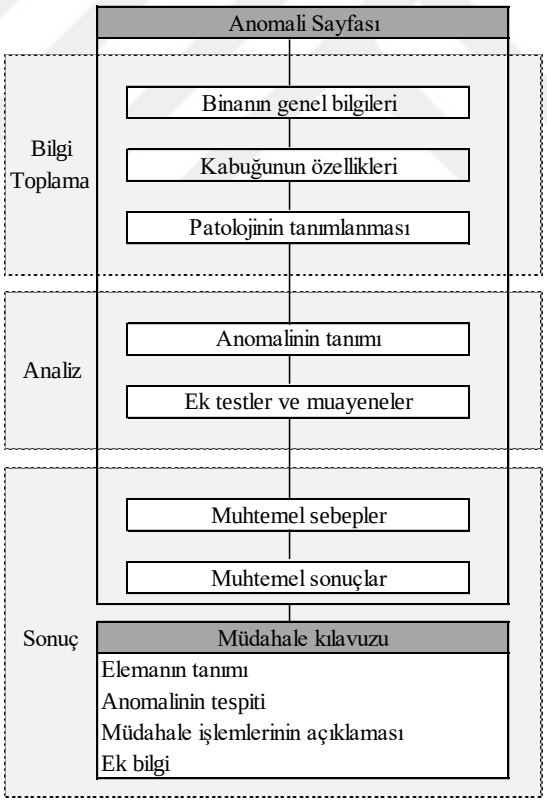
Şekil 4. 22: Yapı Denetim sisteminin işleyiş diyagramı (Lima, 2009).

4.3.1.7 Teşhis ve müdahale veri kılavuzları-düzeltici bakım- Lopes (2005), Portekiz

Lopes tarafından 2005 yılında Portekiz'de yüksek lisans tez kapsamında ETICS kaplamalı dış duvar sistemleri için ön patoloji alanı ile ilgili kılavuzlar geliştirilmiştir. Ön patoloji alanı, binalarda görülen bozulmaların erken evresinde sorunların sebebini

anlayıp müdahale edilmesine izin veren çalışmalardır. Ön patoloji ile erken müdahaleler sayesinde yapının servis ömrü uzatılabilir ve bakım maliyetlerinde azalmalar sağlanabilir.

Saha çalışmasında 22 adet bozulma sayfası oluşturduktan sonra bozulma sayfalarından elde edilen bilgilere göre altı müdahale sayfası geliştirilmiştir. Anomali sayfaları 7 bölümden oluşup gerekli anomalilerin detay çizimleri ve fotoğraflarını içeren ek bölüm eklenebilir. Kılavuzun işleyiş şeması Şekil 4. 23'te gösterilmiştir. Anomali sayfasının bölümleri; genel bilgiler, yapının bulunduğu yere ait çevresel koşullar, bozulma hakkında bilgiler, tamamlayıcı testler ve anketler, olası nedenleri, olası sonuçları ve sonuçları içermektedir (Şekil 4. 24 ve Şekil 4. 25). Oluşan anomalilere yönelik hazırlanan müdahale sayfaları Şekil 4. 26'de gösterilmiştir. Müdahale sayfaları; müdahale edilecek eleman, bozulmanın adı ve bozulmaya ait fotoğraf, müdahale yöntemi hakkında bilgiler, yorumlar olarak dört bölümden oluşmaktadır. (Lopes, 2005).



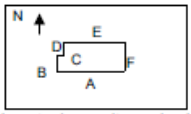
Şekil 4. 23: Teşhis ve müdahale veri kılavuzunun işleyiş diyagramları (Lima, 2009).

FICHA DE ANOMALIA	REF. Nº	2

Genel bilgiler

Data:	17/06/05
Hora:	17:00

- Nome / Localização do edifício: INESC PORTO / Rua Dr. Roberto Frias, Porto.
- Ano de construção: 2002
- Caracterização funcional: Edifício de serviços.
- Nº de pisos: 5
- Configuração do edifício: Rectangular.
  - Esquema:



Fotog.1 - Foto do edifício

- Revestimento da fachada: ETICS cor cinza claro e revestimento de granito em lambris e rodapés.
- Caracterização da cobertura: Plana revestida a godo com platibanda.
- Intervenções anteriores: Não teve.
  - Datas:
  - Responsáveis:
- Observações:

Yapının bulunduğu yere ait çevresel koşullar

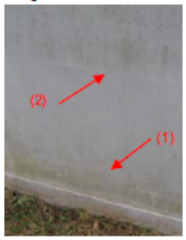
- Zona de exposição ao vento: Ventosa.
- Agressividade do meio (poluição/ambiente marítimo): Reduzida.
- Presença de vegetação próximo à fachada: Verifica-se nas fachadas B, C, D e F e parcialmente em E (lado direito).
- Observações:

Görülen bozulmalar hakkında bilgiler

- Identificação da fachada e local: Fachada E (lado direito) junto à base da parede.
- Elemento/instalação/componente: ETICS e rodapé em granito.
- Descrição da anomalia: Crescimento microbiológico (algas) de cor verde junto ao rodapé (1) e na zona corrente da fachada (2).
  - Localizada ou abrangente?: Localizada relativamente à área da fachada.
  - Extensão aproximada: 30m2 (5,0mx6,0m).

Fotog.2 - Envolvente da anomalia

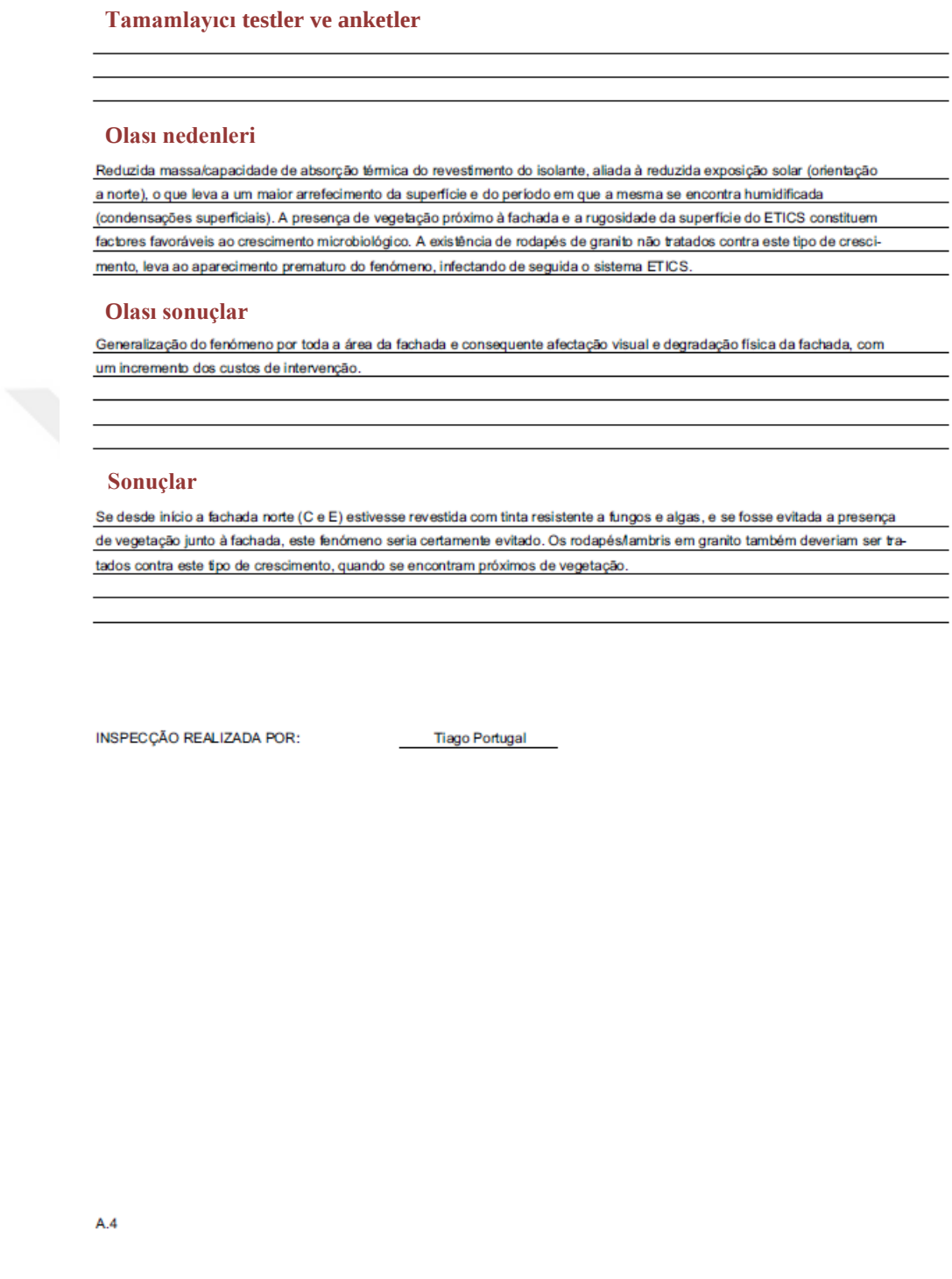
- História
  - Data em que surgiu: NI — Estado do tempo:
  - Aparece e desaparece em ciclos?: Não
  - Como evoluiu?: Provavelmente teve início junto ao rodapé devido ao contacto com a vegetação existente.
- Manifestações afins (anomalias semelhantes em outros locais): Verifica-se a mesma anomalia na fachada C, também na base da parede.
- Observações:



Fotog.3 - Anomalia

A.3

Şekil 4. 24: Teşhis ve müdahale veri kılavuzlarına ait anomali sayfalarından örnekler (Lopes, 2005).



Tamamlayıcı testler ve anketler

Olası nedenleri

Reduzida massa/capacidade de absorção térmica do revestimento do isolante, aliada à reduzida exposição solar (orientação a norte), o que leva a um maior arrefecimento da superfície e do período em que a mesma se encontra humidificada (condensações superficiais). A presença de vegetação próximo à fachada e a rugosidade da superfície do ETICS constituem factores favoráveis ao crescimento microbiológico. A existência de rodapés de granito não tratados contra este tipo de crescimento, leva ao aparecimento prematuro do fenómeno, infectando de seguida o sistema ETICS.

Olası sonuçlar

Generalização do fenómeno por toda a área da fachada e consequente afectação visual e degradação física da fachada, com um incremento dos custos de intervenção.

Sonuçlar

Se desde início a fachada norte (C e E) estivesse revestida com tinta resistente a fungos e algas, e se fosse evitada a presença de vegetação junto à fachada, este fenómeno seria certamente evitado. Os rodapés/lambris em granito também deveriam ser tratados contra este tipo de crescimento, quando se encontram próximos de vegetação.

INSPECÇÃO REALIZADA POR: Tiago Portugal

A.4

Şekil 4. 25: Teşhis ve müdahale veri kılavuzlarına ait anomali sayfalarından örnekler (Lopes, 2005)

FICHA DE INTERVENÇÃO		
Müdahale formu	REF. Nº	2

Müdahale edilecek eleman	Revestimento ETICS
Bozulmanın adı ve bozulmaya ait fotoğraf	CRESCIMENTO MICROBIOLÓGICO

Müdahale yöntemi hakkında bilgiler

- Limpeza da superfície (com tempo seco) com recurso a escovagem manual e/ou mecânica e/ou jacto de água com pressão adequada e, caso necessário, posterior aplicação de desinfectante em solução aquosa à base de biocida em zonas afectadas (deixar actuar durante 24 a 48 horas) devidamente protegidas da chuva. Para determinados desinfectantes é necessário realizar uma escovagem no final do período de tratamento.
- Opcionalmente, após limpeza e aplicação de desinfectante, poder-se-á aplicar uma pintura compatível com o suporte, com tinta acrílica de base aquosa (duas demão) e de grande resistência ao desenvolvimento de vegetação parasitária, com biocidas incorporados na sua composição, incluindo se necessário primário aquoso (uma demão), também com biocidas incorporados.

Yorum

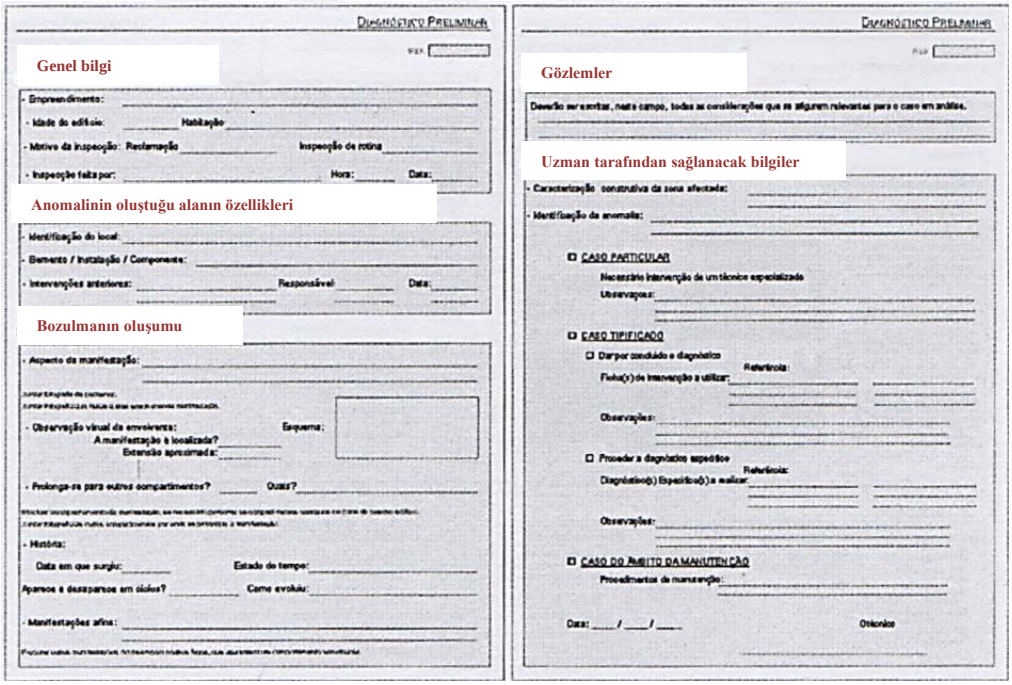
- Poderá dispensar-se a utilização de desinfectantes na acção de limpeza, no caso de crescimento não significativo e de fácil remoção, sendo necessário a realização de limpezas periódicas de manutenção;
- Para a escolha do tipo de biocida a utilizar, deverá identificar-se qual o tipo de agente presente (líquenes, algas, fungos e combinação algas/fungos). Deverá utilizar-se algicidas para os dois primeiros e fungicidas para o terceiro;
- Deve ser evitada outra acção de limpeza após esta acção, independentemente de se optar ou não pela pintura, para se prolongar o efeito do biocida (excepto em casos em que o suporte ainda não se encontre devidamente limpo ou caso o desinfectante provoque algum efeito indesejável se não for removido), de modo a se prevenir o crescimento microbiológico sob o filme de tinta e para não contaminar os solos devido à toxicidade dos produtos biocidas.

Şekil 4. 26: Teşhis ve müdahale veri kılavuzlarına ait müdahale sayfalarından örnek (Lopes, 2005).

4.3.1.8 Konut yapılarına entegre bakım sistemi- FDI (2003), Portekiz

2003 yılında Porto Metropolitan Belediyesi tarafından sosyal konut alanlarının yönetilmesi ve sürdürülebilirliği amacıyla SIMEH (Konut Yapılarına Entegre Bakım Sistemi) çerçevesinde belediyeye bağlı küçük bir şirket kurulmuştur. Vítor Abrantes, Rui Calejo ve Helena Corvacho tarafından yapılan çalışmalar sonucunda "Teşhis ve Müdahale Kılavuzları" geliştirilmiştir. Konut Yapılarına Entegre Bakım Sistemi yönteminin ilk aşaması verilerin toplanmasıdır. Veri toplama işlemleri için ön tanı listeleri, özel tanı listeleri ve müdahale tablosu olarak üç farklı dosya mevcuttur. Ön tanı listeleri (Jorge, 2015), (Şekil 4. 27);

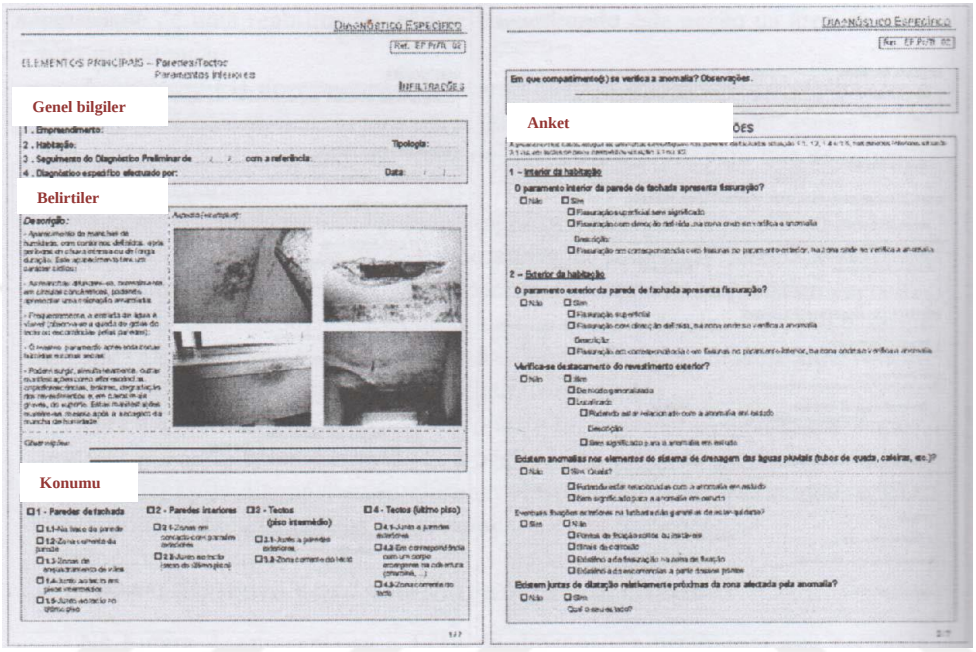
- Genel bilgi,
- Anomalinin oluştuğu alanın özellikleri,
- Bozulmanın oluşumu,
- Gözlemler,
- Uzman tarafından sağlanacak bilgiler olarak beş bölümden oluşmaktadır.



Şekil 4. 27: Konut yapılarına entegre bakım sistemine ait ön tanı listesi (Lima, 2009).

Ön tanının yeterli olmadığı durumlarda, belirli bir tanı konulabilmesi için "Özel Tanı Listeleri" kullanılır. Özel tanı listeleri (Lima, 2009), (Şekil 4. 28);

- Genel bilgiler,
- Belirtiler,
- Konumu,
- Anket,
- Sebeplerin teşhisi gibi bölümlerden oluşmaktadır.



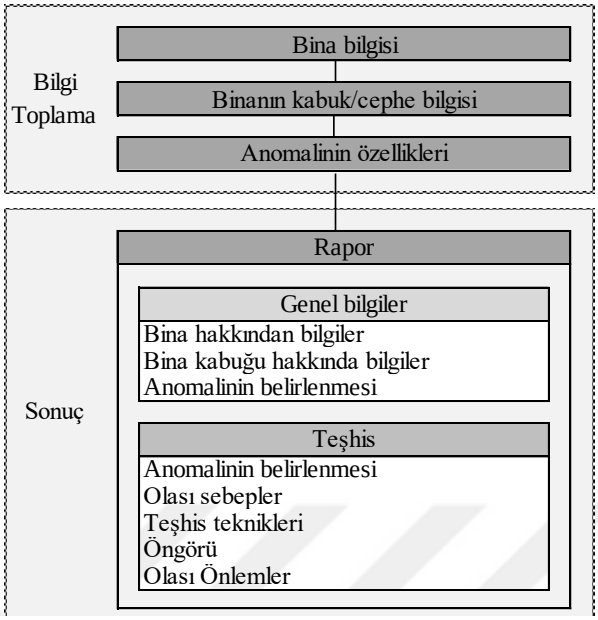
Şekil 4. 28 Konut yapılarına entegre bakım sistemine ait özel tanı listesi (Lima, 2009)

SIMEH yönteminde, tanımlanan anomaliler için uygulanacak müdahalelere yönelik kullanılan listeler;

- Genel bilgi,
- Anomali,
- Gereken malzeme ve donanım,
- Müdahale,
- Gözlemler,
- Uzmanın elde ettiği sonuçlar hakkında yorumlar olmak üzere 6 bölümden oluşmaktadır (Lima, 2009).

Konut Yapılarına Entegre Bakım Sisteminin işleyiş diyagramı Şekil 4. 29'da verilmiştir. Medeiros tarafından 2010 yılında yüksek lisans tezinde SIMEH'in devamı olarak yapısal ve yapısal olmayan rehabilitasyon tekniklerinin

uygulanması yoluyla anomaliyi onarmayı amaçlayan 18 rehabilitasyon müdahale kılavuzu sunulmuştur. Müdahale kılavuzlarına örnek Şekil 4. 30'de verilmiştir.



Şekil 4. 29 Konut yapılarına entegre bakım sisteminin akış diyagramı (Lima, 2009).

4.3.1.9 Teşhis teknikleri kılavuzları– Abreu (2013), Portekiz

Domingos Abreu tarafından 2013 yılında yüksek lisans tezi kapsamında hasarlarda kullanılacak teşhis tekniklerinin seçimi ve sonuçlarının incelenmesi amacıyla "Teşhis Teknikleri Kılavuzları- (Fichas de técnicas de diagnóstico)" oluşturulmuştur. Listeler (Abreu, 2013);

- Yapı elemanları,
- Ürün açıklaması,
- Çalışma prensibi,
- Test prosedürü,
- Ekipman,
- Maliyet,
- Zorluk,
- Sonuçlar vb. bölümleri içermektedir.

Universidade do Porto FEUP Faculdade de Engenharia

FICHA DE INTERVENÇÃO FI_19

CORRECÇÃO DO ESMAGAMENTO DE ETICS

ELEMENTOS PRINCIPAIS: Paredes

Genel bilgiler

1. Empreendimento:
2. Habitação: Tipologia:
3. Diagnóstico em / / com a referência:
4. Intervenção efectuada por: Data: / /

Anomali

Perfuração e esmagamento de ETICS

ETICS significa External Thermal Insulation Composite System – Sistema de Isolamento Térmico pelo Exterior.

É cada vez mais frequente a aplicação de sistemas de isolamento térmico de fachadas pelo exterior quer na reabilitação de edifícios, cuja envolvente vertical apresente índices de isolamento térmico insatisfatórios, infiltrações ou aspecto degradado, quer em novas construções.

Estes sistemas constituem uma óptima solução, tanto do ponto de vista energético como do ponto de vista construtivo e, basicamente, consistem em paredes simples, ou quando se trata de paredes reabilitadas, muitas vezes duplas, de alvenaria ou de betão, revestidas por um reboco delgado armado colocado por cima de um isolante térmico, geralmente, poliestireno expandido.

Este tipo de anomalia manifesta-se através de esmagamentos e perfurações no revestimento causando um mau aspecto ao edifício onde se encontra aplicado. Normalmente manifesta-se em locais acessíveis às pessoas, sendo uma das principais causas choques acidentais provocados pelos mesmos o que leva a uma progressiva degradação do revestimento, agravando o aspecto visual e desempenho funcional.

Gerekli malzeme ve ekipman

Materiais:

- ☐ Cola
- ☐ Reboco
- ☐ Armadura
- ☐ Primário
- ☐ Revestimento final
- ☐ _____

Equipamentos:

- ☐ Trincha
- ☐ Escova
- ☐ Pano
- ☐ Disco
- ☐ _____
- ☐ _____

Equipamento de protecção individual:

- ☐ Luvas
- ☐ Óculos protecção lateral
- ☐ _____
- ☐ _____
- ☐ _____

Müdahale

Quando a área degradada não ultrapassa os 2 cm², a reparação consiste em preencher o vazio com produto idêntico ao utilizado na camada de acabamento

A reparação de superfícies de maior dimensão implica a substituição do sistema na zona afectada.

Deverão ser realizadas as seguintes operações:

1. Delimitar uma superfície rectangular ou quadrada, que envolva a parte degradada;
2. Cortar o reboco e o isolamento térmico com disco e remover todas as camadas do sistema até ao suporte;
3. Limpar o suporte e eliminar todos os resíduos de cola;
4. A partir dos cantos da área a tratar, fazer cortes a 45º no reboco da zona envolvente, de forma a libertar a armadura até uma distância de 10 cm;
5. Remover o reboco aderente à armadura;
6. Recortar uma placa de isolamento com dimensão idêntica à da zona a tratar e aplicá–la com uma cola idêntica à utilizada para

Universidade do Porto FEUP Faculdade de Engenharia FI_19

fixação do sistema;

7. Após secagem da cola, preparar um enxerto de armadura cujas dimensões sejam superiores em 5 cm à área de sistema a refazer;
8. Aplicar a primeira camada de reboco e colar o enxerto de armadura;
9. De seguida dobrar a armadura libertada na zona envolvente sobre o enxerto;
10. Aplicar a segunda camada de reboco de forma a revestir totalmente as armaduras;
11. Após secagem aplicar o primário e o revestimento final.

Atenção:

A zona intervencionada apresentará uma diferença de tonalidade relativamente à restante superfície do ETICS, que só poderá ser resolvida com uma regeneração geral do aspecto visual da superfície. Esta zona poderá ficar ligeiramente saliente, caso não seja decapado o revestimento sobre a rede existente.

Gözlemler

Cuidados especiais para a intervenção em análise

_____

Outras fichas de intervenção a utilizar

Designação:	Referência:	Nota:

Çalışmanın sonuçları hakkında yorum

Observação sobre o resultado dos trabalhos

_____

Data: ___/___/___ o responsável

_____

Şekil 4. 30: Medeiros tarafından hazırlanan müdahale kılavuzu (Medeiros, 2010).

4.3.2 Durum değerlendirme ve bakım yöntemleri için kullanılan bilgisayar destekli veri tabanları

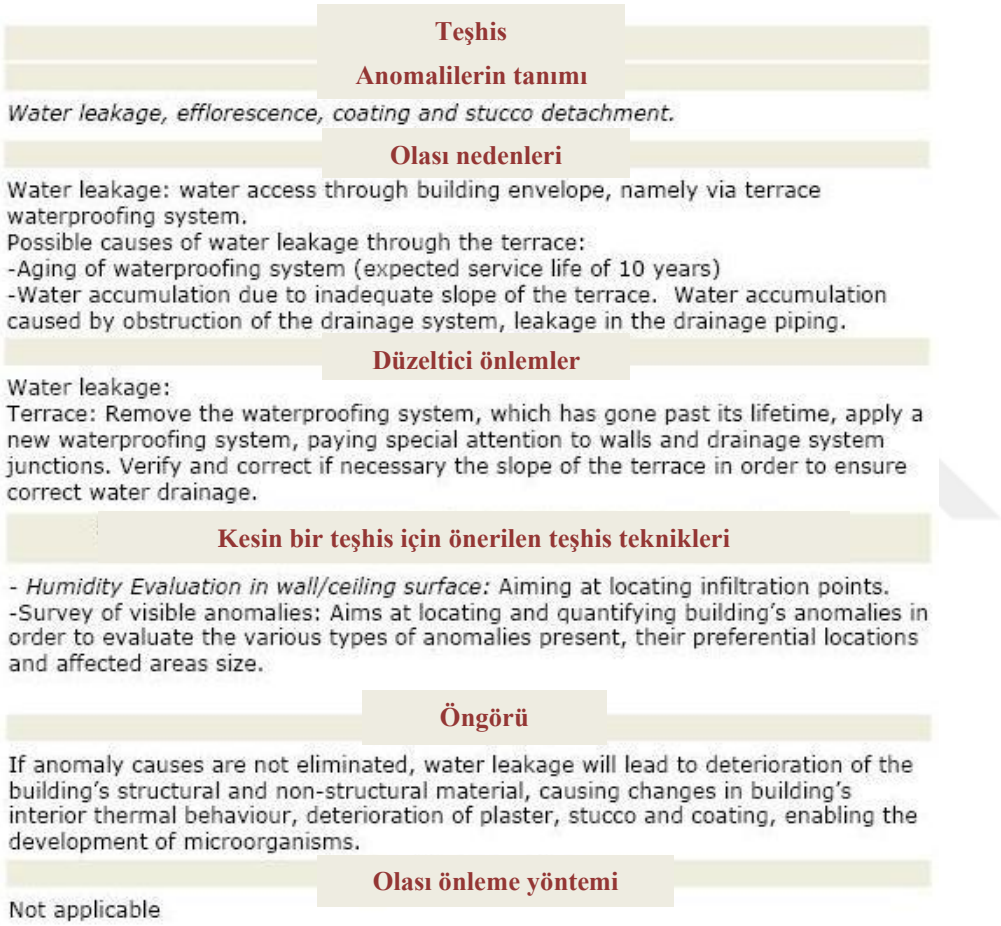
Bu bölümde çeşitli ülke ve kuruluşlar tarafından durum değerlendirmesi ve bakım yöntemleri için hazırlanan bilgisayar destekli veri tabanları incelenmiştir.

4.3.2.1 ConstruDoctor- OZ, Portekiz

Portekiz şirketi OZ tarafından geliştirilen "Construdoctor" veri tabanının amacı, kullanıcılara ve mülkiyet sahiplerine binalarında oluşan hasarların düzeltilmesinde yardımcı olmak, hasarın olası nedenleri hakkında açıklamalar yapmak, ön tanı koyabilmek ve düzeltici önlemleri tanımlamak olan online teşhis sağlayan bir sistemdir (Ribeiro ve C´oias 2003; Ferraz vd., 2015). Bu sistem, kullanıcıya internet yoluyla hızlı ve ucuz bir ön tanı hizmeti sunmaktadır. Kullanıcı tarafından sisteme giriş yapılmasıyla ilk adımda sistem ön teşhis için dosya numarası vermektedir. 2. aşamada bina ve bina çevresine ait genel bilgiler sisteme girildikten sonra bozulmalar hakkında bilgiler ve fotoğraflar sisteme yüklenir. Yapıdaki bozulmaların teşhisi için sistem üzerindeki 3. Aşamadaki Şekil 4. 31'de gösterilen formdaki bilgilerin doldurması ile işlemler tamamlanmaktadır (Medeiros, 2010).

Şekil 4. 31: ConstruDoctor sisteminde kullanıcının doldurduğu formun 3. Aşaması (URL-29).

Oz şirketindeki uzman kişiler tarafından hasarlar değerlendirildikten sonra rapor olarak müşteriye e-posta ile bildirim yapılmaktadır. Raporda bozulmanın adı, muhtemel nedenleri, düzeltici önlemler, daha kesin bir teşhis için önerilen teşhis teknikleri, öngörü (bozulmanın düzeltilmemesi durumunda muhtemel olayları tanımlanması) ve olası önlemler hakkında bilgiler verilmektedir (Lima, 2009), **(**Şekil 4. 32**).** ConstruDoctor raporu ön teşhis raporu olduğu için doğru teşhis olmayabilir. Kesin teşhis için alan çalışmasında uzman kişiler tarafından hasarların ve anomalilerin incelenmesi ve uygun teşhis tekniklerinin kullanılması gerekmektedir.



Teşhis

Anomalilerin tanımı

Water leakage, efflorescence, coating and stucco detachment.

Olası nedenleri

Water leakage: water access through building envelope, namely via terrace waterproofing system.
Possible causes of water leakage through the terrace:
-Aging of waterproofing system (expected service life of 10 years)
-Water accumulation due to inadequate slope of the terrace. Water accumulation caused by obstruction of the drainage system, leakage in the drainage piping.

Düzeltici önlemler

Water leakage:
Terrace: Remove the waterproofing system, which has gone past its lifetime, apply a new waterproofing system, paying special attention to walls and drainage system junctions. Verify and correct if necessary the slope of the terrace in order to ensure correct water drainage.

Kesin bir teşhis için önerilen teşhis teknikleri

- *Humidity Evaluation in wall/ceiling surface:* Aiming at locating infiltration points.
-Survey of visible anomalies: Aims at locating and quantifying building's anomalies in order to evaluate the various types of anomalies present, their preferential locations and affected areas size.

Öngörü

If anomaly causes are not eliminated, water leakage will lead to deterioration of the building's structural and non-structural material, causing changes in building's interior thermal behaviour, deterioration of plaster, stucco and coating, enabling the development of microorganisms.

Olası önleme yöntemi

Not applicable

Şekil 4. 32: ConstruDoctor sistemine ait rapor örneği
(Ribeiro ve Cóias, 2003; Lima, 2009).

4.3.2.2 Hatalardan Öğrenmek- BEST (2004), İtalya

İtalyan patoloji kataloğu olan "Hatalardan öğrenmek (Imparare dagli Errori)" Milan Politeknik Üniversitesi'ndeki BEST (Technology of the Constructed Patrimony) bölümü ile BEGrup (BEGroup of the Department of Science) tarafından

hazırlanmıştır. Kataloğa, İtalyanca web sayfası üzerinden erişim ile patoloji dosyaları indirilebilir ve yazdırılabilmektedir (Şekil 4. 33). Patoloji raporları;

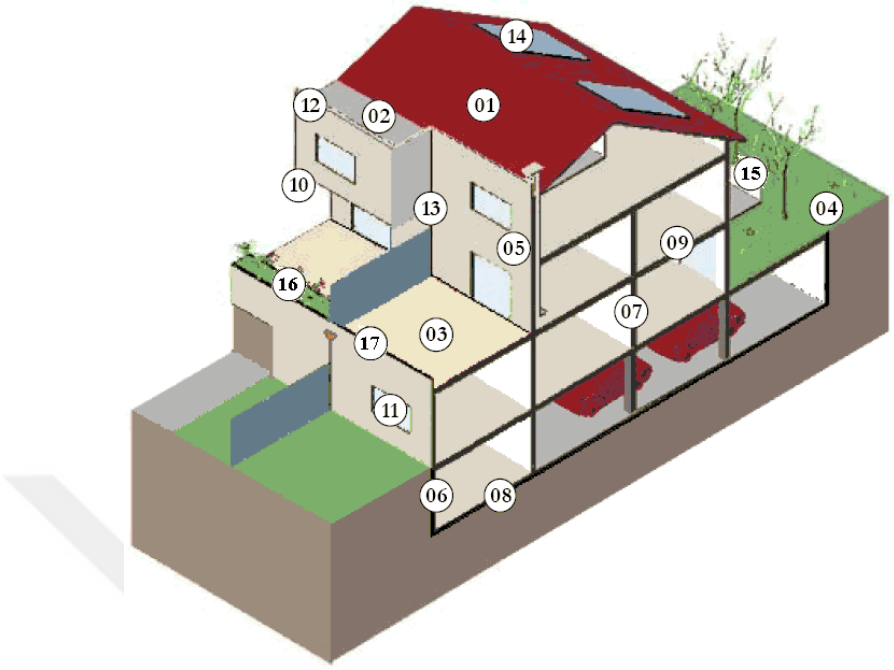
- Malzeme kayıtları,
- Bozulma mekanizmaları,
- Patoloji kayıtları,
- Örnek olay incelemelerinin kayıtları ve
- Anomali kayıtları bölümlerinden oluşmaktadır (Freitas vd., 2013; Ferraz vd., 2015).

Şekil 4. 33: Hatalardan öğrenmek-Imparare dagli Errori web sayfası (BEGroup, 2004), (Ferraz vd. 2015).

4.3.2.3 PATORREB (2004), Portekiz

Yapı Patolojisi Çalışma Grubu (PATORREB) tarafından hazırlanan ve Oporto Üniversitesi (FEUP) Mühendislik Fakültesi Yapı Fiziği Laboratuvarı tarafından koordine edilen Patoloji Kataloğu, patoloji alanındaki bilgilerin sistematikleştirilmesine katkıda bulunmayı amaçlamaktadır. Projeye daha sonra yedi Portekiz üniversitesi de dahil olmuştur. PATORREB sitesi 18 Haziran 2004 yılında kayıtlı kullanıcıların ücretsiz olarak erişimine açılmıştır (URL-30). Web sisteminde

Şekil 4. 34'te görülen yapı bölümleri seçildiğinde ilgili elemana ait patoloji sayfalarının listesi sunulmaktadır.



1	Kırma Çatı	7	İç duvar	13	Derz
2	Gezilemeyen teras çatı	8	Zemin kat	14	Çatı penceresi
3	Gezilebilen teras çatı	9	Döşeme	15	Balkon
4	Çatı bahçesi	10	Konsol döşeme	16	Bitki alanı
5	Dış duvar	11	Kapı ve pencereler	17	Teras parapeti
6	Bodrum duvarı	12	Saçak	18	Diğerleri

Şekil 4. 34: Patorreb patoloji kataloğunda incelenen yapı bölümleri (URL- 30).

Patoloji sayfalarının yapısı (Şekil 4. 35);

- Patolojinin teşhisi,
- Patolojinin tanımı,
- Test ve ölçümler,
- Patolojinin nedenleri,
- Öneriler olmak üzere beş bölümden oluşmaktadır (Ferraz vd. 2015).

Şekil 4. 35: Patorreb patoloji raporuna ait örnek çalışma (Freitas vd.,2013).

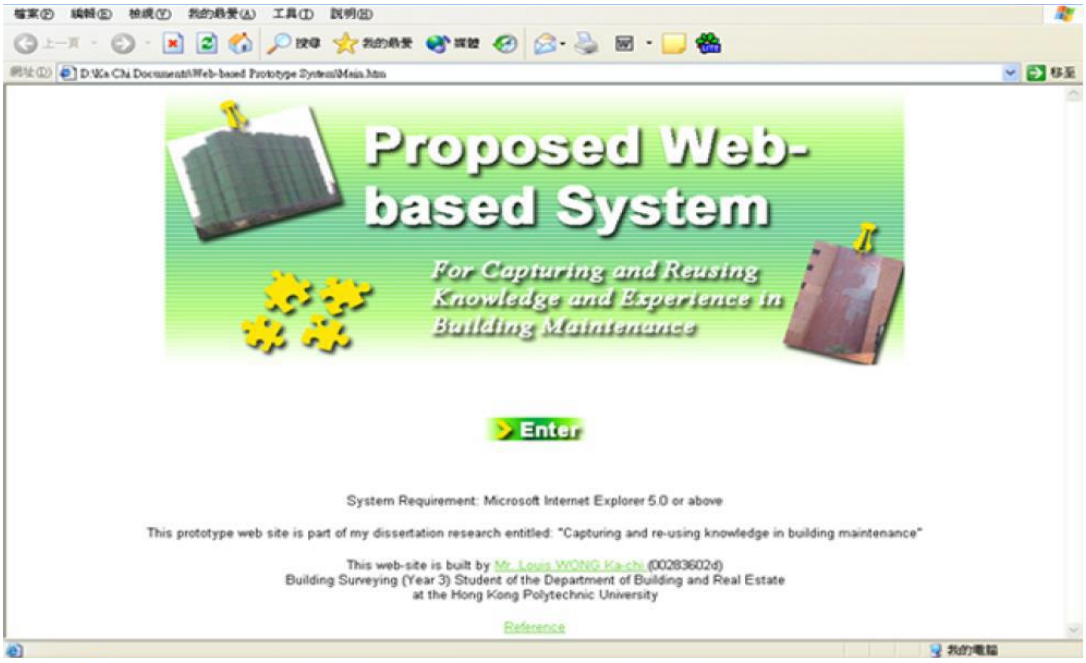
4.3.2.4 Web tabanlı prototip sistem-Fong ve Wong (2009), Hong Kong

Fong ve Wong tarafından 2009 yılında geliştirilen "Web Tabanlı Prototip Sistem" ile

- Bilgi ve tecrübe edinme sürecinde kullanıcı dostu olan,
- Bilgi ve deneyim sunma ve katkıda bulunma sürecinde basitleştiren,
- Sistemin farklı kullanıcıları arasındaki iletişime izin vermek, yapı patolojisi kapsamında bilgi ve deneyim alışverişini geliştiren vb. özellikleri bulundurarak

entegre bir bina yönetim sisteminin prototipi oluşturulmuştur (Şekil 4. 36), (Ferraz vd. 2015).

Web tabanlı prototip sistemlerinde kullanıcıların gereksinimlerinin incelenmesi ve profesyonel bina araştırmacılarının bina bakım projelerindeki bilgi ve deneyimin anlaşılması ve yeniden kullanılması hakkındaki görüşlerini araştırmak amacıyla anket çalışması ve görüşmeler yapılmıştır. Bu sayede profesyonel bina araştırmacılarının bilgi ve deneyimleri ile prototip sisteminin geliştirilmesinde kullanılmıştır. Sistem, kullanıcıların kendi karar alma süreçlerini kolaylaştırmak için bina bakımı konusundaki diğer profesyonellerin bilgi ve deneyimlerini paylaşmalarını ve edinmelerini sağlamaktadır (Ferraz vd., 2016).

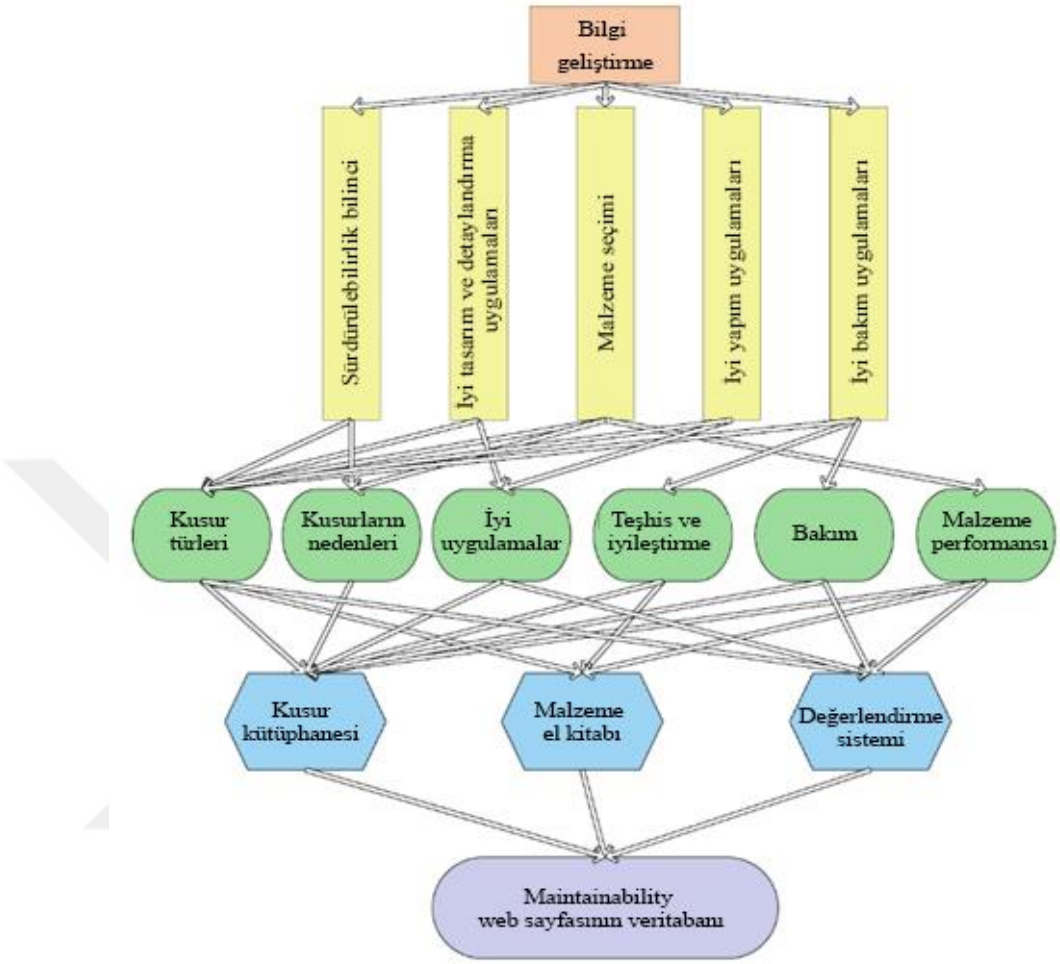


Şekil 4. 36: Web tabanlı prototip sistemin web sayfası
(Fong and Wong, 2009; Ferraz vd. 2015).

4.3.2.5 Binaların bakım yapılabilirliği- NUS (2004), Hong Kong

"Binaların Bakım Yapılabilirliği (Maintainability of Building)" 2004 yılında Bina İnşaat İdaresi (Building Construction Authority) ve Singapur Ulusal Üniversitesi (NUS) tarafında tropik iklimlerde farklı bina türlerinin yaşadığı sorunları incelemek için tasarlanmış iki yıllık bir projedir. 2005 yılında "Maintainability" web sitesi geliştirilerek 2010 yılına kadar güncellenmiştir (https://www.hpbc.bdg.nus.edu.sg/).

Web sitesi, binaların yeterli bir şekilde sürdürülebilmesi için mevcut engeller konusunda bir farkındalık oluşturmayı amaçlamaktadır. Web sayfasının işleyiş şeması



Şekil 4. 37: Maintainability web sayfasının işleyis şeması (Chew, 2010).

Şekil 4. 37'de gösterilmiştir (Chew 2010).

Web sayfasında kusur kütüphanesi, malzeme el kitabı, tahribatsız testler ve bakım yapılabilirlik puanlama sistemleri olarak dört ana bölüm bulunmaktadır. Yapı bölümleri web sayfasında cephe kusurları, çatı kusurları, ıslak zemin kusurları, bodrum kat kusurları, MEP kusurları ve ortak kusurlar olarak ayrılmıştır. Her bina bileşenine ait fotoğraflar, detaylar ve hasar tipleri ile olası nedenleri veri tabanında yer almaktadır. Bileşenlerde görülen hasarları önlemek için kılavuz oluşturulmuş ve sisteme dahil edilmiştir (URL-31). Sistem içinde "Kapsamlı Bakım Yapılabilirliği Puanlama Sistemi (Comprehensive Maintainability Scoring System-COMASS)" ile

mevcut durumları hakkında 0-5 arasında puanlar verilerek kullanıcıya tüm binayı ya da elemanın durumu hakkında bilgi vermektedir.

4.3.2.6 Bina tıbbı kaydı – Chang ve Tsai (2013), Tayvan

2013 yılında Chang ve Tsai tarafından insan tıbbi kayıtlarına benzer şekilde binalar içinde "Bina Tıbbi Kaydı-Building a Medical Record" fikri önerilmiştir (Chang ve Tsai, 2013; Ferraz vd. 2015). Bina rehabilitasyonunda her durum benzersiz olsa da yapısal olmayan elemanlardaki kusur olaylarının çoğunluğu sistematik bir şekilde çözülebilir. Bu bağlamda, inşaatta hataların gelişimi ile ilgili verilerin toplanması bakım ve onarım faaliyetlerinin planlanması için hayati öneme sahiptir. Bu bilgilerin güvenilirliği rasyonel kararlar alınmasında esastır. Bina tıbbı kayıt raporları;

- Kusurun tanımı,
- Olası sebepler,
- Teşhis ve onarım tekniklerinden oluşmaktadır.

"Bina Tıbbı Kaydı" raporlarında yaşanan olumsuzluklar (Ferraz vd. 2016);

- Sistem içerisinde benzer kusurların bulunmasında yaşanan zorluklar,
- Her kusurun sisteme kaydetme ve güncelleme işlemlerini saha yöneticisi tarafından yönetildiği için, bilgi paylaşımının kolay olmaması,
- Şirketteki tüm vaka bilgileri veri tabanında birleştirilememektedir (Chang ve Tsai, 2013).

4.3.3 Durum değerlendirmesi için kullanılan yöntemler

Bina durum değerlendirmesi, bilgi, zaman ve ekipman gerektiren karmaşık bir işlemdir. Bina durum değerlendirme işlemleri; bina elemanlarının performans raporlarını, bakım-onarım planlamasını, kod uyumluluğunu, güvenlik, dayanıklılık, yapı değeri ve fonksiyonellik gibi çeşitli gereksinimleri içermektedir. Bina koşullarının doğru bir şekilde değerlendirilme ihtiyacı, bozulmalara bağlı güvenlik ve sağlık sorunlarının yanı sıra yapısal hasarla sonuçlanabilmesi nedeniyle daha önemli hale gelmektedir (ASCE, 2000; Müller ve Franke, 2014). Bina durum değerlendirmesinde tüm bina elemanlarındaki bozulmaların tespiti ve bozulma seviyelerinin belirlenmesi için görsel ve/veya teknik cihazlar kullanılmaktadır. Tespit edilen bozulmalara uygun bakım yöntemlerinin doğru aralıklarda uygulanmasıyla yapı

sistemlerinde oluşabilecek ciddi hasarlar önlenirken binaların enerji verimliliğinin iyileştirilmesine de katkı sağlanmaktadır (Rodrigues, 2008; Rodrigues vd., 2018).

Bina performanslarının değerlendirilmesi için kullanılan en eski ve yaygın yöntemlerden biri, 1960'larda geliştirilen Kullanım Sonrası Değerlendirme (Post Occupancy Evaluation-POE) yöntemidir. Bu değerlendirme yöntemi isminden de anlaşılacağı gibi, binaların kullanılmaya başlandıktan sonra yapılan değerlendirme ve genellikle iç mekan ikliminin teknik ölçümleri ile kullanıcı anketlerinden oluşmaktadır. Daha sonra geliştirilen değerlendirme araçlarının tasarım öncesi aşamaları da değerlendirmelere dahil olmuştur (Ornstein ve Andrade,2011; Jensen ve Maslesa, 2015).

Durum değerlendirme ve karar verme araçlarının çoğunun karmaşık yapısından dolayı ticari binalarda ve büyük apartman bloklarında uygulanmaktadır. Küçük ölçekli konutların yenilenmesinde daha basit yazılım programları kullanılmaktadır. Bu programlar bina onarımının teknik önlemlere ve/veya finansal yönler gibi bir ya da birkaç yönüne odaklanırken yenilemenin sınır koşullarını, yapı bileşenlerinin mevcut koşullarını, disiplinler arası yönleri, bina sahibinin gereksinimlerini ve ihtiyaçlarını içeren teknik önlemlerin karşılaştırmasını çok az dikkate almaktadır (Steskens vd., 2015). Durum değerlendirmesi için ülkeler ve topluluklar tarafından geliştirilen yöntemler;

- Avrupa Birliği yöntemi (EPIQR-TOBUS),
- Belçika yöntemi (Renofase) ,
- Portekiz yöntemi (MAEC, SCARBCC),
- Hollanda yöntemi (NEN2767),
- İngiliz yöntemi (HHSRS),
- ABD yöntemi (FISP),
- Hong Kong (MBIS,MWIS) yöntemidir.

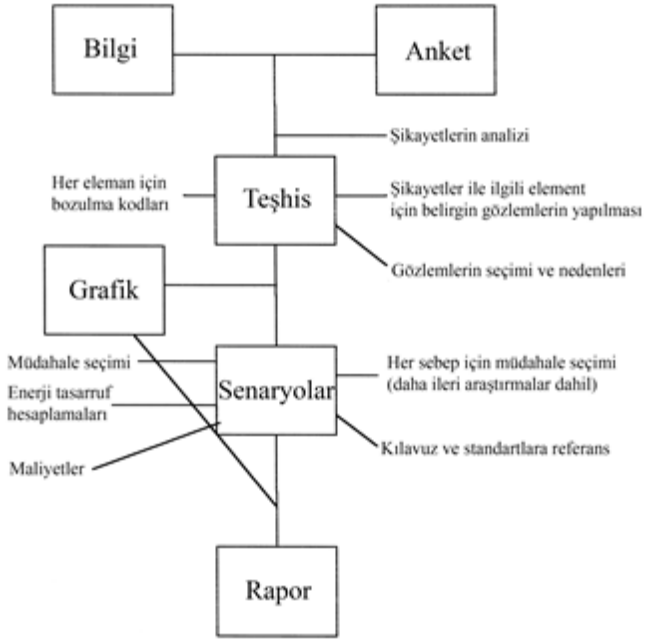
4.3.3.1 Avrupa Birliği yöntemi (EPIQR-TOBUS)

EPIQR (Energy Performance, Indoor Air Quality And Retrofit) BRE- UK:

AB ve birçok ulusal kurumun destekleri ile geliştirilen EPIQR (Enerji Performansı, İç Ortam Kalitesi ve Güçlendirme) yöntemi 1998 yılında tamamlanmıştır. EPIQR'un yönteminin temelleri İsviçre'de kullanılan önceki yöntemlere dayanmaktadır. EPIQR,

tanı, analiz, karar verme ve raporlama araçları içeren bilgisayar tabanlı bir karar verme aracıdır. Hedef kitlesi, araştırmacılar, mimarlar, mühendisler, mülkiyet sahipleri ve yöneticilerdir (Brandt vd., 1999). EPIQR programının amacı;

- Avrupa'da ortak olarak kabul edilen, bina bileşenleri ve alt servislerinin kontrol listesini hazırlamak,
- Bir binadaki bozulmaları denetleme talimatlarını içeren bir değerlendirme aracı ortaya çıkarmak,
- Yenileme çalışmalarında Avrupa'da ortak olarak kabul edilen bir veri tabanı oluşturmak,
- Maliyetle ilgili işlerin veri tabanında kurgulanmasıdır (Brandt ve Rasmussen, 2002). EPIQR programının işleyiş şeması Şekil 4. 38'da verilmiştir.

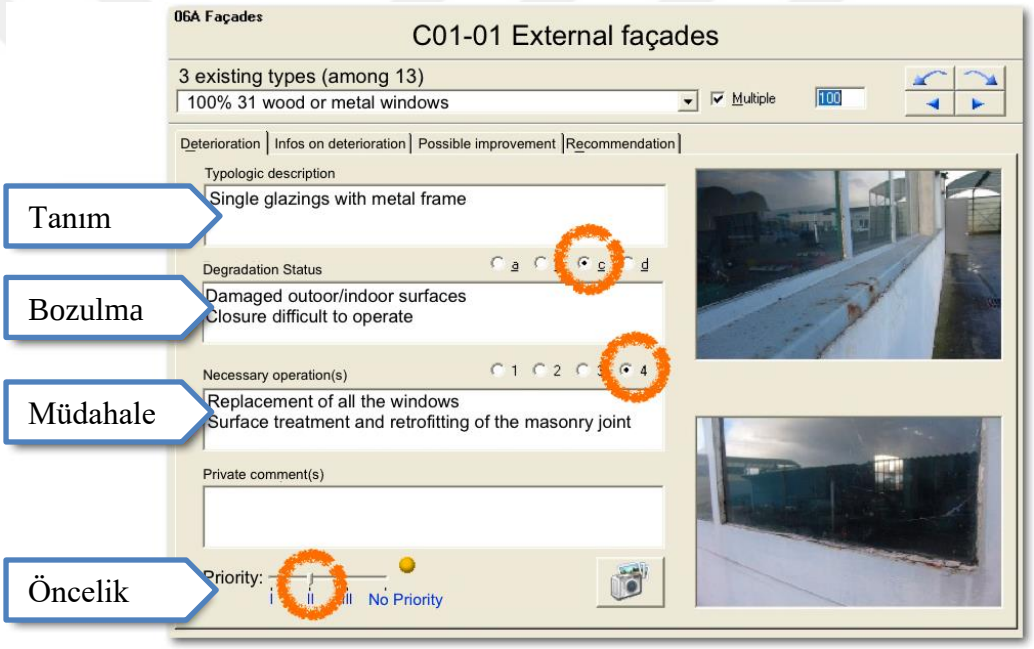


Şekil 4. 38: EPIQR yönteminin işleyiş şeması (Bluyssen,2000).

EPIQR yönteminde yenileme işlemleri için öncelikle apartman kullanıcılarının iç mekan kalitesi hakkındaki düşüncelerini öğrenmek amacıyla anket çalışması yapılmaktadır. Elde edilen veriler, EPIQR programına girilmesiyle sistem otomatik olarak istatiksel analizler yapmaktadır. İstatiksel analizler yenileme çalışmalarının karar verme aşamasında sistem tarafından değerlendirilmektedir (Jensen ve Maslesa, 2015). Daha sonra apartmanın fiziki durumu saha incelemeleri sırasında 50 farklı yapı elemanı üzerinde her bir bileşenin bozulma türü ve derecesi tespit edilir (Nielsen vd.,

2016). Tespit edilen bozulmanın olduğu bileşen için çok iyiden çok kötüye kadar a, b, c ve d olarak 4 bozulma durumu tanımlanmaktadır (Şekil 4. 39), (Jaggs ve Palmer, 2000). EPIQR'de, mevcut binanın bozulma durumu, tahmini enerji hesaplamalarını bildiren aktif bir enerji akış şemasının yanı sıra yenileme maliyetlerini aktif bir grafik sistemde değerlendirilmektedir ve bu sonuçlar senaryolar içinde gösterilmektedir (Şekil 4. 40), (Nielsen vd., 2016).

Sistem tarafından her yapı elemanı için oluşturulan yenileme önerileri, elemanın bozulma durumuna, anket çalışmasında kullanıcı memnuniyetine ait istatiksel analizlere, MEDIC yöntemi ile hesaplanan kalan servis ömrüne ve son olarak tahmini enerji verilerine dayanmaktadır. EPIQR yazılımının dezavantajı, yerel veri tabanlarına bağlı olmasından dolayı erişimlerin kısıtlı olmasıdır (Nielsen vd., 2016).

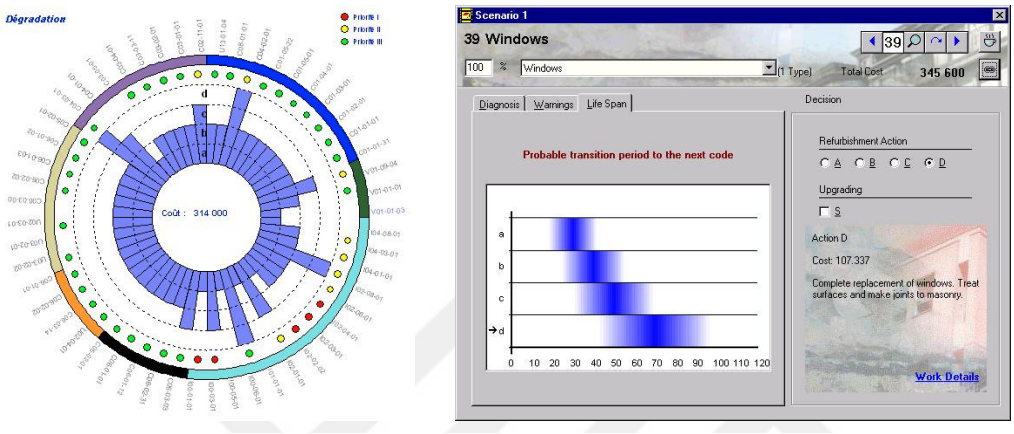


Şekil 4. 39: EPIQR programının arayüzü (Dubois vd., 2016).

EPIQR programının sağladığı faydalar;

- Binanın genel durumunu ve yenilenmesini tanımlayan verilerin kaydının oluşturulması,
- Binanın fiziksel ve fonksiyonel durumunun belirlenmesi,
- Bakım ve onarım işlerinin niteliğini ayrıntılı olarak belirlenmesi,
- Binanın onarıma karşılık gelen muhtemel miktarın (±%15) tahmin edilebilmesi,

- Yenilemeden sonra binanın enerji tüketiminin optimize edilebilmesi,
- Hava kalitesi ve iç konfor ile ilgili sorunların düzeltilmesine yönelik önlemler sunması,
- Yapı elemanlarının servis sürelerinin ve maliyetlerin iş planlamasına göre değişimini dikkate alarak müdahale senaryolarının karşılaştırılması,
- Bina kullanım değerini artırma olasılıklarını sunulmasıdır (Dubois vd., 2016).



Şekil 4. 40: EPIQR programındaki sonuç çizelgeleri (Brandt vd.,1999).

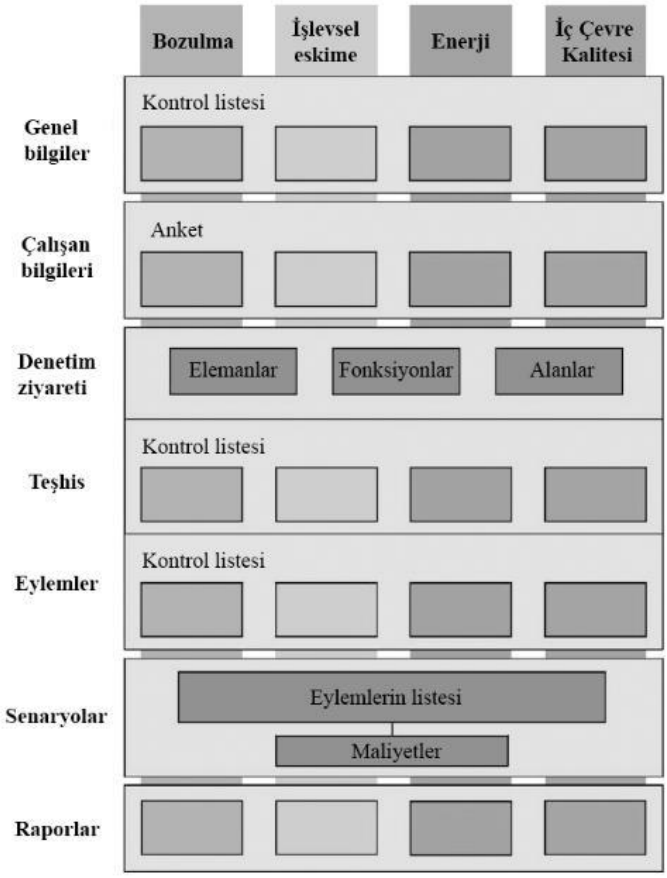
TOBUS (Tool for Selecting Office Building Upgrading Solutions) CSTB, Fransa

Avrupa araştırma projeleri kapsamında geliştirilmiş olan TOBUS programı 2000 yılında tamamlanmıştır. Projenin geliştirilmesi aşamalarında Almanya, Danimarka, Fransa, Yunanistan, Hollanda, İngiltere ve İsviçre'den uzmanlar görev almıştır (Vilhena vd., 2011). TOBUS felsefesi, EPIQR'deki ile aynıdır, ancak ofis binalarının daha karmaşık yapılarından dolayı bina hizmetlerinin işlevsel eskimesine dayanan karar verme kriterleri gibi özellikler eklenmiştir (Şekil 4. 41); (Balaras vd., 2002).

Şekil 4. 41: TOBUS programının ara yüzü (Brandt ve Rasmussen 2002).

TOBUS programı ofis binalarının fiziksel bozulma derecelerini, bozulmanın boyutunu, binayı yenilemek için gerekli olan çalışmaların kapsamını ve maliyet değerlendirmelerini yapmaktadır. TOBUS programında değerlendirme şekli (Şekil 4. 42), (Wittchen ve Brandt 2002);

- Yapıyı denetleyen kişi kontrol listesini kullanarak,
    - Ofis binasına ait çizimler, faturalar gibi tüm belgeleri,
    - Binanın, yapı arazisinin ve tesisatlarının envanter özellikleri,
    - Ziyaret öncesi önemli sorunları belirlemek için bina sahibi ve teknik yöneticilerin görüşleri gibi bilgileri toplamaktadır.



Şekil 4. 42: TOBUS yönteminin değerlendirme şeması (Wittchen ve Brandt 2002).

- Denetleyen kişi, tüm çalışanların iç çevre kalitesi (IEQ) hakkındaki düşüncelerini öğrenebilmek için kısa bir anket ve bir tanıtım mektubu göndermektedir. Anket binanın termal, görsel, akustik rahatlığı ve güvenliği

ile ilgili soruları içerirken ankette dolduran kişinin kişisel verilerine yer verilmez. Anketlerin, binalarda karşılaşılan temel problemler hakkında yararlı bilgileri ortaya çıkarılabilmesi için bina denetiminden önce dağıtılması ve toplanması önemlidir.

- Denetleyen kişi, 1 günlük ziyarette ortak kullanılan alanlar ile binanın tüm teknik tesislerini içeren bina araştırması yapmaktadır.
- TOBUS yazılımı ve çeşitli ortak araçlar tarafından desteklenen denetleyici, kategorilerden (bozulma, fonksiyonel eskime, enerji, IEQ) biri ile ilgili problemleri çözmek için çeşitli eylem önerilerini toplayan ve değerlendiren çok miktarda veriyi analiz etmektedir.

TOBUS yönteminde binayı 70 eleman üzerinde incelemeler yapılmaktadır. Elemanların 25'i çatı kaplaması, pencere ve güneş kontrol elemanı gibi yapı bileşenleri, 44'ü ısıtma tesisatları, yangın koruma tesisleri, bilgisayar ağları gibi yapı servis bileşenleri ve yapı alanı bulunmaktadır (Brandt ve Rasmussen, 2002). TOBUS yönteminde, binanın durumunun değerlendirilmesi için EPIQR'daki gibi 4 dereceli sistem (a, b, c, d) kullanılmaktadır (Tablo 4. 3).

TOBUS ve EPIQR aynı zamanda durum değerlendirmesi için görsel bir rehber olarak kullanılmaktadır. Her bozulma türü için, bir veya daha fazla örnek fotoğraf ile bozulma anomalileri açıklanmaktadır. Böylece, denetimi yapan kişi yerinde inceleme yaparken mevcut durumu veri tabanındaki örneklerle karşılaştırabilir (Singh Ahluwalia, 2008).

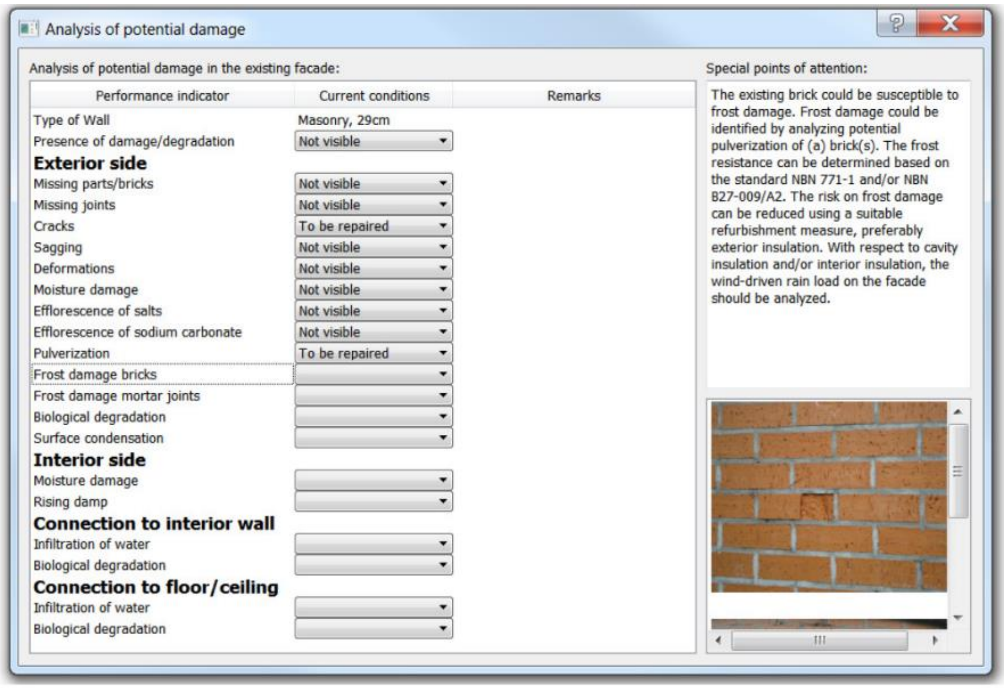
Tablo 4. 3: EPIQR ve TOBUS yöntemlerinde kullanılan durum değerlendirme kodları ve açıklamaları (Brandt ve Rasmussen, 2002).

Kod	Durum	Düzenleme ihtimali
A	İyi	Düzenlemeye gerek yok.
B	Hafif bozulma	Tek bir işlemle kolaylıkla düzenlenebilir
C	Orta düzeyde bozulma	Birden fazla işlemle kolaylıkla düzenlenebilir
D	Servis ömrünü tamamlamış	Düzenleme yapmak zor, ancak yeniden yapılabilir

4.3.3.2 Belçika yöntemi (Renofase)

Belçika yapı sektörü bünyesinde geliştirilen Renofase programı küçük ölçekli konutlarda yapılacak onarım işlemlerinin seçiminde karar verme aracı olarak kullanılmaktadır. Program ücretsiz olup Belçika'da firmalarının başvuruları değerlendirildikten sonra uygun görülen süre boyunca firmaların kullanımına sunulmaktadır. Renofase programında yapının durum değerlendirilmesini yapılırken

kullanılacak kontrol listeleri bulunmaktadır (Şekil 4. 43). Sistemde seçilen yapı elemanına ait hasar analiz bölümünde elemandaki bileşenler ve birleşim noktalarında oluşabilecek hasarlar belirtilmiş ve kullanıcı için her hasar hakkında fotoğraf ve kısa bilgi verilmiştir.



Şekil 4. 43: Renofase programının ara yüzü (Steskens vd.,2015).

Program yenileme projesinden sorumlu olan mimarlar ve/veya mühendislerinin özel yetkinliklerini ne olursa olsun bina performansının ve / veya hasarların yenileme işleminden önce tanımlanması için gerekli tüm bilgileri anlaşılır bir ara yüzle sunması kullanıcı için büyük bir kolaylık sağlamaktadır (Şekil 4.50), (Steskens vd.,2015).

Şekil 4. 44: Renofase programında yenileme alternatifleri (URL10-11).

4.3.3.3 Portekiz yöntemi (MAEC, SCARBCC)

Portekiz'de 1990 öncesinde kiralanan binalarda çok düşük fiyatlara kira sözleşmeleri yapılmış olması, zamanla bu binalarda yaşayan kullanıcıların, binayı boşaltmak istememesine neden olmuştur. Bu durum, sosyal ve ekonomik istikrarsızlığın yanı sıra zamanla yapılarda bakım yetersizliğine ve bozulmalara sebebiyet vermiştir. Binalarda gitgide artan bozulmalar, kiralanan birimlerin yaşanabilirliğini azaltmış, şehirlerin kentsel imajlarını zedelemeye başlamıştır. Bu durumu değiştirmek amacıyla Portekiz Hükümeti 2006 yılında bina kiralama şekillerini düzenleyen Urban Tenancy Regime' i onaylamıştır. Düzenlemenin temel hedefi, mülk sahibi olmaya teşvik edici ekonomik alternatifler sunarak kira pazarını, konut hareketliliğini, kentsel rehabilitasyonu geliştirmek ve gayrimenkul yatırımlarına güveni artırmak olmuştur (Vilhena ve Pedro, 2010), (Erturan,2014).

Portekiz Urban Tenancy Regime çerçevesinde İnşaat Mühendisliği Ulusal Laboratuarı (LNEC- National Laboratory for Civil Engineering) tarafından binaların durum değerlendirmesi için Portekiz metodu –MAEC geliştirilmiştir. Bu metodoloji de her elemanın hasar seviyesi önemsiz/çok küçük hasar (5 puan), hafif hasar (4 puan), orta hasar (3 puan), ağır hasar (2 puan), kritik hasar (1 puan) olmak üzere 5 puanlık bir ölçekte değerlendirilmektedir (Şekil 4. 45). MAEC yönteminde binanın güvenlik, estetik, hijyen, sağlık, konfor ve kullanım gerekliliklerini dikkate almaktadır (Rodrigues vd.,2018).

Hafif hasar | Orta hasar | Ağır hasar | Kritik hasar

Hasar İndeksi (Di)	5.00 ≥ Di≥4.50	4.50 > Di≥3.50	3.50> Di≥2.50	2.50> Di≥1.50	1.50 > Di≥1.00
Durum	Çok iyi	İyi	Orta	Kötü	Çok kötü

Şekil 4. 45: Hasar seviyelerine göre değerlendirilen pencere açıklığı örnekleri (Pedro vd., 2008).

MAEC yönteminde binanın durumu kontrol listeleri ve görsel teşhis yöntemleriyle değerlendirilmektedir. Kontrol listesi; bina kimliği saptama, kimliklendirme, fonksiyonel eleman hasarları, hasar indeksi, ağır ve kritik hasarların açıklanması, değerlendirme, gözlem, değerlendiricinin notları/görüşleri ve bakım katsayısı olmak üzere 9 bölümden oluşmaktadır. Kontrol listesinde yer alan fonksiyonel elemanlardaki hasarlar bölümü, binada bulunan 37 fonksiyonel elemanın her birinin hasar seviyesini ölçmektedir. Her fonksiyonel eleman bazı alt bileşenlerden oluşmaktadır (örneğin strüktür, temel, kolon, kiriş, taşıyıcı duvar, döşeme ve balkonların taşıyıcı bölümlerinden oluşmaktadır). Bu fonksiyonel elemanlar bütün bina, ortak parçalar ve üniteler olarak 3 grup halinde düzenlenmiştir. Kontrol listesinin değerlendirme bölümünde her fonksiyonel elemanın önem düzeyine göre 1 (düşük önem) ve 6 (yüksek önem) arasında değişen ağırlık katsayısı verilmektedir (Vilhena ve Pedro, 2010; Erturan,2014), (Şekil 4. 46).

Bina	Puan	Ünite	Puan
1. Strüktür	6	18. Dış duvarlar	5
2. Çatı	5	19. İç duvarlar ve bölücüler	3
3. Çıkıntı yapan elemanlar	3	20. Dış döşeme kaplamaları	2
		21. İç döşeme kaplamaları	4
Ortak elemanlar		22. Tavan	4
4. Duvar	3	23. Merdiven	4
5. Döşeme kaplaması	2	24. Dış pencereler ve kapılar	5
6. Tavan	2	25. İç pencereler ve kapılar	3
7. Merdiven	3	26. Pencerelerdeki koruma ve gölgeleme elemanları	2
8. Pencere ve kapı	2	27. Üst katlardan düşmelere karşı koruma	4
9. Üst katlardan düşmelere karşı koruma	3	28. Temizlik/sağlık ekipmanları	3
10. Su tesisatı	1	29. Mutfak ekipmanları	3
11. Kanalizasyon tesisatı	1	30. Su servisleri	3
12. Gaz tesisatı	1	31. Kanalizasyon tesisatı	3
13. Elektrik ve aydınlatma tesisatları	1	32. Gaz tesisatı	3
14. İletişim ve alarm servisleri	1	33. Elektrik tesisatları	3
15. Asansör	3	34. İletişim ve alarm servisleri	1
16. Yangın güvenliği tesisatı	1	35. Havalandırma tesisatları	2
17. Çöp boşatma kanalı	1	36. Isıtma ve soğutma tesisatları	2
		37. Yangın güvenliği tesisatı	2

Şekil 4. 46: Fonksiyonel elemanlara verilen ağırlık puanları (Pedro vd., 2011), (Erturan,2014).

SCARBCC yöntemi, tespit edilen bozulmanın değerlendirilmesi ve analiz edilen elemanların bozulma durumu ile bunların performans düzeyi arasındaki ilişkileri dikkate almayan yöntemlerin eksikliklerini gidermek için geliştirilmiştir. [Rodrigues (2008) tarafından geliştirilen sekiz seviyeli durum değerlendirme yönteminin karmaşıklığını giderilmesi için Di Prizio (2015) ölçü mekanizması beş seviyeye

indirilmiş ve her yapısal öğenin bozulma düzeyini (DL) belirlemeye izin verecek şekilde yeniden yapılandırılmıştır.] Bu yöntem bozulma skalasının uzantısı-yeri ve şiddet skalası olarak iki ana skalaya dayanmaktadır (Şekil 4. 47). Yöntem, anomalilerin tanımlanması, önem derecelerinin değerlendirilmesi, temel nedenlerinin ve düzeltici önlemlerin belirlenmesini amaçlayan bina denetimi ve kullanıcı görüşmelerinden oluşmaktadır. Bununla birlikte, binaya yapılacak onarım yönteminin önceden tanımlanmış bakım ölçek aralıklarına göre belirlenmesi önemlidir (Di Prizio, 2015; Rodrigues vd., 2018).

DL	Koruma Seviyesi	Agregasyon durumu
5	Mükemmel	$(5:4) = 100 \land 5 \geq 66$
4	İyi	$(5:4) < 100\% \land (5:4) \geq 66\% \land 1 = 0\% \land 3 \geq 33\% \land 2 > 33\%$ $(5:4) = 100\% \land 5 < 66\% \land 1 = 0\%$
3	Orta	$50\% < (5:4) < 66\% \land 2 \leq 15\% \land 1 = 0\% \land 3 < 33\% \land (3:2) < 33\%$ $33\% \leq (5:4) \leq 50\% \land 1 = 0\% \land 2 < 33\%$ $(5:2) \geq 50\% \land 3 \geq 66\% \land 1 = 0\%$ $0\% < (5:4) \leq 33\% \land 3 < 66\% \land 1 = 0\%$ $50\% \leq (5:2) < 100\% \land 0\% \leq 1 < 33\% \land 3 \geq 4 \land 3 \geq 2 \land 2 \leq 33\% \land (5:4) < 66\%$ $66\% \leq (3:2) < 100\% \land 0\% < 1 < 33\% \land 3 > 2$ $(3:2) = 100\% \land 3 < 66\% \land 2 \leq 33\%$ $50\% < (5:4) < 66\% \land 2 \leq 33\% \land 1 = 0\% \land 3 > 4$ $50\% \leq (5:4) < 66\% \land 2 \leq 33\% \land 1 \geq 0\% \land 4 > 3$ $66\% \leq (5:4) < 100\% \land 1 = 0\% \land 3 \leq 33\% \land 2 \geq 33\%$ $50\% \leq (5:2) \leq 100\% \land 1 < 33\% \land 3 \geq 2\% \land 2 \leq 33\% \land 3 \geq 4\% \land (5:4) \leq 66\%$
2	Zayıf	$50\% \leq (5:2) < 100\% \land 0\% < 1 \leq 33\% \land 2 > 3\%$ $66\% \leq (3:2) < 100\% \land 0\% < 1 < 33\% \land 2\% > 3\%$ $(3:2) \leq 100\% \land 3 < 66\% \land 2 > 33\%$ $(5:4) \geq 50\% \land 33\% \leq 1 \leq 50\%$ $33\% \leq (5:2) < 50\% \land 1 = 0\% \land 2 > 3$ $33\% \leq 1 \leq 50\% \land (5:2) \leq 50\% \land (3:2) \leq (5:4)$ $50\% \leq (5:2) < 100\% \land 1 \geq 15\% \land 3 > 2$ $50\% \leq (5:2) < 100\% \land 1 \geq 33\% \land 1 > 2 \land 3 > 2$
1	Kabul edilemez	$33\% \leq 1 \leq 50\% \land (5:2) \geq 50\% \land (5:4) < (3:2) \land 1 > 3 \land 1 > 2$ $1 > 50\%$

Tipoloji	Hasarlı Bileşen	Görsel ve Fiziksel değerlendirme	5. seviye	4.seviye	3.seviye	2. seviye	1. seviye
Çatı	Kaplama	Çatlak ve kırık kiremitler	0	0	≤30	≤75	>75
		Kiremitin yer değiştirmesi	0	0	≤30	≤75	>75
		Yosun ve atık birikmesi	≤10	≤25	≤50	≤75	>75
		Renk değişikliği	≤10	≤25	≤50	≤80	>80
	Finishes	Kötü rezonans durumu	0	0	≤30	≤50	>50
	Taşıyıcı	Çatı örtü alanının deformasyonu	0	≤5	≤15	≤30	>30
	Su yalıtımı	Sızıntılar	0	≤20	≤30	≤60	>10
	Yalıtım	Yalıtım sisteminin süreksizliği	0	≤10	≤50	≤75	>75

Şekil 4. 47: SCARBCC yönteminde değerlendirme ölçeği (Rodrigues vd.,2018).

SCARBCC yöntemi gözlem matrisi, derecelendirme ölçeği ve kontrol listelerinden oluşmaktadır. Görsel analizleri desteklemek için, belirlenen anormalliklerin temel nedenlerini ve etkilerini analiz etmek için Hata Modu ve Etki Analizini (FMEA) uygulayan gözlem matrisi geliştirilmiştir. FMEA, analiz edilen elemanların bozulma durumu ve performans seviyeleri arasındaki ilişkiyi bulmayı sağlamaktadır.

Etkileşimli bir ilkeye dayanır: doğrudan ya da dolaylı etkiler, diğer bozulmaların nedenleri haline gelebilir ve bu da elemanın olası tüm başarısızlık biçimlerini tanımlama olasılığını verebilir (Tablo 4. 4), (Rodrigues vd., 2011). Bu matriste anomalinin temel belirtileri, nedenleri ve sonuçları (doğrudan ve dolaylı) kaydedilmiştir. Derecelendirme ölçeği, her bir eleman için Degradasyon Seviyesini (DL) tanımlayan koşulları sunar ve kontrol sayfası, görsel inceleme sırasında toplanan bilgileri kaydedildiği yerdir. Rodrigues ve arkadaşları (2011), DL sonuçlarını, bina kabuğunun Değerlendirme Endeksinin (EI) belirlenmesine izin verecek şekilde toplarlar. Bu veriler, metodolojinin amacı olan bina bozulma durumunu tanımlamayı sağlamaktadır (Rodrigues vd., 2018).

Tablo 4. 4: SCARBCC yönteminde kullanılan FMEA yöntemi (Rodrigues vd., 2018).

Eleman	Fonksiyon	Başarısızlık Modu	Sebepler	Doğrudan Etki	Dolaylı Etki
Yağmur suyu drenaj sistemleri	Su yalıtımı	Yağmur suyu drenaj sistemi mevcut değildir, yetersizdir veya fonksiyonel eksiklikleri gösterir.	Kavram ve bakım anomalileri	Sızıntı ve dökülme	Farklı ikincil anomaliler, su infiltrasyonu ile sağlanabilir
	Dış görsel görünümü	Yağmur suyu drenaj sistemleri aşınmayı, korezyona, kopmayı veya bağlantı sorunu olan elemanları oluşur	Bakım anomalileri	Bağlantı sorunu,dökülme ve kırılmış elemanlardan dolayı estetik kayıplar	Dayanıklılık azaltılmış Olası su sızmasına bağlı olarak çeşitli ikincil anomaliler

4.3.3.4 Hollanda yöntemi (NEN2767)

Hollanda Standardı NEN 2767'nin geliştirilmesi çalışmalarına, Hollanda İçişleri Bakanlığı'na bağlı bir birim olan Dutch Government Buildings Agency tarafından 2002 yılında başlanmış ve standart 2006 yılında yayımlanmıştır. Standardın amacı, binaların teknik kalitesinin objektif bir değerlendirmesini yapmak, emlak yönetimi sağlamak ve değerlendirilen hasarlara dayalı teknik durum hakkında güvenilir bilgi elde etmektir. Standardın hedef kitlesi mülk sahipler, yöneticiler, kiracılar, danışmanlar, müteahhitler ve denetçilerdir. Değerlendirme binadaki elemandaki hasarın önemini, boyutunu ve yoğunluğunu değerlendirmesiyle başlar (Straub 2009, Vilhena vd., 2011). NEN 2767'ye göre bozulma şiddetleri; 1-Mükemmel, 2-İyi, 3-Ortalama/Makul, 4-Zayıf, 5-Kötü, 6-Çok kötü olarak kabul edilmektedir. NEN 2767'ye göre bozulmanın yoğunluğu; bileşenlerinde görülen anomalinin sürecine göre yoğunluğunu düşük, orta ve yüksek olarak üç yoğunluk sınıfına ayrılmaktadır. Düşük yoğunluk zorlukla görülen bozulmalarda, orta yoğunluk ilerleme belirtileri gösteren bozulmalarda ve yüksek yoğunluk ise daha fazla ilerleme görülmeyecek bozulmaları ifade etmektedir. Bozulma alanı ise bileşende etkilediği alanın oranını ifade etmektedir. Bozulma alanı; %2'den az ise 1.derece, %2-10 arası 2. derece, %10-30

arası 3. derece, %30-70 arası 4. derece, %70'ten fazla ise 5. derece kabul edilmektedir (NEN, 2006; Straub, 2009; Vilhena, 2011). Bozulma şiddeti bozulma sınıfına, bozulma yoğunluğuna ve alanına bağlı puanlaması Tablo 4. 5'te verilmiştir.

Yöntemin dezavantajı ise değerlendirmenin sertifikalı denetçiler tarafından uygulanması zorunluluğu bulunması ve gerekli güncel verilere her zaman ulaşılamamasıdır (Thomsen ve Flier, 2013; Erturan, 2014).

Tablo 4. 5: NEN2767'ye göre bozulma puan hesaplaması
(NEN, 2006; Straub, 2009; Vilhena, 2011).

Durum değerlendirme puanlaması						
Bozulma sınıfı	**Bozulma yoğunluğu/ alanı**	**<2**	**2-10**	**10-30**	**30-70**	**≥70**
Hafif bozulma	Düşük	1	1	1	1	2
	Orta	1	1	1	2	3
	Yüksek	1	1	2	3	4
Ciddi bozulma	Düşük	1	1	1	2	3
	Orta	1	1	2	3	4
	Yüksek	1	2	3	4	5
Kritik bozulma	Düşük	1	1	2	3	4
	Orta	1	2	3	4	5
	Yüksek	2	3	4	5	6

4.3.3.5 İngiliz yöntemi (HHSRS)

İngiltere'de önceden kullanılmakta olan "Housing Fitness Standardının yerine geliştirilen ve 2000 yılından beri kullanılan Konut Sağlığı ve Güvenliği Derecelendirme Sisteminin-HHSRS (Housing Healthy and Safety Rating System) amacı konutlardaki sağlık ve güvenlik risklerini tespit etmek ve değerlendirmektir (Vilhena vd., 2011).

HHSRS, hem zarar verebilecek bir oluşum olasılığının mantıklı bir şekilde değerlendirilmesi hem de böyle bir olayın sonuçlarının muhtemel ciddiyeti üzerinde durmaktadır. Oluşacak risklerin denetimi ve değerlendirilmesi için toplam süresi 12 aydır. HHSRS yönteminde denetim 3 aşamada gerçekleşmektedir (ODPM 2004).

- Konutun ve konuta ait elemanların standartlara ve ihtiyaçlara uygunluğu ve mevcut eksiklikleri kontrol edilmesi,
- Tespit edilen eksikliklerin neden olabileceği risklerin belirlenmesi,
- Uzman kişi aynı tür ve nitelikteki konutlarda ortalamanın üzerindeki riskler için,

- Tespitten sonraki 12 ay içerisinde riskin meydana gelme olasılığı,
- Bu durumdan kaynaklanacak olası zararları uzman tarafından belirlenmektedir.

HHSRS yönteminde değerlendirme aşaması;

- İlk adım eksiklikleri ve tehlikeleri ilişkilendirilmesidir. Konutun muayene sırasında tespit edilen eksikliklerin gözden geçirilmesidir.
- Tehlikelerin belirlenmesi,
- Tehlikelerin değerlendirilmesi,
- Tehlike puanlarının hesaplanması olarak dört adımdan oluşmaktadır.

Tehlike puanlarının hesaplamalarında öncelikle değerlendirmeleri sayısal veriye dönüştürmek için hesap formülü kullanılır (Şekil 4. 48). Formül sayesinde olasılık ve hasar sonuçlarının birlikte değerlendirilmesi ile yüksek olasılığa sahip küçük tehlikelerle, düşük olasılığa sahip büyük tehlikelerin karşılaştırılması yapılabilmektedir (ODPM 2004).

The HHSRS Formülü

		Tehlikenin Ağırlıklandırma Sınıfı		Olasılık		Tehlikenin Yayılması %
SI	=	10,000	X	$\frac{1}{L}$	X	O1
SII	=	1,000	X	$\frac{1}{L}$	X	O2
SIII	=	300	X	$\frac{1}{L}$	X	O3
SIV	=	10	X	$\frac{1}{L}$	X	O4

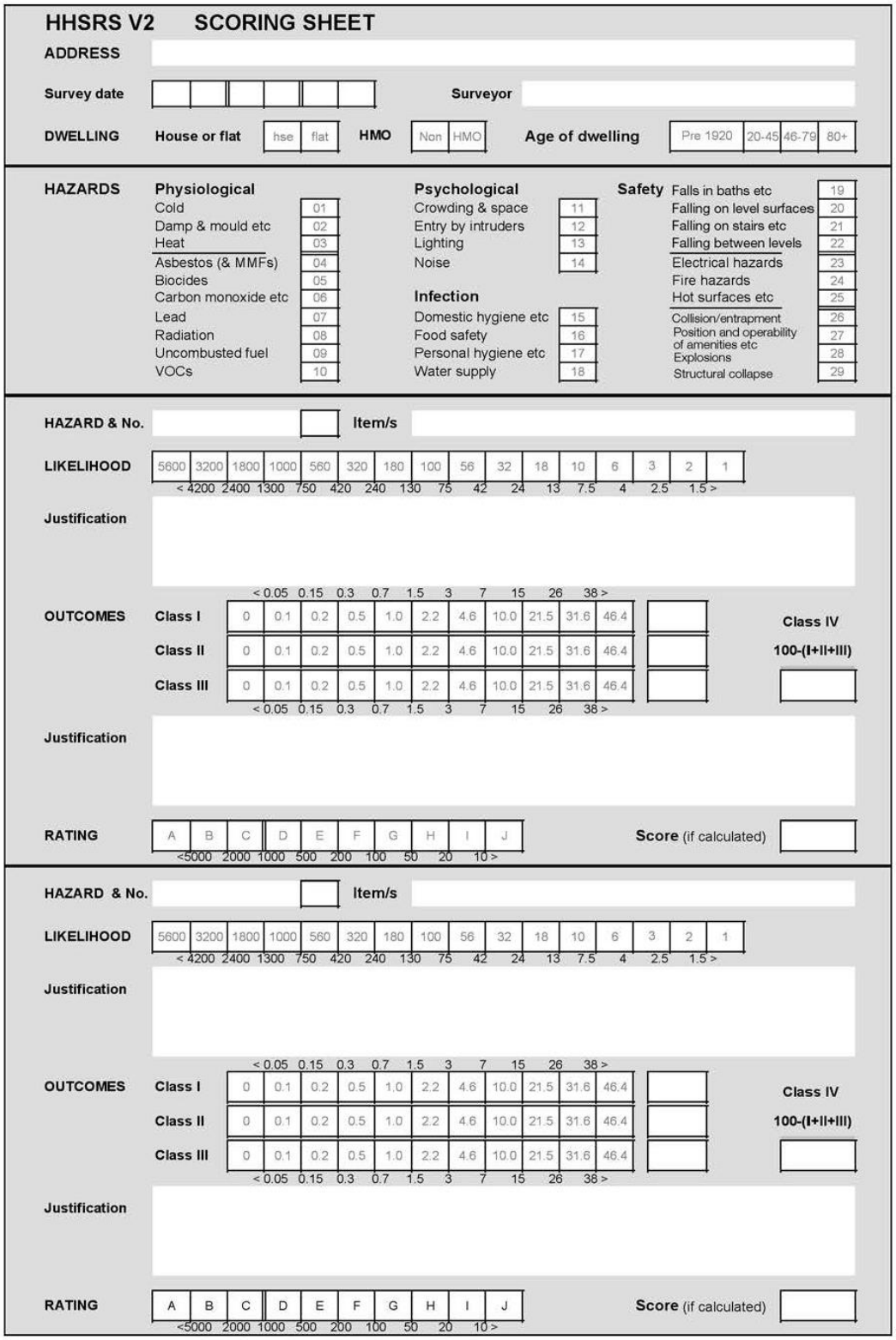
Tehlike Puanı = (S1 + S2 + S3 +S4)

L = Olayın meydana gelme olasılığı
O = Her hasar sınıfı için yüzdelik olarak ifade edilen sonuç
S = Her hasar sınıfı için ürün serisi

Şekil 4. 48: HHSRS yönteminde hasar hesaplama formülü (ODPM 2004).

HHSRS yönteminde elde edilen verilen sistematik olarak kaydedilmesinde üç yöntem bulunur. Bunlar;

- Puanlama formu, (Şekil 4. 49),
- Taşınabilir bilgisayarlar için oluşturulmuş puanlama programları,
- Masaüstü bilgisayarları için oluşturulmuş puanlama programlarıdır.



Şekil 4. 49: HHSRS yönteminde kullanılan puanlama formu (ODPM 2004).

4.3.3.6 ABD yöntemi (FISP)

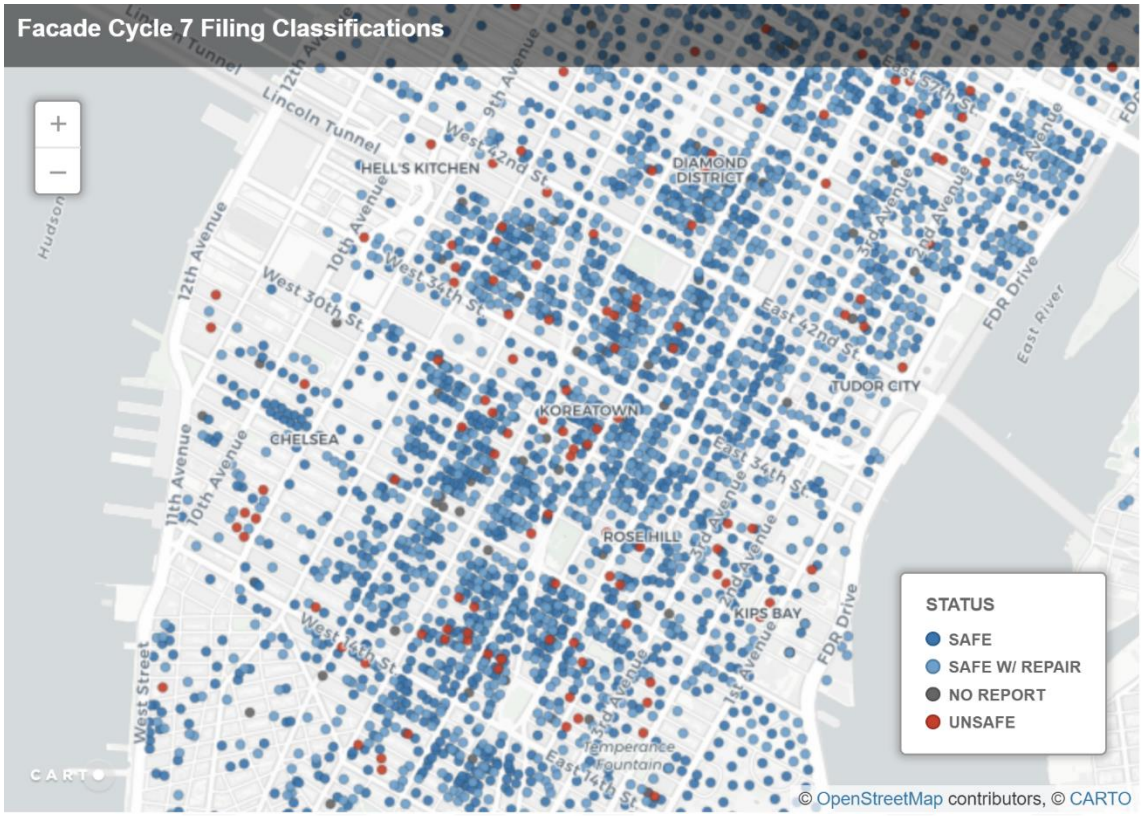
ABD'de bazı şehirlerinde uygulanan cephe yönetmelikleri ile kamu güvenliğinin sağlanmasına yardımcı olmak amacıyla belirli bina cephelerinin periyodik olarak denetimleri ve bakımları yapılmaktadır. Cephe incelemeleri için gereklilikler ve prosedürler, ASTM E2270, "Güvenli Olmayan Koşullar için Bina Cephelerinin Periyodik Olarak İncelenmesi için Standart Uygulama (Standard Practice for Periodic Inspection of Building Facades for Unsafe Conditions)" bölümünde belirtilmiştir. Cephe yönetmeliği uygulanan şehirler, Boston, Chicago, Cincinnati, Cleveland, Columbus, Detroit, Milwaukee, New York, Philadelphia, Pittsburgh, San Francisco ve St. Louis'dir. Her şehrin cephe denetimlerinde kullanılan yönetmelikler ve uygulamalar değişiklik göstermektedir. Tablo 4. 6'da şehirlerde uygulanan yönetmelik kuralları özetlenmiştir (URL-33).

Tablo 4. 6: ABD şehirlerinde uygulanan cephe yönetmeliklerine ait veriler (URL-33).

Bölge	Kapsama giren binalar	Sıklık	Müdahale edilen duvar türleri
Boston,MA	H > 70 feet	5 yıl (boşa ise 1 yıl)	Tüm duvarlar
Chicago,IL	H > 80 feet	2 yıl (kritik değ. her 4/8/12 yıllarda)	%50 tüm duvarlar %100 köşeler ve tüm terracottalar
Detroit, MI	H ≥ 5 kat	5 yıl	Tüm duvarlar
Milwaukee, WI	H > 5 kat Bina yaşı> 15 yıl	5, 8 ya da 12 yıl (bina yaşına bağlı olarak)	Tüm duvarlar
New York, NY	**H ≥ 6 kat**	**5 yıl**	**Tüm duvarlar**
Philadelphia, PA	H > 6 kat	5 yıl	Tüm duvarlar ve irtifak hakkı
Pittsburgh, PA	Tüm binalar	5 yıl	Tüm duvarlar
St. Louis, MO	H > 6 kat	5 yıl	Tüm duvarlar

Çalışmada detaylı olarak New York'taki Cephe Denetim ve Güvenliği Programı-Facade Inspection Safety Program-FISP" adlı cephe yönetmelik sistemi incelenmiştir. New York şehrindeki inceleme periyodu olarak 8. Denetim döngüsünün içinde bulunmaktadır. 8. denetim döngüsü 21 Şubat 2015 ile 21 Şubat 2020 yılları arasındaki süreyi kapsamaktadır. Denetim süreci içinde 6 kat üzeri tüm binalar kontrol edilerek "Güvenli (Safety-OK), Bakım ile güvenli (Safe/Repair-SWARMP) ve Güvensiz (Unsafety-UN)" olarak tanımlanmıştır. Güvenli olmayan tüm binalar yönetmelikte belirtilen süre içerisinde eksiklerini tamamlayıp güvenli belgesi almakla yükümlüdür. Yönetmeliğin belirttiği süre zarfında bakımlarını yaptırmayan ya da cepheye uyumsuz onarım yaptıranlara para cezası uygulanır. Yaptırımlarla yönetmeliklerde oluşabilecek

aksamaların engellenmesi sağlanmaktadır. Denetimler sonrası veri kayıtları güncellenir. Veri kayıtlarının Şekil 4. 50'de gösterildiği gibi haritalar üzerinde işaretlemeleri yapılmaktadır (URL-33).

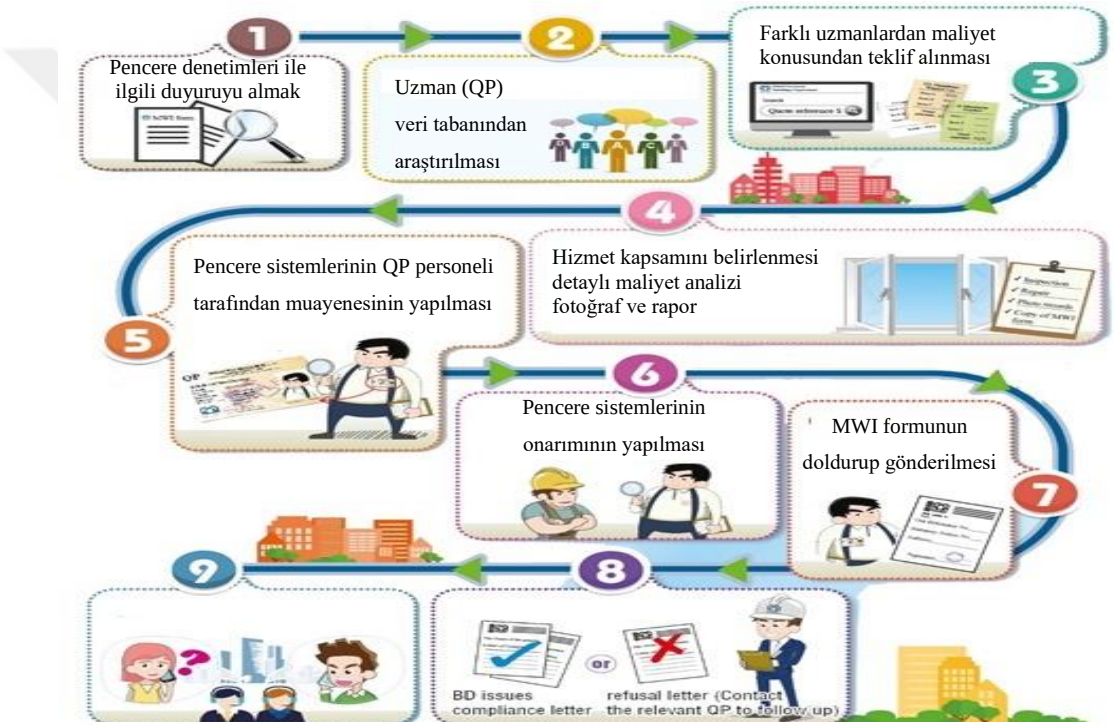


Şekil 4. 50: New York'ta uygulanan 7. dönem denetim haritası (URL-34).

4.3.3.7 Hong Kong (MBIS, MWIS) yöntemi

Hong Kong'da binalardaki ihmaller sonucu oluşan can ve maddi kayıplarını önlemek için 2003 ve 2005 yıllarında yapılan kamuoyu görüşmelerinin sonucunda zorunlu denetim yapılması konusunda görüş birliğine varılmıştır. Hong Kong'da denetimlerle yükümlü Bina Departmanı (BD) tarafından 30 Aralık 2011 tarihinden itibaren binaların denetimi için uzman kişiler sisteme kaydedilmeye başlanmıştır. Zorunlu Bina Muayene Programı-MBIS ve Zorunlu Pencere Muayene Programı-MWIS programlarının uygulanması 30 Haziran 2012 tarihinde başlamıştır. Hong Kong'da Zorunlu Pencere Muayene Programı (MWIS) kapsamında, 10 yaş ve üzeri binalar kontrol edilmektedir. 3 kattan az olan binalar kapsam dışı tutulmaktadır. MWIS programının işleyişi (URL-35);

- Yerel yöntemler tarafından belirlenen denetim takvimine göre bina sahiplerine yasal bildirim gönderilmesi,
- Bina sahibi yasal bildirimden sonra üç ay içerisinde QP belgesi olan uzman kişinin seçimini yapması,
- Uzman tarafından pencere sistemlerinin kontrollerinin yapılması ve rapor hazırlanması,
- Güvenlik koşullarına uygun olmayan pencere sistemleri için uzmanın muayene raporunda belirttiği bakımların yaptırılması,
- Bakımlar sonrası uzman tarafından tekrar kontrol edilmesi ve uygundur yazısı alınması gerekmektedir.



Şekil 4. 51: MWIS programının işleyişi (URL-35).

Belirtilen yasal uygulamaları yaptırmayan ev sahiplerine para ve hapis cezaları uygulanmaktadır (URL-35).

4.3.4 Durum değerlendirme ve bakım yöntemleri için kullanılan araçların değerlendirilmesi

Pencere sistemlerinin performanslarının korunmasında pencerenin mevcut durumunun kapsamlı bir şekilde incelenmesi ve analiz edilmesi gerekmektedir. Tez kapsamında geliştirilen karar destek modelinde durum değerlendirmenin doğru yapılabilmesi için

öncelikle pencere sistemlerinde görülen bozulmalara ait veri tabanı geliştirilmesi ve daha sonra durum değerlendirmesinde görsel teşhisle yapılacak değerlendirme yöntemine karar verilebilmesi için durum değerlendirme ve bakım yöntemleri incelenmiştir. Tez kapsamında incelenen durum değerlendirme ve bakım yöntemlerinin bu bölümde karşılaştırmaları yapılarak kullanılan araçların avantajları ve dezavantajları belirlenmiştir. Belirlemeler sonucunda elde edilen verilerle karar destek modelinin kurgusu oluşturulmuştur. Bu bölümde öncelikle kılavuz, rehber ve bilgisayar destekli veri tabanları karşılaştırıldıktan sonra yöntemler kendi içlerinde değerlendirilmiştir. Bölüm 4.3.3'te incelenen tüm durum değerlendirme ve bakım yöntemleri için kullanılan kılavuz, rehber ve veri tabanları Tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4. 7: Durum değerlendirme ve bakım yöntemleri için kullanılan kılavuz, rehber ve veri tabanlarına ait genel bilgiler.

Kuruluş	Raporun Adı	Yıl	Değerlendirme Yöntemi
BRE (İngiltere)	Kusur Önleme Kılavuzları*	1982	Yazılı
	Onarım Rehberleri	1996	Yazılı
LNEC (Portekiz)	Anomalileri Onarım Kılavuzları*	1985	Yazılı
CIB (Uluslararası kurum)	Bozulma Vakalarının Bilgi Kılavuzları *	1993	Yazılı
	Bilgi Araştırma Kılavuzu	2013	Yazılı
QCE (Portekiz)	Sebep-Sonuç*	1994	Yazılı
AQC (Fransa)	Bina Patoloji Kılavuzları*	1995-2003	Yazılı Online
IST (Portekiz)	Bina Denetim Sistemleri *	2005	Yazılı
Lopes (Portekiz)	Teşhis ve Müdahale Veri Kılavuzları-Düzeltici Bakım	2005	Yazılı (ön patoloji)
FDI (Portekiz)	Konut Yapılarına Entegre Bakım Sistemi*	2003	Yazılı (Teşhis ve Müdahale Kılavuzları)
Abreu (Portekiz)	Teşhis Teknikleri Kılavuzları	2013	Yazılı (Teşhis teknikleri listeleri)
OZ (Portekiz)	Construdoctor*	2003	Online (Ön teşhis)
BEST- BEGroup (İtalya)	Hatalardan Öğrenmek	2004	Online
PATORREB (Portekiz)	Patorreb*	2004	Online
Fong ve Wong (Hong Kong)	Web Tabanlı Prototip Sistem	2009	Online
NUS (Hong Kong)	Binaların Bakım Yapılabilirliği	2004	Online
Chang ve Tsai (Tayvan)	Bina Tıbbi Kaydı	2013	Online

*Tablo 4.7'de karşılaştırılan kılavuz, rehber ve veri tabanları

Kusur önleme kılavuzu (1982), Anomalileri onarım kılavuzu (1985) ve Bozulma vakaları bilgi kılavuzu (1993) bina patolojisi üzerine yapılan ilk sistematik analiz

çalışmalarıdır. Bu çalışmalardaki sistematik analiz sayesinde, binaların yapısal olmayan elemanlarının kusurlarının önlenmesi ve onarımında güvenilir veri tabanları oluşturulmasına yardımcı olmuştur. Bina patoloji kılavuzları (1995), Hatalardan öğrenme (2004) ve Patorreb (2004) adlı veri tabanlarına internet sayfası üzerinden kılavuzlara erişilebilmesi veri tabanlarının gelişiminde önemli bir adım olmuştur. Sistemlerin olumsuz yönü onarım çözümlerini ararken filtreleme özelliğinin olmamasıdır. ConstruDoctor (2003) ve Bina tıbbi kaydı (2013) değerlendirme yöntemleri, online olarak formların doldurulması ve uzman ekibin değerlendirmesi ile ön teşhis raporu sunularak kullanıcılara bilgi sağlamak için önemli çalışmalardır. Ön teşhis raporunda saha çalışmaları yapılmadığı için hata payı mevcuttur. Bakım yapılabilirliği-Maintainability (2010) adıyla oluşturulan internet sitesiyle malzeme, yapı kusurları, bakım teknikleri ve bakım planlaması için puanlama sistemi gibi bilgi desteği sağlaması kullanıcı bilincini arttırmaktadır. İnternet sitesinin güncellenmemesi zaman içerisinde geçerliliğini kaybetmesine sebep olabilir. Durum değerlendirme ve bakım yöntemlerinde kullanılan ulusal ve uluslararası kılavuz, rehber ve veri tabanlarının karşılaştırılması Tablo 4.8'de verilmiştir.

Tablo 4. 8: Durum değerlendirmesi ve bakım yöntemlerinde kullanılan kılavuz, rehber ve veri tabanlarının karşılaştırılması (Lima, 2009).

Sağlanan Bilgiler	BRE	LNEC	CIB	QCE	AQC	FDI	OZ	PAT.	IST
Anomalilerin tanımı	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓
Testlerin veya kontrollerin gösterilmesi	x	✓	x	-	-	✓	✓	✓	✓
Sebeplerinin tanımı	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓
Sonuçların tanımlanması	x	x	x	-	-	x	x	x	✓
Önleyici tedbirleri	✓	x	✓	-	✓	x	✓	x	✓
Onarım müdahaleleri	x	✓	x	-	-	✓	✓	✓	✓

Tablo 4.8'de kılavuz, rehber ve veri tabanlarının bozulmalara yönelik sağladığı bilgiler; anomalilerin tanımı, testlerin veya kontrollerin gösterilmesi, sebeplerinin tanımı, sonuçların tanımlanması, önleyici tedbirler ve onarım müdahaleleri olarak sınıflandırılıp karşılaştırma yapılmıştır. Karşılaştırma sonucunda bilgi sağlama konusunda IST yönteminin daha başarılı olduğu anlaşılmasından dolayı tez modelinde destek veri tabanına uygulanmasının uygun görülmüştür. IST yönteminin inceleme alanı;

- Bozulma listesi,
- Bozulmalara sebep olan etkileri içeren liste,

- Teşhis tekniklerinin sınıflandırılmasını içeren liste,
- Onarım tekniklerinin sınıflandırılmasını içeren liste,
- Bozulma ve sebepler arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon matrisi,
- Bozulmaların birbirleri arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon matrisi,
- Bozulma ve teşhis teknikleri arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon matrisi ve
- Bozulma ve rehabilitasyon teknikleri arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon matrisinden oluşmaktadır.

Tezde durum değerlenmesi aşamaları ve olası müdahale yöntemi aşamalarında veri sağlamak için oluşturulan destek veri tabanında IST yöntemi uyarlanmıştır. Destek veri tabanı 4. bölümde detaylı olarak anlatılmıştır.

Avrupa'da çeşitli ülkelerde kullanılmakta olan mevcut bina durum değerlendirme yöntemlerinden; EPIQR, TOBUS, HHSRS, NEN 2767 ve MAEC yöntemleri amaçları, kapsam, inceleme yöntemi, değerlendirme alanları ve kriterleri, hesaplama yöntemler vb. açısından irdelenmiştir. Sonuçta, incelenen yöntemlerin temel özellikleri, tezin amacı ve kapsamı ile karşılaştırıldığında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır (Tablo 4. 9);

- Yöntemlerin amaçları açısından değerlendirildiğinde MAEC ve NEN 2767 uygun iken kapsam açısından bakıldığında konut ve konut dışı binalardan dolayı NEN 2767 daha uygun yöntem olduğu görülmüştür.
- İnceleme yöntemleri olarak iç ve dış görsel teşhis yöntemi tercih edildiği için NEN 276 ve MAEC yöntemleri uygundur.
- Pencere sistemlerinde görsel inceleme sonucunda elde edilen verilerin sayısal bir durum değerine dönüştürülmesi için NEN 2767 yöntemindeki bozulma sınıfı, yoğunluğu ve alanına dayalı hesaplama işleminin uygulanabilirliği sebebiyle NEN 2767 tercih edilmektedir.
- Karar destek modelinin hedef kitlesi olarak mimar ve mühendislerden oluşması planlanmaktadır. MAEC ve NEN 2767 yöntemlerinde değerlendirme mimar ve mühendislerden oluşan teknik elemanlar tarafından yapılmaktadır.

Sonuç olarak; amacı, inceleme yöntemleri, değerlendirme alanları, değerlendirilen mimari ürünün sonuca etkisi, değerlendiricilerin meslek grupları, varılmak istenen sonuç, değerlendirme sürecinde izlenilen adımlar bakımından bu çalışmada ulaşılması istenilen hedefe en uygun yöntemin NEN2767 olduğu görüşüne ulaşılmıştır.

Tablo 4. 9: Durum değerlendirme ve bakım yöntemleri için Avrupa'da kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması (Vilhena ve diğ., 2011; Pedro ve diğ. 2012, Erturan, 2014)

	AVRUPA BİRLİĞİ		İNGİLİZ	HOLLANDA	PORTEKİZ
	EPIQR	**TOBUS**	**HHSRS**	**NEN2767**	**MAEC**
Amaç	Yenileme senaryolarının tanımlanması	Yenileme senaryolarının tanımlanması	Binanın asgari iskan durumunu denetlemek	Onarım işlerini ve bakım planlarını tanımlama	Binanın durumunu belirlemek
Kapsam	Konutlar	Ofis binaları	Konutlar	Konutlar ve konut dışı birimler	Kiralık konutlar ve konut dışı birimler
İnceleme Yöntemi	Görsel incelemeler ve basit testler	Görsel incelemeler ve basit testler	Görsel incelemeler ve basit testler	Görsel incelemeler	Görsel incelemeler
Değerlendirme Alanları	Fonksiyonel elemanlar ve bileşenler	Fonksiyonel elemanlar ve bileşenler	Fonksiyonel elemanlar ve bileşenler	Fonksiyonel elemanlar ve bileşenler	Fonksiyonel elemanlar ve bileşenler
Ayrıştırma Düzeyi	50 obje	70 obje, 256 alt obje	29 risk kategorisi	4 ana bölüm, 52 faktör	3 ana bölüm, 37 fonksiyonel eleman
Ağırlık Katsayıları	Yapım maliyetine dayalı	Yapım maliyetine dayalı	Olayın zarara neden olma olasılığına dayalı	Onarım maliyetine dayalı	Değerlendirilen faktörün önemine dayalı
Değerlendirme Kriterleri	Bozulma seviyesi (a-d), Bozulmanın boyutu (a-d)	Bozulma seviyesi (a-d), Bozulmanın boyutu (a-d)	Hasar sınıfı (I-IV) Olasılık (1-1/5600)	Bozulma sınıfı (1-3), yoğunluğu (1-3) ve alanı (1-5)	Hasar şiddeti (1-5)
Hesap Yöntemi	Maliyet hesabı	Maliyet hesabı	Hesap algoritması	Ağırlıklı ortalama	Ağırlıklı ortalama
Sonuçları	Maliyet	Maliyet	Risk sınıfı (A-J)	Koruma indeksi	Hasar indeksi ve durum puanı
Araştırmacılar	-	-	Uzman teknisyenler	İnşaat mühendisleri ve mimarlar	İnşaat mühendisleri, mimarlar ve inşaat teknik mühendisleri
Uygulama Araçları	Bilgisayar yazılımı	Bilgisayar yazılımı	Kontrol listesi, PDA yazılımları, PC yazılımları ve uygulama rehberleri	Malzeme ve hasar listesi	Kontrol listesi, resimli uygulama talimatları ve internet siteleri

5. PENCERE SİSTEMLERİNDEKİ BOZULMALARIN TEŞHİS, ANALİZ VE MÜDAHALESİNE YÖNELİK KARAR DESTEK MODELİ

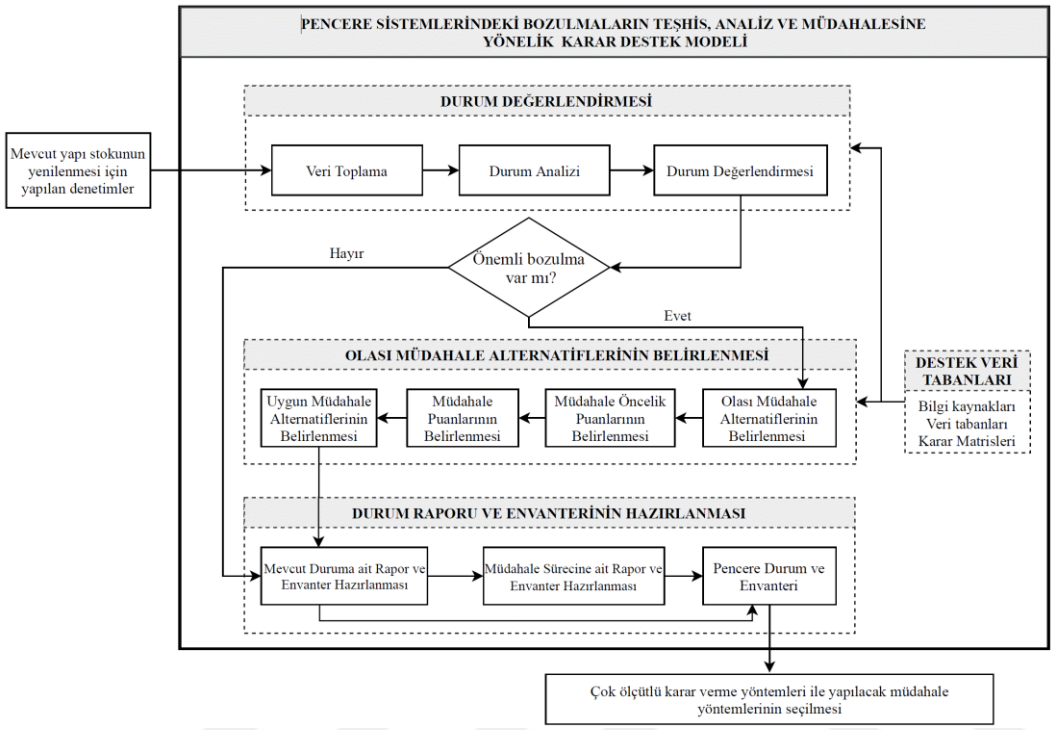
Pencerelerde, kullanılmaya başladıkları andan itibaren çevresel etkenler, insan kaynaklı hatalar ve zamana bağlı bozulmalarla birlikte performans, dayanım ve estetik değer kayıpları görülmektedir. Binaların uzun süreli hizmet verebilmeleri için tasarım aşamasında alınan kararların doğru bir şekilde uygulandıktan sonra kullanım aşamasında bakım planlamalarının zamanında yapılması gerekmektedir. Bu bölümde pencere sistemlerinde karşılaşılan bozulmalara yönelik sistemli teşhis ve analiz işlemlerinin yapılması ve en uygun müdahalelerin seçilmesi gibi konularda tasarımcılara ve uygulayıcılara yardımcı olacak karar destek modeli önerilmiştir. Modelin amacı; çevresel ve kullanıcı faktörlerine en fazla maruz kalan pencere sistemlerinin kullanım süreleri boyunca karşılaşılan bozulmalara doğru teşhis, analiz ve müdahaleler ile performans kayıplarını önleyerek servis süreleri boyunca etkin kullanılmasının sağlanmasıdır.

5.1 Modelin Temel Adımları

Pencerelerdeki bozulmaların teşhisi, analizi ve müdahalesi için önerilen karar destek modelinde durum değerlendirmesi, olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi, durum raporu ve envanterinin hazırlanması olarak 3 ana aşamadan oluşurken bu aşamalara veri sağlamak amacıyla destek veri tabanı oluşturulmuştur. Modelin işleyiş şeması Şekil 5. 1'de verilmiştir.

Destek veri tabanları ile durum değerlendirmesi ve olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi aşamalarında model, objektif, doğru ve hızlı şekilde karar verilmesine yardımcı olacak şekilde kurgulanmıştır. Veri tabanlarının oluşturulması aşamasında firmalara ait teknik broşürler, bilimsel makaleler, uzman görüşleri, standart ve yönetmeliklerde elde edilen bilgiler doğrultusunda; bileşenler, bozulma türleri, bozulmaya sebep olan etkenler, bozulmaların tespitinde kullanılan tahribatsız teşhis yöntemleri ve bozulmalara karşı yapılan müdahaleler olarak beş veri tabanı oluşturulmuştur. Daha sonra bozulma ve müdahale puanı hesaplamalarında

kullanılacak bozulma anomalilerine ait ağırlık puanları ve bozulmaların bulunduğu bileşen ve alt bileşenlere ait ağırlık puanı olarak iki veri tabanı ile desteklenmiştir. Veri tabanları için toplanan verilerin birbiriyle olan ilişki düzeylerini analiz etmek için karar matrisleri ve bütünleşik tablolar kullanılmıştır.



Şekil 5. 1: Pencere sistemlerindeki bozulmaların teşhis, analiz ve müdahalesine yönelik hazırlanan karar destek modelinin işleyiş şeması.

Aşama 1-Durum değerlendirmesi; veri toplama, durum analizi ve durum değerlendirmesi olarak üç adımdan oluşmaktadır.

- Adım 1.1-Veri toplama adımında incelenecek pencereye numara verildikten sonra pencereye ait veriler toplanmaya başlanır. Uzmanların veri toplama adımını eksiksiz yapabilmeleri için elektronik kontrol listeleri Excel programında hazırlanmıştır. Kontrol listeleri ile,
    - Bina ve mekân hakkında genel bilgiler,
    - Pencereye ait yapısal ve biçimsel özellikler,
    - Pencereye daha önce yapılan müdahale işlemleri varsa bu işlemlere ait bilgiler kaydedilir.
- *Adım 1.2-Durum analizi* adımında;
    - Pencere bileşenlerinde görülen bozulma anomalilerinin tespit edilmesi,

- Pencere bileşenlerinde görülen bozulmaların bozulma yoğunluğu ve bozulma alanının tespit edilmesi,
- Pencere bileşenlerinde görülen bozulmalarla ilgili notların yazılması olarak üç işlemden oluşmaktadır.

- *Adım 1.3-Durum değerlendirme* adımında;
  - Durum analizinde elde edilen veriler doğrultusunda alt bileşenlerde görülen her bozulma anomalisinin bozulma şiddetinin NEN 2767'ye göre hesaplanması,
  - Her bozulma anomalisine ağırlık puanı verilmesi,
  - Pencerenin bileşenlerinin ve sistemin bozulma puanlarının hesaplanması,
  - İlgili bileşende görülen bozulmalara sebep olan etkenlerin belirlenmesi,
  - İlgili bileşende görülen bozulmaların etkilediği performansların belirlenmesi olarak beş işlemden oluşmaktadır.

Aşama 2- Olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi aşamasında;

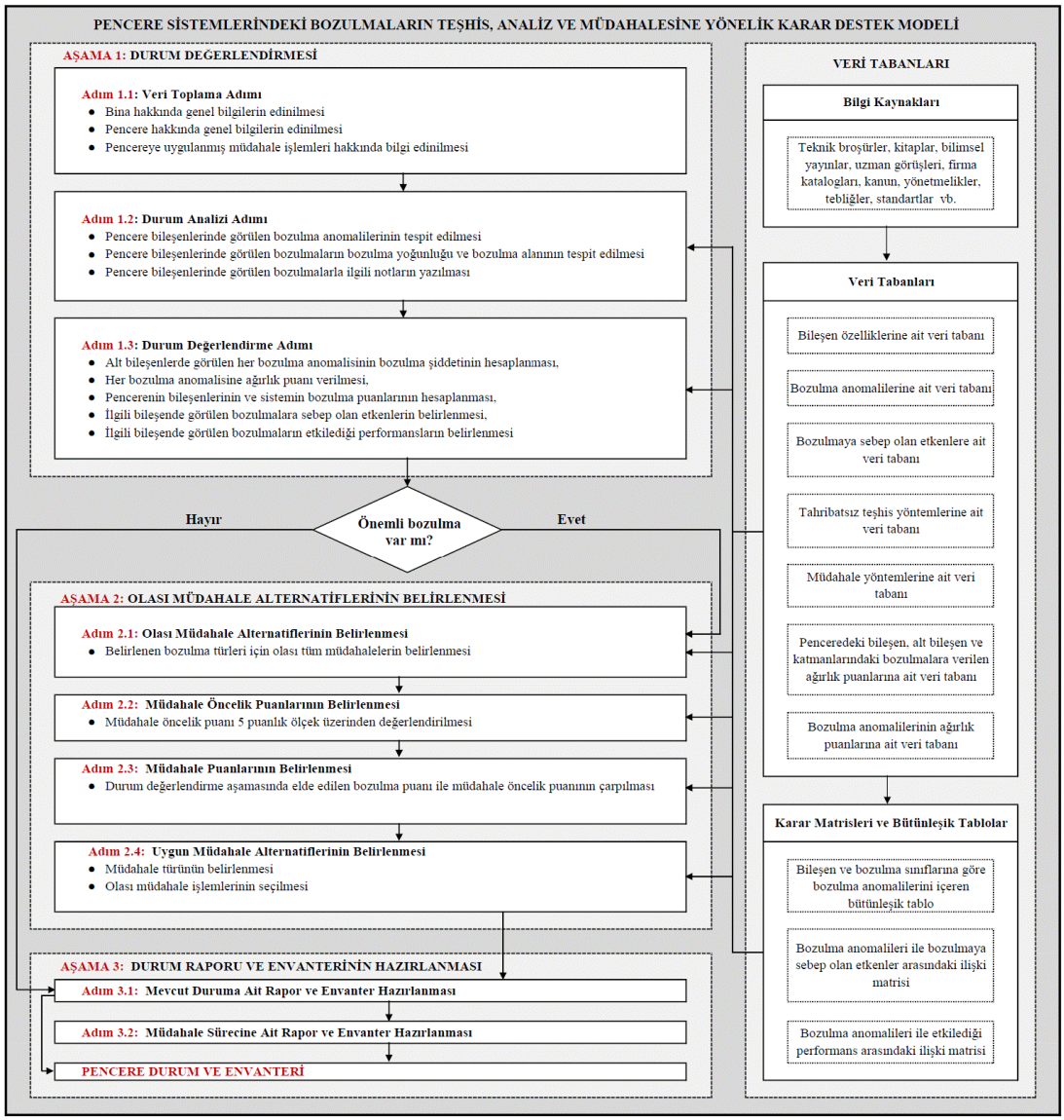
- Adım 2.1-Olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi,
- Adım 2.2-Müdahale öncelik puanlarının belirlenmesi,
- Adım 2.3-Müdahale puanlarının belirlenmesi,
- Adım 2.4- Uygun müdahale alternatiflerinin belirlenmesi olarak dört adımdan oluşmaktadır.

Aşama 3- Durum raporu ve envanterinin hazırlanması aşamasında;

- Adım 3.1- Mevcut duruma ait rapor ve envanter hazırlanması,
- Adım 3.2- Müdahale sürecine ait rapor ve envanter hazırlanması olarak iki adımdan oluşmaktadır.

Bu aşamanın sonunda adım 3.1 ve adım 3.2 verileri doğrultusunda pencerenin durum ve envanter raporu hazırlanmaktadır.

Pencere sistemlerindeki bozulmaların teşhis, analiz ve müdahalesi için hazırlanan karar destek modelinin aşamaları ve adımları Tablo 5.2'de gösterilmiştir.



Şekil 5. 2: Pencere sistemlerindeki bozulmaların teşhis, analiz ve müdahalesi için hazırlanan karar destek modelinin aşamaları.

5.1.1 Destek veri tabanları

Pencere sistemlerindeki bozulmaların teşhisi, analizi ve müdahalesi için karar destek modelinin işleyişine yardımcı olmak amacıyla destek veri tabanı oluşturulmuştur. Destek veri tabanları,

- Bilgi kaynakları,
- Veri tabanları,
- Karar matrisleri olarak üç bölümden oluşmaktadır.

5.1.1.1 Bilgi kaynakları

Pencere üretimi yapan firmalara ait teknik broşürler, pencerelerle ilgili akademik kitaplar, bilimsel yayınlar, yürürlükteki yasal mevzuatlar (kanunlar, yönetmelikler, tebliğler, standartlar vb.) ve uzman görüşleri dikkate alınarak pencere sistemlerinde oluşan bozulmaların tespit edilmesi, bozulmalara yapılacak müdahalelerin seçimi ve planlaması yapılmıştır.

Türkiye'de binalarla ilgili olan yasal mevzuatlar;

a. Kanun;
   i. 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu,
   ii. 3194 sayılı İmar Kanunu,
   iii. 634 sayılı Kat Mülkiyeti Kanunu,
b. Yönetmelik;
   i. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği,
   ii. Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği,
   iii. Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik,
   iv. İstanbul İmar Yönetmeliği,
c. Tebliğ;
   i. Binalarda Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemine Dair Tebliğ,
d. Standartlar;
   i. TS 498-Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasından Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri,
   ii. TS 500-Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları,
   iii. TS 825-Binalarda Isı Yalıtım Kuralları,

5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu, 3194 sayılı İmar Kanunu ve 634 sayılı Kat Mülkiyeti Kanunlarında pencerelerle ilgili hiçbir bilgi bulunmamaktadır. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinin 7. bölümünde perde duvarda ve 11. bölümünde yığma binalarda yapılacak pencerenin boyutu, konumu ve duvara ek donatı tedbirleri hakkında bilgi verilmiştir. 12. bölümde ahşap taşıyıcılı binalarda pencere boşluk kuruluşları için kullanılan yatay panellerin taşıyıcılık özelliğinin olmadığı belirtilmiştir.

Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinin 3. bölümünde cephenin toplam alanının %60'ı ve üzerindeki cam oranına sahip binalardaki pencere sisteminin ısıl geçirgenlik

katsayısının 2,1 W/m^2.K'den büyük olmayacak şekilde tasarlanması, 4. bölümünde pencere ve duvar birleşimlerinde ısı köprüsü oluşturmayacak şekilde yalıtılması ve TS EN 12207 standardına uyulması gerektiği bildirilmiştir.

Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmeliğinin 11. Maddesinde yeni yapılan binalarda pencere sistemleri en az C akustik performans sınıfını, mevcut binalarda ise en az D akustik performans sınıfını sağlaması istenmektedir.

İstanbul İmar Yönetmeliğinin 43. maddesinde pencerelerin tasarımı için Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğine ve TSE standartlarına uyulması zorunlu olunduğu ve bodrum katlardaki mekânlara yapılacak pencerelere uygulanması gereken tedbirler belirtilmiştir.

Binalarda Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemine Dair Tebliğ'de A sınıfı (1985 öncesi), B sınıfı (1985-2000), C sınıfı (2000-2008) ve D sınıfı (2008 sonrası) olarak dört döneme ait pencere ısı iletkenlik değerleri verilmiştir ve değerler Tablo 5. 1'de gösterilmiştir.

Tablo 5. 1: İnşaat dönemlerine göre pencere yalıtımına ait değerler (Binalarda Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemine Dair Tebliğ, 2017).

İnşaat dönemi	İklim Bölgesi	U_p	G_{gl}
A sınıfı (1985 öncesi) **B sınıfı** (1985-2000)	1. bölge	3,87	-
	2. bölge	1,89	
	3. bölge	1,89	
C sınıfı (2000-2008)	Tüm bölgelerde (1., 2., 3. ve 4. Bölge)	2,8	-
D sınıfı (2008 sonrası)	1. ve 2. bölge	2,4	0.75
	3. ve 4. bölge		0.3

U_P: Pencerenin ısıl geçirgenlik katsayısı, W/m^{2}K **g_{gl}:** Pencere camının güneş ışınımı geçirgenlik katsayısı

TS 498 Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasından Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri ve TS 500 Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları yönetmeliklerinde pencere sistemlerine dair sadece perde duvarda yapılacak pencere için ek donatı uygulanmasına dair bilgi verilmiştir.

Firma kataloglarında ve yönetmeliklerde pencerelerin uyması gereken ulusal ve uluslararası standartlar belirtilmiştir. Pencere sistemleri ile ilgili standartlar çalışma kapsamında pencere sistemlerinin tanımları, ısı performansı, su performansı, hava geçirimsizliği, mekanik özellikleri, yangın dayanımı ve donanım özellikleri olarak 7 bölümde incelenmiştir. Yürürlükteki Uluslararası standartlar ve bu standartların

Türkiye'de kullanılanları TS standart numaraları ve isimleri EK-1'deki tablolarda gösterilmiştir.

5.1.1.2 Veri tabanları

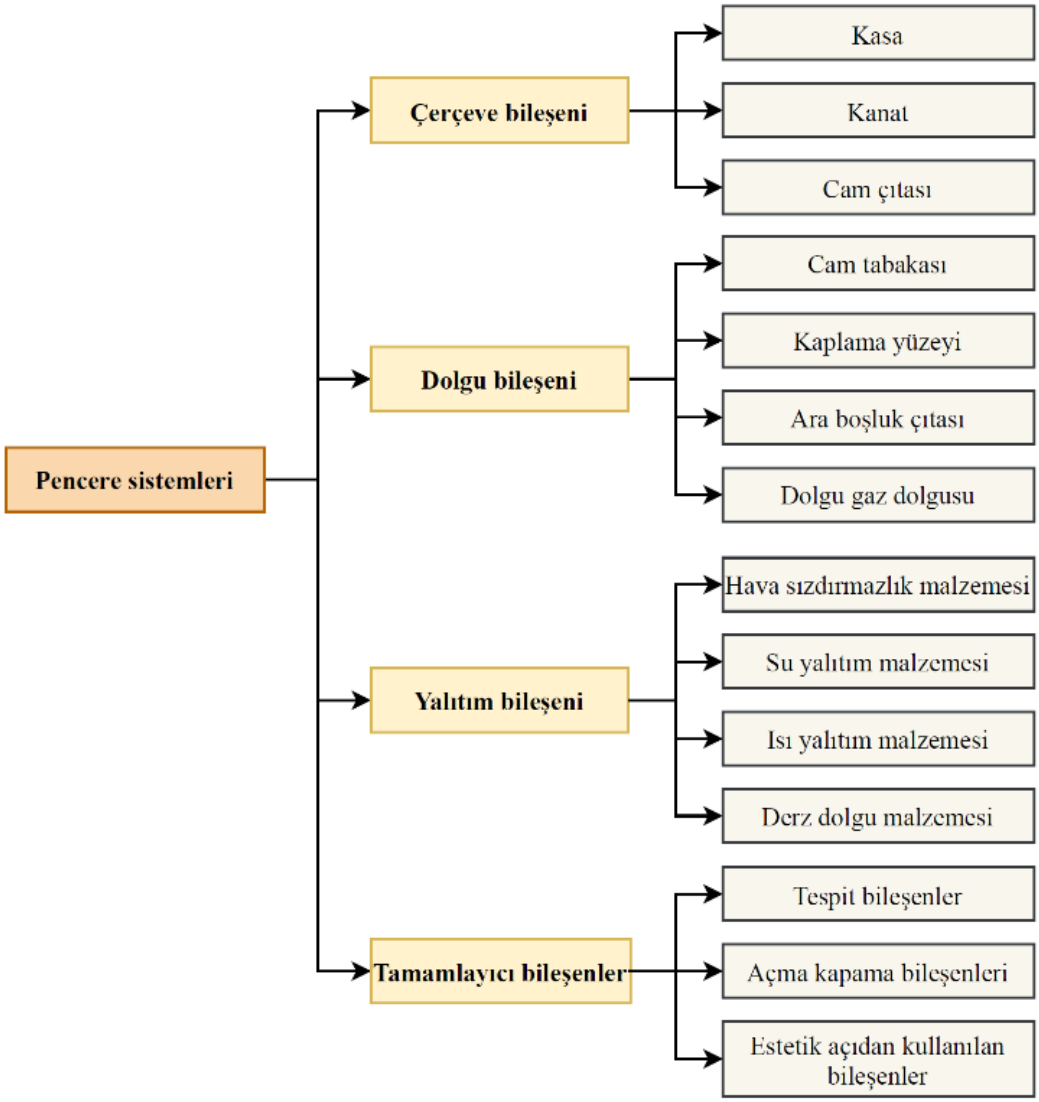
Veri tabanlarının oluşturulması aşamasında firmalara ait teknik broşürler, bilimsel makaleler, kitaplar, uzman görüşleri, standart ve yönetmeliklerde elde edilen bilgiler kullanılmıştır. Veri tabanları oluşturulurken IST yöntemindeki sınıflandırma ve kodlama özellikleri örnek alınmış ve sisteme uyarlanmıştır. Tez modelinde geliştirilen veri tabanları;

- Pencere bileşenlerini içeren veri tabanı,
- Bozulma anomalilerini içeren veri tabanı,
- Bozulmaya sebep olan etkenleri içeren veri tabanı,
- Bozulmaların tespitinde kullanılan tahribatsız teşhis yöntemlerini içeren veri tabanı,
- Pencerelerde oluşan bozulmalara uygulanan müdahaleleri içeren veri tabanı,
- Pencerede görülen bozulmaların puanını hesaplamak için bileşen, alt bileşen ve katmanlarına verilen ağırlık puanlarına ait veri tabanı,
- Bozulma anomalilerinin ağırlık puanlarını içeren veri tabanı olarak 7 bölümden oluşmaktadır.

Son iki veri tabanı durum değerlendirme ve olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi aşamalarında detaylı anlatılacaktır. Veri tabanları oluşturulurken durum değerlendirme ve olası müdahale alternatiflerinin seçim aşamalarında uzmanların veri toplama, analiz ve değerlendirme yaparken eksiksiz ve hızlı bir şekilde kararlar almalarını desteklemesi hedeflenmiştir. Model kapsamında veri tabanlarının kullanımını kolaylaştırmak amacıyla tüm veri tabanlarına bir kod numarası verilmiştir. Kodun ilk kısmı hangi veri tabanına ait olduğunu ikinci kısmı veri tabanın alt başlıklarını ifade etmektedir. Kod numaralarında pencere bileşenleri "B", bozulma anomalileri "A", bozulmaya sebep olan etkenler "S", teşhis yöntemleri "T", müdahale çeşitleri "M" ile başlamaktadır.

Pencere bileşenlerini içeren veri tabanı:

Tez kapsamında görsel değerlendirmelerin objektif ve sistematik yapılabilmesi için pencere bileşenleri için oluşturulan veri tabanında hiyerarşik sınıflandırma yapılmıştır. Hiyerarşik sınıflandırma ile pencere bileşenlerinde oluşan bozulma türleri, şiddetleri, yoğunlukları ve etki alanlarının belirlenmesi hızlı ve etkin bir şekilde yapılmaktadır.



Şekil 5. 3: Pencere sisteminin hiyerarşik sınıflandırılması.

Pencere sistemlerinin hiyerarşik sınıflandırması; çerçeve bileşeni, dolgu bileşeni, yalıtım bileşeni ve tamamlayıcı bileşenler olarak 4 bölüme ayrılırken denizlik kapsam dışı tutulmuştur (Şekil 5. 3).

Pencere sistemlerinde çerçeve bileşenleri kasa, kanat ve cam tespit bileşeni olarak üç alt gruba ayrılırken bu bileşenler ana bileşen ve kaplama yüzeyi olarak iki bölümde incelenmektedir. Dolgu bileşeni olarak cam bileşeni ise cam tabakası, kaplama yüzeyi,

ara boşluk çıtası ve cam dolgu malzemesi olarak dört bölüme ayrılmıştır. Yalıtım bileşenleri olarak hareket derz dolguları, hava sızdırmazlığı, su yalıtımı, ısı yalıtımı, ses yalıtımı ve derz dolgu kapatıcıları dahil edilmiştir. Yalıtım bileşenlerinin bazen birden fazla yalıtım özelliği olabileceği için tez kapsamında yalıtım bileşenlerindeki bozulmaları kasa ile duvar, kasa ile denizlik, kasa ile kanat, kasa/kanat ile cam gibi birleşim noktaları olarak incelenmiştir. Tamamlayıcı bileşenler tespit bileşenleri, açma kapama bileşenleri ve estetik açıdan tamamlayıcı bileşenler olarak üç alt gruba ayrılmıştır. Tespit elemanları olarak tespit vidası, çiviler, tespit profilleri, yapıştırıcılar vb. bileşenlerdir. Açma kapama mekanizması içinde ispanyolet, açma kapama kolu, menteşe ve karşılıklar vb. bileşenleri içerir. Estetik açıdan tamamlayıcı bileşenler pervazlar, estetik açıdan kullanılan çıtalar, söve vb. bileşenler sayılabilir. Pencere bileşenlerine ait veri tabanı Tablo 5.2'de verilmiştir.

Bozulmaya sebep olan etkenleri içeren veri tabanı:

Bozulmalara doğru müdahalelerde bulunabilmek için bozulmanın oluşmasına doğrudan ya da dolaylı sebep olan etkilerin belirlenmesi gerekmektedir. Tez kapsamında pencerelerde bozulmalara sebep olan etkenler,

- Çevresel etkenler,
- İnsan kaynaklı etkenler,
- Zamana bağlı etkenler olarak üç ana gruba ayrılmıştır.

Çevresel etkenler olarak atmosferik etkiler, biyolojik etkiler, kimyasal etkiler ve mekanik etkiler olarak dört bölümde incelenmiştir. İnsan kaynaklı etkenler; tasarım hataları, üretim hataları, uygulama hataları ve kullanım hataları olarak dört bölüme ayrılmıştır. Zamana bağlı etkenler doğal yaşlanma olarak ifade edilmiştir. Pencere sistemlerinde bozulmalara sebep olan etkenler ve kodları Tablo 5. 3'te gösterilmiştir. Bozulmaların sebebini tespit ederken bozulmalara tek sebebi olabileceği gibi birden fazla sebebi de olabilmektedir.

Tablo 5. 2: Pencere bileşenlerine ait veri tabanı (IST yönteminden uyarlanmıştır).

Pencere Bileşenleri	
1 Çerçeve bileşenleri	**B-Ç**
1.1 Kasa	**B-Ç1**
1.1.1 Koruyucu yüzeyi	B-Ç1-1
1.1.2 Kasa malzemesi	B-Ç1-2
• Ahşap kasa	B-Ç1-21
• PVC kasa	B-Ç1-22
• Alüminyum kasa	B-Ç1-23
1.2 Kanat	**B-Ç2**
1.2.1 Koruyucu yüzeyi	B-Ç2-1
1.2.2 Kanat malzemesi	B-Ç2-2
• Ahşap kanat	B-Ç2-21
• PVC kanat	B-Ç2-22
• Alüminyum kanat	B-Ç2-23
1.3 Cam Tespit Çıtası	**B-Ç3**
1.3.1 Koruyucu yüzeyi	B-Ç3-1
1.3.2 Kanat malzemesi	B-Ç3-2
• Ahşap çıta	B-Ç3-21
• PVC çıta	B-Ç3-22
• Alüminyum çıta	B-Ç3-23
2 Dolgu bileşenleri	**B-D**
2.1 Cam	**B-D1**
2.1.1 Cam tabakası	B-D1-1
2.1.2 Cam kaplama yüzeyi	B-D1-2
2.1.3 Ara boşluk çıtası	B-D1-3
2.1.4 Cam dolgu malzemesi	B-D1-4
3 Yalıtım bileşenleri	**B-Y**
3.1 Hareket derz dolguları	**B-Y1**
3.2 Su yalıtım malzemeleri	**B-Y2**
3.3 Hava sızdırmazlık malzemeleri	**B-Y3**
3.4 Ses yalıtım malzemeleri	**B-Y4**
3.5 Derz dolguları	**B-Y5**
4 Tamamlayıcı bileşenleri	**B-T**
4.1 Tespit bileşenleri	**B-T1**
4.1.1 Yardımcı bileşenler	B-T1-1
4.1.2 Kaplama yüzeyi	B-T1-2
4.1.3 Ana bileşenler	B-T1-3
• Tespit profilleri	B-T1-31
• Tespit vidaları	B-T1-32
4.2 Açma-kapama mekanizma bileşenleri	**B-T2**
4.1.1 Yardımcı bileşenler	B-T2-1
4.1.2 Kaplama yüzeyi	B-T2-2
4.1.3 Ana bileşenler	B-T2-3
• Menteşe	B-T2-31
• İspanyolet	B-T2-32
• Açma kapama kolu	B-T2-33
4.3 Estetik açıdan tamamlayıcı bileşenler	**B-T3**
4.1.1 Yardımcı bileşenler	B-T3-1
4.1.2 Kaplama yüzeyi	B-T3-2
4.1.3 Ana bileşenler	B-T3-3
• Pervaz	B-T3-31
• Çıta	B-T3-32

Tablo 5. 3: Bozulmaya sebep olan etkenleri içeren veri tabanı (IST yönteminden uyarlanmıştır).

Bozulmaya sebep olan etkenler	
1 Çevresel Etkenler	**S-Ç**
1.1 Fiziksel Etkiler	**S-ÇA**
1.1.1 Radyasyon Etkisi	S-ÇA1
Güneş radyasyonu	S-ÇA1-1
Nükleer radyasyon	S-ÇA1-2
Termal radyasyon	S-ÇA1-3
1.1.2 Sıcaklık Etkisi	S-ÇA2
Yüksek sıcaklık	S-ÇA2-1
Düşük sıcaklık	S-ÇA2-2
Sıcaklık değişimi	S-ÇA2-3
1.1.3 Su ve Nem Etkisi	S-ÇA3
Katı halde (kar, buz, vb.)	S-ÇA3-1
Sıvı halde (yağmur, kondensasyon, su birikmesi, vb.)	S-ÇA3-2
Gaz halde (yüksek bağıl nem, vb.)	S-ÇA3-3
1.1.4 Hava Etkisi	S-ÇA4
Normal hava bileşenleri	S-ÇA4-1
Oksijen ve ozon	S-ÇA4-11
Karbondioksit	S-ÇA4-12
Hava kirletici bileşenleri	S-ÇA4-2
Gazlar (azot ve kükürt oksitleri, vb.)	S-ÇA4-21
Duman/Sis (asit, tuz, alkaliler, vb.)	S-ÇA4-22
Partiküller (kum, kir, toz, vb.)	S-ÇA4-23
1.1.5 Rüzgâr Etkisi	S-ÇA5
…	
1.2 Biyolojik Etkiler	**S-ÇB**
1.2.1 Mikroorganizmalar	S-ÇB1
1.2.2 Mantarlar	S-ÇB2
1.2.3 Bakteriler	S-ÇB3
1.2.4 Biyolojik atıklar	S-ÇB4
…	
1.3 Kimyasal Etkiler	**S-ÇK**
1.3.1 Korozyon	S-ÇK1
1.3.2 Çiçeklenme	S-ÇK2
… …	
1.4 Mekanik Etkiler	**S-ÇY**
1.4.1 Sabit yükler	S-ÇY1
1.4.2 Hareketli yükler	S-ÇY2
2 İnsan Kaynaklı Etkenler	**S-İ**
2.1 Tasarım hataları	**S-İP**
2.1.1 Çevresel etkilerin dikkate alınmaması ya da yanlış değerlendirilmesi	S-İP1
2.1.2 Yapı elemanın kullanıldığı mekânın/kullanıcıların ihtiyaçlarının dikkate alınmaması	S-İP2
2.1.3 Pencere sisteminde kullanılan malzemelerin hatalı seçimi	S-İP3
2.1.4 Pencere sisteminin tasarımında yapılan hatalar	S-İP4
2.1.5 Duvar boşluğuna uygun boyutlarda pencere seçilmemesi	S-İP5
…	…
2.2 Üretim hataları	**S-İÜ**
2.2.1 Standartlarda belirlenen özelliklere uygun olmayan malzeme kullanımı	S-İÜ1
2.2.2 Profil üretim aşamalarındaki hatalar	S-İÜ2
2.2.3 Profil/Bileşenlerin birleştirilmesi aşamasında yapılan hatalar	S-İÜ3
2.2.4 Pencere bileşenlerinin birleşim aşamasından sonra temizlenmemesi	S-İÜ4
2.2.5 Koruma tabakasının uygulanmasında yapılan hatalar	S-İÜ5
…	…
Tablonun devamı→	

Tablo 5. 3: (devam) Bozulmaya sebep olan etkenleri içeren veri tabanı (IST yönteminden uyarlanmıştır).

Bozulmaya sebep olan etkenler		
2 İnsan Kaynaklı Etkenler		**S-İ**
2.3 Uygulama hataları		**S-İU**
2.3.1	Uygun olmayan koşullarda montaj yapılması	S-İU1
2.3.1	Duvar boşluğuna uygun olmayan pencerenin montajından kaynaklı sorunlar	S-İU2
2.3.2	Pencere sistemlerindeki bileşenlerin yanlış montajı	S-İU3
2.3.3	Pencere sistemlerindeki donanımların yanlış uygulanması	S-İU4
2.3.4	Yalıtımların yanlış ve/ veya eksik uygulanması/yapılmaması	S-İU5
2.3.5	Uygulama projesinin yanlış yorumlanması	S-İU6
2.3.6	Düşük kaliteli ve / veya sertifikası olmayan malzemelerin kullanımı	S-İU7
2.3.7	Nitelikli olmayan eleman çalıştırılması ve uygun el aletlerinin kullanılmaması	S-İU8
	…	…
2.4 Kullanım ve bakım hataları		**S-İK**
2.4.1	Mekânın kullanım amacının ve/veya kullanıcı profilinin değişmesine bağlı oluşan sorunlar	S-İK1
2.4.2	Pencere sistemlerindeki kapatma mekanizması, hareketli parçaların yanlış/hatalı kullanımı	S-İK2
2.4.3	Periyodik bakımlarının zamanında yapılmaması	S-İK3
2.4.4	Pencere sistemlerinin uygun ürünlerle ile doğru temizlik işleminin yapılmaması	S-İK4
2.4.5	Dış tehditler (Hırsızlık, nesnelerin çarpması, Vandalizm ve titreşimler vb.)	S-İK5
	…	…
3 Zaman Bağlı Etkenler		**S-Z**
3.1 Doğal Yaşlanma		**S-ZD**
3.1.1	Servis sürelerinin dolması	S-Z1
3.1.2	Servis sürelerini olumsuz etkileyen etkenler	S-Z2
	…	…

Bozulma anomalilerini içeren veri tabanı:

Model kapsamında bozulmaların doğru teşhis edilebilmesi için bozulmada görülen anomalileri içeren veri tabanı oluşturulmuştur. Bölüm 3'te elde edilen tüm bozulmaların değerlendirilmesinden sonra bozulma anomalileri için genel bir sınıflandırma yapılmıştır. Sınıflandırma sonucunda pencere sistemlerinde görülen anomaliler;

- Deformasyon,
- Boşluk, açıklık,
- Yoğuşma,
- Gevşeme, ayrılma, süreksizlik ve/veya olmaması,
- Atık birikimi olarak beş gruba ayırılmıştır.

Pencere sistemleri için oluşturulan pencerelerde görülen anomali grupları ve alt grupları Tablo 5. 4'te gösterilmiştir. Bozulma anomalilerini içeren veri tabanı, durum

değerlendirmesi ve müdahale alternatiflerinin seçim aşamalarında kullanılan destek veri tabanlarından biridir.

Tablo 5. 4: Bozulma anomalilerini içeren veri tabanı (IST yönteminden uyarlanmıştır).

Pencerelerde Görülen Anomali Grupları	
1 Deformasyon	**A-D**
1.1 Görsel deformasyon	**A-D1**
● Kabarma	A-D11
● Çatlama	A-D12
● Dökülme	A-D13
● Lekelenme/Yüzeysel kirlenme	A-D14
● Renk değiştirme	A-D15
…	…
1.2 Fiziksel deformasyon	**A-D2**
● Eğilme	A-D21
● Sarkma	A-D22
● Ezilme	A-D23
● Aşınma	A-D24
…	…
1.3 Kimyasal deformasyon	**A-D3**
● Korozyon	A-D31
● Asit, Baz ve Alkollerin Etkisi	A-D32
…	…
1.4 Biyolojik deformasyon	**A-D4**
● Çürüme	A-D41
● Küflenme	A-D42
● Yosunlaşma	A-D42
…	…
2 Boşluk, Açıklık	**A-B**
2.1 Bileşenlerin birleşim noktalarında açılma	A-B1
2.2 Derz dolgusunun/mastiklerin zamanla boşalması	A-B2
2.3 Mekân/Kullanıcı ihtiyacına bağlı pencerede açılan boşluklar	A-B3
2.4 Kasa ve kanat arasındaki hizalama hatalarından kaynaklı açıklık	A-B4
…	…
3 Yoğuşma	**A-Y**
3.1 Bileşenin dış yüzeyinde yoğuşma	A-Y1
3.2 Bileşenin içinde ya da tabakalar arasında yoğuşma	A-Y2
…	…
4 Gevşeme, Ayrılma, Süreksizlik ve/veya Olmaması	**A-G**
4.1 Bileşenlerde gevşeme	A-G1
4.2 Bileşenlerde süreksizlik	A-G2
4.3 Bileşenlerde eksik parça	A-G3
4.4 Bileşenin kırılması	A-G4
4.4 Bileşeninin olmaması	A-G5
…	…
5 Atık Birikimi	**A-A**
5.1 İnşaat atıkları	A-A1
5.2 Biyolojik atıklar	A-A2
5.3 Çevresel atıklar (toz, kir vb.)	A-A3
…	…

Bozulmaların tespitinde kullanılan tahribatsız teşhis yöntemleri:

Pencere sistemlerinin durum değerlendirilmesinin doğru yapılabilmesi için bileşenlerde görülen bozulma türleri ve şiddetlerinin belirlenmesinde çeşitli teşhis

yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemler; yerinde aletli, yerinde test ya da laboratuvar ortamında test olmak üzere tahribatlı ya da tahribatsız olarak sınıflandırılmaktadır. Tez kapsamında mevcut yapılardaki pencere korunumu amaçlandığı için çalışma kapsamında yerinde tahribatsız teşhis yöntemlerinin kullanımı uygun görülmüştür. Bölüm 3'te detaylı incelenen tahribatsız teşhis yöntemleri; görsel teşhis yöntemleri, su bazlı yöntemler, basınç ile ilgili yöntemler, elektrikli yöntemler, akustik ile ilgili yöntemler ve termal higrometrik yöntemler olarak altı gruba ayırılmıştır (Santos, 2016), (Tablo 5. 5).

Tablo 5. 5: Pencere sistemlerinin yerinde teşhis yöntemlerinin sınıflandırılması (Santos, 2016'dan uyarlanmıştır).

Pencere sistemlerinin yerinde teşhis yöntemlerinin sınıflandırılması	
1 Görsel teşhis yöntemleri	**T-G**
1.1 Çatlak ölçümü	T-G1
● Çatlak Ölçer	T-G1-1
● Çatlak karşılaştırıcı	T-G1-2
● Çatlak mikroskopu	T-G1-3
● Çatlak kontrol cihazı	T-G1-4
1.2 Eğim açısı ölçümü	T-G2
● Su terazi	T-G2-1
● Lazerli nivo cihazı	T-G2-2
1.3 Hiza durumunun kontrolü	T-G3
● Cetvel/şerit metre	T-G3-1
1.4 Hava sızıntılarının tespiti için	T-G4
● Duman kalemi	T-G4-1
2 Su sızıntı testleri	**T-S**
2.1 Su jeti	T-S1
2.2 Çerçevenin tabanının suya daldırılması	T-S2
3 Basınç farkı kullanan teşhis yöntemleri	**T-B**
3.1 Fan basınçlandırma testi (blower door)	T-B1-1
3.2 İzleyici gaz testi (tracer gas)	T-B1-2
3.3 Nabız testi (pressure pulse)	T-B1-3
3.4 Teleskopik sondalı anemometre	T-B1-4
4 Elektrik sistemli yöntemler	**T-E**
4.1 Eddy akımı (Girdap/Foucault akımı)	T-E1
5 Akustik teşhis yöntemleri	**T-A**
5.1 Ultrasonik test	T-A1
5.2 Sonik test	T-A2
5.3 Akustik yalıtım değerlendirmesi	T-A3
6 Termal higrometrik yöntemler	**T-T**
6.1 Sıcaklık ölçümü (yüzeysel ve çevresel)	T-T1
6.2 Nem ölçümü (çevresel ve malzemelerde)	T-T2
6.3 Kızılötesi termografi	T-T3

Pencerelerde oluşan bozulmalara uygulanan müdahaleleri içeren veri tabanı:

Pencere sistemlerinde müdahaleler yapılmadan önce bozulmalara sebep olan etkenler doğru olarak belirlendikten sonra etkenlere karşı dayanım gösterecek müdahaleler uygulanmalıdır. Aksi halde bozulmalar tekrardan oluşacaktır. Bozulmalara yapılacak müdahalelere ait sınıflandırma ve kodları Tablo 5. 6'da verilmiştir. Müdahaleler olarak çerçeve, cam, yalıtım ve tamamlayıcı bileşenlerine uygulanan müdahaleler olarak dört ana gruba ayrılmıştır. Bileşenlerin onarımı yapılırken servis süreleri, maliyet, performans ve kullanıcı gereksinimleri gibi kriterlerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Tablo 5. 6: Pencere sistemlerinde uygulanan müdahaleleri içeren veri tabanı (Santos, 2016'dan uyarlanmıştır).

Pencere Sistemlerinde Uygulanan Müdahale Çeşitleri	
1 Çerçeve Bileşeninde Uygulanan Müdahaleler	**M-Ç**
1.1 Çerçevenin genel temizliği	M-Ç1
1.2 Çerçeve elemanları üzerindeki koruyucu tabakanın yenilenmesi	M-Ç2
1.3 Antifungal, su geçirmez ve UV dayanıklı kaplamaların uygulanması	M-Ç3
1.4 Çerçevede oluşan çatlaklara/parça kayıplarına dolgu uygulanması	M-Ç4
1.5 Kanattaki form bozukluklarına karşı güçlendirme profilleri uygulanması	M-Ç5
1.6 Su tahliye kanallarının temizlenmesi	M-Ç6
1.7 Yeni su tahliye kanallarının açılması	M-Ç7
1.8 Cam tespit çıtasının yuvasına yerleştirilmesi	M-Ç8
1.9 Cam macununun yenilenmesi	M-Ç9
1.10 Çıta bileşeninin değiştirilmesi	M-Ç10
1.11 Kanat bileşeninin değiştirilmesi	M-Ç11
1.12 Pencere sisteminin değiştirilmesi	M-Ç12
… …	…
2 Cam Bileşeninde Uygulanan Müdahaleler	**M-C**
2.1 Camın genel temizliği	M-C1
2.2 Eskiyen/bozulan kaplamanın çıkarılması	M-C2
2.3 Cama çevresel etkenlere uygun kaplama uygulanması	M-C3
2.4 Cam tabakaları arasındaki buğunun kurutulduktan sonra kapatılması	M-C4
2.5 Camın değiştirilmesi	M-C5
… …	…
3 Yalıtım Bileşenlerinde Uygulanan Müdahaleler	**M-Y**
3.1 Yalıtım malzemesinin uygun malzemelerle temizlenmesi	M-Y1
3.2 Yerinden çıkan yalıtım malzemesinin yerine yerleştirilmesi	M-Y2
3.3 Yalıtım malzemesinin değiştirilmesi	M-Y3
3.4 Derz dolgularında meydana gelen boşlukların onarılması	M-Y4
… …	…
4 Tamamlayıcı Bileşenlerde Uygulanan Müdahaleler	**M-D**
4.1 Tamamlayıcı bileşenlerin genel temizliği	M-D1
4.2 Menteşelerin yağlanması ve ayarlanması	M-D2
4.3 Açma kapama parçalarındaki korozyonun temizlenmesi ve koruyucu uygulanması	M-D3
4.4 Menteşelerin değiştirilmesi	M-D4
4.5 Açma kapama mekanizmalarının ayarlanması	M-D5
4.6 Açma kapama mekanizmalarının değiştirilmesi	M-D6
4.7 Korozyon meydana gelen vida, çivi vb. bileşenlerin değiştirilmesi	M-D7
4.8 Tespit bileşenlerinin sıkılaştırılması	M-D8
4.9 Estetik bileşenlerinin üzerindeki koruyucu tabakanın yenilenmesi	M-D9
4.10 Estetik bileşenlerinin yenilenmesi	M-D10
4.11 Tespit elemanlarının ayarlanması	M-D11
… …	…

5.1.1.3 Karar matrisleri ve bütünleşik tablolar

Pencere sistemlerinde uygulanacak karar destek modelinin sürdürülebilirliği için oluşturulan veri tabanlarının birbiriyle olan ilişkilerinin daha iyi anlaşılabilmesi amacıyla karar matrisleri ve bütünleşik tablolar hazırlanmıştır. Bu bölümde hazırlanan tablo ve matrisler,

- Bileşen ve bozulma sınıflarına göre bozulma anomalilerini içeren bütünleşik tablo,
- Bozulma anomalileri ile bozulmaya sebep olan etkenler arasındaki ilişki matrisi,
- Bozulma anomalileri ile etkilediği performans arasındaki ilişki matrisi olarak üç tablo oluşturulmuştur.

Pencere sistemlerindeki bozulmaların analizinde yardımcı olması için bozulma anomalileri NEN standartlarında kullanılan bozulma sınıflarına göre düzenlenmiştir. NEN standardındaki bozulma sınıfı, bozulmanın pencerenin işleyişini etkilediği düzeye göre,

- Az düzeyli bozulmalar (pencere bileşenlerinin işlevlerini etkilemeyen sadece estetik etkileri olan bozulmalar),
- Orta düzeyli bozulmalar (bileşenlerin işlevini dolayı olarak etkileyen bozulmalar),
- Çok düzeyli bozulmalar (bileşenin işlevini doğrudan etkileyen bozulmalar) olarak üç sınıfa ayrılmıştır (Straub, 2009).

Model kapsamında hazırlanan bütünleşik tabloda öncelikle bozulma düzeylerine göre sınıflandırma yapıldıktan sonra pencere sistemlerinde incelenen dört bileşenin her birindeki bozulma anomalileri listelenmiştir. Bu bütünleşik tablodaki veriler, durum değerlendirmesinin veri toplama ve durum analizi aşamalarında tüm pencere bileşenlerinde kontrol edilmektedir. Pencerelerde görülen bozulma anomalileri, bozulma düzeyleri ve bozulmanın meydana geldiği bileşenlere ait veriler ve kodları Tablo 5. 7'de gösterilmiştir.

Tablo 5. 7: Pencere bileşenlerinde görülen bozulma anomalileri ve bozulma sınıfları (IST yönteminden ve NEN standartlarına ait verilerden uyarlanmıştır).

Pencere Bileşenlerinde Görülen Bozulma Türleri	
1 Az düzeyde bozulmalar	**BA**
1.1 Çerçeve yüzeylerinde	**BA1**
1.1.1 Kaplama yüzeyinde çevresel atık birikimi	BA1-1
1.1.2 Kaplama yüzeyinde estetik deformasyon (renk değişimi, kabarma vb.)	BA1-2
1.1.3 Çerçeve bileşeninde estetik deformasyon (renk değişimi, kabarma vb.)	BA1-3
1.2 Cam yüzeyinde	**BA2**
1.2.1 Cam yüzeyinde çevresel atık birikimi	BA2-1
1.3 Yalıtım bileşenlerinin yüzeyinde	**BA3**
1.3.1 Yalıtım bileşeninde çevresel atık birikimi	BA3-1
1.3.2 Yalıtım bileşeninde estetik deformasyon (renk değişimi vb.)	BA3-2
1.4 Tamamlayıcı bileşenlerde	**B-A4**
1.4.1 Kaplama yüzeyinde çevresel atık birikimi	BA4-1
1.4.2 Kaplama yüzeyinde estetik deformasyon (renk değişimi, kabarma vb.)	BA4-2
1.4.3 Tamamlayıcı bileşende estetik deformasyon (renk değişimi, kabarma vb.)	BA4-3
2 Orta düzeyde bozulmalar	**BO**
2.1 Çerçeve yüzeylerinde	**BO1**
2.1.1 Kaplama yüzeyinde inşaat atık birikimi	BO1-1
2.1.2 Kaplama yüzeyinde biyolojik atık birikimi	BO1-2
2.1.3 Kaplama yüzeyinde biyolojik deformasyon (renk değişimi, kabarma vb.)	BO1-3
2.1.4 Çerçeve bileşeninde fiziksel deformasyon (şişme, ezilme, sarkma vb.)	BO1-4
2.1.5 Çerçeve bileşeninde kimyasal deformasyon (korozyon, asit-baz etkisi vb.)	BO1-5
2.1.6 Çerçeve bileşeninde biyolojik deformasyon (çürüme, küflenme vb.)	BO1-6
2.2 Cam bileşeninde	**BO2**
2.2.1 Cam yüzeyinde inşaat atık birikimi	BO2-1
2.2.2 Cam yüzeyinde biyolojik atık birikimi	BO2-2
2.2.3 Cam yüzeyinde fiziksel deformasyon (Çizilme vb.)	BO2-3
2.3 Yalıtım bileşenlerinin yüzeyinde	**BO3**
2.3.1 Yalıtım bileşeninde inşaat atık birikimi	BO3-1
2.3.2 Yalıtım bileşeninde biyolojik atık birikimi	BO3-2
2.3.3 Yalıtım bileşeninde fiziksel deformasyon (ezilme, şekil değiştirme vb.)	BO3-3
2.4 Tamamlayıcı bileşenlerde	**BO4**
2.4.1 Kaplama yüzeyinde inşaat atık birikimi	BO4-1
2.4.2 Kaplama yüzeyinde biyolojik atık birikimi	BO4-2
2.4.3 Tamamlayıcı bileşende fiziksel deformasyon (eğilme, ezilme vb.)	BO4-3
2.4.4 Tamamlayıcı bileşende kimyasal deformasyon (korozyon, asit- baz etkisi vb.)	BO4-4
2.4.5 Tamamlayıcı bileşende biyolojik deformasyon (çürüme, küflenme vb.)	BO4-5
3 Çok düzeyde bozulmalar	**BÇ**
3.1 Çerçeve bileşeninde	**BÇ1**
3.1.1 Kaplama yüzeyinde süreksizlik	BÇ1-1
3.1.2 Kaplama yüzeyinin olmaması	BÇ1-2
3.1.3 Çerçeve bileşenlerinin birleşim noktalarında açılma	BÇ1-3
3.1.4 Çerçeve yüzeyinde açılan boşluklar	BÇ1-4
3.1.5 Çerçeve bileşenlerinde hizalamadan kaynaklı açıklık	BÇ1-5
3.1.6 Çerçeve bileşeninde süreksizlik	BÇ1-6
3.1.7 Çerçeve bileşeninde kırılma	BÇ1-7
3.1.8 Çerçeve bileşeninde eksik parça	BÇ1-8
3.1.9 Çerçeve bileşeninin olmaması	BÇ1-9
3.2 Cam yüzeyinde	**BÇ2**
3.2.1 Cam tabakaları arasında buğulanma	BÇ2-1
3.2.2 Camın çatlaması	BÇ2-2
3.2.3 Camın kırılması	BÇ2-3
3.3 Yalıtım bileşenlerinin yüzeyinde	**BÇ3**
3.3.1 Derz dolgularının boşalması	BÇ3-1
3.3.2 Yalıtım bileşeninde süreksizlik	BÇ3-2
3.3.3 Yalıtım bileşeninde eksik yalıtım uygulaması	BÇ3-3
3.3.4 Yalıtım bileşeninin yaşlanması	BÇ3-4
3.3.5 Yalıtım bileşeninin olmaması	BÇ3-5
3.4 Tamamlayıcı bileşenlerde	**BÇ4**
3.4.1 Kaplama yüzeyinde süreksizlik	BÇ4-1
3.4.2 Kaplama yüzeyinin olmaması	BÇ4-2
3.4.3 Tamamlayıcı bileşende süreksizlik	BÇ4-3
3.4.4 Tamamlayıcı bileşende kırılma	BÇ4-4
3.4.5 Tamamlayıcı bileşende eksik parça veya işlevsel sorun	BÇ4-5
3.4.6 Tamamlayıcı bileşeninin olmaması	BÇ4-6

Durum analizinde elde edilen veriler doğrultusunda bileşenlerde görülen bozulma anomalilerinin sebebinin belirlenmesinde ve müdahale yönteminin seçiminde kullanılmak amacıyla Tablo 5. 8'de bozulma ve bozulmaya sebep olan etkenlere ait karar matrisi oluşturulmuştur.

Tablo 5. 8: Bozulma ve bozulmaya sebep olan etkenlere ait karar matrisi.

Bozulma ve bozulmaya sebep olan etkenlerine ait karar matrisi		S-ÇA1 Radyasyon Etkisi	S-ÇA2 Sıcaklık Etkisi	S-ÇA3 Su ve Nem Etkisi	S-ÇA4 Hava Etkisi	S-ÇA5 Rüzgâr Etkisi	S-ÇB Biyolojik Etkiler	S-ÇK Kimyasal Etkiler	S-ÇY Mekanik Etkiler	S-İP Tasarım hataları	S-İÜ Üretim hataları	S-İU Uygulama hataları	S-İK Kullanım ve bakım hataları	S-ZD Doğal Yaşlanma
Kabarma	A-D11	-	-	●	-	-	●	-	-	●	-	-	-	-
Çatlama	A-D12	●	●	●	●	●	○	○	●	●	-	●	●	-
Dökülme	A-D13	-	-	●	-	-	●	-	-	●	-	-	-	-
Lekelenme/yüzeysel kirlenme	A-D14	-	-	●	●	-	-	-	-	●	-	-	●	-
Renk değiştirme	A-D15	●	-	-	-	-	●	-	-	-	-	-	-	●
Eğilme-Bükülme	A-D21	-	-	-	-	-	-	-	●	●	-	-	-	●
Sarkma	A-D22	-	-	-	-	-	-	-	●	●	-	-	●	●
Ezilme	A-D23	-	-	-	-	-	-	-	●	●	-	-	●	●
Aşınma	A-D24	-	●	●	-	●	-	-	●	-	-	-	-	-
Korozyon	A-D31	-	-	●	●	●	-	-	-	-	-	-	-	-
Asit, Baz ve Alkollerin Etkisi	A-D32	-	-	●	●	-	-	-	-	-	-	-	●	-
Çürüme	A-D41	-	-	●	●	-	●	-	-	-	-	-	●	-
Yosunlaşma, Küflenme ve Mantar oluşumu	A-D42	-	-	●	-	●	●	-	-	-	-	-	○	-
Bakteri ve Böcek	A-D42	-	-	●	-	●	●	-	-	-	-	-	-	-
Bileşenlerin birleşim noktalarında açılma	A-B1	-	○	○	-	-	-	-	-	●	-	-	●	●
Derz dolgusunun zamanla boşalması	A-B2	-	-	-	-	-	-	-	-	●	-	-	●	●
Mekân/Kullanıcı ihtiyacına bağlı pencerede açılan boşluklar	A-B3	-	-	-	-	-	-	-	-	●	-	-	●	-
Kasa ve kanat arasındaki hizalama hatalarından kaynaklı açıklık	A-B4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	●	●	●
Bileşenin dış yüzeyinde yoğuşma	A-Y1	-	●	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bileşenin içinde yoğuşma	A-Y2	-	●	●	-	-	-	-	-	-	-	●	-	-
Bileşenlerde gevşeme	A-G1	-	●	●	-	-	-	-	-	-	-	-	●	●
Bileşenlerde süreksizlik	A-G2	-	●	●	-	-	-	-	-	-	-	-	●	●
Bileşenlerde eksik parça	A-G3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	●	●
Bileşeninin kırılması	A-G4	-	●	●	-	-	-	-	-	-	-	-	●	●
Bileşeninin olmaması	A-G5	-	-	-	-	-	-	-	-	●	●	●	○	-
İnşaat atıkları	A-A1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	●	●	-
Biyolojik atıklar	A-A2	-	-	-	-	●	●	-	-	-	-	-	●	-
Çevresel atıklar (toz, kir vb.)	A-A3	-	-	●	-	●	-	-	-	-	-	-	●	-
(●) Doğrudan		(○) Dolaylı			(–) Etkisi yok									

Pencere sistemlerinde görülen bozulmaların doğrudan ya da dolaylı olarak etkilediği performanslar Tablo 5. 9'da gösterilmiştir.

Tablo 5. 9: Pencere bileşenlerde görülen bozulma türleri ve etkilediği performanslar.

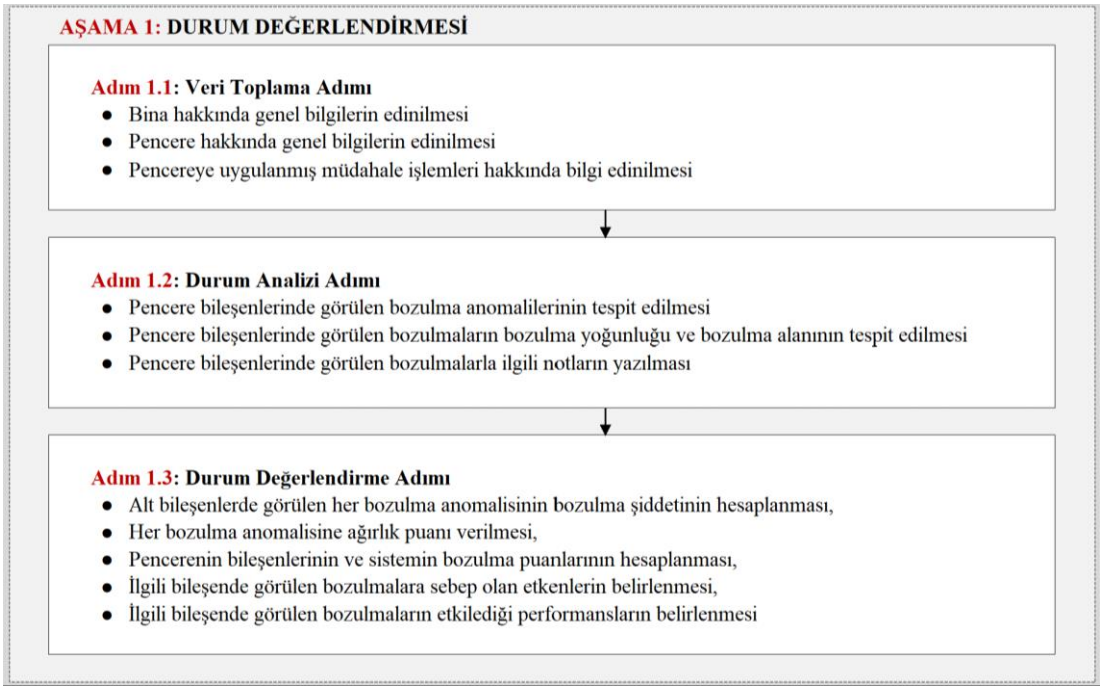
		Isı performansı	Su ve nem performansı	Hava sızdırmazlık p.	Ses yalıtımı	Mekanik dayanım	Estetik değeri
Kabarma	A-D11	○	○	-	-	●	●
Çatlama	A-D12	●	●	●	●	●	●
Dökülme	A-D13	○	○	-	-	●	●
Lekelenme	A-D14	-	-	-	-	○	●
Renk değiştirme	A-D15	-	-	-	-	○	●
Eğilme	A-D21	○	○	○	○	●	●
Sarkma	A-D22	○	○	○	○	●	●
Ezilme	A-D23	○	○	-	-	●	●
Aşınma	A-D24	○	○	-	-	●	●
Korozyon	A-D31	○	○	-	-	●	●
Çürüme	A-D41	●	●	-	-	●	●
Yosunlaşma, Küflenme ve Mantar oluşumu	A-D42	○	○	○	-	●	●
Bakteri ve Böcek	A-D42	○	○	○	-	●	●
Bileşenlerin birleşim noktalarında açılma	A-B1	●	●	●	●	○	●
Derz dolgusunun zamanla boşalması	A-B2	●	●	●	●	○	●
Mekân/Kullanıcı ihtiyacına bağlı açılan boşluklar	A-B3	●	●	●	●	●	●
Hizalama hatalarından kaynaklı açıklık	A-B4	●	●	●	●	○	●
Bileşenin içinde yoğuşma	A-Y2	●	●	●	○	●	●
Bileşenlerde gevşeme	A-G1	●	●	●	●	○	○
Bileşenlerde süreksizlik	A-G2	●	●	●	●	●	●
İnşaat atıkları	A-A1	-	-	-	-	○	●
Biyolojik atıklar	A-A2	○	○	-	-	○	●
Çevresel atıklar (toz, kir vb.)	A-A3	-	-	-	-	○	●

(●) Doğrudan (○) Dolaylı (–) Etkisi yok

5.1.2 Aşama 1-Durum değerlendirmesi

Durum değerlendirme aşaması modelin en önemli aşamalarından biridir. Pencerede oluşan bozulmaların tespitinde eksik ya da hatalı veri toplanması müdahale seçim kararında yanlışlık yapılmasına ve müdahalenin uygulanması aşamasında kullanılacak malzeme, işçi gücü, maliyet vb. kaynakların gereksiz kullanımlarına sebep olacaktır. Durum değerlendirmesinin uzmanın bilgi ve tecrübesine dayalı olmaması için Excel programı üzerinde oluşturulan tablolarda her bileşende görülen bozulma anomalileri yazılmıştır. Bu sayede objektif ve hızlı bir şekilde veri toplanması ve

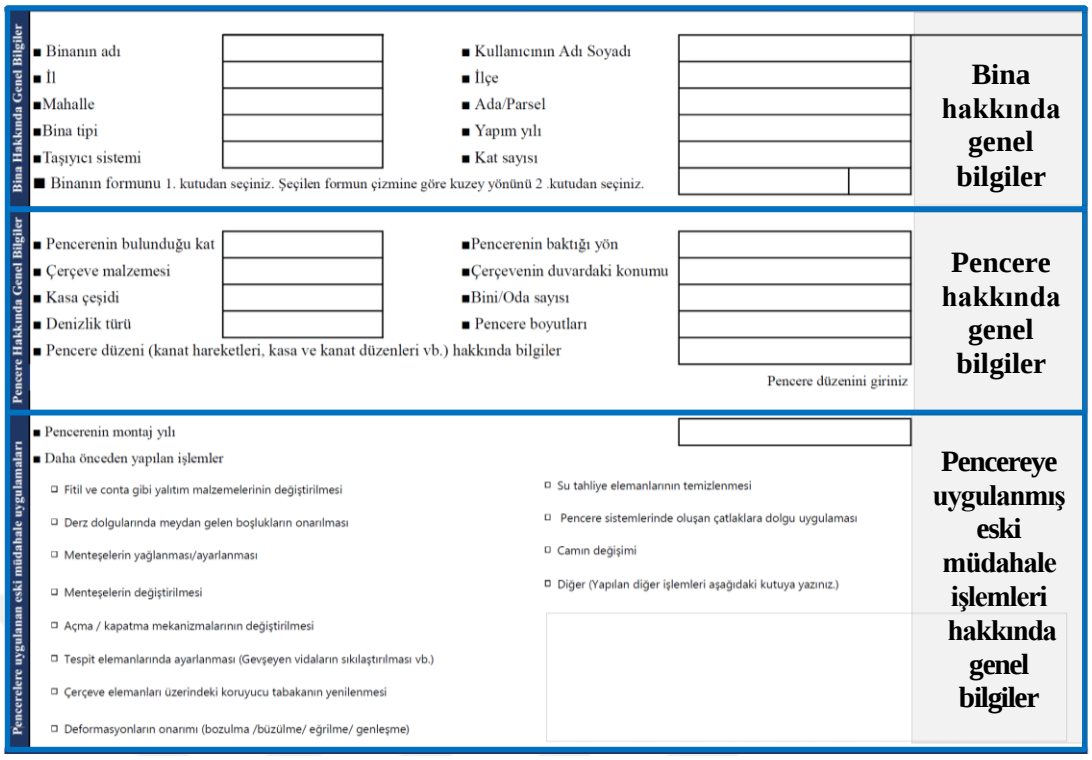
değerlendirilmesinin yapılması hedeflenmektedir. Model kapsamında oluşturulan durum değerlendirme aşaması veri toplama, durum analizi ve durum değerlendirmesi olarak üç adımdan oluşmaktadır (Şekil 5. 4). Her bir pencere sisteminin değerlendirme aşaması için 1 adet veri toplama tablosu ve pencerenin dört bileşeninin her biri için durum analizi ve değerlendirmesinin birlikte inceleneceği birer tablo oluşturulmasıyla bir pencerenin durum değerlendirmesi için toplamda 5 tablo kullanılmaktadır.



Şekil 5. 4: Durum değerlendirme aşamasının adımları.

5.1.2.1 Adım 1.1-Veri toplama

Geliştirilen modelin veri toplama aşamasında, bina ve pencere sistemlerinde inceleme yaparken verilerin sistematik olarak kaydedilebilmesi için kimlik numaraları verilmektedir. Numara verilen bina ve pencere sistemleri hakkında genel bilgiler toplanmaya başlanılır ve pencere sistemlerinde oluşan hasarların fotoğrafları çekilerek mevcut durum arşivlenir. Genel bilgilerin toplanması bölümü; bina hakkında genel bilgiler, pencere hakkında genel bilgiler ve pencereye uygulanmış eski müdahaleler hakkında genel bilgiler olarak üç ana bölümden oluşmaktadır. Şekil 5. 5'te veri toplama adımında kullanılan tablo gösterilmiştir.



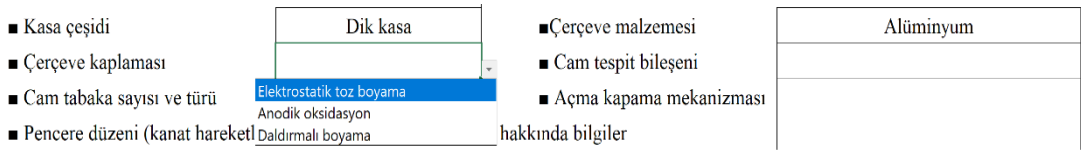
Şekil 5. 5: Veri toplama adımında kullanılan excel tablosu.

Veri toplama adımının bölümleri ve toplanan verilere ait alt başlıklar aşağıda maddeler halinde belirtilmiştir.

- Bina hakkında genel bilgiler,
    - Binanın adı ve kullanıcı bilgileri;
    - Bulunduğu yere ait veriler (il, ilçe, mahalle, ada-parsel vb.)
    - Yapım yılı,
    - Taşıyıcı sistem özellikleri,
    - Kat sayısı,
    - Binanın fonksiyonu ve binanın formu vb.
- Pencere hakkında genel bilgiler,
    - Pencerenin bulunduğu kat,
    - Pencerenin baktığı yön,
    - Çerçeve malzemesi,
    - Kasa çeşidi ve özellikleri,
    - Çerçevenin duvardaki konumu,
    - Denizlik türü,
    - Pencerenin çerçevesi ve kaplaması,
    - Pencere düzeni vb.

- Pencereye uygulanan eski müdahaleler hakkında genel bilgiler,
    - Pencerenin montaj yılı,
    - Daha önce yapılan müdahale işlemleri vb. bilgiler toplanılır.

Veri toplama tablosunda pencere bileşene ait bilgiler doldurulurken Excel üzerinde açılan liste üzerinde seçim yaparak ilerleme sağlanmaktadır. Örneğin; incelenen pencerenin alüminyum çerçeve malzemesi seçildiğinde çerçeve kaplama malzemesi olarak elektrostatik toz boyama, anodik oksidasyon ve daldırmalı boyama seçenekleri açılmaktadır (Şekil 5. 6). Bu sayede modelde hata oranı düşürülmesi hedeflenmiştir.



Şekil 5. 6: Durum analizinde kullanılan Excel tablolarındaki açılan seçim listesi örneği.

Veri toplama aşaması için hazırlanan tablolar, incelenen pencereler ve uzman görüşü sonucunda eksik bilgilerin eklenmesine izin verecek şekilde kurgulanmıştır. Tablonun alt kısmında pencere numarası, inceleme yapan uzmanın bilgileri, inceleme ve rapor tarihi vb. müdahale işlem bilgileri yer almaktadır.

5.1.2.2 Adım1.2-Durum analizi

Geliştirilen karar destek modelinin durum analizi adımında bozulmaların tespiti için kullanılacak teşhis yöntemleri Tablo 5.5'te verilmiştir. Tez kapsamında incelenen pencerelerde görsel teşhis yöntemleri olarak iç ve dış gözlemlerin kullanılmasına ve gerekli durumlarda çatlak ölçümlerinin ve hiza kontrollerinin yapılması kararı alınmıştır. Görsel inceleme sırasında pencerenin çerçeve, cam, yalıtım ve tamamlayıcı bileşenlerindeki bozulmaların belirlenmesinde belirli işlem sırasının takip edilmesi analizlerin doğruluğu açısından önemlidir. Model kapsamında durum değerlendirme aşaması (analiz ve değerlendirme) için dört ana pencere bileşeni için ayrı e-tablo sistemleri oluşturarak uzmanın mevcut duruma ait verileri hızlı ve eksiksiz kaydetmesine yardımcı olması amaçlanmıştır. Durum analizi adımında e-tablo üzerinde uzmanın uygulayacağı işlem sırası;

- İşlem 1.2.1-Pencere bileşenlerinde görülen bozulma anomalilerinin tespit edilmesi,

- İşlem 1.2.2- Pencere bileşenlerinde görülen bozulmaların bozulma yoğunluğu ve bozulma alanının tespit edilmesi,
- İşlem 1.2.3- Pencere bileşenlerinde görülen bozulmalarla ilgili notların yazılması olarak üç işlemden oluşmaktadır.

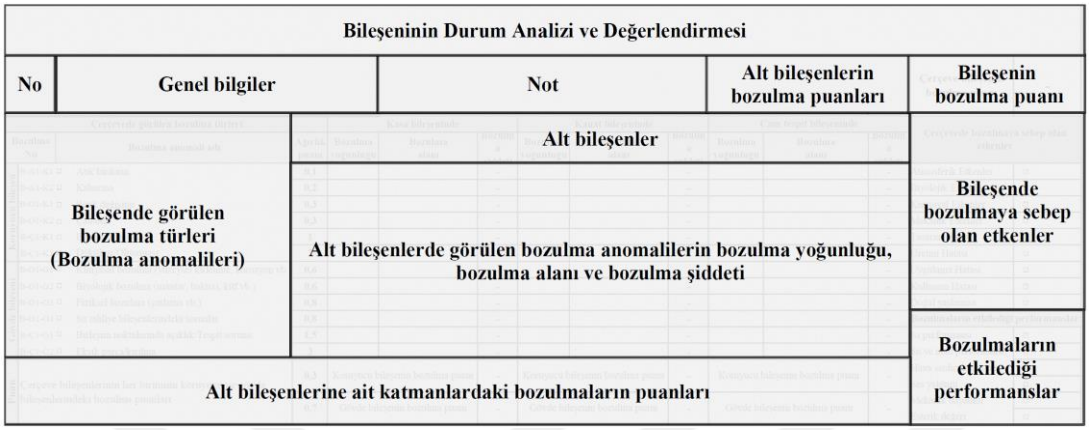
İşlem 1.2.1-Pencere bileşenlerinde görülen bozulma anomalilerinin tespit edilmesi: Durum analizinde incelenen penceredeki bozulmaların tespitinde hızlı ve eksiksiz analiz yapılabilmesi için pencerenin 4 ana bileşen grubunda farklı bozulmalar görülebileceğinden her bileşen için ayrı tablolar oluşturulmuştur. Her bileşen grubu için hazırlanan bozulma listeleri, Tablo 5. 7'deki bozulma anomalileri veri tabanından alınmıştır. Uzman, işlem 1.2.1'de incelenen pencerede tespit edilen bozulma türlerini liste üzerinde işaretler.

İşlem 1.2.2-Pencere bileşenlerinde görülen bozulmaların bozulma yoğunluğu ve bozulma alanının tespit edilmesi: İşlem 1.2.1'de belirlenen bozulmaların pencere bileşeninin üzerindeki bozulma yoğunluğu ve bozulma alanı bilgileri açılan listelerden seçilir. NEN 2767'ye göre bozulmanın yoğunluğu; pencere bileşenlerinde görülen anomalinin sürecine göre yoğunluğunu düşük (yoğunluk 1), orta (yoğunluk 2) ve yüksek (yoğunluk 3) olarak üç yoğunluk sınıfına ayrılmaktadır. Düşük yoğunluk zorlukla görülen bozulmalarda, orta yoğunluk ilerleme belirtileri gösteren bozulmalarda ve yüksek yoğunluk ise daha fazla ilerleme görülmeyecek bozulmaları ifade etmektedir. Bozulma alanı ise bozulmanın penceredeki etkilediği alanın oranını ifade etmektedir. Bozulma alanı;

- %2'den az ise 1.derece,
- %2-10 arası 2. derece,
- %10-30 arası 3. derece,
- %30-70 arası 4. derece,
- %70'ten fazla ise 5. derece kabul edilmektedir.

Pencere bileşenlerinde durum analizi ve değerlendirmesi için kullanılan ortak tablonun strüktürü Şekil 5. 7'te verilmiştir. Durum analizi ve değerlendirmesi için cam bileşeninde kullanılan tablo Tablo 5. 10'da çerçeve bileşeninde kullanılan tablo Tablo 5. 11'de, yalıtım bileşeninde kullanılan tablo Tablo 5. 12'de ve tamamlayıcı bileşende kullanılan tablo Tablo 5. 13'te gösterilmiştir.

İşlem 1.2.3-Pencere bileşenlerinde görülen bozulmalarla ilgili notların yazılması:
İşlem 1.2.1 ve işlem 1.2.2 yapıldıktan sonra durum değerlendirmesi için pencerede bozulmaların durumu ile ilgili alınması gereken notlar varsa tablodaki notlar bölümüne yazılır.



Şekil 5. 7: Durum analizi ve değerlendirmesinde kullanılan tablonun strüktürü.

5.1.2.3 Adım 1.3-Durum değerlendirmesi

Durum değerlendirme adımında durum analizinden elde edilen veriler doğrultusunda bileşende görülen bozulmaların şiddetleri, sebepleri ve etkilediği performansların belirlenmesi ve değerlendirilmesi işlemleri yapılmaktadır. Durum değerlendirme adımında izlenecek işlemler;

- İşlem 1.3.1-Alt bileşenlerde görülen her bozulma anomalisinin bozulma şiddetinin hesaplanması,
- İşlem 1.3.2- Her bozulma anomalisine ağırlık puanı verilmesi,
- İşlem 1.3.3-Pencerenin bileşen, alt bileşen ve katmanlarına ağırlık puanlarının verilmesi ve bozulma puanlarının hesaplanması,
- İşlem 1.3.4-İlgili bileşende görülen bozulmalara sebep olan etkenlerin belirlenmesi,
- İşlem 1.3.5- İlgili bileşende görülen bozulmaların etkilediği performansların belirlenmesi olarak beş ana işlemden oluşmaktadır.

Tablo 5. 10: Cam bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi adımlarında kullanılan tablo.

Cam Bileşeninin Durum Analizi ve Değerlendirmesi

Pencere Numarası	Not:	Cam bileşenin bozulma puanı	1,00

Cam bileşeninde görülen bozulma türleri					Ağırlık puanı	Cam bileşeninde		
	Bozulma Türü	Bozulma No		Bozulma anomali adı		Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti
Cam bileşeni	Atık Birikimi	BA2-1	☐	Çevresel atıklar	0,1			-
		BO2-1/2	☐	İnşaat ve biyolojik atıklar	0,3			-
	Deformasyonlar	BO2-3	☐	Estetik deformasyon (çizilme vb.)	0,2			-
	Yoğuşma	BÇ2-1	☐	Tabakalar arasında buğulanma	1			-
	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	BÇ2-2	☐	Camın çatlaması	2			-
		BÇ2-3	☐	Camın kırılması				-
Puan	Cam bileşeninde görülen bozulmaların herbirinin bozulma grubuna göre bozulma puanları				Atık Birikimi			1,00
					Deformasyonlar			1,00
					Yoğuşmalar			1,00
					Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması			1,00

Cam bileşeninde bozulmaya sebep olan etkiler			
Atmosferik Etkiler	☐	Üretim Hatası	☐
Biyolojik Etkiler	☐	Uygulama Hatası	☐
Kimyasal Etkiler	☐	Kullanım Hatası	☐
Mekanik Etkiler	☐	Doğal yaşlanma	☐
Tasarım Hatası	☐		
Bozulmaların etkilediği performanslar			
Isı performansı	☐	Mekanik dayanım	☐
Su ve nem performansı	☐	Estetik değeri	☐
Hava sızdırmazlık per.	☐		
Ses yalıtımı	☐		

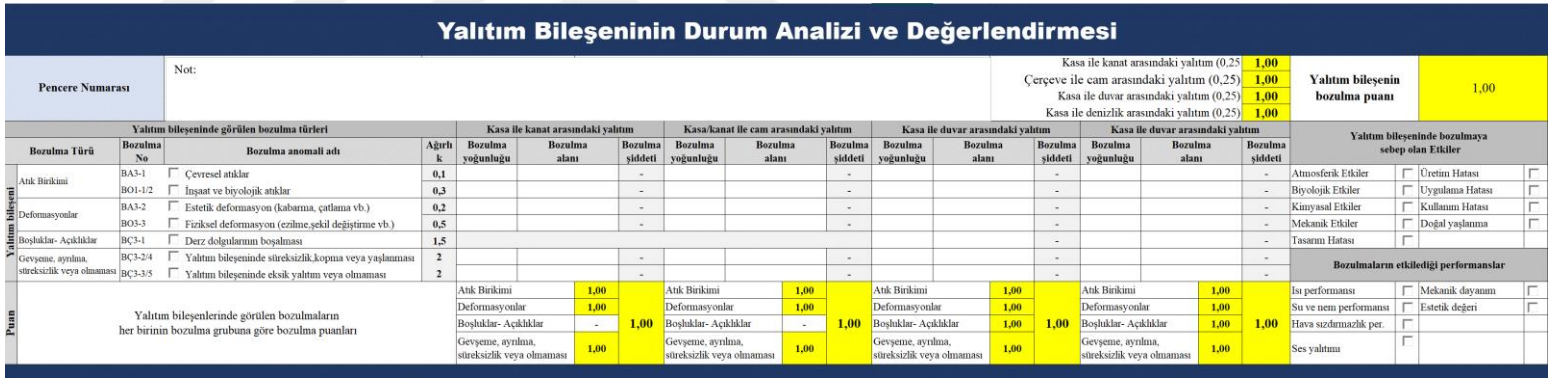
Tablo 5. 11: Çerçeve bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi adımlarında kullanılan tablo.

Çerçeve Bileşeninin Durum Analizi ve Değerlendirmesi

Pencere Numarası	Not	Kasanın bozulma puanı (0,6)	1,00	Çerçeve bileşenin bozulma puanı	1,00
		Kanadın bozulma puanı (0,3)	1,00		
		Cam tespitinin bozulma puanı (0,1)	1,00		

Çerçeve bileşeninde görülen bozulma türleri					Kasa bileşeninde			Kanat bileşeninde			Cam tespit bileşeninde			Çerçeve bileşeninde bozulmaya sebep olan Etkiler	
	Bozulma Türü	Bozulma No	Bozulma anomali adı	Ağırlık puanı	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti		
Koruyucu bileşen	Atık Birikimi	BA1-1	☐ Çevresel atıklar	0,1			-			-	Düşük	%2'den az	1	Atmosferik Etkiler	☐
		BO1-1/2	☐ İnşaat ve biyolojik atıklar	0,3			-			-			-	Biyolojik Etkiler	☐
	Deformasyonlar	BA1-2	☐ Estetik deformasyon (renk değişimi,kabarma vb.)	0,2			-			-			-	Kimyasal Etkiler	☐
		BO1-3	☐ Biyolojik deformasyon (çürüme, küflenme vb.)	0,4			-			-			-	Mekanik Etkiler	☐
	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	BÇ1-1/2	☐ Koruyucu bileşenin süreksizliği/olmaması	1			-			-			-	Tasarım Hatası	☐
Gövde bileşeni	Deformasyonlar	BA1-3	☐ Estetik deformasyon (çizilme, renk değişimi vb.)	0,2			-			-			-	Üretim Hatası	☐
		BO1-4	☐ Fiziksel deformasyon (şişme, ezilme, sarkma vb.)	0,8			-			-			-	Uygulama Hatası	☐
		BO1-5	☐ Biyolojik deformasyon (çürüme, küflenme vb.)*	0,6										Kullanım Hatası	☐
		BO1-6	☐ Kimyasal deformasyon (korozyon, asit-baz etkisi vb.)	0,6			-			-			-	Doğal yaşlanma	☐
	Boşluklar- Açıklıklar	BÇ1-3	☐ Bileşenlerin birleşim noktalarında açılma	1			-			-			-	**Bozulmaların etkilediği performanslar**	
		BÇ1-4	☐ Çerçeve yüzeyinde açılan boşluklar	1			-			-			-		
		BÇ1-5	☐ Çerçeve bileşenlerinde hizalamadan kaynaklı açıklık	1			-			-			-	Isı performansı	☐
	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	BÇ1-6/7	☐ Bileşende süreksizlik veya kırılma	2			-			-			-	Su ve nem performansı	☐
		BÇ1-8/9	☐ Bileşende eksik parça veya olmaması	2			-			-			-	Hava sızdırmazlık per.	☐
Puan	Çerçeve bileşenlerinin her birininin koruyucu ve gövde bileşenlerindeki bozulma puanları		Koruyucu bileşenin bozulma puanları	0,38	Atık Birikimi	1,00	1,00	Atık Birikimi	1,00	1,00	Atık Birikimi	1,00	1,00	Ses yalıtımı	☐
					Deformasyonlar	1,00		Deformasyonlar	1,00		Deformasyonlar	1,00		Mekanik dayanım	☐
					Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1,00		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1,00		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1,00		Estetik değeri	☐
			Gövde bileşenin bozulma puanları	0,62	Deformasyonlar	1,00	1,00	Deformasyonlar	1,00	1,00	Deformasyonlar	1,00	1,00		
					Boşluklar- Açıklıklar	1,00		Boşluklar- Açıklıklar	1,00		Boşluklar- Açıklıklar	1,00			
					Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1,00		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1,00		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1,00			

Tablo 5. 12: Yalıtım bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi adımlarında kullanılan tablo.

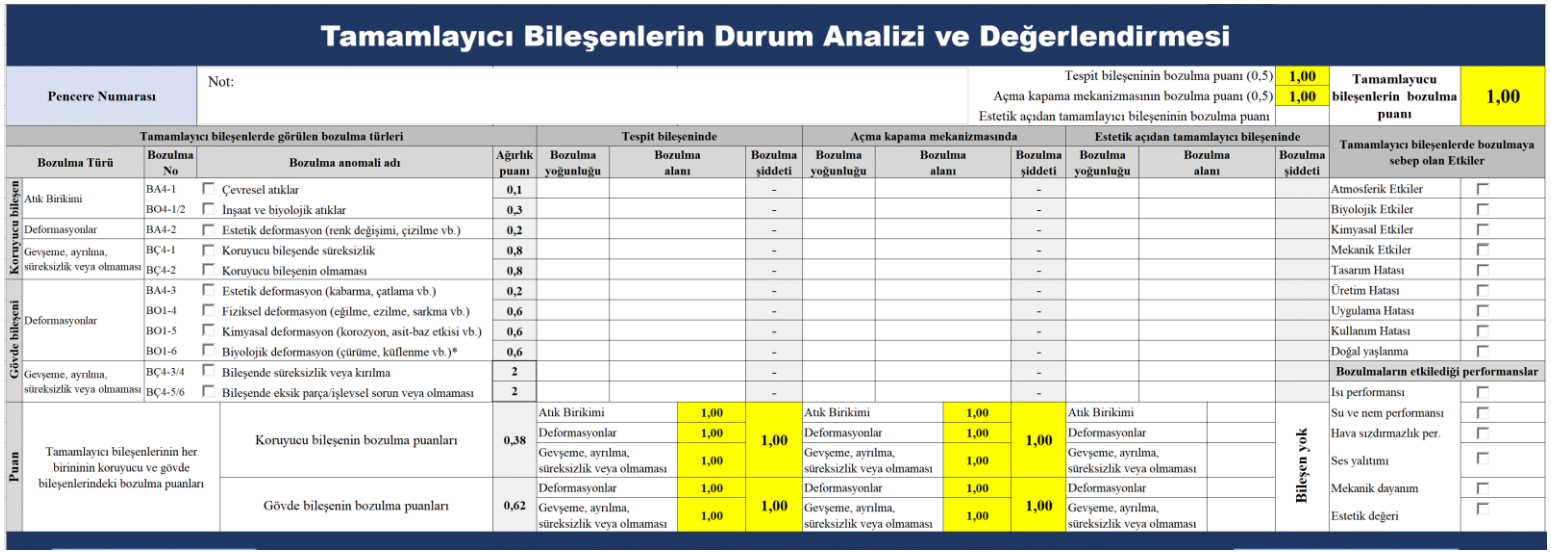


Yalıtım Bileşeninin Durum Analizi ve Değerlendirmesi

Pencere Numarası	Not:	Kasa ile kanat arasındaki yalıtım (0,25) 1,00 Çerçeve ile cam arasındaki yalıtım (0,25) 1,00 Kasa ile duvar arasındaki yalıtım (0,25) 1,00 Kasa ile denizlik arasındaki yalıtım (0,25) 1,00	Yalıtım bileşenin bozulma puanı	1,00

Yalıtım bileşeninde görülen bozulma türleri					Kasa ile kanat arasındaki yalıtım			Kasa/kanat ile cam arasındaki yalıtım			Kasa ile duvar arasındaki yalıtım			Kasa ile duvar arasındaki yalıtım			Yalıtım bileşeninde bozulmaya sebep olan Etkiler			
Bozulma Türü		Bozulma No	Bozulma anomali adı	Ağırlık	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti				
Yalıtım bileşeni	Atık Birikimi	BA3-1	Çevresel atıklar	0,1			-			-			-			-	Atmosferik Etkiler	☐	Üretim Hatası	☐
		BO1-1/2	İnşaat ve biyolojik atıklar	0,3			-			-			-			-	Biyolojik Etkiler	☐	Uygulama Hatası	☐
	Deformasyonlar	BA3-2	Estetik deformasyon (kabarma, çatlama vb.)	0,2			-			-			-			-	Kimyasal Etkiler	☐	Kullanım Hatası	☐
		BO3-3	Fiziksel deformasyon (ezilme,şekil değiştirme vb.)	0,5			-			-			-			-	Mekanik Etkiler	☐	Doğal yaşlanma	☐
	Boşluklar- Açıklıklar	BÇ3-1	Derz dolgularının boşalması	1,5									-			-	Tasarım Hatası	☐		
	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	BÇ3-2/4	Yalıtım bileşeninde süreksizlik,kopma veya yaşlanması	2			-			-			-			-	Bozulmaların etkilediği performanslar			
		BÇ3-3/5	Yalıtım bileşeninde eksik yalıtım veya olmaması	2			-			-			-			-				
Puan	Yalıtım bileşenlerinde görülen bozulmaların her birinin bozulma grubuna göre bozulma puanları				Atık Birikimi 1,00 Deformasyonlar 1,00 Boşluklar- Açıklıklar - Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması 1,00		1,00	Atık Birikimi 1,00 Deformasyonlar 1,00 Boşluklar- Açıklıklar - Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması 1,00		1,00	Atık Birikimi 1,00 Deformasyonlar 1,00 Boşluklar- Açıklıklar 1,00 Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması 1,00		1,00	Atık Birikimi 1,00 Deformasyonlar 1,00 Boşluklar- Açıklıklar 1,00 Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması 1,00		1,00	Isı performansı ☐ Mekanik dayanım ☐ Su ve nem performansı ☐ Estetik değeri ☐ Hava sızdırmazlık per. ☐ Ses yalıtımı ☐			

Tablo 5. 13: Tamamlayıcı bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi adımlarında kullanılan tablo.



Tamamlayıcı Bileşenlerin Durum Analizi ve Değerlendirmesi

Pencere Numarası	Not:	Tespit bileşeninin bozulma puanı (0,5) 1,00 Açma kapama mekanizmasının bozulma puanı (0,5) 1,00 Estetik açıdan tamamlayıcı bileşeninin bozulma puanı	Tamamlayıcı bileşenlerin bozulma puanı	1,00

Tamamlayıcı bileşenlerde görülen bozulma türleri					Tespit bileşeninde			Açma kapama mekanizmasında			Estetik açıdan tamamlayıcı bileşeninde			Tamamlayıcı bileşenlerde bozulmaya sebep olan Etkiler	
Bozulma Türü		Bozulma No	Bozulma anomali adı	Ağırlık puanı	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti		
Koruyucu bileşen	Atık Birikimi	BA4-1	Çevresel atıklar	0,1			-			-				Atmosferik Etkiler	☐
		BO4-1/2	İnşaat ve biyolojik atıklar	0,3			-			-				Biyolojik Etkiler	☐
	Deformasyonlar	BA4-2	Estetik deformasyon (renk değişimi, çizilme vb.)	0,2			-			-				Kimyasal Etkiler	☐
	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	BÇ4-1	Koruyucu bileşende süreksizlik	0,8			-			-				Mekanik Etkiler	☐
		BÇ4-2	Koruyucu bileşenin olmaması	0,8			-			-				Tasarım Hatası	☐
Gövde bileşeni	Deformasyonlar	BA4-3	Estetik deformasyon (kabarma, çatlama vb.)	0,2			-			-				Üretim Hatası	☐
		BO1-4	Fiziksel deformasyon (eğilme, ezilme, sarkma vb.)	0,6			-			-				Uygulama Hatası	☐
		BO1-5	Kimyasal deformasyon (korozyon, asit-baz etkisi vb.)	0,6			-			-				Kullanım Hatası	☐
		BO1-6	Biyolojik deformasyon (çürüme, küflenme vb.)*	0,6			-			-				Doğal yaşlanma	☐
	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	BÇ4-3/4	Bileşende süreksizlik veya kırılma	2			-			-				Bozulmaların etkilediği performanslar	
		BÇ4-5/6	Bileşende eksik parça/işlevsel sorun veya olmaması	2			-			-				Isı performansı	☐
Puan	Tamamlayıcı bileşenlerinin her birininin koruyucu ve gövde bileşenlerindeki bozulma puanları		Koruyucu bileşenin bozulma puanları	0,38	Atık Birikimi 1,00 Deformasyonlar 1,00 Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması 1,00		1,00	Atık Birikimi 1,00 Deformasyonlar 1,00 Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması 1,00		1,00	Atık Birikimi Deformasyonlar Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması		Bileşen yok	Su ve nem performansı ☐ Hava sızdırmazlık per. ☐ Ses yalıtımı ☐ Mekanik dayanım ☐ Estetik değeri ☐
			Gövde bileşenin bozulma puanları	0,62	Deformasyonlar 1,00 Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması 1,00		1,00	Deformasyonlar 1,00 Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması 1,00		1,00	Deformasyonlar Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması				

İşlem 1.3.1-Alt bileşenlerde görülen her bozulma anomalisinin bozulma şiddetinin hesaplanması: Pencerelerdeki bozulmaların şiddetini belirlenmesi için NEN 2767 standardında kullanılan 6 puanlık değerlendirme yöntemi kullanılmıştır. NEN 2767'ye göre bozulma şiddetleri;

- 1-Mükemmel (excellent),
- 2-İyi (good),
- 3-Ortalama/Makul (fair),
- 4-Zayıf (poor),
- 5-Kötü (bad)
- 6-Çok kötü (very bad) olarak kabul edilmektedir.

Bozulma şiddeti, her bir bozulma sınıfındaki anomalinin yoğunluğu ve bozulma alanına göre hesaplanmaktadır. NEN 2767 göre bozulma sınıflarına, yoğunluğuna ve alanına göre bozulma şiddetine ait bütünleşik tablo Tablo 5. 14'te gösterilmiştir (NEN, 2006; Straub, 2009; Vilhena, 2011).

Tablo 5. 14: Bozulma şiddetinin bozulma sınıfı, yoğunluğu ve alanına göre puanlama tablosu (NEN, 2006; Straub, 2009; Vilhena, 2011).

Durum değerlendirme puanlaması						
Bozulma sınıfı	**Bozulma yoğunluğu/ alanı**	**<2**	**2-10**	**10-30**	**30-70**	**≥70**
Az düzeyde bozulmalar	Düşük	1	1	1	1	2
	Orta	1	1	1	2	3
	Yüksek	1	1	2	3	4
Orta düzeyde bozulmalar	Düşük	1	1	1	2	3
	Orta	1	1	2	3	4
	Yüksek	1	2	3	4	5
Çok düzeyde bozulmalar	Düşük	1	1	2	3	4
	Orta	1	2	3	4	5
	Yüksek	2	3	4	5	6

İşlem 1.3.2-Her bozulma anomalisine ağırlık puanı verilmesi: Model kapsamında görülen tüm bozulmaların bozulma şiddetleri hesaplandıktan sonra bozulmaların önem düzeyine bağlı olarak önceden belirlenmiş olan sabit ağırlık puanı ile çarpımı sonucunda bozulma puanları elde edilmektedir. Ağırlık puanlarının belirlenmesinde öncelikle Fernandes ve diğ. (2019) tarafından yapılan çalışmadaki 182 pencere sisteminin incelenmesi sonucunda elde edilen anomalilerin ağırlık puanları esas alınmıştır ve tez kapsamına uzman görüşü alınarak modele uyarlanmıştır. Tablo 5. 15'te modelde kullanılan bozulma anomalilerine ait ağırlık puanları verilmiştir.

Tablo 5. 15: Model kapsamında kabul edilen bozulma anomalilerin ağırlık puanları (Fernandes vd.,2019 çalışmasından uyarlanmıştır).

	Pencere sistemlerinde görülen bozulma anomalileri		Ağırlık puanı
1.	**Çerçeve bileşeni**		
	Çerçevenin koruyucu bileşeni		
	BA1-1	Kaplama yüzeyinde çevresel atık birikimi	**0,1**
	BA1-2	Kaplama yüzeyinde estetik deformasyon (renk değişimi, kabarma vb.)	**0,2**
	BO1-1	Kaplama yüzeyinde inşaat atık birikimi	**0,3**
	BO1-2	Kaplama yüzeyinde biyolojik atık birikimi	**0,3**
	BÇ1-1	Kaplama yüzeyinde biyolojik deformasyon (çürüme, küflenme vb.)	**0,4**
	BÇ1-1	Kaplama yüzeyinde süreksizlik	**1**
	BÇ1-2	Kaplama yüzeyinin olmaması	**1**
	Çerçevenin gövde bileşeni		
	BA1-3	Çerçeve bileşeninde estetik deformasyon (renk değişimi, kabarma vb.)	**0,2**
	BO1-4	Çerçeve bileşeninde fiziksel deformasyon (şişme, ezilme, sarkma vb.)	**0,8**
	BO1-5	Çerçeve bileşeninde biyolojik deformasyon (çürüme, küflenme vb.)	**0,6-1,5***
	BO1-6	Çerçeve bileşeninde kimyasal deformasyon (korozyon vb.)	**0,6**
	BÇ1-3	Çerçeve bileşenlerinin birleşim noktalarında açılma	**1**
	BÇ1-4	Çerçeve yüzeyinde açılan boşluklar	**1**
	BÇ1-5	Çerçeve bileşenlerinde hizalamadan kaynaklı açıklık	**1**
	BÇ1-6	Çerçeve bileşeninde süreksizlik	**2**
	BÇ1-7	Çerçeve bileşeninde kırılma	**2**
	BÇ1-8	Çerçeve bileşeninde eksik parça	**2**
	BÇ1-9	Çerçeve bileşenin olmaması	**2**
2.	**Dolgu bileşeni**		
	BA2-1	Cam yüzeyinde çevresel atık birikimi	**0,1**
	BO2-1	Cam yüzeyinde inşaat atık birikimi	**0,3**
	BO2-2	Cam yüzeyinde biyolojik atık birikimi	**0,3**
	BO2-3	Cam yüzeyinde fiziksel deformasyon (Çizilme vb.)	**0,4**
	BÇ2-1	Cam tabakaları arasında buğulanma	**1**
	BÇ2-2	Camın çatlaması	**1**
	BÇ2-3	Camın kırılması	**2**
3.	**Yalıtım bileşeni**		
	BA3-1	Yalıtım bileşeninde çevresel atık birikimi	**0,1**
	BA3-2	Yalıtım bileşeninde estetik deformasyon (renk değişimi vb.)	**0,2**
	BO3-1	Yalıtım bileşeninde inşaat atık birikimi	**0,3**
	BO3-2	Yalıtım bileşeninde biyolojik atık birikimi	**0,3**
	BO3-3	Yalıtım bileşeninde fiziksel deformasyon (ezilme, şekil değiştirme vb.)	**0,5**
	BÇ3-1	Derz dolgularının boşalması	**1,5**
	BÇ3-2	Yalıtım bileşeninde süreksizlik	**2**
	BÇ3-3	Yalıtım bileşeninde eksik yalıtım uygulaması	**2**
	BÇ3-4	Yalıtım bileşeninin yaşlanması	**2**
	BÇ3-5	Yalıtım bileşeninin olmaması	**2**
4.	**Tamamlayıcı bileşenler**		
	Tamamlayıcı koruyucu bileşeni		
	BA4-1	Kaplama yüzeyinde çevresel atık birikimi	**0,1**
	BA4-2	Kaplama yüzeyinde estetik deformasyon (renk değişimi, kabarma vb.)	**0,2**
	BO4-1	Kaplama yüzeyinde inşaat atık birikimi	**0,3**
	BO4-2	Kaplama yüzeyinde biyolojik atık birikimi	**0,3**
	BÇ4-1	Kaplama yüzeyinde süreksizlik	**0,8**
	BÇ4-2	Kaplama yüzeyinin olmaması	**0,3**
	Tamamlayıcı gövde bileşeni		
	BA4-3	Tamamlayıcı bileşende estetik deformasyon (renk değişimi, kabarma vb.)	**0,2**
	BO4-3	Tamamlayıcı bileşende fiziksel deformasyon (eğilme, ezilme vb.)	**0,6**
	BO4-4	Tamamlayıcı bileşende kimyasal deformasyon (korozyon, asit- baz etkisi vb.)	**0,6**
	BO4-5	Tamamlayıcı bileşende biyolojik deformasyon (çürüme, küflenme vb.)	**0,6**
	BÇ4-3	Tamamlayıcı bileşende süreksizlik	**2**
	BÇ4-4	Tamamlayıcı bileşende kırılma	**2**
	BÇ4-5	Tamamlayıcı bileşende eksik parça	**2**
	BÇ4-6	Tamamlayıcı bileşeninin olmaması	**2**

BA: Az düzeyde bozulmalar **BO**: Orta düzeyde bozulmalar **BÇ**: Çok düzeyde bozulmalar

İşlem 1.3.3-Pencerenin bileşen, alt bileşen ve katmanlarına ağırlık puanlarının verilmesi ve bozulma puanlarının hesaplanması: Bozulma puanının hesaplanmasında bileşenlerin, alt bileşenlerin ve katmanların her biri için ayrı ağırlık değeri verilmesi gerekmektedir. Tez kapsamında ağırlıkların belirlenmesinde Churchmann ve Ackoff tarafından geliştirilen, bireysel tercihlerin ağırlıkları için önerilen ve kardinal skalaları gerektiren yöntem kullanılmıştır. Bu yönteminin aşamaları aşağıda anlatılmıştır (Tapan, 2004).

- Ağırlık değeri verilecek öğelerin uzman kişi veya kişilerin tercihlerine göre sıralanır, $O_1 > O_2 > O_3 > O_4$
- En fazla öneme sahip öğeye ilk aşamada 1.00 ağırlık değeri verilir ve diğer öğelerin ağırlık değerleri sistem içerisindeki önemine bağlı olarak geçici ağırlık değeri atanmaktadır.

  $O_1 > O_2 > O_3 > O_4$ olmasında dolayı $V_1 > V_2 > V_3 > V_4$ olacak şekilde sıralanmalıdır.

  Örnek olarak: $V_1 = 1.00$, $V_2 = 0.80$, $V_3 = 0.50$, $V_4 = 0.30$
- En fazla öneme sahip öğeye göre diğer öğelerin toplam değerleriyle karşılaştırılarak, en fazla önem sahip öğenin değeri tekrar belirlenir. $V_1 > V_2 + V_3 + V_4$ ifadesine göre, V_1'in yeni değeri $V_1 = 2{,}00$ olarak değiştirilebilir.
- Daha sonra O_2'nın ağırlık değeri O_3 ve O_4 karşılaştırılarak yeniden V_2 ağırlık değeri belirlenir. O_2'nin ağırlık değeri olan V_2'nin yeniden düzenlenmesi, örneğin $V_2 < V_3 + V_4$ ifadesine göre olabilir ve böylece geçici olarak saptanan $V_2 = 0.80$ değeri 0.70'e dönüşebilir. Geçici olarak saptanan V_3 ve V_4 değerleri de örneğin $V_3 > V_4$ ifadesine dayanarak aynen kabul edilebilir ve böylece her değer birbiriyle tutarlı hale gelmiş olur.
- Son aşamada elde edilen değerler Σ Vj ile bölünerek normalize edilebilir.

  $\Sigma V_j = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$ formülüne göre 2+0,7+0,5+0,3=3.50'dir. Standartlaştırılan yeni değerler;

  V1' = 2.00 / 3.50 = 0.57 V2' = 0.70 / 3.50 = 0.20

  V3' = 0.50 / 3.50 = 0.14 V4' = 0.30 / 3.50 = 0.09

  Toplam 1.00

Tez kapsamında bu yöntemin uygulanması sonucunda pencere sistemlerindeki bileşen, alt bileşen ve katmanlarındaki bozulma puanlarının hesaplamasında kullanılan ağırlık puanları Tablo 5. 16'da verilmiştir.

Tablo 5. 16: Pencere sistemlerindeki bileşen, alt bileşen ve katmanlarında görülen bozulmaların puanlarının hesaplamasında kullanılan ağırlık puanları.

Pencere sistemlerini oluşturan bileşen, alt bileşenler ve katmanlar			Katman		Alt bileşen		Bileşen	
			A.D.	A.P.	A.D.	A.P.	A.D.	A.P.
1.	**Çerçeve bileşeni**						**5**	**0,31**
	1.1	Kasa			5	0,6		
		• Çerçevenin koruyucu bileşeni	3	0,38				
		• Çerçevenin gövde bileşeni	5	0,62				
	1.2	Kanat			3	0,3		
		• Çerçevenin koruyucu bileşeni	3	0,38				
		• Çerçevenin gövde bileşeni	5	0,62				
	1.3	Cam tespit bileşeni			1	0,1		
		• Çerçevenin koruyucu bileşeni	3	0,38				
		• Çerçevenin gövde bileşeni	5	0,62				
2.	**Dolgu bileşeni**						**4**	**0,25**
	2.1	Cam bileşeni			5	1		
3.	**Yalıtım bileşeni**						**3**	**0,19**
	3.1	Kasa ile kanat arasındaki yalıtım	5	0,25				
	3.2	Çerçeve ile cam arasındaki yalıtım	5	0,25				
	3.3	Kasa ile duvar arasındaki yalıtım	5	0,25				
	3.4	Kasa ile denizlik arasındaki yalıtım	5	0,25				
4.	**Tamamlayıcı bileşenler**						**3**	**0,19**
	4.1	Tespit bileşeni			5	0,5		
		• Tamamlayıcı koruyucu bileşeni	3	0,38				
		• Tamamlayıcı gövde bileşeni	5	0,62				
	4.2	Açma kapama mekanizmasında			4	0,4		
		• Tamamlayıcı koruyucu bileşeni	3	0,38				
		• Tamamlayıcı gövde bileşeni	5	0,62				
	4.3	Estetik açıdan tamamlayıcı bileşeninde			1	0,1		
		• Tamamlayıcı koruyucu bileşeni	3	0,38				
		• Tamamlayıcı gövde bileşeni	5	0,62				

A.D. = Ağırlık Değeri **A.P.**= Ağırlık Puanı

İşlem 1.3.3'un devamında işlem 1.3.1'de bulunan bozulma şiddetlerinin Tablo 5. 15'teki bozulma anomalilerinin ağırlık katsayılarına göre ağırlıklı ortalamalarının hesaplanmasıyla katmanların bozulma puanına ulaşılır. Katmanların bozulma puanlarının Tablo 5. 16'da verilen ağırlık puanlarına göre ağırlıklı ortalama hesaplamaları sonucunda sırasıyla alt bileşen, bileşen ve pencere sisteminin bozulma puanları hesaplanmaktadır.

İşlem 1.3.4- İlgili bileşende görülen bozulmalara sebep olan etkenlerin belirlenmesi:

İşlem 1.3.4'te incelenen pencere sisteminde tespit edilen bozulmalara sebep olan çevresel, insan kaynaklı ve zamana bağlı etkenler belirlenmektedir. Bu işlemde bileşende görülen bozulmaların sebepleri; atmosferik etki, biyolojik etki, kimyasal etki, mekanik etki, tasarım hatası, üretim hatası, uygulama hatası, kullanım hatası ve

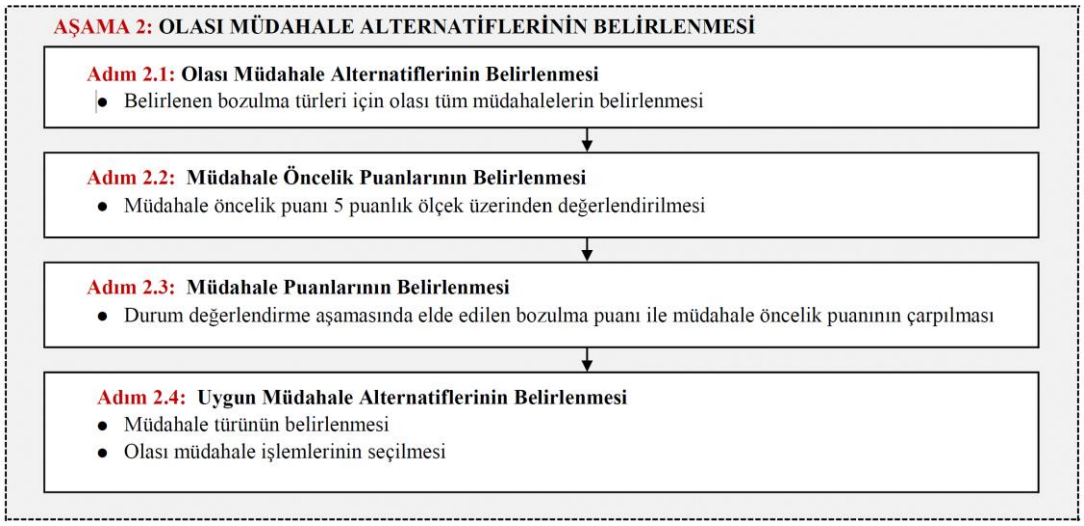
doğal yaşlanma olarak 9 etki üzerinden değerlendirilmiştir. Bu işlemin dört ana bileşendeki verilerinin bütünü Aşama 3'te hazırlanan raporda bozulmalara sebep olan etkenlerin bileşene göre dağılımı grafik olarak verilmektedir.

İşlem 1.3.5-İlgili bileşende görülen bozulmaların etkilediği performansların belirlenmesi: İşlem 1.3.5'te incelenen pencere sisteminde tespit edilen bozulmaların etkilediği performanslar belirlenmektedir. Bu işlemde bileşende görülen bozulmaların etkilediği performanslar; ısı, su ve nem, hava, ses, mekanik ve estetik performans olarak 6 performans üzerinden değerlendirilmiştir. Bu işlemin dört ana bileşendeki verilerinin tümü Aşama 3'te hazırlanan raporda bozulmaların etkilediği performansların bileşene göre dağılımları grafik olarak verilmiştir.

5.1.3 Aşama 2-Olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi

Olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi aşamasında pencere sistemlerinde görülen bozulmalara karşı uygulanabilecek en uygun alternatiflerin hızlıca belirlenmesinde uzman kişilere yardımcı olacak şekilde Excel tabloları oluşturulmuştur. Olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi aşamasında;

- Olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi,
- Müdahale öncelik puanlarının belirlenmesi,
- Müdahale puanlarının belirlenmesi,
- Uygun müdahale alternatiflerinin belirlenmesi olarak dört adımdan oluşmaktadır (Şekil 5. 8).



Şekil 5. 8: Olası müdahale alternatiflerinin belirlenme aşamasının adımları.

5.1.3.1 Adım 2.1-Olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi

Uzmanın bozulma puanlarına göre müdahalelerin seçiminde hata yapmaması için tüm bileşenlere ait müdahale yöntemleri önceden belirlenmiştir. Pencere sistemine uygulanabilecek müdahale alternatifleri uygulandığı bileşen grubuna göre sınıflandırılmış ve sınıflandırmaya ait müdahale listesi Tablo 5. 6'da verilmiştir.

5.1.3.2 Adım 2.2-Müdahale öncelik puanlarının belirlenmesi

Müdahale öncelik puanlarının belirlenmesi adımında pencere sistemlerinde görülen bozulmalar için müdahale öncelik puanlarının tanımlanması işlemi yapılmaktadır. Müdahale öncelik puanı, bozulmanın estetik, performans, fonksiyon ve dayanım olarak dört parametre üzerindeki etkileri 5 puanlık ölçek üzerinden değerlendirilmektedir. Öncelik puanları ve tanımları Tablo 5. 17'de belirtilmiştir.

Tablo 5. 17: Müdahale öncelik puanı
(Noor vd., 2019'den pencere sistemlerine uyarlanmıştır).

Puan	Tanım	Durum
1	Bozulmaların performans, dayanım ve fonksiyonunu etkilemeyen sadece estetik değer kayıplarının olması	Tatmin edici (Satisfactory)
2	Bozulmanın pencere bileşenlerin fonksiyonu üzerinde etkilerinin başladığı ve estetik değer kayıplarının olması	Hafif (Slight)
3	Pencere bileşenlerinde istenilmeyen estetik, fonksiyon ve performans kayıplarının olması	Orta (Moderate)
4	Pencere bileşenlerinde istenilmeyen estetik, fonksiyon, performans ve dayanım kayıplarının ileri seviyede olması *(Bozulmanın diğer bileşenleri doğrudan etkilemesi)*	Zayıf (Poor)
5	Bozulmaların onarılamaz seviyede olması *(Diğer yapı sistemlerini üzerinde doğrudan bozulmalara sebep olan ve kullanıcı konforunu sağlamadığı gibi risk oluşan bozulmalar)*	Şiddetli (Severe)

5.1.3.3 Adım 2.3-Müdahale puanlarının belirlenmesi

Müdahale puanlarının belirlenmesi adımında durum değerlendirme aşamasında elde edilen bozulma puanı ile müdahale öncelik puanının çarpılmasıyla müdahale puanı belirlenmektedir. Müdahale puanının hesaplanması için kullanılan matris sistemi Tablo 5. 18'de verilmiştir.

Tablo 5. 18: Müdahale puanına ait karar matrisi.

Müdahale önceliği	Bozulma Puanı					
	1	2	3	4	5	6
1	1	2	3	4	5	6
2	2	4	6	8	10	12
3	3	6	9	12	15	18
4	4	8	12	16	20	24
5	5	10	15	20	25	30

5.1.3.4 Adım 2.4- Uygun müdahale alternatiflerinin belirlenmesi

Uygun müdahale alternatiflerinin belirlenmesi adımında müdahale puanına göre müdahale türü ve müdahale işlemleri seçilmektedir. Müdahale puanına ait 5x6'lık karar matris sisteminde müdahale puan aralıkları ve müdahale türleri Tablo 5. 19'da verilmiştir. Müdahale puanı 1 ile 6 arasında olan bileşenlerde önleyici bakım, 7 ile 12 arasında olanlara durum bazlı bakım, 13 ile 18 arasında olan onarım işlemleri yapılması uygundur. 19 ile 24 arasında olan bileşenlerin maliyet açısından değiştirilmesi daha avantajlı olmaktadır. Çerçeve bileşeni önemine bağlı olarak rehabilitasyonu yapılması düşünülebilir. Müdahale puanın 24'ten fazla olması durumunda pencere sisteminin değiştirilmesi gerekir.

Tablo 5. 19: Müdahale puanına göre müdahale türleri.

Müdahale puanı	Durum	Müdahale Türü
1-6	Çok iyi	Önleyici bakım
7-12	İyi	Durum bazlı bakım
13-18	Orta	Onarım
19-24	Kritik	Rehabilitasyom
25-30	Çok Kritik	Değişim

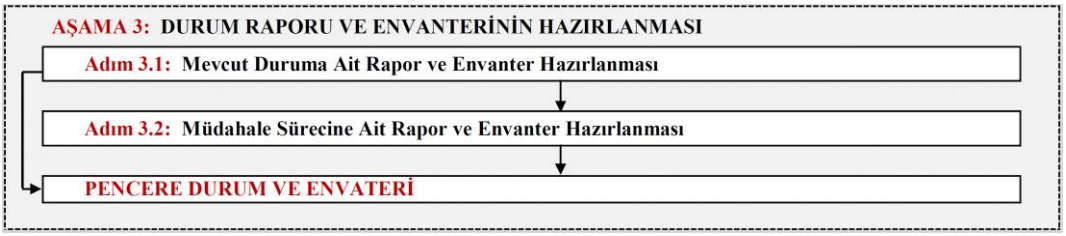
5.1.4 Aşama 3-Durum raporu ve envanterinin hazırlanması

Durum raporu ve envanterinin hazırlanma aşamasında incelenen pencere sisteminin mevcut durumuna ve müdahale sürecine ait rapor ve envanter çalışmaları olarak iki adımdan oluşmaktadır (Şekil 5. 9).

Adım 3.1-Mevcut duruma ait rapor ve envanter hazırlama adımında;

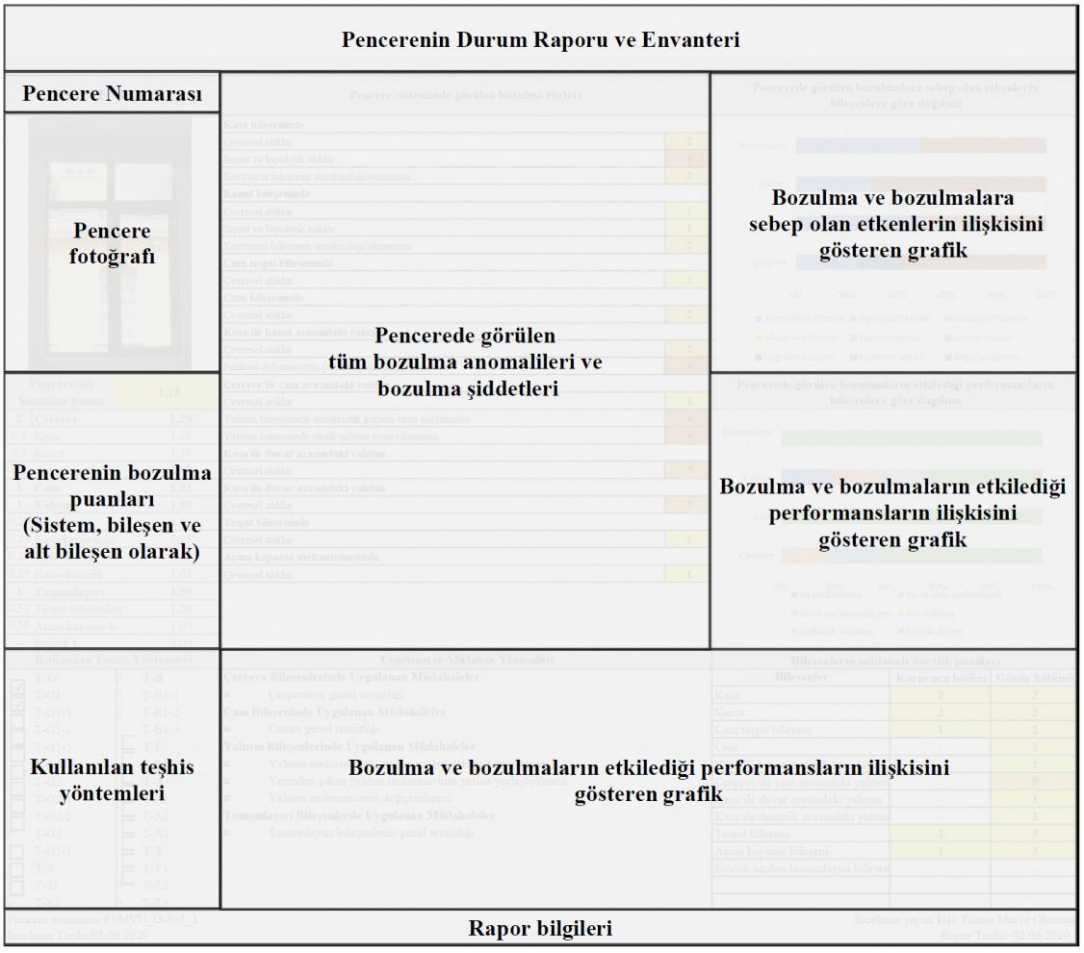
- Pencerenin mevcut durumunu anlatan fotoğraflar,
- Pencerenin bozulma puanları (alt bileşen, bileşen ve sistem olarak),
- Kullanılan teşhis yöntemleri,

- Pencerede görülen tüm bozulma anomalileri ve bozulma şiddetleri,
- Bozulma sebepleri ve bozulmaların görüldüğü bileşen ilişki grafiği,
- Bozulmaların görüldüğü bileşenler ve performans ilişki grafiği vb. çalışmalar yapılmaktadır.



Şekil 5. 9: Durum raporu ve envanterinin hazırlanması aşamasının adımları.

Adım 3.2 Müdahale sürecine ait rapor ve envanter hazırlanması adımında bileşenlerin müdahale puanları ve uygulanabilecek müdahale alternatiflerine ait bilgiler hazırlanmaktadır. Mevcut duruma ve müdahale sürecine ait veriler bir tablo üzerinde birleştirilmesiyle pencere durum ve envanteri raporu oluşturulmaktadır. Raporun strüktürü Şekil 5. 10'da verilmiştir.



Şekil 5. 10: Model raporunun strüktürü.

5.2 Pencere Sistemlerindeki Bozulmaların Teşhis, Analiz ve Müdahalesi için Karar Destek Modelinin Uygulanması

Tez kapsamında geliştirilen modelin uygulanabilirliğinin ölçülmesi için İstanbul'da ahşap, PVC ve alüminyum çerçeveli pencerelerin birlikte kullanıldığı bir eğitim binası seçilmiştir. Üç çerçeve türünün bulunduğu bloklar farklı olduğu gibi blokların yapım yılları ve taşıyıcı sistemleri de birbirinden farklıdır. Ahşap pencerelerin bulunduğu blok 19. yüzyılda yığma taşıyıcı sisteme sahiptir. PVC pencerelerin bulunduğu blok betonarme yapım sistemli ve alüminyum pencerelerin bulunduğu blok ise çelik strüktürlüdür. Tez kapsamında üç pencere türünden ikişer pencere sistemi seçilerek toplamda altı pencere üzerinde model uygulanmıştır.

5.2.1 Alüminyum pencerelerde modelin uygulanması

2016 yılında yapılan çelik strüktürlü blok üç katlı olup incelenen alüminyum pencere sistemleri 2. katta ve kuzeybatı yönüne bakmaktadırlar. İncelenen 1. alüminyum pencere sistemine uygulanan karar destek modelinin aşamaları aşağıda verilmiştir.

Aşama 1- Durum değerlendirmesi: 1. alüminyum pencere için durum değerlendirme aşamasında ilk adımı olan (adım 1.1) veri toplama adımı gerçekleştirilmiştir. 1. alüminyum pencerenin veri toplama tablosu Tablo 5. 20'de verilmiştir.

Tablo 5. 20: İncelenen 1. alüminyum pencerenin veri toplama tablosu.

Bina ve Pencere Hakkında Genel Bilgiler

Bina Hakkında Genel Bilgiler

■ Binanın adı		■ Kullanıcının Adı Soyadı	
■ İl	İSTANBUL	■ İlçe	BEYOĞLU
■ Mahalle	Sütlüce	■ Ada/Parsel	
■ Bina tipi	Eğitim binası	■ Yapım yılı	2016-2020
■ Taşıyıcı sistemi	İskelet sistem	■ Kat sayısı	3

■ Binanın formunu 1. kutudan seçiniz. Şeçilen formun çizmine göre kuzey yönünü 2 .kutudan seçiniz. Dikdörtgen | Y_45

Pencere Hakkında Genel Bilgiler

■ Pencerenin bulunduğu kat	2. kat	■ Pencerenin baktığı yön	Kuzeybatı
■ Çerçeve malzemesi	Alüminyum	■ Çerçevenin duvardaki konumu	Orta
■ Kasa çeşidi	Dik kasa	■ Bini/Oda sayısı	
■ Denizlik türü	Alüminyum kaplama	■ Pencere boyutları	

■ Pencere düzeni (kanat hareketleri, kasa ve kanat düzenleri vb.) hakkında bilgiler: Pencere22

Tek kanatlı yan dönel pencere üstü ve yanı sabit cam

Pencerelere uygulanan eski müdahale uygulamaları

■ Pencerenin montaj yılı: 2016

■ Daha önceden yapılan işlemler

- ☐ Fitil ve conta gibi yalıtım malzemelerinin değiştirilmesi
- ☐ Derz dolgularında meydan gelen boşlukların onarılması
- ☐ Menteşelerin yağlanması/ayarlanması
- ☐ Menteşelerin değiştirilmesi
- ☐ Açma / kapatma mekanizmalarının değiştirilmesi
- ☐ Tespit elemanlarında ayarlanması (Gevşeyen vidaların sıkılaştırılması vb.)
- ☐ Çerçeve elemanları üzerindeki koruyucu tabakanın yenilenmesi
- ☐ Deformasyonların onarımı (bozulma /büzülme/ eğrilme/ genleşme)
- ☐ Su tahliye elemanlarının temizlenmesi
- ☐ Pencere sistemlerinde oluşan çatlaklara dolgu uygulaması
- ☐ Camın değişimi
- ☐ Diğer (Yapılan diğer işlemleri aşağıdaki kutuya yazınız.)

Adım 1.2-Durum analizi adımında incelenen pencerenin bileşenlerinde görülen bozulma anomalilerinin tespit işlemleri yapılmıştır. Pencere bileşenlerinde görülen bozulmalar;

- Çerçeve bileşeninde;
    - Çevresel atık,
    - İnşaat atığı,
    - Koruyucu bileşenin süreksizliği,
- Cam bileşeninde;
    - Çevresel atık,
- Yalıtım bileşeninde;
    - Çevresel atık,
    - Fiziksel deformasyon,
    - Yalıtım bileşeninde süreksizlik,
    - Yalıtım bileşeninde yalıtım eksikliği veya olmaması,
- Tamamlayıcı bileşeninde;
    - Çevresel atık,
    - Bileşende işlevsel vb. sorunlar görülmüştür (Tablo 5. 21).

Çerçeve bileşeninde salgın döneminde eğitim binalarının kullanılmamasına rağmen çevresel atık birikiminin düşük olduğunu belirlenirken pencere montajından sonra duvar yüzeyine uygulanan boya işlemleri sırasında pencere çerçevesinde yeterli önlemlerin alınmamasından kaynaklı boya lekeleri kasa ve kanat bileşenlerinde görülmektedir. Kasa yüzeyindeki inşaat atık miktarı kanada göre daha fazladır. Çerçevede görülen bir diğer sorun ise bakımların zamanında yapılmamasından kaynaklı açma ve kapama sorunlarına bağlı kasa ve kanat bileşenlerinin kaplama yüzeyinde boyanın süreksizlidir. Bu oran şimdilik % 2'den daha azdır. Cam bileşenlerinde sadece çevresel etkilerden kaynaklı kirlenme görülmektedir. Yalıtım bileşenlerinde orta seviyede toz, kir vb. çevresel atık tespit edilmiştir. Kasa ile kanat arasındaki yalıtım fitillerinde yüksek oranda fiziksel bozulma görülürken kasa/kanat ile cam arasındaki fitillerin cam yüzeyinden ayrılıp sarktığı ve %10-30 oranları

arasındaki fitillerin tamamen çıktığı belirlenmiştir. İncelenen pencere sisteminde estetik açıdan tamamlayıcı bileşen bulunmamaktadır. Tespit bileşenlerinde sadece çevresel atık bulunurken açma kapama bileşeninde çevresel atıkla birlikte ayar sorununda kaynaklı işlevsel sorunlar da görülmektedir. Özellikle pencere sistemi yan dönel olacak şekilde pencere kolu çevrildiğinde kanat yan dönel olarak yatayla 90 derece hareket ederken kanat düşeyde de 45 derece hareket etmektedir.

Tablo 5. 21:İncelenen 1. alüminyum pencere sisteminde görülen bozulmalara ait fotoğraflar.

Adım 1.3-Durum değerlendirme adımında, Adım 1.2'de elde edilen bozulma yoğunlukları ve alanlarına ait bozulma verileriyle NEN 2767 yöntemine göre bileşen katmanlarındaki bozulmaların şiddetleri hesaplanmıştır. Tablo 5.15'ten yararlanılarak bozulma anomalilerinin ağırlık puanları bulunmuştur. Ağırlık puanları ile katmanlardaki bozulmaların şiddetlerinin çarpımıyla bozulma puanına ulaşılmıştır. Tablo 5.16'daki ağırlık puanlarına göre ağırlıklı ortalama hesaplamaları sonucunda sırasıyla alt bileşen, bileşen ve pencere sisteminin bozulma puanları hesaplanmıştır.

İncelenen 1. alüminyum pencere sisteminin durum değerlendirmesi sonucunda kasanın bozulma puanı 1,38, kanadın bozulma puanı 1,19, cam tespitinin bozulma puanı 1,00 olması sonucunda çerçevenin toplam bozulma puanı 1,29 olarak belirlenmiştir. Cam bileşenin bozulma puanı 1,02'dir. Yalıtım bileşenlerinin bulunduğu konumlardaki bozulma puanları ise kasa ile kanat arasındaki yalıtımın

bozulma puanı 1,31, kasa/kanat ile cam arasındaki yalıtımın bozulma puanı 3,35, kasanın duvar ve denizlik arasındaki yalıtımın bozulma puanları 1,03 olarak hesaplanmıştır. Tamamlayıcı bileşenlerden tespit bileşenlerinin bozulma puanı 1,00 ve açma kapama bileşeninin bozulma puanı 2,65'tir. Pencerenin toplam bozulma puanı 1.42 olarak hesaplanmıştır. Pencere sistemlerinin bileşenlerindeki bozulmaya sebep olan etkiler incelediğinde tüm bileşenlerde atmosferik etkiler ve kullanım hatası etkili olurken çerçeve bileşeninde uygulama hatasının etkileri de görülmüştür. İncelenen 1. alüminyum pencere sistemine ait durum analizi ve değerlendirme tabloları Tablo 5. 22, Tablo 5. 23, Tablo 5. 24 ve Tablo 5. 25'te gösterilmiştir.

Tablo 5. 22: 1. alüminyum pencerenin cam bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu.

Cam Bileşeninin Durum Analizi ve Değerlendirmesi

D-305_1	Not:						Cam bileşenin bozulma puanı	1,02		
Cam bileşeninde görülen bozulma türleri					**Cam bileşeninde**					
	Bozulma Türü	**Bozulma No**	**Bozulma anomali adı**	**Ağırlık puanı**	**Bozulma yoğunluğu**	**Bozulma alanı**	**Bozulma şiddeti**	**Cam bileşeninde bozulmaya sebep olan etkiler**		
Cam bileşeni	Atık Birikimi	BA2-1	☑ Çevresel atıklar	0,1	Orta	%30 ile 70 arasında	2	Atmosferik Etkiler ☑	Üretim Hatası ☐	
		BO2-1/2	☐ İnşaat ve biyolojik atıklar	0,3			-	Biyolojik Etkiler ☐	Uygulama Hatası ☐	
	Deformasyonlar	BO2-3	☐ Estetik deformasyon (çizilme vb.)	0,2			-	Kimyasal Etkiler ☐	Kullanım Hatası ☑	
	Yoğuşma	BÇ2-1	☐ Tabakalar arasında buğulanma	1			-	Mekanik Etkiler ☐	Doğal yaşlanma ☐	
	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	BÇ2-2	☐ Camın çatlaması	2			-	Tasarım Hatası ☐		
		BÇ2-3	☐ Camın kırılması				-	**Bozulmaların etkilediği performanslar**		
Puan	Cam bileşeninde görülen bozulmaların herbirinin bozulma grubuna göre bozulma puanları			Atık Birikimi			1,25	Isı performansı ☐	Mekanik dayanım ☐	
				Deformasyonlar			1,00	Su ve nem performansı ☐	Estetik değeri ☑	
				Yoğuşmalar			1,00	Hava sızdırmazlık per. ☐		
				Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması			1,00	Ses yalıtımı ☐		

Tablo 5. 23: 1. alüminyum pencerenin çerçeve bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu.

Çerçeve Bileşeninin Durum Analizi ve Değerlendirmesi

D-305_1	Not	Kasanın bozulma puanı (0,6)	1,38	Çerçeve bileşenin bozulma puanı	1,29
		Kanadın bozulma puanı (0,3)	1,19		
		Cam tespitinin bozulma puanı (0,1)	1,00		

Çerçeve bileşeninde görülen bozulma türleri					Kasa bileşeninde			Kanat bileşeninde			Cam tespit bileşeninde			Çerçeve bileşeninde bozulmaya sebep olan etkiler	
Bozulma Türü		Bozulma No	Bozulma anomali adı	Ağırlık puanı	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti		
Koruyucu bileşen	Atık Birikimi	BA1-1	☑ Çevresel atıklar	0,1	Orta	%30 ile 70 arasında	2	Orta	%10 ile 30 arasında	1	Düşük	%2'den az	1	Atmosferik Etkiler	☑
		BO1-1/2	☑ İnşaat ve biyolojik atıklar	0,3	Yüksek	%30 ile 70 arasında	4	Yüksek	%2'den az	1			-	Biyolojik Etkiler	☐
	Deformasyonlar	BA1-2	☐ Estetik deformasyon (renk değişimi,kabarma vb.)	0,2			-			-			-	Kimyasal Etkiler	☐
		BO1-3	☐ Biyolojik deformasyon (çürüme, küflenme vb.)	0,4			-			-			-	Mekanik Etkiler	☐
	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	BÇ1-1/2	☑ Koruyucu bileşenin süreksizliği/olmaması	1	Yüksek	%2'den az	2	Yüksek	%2'den az	2			-	Tasarım Hatası	☐
Gövde bileşeni	Deformasyonlar	BA1-3	☐ Estetik deformasyon (çizilme, renk değişimi vb.)	0,2			-			-			-	Üretim Hatası	☐
		BO1-4	☐ Fiziksel deformasyon (şişme, ezilme, sarkma vb.)	0,8			-			-			-	Uygulama Hatası	☑
		BO1-5	☐ Biyolojik deformasyon (çürüme, küflenme vb.)*	0,6										Kullanım Hatası	☑
		BO1-6	☐ Kimyasal deformasyon (korozyon, asit-baz etkisi vb.)	0,6			-			-			-	Doğal yaşlanma	☐
	Boşluklar- Açıklıklar	BÇ1-3	☐ Bileşenlerin birleşim noktalarında açılma	1			-			-			-	**Bozulmaların etkilediği performanslar**	
		BÇ1-4	☐ Çerçeve yüzeyinde açılan boşluklar	1			-			-			-		
		BÇ1-5	☐ Çerçeve bileşenlerinde hizalamadan kaynaklı açıklık	1			-			-			-	Isı performansı	☐
	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	BÇ1-6/7	☐ Bileşende süreksizlik veya kırılma	2			-			-			-	Su ve nem performansı	☑
		BÇ1-8/9	☐ Bileşende eksik parça veya olmaması	2			-			-			-	Hava sızdırmazlık per.	☐
Puan	Çerçeve bileşenlerinin her birininin koruyucu ve gövde bileşenlerindeki bozulma puanları		Koruyucu bileşenin bozulma puanları	0,38	Atık Birikimi	3,50	2,00	Atık Birikimi	1,00	1,50	Atık Birikimi	1,00	1,00	Ses yalıtımı	☐
					Deformasyonlar	1,00		Deformasyonlar	1,00		Deformasyonlar	1,00		Mekanik dayanım	☐
					Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	2,00		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	2,00		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1,00		Estetik değeri	☑
			Gövde bileşenin bozulma puanları	0,62	Deformasyonlar	1,00	1,00	Deformasyonlar	1,00	1,00	Deformasyonlar	1,00	1,00		
					Boşluklar- Açıklıklar	1,00		Boşluklar- Açıklıklar	1,00		Boşluklar- Açıklıklar	1,00			
					Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1,00		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1,00		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1,00			

Tablo 5. 24: 1. alüminyum pencerenin yalıtım bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu.

Yalıtım Bileşeninin Durum Analizi ve Değerlendirmesi

D-305_1	Not:	Kasa ile kanat arasındaki yalıtım (0,25	1,31	Yalıtım bileşenin bozulma puanı	1,68
		Çerçeve ile cam arasındaki yalıtım (0,25)	3,35		
		Kasa ile duvar arasındaki yalıtım (0,25)	1,03		
		Kasa ile denizlik arasındaki yalıtım (0,25)	1,03		

Yalıtım bileşeninde görülen bozulma türleri					Kasa ile kanat arasındaki yalıtım			Kasa/kanat ile cam arasındaki yalıtım			Kasa ile duvar arasındaki yalıtım			Kasa ile duvar arasındaki yalıtım			Yalıtım bileşeninde bozulmaya sebep olan etkiler			
	Bozulma Türü	Bozulma No	Bozulma anomali adı	Ağırlık	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti				
Yalıtım bileşeni	Atık Birikimi	BA3-1	☑ Çevresel atıklar	0,1	Orta	%30 ile 70 arasında	2	Orta	%10 ile 30 arasında	1	Yüksek	%30 ile 70 arasında	3	Yüksek	%30 ile 70 arasında	3	Atmosferik Etkiler	☑	Üretim Hatası	☐
		BO1-1/2	☐ İnşaat ve biyolojik atıklar	0,3			-			-			-			-	Biyolojik Etkiler	☐	Uygulama Hatası	☐
	Deformasyonlar	BA3-2	☐ Estetik deformasyon (kabarma, çatlama vb.)	0,2			-			-			-			-	Kimyasal Etkiler	☐	Kullanım Hatası	☑
		BO3-3	☑ Fiziksel deformasyon (ezilme,şekil değiştirme vb.)	0,5	Yüksek	%30 ile 70 arasında	4			-			-			-	Mekanik Etkiler	☐	Doğal yaşlanma	☐
	Boşluklar- Açıklıklar	BÇ3-1	☐ Derz dolgularının boşalması	1,5									-			-	Tasarım Hatası	☐		
	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	BÇ3-2/4	☑ Yalıtım bileşeninde süreksizlik,kopma veya yaşlanması	2			-	Yüksek	%10 ile 30 arasında	4			-			-	**Bozulmaların etkilediği performanslar**			
		BÇ3-3/5	☑ Yalıtım bileşeninde eksik yalıtım veya olmaması	2			-	Yüksek	%10 ile 30 arasında	4			-			-				
Puan	Yalıtım bileşenlerinde görülen bozulmaların her birinin bozulma grubuna göre bozulma puanları				Atık Birikimi	1,25		Atık Birikimi	1,00		Atık Birikimi	1,50		Atık Birikimi	1,50		Isı performansı	☑	Mekanik dayanım	☐
					Deformasyonlar	3,14		Deformasyonlar	1,00		Deformasyonlar	1,00		Deformasyonlar	1,00		Su ve nem performansı	☑	Estetik değeri	☑
					Boşluklar- Açıklıklar	-	1,31	Boşluklar- Açıklıklar	-	3,35	Boşluklar- Açıklıklar	1,00	1,03	Boşluklar- Açıklıklar	1,00	1,03	Hava sızdırmazlık per.	☑		
					Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1,00		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	4,00		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1,00		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1,00		Ses yalıtımı	☑		

Tablo 5. 25: 1. alüminyum pencerenin tamamlayıcı bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu.

Tamamlayıcı Bileşenlerin Durum Analizi ve Değerlendirmesi

D-305_1	Not:	Tespit bileşeninin bozulma puanı (0,5)	1,00	Tamamlayucu bileşenlerin bozulma puanı	1,83
		Açma kapama mekanizmasının bozulma puanı (0,5)	2,65		
		Estetik açıdan tamamlayıcı bileşeninin bozulma puanı			

Tamamlayıcı bileşenlerde görülen bozulma türleri					Tespit bileşeninde			Açma kapama mekanizmasında			Estetik açıdan tamamlayıcı bileşeninde			Tamamlayıcı bileşenlerde bozulmaya sebep olan etkiler	
	Bozulma Türü	Bozulma No	Bozulma anomali adı	Ağırlık puanı	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti		
Koruyucu bileşen	Atık Birikimi	BA4-1	☑ Çevresel atıklar	0,1	Orta	%10 ile 30 arasında	1	Orta	%10 ile 30 arasında	1				Atmosferik Etkiler	☑
		BO4-1/2	☐ İnşaat ve biyolojik atıklar	0,3			-			-				Biyolojik Etkiler	☐
	Deformasyonlar	BA4-2	☐ Estetik deformasyon (renk değişimi, çizilme vb.)	0,2			-			-				Kimyasal Etkiler	☐
	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	BÇ4-1	☐ Koruyucu bileşende süreksizlik	0,8			-			-				Mekanik Etkiler	☐
		BÇ4-2	☐ Koruyucu bileşenin olmaması	0,8			-			-				Tasarım Hatası	☐
Gövde bileşeni	Deformasyonlar	BA4-3	☐ Estetik deformasyon (kabarma, çatlama vb.)	0,2			-			-				Üretim Hatası	☐
		BO1-4	☐ Fiziksel deformasyon (eğilme, ezilme, sarkma vb.)	0,6			-			-				Uygulama Hatası	☐
		BO1-5	☐ Kimyasal deformasyon (korozyon, asit-baz etkisi vb.)	0,6			-			-				Kullanım Hatası	☑
		BO1-6	☐ Biyolojik deformasyon (çürüme, küflenme vb.)*	0,6			-			-				Doğal yaşlanma	☐
	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	BÇ4-3/4	☐ Bileşende süreksizlik veya kırılma	2			-			-				**Bozulmaların etkilediği performanslar**	
		BÇ4-5/6	☑ Bileşende eksik parça/işlevsel sorun veya olmaması	2			-	Yüksek	%30 ile 70 arasında	5				Isı performansı	☑
Puan	Tamamlayıcı bileşenlerinin her birininin koruyucu ve gövde bileşenlerindeki bozulma puanları		Koruyucu bileşenin bozulma puanları	0,38	Atık Birikimi	1,00	1,00	Atık Birikimi	1,00	1,00	Atık Birikimi		Bileşen yok	Su ve nem performansı	☐
					Deformasyonlar	1,00		Deformasyonlar	1,00		Deformasyonlar			Hava sızdırmazlık per.	☑
					Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1,00		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1,00		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması			Ses yalıtımı	☐
			Gövde bileşenin bozulma puanları	0,62	Deformasyonlar	1,00	1,00	Deformasyonlar	1,00	3,67	Deformasyonlar			Mekanik dayanım	☑
					Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1,00		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	5,00		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması			Estetik değeri	☑

Aşama 2- Olası Müdahale Alternatiflerinin belirlenmesi: İncelenen alüminyum çerçeve için modelin 2. aşamasında adım 2.1'e göre bozulma görülen bileşenlerde kullanılmak için hazırlanmış müdahale alternatiflerini içeren tablolar incelenmiştir. Adım 2.2'de penceredeki her bir bileşenin bozulma durumuna göre müdahale öncelik puanları verilmiştir. Daha sonra Adım 2.3'te durum değerlendirmesinde elde edilen bozulma puanları ile müdahale öncelik puanlarının çarpılmasıyla müdahale puanları bulunmuştur. Açma kapama bileşeninin müdahale puanı 16, kasa/kanat ile cam arasındaki yalıtımların bozulma puanı 9 ve diğer bileşenlerin müdahale puanları 1 ile 3 arasında değerlere sahiptir. Adım 2.4'te müdahale puanlarına göre uygun müdahale alternatifleri işaretlenmiştir. 1. alüminyum pencere sistemi için hazırlanan olası müdahale alternatifleri tablosu Tablo 5. 26'da verilmiştir.

Tablo 5. 26: 1. alüminyum pencerenin için hazırlanan olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi aşaması.

OLASI MÜDAHALE ALTERNATİFLERİNİN BELİRLENMESİ AŞAMASI

Müdahale puanının belirlenmesi

Bileşen katmanlarında oluşan bozulmaların şiddetlerine bağlı müdahale öncelik puanı	Koruyucu bölüm			Gövde bölümü		
	Bozulma puanı	Müdahale önceliği	Müdahale puanı	Bozulma puanı	Müdahale önceliği	Müdahale puanı
Kasa	2	1	2	1	2	2
Kanat	2	1	2	1	2	2
Cam tespit bileşeni	1	1	1	1	2	2
Cam	-	-	-	1	2	2
Kasa ile kanat arasındaki yalıtım	-	-	-	1	1	1
Çerçeve ile cam arasındaki yalıtım	-	-	-	3	3	9
Kasa ile duvar arasındaki yalıtım	-	-	-	1	1	1
Kasa ile denizlik arasındaki yalıtım	-	-	-	1	1	1
Tespit bileşeni	1	1	1	1	3	3
Açma kapama bileşeni	1	1	1	4	4	16
Estetik açıdan tamamlayıcı bileşen	-	-	-	0	-	-

Müdahale yöntemlerinin belirlenmesi

Çerçeve Bileşenlerinde Uygulanan Müdahaleler
- ☑ Çerçevenin genel temizliği
- ☐ Çerçeve elemanları üzerindeki koruyucu tabakanın yenilenmesi
- ☐ Antifungal,su geçirmez ve UV dayanıklı kaplamaların uygulanması
- ☐ Çerçevede oluşan çatlaklara/parça kayıplarına dolgu uygulanması
- ☐ Kanattaki form bozukluklarına karşı güçlendirme profilleri uygulaması
- ☐ Su tahliye kanallarının temizlenmesi
- ☐ Yeni su tahliye kanallarının açılması
- ☐ Cam tespit çıtasının yuvasına yerleştirilmesi
- ☐ Cam macununun yenilenmesi
- ☐ Kanat bileşeninin değiştirilmesi
- ☐ Pencere sisteminin değiştirilmesi
- ☐ Diğer

Cam Bileşeninde Uygulanan Müdahaleler
- ☑ Camın genel temizliği
- ☐ Eskiyen/bozulan kaplamanın çıkarılması
- ☐ Cama çevresel etkenlere uygun kaplama uygulanması
- ☐ Cam tabakaları arasındaki buğuyu kurutulduktan sonra kapatılması
- ☐ Camın değiştirilmesi
- ☐ Diğer

Yalıtım Bileşenlerinde Uygulanan Müdahaleler
- ☑ Yalıtım malzemesinin uygun malzemelerle temizlenmesi
- ☑ Yerinden çıkan yalıtım malzemesinin yerine yerleştirilmesi
- ☑ Yalıtım malzemesinin değiştirilmesi
- ☐ Derz dolgularında meydan gelen boşlukların onarılması
- ☐ Diğer

Tamamlayıcı Bileşenlerde Uygulanan Müdahaleler
- ☑ Tamamlayıcı bileşenlerin genel temizliği
- ☑ Menteşelerin yağlanması ve ayarlanması
- ☐ Menteşe korozyon görüldüğün temizlenme ve korozyon koruyucu uygulanması
- ☐ Menteşelerin değiştirilmesi
- ☑ Açma kapama mekanizmalarının ayarlanması
- ☑ Açma kapama mekanizmalarının değiştirilmesi
- ☐ Korozyon meydana gelen vida, çivi vb. bileşenlerin değiştirilmesi
- ☐ Tespit bileşenlerinin sıkılaştırılması
- ☐ Estetik bileşenlerinin üzerindeki koruyucu tabakanın yenilenmesi
- ☐ Estetik bileşenlerinin yenilenmesi
- ☐ Tespit elemanlarında ayarlanması
- ☐ Diğer

Uzman Görüşü

Pencere sisteminde müdahale önceliği olarak açma kapama bileşenlerindeki bozulmalara yönelik onarım işlemlerinin yapılmasıdır. Müdahale işlemi olarak pencere kolu ile kanat hareketlerinin ayarlanmasından sonra genel temizliği ve yağlama işlemlerinin yapılması gerekir. Kontrolden hemen sonra müdahale edilmezse müdahaleye kadar menteşe ve vasistas aksamlarında eğilme, mekanik açıdan zayıflama vb. bozulmaların görülebileceği için müdahale öncesi durum kontrolü tekrardan yapılmalı ve dayanımda azalma oluşmuşsa sistemlerin değiştirilmesi gerekli olabilir. Çerçeve ile cam arasındaki yalıtım bileşenlerine durum bazlı bakım planlamasının yapılması gereklidir. Yerinden çıkan yalıtım fitillerinin dayanım özellikleri kontrol edilmeli performans kaybı yoksa yerine yerleştirilmelidir. Performans kaybı olan bileşenlerde değiştirilmelidir. Pencerenin diğer bölümleri için genel temizlik, ayarlama, yağlama gibi rutin işlemlerin uygulanması gerekir.

Müdahale

1-6	Çok iyi	Önleyici bakım	19-24	Kritik	Rehabilitasyom
7-12	İyi	Durum bazlı bakım	25-30	Çok Kritik	Değişim
12-18	Orta	Onarım (repair)			

Alüminyum pencere sisteminde, müdahale önceliği olarak açma kapama bileşenlerindeki bozulmalara yönelik onarım işlemleri yapılmalıdır. Müdahale işlemi olarak pencere kolu ile kanat hareketlerinin ayarlanmasından sonra genel temizliği ve

yağlama işlemleri yapılması gerekir. Raporlamadan hemen sonra müdahale edilmezse, müdahaleye kadar menteşe ve vasistas aksamlarında eğilme, mekanik açıdan zayıflama vb. bozulmaların görülebilir. Kasa/kanat ile cam arasındaki yalıtım bileşenlerine durum bazlı bakım planlamasının yapılması gereklidir. Yerinden çıkan yalıtım fitillerinin dayanım özellikleri kontrol edilmeli performans kaybı yoksa yerine yerleştirilmelidir. Performans kaybı olan bileşenler değiştirilmelidir. Pencerenin diğer bölümleri için genel temizlik, ayarlama, yağlama gibi rutin işlemlerin uygulanması yapılmalıdır.

Aşama 3-Durum raporu ve envanterinin hazırlanması: İncelenen 1. alüminyum pencere sistemi için öncelikle Adım 3.1 kapsamında mevcut durumuna ait veriler durum değerlendirme aşamasından ve Adım 3.2 için müdahale sürecine ait veriler olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi aşamasından alınarak pencerenin durum raporu ve envanteri oluşturulmuştur. Pencerenin durum raporu ve envanter tablosu Tablo 5. 27'de gösterilmiştir.

Tablo 5. 27: 1. alüminyum pencere için hazırlanan rapor.

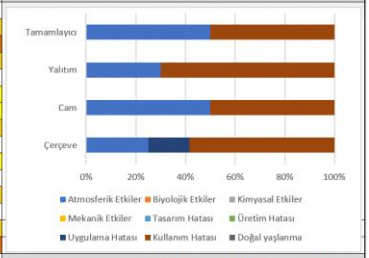
Pencerenin Durum Raporu ve Envanteri

D-305_1

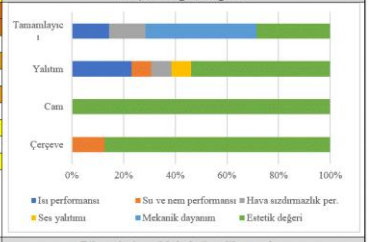
Pencerenin bozulma puanı	1,42
2	**Çerçeve**	**1,29**
0,6	Kasa	1,38
0,3	Kanat	1,19
0,1	Cam tespit b.	1,00
1	**Cam**	**1,02**
1	**Yalıtım**	**1,68**
0,25	Kasa-kanat	1,31
0,25	Kasa/kanat-cam	3,35
0,25	Kasa-duvar	1,03
0,25	Kasa-denizlik	1,03
1	**Tamamlayıcı**	**1,83**
0,50	Tespit bileşenleri	1,00
0,50	Açma kapama b.	2,65
-	Estetik t. .	0,00

Pencere sisteminde görülen bozulma türleri	
Kasa bileşeninde	
Çevresel atıklar	2
İnşaat ve biyolojik atıklar	4
Koruyucu bileşenin süreksizliği/olmaması	2
Kanat bileşeninde	
Çevresel atıklar	1
İnşaat ve biyolojik atıklar	1
Koruyucu bileşenin süreksizliği/olmaması	2
Cam tespit bileşeninde	
Çevresel atıklar	1
Cam bileşeninde	
Çevresel atıklar	2
Kasa ile kanat arasındaki yalıtım	
Çevresel atıklar	2
Fiziksel deformasyon (ezilme,şekil değiştirme vb.)	4
Çerçeve ile cam arasındaki yalıtım	
Çevresel atıklar	1
Yalıtım bileşeninde süreksizlik,kopma veya yaşlanması	4
Yalıtım bileşeninde eksik yalıtım veya olmaması	4
Kasa ile duvar arasındaki yalıtım	
Çevresel atıklar	3
Kasa ile duvar arasındaki yalıtım	
Çevresel atıklar	3
Tespit bileşeninde	
Çevresel atıklar	1
Açma kapama mekanizmasında	
Çevresel atıklar	1

Pencerede görülen bozulmalara sebep olan etkilerin bileşenlere göre dağılımı



Pencerede görülen bozulmaların etkilediği performansların bileşenlere göre dağılımı



Kullanılan Teşhis Yöntemleri		Uygulanacak Müdahale Yöntemleri
☑ **T-G**	☐ **T-B**	**Çerçeve Bileşenlerinde Uygulanan Müdahaleler**
☐ T-G1	☐ T-B1-1	☑ Çerçevenin genel temizliği
☐ T-G1-1	☐ T-B1-2	**Cam Bileşeninde Uygulanan Müdahaleler**
☐ T-G1-2	☐ T-B1-3	☑ Camın genel temizliği
☐ T-G1-3	☐ **T-E**	**Yalıtım Bileşenlerinde Uygulanan Müdahaleler**
☐ T-G1-4	☐ T-E1	☑ Yalıtım malzemesinin uygun malzemelerle temizlenmesi
☐ T-G2	☐ **T-A**	☑ Yerinden çıkan yalıtım malzemesinin yerine yerleştirilmesi
☐ T-G2-1	☐ T-A1	☑ Yalıtım malzemesinin değiştirilmesi
T-G2-2	☐ T-A2	**Tamamlayıcı Bileşenlerde Uygulanan Müdahaleler**
☐ T-G3	☐ T-A3	☑ Tamamlayıcı bileşenlerin genel temizliği
☐ T-G3-1	☐ **T-T**	☑ Menteşelerin yağlanması ve ayarlanması
☐ **T-S**	☐ T-T1	☑ Açma kapama mekanizmalarının ayarlanması
☐ T-S1	T-T2	☑ Açma kapama mekanizmalarının değiştirilmesi
☐ T-S2	☐ T-T3	

Bileşenlerin müdahale öncelik puanları

Bileşenler	Koruyucu bölüm	Gövde bölümü
Kasa	2	2
Kanat	2	2
Cam tespit bileşeni	1	2
Cam	-	2
Kasa ile kanat arasındaki yalıtım	-	1
Çerçeve ile cam arasındaki yalıtım	-	9
Kasa ile duvar arasındaki yalıtım	-	1
Kasa ile denizlik arasındaki yalıtım	-	1
Tespit bileşeni	1	3
Açma kapama bileşeni	1	16
Estetik açıdan tamamlayıcı bileşen	-	-

Pencere numarası: D-305_1
İnceleme Tarihi:01.06.2020

İnceleme yapan kişi: Emine Merve Okumuş
Rapor Tarihi: 02.06.2020

Aynı mekanda incelenen 2. alüminyum pencere sisteminde karşılaşılan bozulma anomalileri aşağıda belirtilmiştir.

Aşama 1- Durum değerlendirmesi: 2. alüminyum pencere için durum değerlendirme aşamasında ilk adımı olan veri toplama adımı gerçekleştirilmiştir. 2. alüminyum pencerenin veri toplama tablosu Tablo 5. 28'de verilmiştir.

Tablo 5. 28: İncelenen 2. alüminyum pencerenin veri toplama tablosu.

Bina ve Pencere Hakkında Genel Bilgiler

Bina Hakkında Genel Bilgiler

■ Binanın adı		■ Kullanıcının Adı Soyadı		
■ İl	İSTANBUL	■ İlçe	BEYOĞLU	
■Mahalle	Sütlüce	■ Ada/Parsel		
■Bina tipi	Eğitim binası	■ Yapım yılı	2016-2020	
■Taşıyıcı sistemi	İskelet sistem	■ Kat sayısı	3	
■ Binanın formunu 1. kutudan seçiniz. Seçilen formun çizmine göre kuzey yönünü 2 .kutudan seçiniz.			Dikdörtgen	Y_45

Pencere Hakkında Genel Bilgiler

■ Pencerenin bulunduğu kat	2. kat	■Pencerenin baktığı yön	Kuzeybatı
■ Çerçeve malzemesi	Alüminyum	■Çerçevenin duvardaki konumu	Orta
■ Kasa çeşidi	Dik kasa	■Bini/Oda sayısı	
■ Denizlik türü	Alüminyum kaplama	■ Pencere boyutları	
■ Pencere düzeni (kanat hareketleri, kasa ve kanat düzenleri vb.) hakkında bilgiler			Pencere22

Tek kanatlı yan dönel pencere üstü ve yanı sabit cam

Pencerelere uygulanan eski müdahale uygulamaları

■ Pencerenin montaj yılı: 2016

■ Daha önceden yapılan işlemler

- ☐ Fitil ve conta gibi yalıtım malzemelerinin değiştirilmesi
- ☐ Derz dolgularında meydan gelen boşlukların onarılması
- ☐ Menteşelerin yağlanması/ayarlanması
- ☐ Menteşelerin değiştirilmesi
- ☐ Açma / kapatma mekanizmalarının değiştirilmesi
- ☐ Tespit elemanlarında ayarlanması (Gevşeyen vidaların sıkılaştırılması vb.)
- ☐ Çerçeve elemanları üzerindeki koruyucu tabakanın yenilenmesi
- ☐ Deformasyonların onarımı (bozulma /büzülme/ eğrilme/ genleşme)
- ☐ Su tahliye elemanlarının temizlenmesi
- ☐ Pencere sistemlerinde oluşan çatlaklara dolgu uygulaması
- ☐ Camın değişimi
- ☐ Diğer (Yapılan diğer işlemleri aşağıdaki kutuya yazınız.)

Adım 1.2-Durum analizi adımında incelenen pencerenin bileşenlerinde görülen bozulma anomalilerinin tespit işlemleri yapıldığında pencere bileşenlerinde görülen bozulmalar;

- Çerçeve bileşeninde;
  - Çevresel atık,
  - İnşaat atığı,
  - Koruyucu bileşenin süreksizliği,
- Cam bileşeninde;
  - Çevresel atık,
- Yalıtım bileşeninde;
  - Çevresel atık,

- Fiziksel deformasyon,
- Yalıtım bileşeninde süreksizlik,

- Tamamlayıcı bileşeninde;
  - Çevresel atık görülmektedir (Tablo 5. 29).

Tablo 5. 29: İncelenen 2. alüminyum pencere sisteminde görülen bozulmalara ait fotoğraflar.

Çerçeve bileşeninde çevresel ve inşaat atık birikimi görülmektedir. İnşaat atık birkiminin sebebi pencere montajından sonra duvar yüzeyine uygulanan boya işlemleri sırasında pencere çerçevesinde yeterli önlemlerin alınmamasından kaynaklı boya lekeleri kasa ve kanat bileşenlerinde tespit edilmiştir. Kasa yüzeyindeki inşaat atık miktarı kanada göre daha fazladır. Çerçevede görülen bir diğer sorun ise kasa ve kanadın açma kapama sırasında birbirine sürtmesi sebebiyle koruyucu tabakanın bozulmasıdır. Koruyucu tabakanın bozulma oranı raporlama aşamasında % 2'den daha azdır. Cam ve yalıtım bileşenlerinde orta seviyede toz, kir vb. çevresel atık görülmektedir. Kasa ile kanat arasındaki yalıtım fitillerinde yüksek oranda fiziksel bozulma ve süreksizliği görülürken çerçeve ile cam arasındaki fitillerin cam yüzeyinden ayrılıp sarktığı ve bu bozulmanın oranı %30-70 arasındadır. Sabit cam yüzeyinde cam fitillerinin eksik olduğu görülmüştür. İncelenen pencere sisteminde

estetik açıdan tamamlayıcı bileşen bulunmamaktadır. Tespit ve açma kapama bileşeninde sadece çevresel atık birikimi tespit edilmiştir.

Adım 1.3-Durum değerlendirme adımında, Adım 1.2'de elde edilen bozulma yoğunlukları ve alanlarına ait bozulma verileriyle NEN 2767 yöntemine göre bileşen katmanlarındaki bozulmaların şiddetleri hesaplanmıştır. Tablo 5.15'ten yararlanılarak bozulma anomalilerinin ağırlık puanları bulunmuştur. Ağırlık puanları ile katmanlardaki bozulmaların şiddetlerinin çarpımıyla bozulma puanına ulaşılmıştır. Tablo 5.16'daki ağırlık puanlarına göre ağırlıklı ortalama hesaplamaları sonucunda sırasıyla alt bileşen, bileşen ve pencere sisteminin bozulma puanları hesaplanmıştır.

İncelenen 2. alüminyum pencere sisteminin durum değerlendirmesi sonucunda kasanın bozulma puanı 1,38, kanadın bozulma puanı 1,19, cam tespitinin bozulma puanı 1,00 olması sonucunda çerçevenin toplam bozulma puanı 1,29 olarak belirlenmiştir. Cam bileşenin bozulma puanı 1,02'dir. Yalıtım bileşenlerinin bulunduğu konumlardaki bozulma puanları ise kasa ile kanat arasındaki yalıtımın bozulma puanı 3,67, çerçeve ile cam arasındaki yalıtımın bozulma puanı 4,14, kasanın duvar ve denizlik arasındaki yalıtımın bozulma puanları 1,03 olarak hesaplanmıştır. Tamamlayıcı bileşenlerden tespit ve açma bileşenlerinin bozulma puanı 1,00'dir. Pencerenin toplam bozulma puanı 1,41'dir. İncelenen 2. alüminyum pencere sisteminin durum analizi ve değerlendirmesindeki veriler, Tablo 5. 30'da, cam bileşeni, Tablo 5. 31'de çerçeve bileşeni, Tablo 5. 32'de yalıtım bileşeni, Tablo 5. 33'te tamamlayıcı bileşeni gösterilmiştir. Pencere sistemlerinin bileşenlerindeki bozulmaya sebep olan etkiler incelediğinde tüm bileşenlerde atmosferik etkiler ve kullanım hatası etkili olurken çerçeve bileşeninde uygulama hatasının etkileri de görülmüştür.

Tablo 5. 30: 2. alüminyum pencerenin cam bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu.

Cam Bileşeninin Durum Analizi ve Değerlendirmesi

D-305_2	Not:	Cam bileşenin bozulma puanı	1,02

	Cam bileşeninde görülen bozulma türleri				Cam bileşeninde			Cam bileşeninde bozulmaya sebep olan etkiler			
	Bozulma Türü	Bozulma No	Bozulma anomali adı	Ağırlık puanı	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti				
Cam bileşeni	Atık Birikimi	BA2-1	☑ Çevresel atıklar	0,1	Orta	%30 ile 70 arasında	2	Atmosferik Etkiler	☑	Üretim Hatası	☐
		BO2-1/2	☐ İnşaat ve biyolojik atıklar	0,3			-	Biyolojik Etkiler	☐	Uygulama Hatası	☐
	Deformasyonlar	BO2-3	☐ Estetik deformasyon (çizilme vb.)	0,2			-	Kimyasal Etkiler	☐	Kullanım Hatası	☑
	Yoğuşma	BÇ2-1	☐ Tabakalar arasında buğulanma	1			-	Mekanik Etkiler	☐	Doğal yaşlanma	☐
	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	BÇ2-2	☐ Camın çatlaması	2			-	Tasarım Hatası	☐		
		BÇ2-3	☐ Camın kırılması				-	**Bozulmaların etkilediği performanslar**			
Puan	Cam bileşeninde görülen bozulmaların herbirinin bozulma grubuna göre bozulma puanları			Atık Birikimi			1,25	Isı performansı	☐	Mekanik dayanım	☐
				Deformasyonlar			1,00	Su ve nem performansı	☐	Estetik değeri	☑
				Yoğuşmalar			1,00	Hava sızdırmazlık per.	☐		
				Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması			1,00	Ses yalıtımı	☐		

Tablo 5. 31: 2. alüminyum pencerenin çerçeve bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu.

Çerçeve Bileşeninin Durum Analizi ve Değerlendirmesi

D-305_2	Not	Kasanın bozulma puanı (0,6)	1,38	Çerçeve bileşenin bozulma puanı	1,29
		Kanadın bozulma puanı (0,3)	1,19		
		Cam tespitinin bozulma puanı (0,1)	1,00		

Çerçevede görülen bozulma türleri					Kasa bileşeninde			Kanat bileşeninde			Cam tespit bileşeninde			Çerçeve bileşeninde bozulmaya sebep olan etkiler	
	Bozulma Türü	Bozulma No	Bozulma anomali adı	Ağırlık puanı	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti		
Koruyucu bileşen	Atık Birikimi	BA1-1	☑ Çevresel atıklar	0,1	Orta	%30 ile 70 arasında	2	Orta	%10 ile 30 arasında	1	Düşük	%2'den az	1	Atmosferik Etkiler	☑
		BO1-1/2	☑ İnşaat ve biyolojik atıklar	0,3	Yüksek	%30 ile 70 arasında	4	Yüksek	%2'den az	1			-	Biyolojik Etkiler	☐
	Deformasyonlar	BA1-2	☐ Estetik deformasyon (renk değişimi,kabarma vb.)	0,2			-			-			-	Kimyasal Etkiler	☐
		BO1-3	☐ Biyolojik deformasyon (çürüme, küflenme vb.)	0,4			-			-			-	Mekanik Etkiler	☐
	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	BÇ1-1/2	☑ Koruyucu bileşenin süreksizliği/olmaması	1	Yüksek	%2'den az	2	Yüksek	%2'den az	2			-	Tasarım Hatası	☐
Gövde bileşeni	Deformasyonlar	BA1-3	☐ Estetik deformasyon (çizilme, renk değişimi vb.)	0,2			-			-			-	Üretim Hatası	☐
		BO1-4	☐ Fiziksel deformasyon (şişme, ezilme, sarkma vb.)	0,8			-			-			-	Uygulama Hatası	☑
		BO1-5	☐ Biyolojik deformasyon (çürüme, küflenme vb.)*	0,6										Kullanım Hatası	☑
		BO1-6	☐ Kimyasal deformasyon (korozyon, asit-baz etkisi vb.)	0,6			-			-			-	Doğal yaşlanma	☐
	Boşluklar- Açıklıklar	BÇ1-3	☐ Bileşenlerin birleşim noktalarında açılma	1			-			-			-	**Bozulmaların etkilediği performanslar**	
		BÇ1-4	☐ Çerçeve yüzeyinde açılan boşluklar	1			-			-			-		
		BÇ1-5	☐ Çerçeve bileşenlerinde hizalamadan kaynaklı açıklık	1			-			-			-	Isı performansı	☐
	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	BÇ1-6/7	☐ Bileşende süreksizlik veya kırılma	2			-			-			-	Su ve nem performansı	☑
		BÇ1-8/9	☐ Bileşende eksik parça veya olmaması	2			-			-			-	Hava sızdırmazlık per.	☐

Puan															
Puan	Çerçeve bileşenlerinin her birininin koruyucu ve gövde bileşenlerindeki bozulma puanları	Koruyucu bileşenin bozulma puanları	0,38	Atık Birikimi	3,50	2,00	Atık Birikimi	1,00	1,50	Atık Birikimi	1,00	1,00	Ses yalıtımı	☐
				Deformasyonlar	1,00		Deformasyonlar	1,00		Deformasyonlar	1,00		Mekanik dayanım	☐
				Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	2,00		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	2,00		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1,00		Estetik değeri	☑
		Gövde bileşenin bozulma puanları	0,62	Deformasyonlar	1,00	1,00	Deformasyonlar	1,00	1,00	Deformasyonlar	1,00	1,00		
				Boşluklar- Açıklıklar	1,00		Boşluklar- Açıklıklar	1,00		Boşluklar- Açıklıklar	1,00			
				Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1,00		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1,00		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1,00			

Tablo 5. 32: 2. alüminyum pencerenin yalıtım bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu.

Yalıtım Bileşeninin Durum Analizi ve Değerlendirmesi

D-305_2	Not:	Kasa ile kanat arasındaki yalıtım (0,25	3,67	Yalıtım bileşenin bozulma puanı	2,47
		Çerçeve ile cam arasındaki yalıtım (0,25)	4,14		
		Kasa ile duvar arasındaki yalıtım (0,25)	1,03		
		Kasa ile denizlik arasındaki yalıtım (0,25)	1,03		

Yalıtım bileşeninde görülen bozulma türleri					Kasa ile kanat arasındaki yalıtım			Çerçeve ile cam arasındaki yalıtım			Kasa ile duvar arasındaki yalıtım			Kasa ile duvar arasındaki yalıtım			Yalıtım bileşeninde bozulmaya sebep olan etkiler			
Bozulma Türü		Bozulma No	Bozulma anomali adı	Ağırlık	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti				
Yalıtım bileşeni	Atık Birikimi	BA3-1	☑ Çevresel atıklar	0,1	Orta	%30 ile 70 arasında	2	Orta	%10 ile 30 arasında	1	Yüksek	%30 ile 70 arasında	3	Yüksek	%30 ile 70 arasında	3	Atmosferik Etkiler	☑	Üretim Hatası	☐
		BO1-1/2	☐ İnşaat ve biyolojik atıklar	0,3			-			-			-			-	Biyolojik Etkiler	☐	Uygulama Hatası	☐
	Deformasyonlar	BA3-2	☐ Estetik deformasyon (kabarma, çatlama vb.)	0,2			-			-			-			-	Kimyasal Etkiler	☐	Kullanım Hatası	☑
		BO3-3	☑ Fiziksel deformasyon (ezilme,şekil değiştirme vb.)	0,5	Yüksek	%30 ile 70 arasında	4			-			-			-	Mekanik Etkiler	☐	Doğal yaşlanma	☐
	Boşluklar- Açıklıklar	BÇ3-1	☐ Derz dolgularının boşalması	1,5									-			-	Tasarım Hatası	☐		
	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	BÇ3-2/4	☑ Yalıtım bileşeninde süreksizlik,kopma veya yaşlanması	2	Yüksek	%10 ile 30 arasında	4	Yüksek	%30 ile 70 arasında	5			-			-				
		BÇ3-3/5	☐ Yalıtım bileşeninde eksik yalıtım veya olmaması	2			-			-			-			-	**Bozulmaların etkilediği performanslar**			
Puan	Yalıtım bileşenlerinde görülen bozulmaların her birinin bozulma grubuna göre bozulma puanları				Atık Birikimi	1,3	3,67	Atık Birikimi	1,00	4,14	Atık Birikimi	1,5	1,03	Atık Birikimi	1,5	1,03	Isı performansı	☑	Mekanik dayanım	☐
					Deformasyonlar	3,1		Deformasyonlar	1,00		Deformasyonlar	1		Deformasyonlar	1		Su ve nem performansı	☑	Estetik değeri	☑
					Boşluklar- Açıklıklar	-		Boşluklar- Açıklıklar	-		Boşluklar- Açıklıklar	1		Boşluklar- Açıklıklar	1		Hava sızdırmazlık per.	☑		
					Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	4,0		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	5,00		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1		Ses yalıtımı	☑		

Tablo 5. 33: 2. alüminyum pencerenin tamamlayıcı bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu.

Tamamlayıcı Bileşenlerin Durum Analizi ve Değerlendirmesi

D-305_2	Not:	Tespit bileşeninin bozulma puanı (0,5)	1,00	Tamamlayucu bileşenlerin bozulma puanı	1,00
		Açma kapama mekanizmasının bozulma puanı (0,5)	1,00		
		Estetik açıdan tamamlayıcı bileşeninin bozulma puanı			

Tamamlayıcı bileşenlerde görülen bozulma türleri					Tespit bileşeninde			Açma kapama mekanizmasında			Estetik açıdan tamamlayıcı bileşeninde			Tamamlayıcı bileşenlerde bozulmaya sebep olan etkiler	
Bozulma Türü		Bozulma No	Bozulma anomali adı	Ağırlık puanı	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti		
Koruyucu bileşen	Atık Birikimi	BA4-1	☑ Çevresel atıklar	0,1	Orta	%10 ile 30 arasında	1	Orta	%10 ile 30 arasında	1				Atmosferik Etkiler	☑
		BO4-1/2	☐ İnşaat ve biyolojik atıklar	0,3			-			-				Biyolojik Etkiler	☐
	Deformasyonlar	BA4-2	☐ Estetik deformasyon (renk değişimi, çizilme vb.)	0,2			-			-				Kimyasal Etkiler	☐
	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	BÇ4-1	☐ Koruyucu bileşende süreksizlik	0,8			-			-				Mekanik Etkiler	☐
		BÇ4-2	☐ Koruyucu bileşenin olmaması	0,8			-			-				Tasarım Hatası	☐
Gövde bileşeni	Deformasyonlar	BA4-3	☐ Estetik deformasyon (kabarma, çatlama vb.)	0,2			-			-				Üretim Hatası	☐
		BO1-4	☐ Fiziksel deformasyon (eğilme, ezilme, sarkma vb.)	0,6			-			-				Uygulama Hatası	☐
		BO1-5	☐ Kimyasal deformasyon (korozyon, asit-baz etkisi vb.)	0,6			-			-				Kullanım Hatası	☑
		BO1-6	☐ Biyolojik deformasyon (çürüme, küflenme vb.)*	0,6			-			-				Doğal yaşlanma	☐
	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	BÇ4-3/4	☐ Bileşende süreksizlik veya kırılma	2			-			-				**Bozulmaların etkilediği performanslar**	
		BÇ4-5/6	☐ Bileşende eksik parça/işlevsel sorun veya olmaması	2			-			-				Isı performansı	☐
Puan	Tamamlayıcı bileşenlerinin her birininin koruyucu ve gövde bileşenlerindeki bozulma puanları		Koruyucu bileşenin bozulma puanları	0,38	Atık Birikimi	1	1,00	Atık Birikimi	1	1,00	Atık Birikimi		Bileşen yok	Su ve nem performansı	☐
					Deformasyonlar	1		Deformasyonlar	1		Deformasyonlar			Hava sızdırmazlık per.	☐
					Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması			Ses yalıtımı	☐
			Gövde bileşenin bozulma puanları	0,62	Deformasyonlar	1	1,00	Deformasyonlar	1	1,00	Deformasyonlar			Mekanik dayanım	☐
					Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması			Estetik değeri	☑

Aşama 2- Olası Müdahale Alternatiflerinin belirlenmesi: İncelenen alüminyum çerçeve için modelin 2. aşamasında adım 2.1'e göre bozulma görülen bileşenlerde kullanılmak için hazırlanmış müdahale alternatiflerini içeren tablolar incelenmiştir. Adım 2.2'de penceredeki her bir bileşenin bozulma durumuna göre müdahale öncelik puanları verilmiştir. Daha sonra Adım 2.3'te durum değerlendirmesinde elde edilen bozulma puanları ile müdahale öncelik puanlarının çarpılmasıyla müdahale puanları bulunmuştur. Kasa ile kanat ve kasa/kanat ile cam arasındaki yalıtımların bozulma puanı 16 ve diğer bileşenlerin müdahale puanları 1 ile 3 arasında değerlere sahiptir. Adım 2.4'te müdahale puanlarına göre uygun müdahale alternatifleri işaretlenmiştir. 2. alüminyum pencere sistemi için hazırlanan olası müdahale alternatifleri tablosu Tablo 5. 34'te verilmiştir. Pencere sisteminde kasa ile kanat ve kasa/kanat ile cam arasında bozulan fitiller değiştirilmeli ve yerinden çıkan performans kaybına uğramayanlar da yerlerine yerleştirilmelidir. Pencerenin diğer bölümleri için genel temizlik, ayarlama, yağlama gibi rutin işlemlerin uygulanması gerekir.

Tablo 5. 34: 2. alüminyum pencerenin için hazırlanan olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi aşaması.

OLASI MÜDAHALE ALTERNATİFLERİNİN BELİRLENMESİ AŞAMASI

Müdahale puanının belirlenmesi

Bileşen katmanlarında oluşan bozulmaların şiddetlerine bağlı müdahale öncelik puanı	Koruyucu bölüm			Gövde bölümü		
	Bozulma puanı	Müdahale önceliği	Müdahale puanı	Bozulma puanı	Müdahale önceliği	Müdahale puanı
Kasa	2	1	2	1	2	2
Kanat	2	1	2	1	2	2
Cam tespit bileşeni	1	1	1	1	2	2
Cam	-	-	-	1	2	2
Kasa ile kanat arasındaki yalıtım	-	-	-	4	4	16
Çerçeve ile cam arasındaki yalıtım	-	-	-	4	4	16
Kasa ile duvar arasındaki yalıtım	-	-	-	1	1	1
Kasa ile denizlik arasındaki yalıtım	-	-	-	1	1	1
Tespit bileşeni	1	1	1	1	3	3
Açma kapama bileşeni	1	1	1	1	3	3
Estetik açıdan tamamlayıcı bileşen	-	-	-	0	-	-

Müdahale yöntemlerinni belirlenmesi

Çerçeve Bileşenlerinde Uygulanan Müdahaleler

- ☑ Çerçevenin genel temizliği
- ☐ Çerçeve elemanları üzerindeki koruyucu tabakanın yenilenmesi
- ☐ Antifungal,su geçirmez ve UV dayanıklı kaplamaların uygulanması
- ☐ Çerçevede oluşan çatlaklara/parça kayıplarına dolgu uygulanması
- ☐ Kanattaki form bozukluklarına karşı güçlendirme profilleri uygulaması
- ☑ Su tahliye kanallarının temizlenmesi
- ☐ Yeni su tahliye kanallarının açılması
- ☐ Cam tespit çıtasının yuvasına yerleştirilmesi
- ☐ Cam macununun yenilenmesi
- ☐ Kanat bileşeninin değiştirilmesi
- ☐ Pencere sisteminin değiştirilmesi
- ☐ Diğer

Cam Bileşeninde Uygulanan Müdahaleler

- ☑ Camın genel temizliği
- ☐ Eskiyen/bozulan kaplamanın çıkarılması
- ☐ Cama çevresel etkenlere uygun kaplama uygulanması
- ☐ Cam tabakaları arasındaki buğuyu kurutulduktan sonra kapatılması
- ☐ Camın değiştirilmesi
- ☐ Diğer

Yalıtım Bileşenlerinde Uygulanan Müdahaleler

- ☑ Yalıtım malzemesinin uygun malzemelerle temizlenmesi
- ☑ Yerinden çıkan yalıtım malzemesinin yerine yerleştirilmesi
- ☑ Yalıtım malzemesinin değiştirilmesi
- ☐ Derz dolgularında meydan gelen boşlukların onarılması
- ☐ Diğer

Tamamlayıcı Bileşenlerde Uygulanan Müdahaleler

- ☑ Tamamlayıcı bileşenlerin genel temizliği
- ☑ Menteşelerin yağlanması ve ayarlanması
- ☐ Menteşe korozyon görüldüğün temizlenme ve korozyon koruyucu uygulanması
- ☐ Menteşelerin değiştirilmesi
- ☐ Açma kapama mekanizmalarının ayarlanması
- ☐ Açma kapama mekanizmalarının değiştirilmesi
- ☐ Korozyon meydana gelen vida, çivi vb. bileşenlerin değiştirilmesi
- ☐ Tespit bileşenlerinin sıkılaştırılması
- ☐ Estetik bileşenlerinin üzerindeki koruyucu tabakanın yenilenmesi
- ☐ Estetik bileşenlerinin yenilenmesi
- ☐ Tespit elemanlarında ayarlanması
- ☐ Diğer

Uzman Görüşü

Pencere sisteminde kasa ile kanat ve çerçeve ile cam arasında bozulan fitillerin değiştirilmeli ve yerinden çıkan performans kaybına uğramayan fitillerin yerlerine yerleştirilmelidir. Pencerenin diğer bölümleri için genel temizlik, ayarlama, yağlama gibi rutin işlemlerin uygulanması gerekir.

Müdahale

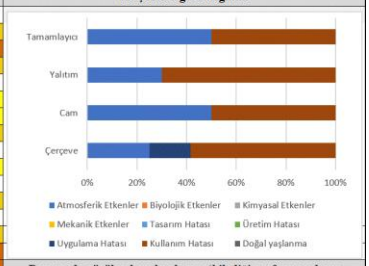
1-6	Çok iyi	Önleyici bakım	**19-24**	Kritik	Rehabilitasyom
7-12	İyi	Durum bazlı bakım	**25-30**	Çok Kritik	Değişim
12-18	Orta	Onarım (repair)			

Aşama 3-Durum raporu ve envanterinin hazırlanması: İncelenen 2. alüminyum pencere sistemi için öncelikle Adım 3.1 kapsamında mevcut durumuna ait veriler durum değerlendirme aşamasından ve Adım 3.2 için müdahale sürecine ait veriler olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi aşamasından alınarak pencerenin durum raporu ve envanteri oluşturulmuştur. Pencerenin durum raporu ve envanter tablosu Tablo 5. 35'te gösterilmiştir.

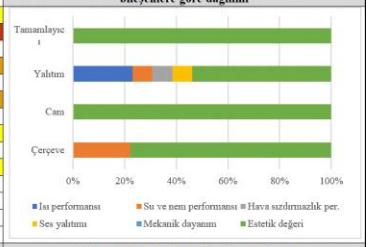
Tablo 5. 35: 2. alüminyum pencere için hazırlanan rapor.

Pencerenin Durum Raporu ve Envanteri

D-305_2	Pencere sisteminde görülen bozulma türleri	
	Kasa bileşeninde	
	Çevresel atıklar	2
	İnşaat ve biyolojik atıklar	4
	Koruyucu bileşenin süreksizliği/olmaması	2
	Kanat bileşeninde	
	Çevresel atıklar	1
	İnşaat ve biyolojik atıklar	1
	Koruyucu bileşenin süreksizliği/olmaması	2
	Cam tespit bileşeninde	
	Çevresel atıklar	1
	Cam bileşeninde	
	Çevresel atıklar	2
	Kasa ile kanat arasındaki yalıtım	
	Çevresel atıklar	2
	Fiziksel deformasyon (ezilme,şekil değiştirme vb.)	4
	Yalıtım bileşeninde süreksizlik,kopma veya yaşlanması	4
	Çerçeve ile cam arasındaki yalıtım	
	Çevresel atıklar	1
	Yalıtım bileşeninde süreksizlik,kopma veya yaşlanması	8
	Kasa ile duvar arasındaki yalıtım	
	Çevresel atıklar	3
	Kasa ile duvar arasındaki yalıtım	
	Çevresel atıklar	3
	Tespit bileşeninde	
	Çevresel atıklar	1
	Açma kapama mekanizmasında	
	Çevresel atıklar	1



Pencerenin bozulma puanı	1,41
2	**Çerçeve**	**1,29**
0,6	Kasa	1,38
0,3	Kanat	1,19
0,1	Cam tespit b.	1,00
1	**Cam**	**1,02**
1	**Yalıtım**	**2,47**
0,25	Kasa-kanat	3,67
0,25	Kasa/kanat-cam	4,14
0,25	Kasa-duvar	1,03
0,25	Kasa-denizlik	1,03
1	**Tamamlayıcı**	**1,00**
0,50	Tespit bileşenleri	1,00
0,50	Açma kapama b.	1,00
-	Estetik t. .	0,00



Kullanılan Teşhis Yöntemleri		Uygulanacak Müdahale Yöntemleri
☑ **T-G**	☐ **T-B**	**Çerçeve Bileşenlerinde Uygulanan Müdahaleler**
☑ T-G1	☐ T-B1-1	☑ Çerçevenin genel temizliği
☐ T-G1-1	☐ T-B1-2	☑ Su tahliye kanallarının temizlenmesi
☐ T-G1-2	☐ T-B1-3	**Cam Bileşeninde Uygulanan Müdahaleler**
☐ T-G1-3	☐ **T-E**	☑ Camın genel temizliği
☐ T-G1-4	☐ T-E1	**Yalıtım Bileşenlerinde Uygulanan Müdahaleler**
☐ T-G2	☐ **T-A**	☑ Yalıtım malzemesinin uygun malzemelerle temizlenmesi
☐ T-G2-1	☐ T-A1	☑ Yerinden çıkan yalıtım malzemesinin yerine yerleştirilmesi
☐ T-G2-2	☐ T-A2	☑ Yalıtım malzemesinin değiştirilmesi
☐ T-G3	☐ T-A3	**Tamamlayıcı Bileşenlerde Uygulanan Müdahaleler**
☐ T-G3-1	☐ **T-T**	☑ Tamamlayıcı bileşenlerin genel temizliği
☐ **T-S**	☐ T-T1	☑ Menteşelerin yağlanması ve ayarlanması
☐ T-S1	☐ T-T2	
☐ T-S2	☐ T-T3	

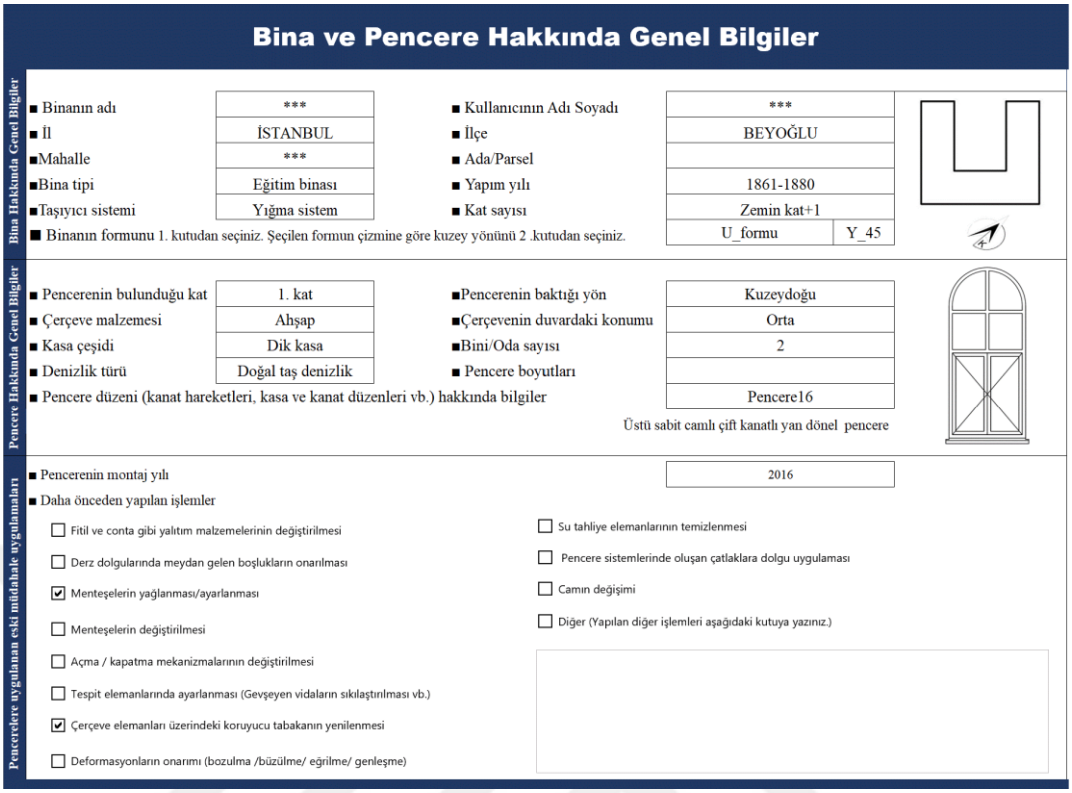
Bileşenlerin müdahale öncelik puanları		
Bileşenler	**Koruyucu bölüm**	**Gövde bölümü**
Kasa	2	2
Kanat	2	2
Cam tespit bileşeni	1	2
Cam	-	2
Kasa ile kanat arasındaki yalıtım	-	16
Çerçeve ile cam arasındaki yalıtım	-	16
Kasa ile duvar arasındaki yalıtım	-	1
Kasa ile denizlik arasındaki yalıtım	-	1
Tespit bileşeni	1	3
Açma kapama bileşeni	1	3
Estetik açıdan tamamlayıcı bileşen	-	-

Pencere numarası: D-305_2 — İnceleme yapan kişi: Emine Merve Okumuş
İnceleme Tarihi:01.06.2020 — Rapor Tarihi: 02.06.2020

5.2.2 Ahşap pencerelerde modelin uygulanması

Eğitim binasının 19. yüzyılda yapılan yığma strüktürlü bloğunun 1. katında bulunan ahşap pencereler üzerine yapılan incelemelerde aynı mekan içerisinde farklı yönlere bakan pencereler tercih edilmiştir. İncelenen 1. ahşap pencere sistemi kuzeydoğu yönüne bakmaktadır. Pencere sistemine uygulanan karar destek modelinin aşamaları aşağıda verilmiştir. Aşama 1- Durum değerlendirmesi: 1. ahşap pencere için durum değerlendirme aşamasında ilk adımı olan veri toplama adımı gerçekleştirilmiştir. 1. ahşap pencerenin veri toplama tablosu Tablo 5. 36'da verilmiştir.

Tablo 5. 36: İncelenen 1. ahşap pencerenin veri toplama tablosu.



Bina ve Pencere Hakkında Genel Bilgiler

Bina Hakkında Genel Bilgiler

■ Binanın adı	***	■ Kullanıcının Adı Soyadı	***
■ İl	İSTANBUL	■ İlçe	BEYOĞLU
■Mahalle	***	■ Ada/Parsel	
■Bina tipi	Eğitim binası	■ Yapım yılı	1861-1880
■Taşıyıcı sistemi	Yığma sistem	■ Kat sayısı	Zemin kat+1

■ Binanın formunu 1. kutudan seçiniz. Şeçilen formun çizmine göre kuzey yönünü 2 .kutudan seçiniz. U_formu | Y_45

Pencere Hakkında Genel Bilgiler

■ Pencerenin bulunduğu kat	1. kat	■Pencerenin baktığı yön	Kuzeydoğu
■ Çerçeve malzemesi	Ahşap	■Çerçevenin duvardaki konumu	Orta
■ Kasa çeşidi	Dik kasa	■Bini/Oda sayısı	2
■ Denizlik türü	Doğal taş denizlik	■ Pencere boyutları	

■ Pencere düzeni (kanat hareketleri, kasa ve kanat düzenleri vb.) hakkında bilgiler: Pencere16

Üstü sabit camlı çift kanatlı yan dönel pencere

Pencerelere uygulanan eski müdahale uygulamaları

■ Pencerenin montaj yılı: 2016

■ Daha önceden yapılan işlemler

- ☐ Fitil ve conta gibi yalıtım malzemelerinin değiştirilmesi
- ☐ Derz dolgularında meydan gelen boşlukların onarılması
- ☑ Menteşelerin yağlanması/ayarlanması
- ☐ Menteşelerin değiştirilmesi
- ☐ Açma / kapatma mekanizmalarının değiştirilmesi
- ☐ Tespit elemanlarında ayarlanması (Gevşeyen vidaların sıkılaştırılması vb.)
- ☑ Çerçeve elemanları üzerindeki koruyucu tabakanın yenilenmesi
- ☐ Deformasyonların onarımı (bozulma /büzülme/ eğrilme/ genleşme)
- ☐ Su tahliye elemanlarının temizlenmesi
- ☐ Pencere sistemlerinde oluşan çatlaklara dolgu uygulaması
- ☐ Camın değişimi
- ☐ Diğer (Yapılan diğer işlemleri aşağıdaki kutuya yazınız.)

Adım 1.2-Durum analizi adımında incelenen pencerenin bileşenlerinde görülen bozulma anomalilerinin tespit işlemleri yapılmıştır. Pencere bileşenlerinde görülen bozulmalar;

- Çerçeve bileşeninde;
  - Çevresel atık,
  - Koruyucu bileşenin süreksizliği/olmaması,
  - Fiziksel deformasyon,
  - Bileşenlerin birleşim noktalarında açılma,
  - Bileşende eksik parça veya olmaması,
- Cam bileşeninde;
  - Çevresel atık,
- Yalıtım bileşeninde;
  - Çevresel atık,
  - Yalıtım bileşeninde yalıtım eksikliği veya olmaması,
- Tamamlayıcı bileşeninde;
  - Çevresel atık,
  - Kimyasal deformasyon görülmüştür (Tablo 5. 37).

Tablo 5. 37: İncelenen 1. ahşap pencere sisteminde görülen bozulmalara ait fotoğraflar.

Çerçeve bileşeninde orta düzeyde çevresel atık birikimi görülmektedir. Ahşap çerçeve üzerine uygulanan koruyucu vernik tabakası zaman içerisinde bozulmuş ve koruyuculuk özelliği kaybolmuştur. Pencere çerçevesinde şişmeye bağlı açma ve kapama sorunlarını görülürken kanat üzerindeki ara kayıt ve çıtaların düştüğü belirlenmiştir. Kasa bileşeninin birleşim noktalarında açılmalar meydana gelmiştir. Cam bileşenlerinde sadece çevresel etkilerden kaynaklı kirlenme görülmektedir. Yalıtım bileşenlerinde orta seviyede toz, kir vb. çevresel atık tespit edilmiştir. Kasa ile kanat, çerçeve ile cam arasında yalıtım fitilleri ve estetik açıdan tamamlayıcı bileşen bulunmamaktadır. Tespit ve açma kapama bileşeninde çevresel atık birikim görülürken açma kapama mekanizmasının karşılık bileşeninde korozyona rastlanmıştır.

Adım 1.3-Durum değerlendirme adımında, Adım 1.2'de elde edilen bozulma yoğunlukları ve alanlarına ait bozulma verileriyle NEN 2767 yöntemine göre bileşen katmanlarındaki bozulmaların şiddetleri hesaplanmıştır. Tablo 5.15'ten yararlanılarak bozulma anomalilerinin ağırlık puanları bulunmuştur. Ağırlık puanları ile katmanlardaki bozulmaların şiddetlerinin çarpımıyla bozulma puanına ulaşılmıştır. Tablo 5.16'daki ağırlık puanlarına göre ağırlıklı ortalama hesaplamaları sonucunda sırasıyla alt bileşen, bileşen ve pencere sisteminin bozulma puanları hesaplanmıştır.

İncelenen 1. ahşap pencere sisteminin durum değerlendirmesi sonucunda kasanın bozulma puanı 2,28, kanadın bozulma puanı 2,89, cam tespitinin bozulma puanı 3,21 olması sonucunda çerçevenin toplam bozulma puanı 2,55 olarak belirlenmiştir. Cam bileşenin bozulma puanı 1,02'dir. Yalıtım bileşenlerinin bulunduğu konumlardaki bozulma puanları ise kasa ile kanat arasındaki yalıtımın bozulma puanı 4,14, çerçeve ile cam arasındaki yalıtımın bozulma puanı 4,94, kasanın duvar ve denizlik arasındaki yalıtımın bozulma puanları 1,02 olarak hesaplanmıştır. Tamamlayıcı bileşenlerden tespit bileşeninin bozulma puanı 1,00 ve açma kapama mekanizmasının bozulma puanı 1,19'dur. Pencerenin toplam bozulma puanı 2,00 olarak hesaplanmıştır. Pencere sistemlerinin bileşenlerindeki bozulmaya sebep olan etkiler incelediğinde tüm bileşenlerde atmosferik etkiler ve kullanım hatası etkili olurken yalıtım bileşeninde uygulama hatasının etkileri de görülmüştür. İncelenen 1. ahşap pencere sisteminin durum analizi ve değerlendirmesindeki veriler, Tablo 5. 38'de cam bileşeni, Tablo 5. 39'da çerçeve bileşeni, Tablo 5. 40'ta yalıtım bileşeni, Tablo 5. 41'de tamamlayıcı bileşeni gösterilmiştir.

Aşama 2- Olası Müdahale Alternatiflerinin belirlenmesi: İncelenen alüminyum çerçeve için modelin 2. aşamasında adım 2.1'e göre bozulma görülen bileşenlerde kullanılmak için hazırlanmış müdahale alternatiflerini içeren tablolar incelenmiştir. Adım 2.2'de penceredeki her bir bileşenin bozulma durumuna göre müdahale öncelik puanları verilmiştir. Daha sonra Adım 2.3'te durum değerlendirmesinde elde edilen bozulma puanları ile müdahale öncelik puanlarının çarpılmasıyla müdahale puanları bulunmuştur. Kasa/kanat ile cam arasındaki yalıtımın müdahale puanı 25 ve kasa ile kanat arasındaki yalıtımın müdahale puanı 16 olarak hesaplanmıştır. Kasa/kanat ile cam ve kasa ile kanat arasındaki fitillerin ısı performansı ve kullanıcı konforu açısından önemli olmasından dolayı tüm pencere sisteminde eksik olan fitiller acil olarak tamamlanmalıdır. Kasa müdahale puanı 8, kanadın 6 ve cam tespit bileşeninin 9 olarak belirlenmiştir. Kanatta düşen ara kayıt ve çıtalar, kullanıcı güvenliği sağlamak için bakım planlaması yapılarak onarılması gerekmektedir. Çerçevenin birleşim noktalarında oluşan açıklıkların dolgu malzemesi ile doldurulması ahşap pencerenin servis süresi için önemlidir. Çerçeve bileşeninin koruyucu katmanı yenilenmelidir. Pencerenin diğer bölümleri için genel temizlik, ayarlama, yağlama gibi rutin işlemlerin uygulanması gerekir. İncelenen 1. ahşap pencere sistemi için hazırlanan olası müdahale alternatifleri tablosu Tablo 5. 42'de verilmiştir.

Tablo 5. 38: 1. ahşap pencerenin cam bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu.

Cam Bileşeninin Durum Analizi ve Değerlendirmesi

C-218_3	Not:					Cam bileşenin bozulma puanı	1,02		

Cam görülen bozulma türleri					Cam bileşeninde			Cam bileşeninde bozulmaya sebep olan etkiler			
	Bozulma Türü	Bozulma No	Bozulma anomali adı	Ağırlık puanı	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti				
Cam bileşeni	Atık Birikimi	BA2-1	☑ Çevresel atıklar	0,1	Orta	%30 ile 70 arasında	2	Atmosferik Etkiler	☑	Üretim Hatası	☐
		BO2-1/2	☐ İnşaat ve biyolojik atıklar	0,3			-	Biyolojik Etkiler	☐	Uygulama Hatası	☐
	Deformasyonlar	BO2-3	☐ Estetik deformasyon (çizilme vb.)	0,2			-	Kimyasal Etkiler	☐	Kullanım Hatası	☑
	Yoğuşma	BÇ2-1	☐ Tabakalar arasında buğulanma	1			-	Mekanik Etkiler	☐	Doğal yaşlanma	☐
	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	BÇ2-2	☐ Camın çatlaması	2			-	Tasarım Hatası	☐		
		BÇ2-3	☐ Camın kırılması				-	**Bozulmaların etkilediği performanslar**			
Puan	Cam bileşeninde görülen bozulmaların herbirinin bozulma grubuna göre bozulma puanları			Atık Birikimi			1,25	Isı performansı	☐	Mekanik dayanım	☐
				Deformasyonlar			1,00	Su ve nem performansı	☐	Estetik değeri	☑
				Yoğuşmalar			1,00	Hava sızdırmazlık per.	☐		
				Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması			1,00	Ses yalıtımı	☐		

Tablo 5. 39: 1. ahşap pencerenin çerçeve bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu.

Çerçeve Bileşeninin Durum Analizi ve Değerlendirmesi

C-218_3	Not	Kasanın bozulma puanı (0,6)	2,28	Çerçeve bileşenin bozulma puanı	2,55
		Kanadın bozulma puanı (0,3)	2,89		
		Cam tespitinin bozulma puanı (0,1)	3,21		

Çerçeve bileşeninde görülen bozulma türleri					Kasa bileşeninde			Kanat bileşeninde			Cam tespit bileşeninde			Çerçeve bileşeninde bozulmaya sebep olan etkiler	
Bozulma Türü		Bozulma No	Bozulma anomali adı	Ağırlık puanı	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti		
Koruyucu bileşen	Atık Birikimi	BA1-1	☑ Çevresel atıklar	0,1	Orta	%30 ile 70 arasında	2	Orta	%30 ile 70 arasında	2	Orta	%30 ile 70 arasında	2	Atmosferik Etkiler	☑
		BO1-1/2	☐ İnşaat ve biyolojik atıklar	0,3			-			-			-	Biyolojik Etkiler	☐
	Deformasyonlar	BA1-2	☐ Estetik deformasyon (renk değişimi,kabarma vb.)	0,2			-			-			-	Kimyasal Etkiler	☐
		BO1-3	☐ Biyolojik deformasyon (çürüme, küflenme vb.)	0,4			-			-			-	Mekanik Etkiler	☐
	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	BÇ1-1/2	☑ Koruyucu bileşenin süreksizliği/olmaması	1	Yüksek	%70'ten fazla	6	Yüksek	%70'ten fazla	6	Yüksek	%70'ten fazla	6	Tasarım Hatası	☐
Gövde bileşeni	Deformasyonlar	BA1-3	☐ Estetik deformasyon (çizilme, renk değişimi vb.)	0,2			-			-			-	Üretim Hatası	☐
		BO1-4	☑ Fiziksel deformasyon (şişme, ezilme, sarkma vb.)	0,8	Yüksek	%10 ile 30 arasında	3	Yüksek	%10 ile 30 arasında	3	Yüksek	%30 ile 70 arasında	4	Uygulama Hatası	☐
		BO1-5	☐ Biyolojik deformasyon (çürüme, küflenme vb.)*	0,6			-			-			-	Kullanım Hatası	☑
		BO1-6	☐ Kimyasal deformasyon (korozyon, asit-baz etkisi vb.)	0,6			-			-			-	Doğal yaşlanma	☐
	Boşluklar- Açıklıklar	BÇ1-3	☑ Bileşenlerin birleşim noktalarında açılma	1	Yüksek	%10 ile 30 arasında	4			-			-	**Bozulmaların etkilediği performanslar**	
		BÇ1-4	☐ Çerçeve yüzeyinde açılan boşluklar	1			-			-			-		
		BÇ1-5	☐ Çerçeve bileşenlerinde hizalamadan kaynaklı açıklık	1			-			-			-	Isı performansı	☑
	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	BÇ1-6/7	☐ Bileşende süreksizlik veya kırılma	2			-			-			-	Su ve nem performansı	☑
		BÇ1-8/9	☑ Bileşende eksik parça veya olmaması	2			-	Yüksek	%10 ile 30 arasında	4	Yüksek	%30 ile 70 arasında	5	Hava sızdırmazlık per.	☑

Puan															
Çerçeve bileşenlerinin her birininin koruyucu ve gövde bileşenlerindeki bozulma puanları	Koruyucu bileşenin bozulma puanları	0,38	Atık Birikimi	1,25	3,55	Atık Birikimi	1,25	3,55	Atık Birikimi	1,25	3,55	Ses yalıtımı	☑
			Deformasyonlar	1,00		Deformasyonlar	1,00		Deformasyonlar	1,00		Mekanik dayanım	☑
			Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	6,00		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	6,00		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	6,00		Estetik değeri	☑
	Gövde bileşenin bozulma puanları	0,62	Deformasyonlar	1,73	1,50	Deformasyonlar	1,73	2,48	Deformasyonlar	2,09	3,00		
			Boşluklar- Açıklıklar	2,00		Boşluklar- Açıklıklar	1,00		Boşluklar- Açıklıklar	1,00			
			Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1,00		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	4,00		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	5,00			

Tablo 5. 40: 1. ahşap pencerenin yalıtım bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu.

Yalıtım Bileşeninin Durum Analizi ve Değerlendirmesi

C-218_3	Not:	Kasa ile kanat arasındaki yalıtım (0,25	4,16	Yalıtım bileşenin bozulma puanı	2,78
		Çerçeve ile cam arasındaki yalıtım (0,25)	4,94		
		Kasa ile duvar arasındaki yalıtım (0,25)	1,02		
		Kasa ile denizlik arasındaki yalıtım (0,25)	1,02		

Yalıtım bileşeninde görülen bozulma türleri					Ağırlık	Kasa ile kanat arasındaki yalıtım			Kasa/Kanat ile cam arasındaki yalıtım			Kasa ile duvar arasındaki yalıtım			Kasa ile duvar arasındaki yalıtım			Yalıtım bileşeninde bozulmaya sebep olan etkiler			
	Bozulma Türü	Bozulma No		Bozulma anomali adı		Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti				
Yalıtım bileşeni	Atık Birikimi	BA3-1	☑	Çevresel Atıklar	0,1	Orta	%30 ile 70 arasında	2	Orta	%30 ile 70 arasında	2	Orta	%30 ile 70 arasında	2	Orta	%30 ile 70 arasında	2	Atmosferik Etkiler	☑	Üretim Hatası	☐
		BO1-1/2	☐	İnşaat ve biyolojik atıklar	0,3			-			-			-			-	Biyolojik Etkiler	☐	Uygulama Hatası	☑
	Deformasyonlar	BA3-2	☐	Estetik deformasyon (kabarma, çatlama vb.)	0,2			-			-			-			-	Kimyasal Etkiler	☐	Kullanım Hatası	☑
		BO3-3	☐	Fiziksel deformasyon (ezilme,şekil değiştirme vb.)	0,5			-			-			-			-	Mekanik Etkiler	☐	Doğal yaşlanma	☐
	Boşluklar- Açıklıklar	BÇ3-1	☐	Derz dolgularının boşalması	1,5									-			-	Tasarım Hatası	☐		
	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	BÇ3-2/4	☐	Yalıtım bileşeninde süreksizlik,kopma veya yaşlanması	2			-			-			-			-	Bozulmaların etkilediği performanslar			
		BÇ3-3/5	☑	Yalıtım bileşeninde eksik yalıtım veya olmaması	2	Yüksek	%30 ile 70 arasında	5	Yüksek	%70'ten fazla	6			-			-				
Puan	Yalıtım bileşenlerinde görülen bozulmaların her birinin bozulma grubuna göre bozulma puanları					Atık Birikimi	1,3	4,16	Atık Birikimi	1,25	4,94	Atık Birikimi	1,25	1,02	Atık Birikimi	1,25	1,02	Isı performansı	☑	Mekanik dayanım	☐
						Deformasyonlar	1,0		Deformasyonlar	1,00		Deformasyonlar	1		Deformasyonlar	1		Su ve nem performansı	☑	Estetik değeri	☑
						Boşluklar- Açıklıklar	-		Boşluklar- Açıklıklar	-		Boşluklar- Açıklıklar	1		Boşluklar- Açıklıklar	1		Hava sızdırmazlık per.	☑		
						Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	5,0		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	6,00		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1		Ses yalıtımı	☑		

Tablo 5. 41: 1. ahşap pencerenin tamamlayıcı bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu.

Tamamlayıcı Bileşenlerin Durum Analizi ve Değerlendirmesi

C-218_3	Not:	Tespit bileşeninin bozulma puanı (0,5)	1,00	Tamamlayucu bileşenlerin bozulma puanı	1,09
		Açma kapama mekanizmasının bozulma puanı (0,5)	1,19		
		Estetik açıdan tamamlayıcı bileşeninin bozulma puanı			

Tamamlayıcı bileşenlerde görülen bozulma türleri					Ağırlık puanı	Tespit bileşeninde			Açma kapama mekanizmasında			Estetik açıdan tamamlayıcı bileşeninde			Tamamlayıcı bileşenlerde bozulmaya sebep olan etkiler	
	Bozulma Türü	Bozulma No		Bozulma anomali adı		Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti		
Koruyucu bileşen	Atık Birikimi	BA4-1	☑	Çevresel Atıklar	0,1	Orta	%10 ile 30 arasında	1	Orta	%10 ile 30 arasında	1				Atmosferik Etkiler	☑
		BO4-1/2	☐	İnşaat ve biyolojik atıklar	0,3			-			-				Biyolojik Etkiler	☐
	Deformasyonlar	BA4-2	☐	Estetik deformasyon (renk değişimi, çizilme vb.)	0,2			-			-				Kimyasal Etkiler	☐
	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	BÇ4-1	☐	Koruyucu bileşende süreksizlik	0,8			-			-				Mekanik Etkiler	☐
		BÇ4-2	☐	Koruyucu bileşenin olmaması	0,8			-			-				Tasarım Hatası	☐
Gövde bileşeni	Deformasyonlar	BA4-3	☐	Estetik deformasyon (kabarma, çatlama vb.)	0,2			-			-				Üretim Hatası	☐
		BO1-4	☐	Fiziksel deformasyon (eğilme, ezilme, sarkma vb.)	0,6			-			-				Uygulama Hatası	☐
		BO1-5	☑	Kimyasal deformasyon (korozyon, asit-baz etkisi vb.)	0,6			-	Yüksek	%30 ile 70 arasında	4				Kullanım Hatası	☑
		BO1-6	☐	Biyolojik deformasyon (çürüme, küflenme vb.)*	0,6			-			-				Doğal yaşlanma	☐
	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	BÇ4-3/4	☐	Çerçeve bileşeninde süreksizlik veya kırılma	2			-			-				Bozulmaların etkilediği performanslar	
		BÇ4-5/6	☐	Çerçeve bileşeninde eksik parça veya olmaması	2			-			-				Isı performansı	☐
Puan	Tamamlayıcı bileşenlerinin her birininin koruyucu ve gövde bileşenlerindeki bozulma puanları			Koruyucu bileşenin bozulma puanları	0,38	Atık Birikimi	1	1,00	Atık Birikimi	1	1,00	Atık Birikimi		Bileşen yok	Su ve nem performansı	☐
						Deformasyonlar	1		Deformasyonlar	1		Deformasyonlar			Hava sızdırmazlık per.	☐
						Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması			Ses yalıtımı	☐
				Gövde bileşenin bozulma puanları	0,62	Deformasyonlar	1	1,00	Deformasyonlar	1,9	1,30	Deformasyonlar			Mekanik dayanım	☑
						Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması			Estetik değeri	☑

Tablo 5. 42: 1. ahşap pencerenin için hazırlanan olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi aşaması.

OLASI MÜDAHALE ALTERNATİFLERİNİN BELİRLENMESİ AŞAMASI

Müdahale puanının belirlenmesi

Bileşen katmanlarında oluşan bozulmaların şiddetlerine bağlı müdahale öncelik puanı	Koruyucu bölüm			Gövde bölümü		
	Bozulma puanı	Müdahale önceliği	Müdahale puanı	Bozulma puanı	Müdahale önceliği	Müdahale puanı
Kasa	4	2	8	2	4	8
Kanat	4	2	8	2	3	6
Cam tespit bileşeni	4	2	8	3	3	9
Cam	-	-	-	1	2	2
Kasa ile kanat arasındaki yalıtım	-	-	-	4	4	16
Çerçeve ile cam arasındaki yalıtım	-	-	-	5	5	25
Kasa ile duvar arasındaki yalıtım	-	-	-	1	1	1
Kasa ile denizlik arasındaki yalıtım	-	-	-	1	1	1
Tespit bileşeni	1	1	1	1	3	3
Açma kapama bileşeni	1	1	1	1	3	3
Estetik açıdan tamamlayıcı bileşen	-	-	-	0	-	-

Müdahale yöntemlerinin belirlenmesi

Çerçeve Bileşenlerinde Uygulanan Müdahaleler

- ☑ Çerçevenin genel temizliği
- ☑ Çerçeve elemanları üzerindeki koruyucu tabakanın yenilenmesi
- ☑ Antifungal,su geçirmez ve UV dayanıklı kaplamaların uygulanması
- ☑ Çerçevede oluşan çatlakların doldurulması/eksik parçanın eklenmesi
- ☐ Kanattaki form bozukluklarına karşı güçlendirme profilleri uygulaması
- ☐ Su tahliye kanallarının temizlenmesi
- ☐ Yeni su tahliye kanallarının açılması
- ☑ Cam tespit çıtasının yuvasına yerleştirilmesi
- ☐ Cam macununun yenilenmesi
- ☑ Kanat bileşeninin değiştirilmesi
- ☐ Pencere sisteminin değiştirilmesi
- ☐ Diğer

Cam Bileşeninde Uygulanan Müdahaleler

- ☑ Camın genel temizliği
- ☐ Eskiyen/bozulan kaplamanın çıkarılması
- ☐ Cama çevresel etkenlere uygun kaplama uygulanması
- ☐ Cam tabakaları arasındaki buğuyu kurutulduktan sonra kapatılması
- ☐ Camın değiştirilmesi
- ☐ Diğer

Yalıtım Bileşenlerinde Uygulanan Müdahaleler

- ☑ Yalıtım malzemesinin uygun malzemelerle temizlenmesi
- ☑ Yerinden çıkan yalıtım malzemesinin yerine yerleştirilmesi
- ☑ Yalıtım malzemesinin değiştirilmesi
- ☐ Derz dolgularında meydan gelen boşlukların onarılması
- ☐ Diğer

Tamamlayıcı Bileşenlerde Uygulanan Müdahaleler

- ☑ Tamamlayıcı bileşenlerin genel temizliği
- ☑ Menteşelerin yağlanması ve ayarlanması
- ☐ Menteşe korozyon görüldüğün temizlenme ve korozyon koruyucu uygulanması
- ☐ Menteşelerin değiştirilmesi
- ☐ Açma kapama mekanizmalarının ayarlanması
- ☐ Açma kapama mekanizmalarının değiştirilmesi
- ☐ Korozyon meydana gelen vida, çivi vb. bileşenlerin değiştirilmesi
- ☐ Tespit bileşenlerinin sıkılaştırılması
- ☐ Estetik bileşenlerinin üzerindeki koruyucu tabakanın yenilenmesi
- ☐ Estetik bileşenlerinin yenilenmesi
- ☐ Tespit elemanlarında ayarlanması
- ☐ Diğer

Uzman Görüşü

Çerçeve ile cam ve kasa ile kanat arasındaki fitillerin ısı performansı ve kullanıcı konforu açısından önemli olmasından dolayı tüm pencere sisteminde eksik olan fitillerin acil olarak tamamlanmalıdır. Kanatta düşen ara kayıt ve çıtalar planlama yapıp hemen onarılması gerekmektedir. Müdahale hemen yapılmazsa müdahale zamanında kanadın tekrar durum değerlendirilmesi yapılmalıdır. Performans ve dayanım özelliklerinde azalma olmuşsa camların tekrar kullanılacak şekilde kanat sistemi değiştirilmelidir. Çerçevenin birleşim noktalarında oluşan açıklıkların dolgu malzemesi ile doldurulması ahşap pencerenin servis süresi için önemlidir. Pencerenin diğer bölümleri için genel temizlik, ayarlama, yağlama gibi rutin işlemlerin uygulanması gerekir.

Müdahale

1-6	Çok iyi	Önleyici bakım	19-24	Kritik	Rehabilitasyom
7-12	İyi	Durum bazlı bakım	25-30	Çok Kritik	Değişim
12-18	Orta	Onarım			

Aşama 3-Durum raporu ve envanterinin hazırlanması: İncelenen 1. ahşap pencere sistemi için öncelikle Adım 3.1 kapsamında mevcut durumuna ait veriler durum değerlendirme aşamasından ve Adım 3.2 için müdahale sürecine ait veriler olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi aşamasından alınarak pencerenin durum raporu ve envanteri oluşturulmuştur. Pencerenin durum raporu ve envanter tablosu Tablo 5. 43'de gösterilmiştir.

İncelenen 1. ahşap pencere ile aynı mekanda bulunan 2. ahşap pencere güneydoğu yönüne bakmaktadır. İncelenen 2. ahşap pencere sisteminde karşılaşılan bozulma anomalileri aşağıda belirtilmiştir.

Aşama 1- Durum değerlendirmesi: 2. ahşap pencere için durum değerlendirme aşamasında ilk adımı olan veri toplama adımı gerçekleştirilmiştir. 2. ahşap pencerenin veri toplama tablosu Tablo 5. 44'te verilmiştir.

Tablo 5. 43: 1. ahşap pencere için hazırlanan rapor.

Pencerenin Durum Raporu ve Envanteri

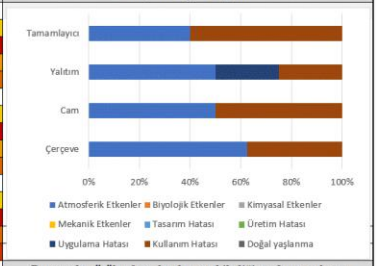
C-218_3

Pencerenin bozulma puanı		2,00
2	**Çerçeve**	**2,55**
0,6	Kasa	2,28
0,3	Kanat	2,89
0,1	Cam tespit b.	3,21
1	**Cam**	**1,02**
1	**Yalıtım**	**2,78**
0,25	Kasa-kanat	4,16
0,25	Kasa/kanat-cam	4,94
0,25	Kasa-duvar	1,02
0,25	Kasa-denizlik	1,02
1	**Tamamlayıcı**	**1,09**
0,50	Tespit bileşenleri	1,00
0,50	Açma kapama b.	1,19
-	Estetik t. .	0,00

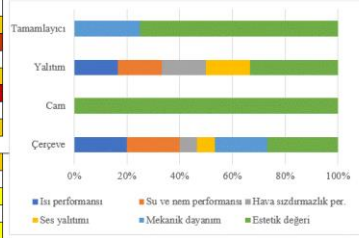
Pencere sisteminde görülen bozulma türleri

Kasa bileşeninde	
Çevresel Atıklar	2
Koruyucu bileşenin süreksizliği/olmaması	6
Fiziksel deformasyon (eğilme, ezilme, sarkma vb.)	3
Bileşenlerin birleşim noktalarında açılma	4
Kanat bileşeninde	
Çevresel Atıklar	2
Koruyucu bileşenin süreksizliği/olmaması	6
Fiziksel deformasyon (eğilme, ezilme, sarkma vb.)	3
Çerçeve bileşeninde eksik parça veya olmaması	4
Cam tespit bileşeninde	
Çevresel atıklar	2
Koruyucu bileşenin süreksizliği/olmaması	6
Fiziksel deformasyon (eğilme, ezilme, sarkma vb.)	4
Çerçeve bileşeninde eksik parça veya olmaması	5
Cam bileşeninde	
Çevresel atıklar	2
Kasa ile kanat arasındaki yalıtım	
Çevresel atıklar	2
Yalıtım bileşeninde eksik yalıtım veya olmaması	5
Çerçeve ile cam arasındaki yalıtım	
Çevresel atıklar	2
Yalıtım bileşeninde eksik yalıtım veya olmaması	6
Kasa ile duvar arasındaki yalıtım	
Çevresel atıklar	2
Kasa ile duvar arasındaki yalıtım	
Çevresel atıklar	2
Tespit bileşeninde	
Çevresel atıklar	1
Açma kapama mekanizmasında	
Çevresel atıklar	1

Pencerede görülen bozulmalara sebep olan etkenlerin bileşenlere göre dağılımı



Pencerede görülen bozulmaların etkilediği performansların bileşenlere göre dağılımı



Kullanılan Teşhis Yöntemleri			
☑	**T-G**	☐	**T-B**
☑	T-G1	☐	T-B1-1
☐	T-G1-1	☐	T-B1-2
☐	T-G1-2	☐	T-B1-3
☐	T-G1-3	☐	**T-E**
☐	T-G1-4	☐	T-E1
☐	T-G2	☐	**T-A**
☐	T-G2-1	☐	T-A1
☐	T-G2-2	☐	T-A2
☐	T-G3	☐	T-A3
☐	T-G3-1	☐	**T-T**
☐	**T-S**	☐	T-T1
☐	T-S1	☐	T-T2
☐	T-S2	☐	T-T3

Uygulanacak Müdahale Yöntemleri	
Çerçeve Bileşenlerinde Uygulanan Müdahaleler	
☑	Çerçevenin genel temizliği
☑	Çerçeve elemanları üzerindeki koruyucu tabakanın yenilenmesi
☑	Antifungal,su geçirmez ve UV dayanıklı kaplamaların uygulanması
☑	Çerçevede oluşan çatlakların doldurulması/eksik parçanın eklenmesi
☑	Su tahliye kanallarının temizlenmesi
☑	Cam tespit çıtasının yuvasına yerleştirilmesi
☑	Kanat bileşeninin değiştirilmesi
Cam Bileşeninde Uygulanan Müdahaleler	
☑	Camın genel temizliği
Yalıtım Bileşenlerinde Uygulanan Müdahaleler	
☑	Yalıtım malzemesinin uygun malzemelerle temizlenmesi
☑	Yerinden çıkan yalıtım malzemesinin yerine yerleştirilmesi
☑	Yalıtım malzemesinin değiştirilmesi
Tamamlayıcı Bileşenlerde Uygulanan Müdahaleler	
☑	Tamamlayıcı bileşenlerin genel temizliği
☑	Menteşelerin yağlanması ve ayarlanması

Bileşenlerin müdahale öncelik puanları

Bileşenler	Koruyucu bölüm	Gövde bölümü
Kasa	8	8
Kanat	8	6
Cam tespit bileşeni	8	9
Cam	-	2
Kasa ile kanat arasındaki yalıtım	-	16
Çerçeve ile cam arasındaki yalıtım	-	25
Kasa ile duvar arasındaki yalıtım	-	1
Kasa ile denizlik arasındaki yalıtım	-	1
Tespit bileşeni	1	3
Açma kapama bileşeni	1	3
Estetik açıdan tamamlayıcı bileşen	-	-

Pencere numarası: C-218_3
İnceleme yapan kişi: Emine Merve Okumuş
İnceleme Tarihi:01.06.2020 Rapor Tarihi: 02.06.2020

Adım 1.2-Durum analizi adımında incelenen pencere bileşenlerinde görülen bozulma anomalilerinin tespit işlemleri yapılmıştır. Pencere bileşenlerinde görülen bozulmalar;

- Çerçeve bileşeninde;
    - Çevresel atık,
    - Fiziksel deformasyon,
    - Koruyucu bileşenin süreksizliği,
- Cam bileşeninde;
    - Çevresel atık,
- Yalıtım bileşeninde;
    - Çevresel atık,
    - Yalıtım bileşeninde yalıtım eksikliği veya olmaması,

- Tamamlayıcı bileşeninde;
    - Çevresel atık,
    - Kimyasal deformasyon görülmüştür (Tablo 5. 45).

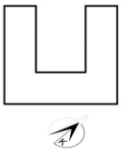
Tablo 5. 44: İncelenen 2. ahşap pencerenin veri toplama tablosu.

Bina ve Pencere Hakkında Genel Bilgiler

Bina Hakkında Genel Bilgiler

■ Binanın adı	***	■ Kullanıcının Adı Soyadı	***
■ İl	İSTANBUL	■ İlçe	BEYOĞLU
■Mahalle	***	■ Ada/Parsel	
■Bina tipi	Eğitim binası	■ Yapım yılı	1861-1880
■Taşıyıcı sistemi	Yığma sistem	■ Kat sayısı	Zemin kat+1

■ Binanın formunu 1. kutudan seçiniz. Şeçilen formun çizmine göre kuzey yönünü 2 .kutudan seçiniz. U_formu | Y_45



Pencere Hakkında Genel Bilgiler

■ Pencerenin bulunduğu kat	1. kat	■Pencerenin baktığı yön	Güneydoğu
■ Çerçeve malzemesi	Ahşap	■Çerçevenin duvardaki konumu	Orta
■ Kasa çeşidi	Dik kasa	■Bini/Oda sayısı	2
■ Denizlik türü	Doğal taş denizlik	■ Pencere boyutları	

■ Pencere düzeni (kanat hareketleri, kasa ve kanat düzenleri vb.) hakkında bilgiler: Pencere16

Üstü sabit camlı çift kanatlı yan dönel pencere

Pencerelere uygulanan eski müdahale uygulamaları

■ Pencerenin montaj yılı: 2016

■ Daha önceden yapılan işlemler

- ☐ Fitil ve conta gibi yalıtım malzemelerinin değiştirilmesi
- ☐ Derz dolgularında meydan gelen boşlukların onarılması
- ☑ Menteşelerin yağlanması/ayarlanması
- ☐ Menteşelerin değiştirilmesi
- ☐ Açma / kapatma mekanizmalarının değiştirilmesi
- ☐ Tespit elemanlarında ayarlanması (Gevşeyen vidaların sıkılaştırılması vb.)
- ☑ Çerçeve elemanları üzerindeki koruyucu tabakanın yenilenmesi
- ☐ Deformasyonların onarımı (bozulma /büzülme/ eğrilme/ genleşme)
- ☐ Su tahliye elemanlarının temizlenmesi
- ☐ Pencere sistemlerinde oluşan çatlaklara dolgu uygulaması
- ☐ Camın değişimi
- ☐ Diğer (Yapılan diğer işlemleri aşağıdaki kutuya yazınız.)

Çerçeve bileşeninde orta düzeyde çevresel atık birikimi görülmektedir. Ahşap çerçeve üzerine uygulanan koruyucu vernik tabakası zaman içerisinde bozulmuş ve koruyuculuk özelliği kaybolmuştur. Pencere çerçevesinde şişmeye bağlı açma ve kapama sorunlarını görülürken cam bileşeninde sadece çevresel etkilerden kaynaklı kirlenme tespit edilmiştir. Yalıtım bileşenlerinde orta seviyede toz, kir vb. çevresel atık görülmektedir. Kasa ile kanat ve çerçeve ile cam arasında yalıtım fitilleri kullanılmamıştır. İncelenen pencere sisteminde estetik açıdan tamamlayıcı bileşen bulunmamaktadır. Tespit ve açma kapama bileşeninde çevresel atık birikim görülürken açma kapama mekanizmasının karşılık bileşeninde korozyona rastlanılmıştır.

Adım 1.3-Durum değerlendirme adımında, Adım 1.2'de elde edilen bozulma yoğunlukları ve alanlarına ait bozulma verileriyle NEN 2767 yöntemine göre bileşen katmanlarındaki bozulmaların şiddetleri hesaplanmıştır. Tablo 5.15'ten yararlanılarak bozulma anomalilerinin ağırlık puanları bulunmuştur. Ağırlık puanları ile katmanlardaki bozulmaların şiddetlerinin çarpımıyla bozulma puanına ulaşılmıştır.

Tablo 5.16'daki ağırlık puanlarına göre ağırlıklı ortalama hesaplamaları sonucunda sırasıyla alt bileşen, bileşen ve pencere sisteminin bozulma puanları hesaplanmıştır.

Tablo 5. 45: İncelenen 2. ahşap pencere sisteminde görülen bozulmalara ait fotoğraflar.

İncelenen 2. ahşap pencere sisteminin durum değerlendirmesi sonucunda kasanın bozulma puanı 2,02, kanadın bozulma puanı 2,02, cam tespitinin bozulma puanı 1,78 olması sonucunda çerçevenin toplam bozulma puanı 2,00 olarak belirlenmiştir. Cam bileşenin bozulma puanı 1,02'dir. Yalıtım bileşenlerinin bulunduğu konumlardaki bozulma puanları ise kasa ile kanat arasındaki yalıtımın bozulma puanı 4,16, kasa/kanat ile cam arasındaki yalıtımın bozulma puanı 4,94, kasanın duvar ve denizlik arasındaki yalıtımın bozulma puanları 1,02 olarak hesaplanmıştır. Tamamlayıcı bileşenlerden tespit bileşeninin bozulma puanı 1,00 ve açma kapama mekanizmasının bozulma puanı 1,19'dur. Pencerenin toplam bozulma puanı 1.78 olarak hesaplanmıştır. Pencere sistemlerinin bileşenlerindeki bozulmaya sebep olan etkileri incelediğinde tüm bileşenlerde atmosferik etkiler ve kullanım hatası etkili olurken yalıtım bileşeninde uygulama hatasının etkileri de görülmüştür. İncelenen 2. ahşap pencere sisteminin durum analizi ve değerlendirmesindeki veriler, Tablo 5. 46'da çerçeve bileşeni, Tablo 5. 47'de yalıtım bileşeni, Tablo 5. 48'de tamamlayıcı bileşeni, Tablo 5. 49'da cam bileşeni gösterilmiştir.

Tablo 5. 46: 2. ahşap pencerenin çerçeve bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu.

Çerçeve Bileşeninin Durum Analizi ve Değerlendirmesi

C-218_2	Not	Kasanın bozulma puanı (0,6)	2,02	Çerçeve bileşenin bozulma puanı	2,00
		Kanadın bozulma puanı (0,3)	2,02		
		Cam tespitinin bozulma puanı (0,1)	1,78		

Çerçeve bileşeninde görülen bozulma türleri					Kasa bileşeninde			Kanat bileşeninde			Cam tespit bileşeninde			Çerçeve bileşeninde bozulmaya sebep olan etkiler	
Bozulma Türü		Bozulma No	Bozulma anomali adı	Ağırlık puanı	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti		
Koruyucu bileşen	Atık Birikimi	BA1-1	☑ Çevresel atıklar	0,1	Orta	%30 ile 70 arasında	2	Orta	%30 ile 70 arasında	2	Orta	%30 ile 70 arasında	2	Atmosferik Etkiler	☑
		BO1-1/2	☐ İnşaat ve biyolojik atıklar	0,3			-			-			-	Biyolojik Etkiler	☐
	Deformasyonlar	BA1-2	☐ Estetik deformasyon (renk değişimi,kabarma vb.)	0,2			-			-			-	Kimyasal Etkiler	☐
		BO1-3	☐ Biyolojik deformasyon (çürüme, küflenme vb.)	0,4			-			-			-	Mekanik Etkiler	☐
	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	BÇ1-1/2	☑ Koruyucu bileşenin süreksizliği/olmaması	1	Yüksek	%70'ten fazla	6	Yüksek	%70'ten fazla	6	Yüksek	%30 ile 70 arasında	5	Tasarım Hatası	☐
Gövde bileşeni	Deformasyonlar	BA1-3	☐ Estetik deformasyon (çizilme, renk değişimi vb.)	0,2			-			-			-	Üretim Hatası	☐
		BO1-4	☑ Fiziksel deformasyon (eğilme, ezilme, sarkma vb.)	0,8	Yüksek	%2 ile 10 arasında	2	Yüksek	%2 ile 10 arasında	2			-	Uygulama Hatası	☐
		BO1-5	☐ Biyolojik deformasyon (çürüme, küflenme vb.)*	0,6			-			-			-	Kullanım Hatası	☑
		BO1-6	☐ Biyolojik deformasyon (çürüme, küflenme vb.)*	0,6			-			-			-	Doğal yaşlanma	☐
	Boşluklar- Açıklıklar	BÇ1-3	☐ Bileşenlerin birleşim noktalarında açılma	1			-			-			-	**Bozulmaların etkilediği performanslar**	
		BÇ1-4	☐ Çerçeve yüzeyinde açılan boşluklar	1			-			-			-		
		BÇ1-5	☐ Çerçeve bileşenlerinde hizalamadan kaynaklı açıklık	1			-			-			-	Isı performansı	☑
	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	BÇ1-6/7	☐ Çerçeve bileşeninde süreksizlik veya kırılma	2			-			-			-	Su ve nem performansı	☑
		BÇ1-8/9	☐ Çerçeve bileşeninde eksik parça veya olmaması	2			-			-			-	Hava sızdırmazlık per.	☐

Puan															
Çerçeve bileşenlerinin her birininin koruyucu ve gövde bileşenlerindeki bozulma puanları	Koruyucu bileşenin bozulma puanları	0,38	Atık Birikimi	1,25	3,55	Atık Birikimi	1,25	3,55	Atık Birikimi	1,25	3,05	Ses yalıtımı	☐
			Deformasyonlar	1,00		Deformasyonlar	1,00		Deformasyonlar	1,00		Mekanik dayanım	☑
			Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	6,00		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	6,00		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	5,00		Estetik değeri	☑
	Gövde bileşenin bozulma puanları	0,62	Deformasyonlar	1,36	1,09	Deformasyonlar	1,36	1,09	Deformasyonlar	1,00	1,00		
			Boşluklar- Açıklıklar	1,00		Boşluklar- Açıklıklar	1,00		Boşluklar- Açıklıklar	1,00			
			Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1,00		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1,00		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1,00			

Tablo 5. 47: 2. ahşap pencerenin yalıtım bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu.

Yalıtım Bileşeninin Durum Analizi ve Değerlendirmesi

C-218_2	Not:	Kasa ile kanat arasındaki yalıtım (0,25	4,16	Yalıtım bileşenin bozulma puanı	2,78
		Çerçeve ile cam arasındaki yalıtım (0,25)	4,94		
		Kasa ile duvar arasındaki yalıtım (0,25)	1,02		
		Kasa ile denizlik arasındaki yalıtım (0,25)	1,02		

Yalıtım bileşeninde görülen bozulma türleri					Kasa ile kanat arasındaki yalıtım			Kasa/kanat ile cam arasındaki yalıtım			Kasa ile duvar arasındaki yalıtım			Kasa ile duvar arasındaki yalıtım			Yalıtım bileşeninde bozulmaya sebep olan etkiler			
Bozulma Türü		Bozulma No	Bozulma anomali adı	Ağırlık	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti				
Yalıtım bileşeni	Atık Birikimi	BA3-1	☑ Çevresel Atıklar	0,1	Orta	%30 ile 70 arasında	2	Orta	%30 ile 70 arasında	2	Orta	%30 ile 70 arasında	2	Orta	%30 ile 70 arasında	2	Atmosferik Etkiler	☑	Üretim Hatası	☐
		BO1-1/2	☐ İnşaat ve biyolojik atıklar	0,3			-			-			-			-	Biyolojik Etkiler	☐	Uygulama Hatası	☑
	Deformasyonlar	BA3-2	☐ Estetik deformasyon (kabarma, çatlama vb.)	0,2			-			-			-			-	Kimyasal Etkiler	☐	Kullanım Hatası	☑
		BO3-3	☐ Fiziksel deformasyon (ezilme,şekil değiştirme vb.)	0,5			-			-			-			-	Mekanik Etkiler	☐	Doğal yaşlanma	☐
	Boşluklar- Açıklıklar	BÇ3-1	☐ Derz dolgularının boşalması	1,5									-			-	Tasarım Hatası	☐		
	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	BÇ3-2/4	☐ Yalıtım bileşeninde süreksizlik,kopma veya yaşlanması	2			-			-			-			-				
		BÇ3-3/5	☑ Yalıtım bileşeninde eksik yalıtım veya olmaması	2	Yüksek	%30 ile 70 arasında	5	Yüksek	%70'ten fazla	6			-			-	**Bozulmaların etkilediği performanslar**			
Puan	Yalıtım bileşenlerinde görülen bozulmaların her birinin bozulma grubuna göre bozulma puanları				Atık Birikimi		1,3	Atık Birikimi		1,25	Atık Birikimi		1,25	Atık Birikimi		1,25	Isı performansı	☑	Mekanik dayanım	☐
					Deformasyonlar		1,0	Deformasyonlar		1,00	Deformasyonlar		1	Deformasyonlar		1	Su ve nem performansı	☑	Estetik değeri	☑
					Boşluklar- Açıklıklar		-	Boşluklar- Açıklıklar		-	Boşluklar- Açıklıklar		1	Boşluklar- Açıklıklar		1	Hava sızdırmazlık per.	☑		
					Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması		5,0	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması		6,00	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması		1	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması		1	Ses yalıtımı	☑		
							4,16			4,94			1,02			1,02				

Tablo 5. 48: 2. ahşap pencerenin tamamlayıcı bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu.

Tamamlayıcı Bileşenlerin Durum Analizi ve Değerlendirmesi

C-218_2	Not:	Tespit bileşeninin bozulma puanı (0,5)	1,00	Tamamlayucu bileşenlerin bozulma puanı	1,09
		Açma kapama mekanizmasının bozulma puanı (0,5)	1,19		
		Estetik açıdan tamamlayıcı bileşeninin bozulma puanı			

Tamamlayıcı bileşenlerde görülen bozulma türleri					Tespit bileşeninde			Açma kapama mekanizmasında			Estetik açıdan tamamlayıcı bileşeninde			Tamamlayıcı bileşenlerde bozulmaya sebep olan etkiler	
Bozulma Türü		Bozulma No	Bozulma anomali adı	Ağırlık puanı	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti		
Koruyucu bileşen	Atık Birikimi	BA4-1	☑ Çevresel Atıklar	0,1	Orta	%10 ile 30 arasında	1	Orta	%10 ile 30 arasında	1				Atmosferik Etkiler	☑
		BO4-1/2	☐ İnşaat ve biyolojik atıklar	0,3			-			-				Biyolojik Etkiler	☐
	Deformasyonlar	BA4-2	☐ Estetik deformasyon (renk değişimi, çizilme vb.)	0,2			-			-				Kimyasal Etkiler	☐
	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	BÇ4-1	☐ Koruyucu bileşende süreksizlik	0,8			-			-				Mekanik Etkiler	☐
		BÇ4-2	☐ Koruyucu bileşenin olmaması	0,8			-			-				Tasarım Hatası	☐
Gövde bileşeni	Deformasyonlar	BA4-3	☐ Estetik deformasyon (kabarma, çatlama vb.)	0,2			-			-				Üretim Hatası	☐
		BO1-4	☐ Fiziksel deformasyon (eğilme, ezilme, sarkma vb.)	0,6			-			-				Uygulama Hatası	☐
		BO1-5	☑ Kimyasal deformasyon (korozyon, asit-baz etkisi vb.)	0,6			-	Yüksek	%30 ile 70 arasında	4				Kullanım Hatası	☑
		BO1-6	☐ Biyolojik deformasyon (çürüme, küflenme vb.)*	0,6			-			-				Doğal yaşlanma	☐
	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	BÇ4-3/4	☐ Çerçeve bileşeninde süreksizlik veya kırılma	2			-			-				**Bozulmaların etkilediği performanslar**	
		BÇ4-5/6	☐ Çerçeve bileşeninde eksik parça veya olmaması	2			-			-				Isı performansı	☐
Puan	Tamamlayıcı bileşenlerinin her birininin koruyucu ve gövde bileşenlerindeki bozulma puanları		Koruyucu bileşenin bozulma puanları	0,38	Atık Birikimi	1	1,00	Atık Birikimi	1	1,00	Atık Birikimi		Bileşen yok	Su ve nem performansı	☐
					Deformasyonlar	1		Deformasyonlar	1		Deformasyonlar			Hava sızdırmazlık per.	☐
					Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması			Ses yalıtımı	☐
			Gövde bileşenin bozulma puanları	0,62	Deformasyonlar	1	1,00	Deformasyonlar	1,9	1,30	Deformasyonlar			Mekanik dayanım	☑
					Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması			Estetik değeri	☑

Tablo 5. 49 2. ahşap pencerenin cam bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu.

Cam Bileşeninin Durum Analizi ve Değerlendirmesi

C-218_2	Not:						Cam bileşenin bozulma puanı	1,02		

	Cam görülen bozulma türleri				Cam bileşeninde			Cam bileşeninde bozulmaya sebep olan etkiler			
	Bozulma Türü	Bozulma No	Bozulma anomali adı	Ağırlık puanı	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti				
Cam bileşeni	Atık Birikimi	BA2-1	☑ Çevresel atıklar	0,1	Orta	%30 ile 70 arasında	2	Atmosferik Etkenler	☑	Üretim Hatası	☐
		BO2-1/2	☐ İnşaat ve biyolojik atıklar	0,3			-	Biyolojik Etkenler	☐	Uygulama Hatası	☐
	Deformasyonlar	BO2-3	☐ Estetik deformasyon (çizilme vb.)	0,2			-	Kimsayal Etkenler	☐	Kullanım Hatası	☑
	Yoğuşma	BÇ2-1	☐ Tabakalar arasında buğulanma	1			-	Mekanik Etkenler	☐	Doğal yaşlanma	☐
	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	BÇ2-2	☐ Camın çatlaması	2			-	Tasarım Hatası	☐		
		BÇ2-3	☐ Camın kırılması				-	**Bozulmaların etkilediği performanslar**			
Puan	Cam bileşeninde görülen bozulmaların herbirinin bozulma grubuna göre bozulma puanları			Atık Birikimi			1,25	Isı performansı	☐	Mekanik dayanım	☐
				Deformasyonlar			1,00	Su ve nem performansı	☐	Estetik değeri	☑
				Yoğuşmalar			1,00	Hava sızdırmazlık per.	☐		
				Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması			1,00	Ses yalıtımı	☐		

Aşama 2- Olası Müdahale Alternatiflerinin belirlenmesi: İncelenen ahşap çerçeve için modelin 2. aşamasında adım 2.1'e göre bozulma görülen bileşenlerde kullanılmak için hazırlanmış müdahale alternatiflerini içeren tablolar incelenmiştir. Adım 2.2'de penceredeki her bir bileşenin bozulma durumuna göre müdahale öncelik puanları verilmiştir. Daha sonra Adım 2.3'te durum değerlendirmesinde elde edilen bozulma puanları ile müdahale öncelik puanlarının çarpılmasıyla müdahale puanları bulunmuştur. İncelenen 2. ahşap pencere sistemi için hazırlanan olası müdahale alternatifleri tablosu Tablo 5. 50'de verilmiştir.

Tablo 5. 50: 2. ahşap pencere için hazırlanan olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi aşaması.

OLASI MÜDAHALE ALTERNATİFLERİNİN BELİRLENMESİ AŞAMASI

Müdahale puanının belirlenmesi

Bileşen katmanlarında oluşan bozulmaların şiddetlerine bağlı müdahale öncelik puanı	Koruyucu bölüm			Gövde bölümü		
	Bozulma puanı	Müdahale önceliği	Müdahale puanı	Bozulma puanı	Müdahale önceliği	Müdahale puanı
Kasa	4	2	8	1	4	4
Kanat	4	2	8	1	3	3
Cam tespit bileşeni	3	2	6	1	3	3
Cam	-	-	-	1	2	2
Kasa ile kanat arasındaki yalıtım	-	-	-	4	4	16
Çerçeve ile cam arasındaki yalıtım	-	-	-	5	5	25
Kasa ile duvar arasındaki yalıtım	-	-	-	1	1	1
Kasa ile denizlik arasındaki yalıtım	-	-	-	1	1	1
Tespit bileşeni	1	1	1	1	3	3
Açma kapama bileşeni	1	1	1	1	3	3
Estetik açıdan tamamlayıcı bileşen	-	-	-	0	-	-

Müdahale yöntemlerinin belirlenmesi

Çerçeve Bileşenlerinde Uygulanan Müdahaleler
- ☑ Çerçevenin genel temizliği
- ☑ Çerçeve elemanları üzerindeki koruyucu tabakanın yenilenmesi
- ☑ Antifungal,su geçirmez ve UV dayanıklı kaplamaların uygulanması
- ☐ Çerçevede oluşan çatlakların doldurulması/eksik parçanın eklenmesi
- ☐ Kanattaki form bozukluklarına karşı güçlendirme profilleri uygulaması
- ☐ Su tahliye kanallarının temizlenmesi
- ☐ Yeni su tahliye kanallarının açılması
- ☐ Cam tespit çıtasının yuvasına yerleştirilmesi
- ☐ Cam macununun yenilenmesi
- ☐ Kanat bileşeninin değiştirilmesi
- ☐ Pencere sisteminin değiştirilmesi
- ☐ Diğer

Cam Bileşeninde Uygulanan Müdahaleler
- ☑ Camın genel temizliği
- ☐ Eskiyen/bozulan kaplamanın çıkarılması
- ☐ Cama çevresel etkenlere uygun kaplama uygulanması
- ☐ Cam tabakaları arasındaki buğuyu kurutulduktan sonra kapatılması
- ☐ Camın değiştirilmesi
- ☐ Diğer

Yalıtım Bileşenlerinde Uygulanan Müdahaleler
- ☑ Yalıtım malzemesinin uygun malzemelerle temizlenmesi
- ☑ Yerinden çıkan yalıtım malzemesinin yerine yerleştirilmesi
- ☑ Yalıtım malzemesinin değiştirilmesi
- ☐ Derz dolgularında meydan gelen boşlukların onarılması
- ☐ Diğer

Tamamlayıcı Bileşenlerde Uygulanan Müdahaleler
- ☑ Tamamlayıcı bileşenlerin genel temizliği
- ☑ Menteşelerin yağlanması ve ayarlanması
- ☐ Menteşe korozyon görüldüğün temizlenme ve korozyon koruyucu uygulanması
- ☐ Menteşelerin değiştirilmesi
- ☐ Açma kapama mekanizmalarının ayarlanması
- ☑ Açma kapama mekanizmalarının değiştirilmesi
- ☐ Korozyon meydana gelen vida, çivi vb. bileşenlerin değiştirilmesi
- ☐ Tespit bileşenlerinin sıkılaştırılması
- ☐ Estetik bileşenlerinin üzerindeki koruyucu tabakanın yenilenmesi
- ☐ Estetik bileşenlerinin yenilenmesi
- ☐ Tespit elemanlarında ayarlanması
- ☐ Diğer

Uzman Görüşü

Çerçeve ile cam ve kasa ile kanat arasındaki fitillerin ısı performansı ve kullanıcı konforu açısından önemli olmasından dolayı tüm pencere sisteminde eksik olan fitillerin acil olarak tamamlanmalıdır. Açma kapama mekanizmasında kasadaki karşılıkların korozyona uğramıştır. Korozyon sökümü malzemelerle temizlenmeli ve zaman içerisinde bileşenin değiştirilmelidir. Pencerenin diğer bölümleri için genel temizlik, ayarlama, yağlama gibi rutin işlemlerin uygulanması gerekir.

Müdahale

1-6	Çok iyi	Önleyici bakım	19-24	Kritik	Rehabilitasyom
7-12	İyi	Durum bazlı bakım	25-30	Çok Kritik	Değişim
12-18	Orta	Onarım (repair)			

Kasa/kanat ile cam arasındaki yalıtımın müdahale puanı 25 ve kasa ile kanat arasındaki yalıtımın müdahale puanı 16 olarak hesaplanmıştır. Kasa/kanat ile cam ve kasa ile kanat arasındaki fitillerin ısı performansı ve kullanıcı konforu açısından önemli olmasından dolayı tüm pencere sisteminde eksik olan fitiller acil olarak tamamlanmalı ve çerçeve bileşeninin koruyucu katmanı yenilenmelidir. Açma kapama mekanizmasında kasadaki karşılıkların korozyona uğradığı için pas sökücü

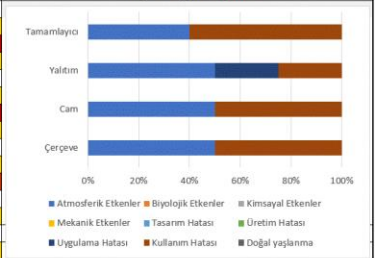
malzemelerle temizlenmeli ve zaman içerisinde bileşen değiştirilmelidir. Pencerenin diğer bölümleri için genel temizlik, ayarlama, yağlama gibi rutin işlemlerin uygulanması gerekir.

Aşama 3-Durum raporu ve envanterinin hazırlanması: İncelenen 2. ahşap pencere sistemi için öncelikle Adım 3.1 kapsamında mevcut durumuna ait veriler durum değerlendirme aşamasından ve Adım 3.2 için müdahale sürecine ait veriler olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi aşamasından alınarak pencerenin durum raporu ve envanteri oluşturulmuştur. Pencerenin durum raporu ve envanter tablosu Tablo 5. 51'de gösterilmiştir.

Tablo 5. 51: 2. ahşap pencere için hazırlanan rapor.

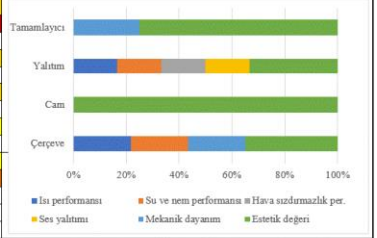
Pencerenin Durum Raporu ve Envanteri

C-218_2	Pencere sisteminde görülen bozulma türleri	
	Kasa bileşeninde	
	Çevresel atıklar	2
	Koruyucu bileşenin süreksizliği/olmaması	6
	Fiziksel deformasyon (eğilme, ezilme, sarkma vb.)	2
	Kanat bileşeninde	
	Çevresel atıklar	2
	Koruyucu bileşenin süreksizliği/olmaması	6
	Fiziksel deformasyon (eğilme, ezilme, sarkma vb.)	2
	Cam tespit bileşeninde	
	Çevresel atıklar	2
	Koruyucu bileşenin süreksizliği/olmaması	5
	Cam bileşeninde	
	Çevresel atıklar	2
	Kasa ile kanat arasındaki yalıtım	
	Çevresel atıklar	2
	Yalıtım bileşeninde eksik yalıtım veya olmaması	5
	Çerçeve ile cam arasındaki yalıtım	
	Çevresel atıklar	2
	Yalıtım bileşeninde eksik yalıtım veya olmaması	6
	Kasa ile duvar arasındaki yalıtım	
	Çevresel atıklar	2
	Kasa ile duvar arasındaki yalıtım	
	Çevresel atıklar	2
	Tespit bileşeninde	
	Çevresel atıklar	1
	Açma kapama mekanizmasında	
	Çevresel atıklar	1
	Kimyasal deformasyon (korozyon, asit-baz etkisi vb.)	4



Pencerenin bozulma puanı	1,78	
2	**Çerçeve**	**2,00**
0,6	Kasa	2,02
0,3	Kanat	2,02
0,1	Cam tespit b.	1,78
1	**Cam**	**1,02**
1	**Yalıtım**	**2,78**
0,25	Kasa-kanat	4,16
0,25	Kasa/kanat-cam	4,94
0,25	Kasa-duvar	1,02
0,25	Kasa-denizlik	1,02
1	**Tamamlayıcı**	**1,09**
0,50	Tespit bileşenleri	1,00
0,50	Açma kapama b.	1,19
-	Estetik t. .	0,00

Pencerede görülen bozulmaların etkilediği performansların bileşenlere göre dağılımı



Kullanılan Teşhis Yöntemleri		Uygulanacak Müdahale Yöntemleri
☑ **T-G**	☐ **T-B**	**Çerçeve Bileşenlerinde Uygulanan Müdahaleler**
☑ T-G1	☐ T-B1-1	☑ Çerçevenin genel temizliği
☐ T-G1-1	☐ T-B1-2	☑ Çerçeve elemanları üzerindeki koruyucu tabakanın yenilenmesi
☐ T-G1-2	☐ T-B1-3	☑ Antifungal,su geçirmez ve UV dayanıklı kaplamaların uygulanması
☐ T-G1-3	☐ **T-E**	☑ Su tahliye kanallarının temizlenmesi
☐ T-G1-4	☐ T-E1	**Cam Bileşeninde Uygulanan Müdahaleler**
☐ T-G2	☐ **T-A**	☑ Camın genel temizliği
☐ T-G2-1	☐ T-A1	**Yalıtım Bileşenlerinde Uygulanan Müdahaleler**
☐ T-G2-2	☐ T-A2	☑ Yalıtım malzemesinin uygun malzemelerle temizlenmesi
☐ T-G3	☐ T-A3	☑ Yerinden çıkan yalıtım malzemesinin yerine yerleştirilmesi
☐ T-G3-1	☐ **T-T**	☑ Yalıtım malzemesinin değiştirilmesi
☐ **T-S**	☐ T-T1	**Tamamlayıcı Bileşenlerde Uygulanan Müdahaleler**
☐ T-S1	☐ T-T2	☑ Tamamlayıcı bileşenlerin genel temizliği
☐ T-S2	☐ T-T3	☑ Menteşelerin yağlanması ve ayarlanması

Bileşenlerin müdahale öncelik puanları

Bileşenler	Koruyucu bölüm	Gövde bölümü
Kasa	8	4
Kanat	8	3
Cam tespit bileşeni	6	3
Cam	-	2
Kasa ile kanat arasındaki yalıtım	-	16
Çerçeve ile cam arasındaki yalıtım	-	25
Kasa ile duvar arasındaki yalıtım	-	1
Kasa ile denizlik arasındaki yalıtım	-	1
Tespit bileşeni	1	3
Açma kapama bileşeni	1	3
Estetik açıdan tamamlayıcı bileşen	-	-

Pencere numarası: C-218_2
İnceleme Tarihi:01.06.2020

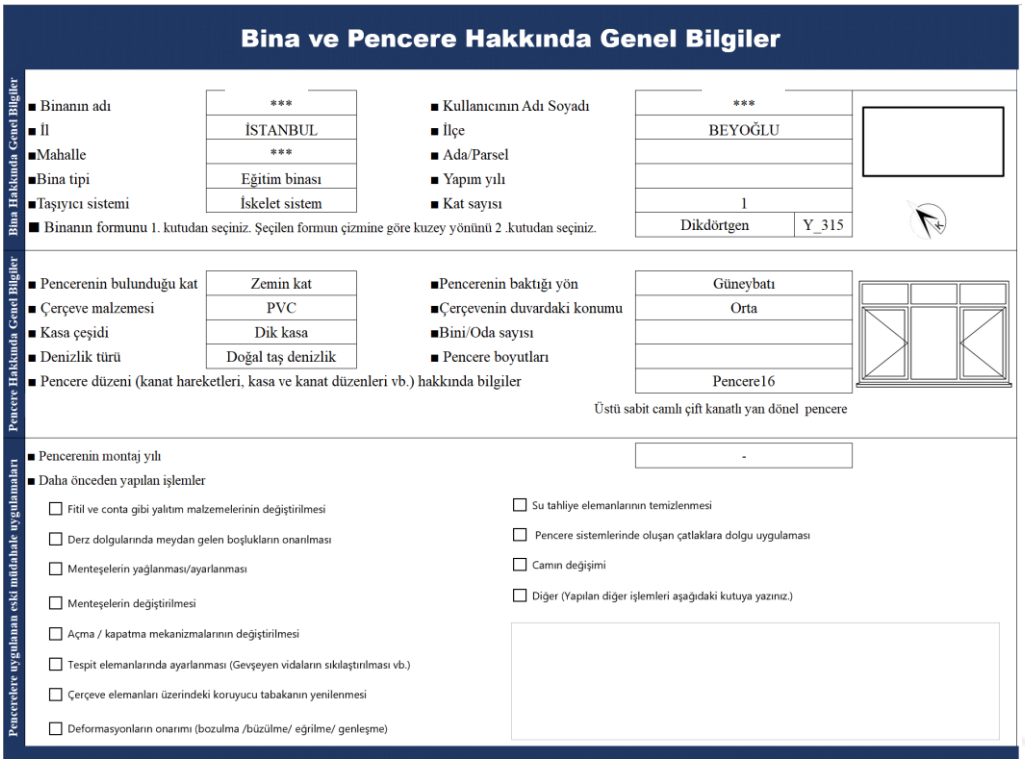
İnceleme yapan kişi: Emine Merve Okumuş
Rapor Tarihi: 02.06.2020

5.2.3 PVC pencerelerde modelin uygulanması

Eğitim binasında incelenen 1. PVC pencere sistemi zemin katta olup güneybatı yönüne bakmaktadırlar. İncelenen 1. PVC pencere sistemine uygulanan karar destek modelinin aşamaları aşağıda verilmiştir.

Aşama 1- Durum değerlendirmesi: 1. PVC pencere için durum değerlendirme aşamasında ilk adımı olan veri toplama adımı gerçekleştirilmiştir. 1. PVC pencerenin veri toplama tablosu Tablo 5. 52'de verilmiştir.

Tablo 5. 52: İncelenen 1. PVC pencerenin veri toplama tablosu.



Bina ve Pencere Hakkında Genel Bilgiler

Bina Hakkında Genel Bilgiler

■ Binanın adı	***	■ Kullanıcının Adı Soyadı	***
■ İl	İSTANBUL	■ İlçe	BEYOĞLU
■Mahalle	***	■ Ada/Parsel	
■Bina tipi	Eğitim binası	■ Yapım yılı	
■Taşıyıcı sistemi	İskelet sistem	■ Kat sayısı	1
■ Binanın formunu 1. kutudan seçiniz. Şeçilen formun çizmine göre kuzey yönünü 2 .kutudan seçiniz.			Dikdörtgen / Y_315

Pencere Hakkında Genel Bilgiler

■ Pencerenin bulunduğu kat	Zemin kat	■Pencerenin baktığı yön	Güneybatı
■ Çerçeve malzemesi	PVC	■Çerçevenin duvardaki konumu	Orta
■ Kasa çeşidi	Dik kasa	■Bini/Oda sayısı	
■ Denizlik türü	Doğal taş denizlik	■ Pencere boyutları	
■ Pencere düzeni (kanat hareketleri, kasa ve kanat düzenleri vb.) hakkında bilgiler			Pencere16

Üstü sabit camlı çift kanatlı yan dönel pencere

Pencerelere uygulanan eski müdahale uygulamaları

■ Pencerenin montaj yılı: -

■ Daha önceden yapılan işlemler

- ☐ Fitil ve conta gibi yalıtım malzemelerinin değiştirilmesi
- ☐ Derz dolgularında meydan gelen boşlukların onarılması
- ☐ Menteşelerin yağlanması/ayarlanması
- ☐ Menteşelerin değiştirilmesi
- ☐ Açma / kapatma mekanizmalarının değiştirilmesi
- ☐ Tespit elemanlarında ayarlanması (Gevşeyen vidaların sıkılaştırılması vb.)
- ☐ Çerçeve elemanları üzerindeki koruyucu tabakanın yenilenmesi
- ☐ Deformasyonların onarımı (bozulma /büzülme/ eğrilme/ genleşme)
- ☐ Su tahliye elemanlarının temizlenmesi
- ☐ Pencere sistemlerinde oluşan çatlaklara dolgu uygulaması
- ☐ Camın değişimi
- ☐ Diğer (Yapılan diğer işlemleri aşağıdaki kutuya yazınız.)

Adım 1.2-Durum analizi adımında incelenen pencerenin bileşenlerinde görülen bozulma anomalilerinin tespit işlemleri yapılmıştır. Pencere bileşenlerinde görülen bozulmalar;

- Çerçeve bileşeninde;
    - Çevresel atık,
    - İnşaat atığı,
    - Bileşenlerin birleşim noktalarında açılma,
- Cam bileşeninde;
    - Çevresel atık,
- Yalıtım bileşeninde;
    - Çevresel atık,
    - Yalıtım bileşeninde süreksizlik,kopma veya yaşlanması,
    - Yalıtım bileşeninde yalıtım eksikliği veya olmaması,

- Tamamlayıcı bileşeninde;
    - Çevresel atık,
    - Bileşende süreksizlik veya kırılma vb. sorunlar görülmüştür (Tablo 5. 53).

Tablo 5. 53 İncelenen 1. PVC pencere sisteminde görülen bozulmalara ait fotoğraflar.

İncelenen 1. PVC pencerenin çerçeve bileşeninde çevresel ve inşaat atık birikimi görülmektedir. İnşaat atığı pencere montajından sonra dış duvar yüzeyine uygulanan boya işlemleri sırasında pencere çerçevesinde yeterli önlemlerin alınmamasından kaynaklı boya lekeleri kasa ve kanat bileşenlerinde görülmektedir. Kasa bileşeninin birleşim noktalarında üretim aşamasında yapılan standart dışı birleştirmeden kaynaklı açılmalar meydana gelmiştir. Cam bileşenlerinde sadece çevresel etkilerden kaynaklı kirlenme görülmektedir. Yalıtım bileşenlerinde orta seviyede toz, kir vb. çevresel atık rastlanmıştır. Çerçeve ile cam arasında yalıtım fitilleri tek parça olması gerekirken, çok parçalı fitil kullanılırken bazı birleşim noktalarında fitiller bulunmamaktadır. Çerçeve ile duvar arasındaki elastik derz dolgu malzemesinde boşluklar oluşmuştur. Çerçeve ile denizlik arasında herhangi bir dolgu malzemesi kullanılmadığı görülmüştür. İncelenen pencere sisteminde estetik açıdan tamamlayıcı bileşen bulunmamaktadır. Tespit ve açma kapama bileşeninde çevresel atık birikim tespit

edilirken açma kapama mekanizmasında menteşeden kaynaklı kapanma sorunu bulunmaktadır.

Adım 1.3-Durum değerlendirme adımında, Adım 1.2'de elde edilen bozulma yoğunlukları ve alanlarına ait bozulma verileriyle NEN 2767 yöntemine göre bileşen katmanlarındaki bozulmaların şiddetleri hesaplanmıştır. Tablo 5.15'ten yararlanılarak bozulma anomalilerinin ağırlık puanları bulunmuştur. Ağırlık puanları ile katmanlardaki bozulmaların şiddetlerinin çarpımıyla bozulma puanına ulaşılmıştır. Tablo 5.16'daki ağırlık puanlarına göre ağırlıklı ortalama hesaplamaları sonucunda sırasıyla alt bileşen, bileşen ve pencere sisteminin bozulma puanları hesaplanmıştır.

İncelenen 1. PVC pencere sisteminin durum değerlendirmesi sonucunda kasanın bozulma puanı 1,30, kanadın bozulma puanı 1,15, cam tespitinin bozulma puanı 1,04 olması sonucunda çerçevenin toplam bozulma puanı 1,23 olarak belirlenmiştir. Cam bileşenin bozulma puanı 1,04'tür. Yalıtım bileşenlerinin bulunduğu konumlardaki bozulma puanları ise kasa ile kanat arasındaki yalıtımın bozulma puanı1,02, kasa/kanat ile cam arasındaki yalıtımın bozulma puanı 4,94, kasa ile duvar arasındaki yalıtımın bozulma puanı 3,44 ve kasa ile denizlik arasındaki yalıtımın bozulma puanları 4,05 olarak hesaplanmıştır. Tamamlayıcı bileşenlerden tespit bileşeninin bozulma puanı 1,00 ve açma kapama mekanizmasının bozulma puanı 2,65'tir. Pencerenin toplam bozulma puanı 1.74 olarak hesaplanmıştır. Pencere sistemlerinin bileşenlerindeki bozulmaya sebep olan etkiler incelediğinde tüm bileşenlerde atmosferik etkiler ve kullanım hatası etkili olurken yalıtım ve çerçeve bileşenlerinde uygulama hatasının etkileri de görülmüştür. Çerçevede ek olarak üretim hatasından kaynaklı kasa profillerinin birleşim sorunları da bulunmaktadır.

İncelenen 1. PVC pencere sisteminin durum analizi ve değerlendirmesindeki veriler, Tablo 5. 54'te çerçeve bileşeni, Tablo 5. 55'te yalıtım bileşeni, Tablo 5. 56'da tamamlayıcı bileşeni, Tablo 5. 57'de cam bileşeni gösterilmiştir.

Tablo 5. 54: 1. PVC pencerenin çerçeve bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu.

Çerçeve Bileşeninin Durum Analizi ve Değerlendirmesi

K_Lab_1	Not	Kasanın bozulma puanı (0,6)	1,30	Çerçeve bileşenin bozulma puanı	1,23
		Kanadın bozulma puanı (0,3)	1,15		
		Cam tespitinin bozulma puanı (0,1)	1,04		

Çerçeve bileşeninde görülen bozulma türleri					Kasa bileşeninde			Kanat bileşeninde			Cam tespit bileşeninde			Çerçeve bileşeninde bozulmaya sebep olan etkiler	
Bozulma Türü		Bozulma No	Bozulma anomali adı	Ağırlık puanı	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti		
Koruyucu bileşen	Atık Birikimi	BA1-1	☑ Çevresel atıklar	0,1	Orta	%70'ten fazla	3	Orta	%70'ten fazla	3	Orta	%70'ten fazla	3	Atmosferik Etkiler	☑
		BO1-1/2	☑ İnşaat ve biyolojik atıklar	0,3	Yüksek	%10 ile 30 arasında	3	Yüksek	%10 ile 30 arasında	3			-	Biyolojik Etkiler	☐
	Deformasyonlar	BA1-2	☐ Estetik deformasyon (renk değişimi,kabarma vb.)	0,2			-			-			-	Kimyasal Etkiler	☐
		BO1-3	☐ Biyolojik deformasyon (çürüme, küflenme vb.)	0,4			-			-			-	Mekanik Etkiler	☐
	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	BÇ1-1/2	☐ Koruyucu bileşenin süreksizliği/olmaması	1			-			-			-	Tasarım Hatası	☐
Gövde bileşeni	Deformasyonlar	BA1-3	☐ Estetik deformasyon (çizilme, renk değişimi vb.)	0,2			-			-			-	Üretim Hatası	☑
		BO1-4	☐ Fiziksel deformasyon (eğilme, ezilme, sarkma vb.)	0,8			-			-			-	Uygulama Hatası	☑
		BO1-5	☐ Kimyasal deformasyon (korozyon, asit-baz etkisi vb.)	0,6										Kullanım Hatası	☑
		BO1-6	☐ Biyolojik deformasyon (çürüme, küflenme vb.)*	0,6			-			-			-	Doğal yaşlanma	☐
	Boşluklar- Açıklıklar	BÇ1-3	☑ Bileşenlerin birleşim noktalarında açılma	1	Yüksek	%2 ile 10 arasında	3			-			-	**Bozulmaların etkilediği performanslar**	
		BÇ1-4	☐ Çerçeve yüzeyinde açılan boşluklar	1			-			-			-		
		BÇ1-5	☐ Çerçeve bileşenlerinde hizalamadan kaynaklı açıklık	1			-			-			-	Isı performansı	☑
	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	BÇ1-6/7	☐ Çerçeve bileşeninde süreksizlik veya kırılma	2			-			-			-	Su ve nem performansı	☑
		BÇ1-8/9	☐ Çerçeve bileşeninde eksik parça veya olmaması	2			-			-			-	Hava sızdırmazlık per.	☑

Puan															
Çerçeve bileşenlerinin her birininin koruyucu ve gövde bileşenlerindeki bozulma puanları	Koruyucu bileşenin bozulma puanları	0,38	Atık Birikimi	3,00	1,40	Atık Birikimi	3,00	1,40	Atık Birikimi	1,50	1,10	Ses yalıtımı	☑
			Deformasyonlar	1,00		Deformasyonlar	1,00		Deformasyonlar	1,00		Mekanik dayanım	☑
			Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1,00		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1,00		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1,00		Estetik değeri	☑
	Gövde bileşenin bozulma puanları	0,62	Deformasyonlar	1,00	1,23	Deformasyonlar	1,00	1,00	Deformasyonlar	1,00	1,00		
			Boşluklar- Açıklıklar	1,67		Boşluklar- Açıklıklar	1,00		Boşluklar- Açıklıklar	1,00			
			Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1,00		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1,00		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1,00			

Tablo 5. 55: 1. PVC pencerenin yalıtım bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu.

Yalıtım Bileşeninin Durum Analizi ve Değerlendirmesi

K_Lab_1	Not:	Kasa ile kanat arasındaki yalıtım (0,25	1,02	Yalıtım bileşenin bozulma puanı	3,36
		Çerçeve ile cam arasındaki yalıtım (0,25)	4,94		
		Kasa ile duvar arasındaki yalıtım (0,25)	3,44		
		Kasa ile denizlik arasındaki yalıtım (0,25)	4,05		

Yalıtım bileşeninde görülen bozulma türleri					Kasa ile kanat arasındaki yalıtım			Kasa/kanat ile cam arasındaki yalıtım			Kasa ile duvar arasındaki yalıtım			Kasa ile denizlik arasındaki yalıtım			Yalıtım bileşeninde bozulmaya sebep olan etkiler			
	Bozulma Türü	Bozulma No	Bozulma anomali adı	Ağırlık	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti				
Yalıtım bileşeni	Atık Birikimi	BA3-1	☑ Çevresel Atıklar	0,1	Orta	%30 ile 70 arasında	2	Orta	%30 ile 70 arasında	2	Orta	%30 ile 70 arasında	2	Orta	%30 ile 70 arasında	2	Atmosferik Etkenler	☑	Üretim Hatası	☐
		BO1-1/2	☐ İnşaat ve biyolojik atıklar	0,3			-			-			-			-	Biyolojik Etkenler	☐	Uygulama Hatası	☑
	Deformasyonlar	BA3-2	☐ Estetik deformasyon (kabarma, çatlama vb.)	0,2			-			-			-			-	Kimsayal Etkenler	☐	Kullanım Hatası	☑
		BO3-3	☐ Fiziksel deformasyon (ezilme,şekil değiştirme vb.)	0,5			-			-			-			-	Mekanik Etkenler	☐	Doğal yaşlanma	☐
	Boşluklar- Açıklıklar	BÇ3-1	☐ Derz dolgularının boşalması	1,5									-			-	Tasarım Hatası	☐		
	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	BÇ3-2/4	☑ Yalıtım bileşeninde süreksizlik,kopma veya yaşlanması	2			-	Yüksek	%70'ten fazla	6	Yüksek	%30 ile 70 arasında	5			-	Bozulmaların etkilediği performanslar			
		BÇ3-3/5	☑ Yalıtım bileşeninde eksik yalıtım veya olmaması	2			-	Yüksek	%10 ile 30 arasında	4			-	Yüksek	%70'ten fazla	6				
Puan	Yalıtım bileşenlerinde görülen bozulmaların her birinin bozulma grubuna göre bozulma puanları				Atık Birikimi	1,3	1,02	Atık Birikimi	1,25	4,94	Atık Birikimi	1,25	3,44	Atık Birikimi	1,25	4,05	Isı performansı	☑	Mekanik dayanım	☐
					Deformasyonlar	1,0		Deformasyonlar	1,00		Deformasyonlar	1		Deformasyonlar	1		Su ve nem performansı	☑	Estetik değeri	☑
					Boşluklar- Açıklıklar	-		Boşluklar- Açıklıklar	-		Boşluklar- Açıklıklar	1		Boşluklar- Açıklıklar	1		Hava sızdırmazlık per.	☑		
					Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1,0		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	6,00		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	5		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	6		Ses yalıtımı	☑		

Tablo 5. 56: 1.PVC pencerenin tamamlayıcı bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu.

Tamamlayıcı Bileşenlerin Durum Analizi ve Değerlendirmesi

K_Lab_1	Not:	Tespit bileşeninin bozulma puanı (0,5)	1,00	Tamamlayucu bileşenlerin bozulma puanı	1,83
		Açma kapama mekanizmasının bozulma puanı (0,5)	2,65		
		Estetik açıdan tamamlayıcı bileşeninin bozulma puanı			

Tamamlayıcı bileşenlerde görülen bozulma türleri					Tespit bileşeninde			Açma kapama mekanizmasında			Estetik açıdan tamamlayıcı bileşeninde			Tamamlayıcı bileşenlerde bozulmaya sebep olan etkiler	
	Bozulma Türü	Bozulma No	Bozulma anomali adı	Ağırlık puanı	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti		
Koruyucu bileşen	Atık Birikimi	BA4-1	☑ Çevresel Atıklar	0,1	Orta	%10 ile 30 arasında	1	Orta	%10 ile 30 arasında	1				Atmosferik Etkiler	☑
		BO4-1/2	☐ İnşaat ve biyolojik atıklar	0,3			-			-				Biyolojik Etkiler	☐
	Deformasyonlar	BA4-2	☐ Estetik deformasyon (renk değişimi, çizilme vb.)	0,2			-			-				Kimyasal Etkiler	☐
	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	BÇ4-1	☐ Koruyucu bileşende süreksizlik	0,8			-			-				Mekanik Etkiler	☐
		BÇ4-2	☐ Koruyucu bileşenin olmaması	0,8			-			-				Tasarım Hatası	☐
Gövde bileşeni	Deformasyonlar	BA4-3	☐ Estetik deformasyon (kabarma, çatlama vb.)	0,2			-			-				Üretim Hatası	☐
		BO1-4	☐ Fiziksel deformasyon (eğilme, ezilme, sarkma vb.)	0,6			-			-				Uygulama Hatası	☐
		BO1-5	☐ Kimyasal deformasyon (korozyon, asit-baz etkisi vb.)	0,6			-			-				Kullanım Hatası	☑
		BO1-6	☐ Biyolojik deformasyon (çürüme, küflenme vb.)*	0,6			-			-				Doğal yaşlanma	☐
	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	BÇ4-3/4	☑ Bileşende süreksizlik veya kırılma	2			-	Yüksek	%30 ile 70 arasında	5				Bozulmaların etkilediği performanslar	
		BÇ4-5/6	☐ Bileşende eksik parça veya olmaması	2			-			-				Isı performansı	☐
Puan	Tamamlayıcı bileşenlerinin her birininin koruyucu ve gövde bileşenlerindeki bozulma puanları		Koruyucu bileşenin bozulma puanları	0,38	Atık Birikimi	1	1,00	Atık Birikimi	1	1,00	Atık Birikimi		Bileşen yok	Su ve nem performansı	☐
					Deformasyonlar	1		Deformasyonlar	1		Deformasyonlar			Hava sızdırmazlık per.	☐
					Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması			Ses yalıtımı	☐
			Gövde bileşenin bozulma puanları	0,62	Deformasyonlar	1	1,00	Deformasyonlar	1	3,67	Deformasyonlar			Mekanik dayanım	☑
					Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	5		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması			Estetik değeri	☑

Tablo 5. 57: 1. PVC pencerenin cam bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu.

Cam Bileşeninin Durum Analizi ve Değerlendirmesi

K_Lab_1	Not:						Cam bileşenin bozulma puanı	1,04		
	Cam görülen bozulma türleri				Cam bileşeninde			Cam bileşeninde bozulmaya sebep olan etkiler			
	Bozulma Türü	Bozulma No	Bozulma anomali adı	Ağırlık puanı	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti				
Cam bileşeni	Atık Birikimi	BA2-1	☑ Çevresel atıklar	0,1	Orta	%70'ten fazla	3	Atmosferik Etkiler	☑	Üretim Hatası	☐
		BO2-1/2	☐ İnşaat ve biyolojik atıklar	0,3			-	Biyolojik Etkiler	☐	Uygulama Hatası	☐
	Deformasyonlar	BO2-3	☐ Estetik deformasyon (çizilme vb.)	0,2			-	Kimyasal Etkiler	☐	Kullanım Hatası	☑
	Yoğuşma	BÇ2-1	☐ Tabakalar arasında buğulanma	1			-	Mekanik Etkiler	☐	Doğal yaşlanma	☐
	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	BÇ2-2	☐ Camın çatlaması	2			-	Tasarım Hatası	☐		
		BÇ2-3	☐ Camın kırılması				-	Bozulmaların etkilediği performanslar			
Puan	Cam bileşeninde görülen bozulmaların herbirinin bozulma grubuna göre bozulma puanları			Atık Birikimi			1,50	Isı performansı	☐	Mekanik dayanım	☐
				Deformasyonlar			1,00	Su ve nem performansı	☐	Estetik değeri	☑
				Yoğuşmalar			1,00	Hava sızdırmazlık per.	☐		
				Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması			1,00	Ses yalıtımı	☐		

Aşama 2- Olası Müdahale Alternatiflerinin belirlenmesi: İncelenen PVC çerçeve için modelin 2. aşamasında adım 2.1'e göre bozulma görülen bileşenlerde kullanılmak için hazırlanmış müdahale alternatiflerini içeren tablolar incelenmiştir. Adım 2.2'de penceredeki her bir bileşenin bozulma durumuna göre müdahale öncelik puanları verilmiştir. Daha sonra Adım 2.3'te durum değerlendirmesinde elde edilen bozulma puanları ile müdahale öncelik puanlarının çarpılmasıyla müdahale puanları bulunmuştur. Kasa/kanat ile cam arasındaki yalıtımların bozulma puanı 25, kasa ile denizlik arasındaki yalıtımların ve açma kapama bileşeninin müdahale puanı 16 ve kasa ile duvar arasındaki yalıtımların müdahale 9 olarak hesaplanmıştır. Adım 2.4'te müdahale puanlarına göre uygun müdahale alternatifleri işaretlenmiştir. 1. PVC pencere sistemi için hazırlanan olası müdahale alternatifleri tablosu Tablo 5. 58'de verilmiştir. Eksik olan yalıtım bileşenlerinin tamamlanmalı ve menteşe sistemi ayarlanmalıdır. Pencerenin diğer bölümleri için genel temizlik, ayarlama, yağlama gibi rutin işlemleri uygulanmalıdır.

Tablo 5. 58: 1. PVC pencere için hazırlanan olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi aşaması.

OLASI MÜDAHALE ALTERNATİFLERİNİN BELİRLENMESİ AŞAMASI

Müdahale puanının belirlenmesi

Bileşen katmanlarında oluşan bozulmaların şiddetlerine bağlı müdahale öncelik puanı	Koruyucu bölüm			Gövde bölümü		
	Bozulma puanı	Müdahale önceliği	Müdahale puanı	Bozulma puanı	Müdahale önceliği	Müdahale puanı
Kasa	1	1	1	1	2	2
Kanat	1	1	1	1	2	2
Cam tespit bileşeni	1	1	1	1	2	2
Cam	-	-	-	1	2	2
Kasa ile kanat arasındaki yalıtım	-	-	-	1	1	1
Çerçeve ile cam arasındaki yalıtım	-	-	-	5	5	25
Kasa ile duvar arasındaki yalıtım	-	-	-	3	3	9
Kasa ile denizlik arasındaki yalıtım	-	-	-	4	4	16
Tespit bileşeni	1	1	1	1	3	3
Açma kapama bileşeni	1	1	1	4	4	16
Estetik açıdan tamamlayıcı bileşen	-	-	-	0	-	-

Müdahale yöntemlerinin belirlenmesi

Çerçeve Bileşenlerinde Uygulanan Müdahaleler

- ☑ Çerçevenin genel temizliği
- ☐ Çerçeve elemanları üzerindeki koruyucu tabakanın yenilenmesi
- ☐ Antifungal,su geçirmez ve UV dayanıklı kaplamaların uygulanması
- ☑ Çerçevede oluşan çatlaklara/parça kayıplarına dolgu uygulanması
- ☐ Kanattaki form bozukluklarına karşı güçlendirme profilleri uygulaması
- ☐ Su tahliye kanallarının temizlenmesi
- ☐ Yeni su tahliye kanallarının açılması
- ☐ Cam tespit çıtasının yuvasına yerleştirilmesi
- ☐ Cam macununun yenilenmesi
- ☐ Kanat bileşeninin değiştirilmesi
- ☐ Pencere sisteminin değiştirilmesi
- ☐ Diğer

Cam Bileşeninde Uygulanan Müdahaleler

- ☑ Camın genel temizliği
- ☐ Eskiyen/bozulan kaplamanın çıkarılması
- ☐ Cama çevresel etkenlere uygun kaplama uygulanması
- ☐ Cam tabakaları arasındaki buğuyu kurutulduktan sonra kapatılması
- ☐ Camın değiştirilmesi
- ☐ Diğer

Yalıtım Bileşenlerinde Uygulanan Müdahaleler

- ☑ Yalıtım malzemesinin uygun malzemelerle temizlenmesi
- ☑ Yerinden çıkan yalıtım malzemesinin yerine yerleştirilmesi
- ☑ Yalıtım malzemesinin değiştirilmesi
- ☐ Derz dolgularında meydan gelen boşlukların onarılması
- ☐ Diğer

Tamamlayıcı Bileşenlerde Uygulanan Müdahaleler

- ☑ Tamamlayıcı bileşenlerin genel temizliği
- ☑ Menteşelerin yağlanması ve ayarlanması
- ☐ Menteşe korozyon görüldüğün temizlenme ve korozyon koruyucu uygulanması
- ☐ Menteşelerin değiştirilmesi
- ☐ Açma kapama mekanizmalarının ayarlanması
- ☐ Açma kapama mekanizmalarının değiştirilmesi
- ☐ Korozyon meydana gelen vida, çivi vb. bileşenlerin değiştirilmesi
- ☐ Tespit bileşenlerinin sıkılaştırılması
- ☐ Estetik bileşenlerinin üzerindeki koruyucu tabakanın yenilenmesi
- ☐ Estetik bileşenlerinin yenilenmesi
- ☐ Tespit elemanlarında ayarlanması
- ☐ Diğer

Uzman Görüşü

Eksik olan yatılım bileşenlerinin tamamlanmalı. Pencerenin diğer bölümleri için genel temizlik, ayarlama, yağlama gibi rutin işlemlerin uygulanması gerekir.

Müdahale

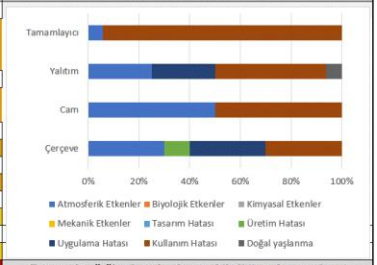
1-6	Çok iyi	Önleyici bakım	19-24	Kritik	Rehabilitasyom
7-12	İyi	Durum bazlı bakım	25-30	Çok Kritik	Değişim
12-18	Orta	Onarım (repair)			

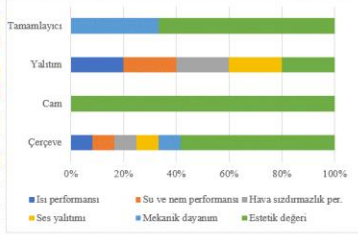
Aşama 3-Durum raporu ve envanterinin hazırlanması: İncelenen 1. alüminyum pencere sistemi için öncelikle Adım 3.1 kapsamında mevcut durumuna ait veriler durum değerlendirme aşamasından ve Adım 3.2 için müdahale sürecine ait veriler olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi aşamasından alınarak pencerenin durum raporu ve envanteri oluşturulmuştur. Pencerenin durum raporu ve envanter tablosu Tablo 5. 59'da gösterilmiştir.

Tablo 5. 59: 1. PVC pencere için hazırlanan rapor.

Pencerenin Durum Raporu ve Envanteri

K_Lab_1	Pencere sisteminde görülen bozulma türleri	
	Kasa bileşeninde	
	Çevresel atıklar	3
	İnşaat ve biyolojik atıklar	3
	Bileşenlerin birleşim noktalarında açılma	3
	Kanat bileşeninde	
	Çevresel atıklar	3
	İnşaat ve biyolojik atıklar	3
	Cam tespit bileşeninde	
	Çevresel atıklar	3
	Cam bileşeninde	
	Çevresel atıklar	3
	Kasa ile kanat arasındaki yalıtım	
	Çevresel atıklar	2
	Çerçeve ile cam arasındaki yalıtım	
	Çevresel atıklar	2
Pencerenin bozulma puanı 1,74	Yalıtım bileşeninde süreksizlik,kopma veya yaşlanması	6
	Yalıtım bileşeninde eksik yalıtım veya olmaması	4
2 **Çerçeve** 1,23	**Kasa ile duvar arasındaki yalıtım**	
0.6 Kasa 1,30	Çevresel atıklar	2
0.3 Kanat 1,15	Yalıtım bileşeninde süreksizlik,kopma veya yaşlanması	5
0.1 Cam tespit b. 1,04	**Kasa ile denizlik arasındaki yalıtım**	
1 **Cam** 1,04	Çevresel atıklar	2
1 **Yalıtım** 3,36	Yalıtım bileşeninde eksik yalıtım veya olmaması	6
0.25 Kasa-kanat 1,02	**Tespit bileşeninde**	
0.25 Kasa/kanat-cam 4,94	Çevresel atıklar	1
0.25 Kasa-duvar 3,44	**Açma kapama mekanizmasında**	
0.25 Kasa-denizlik 4,05	Çevresel atıklar	1
1 **Tamamlayıcı** 1,83		
0.50 Tespit bileşenleri 1,00		
0.50 Açma kapama b. 2,65		
- Estetik t. . 0,00		





Kullanılan Teşhis Yöntemleri			Uygulanacak Müdahale Yöntemleri
☑	**T-G**	☐ **T-B**	**Çerçeve Bileşenlerinde Uygulanan Müdahaleler**
☑	T-G1	☐ T-B1-1	☑ Çerçevenin genel temizliği
☐	T-G1-1	☐ T-B1-2	☑ Çerçevede oluşan çatlaklara/parça kayıplarına dolgu uygulanması
☐	T-G1-2	☐ T-B1-3	**Cam Bileşeninde Uygulanan Müdahaleler**
☐	T-G1-3	☐ **T-E**	☑ Camın genel temizliği
☐	T-G1-4	☐ T-E1	**Yalıtım Bileşenlerinde Uygulanan Müdahaleler**
☐	T-G2	☐ **T-A**	☑ Yalıtım malzemesinin uygun malzemelerle temizlenmesi
☐	T-G2-1	☐ T-A1	☑ Yerinden çıkan yalıtım malzemesinin yerine yerleştirilmesi
☐	T-G2-2	☐ T-A2	☑ Yalıtım malzemesinin değiştirilmesi
☐	T-G3	☐ T-A3	**Tamamlayıcı Bileşenlerde Uygulanan Müdahaleler**
☐	T-G3-1	☐ **T-T**	☑ Tamamlayıcı bileşenlerin genel temizliği
☐	**T-S**	T-T1	☑ Menteşelerin yağlanması ve ayarlanması
☐	T-S1	☐ T-T2	☑ Menteşelerin değiştirilmesi
☐	T-S2	☐ T-T3	

Bileşenlerin müdahale öncelik puanları		
Bileşenler	**Koruyucu bölüm**	**Gövde bölümü**
Kasa	1	2
Kanat	1	2
Cam tespit bileşeni	1	2
Cam	-	2
Kasa ile kanat arasındaki yalıtım	-	1
Çerçeve ile cam arasındaki yalıtım	-	25
Kasa ile duvar arasındaki yalıtım	-	9
Kasa ile denizlik arasındaki yalıtım	-	16
Tespit bileşeni	1	3
Açma kapama bileşeni	1	16
Estetik açıdan tamamlayıcı bileşen	-	-

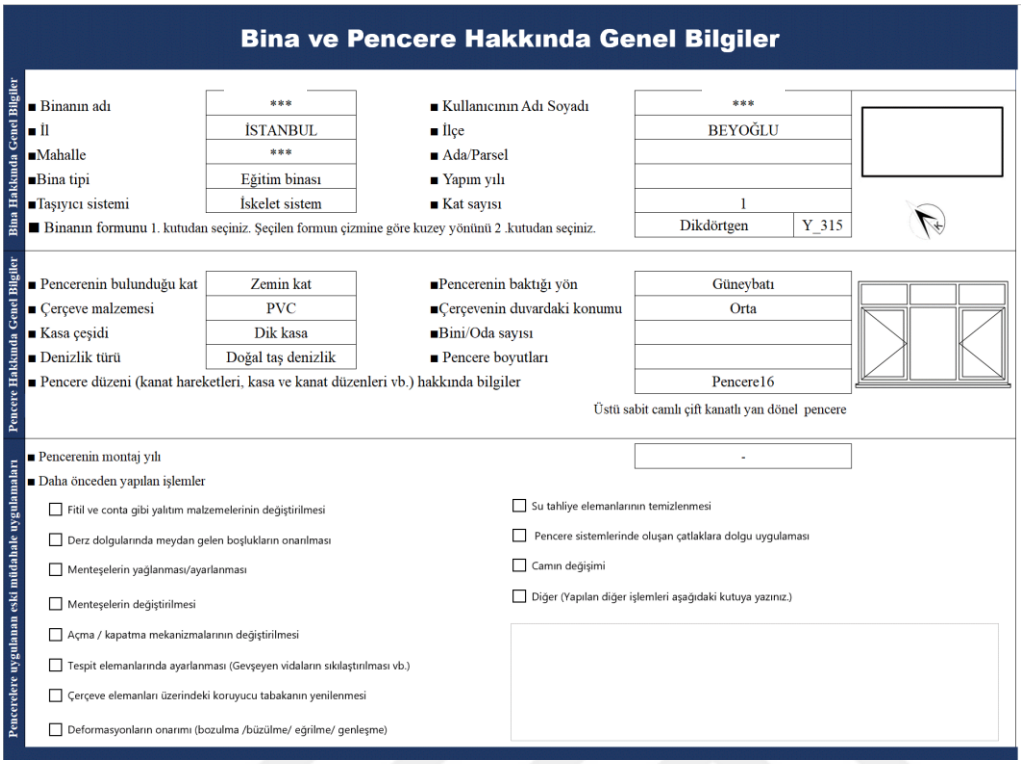
Pencere numarası: K_Lab_1
İnceleme Tarihi:01.06.2020

İnceleme yapan kişi: Emine Merve Okumuş
Rapor Tarihi: 02.06.2020

Aynı binada incelenen 2. PVC pencere sisteminde karşılaşılan bozulma anomalileri aşağıda belirtilmiştir.

Aşama 1- Durum değerlendirmesi: 2. PVC pencere için durum değerlendirme aşamasında ilk adımı olan veri toplama adımı gerçekleştirilmiştir. 2. PVC pencerenin veri toplama tablosu Tablo 5. 60'da verilmiştir.

Tablo 5. 60: İncelenen 2. PVC pencerenin veri toplama tablosu.



Bina ve Pencere Hakkında Genel Bilgiler

Bina Hakkında Genel Bilgiler

■ Binanın adı	***	■ Kullanıcının Adı Soyadı	***
■ İl	İSTANBUL	■ İlçe	BEYOĞLU
■Mahalle	***	■ Ada/Parsel	
■Bina tipi	Eğitim binası	■ Yapım yılı	
■Taşıyıcı sistemi	İskelet sistem	■ Kat sayısı	1

■ Binanın formunu 1. kutudan seçiniz. Şeçilen formun çizmine göre kuzey yönünü 2 .kutudan seçiniz. Dikdörtgen | Y_315

Pencere Hakkında Genel Bilgiler

■ Pencerenin bulunduğu kat	Zemin kat	■Pencerenin baktığı yön	Güneybatı
■ Çerçeve malzemesi	PVC	■Çerçevenin duvardaki konumu	Orta
■ Kasa çeşidi	Dik kasa	■Bini/Oda sayısı	
■ Denizlik türü	Doğal taş denizlik	■ Pencere boyutları	

■ Pencere düzeni (kanat hareketleri, kasa ve kanat düzenleri vb.) hakkında bilgiler: Pencere16

Üstü sabit camlı çift kanatlı yan dönel pencere

Pencerelere uygulanan eski müdahale uygulamaları

■ Pencerenin montaj yılı: -

■ Daha önceden yapılan işlemler

- ☐ Fitil ve conta gibi yalıtım malzemelerinin değiştirilmesi
- ☐ Derz dolgularında meydan gelen boşlukların onarılması
- ☐ Menteşelerin yağlanması/ayarlanması
- ☐ Menteşelerin değiştirilmesi
- ☐ Açma / kapatma mekanizmalarının değiştirilmesi
- ☐ Tespit elemanlarında ayarlanması (Gevşeyen vidaların sıkılaştırılması vb.)
- ☐ Çerçeve elemanları üzerindeki koruyucu tabakanın yenilenmesi
- ☐ Deformasyonların onarımı (bozulma /büzülme/ eğrilme/ genleşme)
- ☐ Su tahliye elemanlarının temizlenmesi
- ☐ Pencere sistemlerinde oluşan çatlaklara dolgu uygulaması
- ☐ Camın değişimi
- ☐ Diğer (Yapılan diğer işlemleri aşağıdaki kutuya yazınız.)

Adım 1.2-Durum analizi adımında incelenen pencerenin bileşenlerinde görülen bozulma anomalilerinin tespit işlemleri yapılmıştır. Pencere bileşenlerinde görülen bozulmalar;

- Çerçeve bileşeninde;
    - Çevresel atık,
    - İnşaat atığı,
    - Bileşenlerin birleşim noktalarında açılma,
- Cam bileşeninde;
    - Çevresel atık,
- Yalıtım bileşeninde;
    - Çevresel atık,
    - Yalıtım bileşeninde süreksizlik,kopma veya yaşlanması
    - Yalıtım bileşeninde yalıtım eksikliği veya olmaması,
- Tamamlayıcı bileşeninde;
    - Çevresel atık vb. sorunlar görülmüştür (Tablo 5. 61).

Tablo 5. 61: İncelenen 2. PVC pencere sisteminde görülen bozulmalara ait fotoğraflar.

Çerçeve bileşeninde çevresel ve inşaat atık birikimi görülmektedir. İnşaat atığı pencere montajından sonra dış duvar yüzeyine uygulanan boya işlemleri sırasında pencere çerçevesinde yeterli önlemlerin alınmamasından kaynaklı boya lekeleri kasa ve kanat bileşenlerinde görülmektedir. Kasa bileşeninin birleşim noktalarında üretim aşamasında yapılan standart dışı birleştirmeden kaynaklı açılmalar meydana gelmiştir. Cam bileşenlerinde sadece çevresel etkilerden kaynaklı kirlenme mevcuttur. Yalıtım bileşenlerinde orta seviyede toz, kir vb. çevresel atık görülmektedir. Çerçeve ile cam arasında yalıtım fitilleri tek parça olması gerekirken, çok parçalı fitil kullanılmıştır. Bazı bileşim noktalarında fitiller bulunmamaktadır. Çerçeve ile duvar arasındaki elastik derz dolgu malzemesinde boşalmalar meydana gelmiştir. Çerçeve ile denizlik arasında herhangi bir dolgu malzemesi kullanılmamıştır. İncelenen pencere sisteminde estetik açıdan tamamlayıcı bileşen bulunmamaktadır. Tespit ve açma kapama bileşeninde çevresel atık birikim görülmektedir.

İncelenen 2. PVC pencere sisteminin durum değerlendirmesi sonucunda kasanın bozulma puanı 1,37, kanadın bozulma puanı 1,15, cam tespitinin bozulma puanı 1,04 olması sonucunda çerçevenin toplam bozulma puanı 1,27 olarak belirlenmiştir. Cam bileşenin bozulma puanı 1,04'tür. Yalıtım bileşenlerinin bulunduğu konumlardaki bozulma puanları ise kasa ile kanat arasındaki yalıtımın bozulma puanı1,02, çerçeve ile cam arasındaki yalıtımın bozulma puanı 4,94, kasa ile duvar arasındaki yalıtımın bozulma puanı 3,44 ve kasa ile denizlik arasındaki yalıtımın bozulma puanları 4,05

olarak hesaplanmıştır. Yalıtımın toplam bozulma puanı 3,36 olarak belirlenmiştir. Tamamlayıcı bileşenlerden tespit ve açma kapama bileşenlerinin bozulma puanı 1,00'dir. Pencerenin toplam bozulma puanı 1,59'dur.

İncelenen 2. PVC pencere sisteminin durum analizi ve değerlendirmesindeki veriler, Tablo 5. 62'de çerçeve bileşeni, Tablo 5. 63'te yalıtım bileşeni, Tablo 5. 64'te tamamlayıcı bileşeni, Tablo 5. 65'te cam bileşeni gösterilmiştir. Pencere sistemlerinin bileşenlerindeki bozulmaya sebep olan etkiler incelediğinde tüm bileşenlerde atmosferik etkiler ve kullanım hatası etkili olurken yalıtım ve çerçeve bileşenlerinde uygulama hatasının etkileri de görülmüştür. Çerçevedek olarak üretim hatasından kaynaklı kasa profillerinin birleşim sorunları da bulunmaktadır.

Tablo 5. 62: 2. PVC pencerenin çerçeve bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu

Çerçeve Bileşeninin Durum Analizi ve Değerlendirmesi

K_Lab_2	Not	Kasanın bozulma puanı (0,6)	1,37	Çerçeve bileşenin bozulma puanı	1,27
		Kanadın bozulma puanı (0,3)	1,15		
		Cam tespitinin bozulma puanı (0,1)	1,04		

Çerçeve bileşeninde görülen bozulma türleri					Ağırlık puanı	Kasa bileşeninde			Kanat bileşeninde			Cam tespit bileşeninde			Çerçeve bileşeninde bozulmaya sebep olan etkiler	
	Bozulma Türü	Bozulma No		Bozulma anomali adı		Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti		
Koruyucu bileşen	Atık Birikimi	BA1-1	☑	Çevresel atıklar	0,1	Orta	%70'ten fazla	3	Orta	%70'ten fazla	3	Orta	%70'ten fazla	3	Atmosferik Etkiler	☑
		BO1-1/2	☑	İnşaat ve biyolojik atıklar	0,3	Yüksek	%10 ile 30 arasında	3	Yüksek	%10 ile 30 arasında	3			-	Biyolojik Etkiler	☐
	Deformasyonlar	BA1-2	☐	Estetik deformasyon (renk değişimi,kabarma vb.)	0,2			-			-			-	Kimyasal Etkiler	☐
		BO1-3	☐	Biyolojik deformasyon (çürüme, küflenme vb.)	0,4			-			-			-	Mekanik Etkiler	☐
	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	BÇ1-1/2	☐	Koruyucu bileşenin süreksizliği/olmaması	1			-			-			-	Tasarım Hatası	☐
Gövde bileşeni	Deformasyonlar	BA1-3	☐	Estetik deformasyon (çizilme, renk değişimi vb.)	0,2			-			-			-	Üretim Hatası	☑
		BO1-4	☐	Fiziksel deformasyon (eğilme, ezilme, sarkma vb.)	0,8			-			-			-	Uygulama Hatası	☑
		BO1-5	☐	Kimyasal deformasyon (korozyon, asit-baz etkisi vb.)	0,6										Kullanım Hatası	☑
		BO1-6	☐	Biyolojik deformasyon (çürüme, küflenme vb.)*	0,6			-			-			-	Doğal yaşlanma	☐
	Boşluklar- Açıklıklar	BÇ1-3	☑	Bileşenlerin birleşim noktalarında açılma	1	Yüksek	%10 ile 30 arasında	4			-			-	**Bozulmaların etkilediği performanslar**	
		BÇ1-4	☐	Çerçeve yüzeyinde açılan boşluklar	1			-			-			-		
		BÇ1-5	☐	Çerçeve bileşenlerinde hizalamadan kaynaklı açıklık	1			-			-			-	Isı performansı	☑
	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	BÇ1-6/7	☐	Çerçeve bileşeninde süreksizlik veya kırılma	2			-			-			-	Su ve nem performansı	☑
		BÇ1-8/9	☐	Çerçeve bileşeninde eksik parça veya olmaması	2			-			-			-	Hava sızdırmazlık per.	☑

Puan																
Çerçeve bileşenlerinin her birininin koruyucu ve gövde bileşenlerindeki bozulma puanları	Koruyucu bileşenin bozulma puanları	0,38	Atık Birikimi	3,00	1,40	Atık Birikimi	3,00	1,40	Atık Birikimi	1,50	1,10	Ses yalıtımı	☑
			Deformasyonlar	1,00		Deformasyonlar	1,00		Deformasyonlar	1,00		Mekanik dayanım	☑
			Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1,00		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1,00		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1,00		Estetik değeri	☑
	Gövde bileşenin bozulma puanları	0,62	Deformasyonlar	1,00	1,35	Deformasyonlar	1,00	1,00	Deformasyonlar	1,00	1,00		
			Boşluklar- Açıklıklar	2,00		Boşluklar- Açıklıklar	1,00		Boşluklar- Açıklıklar	1,00			
			Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1,00		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1,00		Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	1,00			

Tablo 5. 63 2. PVC pencerenin yalıtım bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu.

Yalıtım Bileşeninin Durum Analizi ve Değerlendirmesi

| | | |

Tablo 5. 65: 2. PVC pencerenin cam bileşeninin durum analizi ve değerlendirmesi tablosu.

Cam Bileşeninin Durum Analizi ve Değerlendirmesi													
K_Lab_2		Not:						Cam bileşenin bozulma puanı		1,04			
Cam görülen bozulma türleri					Cam bileşeninde			Cam bileşeninde bozulmaya sebep olan etkiler					
Bozulma Türü		Bozulma No	Bozulma anomali adı	Ağırlık puanı	Bozulma yoğunluğu	Bozulma alanı	Bozulma şiddeti						
Cam bileşeni	Atık Birikimi	BA2-1	☑ Çevresel atıklar	0,1	Orta	%70'ten fazla	3	Atmosferik Etkiler	☑	Üretim Hatası	☐		
		BO2-1/2	☐ İnşaat ve biyolojik atıklar	0,3			-	Biyolojik Etkiler	☐	Uygulama Hatası	☐		
	Deformasyonlar	BO2-3	☐ Estetik deformasyon (çizilme vb.)	0,2			-	Kimyasal Etkiler	☐	Kullanım Hatası	☑		
	Yoğuşma	BÇ2-1	☐ Tabakalar arasında buğulanma	1			-	Mekanik Etkiler	☐	Doğal yaşlanma	☐		
	Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması	BÇ2-2	☐ Camın çatlaması	2			-	Tasarım Hatası	☐				
		BÇ2-3	☐ Camın kırılması				-	Bozulmaların etkilediği performanslar					
Puan	Cam bileşeninde görülen bozulmaların herbirinin bozulma grubuna göre bozulma puanları			Atık Birikimi			1,50	Isı performansı	☐	Mekanik dayanım	☐		
				Deformasyonlar			1,00	Su ve nem performansı	☐	Estetik değeri	☑		
				Yoğuşmalar			1,00	Hava sızdırmazlık per.	☐				
				Gevşeme, ayrılma, süreksizlik veya olmaması			1,00	Ses yalıtımı	☐				

Aşama 2- Olası Müdahale Alternatiflerinin belirlenmesi: İncelenen PVC çerçeve için modelin 2. aşamasında adım 2.1'e göre bozulma görülen bileşenlerde kullanılmak için hazırlanmış müdahale alternatiflerini içeren tablolar incelenmiştir. Adım 2.2'de penceredeki her bir bileşenin bozulma durumuna göre müdahale öncelik puanları verilmiştir. Daha sonra Adım 2.3'te durum değerlendirmesinde elde edilen bozulma puanları ile müdahale öncelik puanlarının çarpılmasıyla müdahale puanları bulunmuştur. Kasa/kanat ile cam arasındaki yalıtımların bozulma puanı 25, kasa ile denizlik arasındaki yalıtımların ve açma kapama bileşeninin müdahale puanı 16 ve kasa ile duvar arasındaki yalıtımların müdahale 9 olarak hesaplanmıştır. Adım 2.4'te müdahale puanlarına göre uygun müdahale alternatifleri işaretlenmiştir. 2. PVC pencere sistemi için hazırlanan olası müdahale alternatifleri tablosu Tablo 5. 66'da verilmiştir. Eksik olan yalıtım bileşenlerinin tamamlanmalı ve menteşe sistemi ayarlanmalıdır. Pencerenin diğer bölümleri için genel temizlik, ayarlama, yağlama gibi rutin işlemlerin uygulanmalıdır.

Tablo 5. 66: 2. PVC pencere için hazırlanan olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi aşaması.

OLASI MÜDAHALE ALTERNATİFLERİNİN BELİRLENMESİ AŞAMASI

Müdahale puanının belirlenmesi

Bileşen katmanlarında oluşan bozulmaların şiddetlerine bağlı müdahale öncelik puanı	Koruyucu bölüm			Gövde bölümü		
	Bozulma puanı	Müdahale önceliği	Müdahale puanı	Bozulma puanı	Müdahale önceliği	Müdahale puanı
Kasa	1	1	1	1	2	2
Kanat	1	1	1	1	2	2
Cam tespit bileşeni	1	1	1	1	2	2
Cam	-	-	-	1	2	2
Kasa ile kanat arasındaki yalıtım	-	-	-	1	1	1
Çerçeve ile cam arasındaki yalıtım	-	-	-	5	5	25
Kasa ile duvar arasındaki yalıtım	-	-	-	3	3	9
Kasa ile denizlik arasındaki yalıtım	-	-	-	4	4	16
Tespit bileşeni	1	1	1	1	3	3
Açma kapama bileşeni	1	1	1	4	4	16
Estetik açıdan tamamlayıcı bileşen	-	-	-	0	-	-

Müdahale yöntemlerinin belirlenmesi

Çerçeve Bileşenlerinde Uygulanan Müdahaleler

- ☑ Çerçevenin genel temizliği
- ☐ Çerçeve elemanları üzerindeki koruyucu tabakanın yenilenmesi
- ☐ Antifungal,su geçirmez ve UV dayanıklı kaplamaların uygulanması
- ☑ Çerçevede oluşan çatlaklara/parça kayıplarına dolgu uygulanması
- ☐ Kanattaki form bozukluklarına karşı güçlendirme profilleri uygulaması
- ☐ Su tahliye kanallarının temizlenmesi
- ☐ Yeni su tahliye kanallarının açılması
- ☐ Cam tespit çıtasının yuvasına yerleştirilmesi
- ☐ Cam macununun yenilenmesi
- ☐ Kanat bileşeninin değiştirilmesi
- ☐ Pencere sisteminin değiştirilmesi
- ☐ Diğer

Cam Bileşeninde Uygulanan Müdahaleler

- ☑ Camın genel temizliği
- ☐ Eskiyen/bozulan kaplamanın çıkarılması
- ☐ Cama çevresel etkenlere uygun kaplama uygulanması
- ☐ Cam tabakaları arasındaki buğuyu kurutulduktan sonra kapatılması
- ☐ Camın değiştirilmesi
- ☐ Diğer

Yalıtım Bileşenlerinde Uygulanan Müdahaleler

- ☑ Yalıtım malzemesinin uygun malzemelerle temizlenmesi
- ☑ Yerinden çıkan yalıtım malzemesinin yerine yerleştirilmesi
- ☑ Yalıtım malzemesinin değiştirilmesi
- ☐ Derz dolgularında meydan gelen boşlukların onarılması
- ☐ Diğer

Tamamlayıcı Bileşenlerde Uygulanan Müdahaleler

- ☑ Tamamlayıcı bileşenlerin genel temizliği
- ☑ Menteşelerin yağlanması ve ayarlanması
- ☐ Menteşe korozyon görüldüğün temizlenme ve korozyon koruyucu uygulanması
- ☑ Menteşelerin değiştirilmesi
- ☐ Açma kapama mekanizmalarının ayarlanması
- ☐ Açma kapama mekanizmalarının değiştirilmesi
- ☐ Korozyon meydana gelen vida, çivi vb. bileşenlerin değiştirilmesi
- ☐ Tespit bileşenlerinin sıkılaştırılması
- ☐ Estetik bileşenlerinin üzerindeki koruyucu tabakanın yenilenmesi
- ☐ Estetik bileşenlerinin yenilenmesi
- ☐ Tespit elemanlarında ayarlanması
- ☐ Diğer

Müdahale Uzman Görüşü

Eksik olan yatılım bileşenlerinin tamamlanmalı. Menteşe sistemi ayarlanarak tam kapanma sağlanmalıdır. Pencerenin diğer bölümleri için genel temizlik, ayarlama, yağlama gibi rutin işlemlerin uygulanması gerekir.

1-6	Çok iyi	Önleyici bakım	19-24	Kritik	Rehabilitasyom
7-12	İyi	Durum bazlı bakım	25-30	Çok Kritik	Değişim
12-18	Orta	Onarım (repair)			

Aşama 3-Durum raporu ve envanterinin hazırlanması: İncelenen 1. alüminyum pencere sistemi için öncelikle Adım 3.1 kapsamında mevcut durumuna ait veriler durum değerlendirme aşamasından ve Adım 3.2 için müdahale sürecine ait veriler olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi aşamasından alınarak pencerenin durum raporu ve envanteri oluşturulmuştur. Pencerenin durum raporu ve envanter tablosu Tablo 5. 67'de gösterilmiştir.

Tablo 5. 67: 2. PVC pencere için hazırlanan rapor.

Pencerenin Durum Raporu ve Envanteri

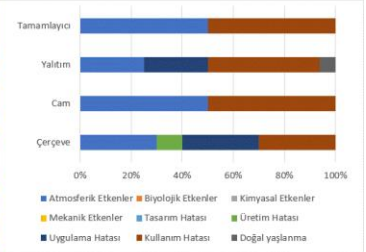
K_Lab_2

Pencerenin bozulma puanı		**1,59**
2	**Çerçeve**	**1,27**
0,6	Kasa	1,37
0,3	Kanat	1,15
0,1	Cam tespit b.	1,04
1	**Cam**	**1,04**
1	**Yalıtım**	**3,36**
0,25	Kasa-kanat	1,02
0,25	Kasa/kanat-cam	4,94
0,25	Kasa-duvar	3,44
0,25	Kasa-denizlik	4,05
1	**Tamamlayıcı**	**1,00**
0,50	Tespit bileşenleri	1,00
0,50	Açma kapama b.	1,00
-	Estetik t. .	0,00

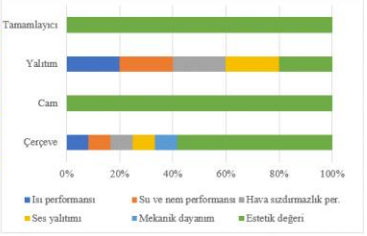
Pencere sisteminde görülen bozulma türleri

Kasa bileşeninde	
Çevresel atıklar	3
İnşaat ve biyolojik atıklar	3
Bileşenlerin birleşim noktalarında açılma	4
Kanat bileşeninde	
Çevresel atıklar	3
İnşaat ve biyolojik atıklar	3
Cam tespit bileşeninde	
Çevresel atıklar	3
Cam bileşeninde	
Çevresel atıklar	3
Kasa ile kanat arasındaki yalıtım	
Çevresel atıklar	2
Çerçeve ile cam arasındaki yalıtım	
Çevresel atıklar	2
Yalıtım bileşeninde süreksizlik,kopma veya yaşlanması	6
Yalıtım bileşeninde eksik yalıtım veya olmaması	4
Kasa ile duvar arasındaki yalıtım	
Çevresel atıklar	2
Yalıtım bileşeninde süreksizlik,kopma veya yaşlanması	5
Kasa ile denizlik arasındaki yalıtım	
Çevresel atıklar	2
Yalıtım bileşeninde eksik yalıtım veya olmaması	6
Tespit bileşeninde	
Çevresel atıklar	1
Açma kapama mekanizmasında	
Çevresel atıklar	1

Pencerede görülen bozulmalara sebep olan etkenlerin bileşenlere göre dağılımı



Pencerede görülen bozulmaların etkilediği performansların bileşenlere göre dağılımı



Kullanılan Teşhis Yöntemleri			
☑	**T-G**	☐	**T-B**
☑	T-G1	☐	T-B1-1
☐	T-G1-1	☐	T-B1-2
☐	T-G1-2	☐	T-B1-3
☐	T-G1-3	☐	**T-E**
☐	T-G1-4	☐	T-E1
☐	T-G2	☐	**T-A**
☐	T-G2-1	☐	T-A1
☐	T-G2-2	☐	T-A2
☐	T-G3	☐	T-A3
☐	T-G3-1	☐	**T-T**
☐	**T-S**		T-T1
☐	T-S1	☐	T-T2
☐	T-S2	☐	T-T3

Uygulanacak Müdahale Yöntemleri

Çerçeve Bileşenlerinde Uygulanan Müdahaleler
☑ Çerçevenin genel temizliği
☑ Çerçevede oluşan çatlaklara/parça kayıplarına dolgu uygulanması
Cam Bileşeninde Uygulanan Müdahaleler
☑ Camın genel temizliği
Yalıtım Bileşenlerinde Uygulanan Müdahaleler
☑ Yalıtım malzemesinin uygun malzemelerle temizlenmesi
☑ Yerinden çıkan yalıtım malzemesinin yerine yerleştirilmesi
☑ Yalıtım malzemesinin değiştirilmesi
Tamamlayıcı Bileşenlerde Uygulanan Müdahaleler
☑ Tamamlayıcı bileşenlerin genel temizliği
☑ Menteşelerin yağlanması ve ayarlanması
☑ Menteşelerin değiştirilmesi

Bileşenlerin müdahale öncelik puanları

Bileşenler	**Koruyucu bölüm**	**Gövde bölümü**
Kasa	1	2
Kanat	1	2
Cam tespit bileşeni	1	2
Cam	-	2
Kasa ile kanat arasındaki yalıtım	-	1
Çerçeve ile cam arasındaki yalıtım	-	25
Kasa ile duvar arasındaki yalıtım	-	9
Kasa ile denizlik arasındaki yalıtım	-	16
Tespit bileşeni	1	3
Açma kapama bileşeni	1	16
Estetik açıdan tamamlayıcı bileşen	-	-

Pencere numarası: K_Lab_2
İnceleme Tarihi:01.06.2020

İnceleme yapan kişi: Emine Merve Okumuş
Rapor Tarihi: 02.06.2020

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Endüstri devrimiyle birlikte artan hızlı enerji tüketiminin sonucu olarak yenilenemez enerji kaynaklarının azalması ve doğaya verilen tahribatın artmasıyla enerji verimliliği her alanda olduğu gibi yapı alanında da önem kazanmıştır. Yapı faaliyetlerinin çevreye etkilerine bakıldığında dünya genelinde tüketilen enerjinin %50'si, tüketilen suyun %42'si bina yapımında veya kullanım süreçlerinde harcanırken küresel ısınmaya neden olan sera gazlarının %50'si, içme sularındaki kirlenmenin %40'ı ve hava kirliliğinin % 24'ü yapı faaliyetlerinden kaynaklandığı görülmektedir (Sayın, 2006; Dikmen, 2011). Yapı sektöründe sürdürülebilir mimarlık anlayışı ile mevcut binaların enerji tüketiminin, çevreye verilen zararların ve yapının kullanım maliyetinin azaltılması, kaynakların etkin kullanımı gibi faaliyetler amaçlanmaktadır. Bu amaçlar doğrultusunda mevcut bina cephe sistemlerinde ve elemanlarında yapılan iyileştirme müdahaleleri ile enerji tüketim miktarının ve binaların kullanım maliyetinin azaltılması sağlanmaktadır. Tez çalışması kapsamında cephelerin yapı fiziği ve kullanıcı konforu açısından en önemli elemanlarından olan pencere sistemlerinde kullanım süreci boyunca görülen bozulmaların önlenmesi için bozulmaların teşhisi, analizi ve müdahalesi için karar destek modeli oluşturulmuştur.

Pencere sistemlerindeki bozulmalar kullanım süreci içinde etki eden iç ve dış etkenlerden oluşabileceği gibi tasarım, üretim, uygulama ve kullanım süreçlerinde yapılan hatalardan da kaynaklı olabilmektedir. Bu çalışmada pencere sistemlerinde görülen bozulmalarda durum değerlendirmesi ile performans durumları, servis süreleri ve strüktürel durumları belirli periyotlarla kontrol edilip müdahalelerle servis süresinin uzatılması ve etkin kullanımı amaçlanmaktadır. Doğru zamanda doğru müdahalelerle binanın enerji tüketiminin azaltılması ve kullanıcı konforunun sürekliliğinin sağlanması istenmektedir. Bu sayede gereksiz pencere üretimi azaltılarak hammadde, iş gücü, enerji tüketimi ve atık madde oluşumunun azaltılması ve çevreye verilen tahribatların önlenmesi hedeflenmektedir.

Tez kapsamında literatürde mevcut yapı stokunda ulusal ve uluslararası uygulanan durum değerlendirme ve bakım yöntemleri incelenmiş ve mevcut çalışmalarda yapı patolojisine yönelik kılavuzlar, veri tabanları, programlar ve yönetmeliklerle destekli uygulamalarla karşılaşılmıştır. Durum değerlendirmesi ve müdahale yöntemlerine yönelik kılavuz ve veritabanı konusunda BRE, LNEC, NUS ve CIB gibi önemli kuruluşlar ve üniversiteler çalışmalar yürütmektedirler. Avrupa Birliğine bağlı ülkeler çeşitli projeler kapsamında yapı stokunda meydana gelen bozulmaların iyileştirilmesi ile kullanıcı, uygulayıcı ve tasarımcıların yenileme konusunda bilinçlenmesini sağlarken kullanıcı ve ülke ekonomisinin geliştirilmesini planlamışlardır. ABD ve Hong Kong gibi ülkelerde yerel ya da ulusal yönetmeliklerle cephe ve pencere onarımları için belirli dönemlerde uzmanlar tarafından denetimler yapıldığı görülmüş ve bu denetimler sayesinde yapı çevresinde bulunan insanların güvenliğinin sağlanması, kullanıcının yenileme konusunda bilinçlendirilmesi, kullanıcı ve ülke ekonomisinin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Denetim sonrasında kullanıcılar mevcut durum hakkında bilgilendirilmekte ve yönetmeliklerin belirlediği süre zarfında kullanıcıların gerekli bakım ve onarımları gerçekleştirip tekrar uzmanlardan uygun yazısı alması gerekmektedir.

Türkiye'de mevcut binalara ait cephe ve pencere sistemlerinin durum değerlendirmesi ve iyileştirilmesine yönelik sadece Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğiyle ilgili çalışmalar bulunmaktadır. Mevcut yapılarda yalıtım yapılma zorunluğunun denetimleri ve uygulamaları konularında çalışmaların yeterli düzeyde olmadığı görülmüştür. Bu çalışma ile pencere sistemleri için tasarım, uygulama ve kullanım aşamalarında oluşabilecek bozulma türlerinin ve derecelerinin doğru tespiti ve bu bozulmalara karşı uygulanacak müdahale yöntemlerini içeren kontrol listeleri, veri tabanları ve rehber oluşturulması ile yerel veya ulusal denetimlerde kullanılabilecek model geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Karar destek modeli; veri tabanları, durum değerlendirme, olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi ve rapor hazırlanması olarak 3 ana aşamadan oluşurken bu aşamalara veri sağlamak amacıyla destek veri tabanı oluşturulmuştur.

- Veri tabanları, IST tarafından geliştirilen "Bina Denetim Sistemi" sistemi örnek alınmış ve firmalara ait teknik broşürler, bilimsel makaleler, kitaplar,

uzman görüşleri, standart ve yönetmeliklerde elde edilen bilgiler doğrultusunda modele uygun veri tabanları oluşturulmuştur.

- Karar destek modelinin 1. aşaması olan durum değerlendirme aşaması; veri toplama, durum analizi ve durum değerlendirmesi olarak üç adımdan oluşmaktadır. 1. adımda veri toplama için hazırlanan Excel listeleri ile bina ve mekân hakkında genel bilgiler, pencereye ait yapısal ve biçimsel özellikler ve pencereye daha önce yapılan müdahale işlemleri varsa bu işlemlere ait bilgiler kaydedilmektedir. 2. adım olan durum analizinde incelenen pencerenin dört ana bileşeninde görülen bozulmalar tespit edildikten sonra bozulma yoğunluğu ve bozulma alanı belirlenmektedir. Durum değerlendirme adımında Hollanda'da kullanılan NEN 2767 yöntemi ile bozulma şiddetleri bulunurken kardinal skala yöntemi ile bozulmalara ağırlık puanı vererek bileşen ve alt bileşenlerdeki bozulma puanları hesaplanmaktadır. Durum değerlendirme adımının son işlemleri olarak ilgili bileşende görülen bozulmalara sebep olan etkenler ve bozulmaların etkilediği performanslar belirlenmektedir.
- Karar destek modelinin 2. aşaması olan olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi aşaması; olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi, müdahale öncelik puanlarının belirlenmesi, müdahale puanlarının belirlenmesi ve uygun müdahale alternatiflerinin belirlenmesi olarak dört adımdan oluşmaktadır. Olası müdahale alternatiflerinin belirlenme aşamasında pencere sistemlerinde görülen bozulmalara karşı uygulanabilecek en uygun alternatiflerin hızlıca belirlenmesinde uzman kişilere yardımcı olacak şekilde Excel tabloları oluşturulmuştur. Bu aşamada bozulmanın türüne ve bulunduğu bileşene göre bozulmanın estetik, performans, fonksiyon ve dayanım olarak dört parametre üzerindeki etkileri 5 puanlık ölçek üzerinden değerlendirilerek müdahale öncelik puanı verilmektedir. Müdahale öncelik puanı ile bozulma puanının çarpımıyla müdahale puanına ulaşılmaktadır. Olası müdahale alternatiflerinin belirlenmesi aşamasının son adımında müdahale puanına göre müdahale türü ve müdahale işlemleri seçilmektedir.
- Karar destek modelinin 3. aşaması olan durum raporu ve envanterinin hazırlanma aşaması; pencere sisteminin mevcut durumuna ve müdahale sürecine ait rapor ve envanter çalışmaları olarak iki adımdan oluşmaktadır. Bu

aşamada hazırlanan raporda, inceleme yapan uzman tarafından pencere sistemlerinin mevcut durumunda görülen bozulma türleri ve puanları, kullanılan teşhis yöntemleri, bozulma sebepleri ve bozulmaların görüldüğü bileşen ilişki grafiği, bozulmaların görüldüğü bileşenler ve performans ilişki grafiği ve uygulanabilecek müdahale alternatiflerine ait bilgileri içermektedir.

Tez kapsamında geliştirilen modelin uygulanabilirliğinin ölçülebilmesi için İstanbul'da ahşap, PVC ve alüminyum çerçeveli pencerelerin birlikte kullanıldığı bir eğitim binasında bulunan üç çerçeve türünden ikişer pencere sistemi seçilerek toplamda altı pencere üzerinde model uygulanmıştır. Uygulama sonucunda pencerelerin durum değerlendirmesi aşamasında elde edilen bozulma puanları Tablo 6. 1'de ve olası müdahale alternatiflerinin seçimi aşamasında elde edilen müdahale puanları Tablo 6.2'de verilmiştir.

Tablo 6. 1: İncelenen pencerelerin bozulma puanları.

	Çerçevenin bozulma puanı	Camın bozulma puanı	Yalıtımın bozulma puanı	Tamamlayıcı bileşenin bozulma puanı	Pencerenin toplam bozulma puanı
Alüminyum pencere-1	1,29	1,02	1,68	1,83	**1,42**
Alüminyum pencere-2	1,42	1,02	2,47	1,00	**1,42**
Ahşap pencere-1	2,55	1,02	2,78	1,09	**2,00**
Ahşap pencere-2	2,00	1,02	2,78	1,09	**1,78**
PVC pencere-1	1,23	1,04	3,36	1,83	**1,74**
PVC pencere-2	1,27	1,04	3,36	1,00	**1,59**

Bozulma puanlama sistemi 1 ile 6 arasında olup, puan değerleri 1-Mükemmel, 2-İyi, 3-Ortalama/Makul, 4-Zayıf, 5-Kötü, 6-Çok kötüdür.

Tablo 6. 2: İncelenen pencerelerin müdahale puanları.

Bileşen katmanlarında oluşan bozulmaların şiddetlerine bağlı müdahale öncelik puanı	Alüminyum Pencere-1		Alüminyum Pencere-2		Ahşap Pencere-1		Ahşap Pencere-2		PVC Pencere-1		PVC Pencere-2	
	Müdahale p.		Müdahale p.		Müdahale p.		Müdahale p.		Müdahale p.		Müdahale p.	
	K.B.	G.B.	K.B.	G.B.	K.B.	G.B.	K.B.	G.B.	K.B.	G.B.	K.B.	G.B.
Kasa	2	2	2	2	8	8	8	4	1	2	1	2
Kanat	2	2	2	2	8	6	8	3	1	2	1	2
Cam tespit bileşeni	1	2	1	2	8	9	6	3	1	2	1	2
Cam	-	2	-	2	-	2	-	2	-	2	-	2
Yalıtım (Kasa ile kanat)	-	1	-	16	-	16	-	16	-	1	-	1
Yalıtım (Kasa/kanat ile cam)	-	9	-	16	-	25	-	25	-	25	-	25
Yalıtım (Kasa ile duvar)	-	1	-	1	-	1	-	1	-	9	-	9
Yalıtım (Kasa ile denizlik)	-	1	-	1	-	1	-	1	-	16	-	16
Tespit bileşeni	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3
Açma kapama bileşeni	1	16	1	3	1	3	1	3	1	16	1	16
Estetik açıdan tamamlayıcı b.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

K.B: Koruyucu bileşen **G.B**: Gövde bileşeni
1-6: Çok iyi (Önleyici bakım), **7-12:** İyi (Durum bazlı bakım), **13-18:** Orta (Onarım), **19-24:** Kritik (Rehabilitasyon),**25-30:** Çok kritik (Değişim)

İncelenen altı pencere sistemi; farklı çerçeve türüne, bağlantı detaylarına, yapım yıllarına vb. değişkenlere sahip olduğu için her pencere sistemi kendi içinde değerlendirilmiştir. 1 numaralı alüminyum pencerede en çok bozulma açma-kapama sorunundan dolayı tamamlayıcı bileşenlerde görülürken yalıtım fitillerinin çıkmaya başlamasından dolayı ikinci bozulma seviyesi yalıtım bileşeninde görülmüştür. 2 numaralı alüminyum pencerede ise cam ve çerçeve arasındaki yalıtımların çıkması ve kasa ile kanat arasındaki yalıtımın fiziksel deformasyonun yüksek olmasından dolayı bozulma puanı en çok yalıtım bileşeninde görülmektedir. Alüminyum pencerelerin toplam bozulma puanları 1,42 olarak hesaplanmıştır. Alüminyum pencere sistemlerinde menteşelerin ayarlanması, yerinden çıkan yalıtım fitillerinin yerleştirilmesi, yenilenme gerektiren fitillerin yenilenmesi ve rutin bakım işlemleri yapılması gerekmektedir. Üretici firma ile konuşularak çerçeve üzerindeki boyaların çıkarılması için özel temizleyici ürünler hakkında bilgi alınmalıdır.

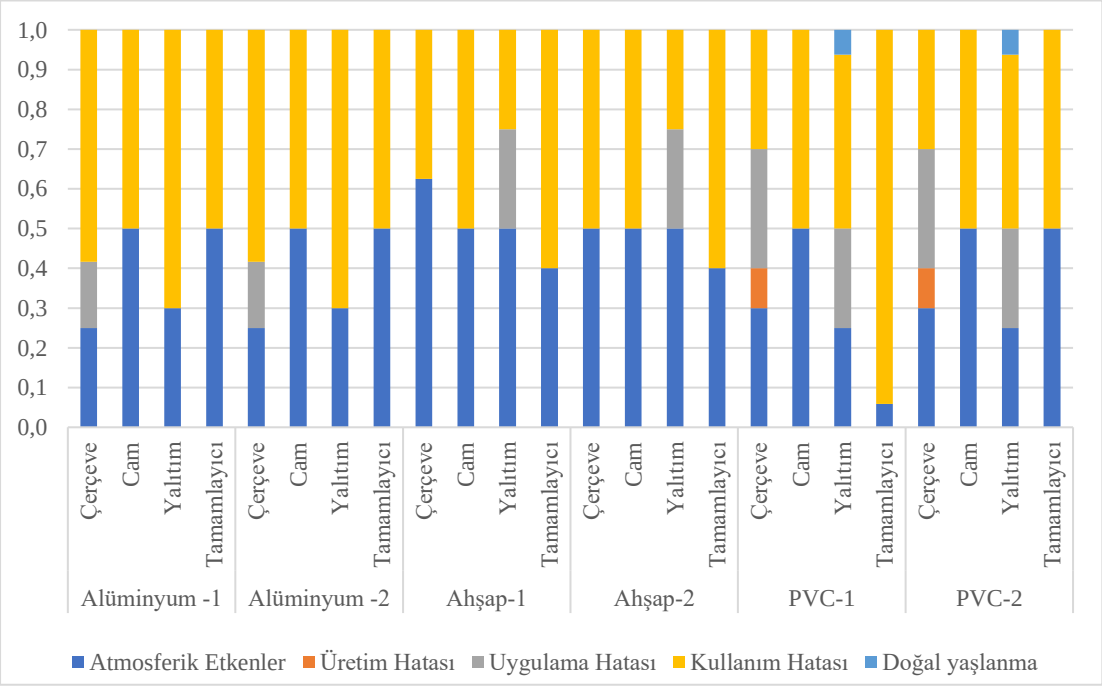
Ahşap pencerelerde çerçeve ve yalıtım bileşenlerinin bozulma puanları yüksek olduğu görülmüştür. Yalıtım bileşenlerinin aynı puana sahip olmasının sebebi üretim ya da uygulama aşamalarında kasa ile kanat arasındaki fitillerin dört yüzeyin sadece iki yüzeyinde kullanılması ve kasa/kanat ile cam arasında fitillerin bulunmaması gibi insan kaynaklı hataların her iki çerçevede de aynı şekilde yapılmasındandır. 1 numaralı ahşap pencerede diğer ahşap pencereye göre baktığı yöne bağlı olarak çerçeve yüzeyinde daha fazla bozulmaların görüldüğü belirlenmiş ve bozulma puanları arasında 0,55 puanlık fark hesaplanmıştır. 1 numaralı ahşap pencerede kanattaki ara kayıt bölümünün yenilenmesi işleminin acil olarak yapılması önemlidir. Daha sonra ahşap pencere sistemlerinde eksik fitillerin tamamlanması, koruyucu tabakanın temizlenmesi ve yeni koruyucu tabakanın uygulanması gerekmektedir. Son olarak pencere sistemlerinde kanatların ayarlanması, yağlama, genel temizlik vb. rutin müdahale adımları uygulanmalıdır.

Önerilen model iki tane PVC pencere sistemine de uygulanmıştır. 1 numaralı PVC pencerede tamamlayıcı ve yalıtım bileşenlerinin bozulma puanlarının 2 numaralı PVC pencereden yüksek olduğu görülmektedir. 1 numaralı PVC pencerede tamamlayıcı bileşenin bozulma puanın daha yüksek olmasının sebebi menteşeden kaynaklanan tam kapanmama sorunudur. İncelenen PVC pencere sistemlerinde yalıtım fitillerinin bazı noktalarda eksik olması ve fitillerin tam olduğu alanlarda fitillerin tek parça olması

gerekirken 2 parçalı kullanımlarından kaynaklı sorunlar tespit edilmiştir. İncelenen iki PVC pencere sisteminde de üretimden kaynaklı bileşim sorunları görülmektedir. 1 numaralı PVC pencere sisteminde öncelikle kanadın ayarlanması, daha sonra iki pencere sistemindeki tüm fitillerin değiştirilmesi gereklidir. Genel temizlikleri, ayarlama ve yağlama gibi rutin işlemler düzenli olarak yapılmalıdır.

Model kapsamında, pencerelerde görülen bozulmalara sebep olan etkenlerin bileşenlere göre dağılımları için atmosferik, biyolojik, kimyasal ve mekanik etkenler, tasarım, üretim, uygulama ve kullanım hataları ve doğal yaşlanma olarak dokuz ayrı etken üzerinde inceleme yapılmıştır. İncelenen 6 pencere sisteminde görülen bozulmalara sebep olan etkenlerin bileşenlere göre dağılım oranı Tablo 6.3'te verilmiştir. Aynı çerçeve türüne sahip iki ayrı pencere sisteminde etkenlerin farklı bozulma oranları görülmektedir. Bu oranlardaki farklılıklara; baktığı yön, çevresel etki, uygulama ve kullanıcı faktörleri etkili olmuştur.

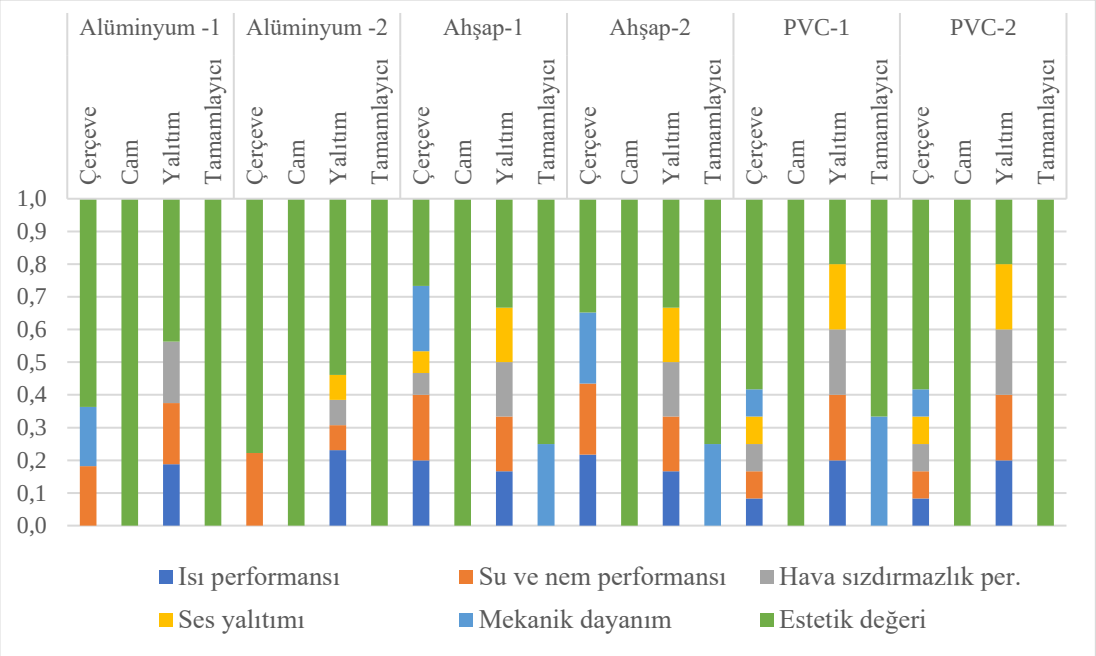
Tablo 6. 3: İncelenen pencerelerde görülen bozulmalara sebep olan etkenlerin bileşenlere göre dağılımı.



Model kapsamında, pencerede görülen bozulmaların etkilediği performansların bileşenlere göre dağılımları ısı, su ve nem, hava sızdırmazlık, ses, mekanik ve estetik olarak 6 performans üzerinden incelenmektedir. İncelenen 6 pencere sisteminde görülen bozulmaların etkilediği perfomansların bileşenlere göre dağılım oranı Tablo 6.4'te verilmiştir. İncelenen tüm pencere sistemlerinde ve bileşenlerinde bozulmaların

etkilediği ilk performans estetik olduğu görülmektedir. Cam bileşeninde bozulma oranı düşük olduğu için sadece estetik değer kaybı görülürken diğer bileşenlerde etkilenen performanslar ve oranları bozulma türlerine göre değişkenlik göstermektedir.

Tablo 6. 4: Pencere görülen bozulmaların etkilediği performansların bileşenlere göre dağılımı.



Farklı çerçeve çeşitleri üzerinde modelin uygulanması sonucunda oluşturulan raporlarla pencerelerdeki bozulmaların sayısal değerleri, mevcut durumları, bozulan bileşenler, bozulmaların etkilediği performanslar gibi verilerle pencerelerin durum raporları ve envanteri oluşturulmuştur.

Tez kapsamında geliştirilen karar destek model önerisi ile,

- Karar verici kişilerin (mal sahibi, kullanıcı, kiracı vb.), üreticilerin, tasarımcıların ve uygulayıcıların yenilemeye yönelik bilinçlendirilmesi,
- İç ortam koşullarının ve kullanıcı konforunun korunması,
- Cephelerde ve pencerelerde meydana gelen estetik ve fonksiyonel değer kayıplarının azaltılması,
- Diğer cephe bileşenlerinin maruz kalacağı olumsuz etkilerin azaltılması,
- Bilinçsiz ve hatalı yapılan bakım ve onarım işlemlerinden kaynaklı performans kayıplarının önlenmesi,

- Gereksiz iş yükü ve malzeme tüketimini önlenmesi,
- Yerel ve ulusal kaynakların korunması,
- Yerel yönetimlerin enerji tasarruf hedeflerinde, yapıların enerji performansının değerlendirilmesinde etkili bir araç olması,
- Pencerelerin servis sürelerinde önce performans kayıplarının azaltılarak pencere sistemlerinin değiştirilmesinin önüne geçilmesi hedeflenmektedir. Bu sayede oluşan atık miktarı ve yeni pencere üretimi aşamasında kullanılan kaynakların azaltılması amaçlanmaktadır.

Tez kapsamında oluşturulan modelin hedef kitlesi, pencere sistemlerinde gerekli görülen müdahale kararlarını alacak mimar ve mühendislerdir. Değerlendirmeyi yapacak olan mimar veya mühendis, karar destek modelini kullanarak elde edeceği bilgiler ve sayısal veriler doğrultusunda pencere sistemlerinde yapılması gereken olası müdahaleler hakkında karar vereceklerdir. Elde edilen bilgileri ve kararları içeren bir raporu, mal sahibi, kullanıcı, kiracı vb. kişilerle paylaşacaklardır.

Geliştirilen karar destek model önerisiyle elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

- Modelde oluşturulan veri tabanları ve kontrol listeleri sayesinde uzman kişinin veri toplama ve analiz aşamalarında yapacağı hataları en aza indirmesini,
- Durum değerlendirme sonuçlarının hızlı, eksiksiz ve tarafsız olmasını,
- Pencerelerde görülen bozulmaların şiddetlerinin sayısal analizlerinin yapılmasını,
- Excel üzerinde hazırlanan tablolar sayesinde bozulma ve müdahale puanlarının otomatik hesaplanmasıyla durum analizi ve değerlendirme aşamalarında hızlı ve objektif bir değerlendirme yapılabilmesini,
- Kullanıcıları mevcut durum ve müdahaleler hakkında bilgilendirilmesini,
- Excel üzerindeki verilerin kayıt altında tutulmasını ve arşivlenmesini mümkün kılmaktadır.

Model çalışması sonucunda modelin geliştirilmesi için yapılacak çalışmalar;

- Excelde oluşturulan modelin program haline dönüştürülmesiyle çeşitli taşınabilir cihazlarla kolayca verilerin toplanabilmesi,
- Yapılan denetimlerin oluşturulacak interaktif haritalar üzerinden işaretlenmesi ve arşivlenmesi,
- Bozulma türlerine ve derecelerine ait bilgi ve fotoğrafların bulunduğu yazılı ve dijital veri tabanlarının oluşturulması,
- Farklı kişi ya da kurumlar tarafından yapılan incelemelerin ortak bir ağ üzerinde toplanması,
- Önerilen müdahale yöntemlerinin malzeme ve detaylarla desteklenmesi gibi çalışmalarla model geliştirilmelidir.

Model çalışması sonucunda çıkan verilerin incelenmesiyle daha sonra yapılacak çalışmalara yönelik öneriler;

- Yerel ve ulusal denetimler için yönetmeliklerin oluşturulması,
- Kullanıcıların bilinçlendirilmesi,
- Model sonuçlarıyla elde edilen veriler doğrultusunda bozulma türleri, bozulmanın görüldüğü bileşen özellikleri ve şiddeti hakkındaki veriler doğrultusunda bozulmalara sebep olan kat yüksekliği, baktığı yön gibi çevresel etkiler, kullanıcı profili, mekan özellikleri vb. etkenlerle ilgili istatistiksel analizlerinin yapılması,
- Elde edilen istatistiksel analizler belirli dönemlerde tasarımcı, üretici ve uygulayıcı kişilerle paylaşılması ve yeni çözümlerin aranması,
- Geliştirilen modelin diğer yapı elemanlarına uyarlanması vb. çalışmalar yapılabilir.

Sonuç olarak; yapılan tez çalışmasıyla durum değerlendirmesi, müdahale seçimi, yapı stokunun korunması vb. konularda farkındalığın arttırılması hedeflenirken çalışmanın, gelecekte mevcut yapı stokunun iyileştirilmesi için yerel ve ulusal denetimlerin ve teşvik politikalarının oluşturulmasında etkili olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Abreu, D. M. F. F. (2013). Técnicas de diagnóstico utilizadas em engenharia civil (İnşaat mühendisliğinde kullanılan teşhis teknikleri. Yüksek Lisans Tezi, Porto Üniversitesi- FEUP, Portekiz.

Acar, B. (2007), Risk Değerlendirmesi Temelli Yönetim Anlayışının Denizcilikte Uygulanması ve Türk Deniz Ticaret Filosunun Risk Değerlendirmesi yöntemi ile Analizi,Doktora Tezi, İzmir.

Akgür, M. (2004). PVC Dış Cephe Kaplama Sektör Raporu. İstanbul Ticaret Odası, Etüt ve Araştırma Şubesi- Sektör Profil Raporu.

Akman, A. (2015). Kimya Sektöründe Tehlike ve İşletilebilirlik (HAZOP) Analizi. Çalışma Dünyası Dergisi, Labour World, 3 (2): 59-74.

Aköz, F. (2003). Atmosfer Olaylarinin Hasar Etkeni Olarak Belirlenmesi, TMH – Türkiye Mühendislik Haberleri Sayı 427 - 2003/5, 101-105.

Akpınar, T., ve Çakmakkaya, B. Y. (2014). İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından İşverenlerin Risk Değerlendirme Yükümlülüğü. Calisma ve Toplum, 40(1).

Aksu, B. (2015). Tasarımla Kalite (Quality By Design: QbD) ve Kalite Risk Yönetimi. Marmara Pharmaceutical Journal, 19(1), 12-18.

Al-Najjar, B., 1997. Condition-based maintenance: Selection and improvement of a cost effective vibration-based policy for rolling element bearings. Doctoral Thesis, Lund University, Sweden.

Alner, G.R. and Fellows, R.F. (1990), "Maintenance of local authority school building in UK: a case study", Proceedings of the International Symposium on Property Maintenance Management and Modernisation, Singapore.

Alsyouf, I. (2007). The role of maintenance in improving companies' productivity and profitability. International Journal of production economics, 105(1), 70-78.

Altun, B. (2006). Türkiye'de Endüstriyel Ahşap Pencere Üretimi ve Teknik Özellikleri Üzerine İncelemeler. İstanbul: YTÜ FBE, YL Tezi.

Amstock, J.,S. (1997). Handbook of Glass in Construction,McGraw-Hill ,New York.

Appelfeld, D., Hansen, C. S., ve Svendsen, S. (2010). Development of a slim window frame made of glass fibre reinforced polyester. Energy and Buildings, 42(10), 1918-1925.

AQC. (2014). Agence Qualité Construction. [Online] Disponível em: http://www.qualiteconstruction. com/outils/fiches-pathologie.html

Aran, G. (2006). Kalite İyileştirme Sürecinde Hata Türü Etkileri Analizi (FMEA) ve Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Tokat: Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü

Arasteh, D., Carmody J., Heschong L., Selkowitz S. (2000). Residental Windows, A Guide to New Technologies and Energy Performance, W.W. Norton & Company, London.

Arunraj, N. S., ve Maiti, J. (2007). Risk-based maintenance—Techniques and applications. Journal of hazardous materials, 142(3), 653-661.

ASCE. (2000). Guideline for condition assessment of building envelope." ASCE standard 30-00, Reston, Va.

Asif, M., Davidson, A., ve Muneer, T. (2002). Life cycle of window materials—a comparative assessment. Millenium Fellow School of Engineering, Napier University, Edinburgh.

Aslan, E. (2012). Tarihi Binaların Dış Yüzeylerinin Korunması. Uzmanlık Tezi, Kültür ve Turizm Bakanlığı, Konya Rölöve ve Anıtlar Müdürlüğü, Konya.

Aslan, S. (1994); Agaç Dendrolojisi ve Odun Anatomisi, Hacettepe Üniversitesi Yayını, Ankara.

ASTM E741- 00 (2006). Standard test method for determining air change in a single zone by means of a tracer gas dilution.

Avasoo, D. (2007). The European window energy labelling challenge. *Proceedings of the European council for an energy efficient economy (ECEEE) summer study*, (s. 4-9).

Ayçam, İ. ve Utkutuğ, G. S. (1999). Farklı Malzemelerle Üretilen Pencere Tiplerinin Isıl Performanslarının İncelenmesi ve Enerji Etkin Pencere Seçimi, IV Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, 4-7 Kasım 1999, İzmir.

Baker, P. (2012). Measure Guideline:Wood Window Repair, Rehabilitation and Replacement, U.S. Department of Energy Efficiency and Renewable Energy, Building Techonologies Program.

Balaras, C. A., Argiriou, A. A. (2002). Infrared termography for building diagnostics, Institute for Environmental Research and Sustainable Development, National Observatory of Athens, Greece.

Beal, R. H. (1984). "Termiticide research update", Pest Control Technology, 12 (3), 71–74.

BEGroup (2004). Imparare dagli errori, Italy, Regione Lombardia (em Italiano).

Binalarda Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemine Dair Tebliğ. (TEBLİĞ NO: MHG/2017-26), (2017). Binalarda Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemi, T.C. Resmi Gazete.

Bluyssen, P. M. (2000). EPIQR and IEQ: indoor environment quality in European apartment buildings. Energy and buildings, 31(2), 103-110.

Bonshor, R. B. ve Harrison, H. W. (1982). Quality in traditional housing Vol:1 An Investigation into faults and their avoidance. HMSO, London.

Bozkurt, Ö. (2008). Tarihi Yapıların Restorasyonunda, Ahşabın Biyolojik Bozulmalarına Karşı Yerinde Emprenye Tekniklerinin Uygulanabilirliği, Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi FBE, Edirne.

Bozkurt, Y., Göker, Y., Erdin, N. (1993). Emprenye Teknigi, İstanbul Üniversitesi Yayını, Yayın No:3779, İstanbul.

Böke, B. (2015). Yüzeyde Yoğuşma Problemi. 12.Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 8-11 Nisan 2015, İzmir, ss:2507-2512.

Brancaccıo F. (2015), "XVIII. yy. Güney İtalya Mimarisinde Ahşabın Geleneksel Kullanımı: Ahşap Kapı ve Pencerelerin Onarımı Üzerine Çalışmalar", Ahşap Yapılarda Koruma ve Onarım Sempozyumu 3 Bildiri Kitabı, İstanbul, 24-25 Mart.

Brand S. (1994). How Buildings Learn, What Happens After They're Built, Viking, London.

Brandt, E. ve Rasmussen, M.H. (2002). Assessment of Building Conditions, Energy and Buildings 34, s.121-125, Elsevier Science

Brandt, E., Wittchen, K. B., Faist, A. ve Genre, J. L. (1999). EPIQR–A new surveying tool for maintenance and refurbishment. Proc. of the Durability of Building Materials and Components, 8, 1576-1584.

BRE Digest 251. (1995). Concise reviews of building technology, Assessments of damage in low-rise buildings.

BRE Digest 268. (1982). Digest 268: Common Defects in Low-rise Traditional Housing. BRE.

BRE. (2001). Defect Action Sheets - The complete set, London, BREPress.

BRE. (2008). Passivehaus primer: Airtightness guide. Airtightness and air pressure testing in accordance with the Passivhaus Standard, Passivhaus Institut

BS EN 13306. (2010). Maintenance-Maintenance terminology.

BSI. (1964). British Standard BS 3811: 1964 – Glossary of Maintenance Management Terms in Terotechnology. British Standards Publishing Ltd.

BSI. (1991) British Standard BS 3811: 1964 – Glossary of Maintenance Management Terms in Terotechnology. British Standards Publishing Ltd.

BSI. (1993) British Standard BS 3811: 1964 – Glossary of Maintenance Management Terms in Terotechnology. British Standards Publishing Ltd.

Bucur, V. (2006). Acoustics of Wood. (Springer Series of Wood Science). Springer, 393 pp, Berlin.

Büyüktuna, O. (2012). Hata Türleri Üzerine Bir Uygulama ve Makine Sanayisinde Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Denizli: Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Calvin, J. (2003). *Yangından Korunmada Cam*. Yangın ve Güvenlik Dergisi, İstanbul, 75: 42-44.

Ceylan, H., ve Başhelvacı, V. S. (2011). Risk değerlendirme tablosu yöntemi ile risk analizi: bir uygulama. Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi, 3(2), 25-33.

Chang, C. Y. ve Tsai, M. D. (2013). "Knowledge-based navigation system for building health diagnosis." Advanced Engineering Informatics, Volume 27, pp. 246-260.

Chapman, R.E. ve Izzo, C.A. (2002). "Baseline measures for improving housing durability", National Institute of Standards and Technology, USA.

Chew, M. Y. L., Tan, S. S., ve Kang, K. H. (2004). Building maintainability—Review of state of the art. Journal of Architectural Engineering, 10(3), 80-87.

Chew, Y. L. (2010). Maintainability of facilities: for building professionals. Singapore, World Scientific.

CIB. (1993). Building pathology: A state-of-The-Art Report, Delft, Netherlands.

CIB. (2013). A State-of-the-Art Report on Building Pathology (CIB W086). Technical report, ed. de Freitas, V. P. . Porto University-Faculty of Engineering, Porto, Portugal.

CIBSE. (2008). Maintenance Engineering and Management: A Guide for Designers, Maintainers, Building Owners and Operators, and Facilities Managers: CIBSE Guide M. CIBSE.

Cilason, N., ve Aksoy, N. (2000). Beton Yapı Hasarları Onarım ve Korunması ve Sıcak İklimlerde Beton. Lebib Yalkın Yayınları.

Citherlet, S., Di Guglielmo, F. ve Gay, J. B. (2000). "Window and advanced glazing systems life cycle assessment", Energy and Buildings, 32(3), 225-234.

Clifton, E. (2005). Hazard Analysis Techniques for System Safety, John Wiley ve Sons, London.

Close, P.D. (1966). Sound control and thermal ınsulation of building, , New York

CMHC. (1999). Rain Penetration Control:Applying Current Knowledge. CMHC.

CMHC. (2001). "Service Life of Multi-Unit Residential Building Elements and Equipments", Canada Mortgage and Housing Corporation, Ontario.

Compagno, A. (2000). Glass as a Building Material and Its Possible Applications. Detail 3.

Construction Quality Forum. (1997). CQF Database Analysis – Report 4: April 1997. Garston: CQF.

Cooke, F. L. (2003). Plant maintenance strategy: Evidence from four British manufacturing firms. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 9(3), 239-249.

Cooper, E., Etheridge, D. (2004). Measurement of building leakage by unsteady pressurisation, University of Nottingham, United Kingdom.

Cooper, E., Etheridge, D. (2006). An innovative technique for measurement of building leakage at low pressures, University of Nottingham, United Kingdom

Coşkunsu, D. (1990). Yapı Fiziği Açısından Yapı Hasarları Üzerinde Araştırma. İstanbul: MSÜ FBE,YL Tezi, İstanbul.

Cremers, J. (Ed.) (2016). Building Openings Construction Manual. Windows, Vents, Exterior Doors. München. Institutfür Internationale Architektur-Dokumentation GmbH ve Co. KG.; Edition Detail.

Cüce, E. (2017). Hava sızdırmazlığının konvansiyonel pencerelerin ortalama ısıl yalıtım performansındaki rolü. DÜMF Mühendislik Dergisi, 8(1), 159-174.

Demir, N. (2011). Yüksek Yapılar Ve Sürdürülebilir Enerji. İstanbul: YTÜ FBE YL Tezi, İstanbul.

Demircan, G., Kısa, M. ve Özen, M. (2018). "The Surface Coating Technologies of Glass" El-Cezerî Journal of Science and Engineering, 2018, 5(2); 475-500.

Dikmen, Ç. B. (2011). Enerji Etkin Yapı Tasarım Ölçütlerinin Örneklenmesi. Politeknik Dergisi, Cilt:14 Sayı:2, 121-134.

Dilmaç, Ş. ve Tepehan F. (1994). "The Effect of The Inner Structure on The Absorptance of Cement Based Exterior Coating" Solar Energy Materials and Solar Cells (vol.33, s.199-211), Elsevier Science Ltd, Amsterdam.

Ding, G. K. C. (2004). "The development of a multi-criteria approach for the measurement of sustainable performance for built projects and facilities", Doktora Tezi, University of Technology, Sidney, Avusturalya.

Dolar, A., ve Yılmaz, E. Ş. (2014). Kültürel Yapılarda Biyolojik Bozunma Mekanizmaları. Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi, Cilt:12, Sayı:1.

Douglas, J. (2006). Building adaptation. Routledge.

Douglas, J. ve Ransom, B. (2013). Understanding building failures. Routledge.

Dudek-Burlikowska, M. (2011). Application of FMEA method in enterprise focused on quality, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, 45(1): 89-102.

Dural, E., ve Aşık, Z. (2017). Sıcaklığın Lamine Cam Plakların Davranışı Üzerine Etkisi. Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 13(2), 457-466.

Durmuş, M. Ö. (2006). Dış Cephe Isı Yalıtımı Sıvalı Kompozit Sisteminde Kullanılan Dübellerin Aderans Kuvveti. YL Tezi, İTÜ FBE, İstanbul.

Dziubiński, M., Frątczak, M., ve Markowski, A. S. (2006). Aspects of risk analysis associated with major failures of fuel pipelines. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 19(5), 399-408.

Ekinci, S. (2016). Alüminyum ve PVC Doğrama Pencerelerin Duvar, Lento, Denizlik Birleşim Detayları ve Sorunları. 8. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu

2– 3 Haziran 2016 Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fındıklı-İstanbul.

El-Haram, M. (1995). "Integration approach to condition-based reliability assessment and maintenance planning", Ph D. Thesis, University of Exeter.

Eriç, M. (2002). Yapı Fiziği ve Malzemesi. İstanbul: Literetür Yayıncılık.

Erkal, N. D. (2009). Yapı Bakımı. YL Tezi, MSGSÜ FBE, İstanbul.

Ertaş, K. (2001). Binalarda buhar difüzyonu olayının irdelenmesi. TMMOB Makina Mühendisleri Odası Yalıtım Kongresi, Eskişehir-Türkiye.

Erturan, B. (2014). Bina Cephelerinin Yenilemesine Karar Vermek İçin Kullanılabilecek Bir Değerlendirme Modeli. Doktora Tezi, MSGSÜ FBE, İstanbul.

Eşsiz, Ö. (2004). Teknolojinin Cam Cephe Panellerine Getirdiği Yenilikler. 1. Ulusal Çatı ve Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu, 2-3 Nisan 2004, Çatıder, İstanbul, 73-82.

Euroconstruct. (2015). 80th EUROCONSTRUCT Conference 3-4 December 2015, Budapest, Hungary.

Fengel, D., ve Wegener, G. (Eds.). (2011). Wood: chemistry, ultrastructure, reactions. Walter de Gruyter. Berlin, Almanya.

Fernandes, D., de Brito, J., ve Silva, A. (2019). Methodology for service life prediction of window frames. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 46(11), 1010-1020.

Ferraz, G. T., Brito, J. D., De Freitas, V. P., ve Silvestre, J. D. (2015). Integrated technical management systems: inspection and repair of non-structural elements. Revista ALCONPAT, 5(2), 129-140.

Fitzgerald, R. W. (2002). "Structural Integrity During Fire" Fire Protection Handbook, National Fire Protection Association Quicy, Massachusetts, 16: 82-105 (2002).

Fong, P. S. W. ve Wong, K. (2009). "Knowledge and experience sharing in project-based building maintenance community of practice." International Journal of Knowledge Management Studies, Volume 3, pp. 275-294.

Franklin, B.D., Shebl, N.A. ve Barber, N. (2012). Failure mode and effects analysis: too little for too much?, BMJ Quality Safety, 21(7): 607–611.

Freitas, V.P., Guimarães, A. S. ve Vieira, M. (2013). Building Pathology Catalogues: Dissemination of Knowledge. A State-of-the-Art Report on 106 Building Pathology. syf 107-111.

Garnier, C., Muneer, T., & McCauley, L. (2015). Super insulated aerogel windows: Impact on daylighting and thermal performance. Building and Environment, 94, 231-238.

Gezer, H. (2005). Dış Cephe Kaplamalarında Polimer Esaslı Malzemenin UV, Isı ve Suyun Bileşik Etkisi Karşısında Yüzey Dayanıklılığının Araştırılması. Doktora Tezi, MSGSÜ FBE, İstanbul.

Grinzato, E., Vavilov, V., Kauppinen, T. (1998). Quantitative infrared thermography in buildings, Energy and Buildings 29.

Gustavsen, A., Grynning, S., Arasteh, D., Jelle, B. P., ve Goudey, H. (2011). Key elements of and material performance targets for highly insulating window frames. Energy and Buildings, 43(10), 2583-2594.

Gustavsen, A., Jelle, B.P., Arasteh, D. ve Kohler, C. (2007). State of the Art Highly Insulating Window Frames – Research and Market Review, AIT AS e-dit, Norway.

Güneş, C. C. (2010). Edirne'deki Tarihi Eğitim Yapılarının Pencere Sistemleri, Sorunları ve Çözüm Önerileri. YL Tezi, Trakya Üniversitesi, Edirne.

HAPM. (1996). Housing Association Properly Manual, London, 1996.

Harms-Ringdahl, L. (2001). Safety analysis: principles and practice in occupational safety. CRC Press.

Hasol, D. (2005). Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, Yapı Yayın, 9. Baskı, İstanbul.

Heckroodt, R. O. (2002). Guide to the Deterioration and Failure of Building Materials, Thomas Telford Publishing, London.

Hellier, C. J. (2003). Handbook of Nondestructive Evaluation, Mcgraw-Hill.

Herzog, T., Krippner, R., ve Lang, W. (2004). Facade Construction Manual. Birkhäuser Architecture.

Hessian, R. T., ve Rubin, J. N. (1991). Risk Assessment and Risk Management for the CPI (Greenberg and Creamer, Eds.). New York: Van Nostrand.

Holt, D. M. (1983). "Bacterial Degradation of Lignified Wood Cell Walls in Aerobic Aquatic Habitats: Decay Patterns and Mechanisms Proposed to Account for Their Formation", Journal of the Institute of Wood Science 9 (5):212–223.

Hon, D. N. S. (2001). Weathering and photochemistry of wood. Wood and cellulosic chemistry, Marcel Dekker Inc. 2, 512-546.

Horner, R. M. W., El-Haram, M. A., ve Munns, A. K. (1997). Building maintenance strategy: a new management approach. Journal of quality in maintenance engineering, 3(4), 273-280.

Hovde, P. J. (2005). The Factor Method–a simple tool to service life estimation. In 10th DBMC international conference on durability of building materials and components, Lyon, France (pp. 522-529).

Hunt, C. M. (1980). Air infiltration: A review of some existing measurement techniques and data. In Building air change rate and infiltration measurements. ASTM International.

InterNachi. (2017). "InterNACHI's Home Inspection Standards of Practice and The International Code of Ethics for Home Inspectors". https://www.nachi.org/documents2012/InterNACHI_SOP_and_COE_Booklet-Oct-2017.pdf. Son erişim tarihi: 25 Ocak 2019.

Ismail, K. A., Salinas, C. T., ve Henriquez, J. R. (2009). A comparative study of naturally ventilated and gas filled windows for hot climates. Energy Conversion and Management, 50(7), 1691-1703.

ISO. (2000). ISO 15686-1:2000, Buildings and Constructed Assets – Service Life Planning – Part 1: General Principles, ISO.

ISPE. (2011). Part 1-Product Realization using QbD, Concepts, and Principles. In: ISPE Guide Series: PQLI from Concept to Continual Improvement. USA. 2011, pp. 1-188.

İçel, B., ve Beram, A. (2019). Tarihi ahşap yapılarda bazı odun özelliklerinin belirlenmesinde kullanılabilecek tahribatsız muayene yöntemleri. Forestry, 17(2), 201-207.

İlhan, Y. ve Aygün, M. (2005). Cephe Sistemlerinde Kullanılan Yalıtım Camı Kombinasyonları. 25-26 Mart 2005, Çatı Cephe Fuarı,İstanbul.

İplikçi, E. (2006). Binalarda Yangın Güvenlik Önlemlerinin Analizi ve Yangın Güvenlikli Bina Tasarımına İlişkin Performans Kriterlerinin Ortaya Konulması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

İzgi, U. (1983). Pencere-I Hafif Cepheler Yardımcı Koruyular. Yay Yayıncılık.

İzoder. (2013). Isı Yalıtımı, İnşaat Teknolojisi. İzoder Isı, Su, Ses ve Yangın Yalıtımcıları Derneği.

Jardine, A., Lin, D., Banjevic, D., ve Lee, J. (2004). A hybrid diagnostics and prognostics platform. In CMVA conference on Canadian machinery and vibration analysis, Ottawa, Canada.

Jensen, P. A., ve Maslesa, E. (2015). Value based building renovation–A tool for decision-making and evaluation. Building and Environment, 92, 1-9

Jorge, A. V. (2015). Ferramentas de Apoio para a Decisão do Nível de Intervenção em Edifícios (Binalarda Müdahale Düzeyine Karar Verme Destek Araçları), Yüksek Lisans Tezi, Nova de Lisboa Üniversitesi-FCT.

Karagözlü, A.B. (2006). Konutlarda Enerji Giderlerinin Azaltılmasına Yönelik bir Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, İstanbul.

Karakurt, H. S. (2008). Pencere Sistemlerinin Isıl Performansının Doğrama Seçeneklerine Bağlı Olarak Değerlendirilmesi. YL Tezi, İTÜ FBE, İstanbul.

Kelly, A. (1997). Maintenance Strategy. Butterworth Heinemann, UK.

Khan, F. I., ve Abbasi, S. A. (1998). Techniques and methodologies for risk analysis in chemical process industries. Journal of loss Prevention in the Process Industries, 11(4), 261-277.

Kılıç, A., ve Hafızoğlu, H. (2007). Açık Hava Koşullarının Ağaç Malzemenin Kimyasal Yapısında Meydana Getirdiği Değişimler Ve Alınacak Önlemler. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri: A*, Sayı: 2, Yıl: 2007, Sayfa: 175-183.

Kiper, A. (1992). Yapı Fiziği Açısından Günümüz Cephe Sistemlerinin Analizi ve Malzeme Seçim Kriterleri Üzerine Bir Araştırma. YL Tezi. Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Koçu, N. ve Dereli, M. (2010). Dış Duvarlarda Isı Yalıtımı İle Enerji Tasarrufu Sağlanması Ve Detaylarda Karşılaşılan Sorunlar. 4. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, İzmir.

Korkmaz, Ö. E. (2010). "Uçaklarda kullanılan alüminyum malzemelerdeki korozyonunincelenmesi, önlenmesi ve tahribatsız muayene ile tespiti", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 55-72.

Kotek, L., ve Tabas, M. (2012). HAZOP study with qualitative risk analysis for prioritization of corrective and preventive actions. Procedia Engineering, 42, 808-815.

Köse, R . (1989). Teknolojik Gelişmenin Bakım Planlamasına Katkısı: Bilgisayar Yardımıyla Kestirimci Bakım. Makina Tasarım ve İmalat Dergisi , 2 (2) , 42-51.

Krippner, R., ve Musso, F. (2008). Basics Facade Apertures. Birkhäuser.

Kristiansen, S. (2005), Maritime Transportation Safety Management and Risk Analysis, Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005, Burlington.

Kuijper, R., ve Bezemer, D. (2016). Standardization of Condition Assessment Methodologies for Structures. IALCCE2016- The Fifth International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering, 16-19 Ekim 2016, Delft, Hollanda.

Kuşaslan, A. (2007). "Yapıların Çocuk Sağlığı Üzerinde Etkisi". YL Tezi. İTÜ FBE, İstanbul.

Kylili, A., Fokaides, P. A., ve Jimenez, P. A. L. (2016). Key Performance Indicators (KPIs) approach in buildings renovation for the sustainability of the

built environment: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 56, 906-915.

Lausmann, D. F., Helm, D. T. (2007). Air change measurements using tracer gases, Robert Koch Institute, Germany

Lee, H. H. Y., ve Scott, D. (2009). Overview of maintenance strategy, acceptable maintenance standard and resources from a building maintenance operation perspective. Journal of building appraisal, 4(4), 269-278.

Leimeister, M., ve Kolios, A. (2018). A review of reliability-based methods for risk analysis and their application in the offshore wind industry. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 91, 1065-1076.

Leslie, R.P. (2003). Capturing the daylight dividend in buildings: why and how?, Building and Environment, 38:381– 385.

Lima, C. A. E. (2009). Análise de anomalias: métodos simplificados.Yüksek Lisans Tezi, Porto Üniversitesi, Portekiz.

Lind, H., ve Muyingo, H. (2012). Building maintenance strategies: planning under uncertainty. Property Management, 30(1), 14-28.

Liu, R. (1997). The Influence of Didecyldimethylammonium Chloride Treatment on Wood Weathering. Doktora Tezi, The Univ. of British Colombia, Kanada.

LNEC. (1985). Patologia da Construção. In 1º Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edificios de Habitação, pp. 1-95, LNEC, 17 - 21 de Junho de 1985, Lisboa.

Lombillo, I., Villegas, L. ve Liaño, C. (2013). Non (Minor) Destructive Methodologies Applied to the Study and Diagnosıs of Masonry Structures of The Built Heritage. A State-of-the-Art Report on 106 Building Pathology. Syf 90-96.

Lopes, T. (2005). Fenómenos de pré-patologia em manutenção de edifícios. Aplicação ao revestimento ETICS. Yüksek Lisans Tezi, Porto Üniversitesi-FEUP, Portekiz.

Maçka, S. (2008). Türkiye İklim Bölgelerine Göre Enerji Etkin Pencere Türlerinin Belirlenmesi. YL Tezi, KTÜ FBE, Trabzon.

Marhavilas, P. K., Koulouriotis, D., ve Gemeni, V. (2011). Risk analysis and assessment methodologies in the work sites: On a review, classification and comparative study of the scientific literature of the period 2000–2009. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 24(5), 477-523.

Masters, L. W., ve Brandt, E. (1987). Prediction of service life of building materials and components. Materials and Structures, 20(1), 55-77.

MEB. (2006). Alüminyum Pencereler. Metal Teknolojisi, Ankara.

Medeiros, R. (2010). Reparação de anomalias. Eleboração de fichas de intervenção. Yüksek Lisans Tezi, Porto Üniversitesi, Portekiz.

MEGEP (2007). Denizlik, MEGEP (Mesleki Eğitim Ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi) İnşat Teknolojisi, Ankara.

Menteş, A., ve Helvacıoğlu, İ. H. (2010). Çok Noktadan Bağlı Tanker-Şamandıra Bağlama Sistemlerinde Hata Ağacı Tabanlı Risk Analizi. Gemi ve Deniz Teknolojisi, Sayı: 182, Şubat 2010.

Menzies, G. F., Wherrett, J. R. (2005). Windows in the workplace: examining issues of environmental sustainability and occupant comfort in the selection of multi-glazed windows. Energy and Buildings, 37(6), 623-630.

Mills, H., Lemaitre, A., (1996). Windows & Skylights, Sunset Publishing Corporation, United States.

Minneapolis. (2012). Blower Door Operation Manual for Model 3 and Model 4 Systems. Retrieved from: http://www.energyconservatory.com /sites/default/files /documents/mod_3-4_dg700_- _new_flow_rings_-_cr_-_tpt__no_fr_switch_manual _ce_0.pdf.

Mitchell, R., Kohler, C., Arasteh, D. (2017). THERM 7 / WINDOW 7 NFRC Simulation Manual, Lawrence Berkeley National Laboratory, LBNL.

Mobley, R. K. (2004). Maintenance Fundamentals, United States:McGraw-Hill, 2004.

Moser, K. (1999). Towards the practical evaluation of service life-illustrative application of the probabilistic approach. 8th DBMC, Vancouver, pp 1319, 29.

Moubray, J. (1997). Reliability-centered maintenance. Industrial Press Inc..

Müller, A. ve Franke, B. (2014). Assessment-Introduction, Procedure and Methodology. In COST Workshop–Highly Performing Timber Structures: Reliability, Assessment, Monitoring and Strengthening (p. 9).

Müller, U., Rätzsch, M., Schwanninger, M., Steiner, M., ve Zöbl, H. (2003). Yellowing and IR-changes of spruce wood as result of UV-irradiation. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 69(2), 97-105.

Nalcıoğlı, O. (1997). Isı Köprüleri. YL Tezi, İTÜ FBE, İstanbul.

NEN 2767-1:2017. (2017). Condition assessment of built environment– Part 1: Methodology, NEN (2017), Delft, Netherlands

NEN 2767-2:2008. (2008). Condition assessment of buildings and installation components – Part 2: List of faults, NEN (2008), Delft Netherlands

NEN 2767-4-2:2010. (2010). Condition assessment – Part 4: Infrastructure – Part 2: Web application for the Decomposition and list of defects, NEN (2010), Delft, Netherlands

Nielsen, T. R., Duer, K., ve Svendsen, S. (2001). Energy performance of glazings and windows. Solar energy, 69, 137-143.

Nielsen, M. V. (2012). Integrated Energy Design of the Building Envelope. Technical University of Denmark

Noor, S. M., Mei, C. S., Ibrahim, I. S., Sarbini, N. N., Osman, M. H., ve Khiyon, N. A. (2019). Heritage building condition assessment: a case study from Johor Bahru, Malaysia. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 220, No. 1, p. 012024). IOP Publishing.

ODPM (The Office of the Deputy Prime Minister). (2004). Housing Health and Safety Rating System Guidance (Version 2), ODPM Publications, London.

Okutan, H. (2008). Gün Işığı İle Aydınlatmanın Temel İlkeleri Ve Gelişmiş Gün Işığı Aydınlatma Sistemleri. Yüksek Lisans Tezi, MSGSÜ FBE, İstanbul.

Okutan, H. (2012). Gün Işığı İle Aydınlatmanın Temel İlkeleri ve Gelişmiş Gün Işığı Aydınlatma Sistemleri. Uluslararası Enerji ve Çevre konferansı, 25-27.04.2012

Olanrewaju, A. L., ve Abdul-Aziz, A. R. (2014). Building maintenance processes and practices: The case of a fast developing country. Springer.

Ornstein, S. W. ve Andrade, C. (2011). 7 Pre-design Evaluation as a Strategic Tool for Facility Managers. Facilities Change Management, 92.

Oyeleye, O. O., ve Kramer, M. A. (1988). AIChE Journal, 34(9), 1441.

Özdeniz, M. (1979). Yapma Çevre Tasarımında Rüzgar Etkeni. Çevre ve Mimarlık Bilimleri Derneği, 163-182.

Özer, M. (1996). Yapılarda Isı ve Su Yalıtımları, Özer Yayınları, İstanbul.

Özkılıç, Ö. (2014). "Risk Değerlendirmesi Atex Direktifleri-Patlayıcı Ortamlar Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin AzaltılmasıKantitatif Risk Değerlendirme", TİSK Yayınları, Ankara.

Pastore, T. C., Santos, K. O., ve Rubim, J. C. (2004). A spectrocolorimetric study on the effect of ultraviolet irradiation of four tropical hardwoods. *Bioresource technology*, 93(1), 37-42.

Pedro, J. B., Vilhena, A., and Paiva, J. V. D., (2012). Métodos de Avaliação do Estado de Conservação de Edifícios Desenvolvidos No LNEC: 237 Características e Possibilidades de Aplicação, Engenharia Civil, Número 42, pp.5-18

Pintelon, L., Gelders, L.F. (1992). Maintenance Management Decision Making. European Journal of Operational Research 58, 301–317.

Potts, H.W.W., Anderson J.E., Colligan, L., Leach, P., Davis, S. ve Berman, J. (2014). Assessing the Validity of Prospective Hazard Analysis Methods: A Comparison of Two Techniques, BMC Health Services Research, 14(41):1-10.

Puller-Strecker, P. (1990). "Building defects: Are they avoidable?", Keynote Speech, IN Building Maintenance & Modernisation Worldwide, Vol. 1 (Edited by Quah, Lee Kiang), Proceedings of the International Symposium on Property Maintenance and Modernisation, 7–9 March 1990, Singapore. London: Longman.

Raouf, A. (2004). Productivity enhancement using safety and maintenance integration: An overview. Kybernetes, 33(7), 1116-1126.

Rausand, M. (2013). Risk assessment: theory, methods, and applications (Vol. 115). John Wiley ve Sons.

Raymond, C.M. and Joan, C.F. (Eds) (1991), Preventive Maintenance of Buildings, Chapman and Hall, London.

Reniers, G. L., Dullaert, W., Ale, B. J. M., ve Soudan, K. (2005). Developing an external domino accident prevention framework: Hazwim. Journal of Loss Prevention in the process industries, 18(3), 127-138.

Ribeiro, T. ve Cóias, V. (2003). "Construdoctor. Um serviço de pré- diagnóstico via internet." Proc. 3º Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edificios, Volume 2, pp. 1037-1046, Lisboa, Portugal.

Ridout, B. (2004). Timber Decay in Buildings: The Conservation Approach to Treatment, Spon Press, London.

Rodrigues, F., Matos, R., Di Prizio, M., ve Costa, A. (2018). Conservation level of residential buildings: Methodology evolution. Construction and Building Materials, 172, 781-786.

Rodrigues, M.F. (2008). State of conservation assessment of residential buildings at controlled costs. Evaluation index and its methodology", PhD thesis, University of Aveiro. Aveiro. Portugal.

Ross, R.J. ve Pellerin, R.F. (1994). Nondestructive testing for assessing wood members in structures: A review. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-70 (Rev.). Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 40 p.

Sagnier, C. (2018). Types of Maintenance : 5 Examples; " https://www.mobility-work.com/blog/5-types-maintenance-you-should-know " erişim tarihi 03.05.2020.

Sankar, N.,R. ve Prabhu, B. S. (2001). Modified approach for prioritization of failures in a system failure mode and effects analysis. International Journal of Quality ve Reliability Management, 18(3), 324-336.

Santos, A., Vicente, M., de Brito, J., Flores-Colen, I., ve Castelo, A. (2017). Analysis of the inspection, diagnosis, and repair of external door and window frames. Journal of Performance of Constructed Facilities, 31(6), 04017098.

Santos, A., Vicente, M., De Brito, J., Flores-Colen, I., ve Castelo, A. (2016). Inspection, diagnosis, and rehabilitation system of door and window frames. Journal of Performance of Constructed Facilities, 31(3), 04016118.

Sarıtabak, E. (2012). Bina Kabuğunun Dış Duvarları Ve Ara Kesitlerinde Isıl Ve Nemsel Performansın Kızılötesi Termografi İle Değerlendirilmesi Üzerine Bir Alan Çalışması; İTÜ FBE, İstanbul.

Sayın, S. (2006). Yenilenebilir Enerjinin Ülkemiz Yapı Sektöründe Kullanımının Önemi ve Yapılarda Güneş Enerjisinden Yararlanma Olanakları. Konya: YL Tezi, Selçuk Üniversitesi FBE.

Seber, V. (2012). İşçi sağlığı ve güvenliğinde risk analizleri nasıl yapılır?. Elektrik Mühendisliği Dergisi, 445, 30-34.

Seçkin, N. P. (2010). Ahşap Malzeme Sorunlarının Teşhis Yöntemleri. Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi, (4), 81-87.

Selçuk, S., ve Selim, H. H. (2018). Mücevherat Sektöründe Kullanılan İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Analiz Yöntemlerinden L Tipi Matris Yöntemi. Journal of Technologies and Applied Sciences, 1(1), 21-27.

Shebl, N.A., Franklin, B.D., Barber, N. (2009). Is failure mode and effect analysis reliable?, J Patient Saf, 5(2): 86–94.

Sherman, M. H., Jansses, J. E., Grimsud, D.T., Pearmann, A. N., ve Harrje, D. T. (1979). An intercomparison of tracer gases used for air infiltration

measurements, Lawrence Berkeley Laboratory, University of California, ASHRAE Annual Meeting 1980, Kaliforniya.

Sherwin, D.J. (2000). A review of overall models for maintenance management. Journal of Quality in Maintenance Engineering 6 (3), 138–164.

Sneck, T. (1973). On the structure of the performance concept. Technical Research Centre of Finland, Building Technology and Community Development, Publication 2. Helsinki, Finland: VTT.

Sönmez, Y., ve Ünğan, M. C. (2016). Hata Türü Etkileri Analizi Ve Otomotiv Parçaları Üretiminde Bir Uygulama. İşletme Bilimi Dergisi, 5(2), 217-245.

Spouge, J. (1999). A guide to quantitative risk assessment for offshore installations. The Centre of Marine and Petroleum Technology (CMPT), United Kingdom.

Stanford, H.W. (2010). "Effective Building Maintenance: Protection of Capital Assets" (1. Baskı). Amerika: The Fairmont Press.

Stapelberg, R. F. (2009). Handbook of reliability, availability, maintainability and safety in engineering design. Springer Science ve Business Media.

Steskens, P., Vanhellemont, Y., Roels, S. ve Van Den Bossche, N. (2015). A decision making tool for the energy efficient refurbishment of residential buildings. Energy Procedia, 78, 997-1002.

Straub, A. (2009). Dutch standard for condition assessment of buildings, Structural Survey, Vol. 27 No. 1, pp. 23-35, Emerald Group Publishing Limited.

Sular, N. (2016). Bina Kabuğunun Dış Duvar Bileşeninde Olası Hava Sızıntısının Alan Çalışması ile Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi, İTÜ FBE, İstanbul.

Şahin, C.D., Arsan, Z.D. ve Akkurt, G.G. (2015). İzmir'de Bulunan Bir Konutta Ölçülen Hava Sızdırmazlık Değerinin Yıllık Isıtma Amaçlı Enerji Tüketimi Üzerine Etkisinin İncelenmesi. 12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi , 8-11 Nisan 2015/İzmir, 2195-2208.

Şenkal Sezer, F. (2005). Farklı Cam Türlerinin Performans Kriterlerinin İncelenmesi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 10(1), 15–21.

Şimşek, O. (2003). Yapı Malzemesi II. Beta Basım Yayım, İstanbul.

Tapan, M. (2004). Mimarlıkta Değerlendirme. İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınevi, İstanbul.

Tayfur, S., Karcılı, M., ve Alver, N. (2015). Depremde Hasar Görmüş Betonarme Yapı Elemanlarının Hasar Durumlarının Akustik Emisyon Oran İşleme Analizi ile Belirlenmesi. 3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı 14-16 Ekim 2015 – DEÜ – İzmir.

Tekin, P., ve Erol, R. (2016). Risk Analizi: Bir Otomotiv Fabrikasında Gerçekleştirilen X Tipi Karar Matrisi Uygulaması. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 19(3), 91-98.

Temiz, A. (2005). Benzetilmiş Dış Hava Koşullarının Emprenyeli Ağaç Malzemeye Etkileri, K.T.Ü Fen Bilimleri, Doktora Tezi, Trabzon.

Thomsen, A. ve Van der Flier, K. (2013). Housing Obsolescence in Practice; Model implementation, ENHR 2013 Conference, Tarragona.

Thomsen, A., ve Van der Flier, K. (2002). Updating the housing stock; the need for renovation-based approaches. In Proceedings ENHR conference Housing Cultures: Convergence and Diversity, Vienna.

Tixier, J., Dusserre, G., Salvi, O., ve Gaston, D. (2002). Review of 62 risk analysis methodologies of industrial plants. Journal of Loss Prevention in the process industries, 15(4), 291-303.

Townsend, A. ve Clarke, M. (2019). The repair of wood windows. SPAB, Londra.

Toydemir, N., Gürdal, E. ve Tanaçan, L. (2004). Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme. İstanbul: Literatür Yayıncılık.

Trotman, P. (1994). An Examination of theBREAdvisory Service Database Compiled from Property Inspections. Paper presented at the Dealing with Defects in Buildings symposium, CIB/ICITE-CNR/DISET, 27–30 September, Varenna, Italy.

Trotman, P. (2001). "Feedback From Building Pathology- Helping Or Hindering Regulators" CIB World Building Congress, April 2001, Wellington, New Zealand.

Tüz, Ö. (1996). Bina Cephelerindeki Hasarlar, Nedenleri ve Giderilme Yolları, YL Tezi. İstanbul: İTÜ FBE.

Umaroğulları, F. (2011). Betonarme Düşey Yapı Kabuğunda Yalıtımın Yerinin ve Kalınlığının, Nem Denetimi Açısından Deneysel ve Sayısal Değerlendirmesi. Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi, Edirne.

URL-1 http://www.gbpn.org/databases-tools, erişim tarihi 15.01.2019.

URL-2 < http://www.belfa.com.tr/en/ahsap-pencere.html >, erişim tarihi 09.05.2020.

URL-3 < https://www.archiexpo.com/prod/schueco/product-56865-464160.html?utm_source=ProductDetail&utm_medium=Web&utm_content=Similar Product&utm_campaign=CA>, erişim tarihi 09.05.2020.

URL-4 < http://www.belfa.com.tr/en/ahsap-pencere.html>, erişim tarihi 09.05.2020.

URL-5 < http://www.temizuretimmerkezi.org/source/Cam%20ve%20Cam%20U%CC%88ru%CC%88nleri_Rehber.pdf >, erişim tarihi 03.05.2020.

URL-6 < https://www.guardianglass.com/tr/tr/tools-and-resources/kaynaklar/camsozlugu/puskurtme-uygulanm%C4%B1s-low-e-cam>, erişim tarihi 03.05.2020.

URL-7 < http://www.firatpen.com.tr/cmsfiles/documents/firatpen-tr.pdf?v=>, erişim tarihi 05.05.2020.

URL-8 < : http://www.kompen.com.tr/tr/pvc_hakkinda-9.html=>, erişim tarihi feriç

URL-9 < https://diyot.net/elektromanyetik-dalgalar/ >, erişim tarihi 09.04.2020.

URL-10 < http://bresslerinsulation.com/greenhome.html >, erişim tarihi 05.04.2018.

URL-11 < https://sustainabledesign2011.files.wordpress.com/2011/10/e5b18fe5b995e5bfabe785a7-2011-10-29-e4b88ae58d8812-30-21.png>, erişim tarihi 15.04.2020.

URL-12 <https://www.szutest.com.tr/tahribatsiz-muayeneler/>, erişim tarihi 29.03.2020.

URL-13 <http://www.csmmuhendislik.com/gozle_muayene.html >, erişim tarihi 29.03.2020.

URL-14 < https://www.pce-instruments.com/turkish/oel_uem-teknolojisi/oel_uem-cihazlarae_/_atlak-kontrol-cihazae_-kat_162294.htm>, erişim tarihi 29.03.2020.

URL-15 < http://www.topten.eu/uploads/File/Deliverables%20Plus/D5_Criteria_paper_Windows%20.pdf >, erişim tarihi 10.12.2018.

URL-16 < https://www.globalgilson.com/economy-crack-comparator >, erişim tarihi 10.12.2018.

URL-17 < https://www.polisan.com.tr/tr/Urunler/Detay/111/epoksi-macun 18 Nisan 2020>, erişim tarihi 18.04.2020.

URL-18 < https://decorexpro.com/okna/remont-derevyannyh/>, erişim tarihi 18.04.2020.

URL-19 < https://www.renson.eu/gd-gb/producten-zoeken/ventilatie/raamverluchtingen/glasroosters/ar90>, erişim tarihi 19.04.2020.

URL-20 < https://www.tremcosealants.com/fileshare/literature/Sealant_Restoration_ Guide_Brochure.pdf >, erişim tarihi 17.04.2020.

URL-21 < https://www.dowcorning.com/content/publishedlit/62-1471-26.pdf >, erişim tarihi 17.10.2015.

URL-22 < http://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/2d40e1e994e4df_ek.pdf >, erişim tarihi 25.10.2015.

URL-23 < http://www.izoder.org.tr/tr/dokumanlar/isi_yalitimi/xps-ile-yapilandiscepheisiyaliti msistemleri.pdf> erişim tarihi 24.10.2015

URL-24 < ICH Harmonised Tripartite Guideline. Quality Risk Management Q9 (2005) International Conference on Harmonisation of technical requirements for registration of pharmaceuticals for human use. https://www.ema.europa.eu/en/documents/scie ntific-guideline/international-conference-harmonisation-technicalrequirements-registration-pharmaceu ticals-human-use_en-3.pdf >, erişim tarihi 06.10.2019.

URL-25 < International Conference on Harmonisation of Technical Requirements for Registration of Pharmaceuticals for Human Use (ICH). Quality Risk Management (Q9) (Step 4). https://www.ema.europa.eu/en/documents /scientific-guideline/international-conference-harmonisation-technical-require ments-registration-pharmaceuticals-human-use_en-3.pdf >, erişim tarihi 06.10.2019.

URL-26 < https://www.aivc.org/sites/default/files/airbase_4053.pdf>, erişim tarihi 18.03.2019.

URL-27 < https://www.edgehill.ac.uk/studentservices/files/2015/06/Diagnosing-the-causes-of-dampness. pdf >, erişim tarihi 18.03.2019.

URL-28 < http://www.qualiteconstruction.com/sites/default/files/import_uploads/tx _commerceaddons/ fpati_sommaire.pdf>, erişim tarihi 21.03.2019.

URL-29 < http://www.oz-diagnostico.pt/_pt/brochuras/OJ.pdf>, erişim tarihi 21.03.2019.

URL-30 < http://patorreb.com/>, erişim tarihi 21.03.2019.

URL-31 < www.hpbc.bdg.nus.edu.sg >, erişim tarihi 22.03.2019.

URL-32 < https://www.blowerdoor-unlimited.de/shop/en/ >, erişim tarihi 22.02.2019.

URL-33 < https://www1.nyc.gov/site/buildings/safety/facades.page >, erişim tarihi 14.12.2019.

URL-34 < https://www1.nyc.gov/site/buildings/about/facade-safety-report.page>, erişim tarihi 14.12.2019.

URL-35 < https://www.bd.gov.hk/en/safety-inspection/mwis/index.html>, erişim tarihi 14.12.2019.

Uzun, T. (1997). Mimari Tasarıma Ekolojik Yaklaşım, Adana'da Bir Tasarım Denemesi, Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Adana.

Ünal, M. Ö., ve Aykaç, B. (2010). Yapı İşlerinde Asansör Kazaları ve Güvenlik Önlemleri. Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi, 2(2), 13-19.

Ünalan, H., Gökaltun, E. (2006).Cephe Kaplama Malzemesi Olarak Ahşapta Ortam Neminin Etkisi.Ulusal Çatı ve Cephe Sempozyumu III Bildirileri. İstanbul.

Van Den Bossche, N., Buffel, L., ve Janssens, A. (2015). Thermal optimization of window frames. Energy Procedia, 78, 2500-2505.

Van Den Bossche, N., Huyghe, W., Moens, J., Janssens, A., ve Depaepe, M. (2012). Airtightness of the window–wall interface in cavity brick walls. Energy and Buildings, 45, 32-42.

Veitch, J. A. (2005). Light, lighting, and health: issues for consideration. Leukos, 2(2), 85-96.

Vilhena, A., Pedro, J. B. ve Brito, J. (2011). Comparison of Methods Used in European Countries to Assess Buildings' Condition, XII DBMCInternational Conference Durability of Building Materials and Components, 12-14 April 2011, Porto, Portugal.

Waeyenbergh, G., Pintelon, L. (2002). A framework for maintenance concept development. International Journal of Production Economics 77, 299–313.

Wang, Y. M., Chin, K. S., Poon, G. K. K., ve Yang, J. B. (2009). Risk evaluation in failure mode and effects analysis using fuzzy weighted geometric mean. Expert systems with applications, 36(2), 1195-1207.

Watt, D. S. (2009). Building pathology: Principles and practice. John Wiley & Sons.

Watt, D. ve Colston, B. (2003) Research module 6: Maintenance education and training for listed buildings. www.maintainourheritage.co.uk/pdf/ module-6main.pdf, accessed October 2006.

WCC. (1990). Comparative Assessment of Window Types, Worcester City Council.

Wiggington, M. (1996). Glass in Architecture. Phaidon Pres Limited, Hong Kong.

Window Inspections. 2012. Hurd Window and Homeowner Debate - Home and Window Inspection Case Study. http://www.windowinspections.com/index.html.

Yağcı, T., Çidem, A., ve Durmuş, H. (2018). GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE TAHRİBATSIZ MUAYENE YÖNTEMLERİ. Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi, 3(27), 49-61.

Yaman, F. Z. (2007). Geleneksel Ahşap Yapılarda Kullanılan Ahşap Yapı Elemanlarının Uzun-Dönem Performansı-Giresun Zeytinlik Mahallesinde Örnek Yapı İncelemesi. YL Tezi, İTÜ FBE, İstanbul.

Yaşar, Y., Pehlevan, A. ve Maçka, S. (2007). Trabzon İklim Koşullarına Göre Isıl Performans Açısından Uygun Pencere Tiplerinin Belirlenmesi. VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.

Yılmaz, B. S. (2000). Hata Türü ve Etki Analizi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 2(4): 133-150.

Yurttakal, Ö. (2007). Pencere Sistemlerinin Isıl Performansının Eleman ve Bina Düzeyinde Değerlendirilmesi. YL Tezi, İTÜ FBE, İstanbul.

Zheng, X., Cooper, E., Zu, Y., Gillott, M., Tetlow, D., Riffat, S., ve Wood, C. (2019). Experimental studies of a pulse pressurisation technique for measuring building airtightness. Future Cities and Environment, 5(1).

EKLER

EK 1: Pencere sistemleri ile ilgili standartlar

PENCERE SISTEMLERI ILE ILGILI STANDARTLAR			
1.Pencere sistemlerinin tanımları ile ilgili standartlar			
Standart No	**Standartın Adı**	**Türkiye'de Kullanılan Standartlara ait bilgiler**	
EN 12519 : 2004	Windows and pedestrian doors. Terminology	TS EN 12519	Pencereler ve yaya geçişine uygun kapılar - terimler ve tarifleri
• EN 14220 : 2006	Timber and wood-based materials in external windows, external door leaves and external doorframes. Requirements and specifications	TS EN 14220:2007	Dış pencereler, dış kapı kanatları ve dış kapı çerçevelerindeki ahşap ve ahşap esaslı malzeme - Gerekler ve özellikler
• EN 14221 : 2006	Timber and wood-based materials in internal windows, internal door leaves and internal doorframes. Requirements and specifications	TS EN 14221:2007	İç pencereler, iç kapı kanatları ve iç kapı çerçevelerindeki ahşap ve ahşap esaslı malzeme - Gerekler ve özellikler
• EN 14351-1 : 2006 + A2 2016	Windows and doors - product standard, performance characteristics - part 1: windows and external pedestrian doorsets	TS EN 14351-1: 2006+A2	Pencereler ve kapılar - Mamul standardı, performans özellikleri - Bölüm 1: Pencereler ve yaya geçişine uygun hazır dış kapılar
• EN 13420 : 2011	Windows. Behaviour between different climates. Test method	TS EN 13420:2011	Pencereler- Değişik iklimler arası davranış-Deney yöntemi
• BS 6375-2 : 2009	Performance Of Windows and Doors - Part 2: Classification For Operation and Strength Characteristics And Guidance On Selection And Specification		
• BS 6375-3 : 2009	Performance Of Windows and Doors - Part 3: Classification For Additional Performance Characteristics And Guidance On Selection And Specification		
• BS 8213-1 : 2004	Windows doors and rooflights. Design for safety in use and during cleaning of windows, including door-height windows and roof windows. Code of practice		
• BS 8213-4 : 2016	Windows and doors. Code of practice for the survey and installation of windows and external doorsets		

2. Pencere sistemlerinin ısı performansı ile ilgili standartlar			
• EN 12412-2 : 2003	Thermal performance of windows, doors and shutters. Determination of thermal transmittance by hot box method. Frames	TS EN 12412-2 :2006	Pencere, kapı ve panjurların ısıl performansı - Sıcak kutu metoduyla ısıl iletim değerinin belirlenmesi - Bölüm 2: Çerçeveler
• EN 12412-4 : 2003	Thermal performance of windows, doors and shutters. Determination of thermal transmittance by hot box method. Roller shutter boxes	TS EN 12412-4 : 2006	Pencere, kapı ve panjurların ısıl performansı - Sıcak kutu metoduyla ısıl iletim değerinin belirlenmesi - Bölüm 4: Rulo panjur kutuları
• ISO 10077-1 : 2017	Thermal performance of windows, doors and shutters-Calculation of thermal transmittance-Part 1: General	TS EN ISO 10077-1:2017	Pencere, kapı ve pancurların ısıl performansı - Isı iletiminin hesaplanması - Bölüm 1: Basitleştirilmiş metot
• ISO 10077-2 : 2017	Thermal performance of windows, doors and shutters — Calculation of thermal transmittance — Part 2: Numerical method for frames	TS EN ISO 10077-2:2017	Kapılar, pencereler ve panjurların ısıl performansı - Isıl iletimin hesaplanması - Bölüm 2: Kasalar için sayısal metot
• ISO 15099 : 2003	Thermal performance of windows, doors and shading devices — Detailed calculations		
• EN 14024 : 2004	Metal profiles with thermal barrier. Mechanical performance. Requirements, proof and tests for assessment	TS EN 14024:2010	Metal profiller - Isı bariyerli - Mekanik performans - Değerlendirme için gerekler, kanıtlar ve deneyler
• ISO 12567-1:2010 COR 1:2010	Thermal performance of windows and doors — Determination of thermal transmittance by the hot-box method — Part 1: Complete windows and doors — Technical Corrigendum 1	TS EN ISO 12567-1:2011	Pencere ve kapıların ısıl performansları - Isıl geçirgenliğin sıcak hücre metodu ile tayini - Bölüm 1: Komple pencere ve kapılar
• ISO 12567-2: 2005	Thermal performance of windows and doors — Determination of thermal transmittance by hot box method — Part 2: Roof windows and other projecting windows	TS EN ISO 12567-2:2006	Pencere ve kapıların ısıl performansı - Sıcak kutu metodu ile ısıl geçirgenliğin belirlenmesi - Bölüm 2: Çatı pencereleri ve çıkıntı yapan diğer pencereler"

3. Pencere sistemlerinin su performansı ile ilgili standartlar			
• EN 1027 : 2016	Windows and doors. Watertightness. Test method	TS EN 1027	Kapı ve pencereler - Su geçirmezlik - Deney metodu
• EN 12208 : 1999	Windows and doors - Watertightness - Classification	TS EN 12208:2000	Kapı ve pencereler- Su sızdırmazlığı- Sınıflandırma
• BS 6375-1(2015) : 2015	Performance of windows and doors. Classification for weathertightness and guidance on selection and specification		
• UNE 85247 : 2011	Windows and doors. Watertightness- Site test		
• UNI 11173 : 2005	Windows, doors and curtain walling - Selection criteria based on air permeability, watertightness, resistance to wind, thermal transmittance and sound insulation		
• BS 5516-1: 2004	Patent glazing and sloping glazing for buildings. Code of practice for design and installation of sloping and vertical patent glazing		
• BS 5516-2: 2004	Patent glazing and sloping glazing for buildings-Part 2: Code of practice for sloping glazing		
• JIS A 1517:1996	Windows And Doorsets - Watertightness Test Under Dynamic Pressure		
• BS 6375-1(2015) : 2015 + A1 2016	Performance of windows and doors- Part-1: Classification for weathertightness and guidance on selection and specification		
4. Pencere sistemlerinin hava geçirimsizliği ile ilgili standartlar			
• EN 12835 : 2000	Airtight shutters - Air permeability test	TS EN 12835 :2003	Hava sızdırmaz panjurlar-Hava geçirgenlik deneyi
• EN 12207 : 2016	Windows and doors. Air permeability. Classification	TS EN 12207-2017	Pencereler ve kapılar - Hava geçirgenliği - Sınıflandırma
• EN 1026 : 2016	Windows and doors. Air permeability. Test method	TS EN 1026 :2016	Kapı ve pencereler - Hava geçirgenliği - Deney metodu
• BS 6375-1(2015) : 2015 + A1 2016	Performance of windows and doors. Classification for weathertightness and guidance on selection and specification		

5. Pencere sistemlerinin mekanik özellikleri ile ilgili standartlar			
• EN 13115 : 2001	Windows. Classification of mechanical properties. Racking, torsion and operating forces	TS EN 13115:2001	Pencereler - Mekanik özelliklerin sınıflandırılması - Germe, burma ve işletme kuvvetleri
• EN 12400 : 2002	Windows and pedestrian doors. Mechanical durability. Requirements and classification	TS EN 12400:2004	Pencereler ve yayaların geçişine uygun kapılar - Mekanik dayanıklılık - Gerekler ve sınıflandırma
• EN 13049 : 2003	Windows. Soft and heavy body impact. Test method, safety requirements and classification	TS EN 13049:2004	Pencereler - Hafif ve şiddetli kütle darbesi - Deney metodu, güvenlik gerekleri ve sınıflandırma
• EN 14608 : 2004	Windows - Determination of the resistance to racking	TS EN 14608:2004	Pencereler - Sarkma kuvvetine direncin tayini
• EN 14609 : 2004	Windows - Determination of the resistance to static torsion	TS EN 14609:2004	Pencereler - Statik burma etkisine direncin tayini
• EN 12046-1 : 2003	Operating forces - Test method - Part 1: Windows	TS EN 12046-1 :2004	Çalıştırma kuvvetleri - Deney metodu - Bölüm 1: Pencereler
• EN 12210 : 2016	Windows and doors. Resistance to wind load. Classification	TS EN 12210:2016	Pencereler ve kapılar - Rüzgâr yüküne karşı direnç - Sınıflandırma
• EN 12211 : 2016	Windows and doors. Resistance to wind load. Test method	TS EN 12211:2016	Pencereler ve kapılar - Rüzgâr yüküne karşı direnç - Deney yöntemi
6. Pencere sistemlerinin yangın dayanım ile ilgili standartlar			
• EN 15269-1 : 2010	Extended application of test results for fire resistance and/or smoke control for door, shutter and openable window assemblies, including their elements of building hardware. General requirements	TS EN 15269-1 :2010	Kapı, panjur ve açılabilir pencere düzenekleri ile bunların yapı donanım elemanları için yangına direnç ve/veya duman kontrolü deneylerinden elde edilen sonuçların geniş kapsamlı uygulaması - Bölüm 1: Genel kurallar
• EN 15269-3 : 2012	Extended application of test results for fire resistance and/or smoke control for door, shutter and openable window assemblies, including their elements of building hardware. Fire resistance of hinged and pivoted timber doorsets and openable timber framed windows	TS EN 15269-3 :2013	Bina donanımlarının elemanları dâhil olmak üzere kapı, panjur ve açılabilir pencere bileşenleri için yangın dayanımı ve/veya duman kontrolü için deney sonuçlarının genişletilmiş uygulaması – Bölüm 3: Menteşeli veya döner ahşap kapı takımlarının ve açılabilir ahşap çerçeveli pencerelerin yangın dayanımı
• EN 15269-5 : 2014 + A1 2016	Extended application of test results for fire resistance and/or smoke control for door, shutter and openable window assemblies, including their elements of building hardware. Fire resistance of hinged and pivoted metal framed glazed doorsets and openable windows	TS EN 15269-5+A1:2016	Kapı, panjur ve açılabilir pencere düzenekleri (yapı donanım elemanları dahil) için yangına direnç ve/veya duman kontrolü deneylerinden elde edilen sonuçların geniş kapsamlı uygulaması - Bölüm 5: Menteşeli ve döner metal çerçeveli sırlı kapı takımları ve açılabilir pencerelerin yangın direnci
• BS EN 1634-1:2014+A1:2018	Fire resistance and smoke control tests for door and shutter assemblies, openable windows and elements of building hardware-Part-1: Fire resistance test for door and shutter assemblies and openable windows	TS EN 1634-1+A1:2018	Kapı ve kepenk takımları, bina hırdavatının açılabilir pencereleri ve elemanları için yangına dayanıklılık ve duman kontrol deneyleri - Bölüm 1: Kapı ve kepenk takımları ve açılabilir pencereler için yangına dayanıklılık deneyi
• EN 1634-2 : 2008	Fire resistance and smoke control tests for door, shutter and openable window assemblies and elements of building hardware - Part 2: Fire resistance characterisation test for elements of building hardware	TS EN 1634-2:2010	Yangına dayanıklılık deneyleri-Kapı ve kepenkler-Bölüm 1: Yangın kapıları ve kepenkleri kapı, pancur ve açılabilir pencere düzenekleri ve yapı donanım elemanları için yangına direnç ve duman kontrolü deneyleri - Bölüm 2: Yapı elemanları için yangına dayanımın nitelendirilmesi deneyi

6. Pencere sistemlerinin yangın dayanım ile ilgili standartlar (devamı)			
• EN 16034 : 2014	Pedestrian doorsets, industrial, commercial, garage doors and openable windows. Product standard, performance characteristics. Fire resisting and/or smoke control characteristics	TS EN 16034 :2014	Yaya geçişine uygun kapı takımları, endüstriyel, ticari, garaj kapıları ve açılabilen pencereler – Ürün standart, performans ve özellikleri –Yangın direnci ve/veya duman kontrol özellikleri
• EN 16035 : 2012	Hardware performance sheet (HPS). Identification and summary of test evidence to facilitate the inter-changeability of building hardware for application to fire resisting and/or smoke control doorsets and/or openable windows	TS EN 16035:2012	Donanımın performans dokümanı (HPS) – Bina donanımının müşterek kullanımını sağlamak amacıyla yangına dayanım ve/veya duman kontrol kapı sistemleri ve/veya açılabilir pencere uygulamaları için deneysel ispatın belirlenmesi ve özetlenmesi
7. Pencere sistemlerinin donanım özellikleri ile ilgili standartlar			
• EN 12051 : 1999	Building hardware - Door and window bolts - Requirements and test methods	TS EN 12051:2000	Bina donanımı - Kapı ve pencere cıvataları - Deneyler ve metotlar
• EN 12365-1 : 2003	Building hardware - Gaskets and weatherstripping for doors, windows, shutters and curtain walling - Part 1: Performance requirements and classification	TS EN 12365-1:2004	Bina donanımı - Kapılar, pencereler, panjurlar ve giydirme cepheler için contalar ve yalıtım şeritleri - Bölüm 1: Performans gerekleri ve sınıflandırma
• EN 12365-2 : 2003	Building hardware - Gaskets and weatherstripping for doors, windows, shutters and curtain walling - Part 2: Linear compression force test methods	TS EN 12365-2:2004	Bina donanımı - Kapılar, pencereler, panjurlar ve perde duvarlar için contalar ve yalıtım şeritleri - Bölüm 2: Doğrusal sıkıştırma kuvveti deney yöntemleri
• EN 12365-3 : 2003	Building hardware - Gaskets and weatherstripping for doors, windows, shutters and curtain walling - Part 3: Deflection recovery test method	TS EN 12365-3 :2004	Bina donanımı - Kapılar, pencereler, panjurlar ve perde duvarlar için contalar ve yalıtım şeritleri - Bölüm 3: Şekil değiştirme geri dönümünün tayini için deney yöntemi
• EN 12365-4 : 2003	Building hardware - Gaskets and weatherstripping for doors, windows, shutters and curtain walling - Part 4: Recovery after accelerated ageing test method	TS EN 12365-4:2004	Bina donanımı - Kapılar, pencereler, panjurlar ve perde duvarlar için contalar ve yalıtım şeritleri - Bölüm 4: Hızlandırılmış eskitme sonrası şekil değiştirme geri dönümünün tayini için deney yöntemi
• EN 13126-1 : 2011	Building hardware - Hardware for windows and door height windows - Requirements and test methods - Part 1: Requirements common to all types of hardware	TS EN 13126-1 :2012	Bina hırdavatı - Pencere ve camlı kapı hırdavatı - Kurallar ve deney yöntemleri - Bölüm 1: Hırdavat tiplerinin tamamı için ortak kurallar
• EN 13126-2 : 2011	Building hardware - Requirements and test methods for windows and door height windows - Part 2: Window fastener handles	TS EN 13126-2 :2012	Bina hırdavatı - Pencereler ve camlı kapılar için kurallar ve deney yöntemleri - Bölüm 2: Pencere kolları
• EN 13126-3 : 2011	Building hardware - Hardware for windows and door height windows - Requirements and test methods - Part 3: Handles, primarily for Tilt and Turn, Tilt-First and Turn-Only hardware	TS EN 13126-3 :2012	Bina hırdavatı - Pencere ve camlı kapı hırdavatı - Kurallar ve deney yöntemleri - Bölüm 3: Öncelikle çift açılır, yarım açılır ve dönerek açılır pencere kolları
• EN 13126-4 : 2008	Building hardware - Requirements and test methods for windows and doors height windows - Part 4: Espagnolettes	TS EN 13126-4 :2014	Bina hırdavatı - Pencereler ve camlı dış kapılar için bağlantıları - Özellikler ve deney metotları - Bölüm 4: İspanyolet sürgüleri

7. Pencere sistemlerinin donanım özellikleri ile ilgili standartlar			
• EN 13126-5 : 2011 + A1 2014	Building hardware - Hardware for windows and door height windows - Requirements and test methods - Part 5: Devices that restrict the opening of windows and door height windows	TS EN 13126-5+A1 :2014	Bina hırdavatı - Pencereler ve camlı kapılar için özellikler ve deney metotları - Bölüm 5: Pencereler ve camlı kapıların açılmasını sınırlayan tertibatlar
• EN 13126-6 : 2008	Building hardware - Hardware for windows and door height windows - Requirements and test methods - Part 6: Variable geometry stay hinges (with or without a friction stay)	TS EN 13126-6 :2018	Bina hırdavatı - Pencereler ve camlı kapılar - Özellikler ve deney metotları - Bölüm 6: Sürtünmeli veya sürtünmesiz dayama menteşelerinin değişken geometrisi
• EN 13126-7 : 2007	Building hardware - Requirements and test methods for windows and door height windows - Part 7: Finger catches	TS EN 13126-7 :2008	Bina hırdavatı - Pencereler ve camlı kapılar için özellikler ve deney metotları - Bölüm 7: Halka kulplar
• EN 13126-8 : 2017	Building hardware - Hardware for windows and door height windows - Part 8: Requirements and test methods for Tilt and Turn, Tilt-First and Turn-Only hardware	TS EN 13126-8: 2018	Bina hırdavatı - Pencereler ve camlı dış kapılar için kurallar ve deney metotları - Bölüm 8: Devirmeli ve döndürmeli, önce devirmeli ve sadece döndürmeli hırdavat
• EN 13126-9 : 2013	Building hardware - Requirements and test methods for windows and door height windows - Part 9: Hardware for horizontal and vertical pivot windows	TS EN 13126-9 :2013	Bina hırdavatı - Pencereler ve camlı kapılar için özellikler ve deney metotları - Bölüm 9: Yatay ve düşey milli pencereler için hırdavat
• EN 13126-10 : 2008	Building hardware - Requirements and test methods for windows and doors height windows - Part 10: Arm-balancing systems	TS EN 13126-10 :2010	Bina hırdavatı - Pencereler ve camlı kapılar için özellikler ve deney metotları - Bölüm 10: Kol dengeleme sistemleri
• EN 13126-11 : 2008	Building hardware - Requirements and test methods for windows and doors height windows - Part 11: Top hung projecting reversible hardware	TS EN 13126-11 :2010	Bina hırdavatı - Pencereler ve camlı kapılar için özellikler ve deney metotları - Bölüm 11: Çıkıntı yaparak tersine dönebilen üstten asılı hırdavat
• EN 13126-12 : 2008	Building hardware - Requirements and test methods for windows and doors height windows - Part 12: Side hung projecting reversible hardware	TS EN 13126-12 :2010	Bina hırdavatı - Pencereler ve camlı kapılar için özellikler ve deney metotları - Bölüm 12: Çıkıntı yaparak tersine dönebilen yandan asılı hırdavat
• EN 13126-13 : 2012	Building hardware - Hardware for windows and balcony doors - Requirements and test methods - Part 13: Sash balances	TS EN 13126-13:2012	Bina hırdavatı - Pencereler ve camlı kapılar için özellikler ve deney metotları - Bölüm 13: Kanat dengeleyicileri
• EN 13126-14 : 2012	Building hardware - Hardware for windows and balcony doors - Requirements and test methods - Part 14: Sash fasteners	TS EN 13126-14 :2012	Bina hırdavatı - Pencereler ve camlı kapılar için özellikler ve deney metotları - Bölüm 14: Kanat bağlantı elemanları
• EN 13126-15 : 2008	Building hardware - Hardware for windows and door height windows - Requirements and test methods - Part 15: Rollers for horizontal sliding and hardware for sliding folding windows	TS EN 13126-15 :2013	Bina hırdavatı - Pencereler ve camlı kapılar için özellikler ve deney metotları - Bölüm 15: Yatay kaymalı ve kayarak katlanan pencere ve kapılar için sürme tekerler
• EN 13126-16 : 2008	Building hardware - Hardware for windows and door height windows - Requirements and test methods - Part 16: Hardware for Lift and Slide windows	TS EN 13126-16 :2013	Bina hırdavatı - Pencereler ve camlı kapılar için özellikler ve deney metotları - Bölüm 16: Kaldırmalı ve kaymalı pencere ve kapılar için hırdavat
• EN 13126-17 : 2008	Building hardware - Hardware for windows and door height windows - Requirements and test methods - Part 17: Hardware for Tilt and Slide windows	TS EN 13126-17 :2013	Bina hırdavatı - Pencereler ve camlı kapılar için özellikler ve deney metotları - Bölüm 17: Yatırmalı ve kaymalı pencere ve kapılar için hırdavat

7. Pencere sistemlerinin donanım özellikleri ile ilgili standartlar			
• EN 13126-19 : 2011	Building hardware - Requirements and test methods for windows and door height windows - Part 19: Sliding Closing Devices	TS EN 13126-19 :2014	Bina hırdavatı - Pencereler ve camlı kapılar için özellikler ve deney metotları - Bölüm 19: Kaymalı kapatma cihazı
• EN 15651-1 : 2017	Sealants for non-structural use in joints in buildings and pedestrian walkways - Part 1: Sealants for facade elements	TS EN 15651-1:2017	Derz sızdırmazlık malzemeleri - Binalar ve yaya yollarındaki derzlerde, yapısal olmayan kullanım için – Bölüm 1: Binaların dış cephe elemanlarında kullanılan derz sızdırmazlık malzemeleri
• EN 15651-2 : 2017	Sealants for non-structural use in joints in buildings and pedestrian walkways - Part 2: Sealants for glazing	TS EN 15651-2:2017	Derz sızdırmazlık malzemeleri - Binalar ve yaya yollarındaki derzlerde, yapısal olmayan kullanım için - Bölüm 2: Binaların cam kısımlarında kullanılan derz sızdırmazlık malzemeleri

ÖZGEÇMİŞ

2012 yılında Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi'nin Mimarlık bölümünden mezun oldu. 2014 yılında MSGSÜ Yapı Bilgisi bilim dalında başladığı yüksek lisans eğitimini "Fener ve Balat Yerleşimlerindeki Konutların Ahşap Pencere Sistemlerinde Oluşan Hasarların İncelenmesi ve Çözüm Önerileri" başlıklı teziyle 2015 yılında tamamlamıştır. 2016 yılından itibaren Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Yapı Bilgisi Bilim Dalı'nda doktora eğitimine devam etmektedir. 2014 yılında Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi Mimarlık bölümünde araştırma görevlisi olarak başladığı görevini sürdürmektedir.