İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİNA KABUĞUNDA ISI YALITIMI UYGULAMALARININ YAPISAL PERFORMANSI VE ETKİNLİĞİNİN İSTANBUL'DA BİR ALAN ÇALIŞMASI İLE İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet TÜRKMEN

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

EYLÜL 2016

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİNA KABUĞUNDA ISI YALITIMI UYGULAMALARININ YAPISAL PERFORMANSI VE ETKİNLİĞİNİN İSTANBUL'DA BİR ALAN ÇALIŞMASI İLE İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet TÜRKMEN
(502111511)

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hülya KUŞ

EYLÜL 2016

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 502111511 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Mehmet TÜRKMEN, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "BİNA KABUĞUNDA ISI YALITIMI UYGULAMALARININ YAPISAL PERFORMANSI VE ETKİNLİĞİNİN İSTANBUL'DA BİR ALAN ÇALIŞMASI İLE İNCELENMESİ" başlıklı tezini asağıda imzaları olan iüri önünde basarı ile sunmustur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Hülya KUŞ** .....
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Ayşe Nil TÜRKERİ** .....
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Erkan AVLAR .....
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : 24 Ağustos 2016
Savunma Tarihi : 23 Eylül 2016

ÖNSÖZ

Tez çalışmam süresince görüş ve önerileriyle bana yol gösteren, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, bilimsel bakış açısı ve çalışma azmiyle bana örnek olan değerli hocam Sayın Prof. Dr. Hülya Kuş'a,

hayatım boyunca her anımda yanımda olan ve desteklerini esirgemeyen aileme teşekkürlerimi sunarım.

Eylül 2016

Mehmet TÜRKMEN
(Mimar)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **v**
İÇİNDEKİLER ..... **vii**
KISALTMALAR ..... **xi**
SEMBOLLER ..... **xiii**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xv**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xvii**
ÖZET ..... **xxi**
SUMMARY ..... **xxiii**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Çalışmanın Amacı 2
1.2 Çalışmanın Kapsamı 2
1.3 Çalışmanın Yöntemi 2
1.4 Hipotez 3
2. ISI YALITIMI İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER **5**
2.1 Isı Yalıtım Malzemelerinin Özellikleri 6
2.1.1 Yoğunluk 6
2.1.2 Isı iletkenliği 6
2.1.3 Isıl direnç ve ısıl geçirgenlik 7
2.1.4 Özgül ısı 10
2.1.5 Sıcaklık dayanımı 11
2.1.6 Boyutsal kararlılık 11
2.1.7 Su buharı difüzyon direnci 11
2.1.8 Su emme oranı 12
2.1.9 Basınç dayanımı 12
2.1.10 Yangın dayanımı 13
2.2 Isı Yalıtım Malzemelerinin Sınıflandırılması 14
2.2.1 Cam Yünü 15
2.2.2 Taş Yünü 16
2.2.3 Genleştirilmiş polistren köpük (EPS) 17
2.2.4 Çekme polistren köpük (XPS) 18
2.3 Isı Yalıtımı ile İlgili Mevzuat 21
2.4 Isı Yalıtım Sistemleri Performans Gereksinimleri 25
2.4.1 Isıl performans 27
2.4.2 Nemsel performans 28
2.4.3 Sıcaklık değişimlerine karşı fiziksel dayanım 29
2.4.4 Hava ve su sızdırmazlık 29
2.4.5 Yangın dayanımı 30
2.4.6 Ses Yalıtımı 30
3. BİNA KABUĞUNDA ISI YALITIM UYGULAMALARI **31**
3.1 Çatılarda Isı Yalıtımı 33

3.1.1 Eğimli soğuk çatılarda döşeme üzeri ısı yalıtımı 33
3.1.2 Eğimli sıcak çatılarda mertek arası veya altı ısı yalıtımı 34
3.1.3 Eğimli çatılarda mertek üzeri ısı yalıtımı 35
3.1.4 Geleneksel düz çatılarda ısı yalıtımı 36
3.1.5 Ters çatılarda ısı yalıtımı 38
3.1.6 Isı yalıtımlı sandviç çatı panelleri 38
3.2 Duvarlarda Isı Yalıtımı 39
3.2.1 Dış duvarlarda dıştan kompozit ısı yalıtım sistemleri (ETICS) 39
3.2.1.1 Dış duvarlarda dıştan kompozit ısı yalıtım sistem (ETICS) bileşenleri 39
3.2.1.2 Dış duvarlarda dıştan kompozit ısı yalıtım sistemleri (ETICS) uygulama aşamaları 43
3.2.2 Dış duvarlarda içten ısı yalıtımı 47
3.2.3 Sandviç duvarlarda ısı yalıtımı 48
3.2.4 Havalandırmalı giydirme cephelerde ısı yalıtımı 49
3.3 Temel/Bodrum ve Döşemelerde Isı Yalıtımı 50
3.3.1 Konsol döşemelerde (açık ve kapalı çıkmalarda) ısı yalıtımı 50
3.3.2 Zemin altındaki bodrum duvarlarında dıştan ısı yalıtımı 51
3.3.3 Toprak zemine oturan döşemelerde ısı yalıtımı 52
3.4 Isı Yalıtım Uygulamalarının Yapıda Bulunduğu Yer Bakımından Performans Gereksinimleri ve Malzeme Özellikleri 53
3.4.1 Mekanik dayanım ve stabilite 53
3.4.2 Enerji tasarrufu ve ısı korunumu 54
3.4.3 Yangın durumunda emniyet 55
3.4.4 Gürültüye karşı koruma 55
3.4.5 Doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı 55
3.4.6 Hijyen sağlık ve çevre 55
3.4.7 Kullanımda erişilebilirlik ve güvenlik 56
4. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI 59
4.1 Literatür Derlemeleri 59
4.2 Benzetim Programları ve Laboratuvar Çalışmaları 60
4.3 Alan Çalışmaları 62
5. ALAN ÇALIŞMASI 67
5.1 İnceleme Formu Oluşturma 69
5.1.1 Yapıya ilişkin genel bilgiler 69
5.1.2 Isı yalıtımının incelendiği yapı elemanları ve birleşimleri 69
5.1.3 Isı yalıtım sorununun belirlenmesi 71
5.1.3.1 Isı yalıtım sorunun oluştuğu aşama 71
5.1.3.2 Isı yalıtım sorununun belirlendiği yer 72
5.1.3.3 Isı yalıtım sorunun tanımlanması 72
5.2 Isı Yalıtım Sistemlerinin Bina Kabuğunda Bulunduğu Konuma Göre İncelenmesi 73
5.2.1 Çatı bünyesinde ısı yalıtımı uygulamaları 73
5.2.1.1 Eğimli sıcak çatılar (durum 1a) 74
5.2.1.2 Eğimli soğuk çatılar (durum 1b) 76
5.2.1.3 Teras Çatılar (durum 1c) 78
5.2.2 Çatı-parapet/saçak-duvar birleşimi 82
5.2.2.1 Çatı-parapet/saçak birleşimi (durum 2a) 83
5.2.2.2 Parapet/saçak-duvar birleşimi (durum 2b) 89
5.2.3 Duvar bünyesinde (durum 3) 91

5.2.3.1 Dış duvarlarda dıştan kompozit ısı yalıtım sistemleri (ETICS) 91
5.2.3.2 Giydirme cepheler 97
5.2.3.3 Prekast cepheler 100
5.2.4 Duvar-pencere/kapı birleşimi (durum 4) 102
5.2.4.1 Dıştan kompozit ısı yalıtım sistemleri (ETICS)-pencere/kapı birleşimi 103
5.2.4.2 Giydirme cephe-pencere/kapı birleşimi 108
5.2.4.3 Prekast cephe-pencere birleşimi 110
5.2.5 Duvar-açık çıkma birleşimi (durum 5) 111
5.2.6 Duvar-döşeme birleşimi (durum 6) 113
5.2.6.1 Giydirme cephe-döşeme birleşimi 113
5.2.6.2 Prekast cephe-döşeme birleşimi 114
5.2.7 Temel/bodrum duvarı-duvar birleşimi (durum 7) 118
5.2.7.1 Dıştan kompozit ısı yalıtım sistemleri (ETICS)-temel/bodrum duvarı birleşimi 118
5.2.7.2 Perde/dolgu duvar-temel/bodrum duvarı birleşimi 122
5.2.8 Bodrum/temel duvarı-döşeme birleşimi (durum 8) 126
5.2.9 Diğer problemler 128
5.3 Alan Çalışması Sonuçlarının Değerlendirilmesi 130
5.3.1 Isı yalıtımının incelendiği yapı elemanları ve birleşimleri 131
5.3.2 Isı yalıtım sorunun oluştuğu aşama 132
5.3.3 Isı yalıtım sorununun belirlendiği yer 133
5.3.4 Isı yalıtım sorunun tanımlanması 134
5.3.4.1 Çatı bünyesinde 136
5.3.4.2 Çatı-parapet/saçak-duvar birleşiminde 136
5.3.4.3 Duvar bünyesinde 136
5.3.4.4 Duvar-pencere/kapı birleşiminde 137
5.3.4.5 Duvar-konsol döşeme/balkon birleşiminde 137
5.3.4.6 Duvar-döşeme birleşiminde 138
5.3.4.7 Temel-duvar birleşiminde 138
5.3.4.8 Bodrum/temel duvarı-döşeme birleşiminde 138
6. SONUÇ VE ÖNERİLER 139
KAYNAKLAR 145
EKLER 153
ÖZGEÇMİŞ 227

KISALTMALAR

AB	**:** Avrupa Birliği
BASF	**:** Badische Anilin Soda Fabrik
BEP	**:** Binalarda Enerji Peformansı
CE	**:** Conformité Européenne
CEN	**:** Comité Européen de Normalisation
CO_2	**:** Karbondioksit
CPD	**:** Construction Products Directive
CPR	**:** Construction Products Regulation
EN	**:** European Standard
EOTA	**:** European Organisation for Technical Assessment
EPBD	**:** Energy Performance of Buildings Directive
EPDM	**:** Ethylene Propylene Diene Monomer
EPS	**:** Expanded Polystyrene
ETA	**:** European Technical Assessment
ETAG	**:** European Technical Approval Guideline
ETICS	**:** External Thermal Insulation Composite Systems
GFRC	**:** Glass Fiber Reinforced Concrete
hEN	**:** Harmonised European Standard
HFC	**:** Hidroflorokarbon
HVAC	**:** Heating Ventilation and Air Conditioning
ISO	**:** International Organization for Standardization
TS	**:** Türk Standardı
UV	**:** Ultraviyolet
XPS	**:** Extruded Polystyrene

SEMBOLLER

C	**:** Santigrat
c	**:** Özgül Isı
d	**:** Malzeme Kalınlığı
K	**:** Kelvin
kg	**:** Kilogram
m	**:** Metre
R	**:** Isıl Direnç
$\mathbf{R_e}$	**:** Dış Yüzeyin Yüzeysel Isı İletim Direnci
$\mathbf{R_i}$	**:** İç Yüzeyin Yüzeysel Isı İletim Direnci
U	**:** Isıl Geçirgenlik Katsayısı
W	**:** Watt
$\boldsymbol{\lambda}$	**:** Isı İletkenlik Katsayısı
$\boldsymbol{\mu}$	**:** Su Buharı Direnç Faktörü

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Isı yalıtım malzemelerinin yoğunlukları. **6**
Çizelge 2.2 : Isı yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlikleri **7**
Çizelge 2.3 : TS 825'e göre 2. iklim bölgesi için tavsiye edilen en fazla U değerleri **8**
Çizelge 2.4 : Isı yalıtım malzemelerinin özgül ısısı **10**
Çizelge 2.5 : Isı yalıtım malzemelerinin sıcaklık dayanımları **11**
Çizelge 2.6 : EPS ve XPS ısı yalıtım malzemelerinin ısıl uzama katsayıları **11**
Çizelge 2.7 : Isı yalıtım malzemelerinin su buharı difüzyon direnci..... **12**
Çizelge 2.8 : Isı yalıtım malzemelerinin su emme oranları **12**
Çizelge 2.9 : Isı yalıtım malzemelerinin %10 deformasyon basınç dayanımları. **13**
Çizelge 2.10 : Yapı Malzemelerinin TS EN 13501+A1'e göre yanıcılık sınıfları. ... **13**
Çizelge 2.11 : Isı yalıtım malzemelerinin yangın sınıfları **13**
Çizelge 2.12 : İnorganik yalıtım malzemeleri **14**
Çizelge 2.13 : Organik yalıtım malzemeleri..... **15**
Çizelge 2.14 : Üreticiler tarafından beyan edilen bazı ısı yalıtım malzemelerinin özellikleri. **20**
Çizelge 2.15 : Isı yalıtımı ile ilgili incelenen mevzuat. **21**
Çizelge 2.16 : İstanbul için tavsiye edilen U değerlerinin tarihsel gelişimi. **22**
Çizelge 3.1 : Isı yalıtım malzemelerinin yapıda kullanım alanları..... **32**
Çizelge 3.2 : Isı yalıtım yapıştırıcılarının yapışma dayanımları..... **40**
Çizelge 3.3 : Isı yalıtım sıvalarının yapışma dayanımları **42**
Çizelge 3.4 : Binada bulunduğu konuma göre ısı yalıtım malzemesinin öncelikli sahip olması gereken özellikler. **57**
Çizelge 5.1 : İnceleme yapılan binalara ait bilgiler. **68**
Çizelge 5.2 : Bina kabuğunda ısı yalıtımı uygulanan elemanlar ve birleşimler. **70**
Çizelge 5.3 : TS 825'e göre 2. iklim bölgesi için tavsiye edilen U değerleri..... **78**
Çizelge 5.4 : İnceleme yapılan yapı elemanları ve birleşimleri dağılımı. **131**

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Dış duvar için ısıl geçirgenlik katsayıları karşılaştırması. **9**
Şekil 2.2 : Zemine oturan döşeme için ısıl geçirgenlik katsayıları karşılaştırması. **9**
Şekil 2.3 : Tavan için ısıl geçirgenlik katsayıları karşılaştırması. **10**
Şekil 2.4 : Şilte haline getirilmiş cam yünü ısı yalıtım malzemesi..... **15**
Şekil 2.5 : Yarı esnek levha formunda taş yünü ısı yalıtım malzemesi. **16**
Şekil 2.6 : Genleştirilmiş polistren (EPS) ısı yalıtım malzemesi..... **18**
Şekil 2.7 : Çekme polistren (XPS) ısı yalıtım levhaları..... **19**
Şekil 3.1 : Mertek arası yalıtımın şematik gösterimi **34**
Şekil 3.2 : Mertekler arası mineral esaslı ısı yalıtım malzemesi uygulaması. **35**
Şekil 3.3 : Mertekler üzeri ısı yalıtım detayı **36**
Şekil 3.4 : Düz çatıda ısı yalıtım detayı **37**
Şekil 3.5 : Dıştan kompozit ısı yalıtım sisteminin bileşenleri **40**
Şekil 3.6 : Subasman profili uygulaması **43**
Şekil 3.7 : Yapıştırma harcının uygulanması..... **44**
Şekil 3.8 : Kapı ve pencere köşelerinde levhaların formu..... **44**
Şekil 3.9 : Binili ısı yalıtım levhası uygulaması. **46**
Şekil 3.10 : İçten yalıtımda tavan ve döşemelerde yalıtımın sürekliliği ile ısı köprüsünün ortadan kaldırılması **47**
Şekil 3.11 : Alçı plaka kaplı mineral esaslı ısı yalıtım levhası..... **48**
Şekil 3.12 : Havalandırmalı giydirme cephelerde ısı yalıtımı **49**
Şekil 3.13 : Kapalı çıkmalarda ısı yalıtımı **51**
Şekil 3.14 : Açık çıkmalarda özel donatı uygulaması **51**
Şekil 5.4 : Isı yalıtım malzemelerinin uygulama sırasında deforme olması..... **74**
Şekil 5.5 : Isı yalıtım malzemelerinin sabitlenmeyerek serbest kalması **75**
Şekil 5.10 : Isı yalıtımının uygulanmaması **80**
Şekil 5.11 : Çatıda yağmur suyu giderinin bağlantısının yapılmaması **81**
Şekil 5.12 : Çatı-parapet/saçak-duvar birleşimlerinde incelenen durumların şematik gösterimi. **82**
Şekil 5.13 : Parapet uygulamasında ısı yalıtımının sürekliliğinin sağlanmamasının şematik gösterimi **83**
Şekil 5.14 : Gezilemeyen düz çatı parapetlerinde ısı yalıtımının yapılmaması..... **84**
Şekil 5.15 : Gezilemeyen düz çatı parapet iç kısmında ısı yalıtımının yapılmaması **85**
Şekil 5.16 : Projede yer alan ısı yalıtımının yerinde uygulanmaması **86**
Şekil 5.17 : Çatı döşemesi-parapet ilişkisinde ısı köprüsünün engellenmesi **87**
Şekil 5.18 : Çatı yalıtımı ve cephe montajının aynı anda yapılması **88**
Şekil 5.19 : Saçaklarda ısı yalıtımının uygulanmaması..... **89**
Şekil 5.20 : Projede çatı saçağında ısı köprüsü probleminin çözülmemesi..... **90**
Şekil 5.21 : Uygulama sonucu ısı köprüsü problemi oluşan saçak örneği. **91**
Şekil 5.22 : Duvar bünyesinde incelenen durumların şematik gösterimi. **91**
Şekil 5.23 : Isı yalıtım malzemesinin kesintiye uğraması **92**

Şekil 5.24 : Isı yalıtım levhalarının deforme olması **94**
Şekil 5.25 : Yapıştırma harcının çerçeveli öbekleme yöntemi ile uygulanması. **94**
Şekil 5.26 : Levhaların yapıştırma yöntemlerine uygun yapıştırılmaması. **95**
Şekil 5.27 : Özellikleri farklı olan iki yalıtım malzemesinin birleşimi **96**
Şekil 5.28 : Projede yer alan ısı yalıtımının şantiyede uygulanmaması **97**
Şekil 5.29 : Isı yalıtım uygulamasının deforme olmasına bir örnek. **98**
Şekil 5.30 : Isı yalıtım uygulamasının deforme olmasına bir örnek. **99**
Şekil 5.31 : Prekast panelde sızdırmazlığın sağlanmaması **100**
Şekil 5.32 : Isı yalıtım malzemesinin deforme olmasına bir örnek **101**
Şekil 5.33 : Prekast cephe panellerinde üretim hataları ve panellerin çevresel etkenlere maruz bırakılması **102**
Şekil 5.34 : Duvar-pencere/kapı birleşiminde incelenen durumların şematik gösterimi. **103**
Şekil 5.35 : Uygulama projesinde ısı yalıtımının devam etmemesi **104**
Şekil 5.36 : Tasarım aşamasında ısı köprüsü oluşan detayın uygulanması. **104**
Şekil 5.37 : Cephede uygulanan ısı yalıtımının pencere iç kısmında uygulanmaması **105**
Şekil 5.38 : Isı yalıtımının sürekliliğinin sağlanmaması **105**
Şekil 5.39 : Pencerede iç kısma devam eden ısı yalıtım uygulaması **106**
Şekil 5.40 : Isı yalıtımının sürekliliğinin pencere-duvar birleşiminde sağlanmaması **107**
Şekil 5.41 : Isı yalıtım malzemesinin dış ortam koşullarından korunmaması **108**
Şekil 5.42 : Isı yalıtımının sürekliliğinin pencere iç kısımlarında sağlanmaması ... **109**
Şekil 5.43 : Prekast panel pencere kenarlarına yalıtım uygulanmaması **110**
Şekil 5.44 : Duvar-konsol/balkon birleşimlerinde incelenen durumların şematik gösterimi. **111**
Şekil 5.45 : Isı yalıtımı uygulanmayan balkon kısımlarında ısı köprüsü oluşumu .. **112**
Şekil 5.46 : Duvar-döşeme birleşimlerinde incelenen durumların şematik gösterimi. **113**
Şekil 5.47 : Giydirme cephede ankraj elemanlarının uzatılması **114**
Şekil 5.48 : Prekast panelde ısı yalıtımının kesintiye uğraması **115**
Şekil 5.49 : Prekast panelde sızdırmazlığın sağlanmaması **115**
Şekil 5.50 : Üreticisi tarafından önerilen cam elyaf takviyeli prekast cephe. **116**
Şekil 5.51 : Üreticisi tarafından önerilen prekast cephe detayı **117**
Şekil 5.52 : Temel/bodrum duvarı-duvar birleşiminde incelenen durumların şematik gösterimi. **118**
Şekil 5.53 : Uygulama yapılacak alanın suya maruz kalması **118**
Şekil 5.54 : Isı yalıtımının zemin altına devam etmeyerek kesintiye uğraması **119**
Şekil 5.55 : Taş yünü ısı yalıtım malzemesinin suya maruz kalma ihtimali olan yerde kullanılması **120**
Şekil 5.56 : Duvarda ve toprak altında uygulanan yalıtım malzemelerinin ilişkilerinin kurulmaması **121**
Şekil 5.57 : Uygulama yapılacak alanın suya maruz kalması. **122**
Şekil 5.58 : Su yalıtımı kullanarak yapıştırılan XPS ısı yalıtım levhaları. **123**
Şekil 5.59 : Isı yalıtım levhalarını koruyucu katmanlarının parçalanması. **124**
Şekil 5.60 : Isı yalıtım uygulamasının inşaat suyuna maruz kalması. **125**
Şekil 5.61 : Bodrum/temel duvarı-döşeme birleşiminde incelenen durumların şematik gösterimi. **126**
Şekil 5.62 : Uygulamanın kesintiye uğramasıyla rüzgârın verdiği zarar. **126**
Şekil 5.63 : Isı ve su yalıtım malzemesinin çivi ile delinmesi. **127**

Şekil 5.64 : Isı yalıtım levhalarının uygulama sonrası parçalanması. **128**
Şekil 5.65 : Depolama hatası nedeniyle taş yünü ısı yalıtım plakaların deforme olması **129**
Şekil 5.66 : Depolama alanındaki suyun plakaların altına sızması **130**
Şekil 5.68 : İnceleme yapılan yapı elemanı ve birleşimlerinin sıralaması. **132**
Şekil 5.69 : Isı yalıtım sorununun oluşum aşaması dağılımı. **133**
Şekil 5.70 : Isı yalıtım sorununun belirlendiği yer dağılımı. **134**
Şekil 5.71 : Isı yalıtım sorunlarının sınıflandırılması. **135**

BİNA KABUĞUNDA ISI YALITIMI UYGULAMALARININ YAPISAL PERFORMANSI VE ETKİNLİĞİNİN İSTANBUL'DA BİR ALAN ÇALIŞMASI İLE İNCELENMESİ

ÖZET

Enerji tüketimi konusunda her alanda gündeme gelen verimlilik ve tasarruf kavramları, günümüz binalarının tasarlanması ve üretilmesi süreçlerinde alınan kararlarda belirleyici olmaktadır. Daha az enerji tüketen binaların sürdürülebilir bir çevre için daha kalıcı çözümler önermesi, malzeme üretimi, nakliyesi, tasarımı, uygulanması, hizmet süresi boyunca bakım/onarımı ve geri dönüşüm süreçlerinin tamamını kapsayan bütüncül bakış açılarını zorunlu hale getirmiştir.

Enerjinin özellikle bina kabuğunda verimli kullanılmasını sağlayan tasarım yaklaşımları ve bunun için teknoloji kullanımı ile binalarda tüketilen enerji miktarları oldukça düşmektedir. Isıl konfor şartlarının ve iç ortam kalitesinin artırılması pasif tasarım stratejileri ile sağlanabilir. Bunun için bina kabuğunun ısıl özellikleri, güneşe göre konumu ve yapı formu gibi temel tasarım kararları etkili olmaktadır. Pasif ev tasarımı ile ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri için yapının enerji tüketim oranları sınırlandırılmaktadır.

Tez çalışmasında, enerji verimliliği ve sürdürülebilir yapay çevre açısından bina kabuğunda ısı yalıtım uygulamaları konusu ele alınarak ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bu doğrultuda, gerek tasarımda gerekse uygulamada ortaya çıkan ve bina performansını doğrudan etkileyen ısı köprüleri, ısı yalıtım kalınlığının yeterli olmaması, yalıtım uygulamalarının hava ve su sızdırmazlıklarının sağlanmaması, yeterli ve etkin birleşim ve bağlantıların yapılmaması ve ayrıca yoğuşma gibi pratikte ortaya çıkan bazı sorunların belirlenmesine çalışılmış ve böylece daha sonra yapılacak olan tasarım ve uygulamalara bu yönde dikkat çekilerek katkıda bulunulması amaçlanmaktadır.

Bina kabuğunda ısı yalıtım uygulamalarının performans ve etkinliğinin incelendiği bu çalışma, literatür araştırması, alanda ısı yalıtım uygulamalarının incelenmesi ve değerlendirilmesi amacıyla bir yapı inceleme formu oluşturulması ve son olarak alan çalışmasının gerçekleştirilmesi ve değerlendirilmesi olmak üzere, genel olarak üç bölümden oluşmaktadır.

Literatür araştırmasının ilk bölümünde ısı yalıtım malzemelerinin özellikleri, çeşitleri ve performans gereksinimleri hakkında temel bilgiler, ısı yalıtım malzemelerinin üretim ve uygulamasına ilişkin yurt içinde ve yurt dışında yükümlülükte olan yasa, yönetmelik ve standartlar yer almaktadır. Ayrıca, ulusal ve uluslararası alanda ısı yalıtım performansı ile ilgili bilimsel özgün çalışmalar gözden geçirilmiştir.

İkinci bölümde ise bina kabuğunda uygulanan ısı yalıtım sistemleri, yapıda bulundukları konuma göre incelenmiştir. Burada farklı çözümler gerektiren; ortamın ısıtılan veya ısıtılmayan alan olması, çatıların eğimli veya düz olması, düz çatıların gezilen veya gezilmeyen olması, duvarda ısı yalıtımının dışta, ortada veya iç kısımda

olması, döşemelerin zemine oturması veya konsol olması gibi çeşitli durumlar için genel prensipler incelenmiştir. Böylece, yapılacak alan çalışması için gerekli temel bilgiler ve altyapı oluşturulmuştur.

Alan çalışmasına hazırlık aşamasında, çalışmanın gerçekleştirileceği binalardan elde edilen verilerin sistematik bir şekilde derlenmesi ve sonunda genel bir değerlendirme yapılabilmesi için yapı inceleme formu oluşturulmuştur. Bu formda incelenen uygulamalar sekiz ayrı grupta sınıflandırılmıştır, ancak aynı yapı elemanı için farklı uygulamaları da kapsaması açısından bazı gruplar alt bölümlere ayrılmıştır. Son kısmında ise yapılan değerlendirme ile karşılaşılan performans sorunları ele alınmıştır.

Alan çalışmasında toplam 19 bina ve 54 örnek uygulama ısıl performans açısından ayrıntılı olarak incelenmiştir. Binaların projelerinden edinilen ayrıntılar, sahada elde edilen bilgiler ve karşılaşılan farklı durumlar sistematik bir şekilde kaydedilmiştir. Isı yalıtımı uygulamaları ile doğrudan ilgili olarak belirlenen bazı sorunlar ısıl performansın etkinliği açısından değerlendirilmiş, ayrıca mevcut şartlar dikkate alınarak performans problemleri olası nedenleriyle tartışılmıştır. Son olarak alan çalışması kapsamında yapılan incelemeleri içeren atlas oluşturulmuştur.

Alan çalışmasının değerlendirilmesi bölümünde, incelenen 19 binada karşılaşılan ısı yalıtım sorunlarının genel değerlendirmesi yapılmaktadır. Öncelikle ısı yalıtımının incelendiği yapı elemanları ve birleşimler değerlendirilmiştir. Daha sonra ısı yalıtım sorununun oluştuğu aşamalar, bulunduğu yer ve son olarak sorunların oluşma nedenleri, birbiriyle ilişkileri incelenmiştir.

Alan çalışması sonucunda, ısı yalıtım sorunlarının en fazla 51 inceleme ile uygulama aşamasında oluştuğu tespit edilmiştir. Çevresel etkenler ile oluşan 11 sorunun tamamı uygulama aşamasıyla da ilişkilidir. Bu sorunlarda, uygulama aşamasında yapılan hataların çevresel etkenlerle bir araya gelerek ısı yalıtım performansını olumsuz etkilediği tespit edilmiştir. Isı yalıtım sorununun oluştuğu yapı elemanı ve birleşimlerinde gerçekleştirilen 50 incelemede, ısı yalıtım sorunlarının en fazla belirlendiği yer 26 incelemede tespit edilen, farklı yapı elemanı birleşimleridir. Farklı yapı elemanı birleşiminde oluşan sorunlar, toplam incelemelere oranlanırsa %52'ye karşılık gelmektedir. Bu orandan, tespit edilen bütün sorunların yaklaşık yarısının farklı yapı elemanlarının birleşimlerinde oluştuğu sonucu çıkarılabilir.

Alan çalışmasında, 19 yapıda gerçekleştirilen 54 inceleme sonucunda toplam 104 ısı yalıtım sorunu tespit edilmiştir. Tespit edilen ilk beş ısı yalıtım sorunu; ısı köprüsü oluşumu, ısı yalıtımının uygulanmaması, hatalı bitiş veya bağlantı, malzeme deformasyonu ve işçilik hataları olarak sıralanabilir. Burada sıralanan ilk beş sorun, tespit edilen sorunların toplamının %75'ine karşılık gelmektedir.

Sonuç olarak enerji tüketimi ve çevre sorunları günümüzde hızla artış göstermektedir. Alan çalışmaları, laboratuvar araştırmaları ve bilgisayar simülasyon programları yardımıyla binalarda enerji kayıpları ve performans sorunlarının araştırılması çalışmaları ülkemiz açısından önemli hale gelmektedir.

A FIELD STUDY IN ISTANBUL ON CONSTRUCTIONAL PERFORMANCE AND EFFICIENCY OF THERMAL INSULATION APPLICATIONS IN BUILDING ENVELOPE

SUMMARY

The concept of energy efficiency as in all fields is decisive in designing and constructing process of buildings. Less energy-consuming buildings suggest more permanent solutions for a sustainable environment. This approach made it necessary to cover all processes like material production, transportation, design, application, maintenance during the service period and recycling with holistic perspective.

If energy consumption areas studied, about one-third of total energy consumption takes place in buildings. Thermal insulation systems are being prepared according to the regulations in the new building. In addition to that thermal insulation systems which applied in existing buildings are the most common method of achieving energy savings. Therefore, the application of thermal insulation in existing building or new projects and designed to meet all the performance requirements during the application is important.

As stated in the first chapter, the aim of the thesis is to evaluate building elements situated in the building envelope in the new and existing buildings in terms of thermal performance. Thus, the aim is to pay attention to the performance requirements of the thermal insulation in the design and application phase in new and existing buildings and it was aimed at helping practitioners to develop proposals for more accurate identification of critical issues and solutions. This thesis consists of three main studies. First a literature search was conducted. Then an investigation and evaluation form of the thermal insulation was prepared. Lastly a field study and evaluation was performed.

In the first part of the literature research, including properties of thermal insulation materials studied such as density, thermal conductivity, thermal resistance, thermal transmittance, specific heat, temperature resistance, dimensional stability, water vapor diffusion resistance, water absorption ratio, pressure resistance and fire resistance.

Then thermal insulation materials are classified. This classification is made according to the organic or inorganic raw materials. In our country, most frequently used thermal insulation materials are EPS, XPS, glasswool, rockwool. In the study the most common four insulation materials were examined. Thermal insulation materials analyzed in terms of raw materials, production stages, physical and chemical characteristics, production sizes, application areas, issues to be considered in the application and hygiene. Materials were also examined for recycling.

As the second part of the literature research; laws, regulations and standards both in Turkey and abroad about thermal insulations were conducted. Main regulations are Energy Efficiency Law, TS 825 Building Insulation Rules, Regulation of Buildings

Energy Performance, European Technical Approval Guidelines, Construction Products Directive, Construction Products Regulation, Regulations on the Protection of Buildings from Fire.

Related to the main part of the study, the expected performance requirements of thermal insulation systems were investigated. The Performance of the insulation system is related to the physical properties of the heat insulation material, thickness and other building elements which applied together. Environmental and climatic factors also affect the performance of the building elements. The main expected performance requirements of thermal insulation systems are thermal performance, moisture performance, physical resistance against temperature change, air and water tightness, fire resistance and sound insulation.

After the basic information about thermal insulation materials and applications, the investigation list has been formed for field study. The first part of the form consists building's location, climate zone, the average temperature throughout the year of the region, the earthquake zone, wind direction, ownership, function, building size, structure system, floor number, average floor height and roof type. In the second part the location of thermal insulation in the building investigated. When a building envelope considered as a whole, thermal insulation application are in the building elements or joints of components. As a result the combination of two components for example: roof-wall, wall-window, wall-floor and basement / foundation should also be considered.

Thermal insulation performance problems can be caused by layering problems of building elements, connection or junction problem of building elements or lack of appropriate combinations of different building elements. Thermal insulation performance problems may arise in the project or application phases. After the determination of the location of performance problems, in part 3 the problem is identified. Finally, in part four, layering is shown schematically in section details. Photo and description of the problem is also located here.

A field study was conducted in 19 buildings which 8 of them public buildings, 9 of them private buildings, 2 of them public-private partnership. A list has been formed before field study in the selection of the buildings. This list contains project sites which are easier to reach and the possibility of obtaining other data.

A total of 33 construction sites was investigated. Investigation sites have common features in terms of climate zone and structure systems. Buildings represent different applications in terms of typology. The number of buildings included in this study is 19. Number of evaluation points, detail or problem is 54. At the designated of points, thermal insulation performance evaluation was performed. According to this purpose encountered performance problems were recorded making visual analysis.

After field study completed, a general evaluation has performed. As a result of field study, it was determined that the most common thermal insulation problems occur during the application stage in 51 evaluations. Environmental factors are the second most common cause of all thermal insulation problems which are related to the application phase. Tho most common thermal insulation location in building envelope is combination of different building elements which is 52% of all problems.

In the field study total of 104 thermal insulation problems identified. The most common five insulation problems are thermal bridges, applicaitons without thermal insulation, connection and junction problems, deformation of materials and poor

workmanship. These five problems are 75% of all problems identified. The chapter about evaluation of field study contains more detailed information and graphs. Finally, an atlas has been formed containing the results of the field study performance problems.

Environmental problems with the increase of energy consumption has become more important today. Analysis of energy losses in buildings with the help of field studies, lab researches and computer simulation programs, performance problems occurs in the building envelope should be continued in the doctoral studies.

1. GİRİŞ

Sürekli artan dünya nüfusu ve üretim faaliyetleri, enerji kaynaklarının hızla tüketilmesine yol açmaktadır. Enerji tüketiminin artması çevresel sorunları da beraberinde getirmektedir. Atmosfere çok fazla miktarlarda salınan zararlı gazlar iklim değişikliklerine kadar giden birçok çevresel sorunlara neden olmaktadır. Ortaya çıkan bu sorunlar, devletlerin bu konuda önlemler almasını zorunlu hale getirmektedir. Enerji tüketiminin azaltılması ve buna bağlı olarak üretiminin ve tüketiminin çevreye daha az zarar vermesi konusundaki yaptırımların yanında, yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi ve yaygınlaştırılmasına yönelik bazı politikalar da geliştirilmektedir.

Enerji tüketim alanları incelendiğinde, toplam enerji tüketiminin yaklaşık %41'inin binalarda gerçekleştiği görülmektedir [1]. Ülkemizde son on beş yılda hızla artan inşaat faaliyetleri ile binalarda tüketilen enerji miktarı katlanarak artmaktadır. Binalarda ise en fazla ısıtma ve soğutma amacıyla enerji tüketilmektedir. Isıtma ve soğutma sırasında atmosfer koşulları ile etkileşim halinde olan bina kabuğu, kullanıcılar için gerekli konfor şartlarını sağlarken aynı zamanda enerji verimliliği ile ilgili performans gereksinimlerini de sağlamalıdır.

Enerji tasarrufu ve verimliliği, yeni veya mevcut yapılardaki ısı yalıtım uygulamalarının, proje ve uygulama aşamalarında bütün performans gereklerini karşılayacak şekilde tasarlanması ve uygulanması ile sağlanabilir. Bu doğrultuda, bina kabuğu bir bütün olarak ele alınmalı ve bütün yapı elemanları bünyesinde ve birleşim noktalarında ısı yalıtımının sürekliliği sağlanmalıdır. Yeni yapılarda mevcut yönetmeliklere göre bina dış kabuğunda tasarlanan ve uygulanan çeşitli sistemler mevcuttur. Mevcut yapıların büyük bir kısmında, mevzuatın zaman içerisinde geliştirilmesi ve önceki uygulamaların kontrol edilememesi nedenleriyle ısı yalıtım uygulaması yapılmamıştır. Günümüzde mevzuatın zorunlu kılması ve bilinçlenmenin artması ile bina cephelerinde (piyasada daha çok mantolama adıyla bilinen) dıştan ısı yalıtımı ve bitirme sistemleri ile enerji etkinliği ve tasarrufu sağlanması hedeflenmektedir.

1.1 Çalışmanın Amacı

Tez çalışmasının amacı, Türkiye'deki yeni ve mevcut binalarda ısı yalıtım sistemlerini yapı elemanları ve birleşimlerinin üretim, tasarım ve uygulama aşamalarında, çevresel şartlar göz önüne alınarak incelemektir. Bina kabuğunda ısı yalıtım uygulamalarının pratik açıdan etkinliğinin araştırılmasıyla, teoride hedeflenen ve uygulamada gerçekleşen ısı yalıtım uygulamalarının incelenmesi ve böylece enerji korunumunu artıracak önlemlerin belirlenmesi hedeflenmiştir. Ayrıca, proje ve uygulama aşamalarında dikkat edilmesi gereken noktaların belirlenmesi ve daha doğru çözümler için geliştirilen önerilerin dikkate alınarak uygulayıcılara yardımcı olunması hedeflenmiştir.

1.2 Çalışmanın Kapsamı

Çalışma kapsamında bina kabuğunda uygulanan ısı yalıtım sistemlerinin incelenmesi yer almaktadır. Bu amaçla, alan çalışması kapsamında belirlenen mevcut ve yeni binalarda görsel analiz ile proje veya uygulama aşamalarında meydana gelen ısı köprüleri, yoğuşma ve sızdırmazlık gibi performans problemleri incelenmiştir. Bununla birlikte, uygulama sonrası çevresel etkenlerin performansa etkisi incelenmiş, bazı durumlarda yapı elemanlarında ısıl geçirgenlik değerleri hesaplanarak mevzuata göre uygunluğu kontrol edilmiştir.

Alan çalışmasında, TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları standardına göre ikinci iklim bölgesinde yer alan İstanbul ilinde, yapım aşaması devam eden veya bitmiş 19 bina yer almaktadır. Kamu veya özel mülkiyete ait olan binalar; okul, spor salonu, kamu hizmet binası, yükseköğretim binası, konut, ofis ve alışveriş merkezi gibi işlevleri açısından çeşitlilik göstermektedir.

1.3 Çalışmanın Yöntemi

Çalışma kapsamında bina kabuğunda ısıl performansın incelenmesi amacıyla; (i) literatür araştırması, (ii) alan çalışması ve sonrasında değerlendirme için bir inceleme formu oluşturulması ve (iii) bitmiş ve yapım aşamasındaki binalarda gözlem ve inceleme çalışması gerçekleştirilmiştir.

Literatür araştırmasında; (i) ısı yalıtım malzemelerinin özellikleri, çeşitleri ve performans gereksinimleri hakkında temel bilgiler, ısı yalıtım malzemelerinin üretim

ve uygulamasına ilişkin yurt içinde ve yurt dışında yürürlükte olan yasa, yönetmelik ve standartlar, (ii) bina kabuğunda ısı yalıtım uygulamalarının temel prensipleri, son olarak (iii) ısıl performans ile ilgili yapılan ulusal ve uluslararası özgün çalışmaların kısa özetleri yer almaktadır.

Alan çalışmasına hazırlık olarak, bina kabuğunda ısıl performansın incelenmesi sırasında elde edilen verilerin sistematik bir şekilde kaydedilmesi ve sonrasında değerlendirilmesi amacıyla bir inceleme formu oluşturulmuştur.

Alan çalışması bölümünde, proje ve/veya uygulama aşamalarındaki yapıların özellikle ısı yalıtımı uygulamaları açısından yapısal performansının incelenmesi, incelenen/gözlemlenen tüm performans gereksinimlerini içeren görsel bir atlas oluşturulması ve elde edilen verilerle genel bir değerlendirme yapılması yöntemi izlenmiştir.

1.4 Hipotez

Bina kabuğunda enerji verimliliğinin sağlanması için uygulanması zorunlu yasa ve yönetmelikler bulunmaktadır. Ayrıca, yapı malzemelerinin gerekli performans değerlerini sağlamaları için üretim standartları vardır. Isı yalıtım sistemlerinden beklenen performans değerleri; projenin hazırlanması, malzemenin üretimi, nakliyesi, uygulama sahasında depolanması, uygulanması, kullanımı, bakım ve onarımı aşamalarının ilgili mevzuata ve genel prensiplere uygun olmasıyla sağlanabilir. Bu aşamaların herhangi birinde ortaya çıkan bir sorun bina kabuğu performansını bütünde etkileyebilmektedir. Bu sorunların ortadan kaldırılması ile tasarım aşamasında (teoride) hedeflenen ve pratikte gerçekleştirilen uygulamaların performansının iyileştirilmesi ve böylece binanın enerji etkinliğinin ve aynı zamanda kullanıcı sağlığı ve konforunun artması sağlanmış olacaktır.

2. ISI YALITIMI İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER

Ülkemizde ısı yalıtımı ile ilgili ilk düzenleme 1985 yılında yayınlanan TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları'dır. Standardın kapsamında "insan sağlığının ve binaların ısı etkilerinden korunması ve yakıttan tasarruf bakımından gerekli kuralları" yer almaktadır. İlk yayınlandığı tarihte uyulması zorunlu olmayan yönetmelik, 2000 yılından itibaren bütün binalarda zorunlu hale gelmiştir. Yapılan bazı değişiklikler ile son halini 2013 yılında almıştır.

1990'lı yılların başlarında enerji tasarrufu bilincinin artması ile ithal ısı yalıtım malzemelerinin getirilmesi ve ülkemizde üretilmesi süreci başlamıştır. Ancak, 1995 yılı itibariyle Avrupa ülkeleri ile karşılaştırıldığında Türkiye en az ısı yalıtım uygulayan ülkeler arasında yer almaktadır [1]. 2000'li yıllardan sonra yasal düzenlemelerin yapılması, bilinçlendirme faaliyetlerinin artması ile ısı yalıtım oranları da artmaktadır [2].

Isı yalıtım malzemeleri genel olarak iki farklı ortam arasında sıcaklık farkı nedeniyle oluşan ısı geçişini engellemek için kullanılan yapı malzemeleridir. Isı yalıtım malzemeleri için standart ve yönetmeliklerde çeşitli tanımlamalar bulunmaktadır. ETAG (European Technical Approval Guideline) 004'e göre ısı yalıtım malzemesi, uygulandığı yapı elemanına sahip olduğu yalıtım özelliklerini aktaran, yüksek ısıl direnc sahip prefabrike ürünlerdir [3]. DIN 4108 standardında yer alan tanımlamaya göre bir malzemenin ısı yalıtım malzemesi olarak kabul edilebilmesi için ısı iletkenlik katsayısının (λ) 0,1 W/mK değerinden daha küçük olması gerekmektedir [4].

Bu bölümde, Türkiye'deki uygulamalarda daha yaygın kullanılan ve tez kapsamında yapılan alan çalışmasında da en çok karşılaşılan, genleştirilmiş polistren köpük (EPS - Expanded polystyrene), çekme polistren köpük (XPS - Extruded polystyrene), cam yünü, ve taş yünü ısı yalıtım malzemelerine yer verilmiştir. Ayrıca, ülkemizde ve yurt dışında ısı yalıtım malzeme ve sistemlerinin üretimi, ısı yalıtımının tasarımı ve uygulanması hakkında çeşitli standart, yasa ve yönetmelikler incelenmiştir. Son olarak ısı yalıtım sistemleri performans gereksinimleri yer almaktadır.

2.1 Isı Yalıtım Malzemelerinin Özellikleri

Bir ısı yalıtım malzemesinden beklenen en önemli özellik düşük ısı iletkenlik katsayısına sahip olmasıdır. Günümüzde üretilen ısı yalıtım malzemeleri birçok gereksinimi birlikte karşılayabildikleri halde, mükemmel bir ısı yalıtım malzemesi yoktur. Ancak, malzemeler değerlendirilirken ısı yalıtım performansı ile birlikte bina kabuğunda bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli karşılaması beklenen; yüksek basınç dayanımı, yüksek ses yalıtımı, neme karşı dayanım ve yangın dayanımı gibi özellikler birlikte düşünülmelidir.

2.1.1 Yoğunluk

Yoğunluk, bir malzemenin sahip olduğu kütlenin, kapladığı hacme oranıdır. Birimi kg/m^3'tür. Yoğunluk ısı yalıtım açısından önemlidir; çünkü düşük yoğunluklu bir malzeme genellikle yüksek porozite ve hacimsel boşluklar içerir. Bu, yapının ısı iletkenliğini düşürür. Yüksek yoğunluklu katı bir malzeme ise ısıyı daha kolay ileteceğinden ısı iletkenliği daha yüksektir. Eğer bir malzemenin yapısında yer alan gözenekler ne kadar küçük, daha fazla sayıda ve homojen dağılmış olursa malzemenin ısı yalıtım özelliği o kadar iyi olur; çünkü gözeneklerde yer alan hava, etrafını kaplayan malzemeye göre her zaman daha az iletkendir [4]. Isı yalıtım malzemelerinin yoğunluk aralıkları Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1 : Isı yalıtım malzemelerinin yoğunlukları [5].

Yoğunluk	**Cam Yünü**	**Taş Yünü**	**EPS**	**XPS**
(kg/m^3)	13-100	30-180	18-50	20-80

2.1.2 Isı iletkenliği

Isı yalıtım malzemelerinin genel olarak ısı iletkenliklerinin düşük olması istenir. Bir malzemenin ısı iletkenliği ne kadar düşük ise o malzemeden geçen ısı da o kadar az olur. Isı iletkenlik katsayısı (λ) bu yüzden önemli bir etkendir. Isı iletkenlik W/mK ile ölçülür. Bu da 1m×1m×1 m boyutlarında küp bir malzemenin bir tarafından diğerine geçerken 1 K'lik sıcaklık farkı oluşturan ısı miktarıdır.

Bir malzemenin ısı iletkenliğini belirleyen etmenler şu şekilde sıralanabilir [6];

- Hammadde
- Malzemenin yoğunluğu

- Malzemenin doğal ve ince yapısı
- Nem içeriği ve malzemenin sıcaklığı
- Hücresel gazlar.

Lifli yalıtım malzemelerinde liflerin sağlamlığı ve yönlendirilmesi büyük rol oynar. Köpük ısı yalıtım malzemelerinde ise hücresel boşlukların büyüklüğü, konumu ve boşlukların içindeki gazlar önemlidir. Bununla beraber, bir malzemenin ısı iletkenliğini nem içeriği etkiler. Lifli yalıtım malzemelerinin ısı iletkenliği aynı oranda neme maruz kalan kapalı hücre yapısına sahip köpük malzemelere göre çok daha hızlı artar. Isı yalıtım malzemelerinin kuru olarak oda sıcaklığında ısı iletkenlik katsayı aralıkları Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2 : Isı yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlikleri [5].

Isı İletkenlik	**Cam Yünü**	**Taş Yünü**	**EPS**	**XPS**
(W/mK)	0,030-0,045	0,033-0,045	0,029-0,041	0,025-0,035

2.1.3 Isıl direnç ve ısıl geçirgenlik

Isıl direnç, malzeme kalınlığının ısı iletkenliğine bölünmesiyle elde edilen fiziksel bir büyüklüktür [7]. Bu nedenle, bu değer malzemeye özel bir karakteristik değildir. Bir yapı bileşenindeki tüm katmanların toplam ısı direncini belirlemek için kullanılır. Yapı bileşenlerindeki katmanların ısıl dirençleri denklem 2.1 kullanılarak hesaplanır.

$$R = d / \lambda \tag{2.1}$$

Burada;

R: ısıl direnç değerini (m^2K/W)

d: malzemenin kalınlığını (m)

λ: malzemenin ısı iletkenlik katsayısını (W/mK)

temsil etmektedir.

Bir malzemenin ısıl direnci ne kadar yüksek olursa ısı yalıtım özelliği o kadar iyi olur. Denklem 2.2'de görüleceği üzere ısıl direnç (1/U); her bir katmanın ısıl direnci, iç ve dış yüzey ısıl dirençlerinin toplanması ile elde edilir [8]. Bir yapı bileşeninin toplam ısıl geçirgenlik katsayısı (U) toplam ısıl direnç değerinin aritmetik tersi

alınarak hesaplanır. Bu değer; $1m^2$'lik alanda bir saniyede yüzey ve hava arasında 1K'lik sıcaklık farkı oluşturan ısı akışını ifade eder.

$$\frac{1}{U} = R_i + R + R_e \tag{2.2}$$

Burada;

U: ısıl geçirgenlik katsayısını (W/m^2K)

R_i: iç yüzeyin yüzeysel ısı iletim direncini (W/m^2K)

R: yapı bileşeninin toplam ısıl geçirgenlik direncini (W/m^2K)

R_e: dış yüzeyin yüzeysel ısı iletim direncini (W/m^2K)

temsil etmektedir.

Yapı bileşeni tasarımında, TS 825 yönetmeliğinde yer alan ısıl geçirgenlik katsayılarının yapının bulunduğu bölge için istenilen en az U değerini karşılaması sağlanmalıdır. TS 825'te 2013 yılında yapılan değişiklik ile İstanbul ilinin bulunduğu ikinci iklim bölgesi için tavsiye edilen en fazla U değerleri Çizelge 2.3'te verilmektedir. Binalarda Enerji Performansı yönetmeliğine göre ısı kaybeden yüzeylerin %60 veya daha fazla oranda saydam olduğu durumlarda TS 825'te tavsiye edilen değerlerden %25 daha az ısıl geçirgenlik değerinin karşılanması gerekmektedir [9].

Çizelge 2.3 : TS 825'e göre 2. iklim bölgesi için tavsiye edilen en fazla U değerleri [8].

U_D (W/m^2K)	U_T (W/m^2K)	U_t (W/m^2K)	U_P (W/m^2K)
0,57	0,38	0,57	1,8

U_D: Dış duvar toplam ısıl geçirgenlik katsayısı

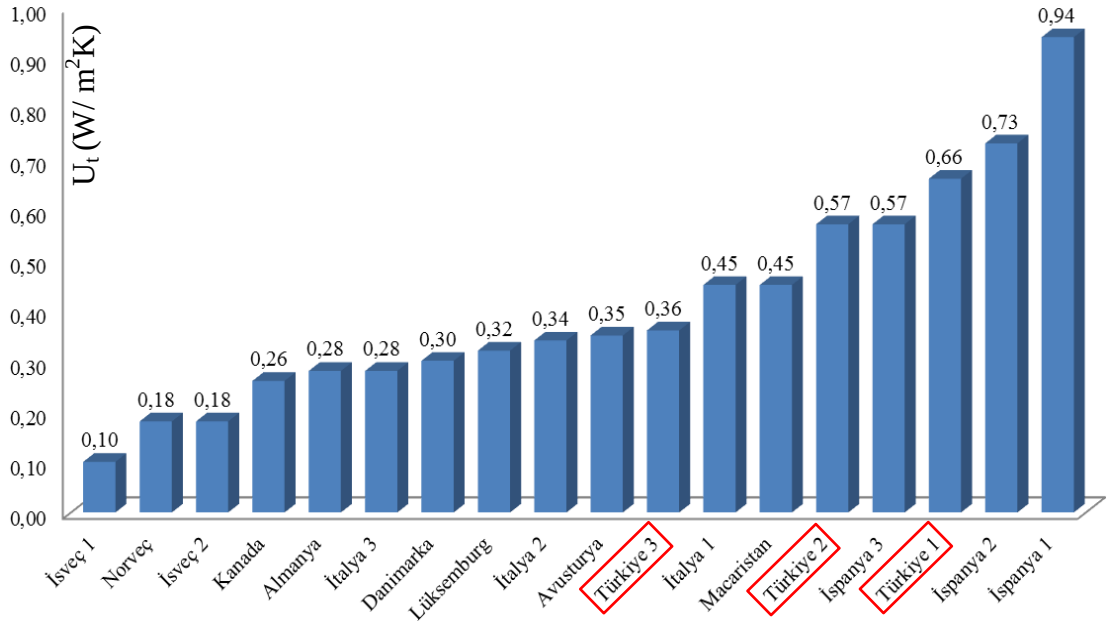
U_T: Tavan toplam ısıl geçirgenlik katsayısı

U_t: Zemine oturan döşeme toplam ısı geçirgenlik katsayısı

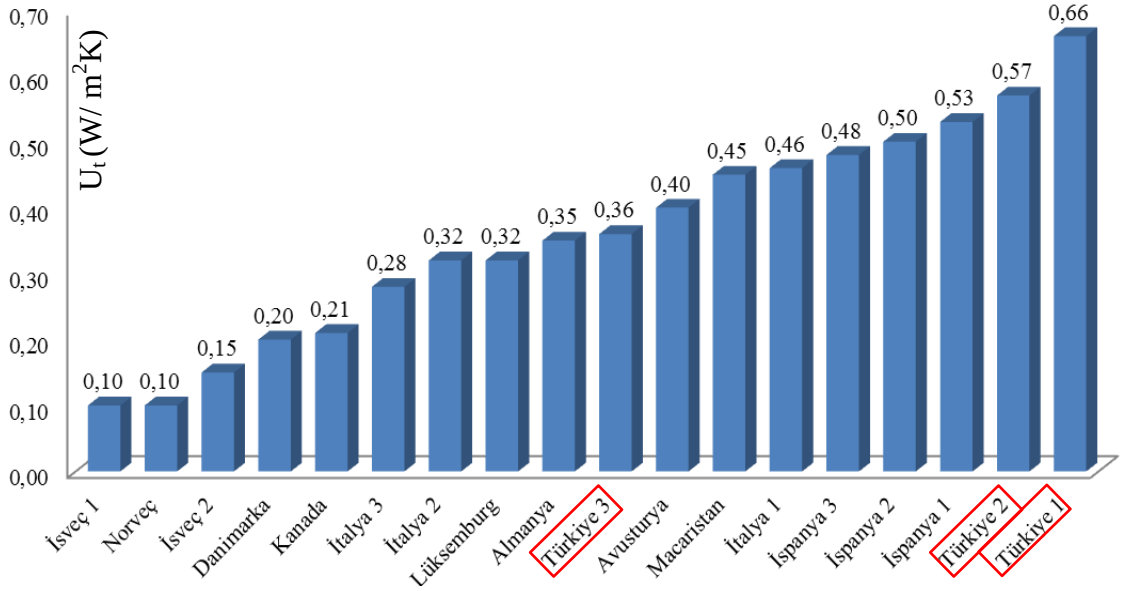
U_P: Pencere toplam ısı geçirgenlik katsayısı.

Uluslararası Enerji Ajansı (*International Energy Agency-IEA*), aralarında Türkiye'nin de bulunduğu çoğunluğu Avrupa'da yer alan 29 üye ülkeye, enerji ve çevre konularında danışmanlık yapan bir kuruluştur [10]. Uluslararası Enerji Ajansı

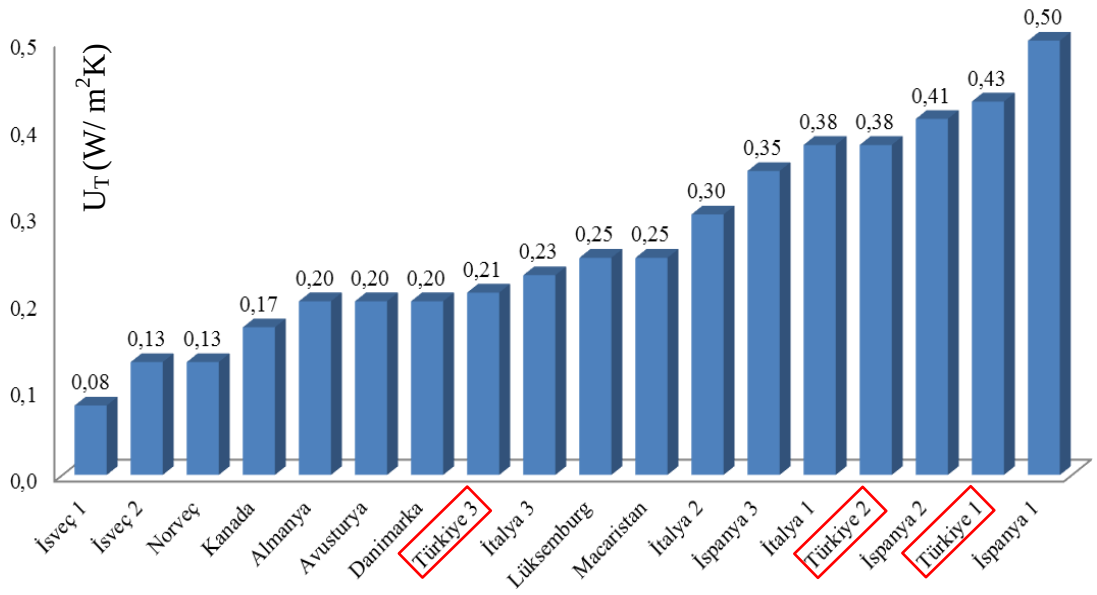
verilerinden yararlanılarak Türkiye ile bazı Avrupa ülkeleri ve Kanada'da istenilen U değerleri karşılaştırması yapılmıştır. Karşılaştırmada bazı ülkelerde birden fazla iklim bölgesi bulunduğu için belirli sayıda iklim bölgesi, numaralandırma yapılarak gösterilmiştir. İsveç için yapılan numaralandırma da ise İsveç 1; elektrikle ısıtılan alanlar için, İsveç 2 ise; elektrik dışındaki bir enerji kaynağı kullanılarak ısıtılan alanlar için gerekli U değerlerini ifade etmektedir. Şekil 2.1'de dış duvar, Şekil 2.2'de zemine oturan döşeme, Şekil 2.3'te ise tavan ısıl geçirgenlik değerleri karşılaştırması yapılmaktadır.



Şekil 2.1 : Dış duvar için ısıl geçirgenlik katsayıları karşılaştırması.



Şekil 2.2 : Zemine oturan döşeme için ısıl geçirgenlik katsayıları karşılaştırması.



Şekil 2.3 : Tavan için ısıl geçirgenlik katsayıları karşılaştırması.

Dış duvar ısıl geçirgenlik katsayılarının karşılaştırılmasında, İspanya 1 ve 2 bölgelerinden sonra Türkiye 1 bölgesi en yüksek ısı geçirgenlik değerine sahiptir. Türkiye 3 bölgesi ise ülkeler ortalamasına yakın bir değere sahiptir. Zemine oturan döşemelerin ısıl geçirgenlik katsayıları karşılaştırılmasında, Türkiye 1 ve 2 bölgeleri en yüksek değerlere sahiptir. Tavan ısıl geçirgenlik katsayıları karşılaştırılmasında, Türkiye 1 ve 2 bölgeleri İspanya 1 ve 2 bölgelerinden sonra sırasıyla en yüksek değerlere sahiptir. Bu karşılaştırmaların daha doğru sonuçlar vermesi için ülkelerin coğrafi konumları ve iklim koşulları göz önünde bulundurulmalıdır.

2.1.4 Özgül ısı

Özgül ısı (c) bir malzemenin kütlesine bağlı ısı tutma kapasitesini ifade eder. Isı yalıtım malzemelerinin özgül ısıları kalorimetri yöntemiyle hesaplanır. Malzemenin ne kadar ısı tutabileceği; malzemenin ince yapısına ve yoğunluğuna bağlıdır. Yoğunluğu fazla olan malzemelerin ısınması daha fazla zaman alır, özgül ısıları yüksektir ve daha fazla ısı tutma kapasitelerine sahiptir. Yapı bileşenlerinin toplam özgül ısı değerlerinin yüksek olması özellikle yaz aylarında iç ortam konfor şartlarını olumlu etkiler. Isı yalıtım malzemelerinin özgül ısıları bakımından üretim aralıkları Çizelge 2.4'te verilmiştir.

Çizelge 2.4 : Isı yalıtım malzemelerinin özgül ısısı [6].

Özgül Isı	**Taş Yünü**	**EPS**	**XPS**
(J/kgK)	600-1000	1500	1300-1700

2.1.5 Sıcaklık dayanımı

Yalıtım malzemelerinin kullanıldığı yere bağlı olarak sıcaklık veya soğukluk karşısındaki dayanımları önemli olabilmektedir. Yüksek sıcaklık dayanımı, sıcak bitümlü uygulamalarda veya sıcak tesisat borularının yalıtımında istenilen bir özelliktir [6]. Üreticiler malzemelerin sıcaklık ve soğukluk dayanım bilgilerini ürün ambalajlarında belirtir. Tasarım aşamasında bu değerlerin göz ününde bulundurulması gerekmektedir. Isı yalıtım malzemelerinin sıcaklık dayanımları Çizelge 2.5'te verilmiştir.

Çizelge 2.5 : Isı yalıtım malzemelerinin sıcaklık dayanımları [5].

Sıcaklık Dayanımı	**Cam Yünü**	**Taş Yünü**	**EPS**	**XPS**
(°C)	-100/+500	-100/+750	-80/+80	-60/+75

2.1.6 Boyutsal kararlılık

Isı yalıtım malzemeleri belirli sıcaklık ve neme maruz kaldıklarında boyutsal değişikliklere uğrayabilmektedir. Bunlar çoğu zaman geri dönüşebilir değişikliklerdir. Malzemelerin ısıl uzama katsayıları (K^{-1}) bir metre uzunluğundaki bir malzemenin sıcaklığının 1 K değişmesiyle boyundaki değişmenin milimetre ile ifade edilmesidir [6]. Çizelge 2.6'da EPS ve XPS ısı yalıtım malzemelerinin ısıl uzama katsayıları verilmiştir.

Malzemelerin boyutsal olarak kararlı olması beklenir. Değişiklikler bazen kimyasal nedenlerden de oluşabilir. Özellikle köpük yalıtım malzemelerinde bu değişiklikler gözlemlenmektedir. Bu malzemeler üretimlerinden sonra sabit boya ulaşıncaya kadar bekletilir. Hücresel yapılarındaki gazların değişimi bu süredeki boyut değişiminde etkilidir. Boyutsal kararlılığa ulaşmamış malzemeler ile uygulama yapılmamalıdır [7].

Çizelge 2.6 : EPS ve XPS ısı yalıtım malzemelerinin ısıl uzama katsayıları [6].

Isıl Uzama Katsayısı	**EPS**	**XPS**
(K^{-1})	$5x10^{-6}$-$7x10^{-6}$	$6x10^{-6}$-$8x10^{-6}$

2.1.7 Su buharı difüzyon direnci

Havada ve yapı elemanlarında her zaman belirli bir seviyede su buharı bulunur. Su buharı molekülleri her an her yöne hareket eder. Yapı malzemeleri, bu hareketlere kendi ince yapılarına bağlı olarak belirli bir direnç gösterir. Bu direnci ölçmek için 1

metre hava ile 1 milimetre ısı yalıtım malzemesinin buhar sızdırmazlığı karşılaştırılarak, birimsiz bir değer olan su buharı direnç faktörü (μ) elde edilir [6].

Malzemelerin su buharı difüzyon dirençleri üretim biçimlerine ve hücresel yapılarına göre değişiklik gösterir. Lifli yalıtım malzemeleri su buharına çok düşük bir direnç gösterir. Köpük yalıtım malzemeleri ise yüksek direnç gösterir. Isı yalıtım malzemelerin su buharı difüzyon direnç aralıkları Çizelge 2.7'de verilmiştir.

Çizelge 2.7 : Isı yalıtım malzemelerinin su buharı difüzyon direnci [5].

Su Buharı Difüzyon Direnci	**Taş Yünü**	**EPS**	**XPS**
(-)	<1-1	25-200	80-200

2.1.8 Su emme oranı

Su ve nem emme ısı yalıtım malzemeleri için istenmeyen bir özelliktir; çünkü suyun ısı iletimi havadan on kat daha fazladır [11]. Bu nedenle, su emen bir malzemenin ısı iletimi artar. Tasarım ve uygulama aşamalarında su ve neme karşı gerekli önlemler alınmalıdır. Özellikle, nakliye, depolama ve uygulama aşamalarında malzemeler su ve nemden korunmalıdır.

Su buharı sıcak ortamdan soğuk ortama doğru hareket eder. Soğuk dış duvar katmanı ile etkileşime geçince o noktada yüzeysel veya bölgesel yoğuşma meydana gelir. Bu sürecin sürekli hale gelmesiyle malzeme suya doygun hale gelir ve bozulmalar başlar. Yapı bileşenlerinin katmanları yoğuşma ihtimali göz önüne alınarak tasarlanmalıdır. Yalıtım malzemeleri için malzemelerin sürekli neme maruz kaldığı ters çatılarda ve hidrostatik su basıncının olduğu uygulamalarda dikkat edilmelidir. Malzemeler standartlarda belirtilen uzun ve kısa dönem su emme değerlerine göre üretilmeli ve uygun alanlarda kullanılmalıdır. Isı yalıtım malzemelerinin su emme oranları Çizelge 2.8'de verilmiştir.

Çizelge 2.8 : Isı yalıtım malzemelerinin su emme oranları [6].

Su Emme Oranı	**Taş Yünü**	**EPS**	**XPS**
birim verilmemişse: hacimce %	3 kg/m^2	1-5	0,1-0,3

2.1.9 Basınç dayanımı

Basınç dayanımını belirleyen en önemli özellik malzemelerin yoğunluklarıdır. Bir malzemenin basınç dayanımı kalınlığının %10'una kadar düşmesi için gerekli basınç değeri olarak ifade edilir [6]. Lifli yapıya sahip malzemelerde ise liflerin sağlamlığı

ve yönleri önemlidir. Bu konudaki önemli bir başka değer uzun süreli basınç dayanımıdır. Özellikle, radye temel altlarında, endüstriyel amaçlı yapılarda, bazı özel çatılarda ısı yalıtım malzemelerinin yüksek basınç dayanımına sahip olması beklenir. Yüksek sıcaklıklarda da malzemelerin basınç dayanım değerleri azalabilmektedir. Isı yalıtım malzemelerinin %10 deformasyon basınç dayanımları Çizelge 2.9'da verilmiştir.

Çizelge 2.9 : Isı yalıtım malzemelerinin %10 deformasyon basınç dayanımları [6].

%10 Deformasyon Basınç Dayanımı (kPa)	**Taş Yünü**	**EPS**	**XPS**
	15-80	60-200	150-700

2.1.10 Yangın dayanımı

Yapılarda kullanılan ısı yalıtım malzemelerinin herhangi bir yangın durumunda yanarak yangının yayılmasını kolaylaştırmaması istenir. Bununla beraber, hücresel yapılı bazı yalıtım malzemeleri yanınca karbon monoksit ve hidrojen sülfit gibi zehirli gaz salınımı yapar. Yapı Malzemelerinin TS EN 13501+A1'e göre yanıcılık sınıfları Çizelge 2.10'da verilmiştir. Bu sınıflar, yangın sırasında duman üretiminin artış hızı ve toplam duman üretimine göre veya belirli bir sürede yanma damlaları/tanecikleri oluşumuna göre alt sınıflara da ayrılmıştır.

Çizelge 2.10 : Yapı Malzemelerinin TS EN 13501+A1'e göre yanıcılık sınıfları [12].

Yanıcılık Özelliği	**Sınıf**
Hiç yanmaz	A1
Zor yanıcı	A2
Zor Alevlenici	A2, B, C
Normal alevlenici	D, E
Kolay alevlenici	F

Yapı elemanlarının yangına dayanım süreleri Binaların Yangından Korunması Hakkındaki Yönetmelik'te belirtilmiştir [13]. Isı yalıtım malzemelerinin yönetmelikte belirtilen sürelerde dayanması ve kullanıcılara zarar vermemesi istenir. Isı yalıtım malzemelerinin yangın sınıfları Çizelge 2.11'de verilmiştir.

Çizelge 2.11 : Isı yalıtım malzemelerinin yangın sınıfları [6].

	Cam Yünü	**Taş Yünü**	**EPS**	**XPS**
Yangın Sınıfı	A1-A2	A1	E	E

Yalıtım malzemelerinin yangın dayanımları test edilirken en kötü durum karşısında dayanım için en fazla kalınlıkta, yoğunlukta ve organik içeriğe sahip malzeme örnekleri test edilir [3].

2.2 Isı Yalıtım Malzemelerinin Sınıflandırılması

Isı yalıtım malzemeleri farklı özelliklerine göre sınıflandırılabilir. Genellikle hammaddelerine göre sınıflandırılır. Hammaddeler, organik ve inorganik olmak üzere iki gruba ayrılır. Hammadde yapısı değişmeden kalan malzemeler doğal, bazı özel işlemler ile yapısı değiştirilen malzemeler ise sentetik malzemeler olarak isimlendirilir.

Çoğu yalıtım malzemesi büyük oranlarda katkı malzemeleri içerir. Bir yalıtım malzemesine doğal denilebilmesi için içerdiği katkı oranının %25'den az olması gerekir [6]. Çizelge 2.12 ve Çizelge 2.13'te sırasıyla inorganik ve organik ısı yalıtım malzemelerinin sınıflandırılması yer almaktadır. Bu sınıflandırmanın dışında yeni geliştirilmiş malzemeler de vardır. Hammaddeleri bakımından nano-hücresel köpükler sınıflandırmaya dahil edilmemiştir.

Ülkemizde ısı yalıtım uygulamalarının çeşitli yasa ve yönetmeliklerle zorunlu hale gelmesiyle, ısı yalıtım uygulama oranları son yıllarda artmaya başlamıştır. Ülkemizde en fazla uygulanan ısı yalıtım malzemeleri sırasıyla EPS, XPS, cam yünü, ve taş yünüdür [14]. Çalışma kapsamında, ülkemizde kullanımı en yaygın olan ve tez kapsamında yapılan alan çalışmasında da en çok karşılaşılan bu dört yalıtım malzemesi alt bölümlerde ele alınmaktadır.

Çizelge 2.12 : İnorganik yalıtım malzemeleri [6].

İnorganik Yalıtım Malzemeleri	
Sentetik	**Doğal**
Cam yünü	Genleştirilmiş Perlit
Taş yünü	Genleştirilmiş Mika
Hücresel Cam	Genleştirilmiş Kil
Cam Köpüğü	Pomza
Kalsiyum Silikat Köpük	
Seramik Lifler	
Cüruf Yünü	
Alçı Köpük	

Çizelge 2.13 : Organik yalıtım malzemeleri [6].

Organik Yalıtım Malzemeleri	
Sentetik	**Doğal**
EPS	Ahşap Yünü
XPS	Ahşap Lifleri
Poliüretan Rijit Köpük	Mantar
Yerinde Yapım Poliüretan Köpük	Selüloz Lifler
Fenolik Köpük	Kenevir
Melamin Köpük	Koyun Yünü
Polietilen Köpük	Pamuk
Polyester Lifler	Keten
Yerinde Yapım Üre-formaldehit	Saz
	Hindistan Cevizi Lifleri

2.2.1 Cam Yünü

İnorganik bir hammadde olan silis kumunun 1200-1250 °C sıcaklıklarda eritilerek elyaf haline getirilmesi sonucu elde edilir. Üretilen malzemelerin yoğunlukları 13-100 kg/m^3 arasında değişebilmektedir. Şilte, yarı esnek levha ve boru yalıtımı için uygun formlarda üretilir [11]. Şekil 2.4'te şilte halinde üretilen cam yünü ısı yalıtım malzemesi gösterilmiştir.

Şekil 2.4 : Şilte haline getirilmiş cam yünü ısı yalıtım malzemesi [15].

Cam yünü -50/+250 °C sıcaklık aralığında uygulanabilir. A1 veya A2 yangın sınıfında bir malzemedir. Yangın dayanımını içerisindeki bağlayıcı miktarı belirler. Yüksek dayanım istenen bazı endüstriyel alanlar için bağlayıcısız olarak özel üretilen

ürünlerin yangın dayanımı +250 °C'ye kadar ulaşabilmektedir. Isı iletkenlik değerleri 0,035-0,050 W/(mK) arasında değişiklik gösterebilir. Su buharı direnç katsayısı (μ) 1'dir. Hacimce su emme değeri %3-10 aralığında değişebilmektedir [7].

Cam yününün rengi, katkılar ve bağlayıcı miktarına bağlı olarak açık sarıdan koyu sarıya değişiklik gösterebilir. Basınç yüklerinin fazla olduğu durumlarda cam yünü uygun bir tercih olmayabilir. Ses yalıtımı olarak da kullanılabilir. Cam yününün başka bir avantajı da esnek olmasıdır [6]. Uygulanacağı alanların boyutlarından biraz fazla kesilerek, fazladan sabitleyiciye gerek kalmadan sıkıştırılarak uygulanabilir. Böylece, yerleştirildiği yerde oluşabilecek kenar boşlukları ve buradan kaynaklanacak hava sızıntıları önlenmiş olur.

2.2.2 Taş Yünü

Dolomit, diyabaz ve kireçtaşı gibi inorganik hammaddeler öncelikle 1350-1400 °C'lik sıcaklıklarda eritilerek elyaf haline, daha sonra organik bağlayıcılar ile basınç altında levha haline getirilir. Üretilen malzemelerin yoğunlukları 30-200 kg/m^3 arasında değişebilmektedir. Şilte, yarı esnek veya rijit levha, ve boru yalıtımı için uygun formlarda üretilir. Şekil 2.5'te yarı esnek levha formunda üretilen taş yünü ısı yalıtım malzemesi gösterilmiştir.

Şekil 2.5 : Yarı esnek levha formunda taş yünü ısı yalıtım malzemesi.

Taş yünü -50/+750 °C sıcaklık aralığında uygulanabilir. A1 veya A2 yangın sınıfında bir malzemedir. Isı iletkenlik değerleri 0,035-0,050 W/(mK) arasında değişiklik gösterir. Su buharı direnç katsayısı 1'dir. Hacimce su emme değerleri ise %2,5 - %10 aralığında değişmektedir [7].

Cam yünü ürünleri ile karıştırıldığında taş yünü ürünleri daha az esnektir. Dolgu malzemesi olarak da kullanılabilir. Bazı taş yünü ürünleri yüksek yoğunluklarda rijit levha olarak, basınç dayanımı gerektiren demiryolları altında, titreşimi engellemek için ses bariyerlerinde ve yol yapımında kullanılmaktadır [6].

Başlıcaları cam yünü ve taş yünü olan mineral yünü yalıtım malzemelerinin ortak özellikleri de vardır. Avrupa'da en fazla tercih edilen ısı yalıtım malzemeleridir. Örnek olarak Almanya'da cam yünü ve taş yünü ısı yalıtım piyasasının yaklaşık %55'ini oluşturur [6]. Ülkemizde ise bu oran %30 civarındadır [14].

Mineral yünlü ısı yalıtım malzemeleri çürümeye, küflenmeye, haşerelere, zayıf alkalilere, asitlere, organik çözeltilere ve UV ışınlarına karşı dayanıklıdır. Bu özellikler, mineral yünlerini çoğu uygulama için uygun malzeme konumuna getirir [11].

Mineral yünler yoğunluklarına ve lif yapılarına bağlı olarak iyi bir ses yalıtım malzemesidir. Bu nedenden dolayı hafif bölücü ve ayırıcı duvarlarda, kırma çatılarda tercih edilir. Yüksek yangın dayanımı gerektiren durumlarda mineral yünler tercih edilir. Endüstriyel uygulamalarda uygun bir yalıtım malzemesidir. Mineral yünden yapılan yalıtım malzemelerinin genellikle taşınması ve uygulanması kolaydır. Esnek ürünler daha az hacim kaplaması için paketlenirken havasının bir kısmı vakumlanarak sıkıştırılır. Malzemenin istenilen boyutta kesilmesi kolaydır. Uygulama sırasında ek koruma önlemlerine gerek yoktur [7].

Mineral yünlü yalıtım malzemeleri uygulanırken gerekli hijyen önlemleri alınmalıdır. Uygulama sonrası artan fire ve atıklar ile dikkatli bir şekilde toplanmalı, tam koruma sağlayan uygun iş eldivenleri kullanılmalıdır. Uygun toz maskesi kullanılmalı ve oluşan toz uygulama sonrası temizlenmelidir [6].

2.2.3 Genleştirilmiş polistren köpük (EPS)

EPS, polistren hammaddesinin pentan gazı ile şişirilmesi sonucu elde edilir. Üretim birkaç aşamadan oluşur. İlk olarak polistren granülleri ve şişirici ile karıştırılarak küçük camsı boncuklar elde edilir. Bu boncuklara buhar uygulanarak hacimleri 20-30 katına çıkarılır. Soğuduktan sonra tekrar buhar uygulanır ve taneler birbirine yapışarak homojen bir yapı oluşturulur. Belirli bir süre depolandıktan sonra levhalar halinde kesilebilir. Şekil 2.6'da EPS ısı yalıtım malzemesi gösterilmiştir.

Şekil 2.6 : Genleştirilmiş polistren (EPS) ısı yalıtım malzemesi.

İlk olarak 1951 yılında üretilen EPS'nin ülkemizde daha çok bilinen adı olan "strofor" BASF firmasının patentli markasıdır. EPS yalıtım malzemeleri pahalı olmayan ve kolay bulunabilen malzemelerdir. Almanya'daki piyasa değeri yaklaşık %30'dur [6]. Ülkemizde daha yaygın kullanıma sahip olan EPS pazar payı %48'dir [14]. EPS levhalar mantolama sistemler için daha yaygın olarak kullanılmaktadır. EPS yalıtım malzemeleri çok iyi ısı yalıtım özellikleri gösterir. Çürümez, basınç dayanımı levhaların özelliklerine göre değişmektedir. Bodrumda yük taşıyan döşemelerde, orta seviye yüklerde tercih edilir [7].

EPS yalıtım malzemesi UV ışınıma maruz kaldığı zaman birkaç haftalık kısa bir sürenin sonucunda rengi solar ve kırılgan hale gelir. Son kaplama katmanı olmadan uygulanmamalıdır. EPS, mastik asfalt ve sıcak bitüm birleşimleri için uygun değildir [5]. Genellikle çeşitli boyutlarda ve levha formunda üretilir. Uygulaması kolaydır. Bıçak ile kesilebilir. Yiyeceklerin paketlenmesinde de kullanılan EPS, sağlık açısından zararlı değildir. Ancak yangın durumunda zehirli gaz salınımı yapar. Geri dönüşümü yapılırsa hafif agrega olarak beton üretiminde, harç ve sıvalarda kullanılabilir [7].

2.2.4 Çekme polistren köpük (XPS)

XPS, polistrenin, CO_2 ve HFC gibi gazlar ile genleştirilmesi sonucu elde edilir. Bu süreçte polistren granüller yaklaşık 200 °C'de eritilir. Katkı maddeleri eklendikten sonra haddelenir. Böylece eriyen malzeme basınçla genleşir ve %98 kapalı gözeneklere sahip homojen bir yapı halini alır. Soğuduktan sonra istenilen boyutlarda kesilir. XPS yalıtım levhaları Şekil 2.7'de gösterilmiştir.

Şekil 2.7 : Çekme polistren (XPS) ısı yalıtım levhaları.

XPS yalıtım malzemesinin en önemli özelliği; yüksek ısı yalıtımı, yüksek basınç dayanımı ve nem dayanımıdır. Çürümez ve böcekler zarar vermez. Bodrum duvarlarının dış yalıtımı ve ters çatılarda kullanılabilir. XPS su altında hemen hemen hiç su emmediği için ek katman olmadan hidrostatik basınç şartlarında uygulanabilen tek ısı yalıtım malzemesidir. Malzemenin şantiyede uygulanması, özel önlem gerektirmez. Levhalar geleneksel yöntemler ile kesilebilir. İç mekân duvar uygulamaları ve sıcak çatı uygulamaları için kullanılabilir.

XPS yalıtım malzemesi UV ışınıma dayanıklı değildir. Birkaç ay UV'ye maruz kalırsa yüzeyi sarıdan kahverengiye doğru solar. Ancak, iç hücre yapısı değişmeden kalır. XPS uygulanırken çözücüler, yapıştırıcılar ve mineral yağların yüzeye zarar verdiği hatta yüksek yoğunluklarda olursa malzemeyi tamamen yok ettiği unutulmamalıdır.

XPS üretimi ve uygulamaları herhangi bir sağlık problemine yol açmaz. Yağmur suyu, topraktaki nem veya yeraltı suyu ile etkileşiminde herhangi bir madde salınımına yol açmaz. Ekolojik bakış açısıyla düşünülürse şişirici olarak CO_2 tercih edilmesi nedeniyle, çok miktarda CO_2 üretimine yol açtığı düşünülebilir. Ancak, bu üretim için gerekli CO_2 altı aylık ısınma enerjisi tasarrufuna denk gelir [6]. Geri dönüşümü ise zarar görmeden elde edilirse tekrar kullanılabilir. Atık tesislerinde yakılması ile enerji üretimi de mümkündür.

Yukarıda anlatılan ısı yalıtım malzemeleri, ülkemizde çeşitli form ve özelliklerde üretilmektedir. Farklı üreticilere ait, boyut ve kalınlıkları birbirine yakın, farklı ısı yalıtım malzeme özelliklerinin karşılaştırmaları Çizelge 2.14'te verilmektedir.

Çizelge 2.14 : Üreticiler tarafından beyan edilen bazı ısı yalıtım malzemelerinin özellikleri.

Malzeme	**Camyünü**		**Taşyünü**		**Eps**		**Xps**	
Marka	İzocam	Ode	İzocam	Kalekim	Kalekim	İzocephe	Bonuspan	Ode
Model	350	Çatı Şiltesi D 18	Manto Taşyünü	Taşyünü	Beyaz Eps	Karbonlu Eps	Platin 50	DT PRM 500
Boyut (mm)	1200*600	1200*600	1200*600	1200*600	1000*500	1200*650	1250*600	1200*600
Kalınlık (mm)	120	100	50	50	50	50	50	50
Isı iletkenlik değeri (λ)	0,04	0,043	0,039	0,035	0,038	0,031	0,032	0,03
Yoğunluk (kg/m³)	-	-	-	150	16	16	-	-
Basma dayanımı (%10 deformasyon-kPa)	-	-	40	50	60	70	300	500
Boyutsal kararlılık	-	%1	%1	-	± % 0.2	± % 0.5	-	-
Yüzeye dik çekme dayanımı	-	-	15	15	TR 100	TR 80	-	-
Bükme dayanımı	-	-	-	-	100	75		-
Subuharı difüzyon direnci (μ)	1	1	1	1	30	50	100	100
Tam daldırma ile su emme (hacim %'si)	-	1 kg/m²	3 kg/m²	3 kg/m²	%3	%3	%7	%7
Yangın sınıfı	A1	A1	A1	A1	E	B1	E	E

2.3 Isı Yalıtımı ile İlgili Mevzuat

Isı yalıtım malzemelerinin üretimi, ısı yalıtımının tasarımı ve uygulanması konularında ülkemizde ve yurt dışında çeşitli standart, yasa, yönetmelik ve uygulama kılavuzları mevcuttur. İncelenen mevzuatın bazısı Avrupa Birliği bünyesindeki kurumlardan uyarlanarak ülkemizde yürürlüğe girmiştir. Çizelge 2.15'te ısı yalıtımı ile ilgili incelenen mevzuat yer almaktadır.

Çizelge 2.15 : Isı yalıtımı ile ilgili incelenen mevzuat.

No	Mevzuat Adı	Yürürlüğe Girme	Kurum
1	Enerji Verimliliği Kanunu	2007	Enerji ve Tabii Kay. Bak.
2	TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları	2013	TSE
3	Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği	2008	Çevre ve Şeh. Bak.
4	Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (BEP)	2008	AB/Çevre ve Şeh. Bak.
5	ETAG 004 dıştan kompozit ısı yalıtım sistemleri (*ETICS*)	2013	EOTA
6	Dış duvarlarda dıştan kompozit ısı yalıtım sistemler uygulama kılavuzu	2011	EAE
7	ISO/TC 163 Binalarda Isıl Performans ve Enerji Kullanımı standardı	1975	ISO
8	ANSI/ASHRAE Standard 55-2013 iç ortam şartları için kabul edilebilir minimum gerekler	2013	ASHRAE
9	ISO 13790:2008 Binalarda Enerji Performansı	2012	ISO
10	Yapı Ürünleri Yönetmeliği (CPR)	2013	EOTA
11	Yapı Malzemeleri Yönetmeliği	2013	AB/Çevre ve Şeh. Bak.
12	TS EN 13162+A1 (Mineral Yünler)	2015	AB/TSE
13	TS EN 13163+A1 (EPS)	2015	AB/TSE
14	TS EN 13164+A1 (XPS)	2015	AB/TSE
15	Binaların Yangından Korunması Hakkındaki Yönetmelik	2009	Çevre ve Şeh. Bak.
16	Yapı Denetim Uygulama Yönetmeliği	2008	Çevre ve Şeh. Bak.

Enerji Verimliliği Kanunu ülkemizdeki mevzuatın temelini oluşturmaktadır. 2007 yılında yürürlüğe giren kanunun amacı; enerji tüketiminin çevresel etkilerini

azaltmak, enerji tasarrufunu ve enerji verimliliğini artırmaktır. Bu kanun bazı kurum ve kuruluşlara yetkiler vererek bu amaçlara yönelik çalışmaların yapılmasını hedeflemektedir [16].

TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları (2013) ülkemizde ısı yalıtım sistemlerinin tasarım ve uygulanmasına yönelik kuralları belirler. Standart ilk kez 1979 yılında hazırlanmış, 2000 yılından itibaren bütün binalarda uygulanması zorunlu hale gelmiştir. Yönetmelik, çeşitli tarihlerdeki değişikliklerden sonra 2013 yılında son halini almıştır [8]. Bu standardın amacı; binaların ısıtılmasında kullanılan enerji miktarını sınırlamak, enerji tasarrufunu artırmak ve enerji ihtiyacının hesap yöntemini ve değerlerini belirlemektir. Ayrıca, uygulanacak ısı yalıtım malzemelerinin kalınlığı ve yapı elemanlarındaki yoğuşma kontrolü bu standarta göre yapılmaktadır.

Standart, ilk kez 1979 yılında hazırlanmasına rağmen Resmi Gazete'de ilk defa 30 Ekim 1981 tarihinde atıf yapılarak ısı yalıtım uygulamalarında kullanılması tavsiye edilmiştir. Çizelge 2.16'da 2. iklim bölgesi için (1981 yılında iklim bölgeleri olmadığından İstanbul için) tavsiye edilen en fazla U değerleri, Resmi Gazete'de yayınlanma tarihine göre sıralanmıştır.

Çizelge 2.16 : İstanbul için tavsiye edilen U değerlerinin tarihsel gelişimi [8,17-19].

Yıl	U_D (W/ m^2K)	U_T (W/ m^2K)	U_t (W/ m^2K)	U_P (W/ m^2K)
1981	0,70	1,50	0,93	-
1999	0,60	0,40	0,60	2,80
2008	0,60	0,40	0,60	2,40
2013	0,57	0,38	0,57	1,8

Bu karşılaştırmadan, 1981 yılından 2013 yılına kadar geçen 32 yıl içerisinde U değerlerinin dört kez güncellendiği görülmektedir. Duvar, zemine oturan döşeme ve tavan için genel olarak yıllara göre U değerleri düşüş göstermektedir.

Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği TS 825 standardında yer alan hesap yöntemleri temel alınarak 2008 yılında hazırlanmıştır [20]. Bu yönetmelik ile binalarda ısı kayıplarının azaltılması ve enerji tasarrufu sağlanması amaçlanmaktadır. Böylece, yapılacak bütün binaların bu standart ve yönetmeliğe uygun olması gerekmektedir.

Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (BEP) ile daha önce yürürlüğe giren Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği'nden farklı olarak, enerji tüketimi bütün olarak ele

alınmıştır. Yönetmelik ısıtma, soğutma, havalandırma, sıcak su ve aydınlatma için tüketilen enerji miktarında tasarım ve uygulama aşamalarını da kapsayacak şekilde tasarruf yapmayı hedeflemektedir. BEP yönetmeliği performans kriterleri açısından bina kabuğunu oluşturan, duvar, döşeme, balkon, konsol, taban, tavan, çatı ve pencere/duvar birleşimlerinin ısı köprüsü oluşmayacak şekilde yalıtılmasını zorunlu kılar. Bu yönetmeliğe göre, yeni binaların ısı yalıtım projesi hazırlanması zorunludur. Ayrıca, her bina için ısıtma, soğutma, aydınlatma ve sıhhi sıcak su konularındaki yıllık enerji tüketim değerlerine bağlı performans sınıfını içeren 'Enerji Kimlik Belgesi' düzenlenmesi zorunlu hale getirilmiştir [9].

ETAG 004 dıştan kompozit ısı yalıtım sistemleri (*External Thermal Insulation Composite Systems - ETICS*) standardı zorunlu bir performans ve dayanım değerlendirme sistemidir [3]. Avrupa Teknik Onay/Değerlendirme Organizasyonu (*European Organization for Technical Approvals/Assessments - EOTA*) tarafından hazırlanan Avrupa Teknik Onay Kılavuzu (*European Technical Approval Guideline - ETAG*) kapsamında yer almaktadır. Burada amaç, ısı yalıtımlı kompozit sistemde yer alan malzemeleri ayrı ayrı değerlendirmek yerine bir bütün olarak ve sistem bileşenlerinin performansını çevresel koşulları benzetim ile testlere tabi tutarak değerlendirmektir. Ülkemizde bu standardın karşılığı olarak **TS EN 13499** Genleştirilmiş Polistiren Esaslı Haricî Kompozit Isı Yalıtım Sistemleri [21] ve **TS EN 13500** Mineral Yün Esaslı Haricî Kompozit Isı Yalıtım Sistemleri [22] standartları yürürlüktedir.

Dış duvarlarda dıştan kompozit ısı yalıtım sistemleri uygulama kılavuzu (*EAE European Guideline for the Application of ETICS*), ETAG 004 ve ilgili diğer standartlardan yola çıkarak hazırlanmıştır. Bu kılavuzda malzemelerin test edilmesi ve hazırlanması aşamalarında, hatalardan kaçınmak için oluşturulan kontrol listeleri, uygulama prensipleri ve detayları yer almaktadır [23].

ISO/TC 163 Binalarda Isıl Performans ve Enerji Kullanımı standardı ile enerji etkin binalar için tasarım, uygulama ve yenileme aşamalarında kullanılmak üzere yöntemlerin geliştirilerek yenilenemeyen enerji kaynaklarına bağımlılığı ve emisyon oranlarının azaltılması amaçlanmaktadır. Bu kapsamda; bu standartta yapı elemanları sistemleri, bileşenleri ve malzemelerinin ısıl ve nemsel performanslarının yeni ve mevcut binalarda yer alan uygulamaları için gerekli test ve hesaplama yöntemleri yer almaktadır [24].

ASHRAE Standard 55, iç ortam şartları için kabul edilebilir minimum gereklerin belirtildiği standarttır. Kullanıcılar açısından ısıl konforun sağlanması için iç ortam şartlarını belirler. Standartta ısıl konforu etkileyen sıcaklık, ısıl radyasyon, nem ve hava hızı faktörlerinin yanında, kullanıcıya bağlı kişisel faktörler yer almaktadır [25]. **ISO 13790:2008** standardı, yeni ve mevcut binaların enerji performansı açısından incelenmesinde, yıllık ısıtma ve soğutma enerjilerinin değerlendirilmesinde kullanılan hesaplama yöntemlerini içermektedir [26]. ISO 15251 standardında binalarda enerji performansı değerlendirilmesi ve tasarım aşamasında iç ortam parametreleri yer almaktadır [27]. Bu standart, Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği'ni (EPBD) [28] destekleyen ve geliştiren bir standarttır.

Yapı Ürünleri Yönetmeliği (*Construction Products Regulation* - CPR) Avrupa Birliği sınırları içinde yapı malzemeleri hakkında zorunluluklar getiren Yapı Ürünleri Direktifi'nin (*Construction Products Directive* - CPD) 2013 yılı Temmuz ayında değiştirilmesi ile uygulamaya konmuştur [29]. Bu yönetmelik, yapı malzemelerinin temel karakteristikleri ile ilgili performans beyanlarını ve malzemelere CE işaretinin iliştirilmesinin kurallarını oluşturarak, yapı malzemelerinin piyasaya arz edilmesi ile ilgili düzenlemeleri yapmaktadır. CPR yapı malzemelerinin Avrupa'da üretim ve pazarlama koşullarını belirler. Farklı ülkelerde farklı üreticiler tarafından üretilen yapı malzemelerinin performanslarının karşılaştırılabilmesi için kamu yetkililerine, tüketicilere ve bu alandaki uzmanlara ortak bir dille hazırlanmış teknik ve güvenilir bilgi sunmayı amaçlamaktadır. Bu düzenlemeyle bir kere test edilen yapı malzemelerinin bütün Avrupa pazarında serbest dolaşımı amaçlanmaktadır. Kamu görevlileri de bu ortak düzenlemeye dayanarak performans gereksinimlerini belirleyebilmektedir [30]. Yapı malzemeleri üreticileri açısından en önemli değişiklik, harmonize edilmiş Avrupa Standardı (*Harmonised European Standard* - hEN) ve Avrupa Teknik Değerlendirmesi (*European Technical Assessment* - ETA) standartları kapsamında üretilen bütün yapı malzemelerinin CE belgesi almasının zorunlu hale getirilmesidir [31,32]. CPR'nin ülkemizdeki karşılığı olarak Yapı Malzemeleri Yönetmeliği yürürlüktedir [33].

Yukarıda bahsedilen yönetmelik ve düzenlemelerin dışında malzemelerin üretim standartları da mevcuttur. Örnek olarak mineral yünlü ısı yalıtım malzemeleri için **TS EN 13162+A1** [34] standardı yürürlüktedir. Bu standart, binaların ısı yalıtımında kullanılan şilte, levha veya plaka formunda olan mineral yünlü fabrikasyon ürünler

için üretim gereklerini kapsar. EPS ısı yalıtım malzemesi için **TS EN 13163+A1** [35], XPS ısı yalıtım malzemesi için **TS EN 13164+A1** [36] standartları 2015 yılında kabul edilmiştir. Bu standartlar ile üretilen malzeme özellikleri, test koşulları, performans gereksinimlerine uygunluğu ve ambalaj biçimleri kontrol edilmektedir. Ayrıca, plastik mantolama dübelleri [37], donatı fileleri [38], kaba ve ince sıva harçları [39] ve çimento esaslı yapıştırıcılar [40] için çeşitli standartlar mevcuttur.

Binaların Yangından Korunması Hakkındaki Yönetmelik ısı yalıtım uygulamalarında belirleyici olan bir başka yönetmeliktir [13]. Bu yönetmelikte yer alan hükümlerden tasarım ve uygulamada görevli mimar ve mühendisler ile uygulayıcı yükleniciler ve üreticiler de sorumlu tutulmuştur. Yönetmelik, kullanılan yapı malzemelerinin yangın dayanım sınıflarını belirlemektedir. Isı yalıtım malzemeleri duvar, döşeme, cephe ve çatılardaki kullanım yerine bağlı olarak uygun yangın sınıfına sahip olmalıdır.

Yapı Denetim Uygulama Yönetmeliği ile proje müellifi, yapı müteahhidi, şantiye şefi, yapı sahibi, ilgili idare ve yapı denetim kuruluşunun görev ve sorumlulukları belirtilmektedir [41]. Yönetmeliğe göre şantiye şefi yapıyı, mevzuat ve onaylı projeye göre inşa edilmesini sağlamakla yükümlüdür. Ayrıca, ısı yalıtım uygulamasından sonra denetçi veya kontrol elemanı tarafından kontrol tutanağı hazırlanmalıdır.

2.4 Isı Yalıtım Sistemleri Performans Gereksinimleri

Bina kabuğu, iç ortam ile dış ortamı ısı, su, hava, ışık ve ses gibi etkenlerden ayıran yapı elamanlarından oluşmaktadır. Bina kabuğunda ısı yalıtımı pasif tasarım ile ısıl konforu sağlamak ve aynı zamanda enerji tasarrufu yapmak amacıyla uygulanır. Isı yalıtım sisteminin performansında, uygulanacak ısı yalıtım malzemesinin fiziksel özellikleri, kalınlığı, diğer yapı elemanları ile birleşim biçimi ve sıralaması belirleyici olmaktadır. Ayrıca, yapı elemanının maruz kaldığı çevresel ve iklimsel etmenler de performansı etkilemektedir.

Bina kabuğu yapısal yüklerin yanında ısı, hava ve nem transferlerine karşı da gerekli direnc sahip olmalıdır. Bu üç etken birbirini tetikleyen sorunlara yol açabilir. Örnek olarak birleşim noktalarındaki hava hareketi, suyun içeri girmesine neden olabilir. Bu durum ısıl performansı olumsuz etkiler ve yüksek oranda su buharı hareketine yol

açar. Bu nedenle, hesaplamalarla kontrol edilemeyen yüzeylerde yoğuşma problemlerine yol açabilir [42]. Bina kabuğu tasarımında, ayrıca, kullanım ömrü boyunca yapı elemanlarının maruz kalacağı etmenler göz önünde bulundurulmalıdır.

Avrupa Birliği üyesi ülkelerde 2013 yılı Temmuz ayından itibaren geçerli olan CPR ile bütün yapı işlerinde yapının hizmet ömrü boyunca ekonomik ölçüler içinde karşılaması istenen performans gereksinimleri belirtilmiştir. CPR'nin ülkemizdeki karşılığı olan Yapı Malzemeleri Yönetmeliği'nde de yer alan yapı ve yapı ürünlerinden beklenen yedi temel performans gerekleri [33];

- Mekanik dayanım ve stabilite
- Yangın durumunda emniyet
- Hijyen, sağlık ve çevre
- Kullanımda erişilebilirlik ve güvenlik
- Gürültüye karşı koruma
- Enerjiden tasarruf ve ısı korunumu
- Doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımıdır.

Yapı elemanı ve bileşenlerinin uygulama tamamlandıktan sonra da çevresel etmenlere karşı gerekli dayanım değerlerini sağlamaları ve kullanım süresi boyunca hedeflenen performans kriterlerini yerine getirmeleri beklenir [28]. Kullanım süresi boyunca yapı elemanları ve bileşenlerinin performanslarını etkileyen faktörler ISO 15686-8'de de belirtildiği üzere; (i) yapı malzemeleri ve bileşenlerinin özgün özellikleri ve kalite düzeyi, (ii) tasarım düzeyi, (iii) uygulama düzeyi, (iv) iç ortam şartları, (v) dış ortam şartları, (vi) kullanım şartları ve (vii) bakım/onarım düzeyi olarak sıralanabilir [43].

Bina kabuğundan beklenen en temel ısıl performans ölçütü, içerden dışarıya ve dışardan içeriye oluşabilecek ısı geçişinin en aza indirilmesidir. Isı yalıtımının yeterli kalınlıkta olması ve ısı köprülerinin önlenmesi ile ısı geçişleri kontrol altına alınabilir. Bununla birlikte, kullanıcı konforu göz önüne alındığında; yoğuşma olmaması, sistemin hava ve su sızdırmazlık açısından yeterli olması, yangın güvenliğini sağlaması gibi ölçütler de önemli hale gelebilmektedir. Alt bölümlerde ısı yalıtım sistemlerinden beklenen performans gerekleri ele alınmaktadır.

2.4.1 Isıl performans

Doğal yollarla elde edilen ısı yeterli gelmediği durumlarda yapay yöntemlerle gerekli ortam konforu sağlanmaya çalışılmaktadır. Bu nedenle, doğal yolla mekan içine ısı kazancı sağlanabilmesi için binanın güneşe göre konumu önemli hale gelmektedir. Güneş; ısı, ışık ve istenilmeyen UV ışıkları üretir. Yapı tasarım aşamasında bu etmenler göz önüne alınmalıdır. Güneşe göre konumu ısıl kazançları artıracak şekilde planlanan yapılar ısıl performans açısından daha avantajlıdır [44].

Isı geçişleri fiziksel olarak üç yolla meydana gelir. Bunlar iletim, taşınım ve ışınımdır. Bir ısı yalıtım malzemesinin bu üç yolla meydan gelen geçişleri de en aza indirmesi beklenir. Bina kabuğu bir bütün olarak düşünüldüğünde ısı yalıtımı katmanının bina kabuğu boyunca sürekliliği sağlanmalıdır. Genellikle farklı ısıl özelliklere sahip yapı malzemelerinin birleşim noktalarında noktasal veya çizgisel olarak ısı geçişleri etrafına göre daha fazla oranda gerçekleşir. Bu noktalar ısı köprüsü olarak adlandırılır. Isı köprüsü nedeniyle bir yüzeyin sıcaklığının düşmesi, o noktadaki bağıl nem oranını artırarak beraberinde yoğuşmaya da neden olabilir. Böylece, yapı elemanlarında küf oluşumu gibi sorunlara yol açabilir [45].

Isı köprüsü oluşumunun nedenleri; tasarım aşamasında, gerek seçilen malzeme özelliklerinin yeterli olmaması ve gerekse birleşimlerin doğru detaylandırılmaması, uygulama sırasında hatalı işçilik olarak sayılabilir. Isı köprülerinin oluştuğu yerlerde harcanan enerji miktarı artmakta ve aynı zamanda iç ortam konfor şartları da olumsuz etkilenmektedir. Sonuç olarak, bir ısı yalıtım sisteminin, bina kabuğu boyunca kesintiye uğramadan devam etmesi, sürekliliği sağlanmış, yeterli kalınlıkta, birleşim ve bağlantılarının uygun tamamlanmış olması gerekir.

TS 825'e göre, konfor şartının sağlanması için kabul edilen iç ortam sıcaklık değeri konutlar için 20°C'dir [8]. Küf oluşumunun başlamaması ve konfor şartlarının sağlanması için iç yüzey sıcaklığı, iç ortam sıcaklığından en fazla 3°C düşük olacak şekilde tasarlanmalıdır. Dolayısıyla TS 825'e göre yapılan hesaplamalarda iç yüzey sıcaklığının 17°C'nin altında çıkması durumunda küf oluşma riski oluşumu ve konfor şartını sağlamadığı kabul edilir. DIN EN ISO 7730'a göre ise iç ortam konfor sıcaklığı kış mevsimi için 22 ± 2°C, yaz mevsimi için 24 ± 1,5°C olarak kabul edilmektedir [46].

2.4.2 Nemsel performans

Bina kabuğunda ısı iletimi sırasında havada bulunan su buharı da hareket halindedir. Su buharı, ısı akışı yönünde sıcak olan alandan soğuk olan alana doğru hareket eder. Burada su buharının herhangi bir yapı elemanı ile karşılaştığında yoğuşmaya uğramadan dış ortama iletilmesi gerekmektedir. Ancak, bazı durumlarda malzemelerin su buharı geçişine gösterdikleri dirence ve malzemelerin katmanlaşma sırasına bağlı olarak yoğuşma meydana gelebilmektedir.

Yoğuşmanın olmaması için alınabilecek çeşitli önlemler bulunmaktadır. Bu yöntemler; su buharı veya nem kaynağında havalandırma veya drenaj ile uzaklaştırma, buhar kesici katman yardımıyla soğuk yüzeylere ulaşmasını engelleme, soğuk yüzeylerde yeterli ısı yalıtım sağlanarak yoğuşma sıcaklığına gelmesini önleme, buhar ve nemin yapı malzemelerinin içinden bir engel ile karşılaşmadan geçerek dışarıya ulaşmasını sağlama olarak sıralanabilir [47]. Bu önlemlerden biri alınmadığı zaman yapı elemanları bünyesinde meydana gelebilecek yoğuşma süreklilik gösterdiğinde yapı elemanına ve malzemelere zarar vermektedir. Ayrıca, kullanıcı konforu açısından da iç ortamda olumsuz şartlar oluşabilmektedir. Bu nedenle, yapı elemanı bünyesinde meydana gelebilecek yoğuşma kontrolleri daha tasarım aşamasında dikkatlice yapılmalı ve malzeme, kalınlık ve sıralama olarak doğru katmanlaşma tercih edilmelidir.

Yapı elemanları açısından zararlı olan nemin yapıya ulaşması yağmur gibi nedenlerle dışarıdan olabileceği gibi, su buharının yüzeyde veya malzeme içerisinde yoğuşması sonucu da oluşabilmektedir. Yapı katmanlarının tasarımında yoğuşma olasılığı önceden hesaplanarak uygun çözümler üretilmediği zaman sonrasında maliyetli bakım onarım işleriyle sonuçlanabilmektedir. Katmanlaşma sırasında genel prensip sıcak ortamdan soğuk ortama doğru giderken malzemelerin buhar difüzyon dirençlerinin azalarak sıralanmasıdır [48]. Örneğin, çatı döşemesinde mineral esaslı bir ısı yalıtım malzemesi uygulandıktan sonra üzerine buhar kesici katman uygulanırsa, herhangi bir yoğuşma durumunda su, ısı yalıtım malzemesinin içinde kalarak döşeme sisteminin de ıslak kalmasına neden olarak zarar verebilecektir. Bu durumda, ısı yalıtımı üzerinde buhar geçirmeyen bir su yalıtımı örtüsü kullanılacaksa ısı yalıtımının altına mutlaka bir buhar kesici katman uygulanmalıdır. Isı yalıtımının altında buhar kesici kullanılmadığı durumda ise ısı yalıtımının üzerinde kullanılacak su yalıtımı örtüsünün buhar geçişini engellemeyen malzemeden seçilmesi önemlidir.

2.4.3 Sıcaklık değişimlerine karşı fiziksel dayanım

Yapının bulunduğu iklim bölgesine bağlı olarak yıl içi ortalama sıcaklıklar değişmektedir. Sıcaklık değişimleri malzemelerin fiziksel özelliklerine göre yapısal değişikliklere yol açmaktadır. Her malzemenin sıcaklık karşısında genleşme ve büzülme oranları farklıdır. Farklı özelliklerdeki malzemeler birlikte kullanıldığında birleşim ve bağlantı noktalarında meydana gelebilecek hareketler göz önüne alınmalıdır. Özellikle cephelerde uygulanan ısı yalıtım sistemlerinde, bu gerilmelerden kaynaklanacak sıva ve boya çatlamalarına dikkat edilmelidir. Bu durumun önlenmesi için ısı yalıtımının sıcaklık karşısında genleşmesi sonucu boyut değişimi ile sıva ve boya genleşmesi uyumlu olmalıdır. Dıştan ısı yalıtımlı ve sıvalı sistemlerde kullanılan sıva filesinin de sıvada oluşabilecek gerilmeleri almasında katkısı olacaktır.

2.4.4 Hava ve su sızdırmazlık

Bina kabuğu yıl boyunca çeşitli atmosferik etkenlere maruz kalmaktadır. Bina kabuğunun rüzgar, kar ve yağmur gibi yağış olaylarında bir bütün olarak yapıyı koruması beklenir. Ayıca, yapı zemininin altındaki su seviyelerine bağlı olarak da basınçlı suya maruz kalabilmektedir. Bina kabuğu bütün şartlar altında yapıya su girişini engellemelidir. Isı yalıtım uygulanan kısımlarda yapı elemanlarının birleşim ve bağlantı noktalarının sızdırmazlığı sağlaması gerekir. Yalıtım sisteminde meydana gelebilecek kusurlardan sistem içine sızan su bütün ısı yalıtım sistemine zarar verebilir. Ayrıca, ısı yalıtım malzemeleri kullanım yerlerine bağlı olarak suya karşı dayanım özellikleri göz önüne alınarak seçilmelidir. Yalıtım malzemelerinin bütün özelliklerini hizmet süreleri boyunca korumaları gerekir. Bunun için dış ortam şartlarından korunmalı ve hizmet süresi boyunca deforme olmamalıdır.

Rüzgar şiddetine ve yönüne bağlı olarak yapı elemanlarına basınç ve emme kuvveti uygulamaktadır. Bu kuvvetlerin şiddeti yapının formuna ve yüksekliğine de bağlı olarak değişir. Bina kabuğunun bu kuvvetler karşısında sistem bütünlüğünü koruması istenir.

Bina kabuğunda hava sızdırmazlığı sağlanırken, aynı zamanda iç ortam neminin dışarıya atılması ve yoğuşma problemlerinin önlenmesi göz önüne alınmalıdır. Bina kabuğunda tam hava sızdırmazlığı sağlanan durumlarda yapı elemanlarında yeterli havalandırma yapılamazsa, mantar, küf ve yosun gibi mikroorganizma oluşumları ile

de karşılaşılabilmektedir. Bu nedenle, son yıllarda bina kabuğu sistemlerinde bir yandan enerji etkinliği ve yaşam mekanı kalitesi artarken, diğer yandan bina cephesinde ve iç ortamlarda mikroorganizma oluşumları da artabilmektedir [49].

2.4.5 Yangın dayanımı

Yangın sadece kullanıcılara ve binaya zarar vermeyen, bazı durumlarda can kayıplarına da neden olabilen bir durumdur. Bu nedenle, yapı kabuğu boyunca yangının yayılmasını engelleyici önlemler alınmalıdır. İlk olarak, tasarım aşamasında ısı yalıtım malzemelerinin yangın karşısındaki davranışları ve özellikleri çok iyi bilinmeli ve gerekli yerlerde amaca yönelik doğru kullanılmalıdır. Binaların Yangından Korunmasına Dair Yönetmelik'te yer alan kurallara uyulmalıdır. Bu yönetmeliğe göre; yüksek binaların cephelerinde zor yanıcı malzeme (A2 sınıfı), diğer binalarda ise en az zor alevlenici malzeme (A1, A2, B ve C sınıfı) kullanılmalıdır. Zemin kotundan itibaren ilk 1,5 metre hiç yanmaz malzeme (A1 sınıfı) ile kaplanmalıdır. Yangının diğer katlara yayılmasını önlemek için pencere gibi boşlukların üstlerinde 30 cm, yanlarında 15 cm hiç yanmaz malzeme (A1 sınıfı) ile yangın bariyeri oluşturulmalıdır. Çatı kaplamalarının hiç yanmaz malzeme (A1 sınıfı), çatı kaplamaları altında yer alan yüzeyin veya yalıtımın en az zor alevlenici malzemelerden (A1, A2, B ve C sınıfı) olması gerekir [13].

2.4.6 Ses Yalıtımı

Çeşitli nedenlerle oluşan, kullanıcılar tarafından istenmeyen ve rahatsızlık veren, belirli seviyelerin üstündeki seslere gürültü denir [50]. Bina kabuğunun kullanıcı konforunu sağlaması için gürültünün iç ortama ulaşmasını engellemesi veya kabul edilen seviyelere indirmesi beklenir. Isı yalıtım sistemleri açısından malzemelerin formu, kalınlığı, yoğunluğu, boyutu, hücresel yapısı, birleşim ve bağlantı noktaları gürültü iletimi açısından da belirleyici olmaktadır. Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'nde [50] kullanıcı konforu açısından kabul edilen gürültü sınır değerleri belirtilmektedir. Darbe sesi kaynaklı gürültüyü engellemek için yüzer döşeme uygulamaları yapılmaktadır. Bu uygulamalarda döşemede kullanılacak malzemelerin basınç dayanımları kullanım şartlarına bağlı olarak 2-10 kPa arasında değişmektedir [11]. Ortam gürültüsünü önlemek için duvar ve tavanlarda hava boşluklu yapıya sahip cam yünü ve taş yünü yanında keçe, mantar ve ahşap yünü gibi malzemeler de tercih edilebilir.

3. BİNA KABUĞUNDA ISI YALITIM UYGULAMALARI

Isı kayıpları yapıda bulunduğu yer bakımından çatı, duvar ve temel/döşemelerde meydana gelir. Bu ısı kayıplarının önlenmesi için ısı yalıtımının sürekliliği büyük önem taşımaktadır. Isı yalıtım uygulamalarında iç ortamın ısıtılan veya ısıtılmayan hacim olması, çatıların eğimli veya düz olması, düz çatıların gezilen veya gezilmeyen olması, duvarda ısı yalıtımının dışta, ortada veya iç kısımda bulunması, döşemelerin zemine oturması veya konsol olması gibi çeşitli durumlar için farklı çözümler gerekmektedir [51].

Isı yalıtımının kullanıldığı yere bağlı olarak, ısı ve ses ile ilgili özelliklerin yanında bazı durumlarda mekanik özelliklere de belirli seviyede sahip olması gerekir. Mekanik, nem ve ısı yüklerinin beraber etkidiği sistemlerde deformasyonlar düzenlenmeli ve test edilmelidir. Malzemelerin kompozit ısı yalıtım sistemleri ve temel dıştan yalıtımları gibi durumlarda uzun ve kısa dönem su emme oranları ve su buharı difüzyon özellikleri ile birlikte bakım ve onarım süreçleri de göz önüne alınmalıdır.

Isı yalıtım malzemelerinin, kullanım yerine bağlı olarak fiziksel ve kimyasal özellikleri bakımından belirli performans şartlarını sağlaması beklenir. Tasarım aşamasında malzeme özellikleri, kullanım amacı ve konumu belirleyici olmaktadır. Malzeme seçimi yapılmadan önce hem öncelikli istenen malzeme özellikleri belirlenmeli hem de oluşturulan yapı elemanında bir araya gelen malzemelerin etkileşimleri, katmanlaşma sıraları, birleşim ve bağlantıları dikkate alınmalıdır. Uygulamalarda öncelikli karşılaması istenen performans gereklerini sağlamayan veya yönetmeliklere uygun olmayan malzemeler kullanılmamalıdır. Doğru bir tasarım ve uygulama için, tasarım sırasında performans ölçütleri için bir liste oluşturularak süreç boyunca tamamının kontrol edilmesi yöntemi kullanılabilir [52].

Çizelge 3.1'de bina kabuğunun bileşenlerinde kullanılan ısı yalıtım malzemelerinin çatı, duvar ve temel gibi yapıda bulunduğu konum şartlarına ve malzemelerin ısıl, yapısal ve fiziksel özelliklerine göre tercih edilmesi gereken uygulamalar görülmektedir.

Çizelge 3.1 : Isı yalıtım malzemelerinin yapıda kullanım alanları (*Insulating Materials Principles Materials Applications* [6] ’dan uyarlanmıştır).

			ISI YALITIM MALZEMELERİ			
	ŞEMATİK GÖSTERİM	AÇIKLAMA	CAM YÜNÜ	TAŞ YÜNÜ	EPS	XPS
ÇATI		EĞİMLİ SICAK ÇATIDA DIŞ HAVA ŞARTLARINDAN KORUNMUŞ ÇATI KAPLAMASI ALTI DIŞ YALITIM	●	●	●	●
		DÜZ ÇATIDA DIŞ HAVA ŞARTLARINDAN KORUNMUŞ SU YALITIM ALTI DIŞ YALITIM	●	●	●	●
		TERS ÇATIDA DIŞ HAVA ŞARTLARINDAN KORUNMAMIŞ SU YALITIM ÜSTÜ DIŞ YALITIM				●
DUVAR		ASMA CEPHE ARKASI DUVAR DIŞ YALITIM	●	●	●	●
		SU YALITIM ARKASI DUVAR DIŞ YALITIM			●	●
		SIVA ALTI DUVAR DIŞ YALITIM	●	●	●	●
		SANDVİÇ DUVAR BOŞLUK YALITIM	●	●	●	●
		AHŞAP ÇERÇEVE VE PANEL SİSTEM YALITIMI	●	●		
		DUVAR İÇ YALITIM	●	●	●	
TEMEL		TOPRAK İLE ETKİLEŞİMLİ, SU YALITIMININ ÜSTÜNDE DIŞ YALITIM				●
		TOPRAK İLE ETKİLEŞİMLİ, SU YALITIMININ ALTINDA DIŞ YALITIM				●

Yalıtım malzemesi seçilirken birçok etken olmakla birlikte aşağıdaki maddeler genel parametreler olarak sıralanabilir;

- Yapı türü, kullanım amacı, taşıyıcı sistemi ve formu
- Yalıtımın yer alacağı yapı bileşeni (çatı, duvar, döşeme, vb.)
- İklimsel koşullar ve gerekli yalıtım kalınlığı

- Malzemenin üretim ve kullanımının çevreye etkisi
- Malzemenin üretimden geri dönüşüm aşamasına kadar maliyeti.

3.1 Çatılarda Isı Yalıtımı

Isı yalıtımı, eğimli sıcak çatılarda mertekler arasında veya altında, mertekler üzerinde veya soğuk çatı arasında döşeme üzerinde yer alabilir. Düz çatılarda, geleneksel çatı veya ters çatı olması durumuna göre katmanlaşma sıralamasına bağlı olarak konumlanır.

3.1.1 Eğimli soğuk çatılarda döşeme üzeri ısı yalıtımı

Çatı arası kullanılmayan eğimli soğuk çatılarda, mineral yün esaslı şilteler, EPS ve XPS ısı yalıtım levhaları döşeme üzerinde uygulanabilir. Mineral yün esaslı şilteler kullanılacaksa ısı yalıtım malzemesinin üzerine su buharını geçirmeyen PVC esaslı örtüler serilmemelidir. Dış etkilerden, özellikle çatı akması riski söz konusu ise ve yağmur suyuna karşı korumak istenirse, döşemeden gelen buhar geçişine izin veren ancak çatıdan gelen suyun alt katmanlara geçişine izin vermeyen örtüler kullanılabilir.

Mineral yün esaslı yalıtım malzemelerinin basınç dayanımı düşük olduğu için üzerine yük gelmemeli ve üzerinde yürünmemelidir. Gerekli durumlarda yürüme yolu üzerinde çatı arasına erişilebilir. Eğer sürekli yüke maruz kalacaksa levha formunda rijit yalıtım malzemesi tercih edilmelidir. Bu durumda, XPS veya EPS levhalar üzerine şap uygulanmalıdır. Kullanılacak olan cam yünü, taş yünü, EPS veya XPS ısı yalıtım malzemeleri üretim standardına göre üretilmiş, CE işaretli ve TS 825'e göre uygun kalınlıkta olmalıdır.

Bu uygulamada dikkat edilmesi gereken konular şunlardır;

- Çatı, saçak ve duvar ilişkisi, ısı köprülerine izin vermeyecek şekilde düzenlenmelidir.
- Çatı döşemesine serilen yalıtımın kalınlığı uygulama boyunca eşit olmalıdır.
- Yalıtım üzerine yük gelmemeli, gelme olasılığı varsa önlem alınmalıdır.

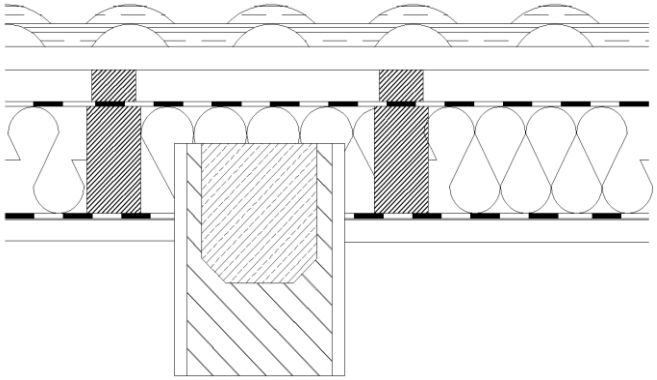
Özellikle soğuk havalarda bitümlü su yalıtımı uygulanan çatılarda yoğuşma olmaması için saçak alınlarında ve mahyalarda yeterli düzeyde havalandırma boşluğu

bırakılmalıdır. Bu boşluklardan kuş, böcek vb. geçmemesi için file ile gerekli önlemler alınmalıdır. Çatıya ulaşan baca ve tesisatların etrafı yoğuşma riski göz önüne alınarak yalıtılmalıdır. Döşeme yüzeyi düzgün değilse tesviye şapıyla yüzey düzeltilmelidir.

Çatı arası soğuk olacağından içinde su hareketi olan depo ve tesisat donanımları buraya konulmamalıdır, konulursa mutlaka ısı yalıtımı yapılmalıdır. Sıcak ve soğuk su tesisatının yan yana olmamasına dikkat edilmeli ve ayrıca herhangi bir şekilde tesisatın patlaması durumunda yalıtıma zarar vermemesi için gerekli önlemler alınmalıdır.

3.1.2 Eğimli sıcak çatılarda mertek arası veya altı ısı yalıtımı

Isı yalıtım malzemelerinin çoğu mertekler arasında kullanılabilir. Böylece, mertek altına yapılan uygulamalardan yalıtım kalınlığınca kaybedilecek çatı arası yükseklikleri veya baş kurtarma yükseklikleri kazanılmış olacaktır. Mineral yün esaslı ısı yalıtım malzemeleri sıkıştırılarak, levha şeklindekiler ise uygun boyutlarda kesilerek mertekler arasına yerleştirilir. Levha olarak uygulandığında kenarlardan sızıntı olasılığı artar. Ayrıca, dolgu, püskürtme ve yerinde yapım köpük ısı yalıtım malzemeleri de mertekler arasına uygulanabilir [6].



Şekil 3.1 : Mertek arası yalıtımın şematik gösterimi (ölçek~1/5).

Mertek arası bir yalıtım detayı Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Bu örnekte, ısı yalıtımı üzerinde bir hava/su geçişini engelleyen bir örtü ve çatı kaplaması ile su yalıtımı örtüsü arasında bir havalandırma boşluğu oluşturulmuştur. Bu şekilde, yaz döneminde ışınım yolu ile ısınan kaplama malzemesinden iletim yolu ile ısı geçişi engellenerek ayrıca bir havalandırma ile de çatı arasının daha serin tutulmasına olanak sağlanmıştır. Kış ve yağışlı dönemde bu hava boşluğu kaplama arasından

sızabilecek yağış sularının örtü üzerinden akıtılarak ve buharlaştırarak uzaklaştırılmasına ve aynı zamanda çatı üzerinde biriken karların eşit şekilde erimesine katkıda bulunacaktır.

Mertekler arası yalıtımda, olası katmanlaşma kesitinde olası yoğuşmayı önlemek için çatı arasındaki iç ortama bakan yüzü alüminyum folyo ile kaplı şilteler de kullanılabilir [53]. Şekil 3.2'de gösterilen sistemde dikkat edilmesi gereken nokta folyonun sıcak tarafta olmasıdır. Böylece sıcak ortamdan çatıya doğru hareket eden su buharının, ısı yalıtım malzemesine ulaşması engellenir ve yoğuşma riski azaltılır. Şiltelerin birleşim noktalarında folyoların sızdırmazlıklarının sağlanması önemlidir. Son olarak, üzerine tavan kaplaması yapılarak uygulama tamamlanır.

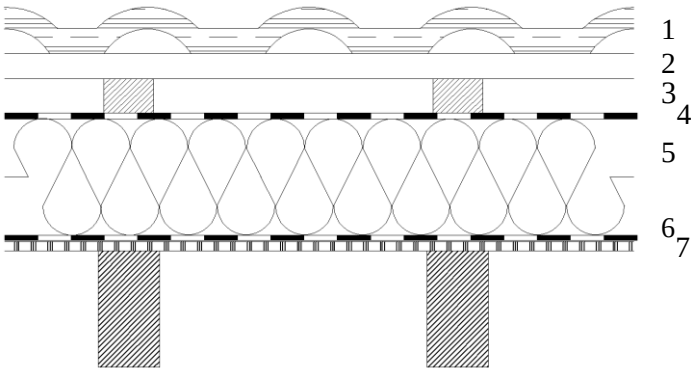
Şekil 3.2 : Mertekler arası mineral esaslı ısı yalıtım malzemesi uygulaması [54].

Mertek arası yalıtım uygulamalarında, XPS veya EPS gibi rijit levhalar kullanılacaksa mertek aralığı ölçüsünden bir miktar fazla kesilerek levhaların mertek arasına sıkışması sağlanır. Böylece, kaymalar ve çökmeler engellenerek birleşimlerden hava sızıntısı ve ısı köprüsü oluşmaz.

3.1.3 Eğimli çatılarda mertek üzeri ısı yalıtımı

Bu sistemde ısı yalıtım katmanı mertekler üzerindeki tüm alanı kaplayacak şekilde sürekli olarak uygulanır. Mertekler üzeri ısı yalıtım sisteminde çatı yükleri tamamen ısı yalıtımı tarafından taşınabilir veya merteklere aktarılabilir. Eğer ısı yalıtımının çatı kaplaması, kar ve rüzgar yükleri gibi çeşitli yükleri taşıması beklenmekte ise gerekli çekme, basınç ve kesme kuvvetleri bakımından yeterli bir malzeme seçilmelidir [6]. EPS ve XPS basınç değerleri bakımından bu uygulamalarda tercih edilebilir. Şekil 3.3'te mertekler üzeri ısı yalıtımı uygulaması detayı gösterilmiştir.

Bu sistemler için ısı yalıtım malzemesi seçilirken su buharı direnci göz önüne alınmalıdır. EPS ve XPS su buharının geçişine izin vermez. Ancak, mineral yün esaslı malzemeler su buharına izin verir ve mertek üzeri yalıtım için uygundur.



Şekil 3.3 : Mertekler üzeri ısı yalıtım detayı (ölçek~1/5). 1-çatı kaplaması, 2-kontrplak/osb, 3-havalandırma boşluğu, 4-su yalıtımı, 5-ısı yalıtımı, 6-buhar kesici, 7- kontrplak/osb

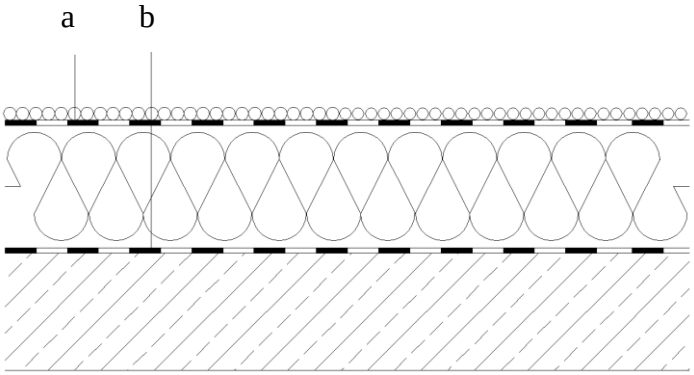
Bu uygulamada dikkat edilmesi gereken konular şunlardır [6];

- Mertek üzeri yalıtımda, mahya, saçak ve duvar birleşimlerinde ısı yalıtımının sürekliliği sağlanmalıdır.
- Isı yalıtımının altında buhar kesici kullanılmadığı durumda, ısı yalıtımı üzerinde buhar direnci yüksek bir örtü kullanılırsa iç ortamdan çatıya ulaşan ve dışarıya çıkmaya çalışan su buharı, su yalıtımı örtüsü ile ısı yalıtımı birleşiminde yoğuşma oluşturabilir. Bu durumu önlemek için buhar geçişine izin veren, yukardan ulaşan suyu engelleyen bir örtü kullanılmalıdır.
- Çatıya ulaşan bütün tesisat ve bacalar ısı köprüsü oluşturmayacak ve buhar geçişi örtüler kullanarak dengelenmiş olmalıdır. Böylece her türlü yoğuşma oluşumu için önlem alınır.

3.1.4 Geleneksel düz çatılarda ısı yalıtımı

Düz çatılarda yalıtım malzemesi; çakıl veya çatı kaplaması ile birlikte çatı strüktürünün kendi yüklerini, rüzgar ve kar yüklerini sürekli ve güvenli bir şekilde taşıyabilmelidir. Ayrıca, ani yükler ve bakım/onarım sırasında oluşan yüklere karşı da dayanımlı olmalıdır. Bu uygulama tipinin; basınç dayanımı, rüzgar çekme kuvvetine bağlı olarak yüzeye dik çekme kuvveti, boyutsal stabilite, ısı yüklerinden meydana gelen deformasyon, sıcaklık ve basınç gibi sağlaması gereken birçok

performans ölçütü bulunmaktadır. Şekil 3.4'te gösterilen düz çatı uygulamasında noktasal yükler ve uzun dönem meydana gelen sünme davranışı da göz önüne alınmalıdır [6]. Bu geleneksel sistemin en belirgin özelliği ısı yalıtımının, altındaki buhar kesici veya buhar dengeleyici katman ile üstündeki su yalıtımının arasında olmasıdır. Isı yalıtımının işlevini kaybetmemesi ve zarar görmemesi için ısı yalıtımının altına mutlaka buhar kesici uygulanmalıdır.



Şekil 3.4 : Düz çatıda ısı yalıtım detayı a) Su yalıtımı, b) Buhar dengeleyici (ölçek~1/5).

Eğer uygulanan ısı yalıtım malzemesi, uygulanacak olan su yalıtım malzemesinin yapıştırma sıcaklığına dayanıklı ve rijit ise su yalıtımı doğrudan ısı yalıtımı üzerine uygulanabilir. Örneğin taş yünü ısı yalıtım levhalarının yüksek sıcaklık dayanımları nedeniyle üzerine su yalıtım membranları uygulanabilir.

Eğer uygulanan ısı yalıtımının sıcaklık dayanımı yeterli değilse, üzerine ayırıcı keçe uygulandıktan sonra eğim betonu ve üzerine su yalıtımı uygulanmalıdır. Böylece, ısı yalıtım malzemesi korunmuş olur. Su yalıtım örtülerini gece/gündüz ve yaz/kış sıcaklık farkları nedeniyle, zararlı UV ışınlarından korumak amacıyla çakıl tabakası gibi uygun bir bitirme yapılmalıdır.

Bu uygulamada dikkat edilmesi gereken konular şunlardır;

- Tek kat uygulanan pvc gibi sentetik su yalıtım örtülerinin, özellikle ek yerlerinde sızdırmazlık sağlanmalıdır [6].
- Sistem üzerinde biriken suyun tahliyesi için yeterli sayıda gider noktası bırakılmalıdır.
- Eğim betonu suyun giderlere yönlenmesini sağlamalıdır ve giderlerin düzgün çalışması kontrol edilmelidir.

3.1.5 Ters çatılarda ısı yalıtımı

Ters çatılar çakıl bitişli, bitki bitişli ve yaya/araç kullanımına açık yürünebilir çatılar olarak üç gruba ayrılabilir. Ters çatılarda ısı yalıtımı, geleneksel çatıda olduğu gibi su yalıtımının altına değil üzerine uygulanır. Bu uygulama su yalıtımını sıcaklık değişimlerinden, UV'den ve mekanik etkilerden korur, ancak ısı yalıtım malzemesi yağışa maruz kalır.

Teras çatı sisteminin ısıl direnci hesaplanırken sadece su yalıtımının altındaki ısı yalıtımları hesaba katılır, ters çatılarda su yalıtımının üzerinde yer alan ısı yalıtımı hesap değerlerine katılmaz [6]; çünkü su ile etkileşimi kesilmediği için yalıtım özelliklerini gösteremez ve ısı iletimi oluşur. Bu durum çoğu uygulamalarda göz ardı edilmektedir. Ters çatı uygulamaları metal ve ahşap taşıyıcı konstrüksiyon üzerine yapılabilir.

Bitkilendirilmiş ters çatılarda yağmur suyunun drenajı için en az % 2'lik eğim betonu olmalıdır. Kuru ve temiz eğim betonunun üzerine soğuk asfalt emülsiyonu, üzerine sürme veya membran su yalıtım malzemesi uygulanır. Daha sonra aralarında boşluk kalmayacak şekilde ısı yalıtım malzemeleri uygulanır [7]. Üzerine son katmandan koruma amacıyla ayırıcı keçe katmanı uygulanır. Bu katman buhar geçişini önlememeli, sistem içerisindeki su buharının dışarı çıkışına izin vermelidir.

Bu uygulamada dikkat edilmesi gereken konular şunlardır [6];

- Isı yalıtım levhaları UV'ye maruz bırakmadan korunmalıdır. Bunun için son katman olarak çakıl veya bitkilendirme yapılabilir. Alüminyum folyo kaplı ısı yalıtım levhaları da tercih edilebilir.
- Çakıl tabakasının kalınlığı (5 cm), rüzgâr ve uçma gibi etkenler göz önüne alınarak belirlenmelidir.
- Küçük çaplı çakıl taneleri ısı yalıtım arasından geçerek su yalıtımına ulaşabilir. Bunu önlemek için jeotekstil keçeler kullanılmalıdır. Suyun tahliyesi sağlanmalı ve süzgeç birleşim detayları uygulama tamamlandıktan sonra suyla test edilmelidir.

3.1.6 Isı yalıtımlı sandviç çatı panelleri

Sandviç paneller, iki yüzü metal kaplı ortasında ise ısı yalıtım malzemesinden oluşan kompozit ısı yalıtım panel sistemleridir. Daha çok fabrika, spor tesisleri gibi büyük

boyutlu, taşıyıcı sistemi çelik veya prefabrike yapılarda çatı ve duvar yapı elemanı olarak kullanılır. Bu sistemlerde ısı, su, ses ve yangın gerekleri tek bir yapı elemanı ile sağlanmaya çalışılır.

Çatı eğimi ve geçilecek açıklığa bağlı olarak alt ve üst metal kalınlıkları 3-7 mm arasında değişmektedir. Kalınlığı 4-10 cm aralığında taş yünü, cam yünü, EPS, XPS veya poliüretan kullanılabilir [11].

Bu uygulamada dikkat edilmesi gereken konular şunlardır;

- Hakim rüzgar yönü göz önüne alınarak sabitlemeler yapılmalıdır.
- Panellerin birleşim yerlerinde EPDM contalı vidalar kullanılarak sızdırmazlık titizlikle sağlanmalıdır.
- Mahya ve alınlarda mekanik sabitleme yapılan noktalarda silkonla da sızdırmazlık sağlanmalıdır.

3.2 Duvarlarda Isı Yalıtımı

3.2.1 Dış duvarlarda dıştan kompozit ısı yalıtım sistemleri (ETICS)

Dış duvarlarda dıştan kompozit ısı yalıtım sistemler (ETICS), ısı yalıtım fonksiyonunu yerine getirmek ve binayı çevresel etkenlerden korumak amacıyla [23], yığma veya beton duvarlara uygulanan, yapı malzemeleri üreticileri tarafından paket olarak sunulan, uygulaması sahada yapılan ısı yalıtım sistemleridir [7].

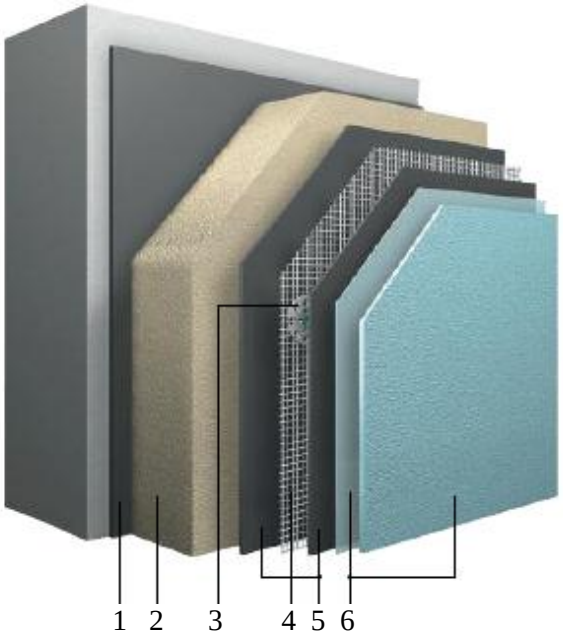
Dış duvarlarda dıştan kompozit ısı yalıtım sistemler (ETICS), yeni veya mevcut binalarda uygulanabilir. Ülkemizde özellikle mevcut binaların enerji korunumu amacıyla çok sık uygulanmaktadır.

3.2.1.1 Dış duvarlarda dıştan kompozit ısı yalıtım sistem (ETICS) bileşenleri

Dış duvarlarda dıştan kompozit ısı yalıtım sistem (ETICS) bileşenleri Şekil 3.5’te gösterildiği gibi;

- Yapıştırıcı
- Isı yalıtım malzemesi
- Dübel
- Donatı filesi

- Isı yalıtım sıvası
- Son kat kaplama ve boyadır.



Şekil 3.5 : Dıştan kompozit ısı yalıtım sisteminin bileşenleri [55]; 1- yapıştırıcı, 2-ısı yalıtım malzemesi, 3-dübel, 4- donatı filesi, 5-ısı yalıtım sıvası, 6-son kat kaplama ve boya

Yapıştırıcı

Isı yalıtım levhalarının yığma veya beton duvarlara yapıştırılması için kullanılan organik polimer katkılı ve mineral esaslı üretim şartları TS 13566'ya göre uygun yapıştırma harçlarıdır [40]. Isı yalıtım yapıştırıcılarının farklı ısı yalıtım malzemelerine yapışma dayanımları Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2 : Isı yalıtım yapıştırıcılarının yapışma dayanımları [7].

Yüzeye yapışma dayanımı (kPa)	**Taş Yünü**	**EPS**	**XPS**
	>6	>80	>80

ETICS için üretilen yapıştırıcılar yerine, ısı yalıtım malzemesine yapışma dayanımı, basınç dayanımı ve su emme miktarı gibi özellikleri standarda uygun olmayan inşaat harcı veya seramik yapıştırıcısı kullanılmamalıdır.

Dübel

Isı yalıtım levhalarını beton, tuğla, gaz beton ve bims vb. yüzeylere mekanik olarak sabitlemekte kullanılan dübeller, en az 0,20 kN çekme dayanımlı olmalıdır [7].

Dübeller uygulama yapılacak duvara göre plastik veya çelik çivili olabilmektedir. Eğer çelik çivili dübel kullanılırsa, başlık kısımlarından ısı köprüsü oluşmaması için önlem alınmalıdır.

Isı yalıtım malzemesi

Isı yalıtım malzemesinin kalınlığı duvar sisteminin bütünü göz önüne alınarak hesaplanır, ancak 1 m^2K/W'den fazla ısıl direnç sağlayan malzemeler tercih edilmelidir. Bu sistemde kullanılacak ısı yalıtım malzemesinin sahip olması gereken başlıca özellikler ve karşılaması gereken kuvvetler şunlardır;

- Basınç kuvveti (kendi ağırlığı ve rüzgar basıncı)
- Ters çekme kuvveti (emme kuvveti, sıva adhezyonu)
- Kesme kuvveti (stabilite ve kendi ağırlığı)
- Boyutsal stabilite
- Uzun ve kısa dönem su emme
- Çözülme/donma döngüsüne tepkisi

Kompozit ısı yalıtım sistemlerinde kullanılan malzemenin lifli ve hücresel yapıya sahip olması buhar geçişi ve su emme miktarı için kritiktir. Özellikle lifli yapıya sahip yalıtım malzemeleri uygulandığı durumlarda, buhar dengeleyici katman kullanımı ve katmanlaşma sırası önemlidir. Sıcak ve nemli iklimlerde buhar dengeleyici katmanın dış ortam tarafına, soğuk iklimlerde ise iç ortam tarafına uygulanması tercih edilir [56].

Türkiye'de dış duvarlarda kompozit ısı yalıtım uygulamaları için en fazla tercih edilen malzeme EPS'dir. Bu ısı yalıtımı malzemesinin karbon eklenerek üretilen gri versiyonu radyasyon yoluyla ısı iletimini azaltması, normal EPS'ye göre %15 daha düşük ısı iletimi, dolayısıyla aynı performans için daha ince malzeme gereği gibi özellikleri ile tercih edilir.

Kompozit ısı yalıtım sistemlerinde Avrupa'da yapılan uygulamalarda soğuk iklim bölgelerinde duvarlarda ısı yalıtımının kalınlığı 140 mm'nin altına inmemesi normal uygulamalarda yalıtım kalınlığı 200 mm ve pasif evlerde 300 mm kalınlık tavsiye edilir. Pencerelerin iç kısımlarında da cephede uygulanan yalıtım kalınlığı korunmalıdır [6].

Donatı filesi

Isı yalıtım levhalarının üzerine uygulanan sıvada oluşan çekme gerilmeleri ve çatlak oluşumunu önlemek için kullanılan donatı fileleri en az 145 gr/m^2 ağırlıkta, en az 40 N/mm çekme mukavemetli ve alkali ortamlara dayanımlı olması gerekmektedir [6].

Isı yalıtım sıvası

Isı yalıtım levhalarının yüzeyine uygulanan sıvalar, polimer katkılı, uzun süre kurumadan kullanılabilen, donma çözülme döngüsüne dayanıklı çimento veya akrilik bazlı olmalıdır. Bu sıvanın TS EN ISO 7783'e göre su buharı geçirgenliği 20 gr/m^2'den fazla [57], TS EN 1062-3'e göre su iticiliği 0,5 kg/m^2.h0,5 'den az olmalıdır [58]. TS EN 13494 standardına göre test edilmiş yapışma mukavemetlerini sağlamalıdır [59]. Isı yalıtım sıvalarının farklı ısı yalıtım malzemelerine yapışma dayanımları Çizelge 3.3'te verilmiştir

Çizelge 3.3 : Isı yalıtım sıvalarının yapışma dayanımları [7].

Yüzeye yapışma dayanımı (kPa)	**Taş Yünü**	**EPS**	**XPS**
	>6	>80	>80

Son kat kaplama ve boya

Isı yalıtım sıvasının üzerine sistemi dış ortam şartlarından korumak ve bütüncül görsellik sağlamak için akrilik ve silikat esaslı, silikon katkılı cephe son kat kaplama malzemeleri kullanılır. Bu kaplamaya uygun astar sıva üzerine uygulanmalıdır. Dış cephe son kat boyası ve kaplamaları solvent içermemelidir [11]. Son kat kaplamanın, TS EN ISO 7783'e göre su buharı geçirgenliği 20 gr/m^2'den fazla [57], TS EN 1062-3'e göre su iticiliği 0,5 kg/m^2.h0,5 'den az olmalıdır [58].

ETICS uygulamalarında yukarıdaki sistem bileşenlerinin dışında, bina köşelerini ve pencere kenarlarını darbelerden korumak için, plastik veya alüminyumdan üretilmiş, sıva fileli veya filesiz köşe profilleri kullanılır. Binada bulunan konsol, çıkma, balkon köşelerinde ise damlalıklı köşe profilleri kullanılır. Böylece su akıntıları yüzeye zarar vermeden uzaklaştırılabilir.

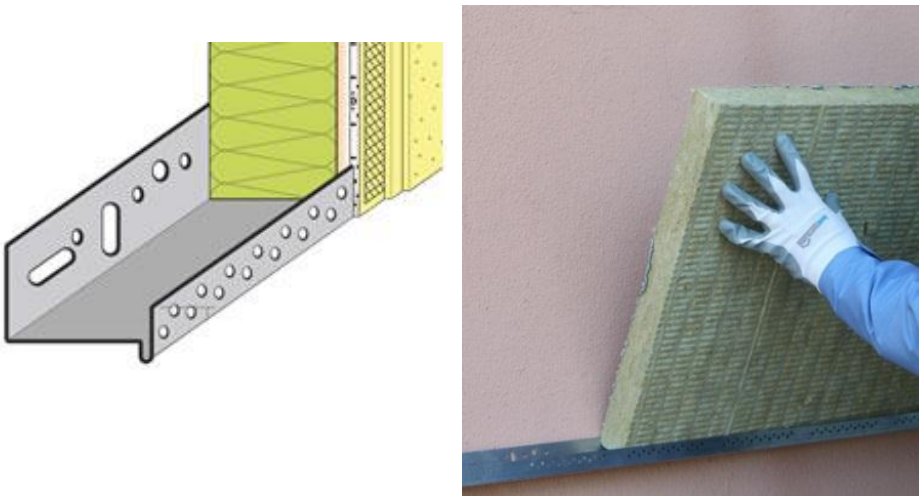
3.2.1.2 Dış duvarlarda dıştan kompozit ısı yalıtım sistemleri (ETICS) uygulama aşamaları

Yüzey hazırlama

Uygulamadan önce betonarme ve dolgu duvar yüzeyler düzgün olmalı, meydana gelmiş mastar sorunları sıva ile mümkün olduğunca giderilmelidir. Mevcut binalarda ise kabaran yüzeyler kazınmalı ve gerekli kısımlar tamir harçları ile düzeltilmelidir. Biyolojik oluşumlar mevcutsa uygun temizleyiciler ile temizlenmelidir. Cephede bulunan yalıtımı kesintiye uğratacak bütün tesisat elemanları mümkünse sökülmelidir.

Subasman profilinin yerleştirilmesi

Duvarlarda yalıtımın başlama noktasına ısı yalıtımını darbelerden korumak, su yalıtımını sabitlemek ve mastar görevi için subasman profili kullanılır. Böylelikle ısı yalıtım levhası düzgün bir hat boyunca uygulanabilir. Burada ısı yalıtım malzemesi Şekil 3.6'daki subasman profilinin içine tam oturmalı, dışarıya taşmamalıdır. Paslanma riski olan malzemeden yapılmış köşe profilleri kullanılmamalıdır. Plastik, veya alüminyum ürünler tercih edilebilir.



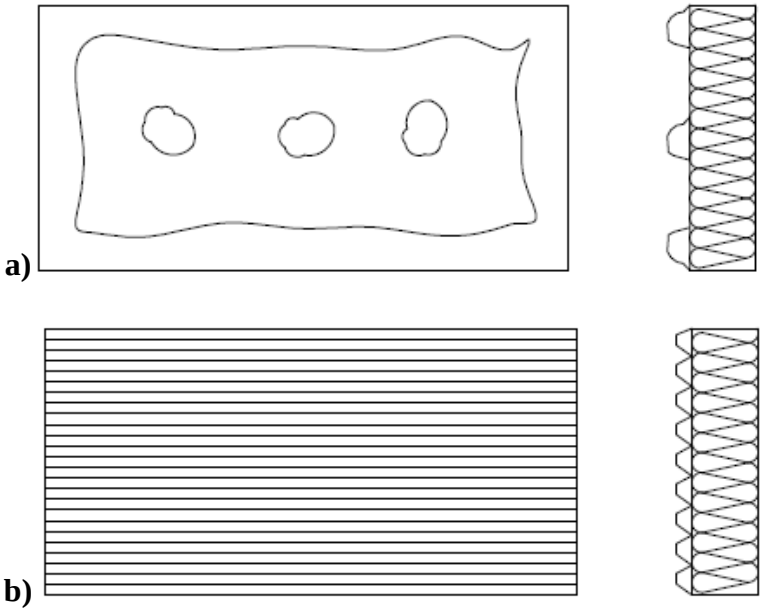
Şekil 3.6 : Subasman profili uygulaması [60].

Yalıtım levhalarının yapıştırılması

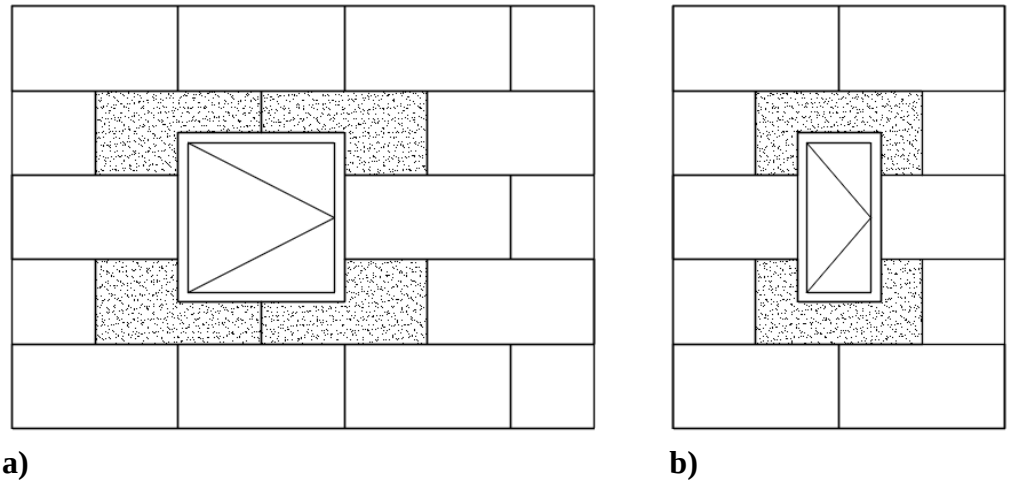
Yapıştırma harcı üreticinin tavsiyesine göre hazırlanır. Çerçeveli öbekleme yönteminde levhanın etrafına bir çerçeve halinde yapıştırıcı sürülür, orta kısımlarında öbekler oluşturulur. Bu yöntemde en az 4-5 kg/m^2 yapıştırıcı kullanarak, yapıştırıcı levhanın en az %40'ına temas edecek şekilde uygulanır [7]. Eğer uygulanacak yüzey

çok düzgün ise Şekil 3.7'de gösterilen taraklı mala yöntemi ile levhalara sürülür. İki yöntemde de dikkat edilmesi gereken nokta levha kenarlarına yapıştırıcı bulaşmasıyla ısı köprüsü oluşmasını engellemektir.

Yapıştırıcı sürüldükten sonra levha subasman profiline oturtularak yapıştırılır. Yanlardan taşan harç mutlaka temizlenmelidir. Levhalar arasında boşluk kalmayacak şekilde şaşırtmalı olarak uygulamaya devam edilir. Kapı ve pencere köşelerine levha birleşimi olmamasına dikkat edilmelidir. Bu bölgelerde levhaların formu Şekil 3.8'de gösterilen L veya U formu şeklinde olmalıdır. Ayrıca, buralarda yangına karşı dayanımlı malzemeler kullanılmalıdır.



Şekil 3.7 : Yapıştırma harcının uygulanması: a) çerçeveli öbekleme yöntemi, b) taraklı mala yöntemi [23].



Şekil 3.8 : Kapı ve pencere köşelerinde levhaların formu: a) L formu, b) U formu (ölçek~1/50).

Duvarın pencere kısmına döndüğü yerdeki yalıtım kalınlığı iç kısımda uygulanacak yalıtımı kapatacak şekilde olmalıdır. Kapı ve pencere iç kısımlarında yalıtım devam ettirilerek ısı köprüsü oluşumu engellenmelidir.

Isı yalıtım levhalarının dübellenmesi

Dübelleme yapıştırıcı tamamen kuruduktan sonra yapılmalıdır, dolayısıyla yapıştırmadan sonra en az 24 saat beklenmelidir. Dübelin baş kısmı levhadan dışarıya taşmamalıdır. Dübellerin baş kısımları harç ile doldurulduktan file ve sıva uygulanması daha doğrudur. Dübeller beton duvarlara 4 cm, tuğla duvarlara 5 cm, gazbeton ve bims duvarlara 6 cm derinlikte metrekarede 6 adet olacak şekilde uygulanmalıdır [7].

Kenar ve köşelerin oluşturulması

Pencere, kapı ve bina köşelerinde düzgün bir yüzey için kullanılan köşe profilleri eğer filesiz ise cepheden gelen donatı filesi en az 10 cm bindirme yapacak şekilde uygulanmalıdır. Cephedeki dilatasyon kısımlarında ise özel dilatasyon profilleri kullanılmalıdır. Yalıtım levhasının kapı ve pencere doğramaları ile birleştiği kısımlar su sızdırmazlık bantı veya mastik ile kapatılmalıdır [7].

Isı yalıtım sistem sıvası ve filesinin uygulanması

Sıva harcı üreticinin tavsiyesine göre hazırlanıp, eşit kalınlıkta olacak şekilde ısı yalıtım malzemesinin yüzeyine taraklı mala ile uygulanmalıdır. Donatı filesi tamamen sıvanın içine gömülmeden sıvanın üzerine uygulanmalıdır. Ek yerlerinde 10 cm bindirme yapılmalıdır. Bindirme üst taraftaki file alt taraftakinin üzerine gelecek şekilde yapılmalıdır. Sıva yaklaşık 3-4 mm kalınlığında uygulanır. Filenin yalıtım levhası ile temas etmemesi sağlanmalıdır. Buna ek olarak, sıva sistemi ve yalıtım arasındaki genleşme davranışı da çatlakları önlemek için önemlidir. Sıva sistemi suya dayanıklı olmalı ve difüzyona izin vermemelidir. Kompozit ısı yalıtım sistemleri uygulanan bina kabuklarında, yüzey nemlenmesini yapının yönelimi, dış yoğuşma oluşumu ve rüzgar etkisiyle ulaşan yağmur suları etkilemektedir [61].

Son kat kaplama ve boya uygulanması

Sıva tamamen kuruduktan sonra, astar yapılmış yüzeye en az 1,5 mm kalınlıkta sürülerek veya püskürtülerek son kaplama uygulanır. Düzgün bir yüzey elde etmek

için ara vermeden tek seferde uygulanmalıdır. Çimento esaslı kaplamalarda, kurumanın ardından koruma ve renklendirme amacıyla iki kat boya uygulanabilir. Silikat esaslı veya silikon katkılı ürünler renkli olduğu için boyama gerekmez.

Bu sistemlerde tasarım ve işçilik hataları dışında, en fazla karşılaşılan sorunlar arasında, basınç etkileri ile oluşan kuvvetlere karşı düşük direnc sahip olması sayılabilir. Bu sadece görsel anlamda bir sorun değil aynı zamanda yağmur nedeniyle oluşan nem etkisiyle sistem performansını etkileyen bir sorundur. Bir diğer sorun ise sistem yüzeyinde yüksek nem nedeniyle biyolojik oluşumlardır. Bu oluşumların gelişmesinde rüzgar ile gelen yağmur, kuruma süresi ve dış katman özellikleri de etkili olmaktadır [62].

Bu uygulamada dikkat edilmesi gereken konular şunlardır;

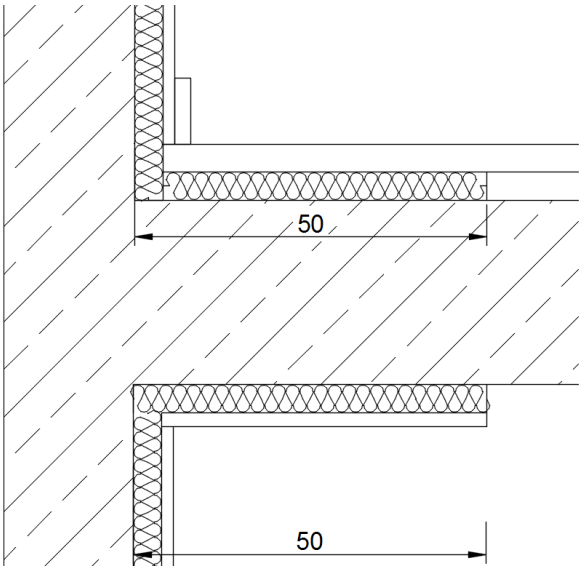
- Uygulama sırasında veya sonrasında hava koşullarına bağlı olarak gerek duyulursa örtü veya branda kullanılmalıdır. Uygulama çevresel etkenlerden korunmalıdır.
- Pencere, kapı, denizlik, balkon ve çatı kenarlarında su sızdırmazlık sağlanmalı, ısı yalıtım sisteminin buralardan su alması önlenmelidir.
- Zemin-duvar birleşiminde kapiler yolla, ısı yalıtım sistemine ulaşacak su engellenmelidir. Sistemin bir saat boyunca suya maruz kalması sonucunda kapiler yolla su emme miktarı 1 kg/m^2'den az olmalıdır [3].
- Yalıtım levhaları binili veya düz olabilir, iki durumda da aralarında derz kalmamalıdır. Binili ısı yalıtım levhası uygulaması Şekil 3.9'da gösterilmiştir.

Şekil 3.9 : Binili ısı yalıtım levhası uygulaması.

- Yapıştırıcıların cam mozaik gibi yapışması zor yüzeylerde akrilik esaslı özel yapıştırıcılar kullanılmalı veya gerekirse bu yüzeyler sökülmelidir.
- Kullanılan ısı yalıtım malzemesinin türüne bağlı olarak Binaların Yangından Korunması Hakkındaki Yönetmeliğe uygun olmalıdır.
- Isı yalıtım levhaları dış ortam şartlarından korunacak şekilde ve formuna zarar vermeden ambalajında belirtilen uygun depolama koşulları sağlanmalıdır. Özellikle mineral esaslı malzemeler uygulama sahasında nem ve rutubetten korunmalıdır.
- Mevcut binalarda uygulama öncesi pencere kenarlarının ve denizliklerin ısı yalıtım kalınlığını karşılayacak şekilde tekrar düzenlenmelidir.
- Yapı kabuğu tam kurumadan uygulama yapılmamalı.+5°C'nin altında ve 30°C'nin üstünde uygulama yapılmamalıdır.

3.2.2 Dış duvarlarda içten ısı yalıtımı

Dıştan yalıtım olanaklı olmayan durumlarda ısı yalıtımı içten uygulanır. İçten yalıtım uygulamaları yoğuşma riskinin daha fazla olduğu uygulamalardır. Kullanılan ısı yalıtım malzemesinin su buharı difüzyon direnci ve kalınlığına göre yoğuşma kontrolü yapılmalı ve sıcak tarafta buhar kesici uygulamasına karar verilmelidir. Buhar kesici kullanılırsa ek yerlerinde geçirimsizlik sağlayıcı bantlar kullanılmalı ve bu katman tespit elemanları ile delinmemelidir [7].



Şekil 3.10 : İçten yalıtımda tavan ve döşemelerde yalıtımın sürekliliği ile ısı köprüsünün ortadan kaldırılması (ölçek~1/10).

Duvardan gelen ısı yalıtımı, Şekil 3.10'da gösterildiği gibi, tavan ve döşemelerde en az 50 cm içeriye doğru devam ettirilir [63]. Tavana yapılan uygulamalarda ısı yalıtım levhaları dübellerle sabitlenmelidir. Gerek döşemede gerekse tavanda yalıtımdan kaynaklanacak kot farkı, ya beton dökümü öncesinde planlanarak betonarme döşeme içine yerleştirilerek ya da betona sonradan uygulandıktan sonra dolgu, yükseltilmiş döşeme veya asma tavan ile ortadan kaldırılabilir.

Bu uygulamalarda geleneksel tüm ısı yalıtım malzemeleri kullanılabilir. Şekil 3.11'de gösterilen iç yüzeyleri alçı plaka kaplı mineral esaslı ısı yalıtım panelleri de mevcuttur. Bu uygulamada dübel kullanılmasına gerek yoktur. Testere ile kesilerek uygun boyutlarda uygulanabilir. Yapıştırma işleminden sonra birleşim yerlerinde dolgu alçısı uygulanır ve birleşimler file ile güçlendirilir. Levhalar saten alçı sonrası boyanır.

Şekil 3.11 : Alçı plaka kaplı mineral esaslı ısı yalıtım levhası [64].

İçten yapılan ısı yalıtım uygulamalarında ısı yalıtım malzemelerinin yangın sınıfları çok önemlidir. Uygulamanın, Binaların Yangından Korunması Hakkındaki Yönetmelik'te belirtilen bina tipi ve işlevine göre malzeme ve bileşenlerin istenilen süre boyunca yangına dayanması gerekmektedir [13].

3.2.3 Sandviç duvarlarda ısı yalıtımı

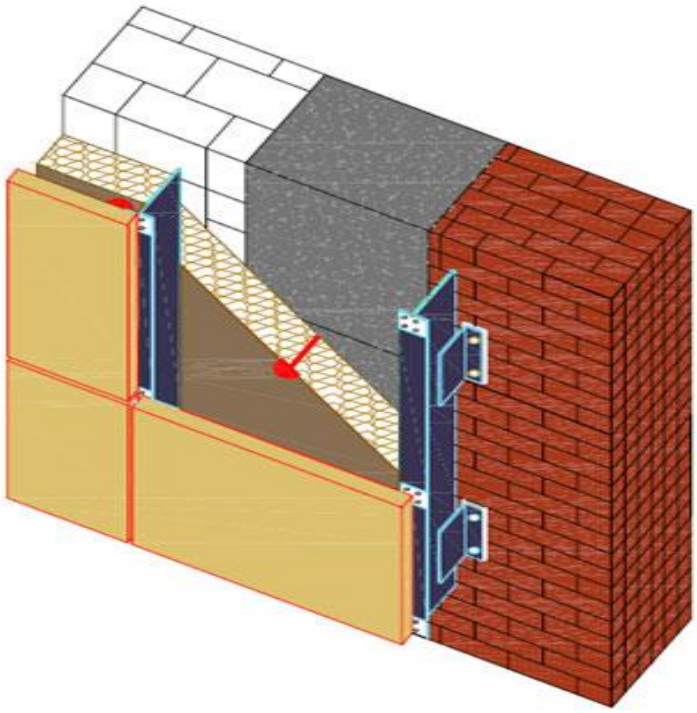
Isı yalıtım uygulamalarında kullanılan bir diğer yöntem sandviç duvar sistemleridir. Bu sistemlerde dıştaki duvar örüldükten sonra iç kısımda ısı yalıtım uygulanır. Daha sonra boşluk kalmayacak şekilde ikinci duvar örülür. İki örme duvar yatay ve dikeyde 50 cm aralıklarla özel Z tespit elemanları ile bağlanır. Kullanılan ısı yalıtım malzemesinin su buharı difüzyon direnci ve kalınlığına göre yoğuşma kontrolü

yapılmalıdır, gerekirse buhar kesici kullanılmalıdır. Dış duvarda buhar geçirimsiz sıva, boya veya tuğla kullanılmamalıdır. Geçirimsiz katmanlar hem inşaat süresince yapı elemanlarında oluşan nemin çıkmasını engeller, hem de yoğuşma ve tuzlanma riskini artırır.

Sandviç duvar uygulamalarında da dış duvarda döşeme, kolon, perde duvar kısımları ısı köprüsünü engellemek için yalıtılmalıdır. Böylece yoğuşma, küf, mantar oluşumu, yüzey problemleri ve korozyonun önüne geçilmiş olur. Kolon, kiriş ve perde duvarların yalıtımı beton dökülmeden kalıp içine yalıtım levhaları yerleştirilerek de yapılabilmektedir. Perde duvarı gibi geniş yüzeylerde file yerine galvanizli rabitz teli kullanılır. Bu uygulamada en az 8 adet/m^2 olacak şekilde mekanik sabitleme yapılmalıdır. Sandviç duvar uygulamalarında en önemli nokta ısı yalıtım levhalarının arasında boşluk kalmadan yatay ve dikey olarak aynı duvarda olmak üzere sabitlenmesidir.

3.2.4 Havalandırmalı giydirme cephelerde ısı yalıtımı

Bu uygulamalarda yapı kabuğu sıcak tarafta kalır. Dış kabuk ile ısı yalıtım malzemesi arasında havalandırma boşluğu bırakılır. Belirli ağırlıktaki cephe sistemleri bina taşıyıcısına sabitlenmelidir. Şekil 3.12'de havalandırmalı giydirme cephelerde ısı yalıtımının şematik gösterimi yer almaktadır.



Şekil 3.12 : Havalandırmalı giydirme cephelerde ısı yalıtımı [65].

Uygulamalarda genellikle son kat kaplama yükünü ve rüzgar yükünü binaya aktarmak için yatay ve dikey profiller ile taşıyıcı sistem kurulur. Bu profiller arasına yalıtım malzemesi mekanik olarak sabitlenir ve yalıtım malzemesinin korunması istenilen durumlarda üzeri örtü kaplanabilir. Bu koruyucu örtü yalıtım malzemesini ve arkasındaki duvar gövdesini rüzgar, yağmur, kar etkilerinden ve sızıntılardan korur. Isı yalıtım malzemesi ile son kaplama arasında yaklaşık en az 2,5 cm havalandırma boşluğu bırakılmalıdır [63]. Bu katman yapıdaki su buharının kolay dışarı atılmasını sağlar. Son kaplama katmanı olarak doğal taş, metal, kompozit panel kaplamalar veya cam malzemeler uygulanabilir.

Bu sistemlerde dikkat edilmesi gereken konu, cephe sisteminin zemin, çatı ve kapı/pencere birleşim detaylarında ısı yalıtımının çevresel koşullardan korunması için sistem bütünlüğünün sağlanmasıdır. Özellikle suyun sistem içine ulaşarak yalıtım malzemesine zarar vermesi engellenmelidir.

3.3 Temel/Bodrum ve Döşemelerde Isı Yalıtımı

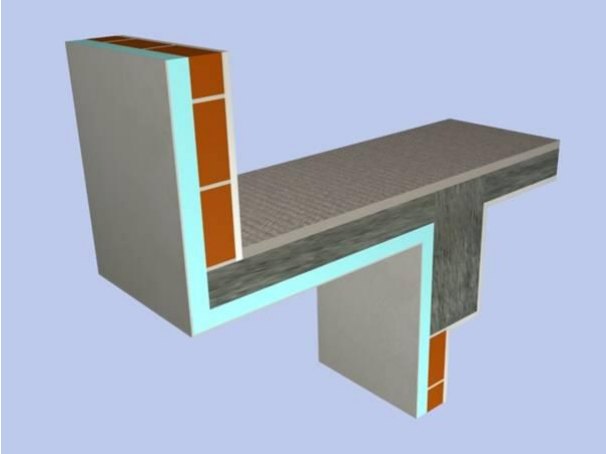
Temel ve bodrum duvarlarında yapılan uygulamalarda su ve nemin yanında basınca karşı dayanım da ön planda tutulmalıdır. Uygulamaların zemin üstüne çıktığı kısımların cephe ile bağlantıları ve gerekli bütün sızdırmazlıklar sağlanmalıdır. Bunlarla birlikte uygulamada dikkat edilmesi gereken konular şunlardır;

- Döşeme yüzeyi temiz ve düzgün olmalıdır.
- Yükler göz önüne alınarak yeterli basınç dayanımına sahip malzeme seçilmeli ve yüklerin düzgün dağılımı üzerine uygulanacak bir şap tabakası ile sağlanmalıdır. Şap tabakası uygulanırken ısı yalıtımına zarar verilmemelidir.
- Temel/bodrum duvarlarına dışarıdan sürme su yalıtımı uygulanıyorsa ısı yalıtım malzemesi ile uyumlu olmalıdır.
- Döşeme-duvar birleşiminde su yalıtımının arkasına su almasını ve levhaların ayrılmasını engelleyen bitiş detayı uygulanmalıdır.

3.3.1 Konsol döşemelerde (açık ve kapalı çıkmalarda) ısı yalıtımı

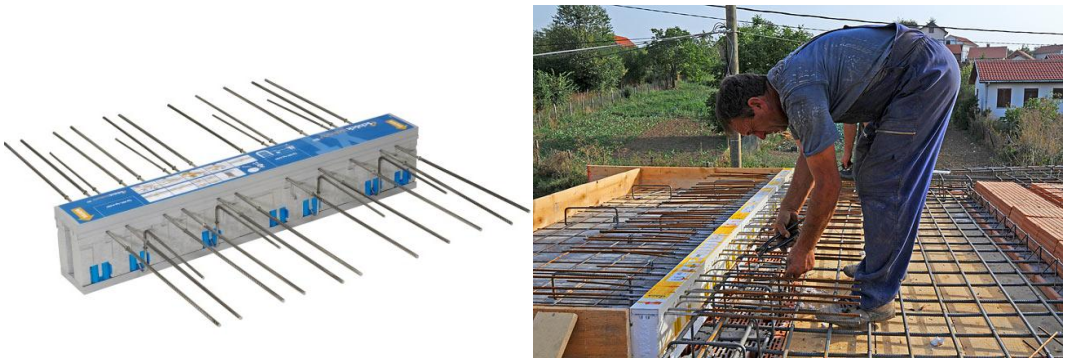
Konsol döşemelerin yalıtımı kapalı çıkmalar ve açık çıkmalar (balkon gibi) olarak iki grupta incelenebilir. Kapalı çıkmalarda ısı yalıtım performansı açısından dıştan yalıtım yapılması tercih edilmelidir. Bu uygulamalarda döşeme altı ve eğer varsa

kiriş etrafında ısı yalıtım sürekliliği sağlanarak duvardaki yalıtım ile bağlantısı kurulmalıdır. Bu uygulamada ısı yalıtım katmanı Şekil 3.13'te şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 3.13 : Kapalı çıkmalarda ısı yalıtımı [51].

Balkon gibi açık çıkma yapılması gereken uygulamalarda iki farklı uygulama yapılabilir. Birincisinde kısa kenarlarda kirişler ile taşınarak döşemeden ayrılabilir. Bu uygulamada döşeme ile sadece kiriş kesitleri kadar bir alandan ısı aktarımı yapılarak ısı köprüleri azaltılmış olur. İkinci uygulamada ise ısı yalıtım katmanı içeren özel donatılar kullanılarak ısı köprüsü oluşumu engellenmiş olur [51]. Şekil 3.14'te özel donatıların, döşeme ve balkon donatıları ile bağlantısının yapılması gösterilmektedir.



Şekil 3.14 : Açık çıkmalarda özel donatı uygulaması [66].

3.3.2 Zemin altındaki bodrum duvarlarında dıştan ısı yalıtımı

Zemin altında kalan duvarlarda ısı yalıtım levhaları, mekanların ısı yalıtımını sağlamak veya su yalıtımının dolgu yapılırken meydana gelen mekanik etkilerden korumak amacıyla uygulanır. Burada kullanılacak ısı yalıtım levhasının yoğunluğu,

basınç dayanımı ve su emme oranı önemlidir. Isı yalıtım malzemesinin yoğunluğu en az 30 kg/m^3, basınç dayanımı en az 300 kPa, su emme oranı en fazla %3, iki tarafı da zırhlı, kenarları binili olmalıdır [8]. Isı yalıtım levhaları uygulamasında bitüm esaslı yapıştırıcı veya çift tarafı yapışkan bitümlü örtüler kullanılarak yapıştırılır. Bu yapıştırma geçici bir süreliğinedir. Yapıştırmadan sonra hafriyat çukurunda kademeli olarak toprak dolgu yapılır. Burada dikkatli olunmasını gerektiren en önemli konu su yalıtımının delinmemesidir. Bu nedenle, bodrum duvarına uygulanmış su yalıtımının üzerine koruyucu olarak kaplanacak ısı yalıtım levhasının tespitinde dübel kullanılmaz.

Isı yalıtımı zemin seviyesine ulaşınca arkasına su geçmesini engelleyici bitiş detayı uygulanmalıdır. Eğer kullanılan su yalıtımı plastik/kauçuk esaslı ise XPS ile arasına jeotekstil keçe konulmalıdır. Isı yalıtımı ile teması engellenmezse, solvent geçişiyle yalıtım malzemesi deforme olmaktadır.

3.3.3 Toprak zemine oturan döşemelerde ısı yalıtımı

Tasarım aşamasında yapı sisteminin tamamını etkilediği için detaylı bir zemin analizi yapılmalıdır. Bu analiz sonucunda tasarlanan temel veya toprak zemine oturan döşeme yalıtımında gerekli dayanımlara sahip ısı yalıtım malzemesi kullanılır [67]. Isı yalıtım malzemesinin yoğunluğu en az 30 kg/m^3, basınç dayanımı en az 300 kPa, su emme oranı en fazla %3, iki tarafı da zırhlı, kenarları binili olmalıdır [8].

Zemine oturan döşeme sistemlerinde yapının toprak altı kısmında bulunan duvar ve döşemelerde, su yalıtımı uygulaması nedeniyle su buharı dışarıya çıkamaz ve yoğuşma riski oluşturabilir. Bunu engellemek için içerden, ısı yalıtımı üzerine sıcak tarafta polietilen veya bitüm esaslı buhar kesici kullanılmalıdır.

Kullanılan ısı yalıtımının uzun süre yüklere karşı mukavemeti yeterli olmalıdır. Yeterli mukavemete sahip değilse ahşap kadronlar arasında kullanılmalı ve kadronların üzeri kaplanmalıdır.

Kullanılan su yalıtımı plastik/kauçuk esaslı ise XPS ile arasına jeotekstil keçe konulmalıdır. Isı yalıtımı ile teması engellenmezse, solvent geçişiyle yalıtım malzemesi deforme olmaktadır. Isı yalıtım malzemesinin su emme özelliğine bağlı olarak su yalıtımının altında veya üstünde uygulanmalıdır.

3.4 Isı Yalıtım Uygulamalarının Yapıda Bulunduğu Yer Bakımından Performans Gereksinimleri ve Malzeme Özellikleri

Isı yalıtım sistemleri, bina kabuğunda bulunduğu ortam şartlarına göre değerlendirilmelidir. Büyük ölçekten düşünülürse yapının bulunduğu arazi şartları, konumu, yönlenmesi gibi faktörler ısı yalıtım sistemini etkilemektedir. Ayrıca, ısı yalıtımının çatı, duvar veya temelde olması durumlarına göre sağlaması gereken şartlar değişiklik göstermektedir. Isı yalıtımının bulunduğu konuma göre sağlaması gereken öncelikli performans gereksinimleri tasarım ve uygulama aşamasında göz önüne alınmalıdır.

Belirlenen performans gereksinimlerini karşılamak için ısı yalıtım malzemelerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre malzeme ve sistem değerlendirmesi yapılmalıdır. Böylece bütüncül bakış açısıyla, uygulama yapılacak alan şartları ve uygulama konumu için öncelikli performans gereksinimleri belirlenerek, bu gereksinimleri karşılayacak uygun özelliklere sahip ısı yalıtım malzemesi seçimi gerçekleştirilebilir.

Bu bölümde CPR'nin ülkemizdeki karşılığı olan Yapı Malzemeleri Yönetmeliği'nde belirtilen temel performans gerekleri [33] açıklandıktan sonra her bir performans gereksinimini etkileyen malzeme özellikleri, ısı yalıtımının yapıda bulunduğu konum göz önüne alınarak irdelenmiştir. Ayrıca, Çizelge 4.2'de gösterildiği üzere yapıda uygulanan konum için, kritik olan performans gerekleri ve malzeme özellikleri bir tablo ile özetlenmiştir.

3.4.1 Mekanik dayanım ve stabilite

Yapı Malzemeleri Yönetmeliği'nde tasarım ve uygulama aşamalarında, yapı tamamlandıktan sonra, yapının bir kısmının veya tamamının göçmemesi, büyük deformasyonlar oluşmaması, taşıyıcı sistemdeki deformasyonlar nedeniyle sistem veya ekipmanlarda hasar oluşmaması istenir. Uygulanan yapı elemanlarının ve sistemlerinin bu şartları sağlaması ve yeterli dayanımlara sahip olması gerekir.

Mekanik dayanım ve stabiliteyi etkileyen malzeme özellikleri; yoğunluk, sıcaklık dayanımı, boyutsal kararlılık, su buharı difüzyon direnci, basınç dayanımı ve su emme oranı olarak sıralanabilir. Bu özellikler malzemenin kullanım konumuna ve çevresel etkilere bağlı olarak, deforme olmaması için mekanik dayanım ve stabilite

gereksinimlerini etkilemektedir. Örnek olarak temel altında kullanılacak ısı yalıtım malzemesinin, belirli seviyede basınç dayanım değerine sahip olması gerekmektedir.

Yeterli basınç dayanımına sahip olmayan malzeme kullanımı sonucunda malzeme sıkışır, yoğunluğu artar ve ısı iletim değeri beklenenin üzerine çıkar ve istenen ısı yalıtım özelliğini gösteremez.

Yukarıda bahsedilen ortam şartlarına bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri ısı yalıtım malzemesinin doğru seçilmesinde önemli olmaktadır. Bu parametreler, ısı yalıtım malzemelerinin özellikleri ile beraber düşünülmeli ve en etkin malzeme seçimi ve sistem çözümü tasarım aşamasında belirlenmelidir. Uygulama aşamasında, projesine uygun ve doğru şekilde uygulama gerçekleştirilmelidir.

3.4.2 Enerji tasarrufu ve ısı korunumu

Yapı Malzemeleri Yönetmeliği'nde yapım işlerinin tasarım ve uygulamalarında, yapının ısıtma, soğutma, aydınlatma ve havalandırma sistemlerinin kullanıcılar ve yapının bulunduğu iklim koşulları göz önüne alınarak, az enerji tüketecek şekilde planlanması beklenilmektedir. Ayrıca, yapının inşa edilme ve geri dönüşüm amacıyla sökülmesi sırasında da az enerji harcanarak enerji verimliliğinin sağlanması beklenilmektedir.

Enerji tasarrufu açısından bina kabuğu tasarımında, ısı yalıtımı bulunduğu ortam şartlarına göre değerlendirilmelidir. Büyük ölçekten düşünülürse yapının bulunduğu arazi şartları, konumu, yönelimi gibi etkenler enerji tüketimini ve dolayısıyla ısı yalıtım sistemini etkilemektedir.

Isı yalıtım sisteminin performans gereksinimlerini sağlamasında etkili olan özellikler; ısıl direnç, su buharı geçirgenliği ve su emme miktarı olarak sıralanabilir [3]. Isıl direnç, tasarım aşamasında hesaplamalar sonucunda uygun kalınlığa sahip malzeme seçiminde etkilidir.

Su buharı geçirgenlik özelliği ise doğru katmanlaşma ile yoğuşma riskinin oluşmaması ve yalıtım malzemesinin bünyesinde suyun etkisiyle ısıl performansına zarar vermemesi için önemlidir. Su emme miktarı fazla olan malzemelerin bünyesinde uzun süre kalan su, malzeme yapısına zarar vermektedir.

3.4.3 Yangın durumunda emniyet

Yapı Malzemeleri Yönetmeliği'ne göre yapım işlerinin tasarım ve uygulamalarında; yapının yük taşıma kapasitesinin belirli bir süre azalmaması, yangın ve duman oluşumunun ve yayılmasının sınırlanması, yangının çevre yapılara yayılmasının engellenmesi, kullanıcıların yapıyı güvenli bir şekilde terk edebilmesinin sağlanması ve kurtarıcı ekiplerin emniyetlerinin sağlanması gerekmektedir.

Binaların Yangından Korunmasına Dair Yönetmelik'e ilişkin bölüm 2.4.5'te yer alan kurallara uyulmalıdır. Bu yönetmeliğe göre; yüksek binaların cephelerinde zor yanıcı malzeme (A2 sınıfı), diğer binalarda ise en az zor alevlenici malzeme (A1, A2, B ve C sınıfı) kullanılmalıdır [13].

3.4.4 Gürültüye karşı koruma

Yapı Malzemeleri Yönetmeliği'ne göre yapılar, kullanıcıların ve çevredeki insanların konforlu bir şekilde uyuma, dinlenme ve çalışmaları için gerekli ses düzeylerini sağlamalıdır. Tasarım aşamasında detay çözümlerinin, kritik noktalarda ses iletimini engelleyecek şekilde yapılması gerekmektedir.

3.4.5 Doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı

Yapı Malzemeleri Yönetmeliği'ne göre yapım ve yıkım süreçlerinde, doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı çerçevesinde, malzemelerin tekrar kullanılabilen veya geri dönüştürülebilen malzemeler olması, dayanıklı olması, çevreye uyumlu hammadde veya ikincil maddelerden üretilmiş olması gerekmektedir.

Malzemelerin hammadde kaynaklarının çevreye etkileri, üretim sürecinde harcanan enerji miktarı, nakliye sırasında tüketilen enerji miktarı, malzemenin tekrar işlem görmeden kullanılabilmesi, geri dönüşümünün mümkün olması gibi faktörler malzeme seçimi ve uygulanması sırasında göz önüne alınmalıdır [68].

3.4.6 Hijyen sağlık ve çevre

Yapı Malzemeleri Yönetmeliği'ne göre yapıların yaşam döngüsü boyunca, yapımında çalışan işçileri, kullanıcıları veya çevredeki insanları hijyen, sağlık ve güvenlik açısından tehdit etmeyen, yapım, kullanım ve yıkım süreçlerinde iklim ve çevreye zarar vermeyecek şekilde tasarlanması ve uygulanması gerekmektedir. Bunun için; zehirli gaz salınımı, iç veya dış ortama tehlikeli parçacık salınımı, sera

gazları ve tehlikeli madde salınımı ve son olarak radyasyon yayılımı durumları tasarım aşamasında öngörülmeli ve uygulama aşamasında engellenmelidir.

Yeraltı, yerüstü sularına ve toprağa zararlı madde sızıntısı, atık su tahliyesinde ve bacalardan, katı veya sıvı atıkların zararlı olmaması sağlanmalıdır. Ayrıca, yapı elemanları veya sistemlerinde kısmen veya tamamen rutubet oluşmamalıdır. Rutubet oluşumuna neden olan etkenler ortadan kaldırılmalıdır.

3.4.7 Kullanımda erişilebilirlik ve güvenlik

Yapı Malzemeleri Yönetmeliği'ne göre yapılar; kullanım, bakım ve onarım sırasında kayma, düşme, yanma, çarpma, patlama, elektrik çarpması ve hırsızlık gibi kazalara ve hasar riskleri oluşmayacak şekilde tasarlanmalı ve uygulanmalıdır.

Çizelge 3.4'te ısı yalıtım sistemlerinin yapıda bulunduğu konuma göre sağlaması gereken öncelikli performans gereksinimleri ve bu performans gereksinimlerinin etkileyen malzeme özelliklerini içeren tablo yer almaktadır. Bu tabloda ısı yalıtım sistemi tasarımı ve uygulamasında dikkat edilmesi gereken noktalar belirtilmektedir. Alan çalışması bölümünde yer alan uygulamalar bu öncelikler göz önüne alınarak incelenmiştir.

Çizelge 3.4 : Binada bulunduğu konuma göre ısı yalıtım malzemesinin öncelikli sahip olması gereken özellikler.

	ISI YALITIMININ BULUNDUĞU KONUM											
	ÇATI						DUVAR				TEMEL/BODRUM	
Yapı Malzemeleri Performans Gereksinimleri ve İlgili Malzeme Özellikleri	Eğimli Çatılarda Döşeme Üzeri	Eğimli Çatılarda Mertekler Arası	Eğimli Çatılarda Mertek Üzeri	Gelenekesel Düz Çatılar	Ters Çatılar	Sandviç Çatı Panelleri	Dış Duvarlarda Kompozit Sistem (ETICS)	Dış Duvarlarda İçten	Sandviç Duvarlar	Havalandırmalı Giydirme Cepheler	Zemin Altı Duvarlarda Dıştan	Toprak Temaslı Döşemelerde
1-Mekanik Dayanım ve Stabilite	●	○	●	●	●	○	●	●	○	●	●	●
a) Yoğunluk	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
b) Sıcaklık Dayanımı	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
c) Boyutsal Kararlılık		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
d) Su Buharı Difüzyon Direnci	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
e) Basınç Dayanımı			+	+	+		+	+			+	+
f) Su Emme Oranı		+	+	+	+		+	+		+	+	+
2-Enerji Tasarrufu ve Isı Korunumu	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
a) Isı İletkenliği	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3-Yangın Durumunda Emniyet	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
a) Yangın Dayanımı	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
4-Gürültüye Karşı Koruma	○	○	○	○	○	○	●	●	●	●		
a) Ses Direnci	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
5-Doğla Kaynakların Sürdürülebilir Kullanımı	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
6-Hijyen, Sağlık ve Çevre	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
7-Kullanımda Erişebilirlik ve Güvenlik	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Not: ● Çok önemli ○ Önemli

4. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Isı yalıtım sistemleri konusunda yurt içinde ve yurt dışında yapılmış bilimsel araştırmalar ve özgün çalışmalar genel olarak (i) literatür derlemesi olarak yapılmış çalışmalar, (ii) benzetim programları ve hesap metotları ile yapılmış çalışmalar ve laboratuvar/deneysel/ölçme üzerine yapılmış araştırmalar, son olarak (iii) alan (inceleme) çalışmaları olarak sınıflandırılabilir. Bu bölümde, gözden geçirilen bilimsel özgün çalışmalardan tez konusu ile doğrudan ilişkili olması nedeniyle, ağırlıklı olarak alan çalışmalarına ve elde ettikleri pratik sonuçlara yer verilmiştir.

4.1 Literatür Derlemeleri

Literatür derlemesi olan çalışmalarda, yeni ve özgün bir çalışma yerine, genellikle belirli bir konu üzerine yapılmış çok sayıdaki yayınlardan özgün bilimsel araştırmalar gözden geçirilir, incelenir ve bilimsel bir yazıda/raporda uzun bir kaynak listesi ile birlikte tüm çalışmaların ve sonuçların genel bir değerlendirmesi ve tartışması yapılır. Isı yalıtımı konusunda yayınlanmış bir derlemede Kaynaklı [69] bina kabuğundaki ısı yalıtım malzemelerinin optimum kalınlığının belirlenmesi ve enerji tüketimine etkisi hakkında son yıllarda yapılan yayınları incelemiştir ve optimum kalınlık değerlerini ve ekonomik analiz yöntemlerini karşılaştırmıştır. Ayrıca, ısı yalıtım kalınlığı belirlemede kullanılabilecek pratik bir uygulama ve optimum değere etki eden parametreleri araştırmıştır.

Sezer [70] ısı yalıtım yönetmeliğinin gelişimini araştırmış, Avrupa ülkeleri ile ülkemizdeki ısı yalıtım malzemesi tüketimini karşılaştırmıştır. Son olarak, dış duvarlardaki ısı yalıtım sistemleri ile ilgili genel bilgiler vermiştir.

Serdaroğlu [71] çalışmasında eğimli çatılarda oluşan ısı ve su yalıtım sorunlarını ve çözüm önerilerini araştırmıştır. Çalışmada, eğimli çatılar ile ilgili tanımlar, malzeme çeşitleri ve özellikleri, ürün seçimi, detay çözümü ve uygulama yöntemleri yer almaktadır.

4.2 Benzetim Programları ve Laboratuvar Çalışmaları

Benzetim programları, hesap modelleri ile yapılan çalışmalar ve laboratuvar araştırmaları ısı yalıtım incelemelerinde bir diğer yöntemdir. Kılınç ve arkadaşları [72] çalışmalarında 30 m^2 alana sahip iki odalı bir yapı inşa ederek farklı ısı yalıtım uygulamalarının ısı geçirgenliklerini araştırmıştır. İnşa edilen yapının duvarlarında ısı yalıtımının içten, dıştan ve sandviç duvar uygulamalarını termal kamera ile incelemiştir. Ayrıca, duvarlardaki katmanların sıcaklıkları da kayıt altına alınmıştır. Deneysel sonuçlar ile *Fluent* programı kullanılarak yapılan hesaplamalar karşılaştırılmıştır.

Özel [73] çalışmasında dış duvar ısı yalıtımının optimum kalınlığını dinamik şartlar altında araştırmıştır. Hesaplamalar Elazığ ili için 'implicit sonlu farklar metodu' kullanılarak yapılmıştır. EPS ısı yalıtım malzemesinin farklı yakıt türleri için yapılan analizde Elazığ ili için optimum kalınlık ve ısıtma sistemi için yakıt belirlenmiştir. Edis ve Kuş [74] bina kabuğunun nemsel-ısıl davranışının analizinde kullanılan yazılımları inceledikten sonra, bu yazılımlardan biri olan WUFI 2D ile oluşturulan bir tip duvarı incelemişlerdir. Sonuç olarak, yazılım kullanılarak nemsel-ısıl davranışın analiz çalışmalarında yazılım seçimi ve benzetim ile değerlendirme süreçleri ayrıntıda incelenmiştir.

Faggal [75] çalışmasında, güney ve batıya yönelmiş dört farklı duvarı, enerji korunumu ve ısıl konfor açısından karşılaştırmıştır. Bu karşılaştırmayı bir benzetim programı olan Energy Plus 3.1 kullanarak yapmıştır. Sonuç olarak en uygun duvar bileşenleri belirlenmiştir.

Gürel ve Cingiz [76] çalışmalarında farklı yapı malzemeleri ve yalıtım sistemleri ile yalıtılmış bir bina dış duvarında gerçekleşen ısı kaybını hesaplamışlar, ömür maliyet analizine göre (LCCA) optimum ısı yalıtım kalınlıkları, geri ödeme süreleri ve enerji tasarruf oranlarını belirlemişlerdir.

Aksoy ve Keleşoğlu [77] çalışmalarında bina kabuğu opak bölümlerindeki enerji kayıplarını, bina kabuğu yüzey alanı, yön durumu ve yalıtım kalınlığına göre araştırmışlardır. Hesaplamalarda "explicit sonlu fark" yaklaşımını kullanmışlardır. Sonuç olarak, Elazığ ili iklimsel koşulları için en fazla ısı kayıplarının oluştuğu yön, enerji tasarruf oranlarını ve geri ödeme sürelerini hesaplamışlardır.

Nyers ve Komuves [78] çalışmalarında 2015 yılı Sırbistan iklim koşulları için "toplam maliyet metodu"nu kullanarak bina kabuğu için en uygun ısı yalıtım kalınlığını araştırmışlardır. Araştırma sonucu olarak, belirlenen duvar bileşenleri için ısı yalıtımının kalınlığı, sistemin metrekare birim maliyeti ve geri ödeme süreleri hesaplanmıştır.

Nyers ve arkadaşları [79] yatırım maliyetine dayalı bir analiz yöntemi kullanarak ısı yalıtımının enerji ve ekonomi bakımından optimum kalınlığını araştırmıştır. Çalışmanın sonucunda, 2015 Sırbistan koşullarında EPS ısı yalıtım malzemesi için optimum kalınlık ve geri ödeme süresi hesaplanmıştır.

Kaynaklı ve arkadaşları [80] çalışmalarında güneş ışınımını dikkate alarak ısı yalıtım malzemesinin dış duvarlarda optimizasyonunu incelemiştir. İstanbul ili için farklı yönlerde yapılan hesaplamalarda derece-gün tabanlı optimizasyon kullanılarak ömür döngüsü maliyet analizi yapılmıştır. Sonuç olarak, doğu, batı, kuzey ve güney yönleri için sırasıyla optimum ısı yalıtım kalınlıkları 4,8 cm, 4,8 cm, 5,2 cm ve 4,3 cm elde edilmiştir.

Erdabak [81] çalışmasında, farklı formlarda uygulanan ısı yalıtım sistemlerinin sıcaklık değişimleri ve ısı köprüsü oluşumlarına etkilerini incelemiştir. Sivas ilinde gerçekleştirilen alan çalışması ile belirlenen yapıların iç ve dış ortam koşulları termal kamera ile incelenmiştir. Ayrıca, *fluent* paket programı ile ısı geçişi analizleri yapılmıştır. İç ve dış yüzey sıcaklıkları, ısı geçişinin miktarı yapı elemanı düzleminde ve ısı köprüsü oluşan noktalarda karşılaştırılmıştır.

Elesawy ve Masera [82] çalışmalarında, Kahire'de yer alan çok katlı bir konut binasında ısı yalıtım yenileme projesini incelemiştir. Bunun için ısı yalıtımın dıştan, ortadan ve içten uygulanma durumları benzetimle irdelenmiştir. Sonuç olarak, dıştan yalıtımın konfor şartlarına en uygun yöntem olduğu belirtilmiştir.

Barreira ve Freitas [83] kompozit dış yalıtım sistemlerinin ısıl ve nemsel davranışlarına etki eden en önemli kriterleri; dış kaplama malzemesinin ısıl ve nemsel özellikleri, cephe sisteminin özellikleri, iç ve dış ortam şartlarının dış yüzey yoğuşmasındaki etkileri, rüzgar kaynaklı yağmur ve kuruma süreçleri açısından incelemiştir. Bu amaçla kullanılan sayısal modelle gerçekleştirilen analiz sonucunda dış ortam yoğuşmasını en fazla etkileyen parametreler; dış ortam sıcaklığı ve bağıl nem, atmosferik radyasyon ve dış kaplama yansıtıcılığı olarak belirlenmiştir. Rüzgar

kaynaklı yağmurun ise genellikle yatay yağmur, bina yüksekliği, rüzgar hızı ve yönüne bağlı olduğu belirtilmiştir. Kuruma kapasitesini ise kısa dalga boyu emilimi, ani güneş ışınımı ve yönelim etkilemektedir.

Collina ve Lignola [84] çalışmalarında, kompozit dış yalıtım sistemlerinin enerji tasarrufu ve konfor şartlarının gerçekleştirilmesi için sağladıkları katkının dışında, sıcaklık değişiklikleri nedeniyle oluşan gerilmelerden bina taşıyıcı sistemini korumasını incelemiştir. Sonuç olarak, kompozit dış yalıtım sistemlerinin, dış duvarlarda oluşan gerilmeleri %75 oranında azalttığı tespit edilmiştir.

4.3 Alan Çalışmaları

Künzel ve arkadaşları [85] çalışmalarında Avrupa'da yer alan belirli yapılarda 35 yıllık süre içerinde periyodik olarak gerçekleştirilen, kompozit ısı yalıtım sistemlerinde oluşan kusurların incelemesi ve değerlendirmesini yapmıştır. Değerlendirme; yüzey kirliliği ve yosun, mantar ve küf oluşumu, mekanik direnç ve sağlamlık, bakım ve onarım açısından yapılmıştır. Sonuçta, geleneksel duvarlarla performans, maliyet ve bakım sıklığı açısından karşılaştırma yapılmıştır. ETICS uygulamalarında geleneksel duvarlara oranla, daha az hasar oluşmuştur. Bakım maliyeti ve sıklığı ise ETICS ve geleneksel duvarlarda yaklaşık olarak eşit bulunmuştur.

Edis ve Türkeri [86] kompozit dış yalıtım sistemlerinde XPS çekme polistrenin kalıcılığını belirlemek amacıyla, atmosfer, kullanıcı, tasarım ve uygulama etkenlerini göz önüne alarak alanda bina incelemeleri yapmıştır. Bunun için, İstanbul'da yer alan bazı üreticiler ve uygulayıcılar için bir anket formu hazırlamıştır. İncelenen uygulamalarda meydana gelen bozulmalar, bozulmanın nedenine göre sınıflandırılmıştır. Çalışma kapsamında incelenen 44 adet binada 1-7 yıllık dönem arasında neredeyse hiç bozulma olmadığı tespit edilmiştir. Ancak, iç bozulma olarak kullanıcıların uygun kullanmaması, uygun olmayan tasarım, hatalı uygulamalara, soyulmalara ve deliklere rastlamışlardır.

Kon ve Yüksel [87] çalışmalarında Balıkesir Üniversitesi kampüsündeki iki binada dış duvarların optimum yalıtım kalınlıklarını ve enerji tüketimlerini tespit etmiştir. Çalışma kapsamındaki binaların ısıtma yükleri ve buna bağlı olarak optimum yalıtım kalınlıkları, enerji tüketimleri ve geri dönüş süreleri hesaplanmıştır. Hesaplamalar,

derece-gün yöntemi ve ömür maliyet analizine göre yapılmıştır. Sonuç olarak, her iki binada 9 farklı yalıtım malzemesi için optimum yalıtım kalınlığı hesaplanmıştır. İlk bina için optimum kalınlık 8-14,1 cm, ikinci bina için 3-11,5 cm olarak hesaplanmıştır.

İşbilir [88] çalışmasında İzmir'de yer alan bazı kamu ve özel sektör binalarında ısı yalıtım malzemeleri, özellikleri, uygulamaları ve karşılaşılan sorunları incelemiştir. Enerji tasarrufu sağlanması amacıyla mimari detayların uygulamaları gözden geçirilmiştir. Ayrıca, incelenen binaların yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçları hesaplanmıştır. Son olarak, ısı yalıtım uygulamalarının mevzuata uygun gerçekleştirilmesi için önerilerde bulunmuştur.

Aydın [89] gerçekleştirdiği alan çalışmasının ilk bölümünde, Trabzon ilinde belirlenen konutlarda ısıl konfor koşullarını değerlendirmek için anket çalışması yapmıştır. Daha sonra, belirlenen bazı konutların ısıl korunum analizleri yapılmıştır. Mevcut durum belirlendikten sonra alternatif olarak önerilen ısı yalıtım sistemlerinin analizi yapılmıştır. Sonuç olarak, ortaya çıkan veriler istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

Yılmaz [90] çalışmasında belirlediği 10 farklı apartmanın ısı yalıtım uygulamalarını incelemiştir. Bu amaçla, hesaplamalar yapılmış ve uygulama sonucunda elde edilen termal kamera görüntüleri incelenmiştir. Isı yalıtımlı ve yalıtımsız durumlarda harcanacak enerji miktarları hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda optimum yalıtım kalınlığının 6 cm olmasına rağmen 2-3 cm kalınlıkta olan uygulamalar tespit edilmiştir. Yoğuşma analizleri de yapılarak, uygulama sırasında yalıtım kalınlığının yeterli olmaması ve işçilik hataları gibi nedenlerle oluşan sorunlara değinilmiş ve önerilerde bulunulmuştur. En çok karşılaşılan ısı yalıtım sorunları; kolon-kiriş birleşimlerinde ve süsleme amacıyla yapılan profil uygulamalarının kalınlıklarının yetersizliği olarak tespit edilmiştir.

Asdrubali ve arkadaşları [91] İtalya'nın Umbria bölgesinde seçilen 6 adet farklı duvar tipinde ısıl geçirgenlik ölçümleri yapmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda teorik olarak hesaplanan U değerleri ile gerçekleşen U değerlerinin birbirini tam olarak karşılamadığını, bu uyuşmazlığın yalıtım katmanı olmayan ısı bloklarından oluşan monolitik duvarlarda daha fazla olduğunu tespit etmiştir. Altı farklı uygulama için hesaplanan ve gerçekleşen U değerlerindeki farklılık en az olan örnekte %15

(hesaplanan: 0,33 W/m^2K, gerçekleşen: 0,39 W/m^2K), en fazla olan örnekte %43 (hesaplanan: 0,32 W/m^2K, gerçekleşen: 0,56 W/m^2K) olarak tespit edilmiştir. Oluşan farkın nedenleri; üreticilerin pazarlama stratejisi olarak malzeme özelliklerini fazla göstermesi, malzemelerin ısıl performanslarının laboratuvar ortamında test edilmesi, uygulamanın doğru yapılmaması ve yağmur, rüzgar vb. gibi çevresel etkenler olarak tespit edilmiştir.

Amaro ve arkadaşları [92] dış duvar kompozit ısı yalıtım sistemlerinde oluşan sorunların tespit edilmesi, sorunun belirlenmesi ve onarımının sağlanması için standart bir inceleme yöntemi geliştirmiştir. Bu yöntemde, oluşan sorunların çeşitleri, nedenleri, sahada gerçekleştirilen testler ve onarım teknikleri sınıflandırılmıştır. Bu parametreler arasındaki ilişki, korelasyon matrisleri yardımıyla ifade edilmiştir. Bu kapsamda 146 farklı cephede yer alan ısı yalıtım uygulamaları incelenmiştir. Her bir sorun için sorun tespiti, bakım ve onarım tekniklerini de içeren bir dosya oluşturulmuştur.

Sarıtabak [93] tez çalışmasında yapımı tamamlanmış ve halen kullanılan belirlediği bazı binaların yapı kabuğunda termal kamera ile çevresel etmenler karşısında performansını incelemiştir. İnceleme kapsamında dış duvar bileşenleri ve birleşim noktaları oluşturulan model ile sistematik bir şekilde incelenmiş, ısıl ve nemsel performansları ile ilgili genel değerlendirmeler yapılmıştır.

Anastaselos ve arkadaşları [94] ısı yalıtım sistemlerini enerji tüketimi, maliyet ve çevresel etkileri bakımından değerlendirmiştir. Kullanıcıların piyasadaki çeşitli yapı malzemeleri arasından seçim yaparken, karşılaştırma yapılmasını kolaylaştıracak bir çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmada geliştirilen değerlendirme yöntemi, Avrupa'da yeni ve mevcut binalarda kullanılan dıştan ısı yalıtımlı kompozit sistemler ve sandviç duvarlar için uygulanmıştır.

Barreira [95] çalışmasında, dış duvarlarda dıştan kompozit ısı yalıtım sistemlerde (ETICS) yönlenmenin, rüzgar etkisiyle ulaşan yağmurun ve dış yüzeyde oluşan yoğuşmanın yüzey nemlenmesine etkisini araştırmıştır. Bu amaçla, belirlenen bir binanın dört farklı cephesi bir yıl boyunca gözlemlenmiştir. Dış ortam şartları; sıcaklık, uzun dalga radyasyonu, rüzgar kaynaklı yağmur ve bağıl nem gibi parametreler ile değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, yüzeydeki biyolojik oluşumların neden olduğu ısı yalıtım sistemi problemleri incelenmiştir.

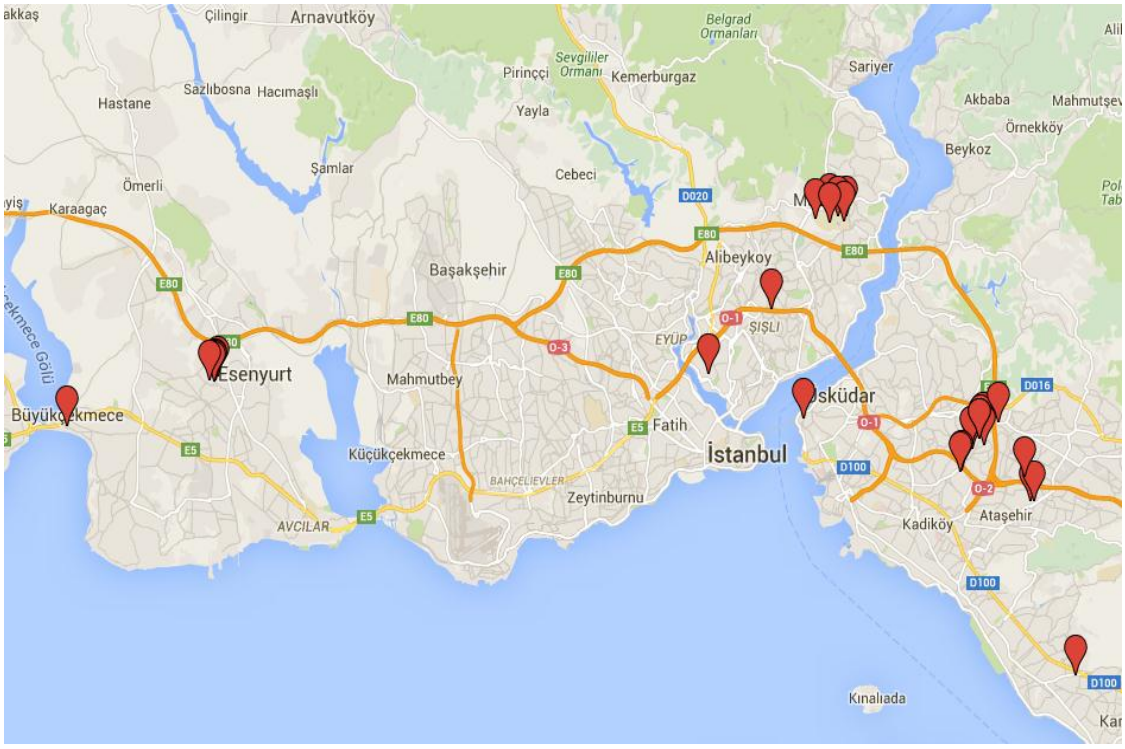
Freitas ve Freitas [96] çalışmalarında dıştan ısı yalıtımlı kompozit sistemlerde oluşan çatlakları, ısı yalıtım birleşimleri açısından incelemiştir. Isıl, nemsel ve mekanik davranışların analizini de içeren, yapı kabuğunda oluşan sorunların incelenmesi için bir yöntem geliştirilmesi amaçlanmıştır. Sonuç olarak, çatlakların oluşumunda yapı elemanlarının birleşimleri ve malzeme özeliklerinin ve çevresel koşulların etkili olduğu tespit edilmiştir.

Lamberto ve Manfren'in [97] çalışmalarında, yeni ve mevcut binalarda yapı bileşenleri, ısıl-fiziksel özellikler ve iklime bağlı ısıtma ve soğutma enerji ihtiyacı açısından çok ölçekli analiz yaklaşımı yer almaktadır. 16 farklı binada yapılan analizler yapı bileşeni, sistem ve alt sistem ölçeğinde incelemeleri içermektedir. Yapım sürecinde kullanılan veri analizi ve optimizasyon tekniklerinin etkinliğinin arttırılarak, binaların benzetim programlarından elde edilen sonuçlar ile gerçek performans değerlerinin karşılaştırması yapılmıştır.

5. ALAN ÇALIŞMASI

Alan çalışması, Marmara Bölgesi'nde yer alan İstanbul ilinde gerçekleştirilmiştir. İstanbul ili iklim açısından ılıman iklim özelliklerine sahiptir; yazları sıcak ve nemli, kışları soğuk ve yağışlıdır. Hakim rüzgar ise kuzeydoğu yönünden esen poyrazdır. Coğrafi konum olarak Karadeniz ve Marmara denizlerinin birleştiği noktada olması nedeniyle ortalama sıcaklıklar yıllara göre değişiklik gösterebilmektedir.

Alan çalışması öncesinde, projelerine ve şantiye sahalarına ulaşılabilecek ve diğer verilerini elde etme olanağı öngörülen bazı bina ve şantiyeler listelenmiştir. Bu listedeki toplam 33 bina ve şantiye için ön incelemeler yapılmıştır. İncelenen yapılar iklim bölgesi ve taşıyıcı sistemleri açısından ortak özellik göstermektedir. İkinci iklim bölgesinde yer alan yapılar, yapım aşamaları, tipolojileri ve kat adetleri bakımından farklı uygulamaları temsil etmektedir. Isı yalıtımı uygulamalarının yapısal performans açısından değerlendirilmesi ve ısı yalıtımının etkinliği araştırılan binaların konumları Şekil 5.1'deki harita üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 5.1 : Gözlem ve inceleme yapılan binaların harita üzerindeki konumları.

Ön incelemeden sonra bu çalışma kapsamına alınan yapı sayısı 19, değerlendirilen nokta, detay veya problem sayısı ise 54'tür. Belirlenen noktalarda ısı yalıtımı uygulamalarının etkinliği incelenmiş ve yapısal performans değerlendirmesi yapılmıştır. Bu amaç doğrultusunda karşılaşılan durumlar, görsel analiz yapılarak sistematik bir yaklaşımla kayıt altına alınmıştır. İnceleme yapılan 19 adet binaya ait bilgiler Çizelge 5.1'de gösterilmektedir. Alan çalışması kapsamında incelenen yapılar ısıl performans gerekleri açısından şantiyede gözlem yapılarak ve projelerinden detayları gözden geçirilerek değerlendirilmiştir. İnceleme yapılan 19 bina arasında, 8 adet kamu binası, 9 adet özel sektör binası, 2 adet ise kamu-özel işbirliği kapsamında gerçekleştirilen binalar bulunmaktadır. Bunlardan 3 adedi mevcut binaya yapılan uygulamalar, 16 adedi çeşitli aşamalarda devam eden yeni yapılardaki uygulamalardır.

Çizelge 5.1 : İnceleme yapılan binalara ait bilgiler.

Yapı Kodu	Tipoloji	Mülkiyet	Durum	İlçe
1	İlköğretim Okulu	Kamu	İnce İşler Uyg.	Esenyurt
2	İlköğretim Okulu	Kamu	İnce İşler Uyg.	Sarıyer
3	Lojman	Kamu	Kaba İşler Uyg.	Sarıyer
4	Konut	Özel	İnce İşler Uyg.	Ümraniye
5	Konut	Özel + Kamu	İnce İşler Uyg.	Ataşehir
6	Spor Salonu	Kamu	İnce İşler Uyg.	Esenyurt
7	İlköğretim Okulu	Kamu	İnce İşler Uyg.	Esenyurt
8	Konut	Özel	İnce İşler Uyg.	Ümraniye
9	Konut	Özel	Mevcut/Mantolama	Ümraniye
10	Kamu Hizmet Binası	Kamu	İnce İşler Uyg.	Büyükçekmece
11	Konut	Özel	İnce İşler Uyg.	Ümraniye
12	Konut+Ofis+Avm	Özel	İnce İşler Uyg.	Mecidiyeköy
13	Yüksek Öğretim Binası	Kamu	İnce İşler Uyg.	Sarıyer
14	Konut	Özel	Mevcut/Mantolama	Ümraniye
15	Konut	Özel	Mevcut/Mantolama	Ümraniye
16	Konut+Ofis+Avm	Özel + Kamu	Kaba İşler Uyg.	Maltepe
17	Yüksek Öğretim Binası	Kamu	Kaba İşler Uyg.	Sarıyer
18	Konut+Ofis	Özel	İnce İşler Uyg.	Ataşehir
19	İlköğretim Okulu	Özel	İnce İşler Uyg.	Ümraniye

5.1 İnceleme Formu Oluşturma

Alan çalışmasına başlamadan önce, incelenecek binalara ait bilgilerin/verilerin sistematik olarak işlenmesi ve yapılacak gözlemlerin yerinde kaydedilmesi amacıyla bir "mevcut durum inceleme formu" hazırlanmıştır. Alan çalışması sırasında bu form kullanılarak tüm binaların verileri toplanmıştır. Binaların projelerinden edinilen ayrıntılar, sahada elde edilen bilgiler ve karşılaşılan özel durumlar sistematik bir şekilde kaydedilerek, değerlendirmesi yapılmıştır. Isı yalıtımı uygulamaları ile doğrudan ilgili olarak tanımlanan sorunlar ile birlikte ısıl performansın etkinliği değerlendirilmiş; ayrıca mevcut şartlar dikkate alınarak performans problemleri olası nedenleriyle tartışılmıştır. Mevcut durum inceleme formunun boş bir örneği EK A'da verilmiştir. Aşağıda verilen alt başlıklarda oluşturulan inceleme formunun bölümleri ve içerikleri sunulmaktadır.

5.1.1 Yapıya ilişkin genel bilgiler

İnceleme formunun ilk bölümünde binanın konumu, iklim bölgesi, bulunduğu bölgenin yıl içi ortalama sıcaklıkları, deprem bölgesi, hakim rüzgar yönü, mülkiyetinin kime ait olduğu, kullanım amacı, yapım aşaması, yaklaşık bina boyutu, temel ve taşıyıcı sistemi, kat adedi, ortalama kat yüksekliği, çatı tipi vb. genel bilgiler bulunmaktadır.

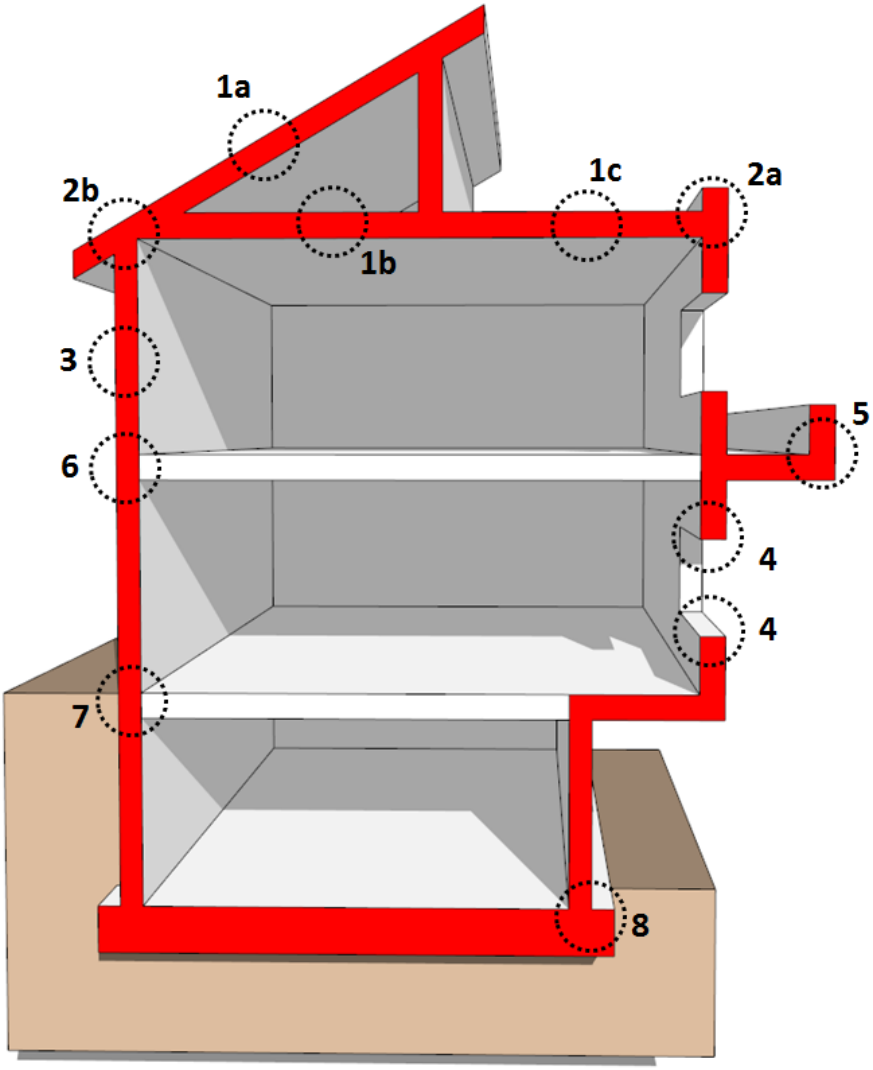
5.1.2 Isı yalıtımının incelendiği yapı elemanları ve birleşimleri

Bina kabuğu bir bütün olarak düşünüldüğünde ısı yalıtım uygulamaları yapı elemanlarının bünyesinde veya elemanların birleşim bölgelerinde olabilmektedir. İki yapı elemanının birleşimi: çatı-duvar, duvar-pencere/kapı, duvar-döşeme ve bodrum/temel duvarı-zemin döşemesi olarak değerlendirilmektedir.

İnceleme formunun ikinci bölümünde, çalışma kapsamında incelenen uygulamalar bina kabuğunda yer alan yapı elemanları ve birleşimleri bakımından 8 ayrı grupta sınıflandırılmıştır. Ancak, her bir yapı elemanının farklı tiplerine göre farklı uygulamaları da kapsaması açısından bazı gruplar ayrıca alt bölümlere ayrılmıştır. Bu gruplar ve alt bölümler inceleme formunun ikinci kısmında yer almaktadır. Isı yalıtımının etkinliği ve performansının değerlendirmesinde kullanılan yapı elemanı ve birleşim grupları Çizelge 5.2'de verilmiş ve yapıda bulundukları noktalar Şekil 5.2'de yer alan şemada ayrıca gösterilmiştir.

Çizelge 5.2 : Bina kabuğunda ısı yalıtımı uygulanan elemanlar ve birleşimler.

Yapı Elemanı/Birleşimi	**Durum Kodu**
Çatı Bünyesinde	
Eğimli sıcak çatı	1a
Eğimli soğuk çatı	1b
Teras çatı	1c
Çatı-Parapet/Saçak-Duvar Birleşimi	
Teras çatı-parapet	2a
Eğimli çatı-saçak-duvar	2b
Duvar Bünyesi	3
Duvar-Pencere/Kapı Birleşimi	4
Duvar-Açık Çıkma Birleşimi	5
Duvar-Döşeme Birleşimi	6
Duvar-Temel/Bodrum Birleşimi	7
Temel/Bodrum-Döşeme Birleşimi	8



Şekil 5.2 : Bina kabuğunda ısı yalıtımının ve birleşimlerinin konumları.

5.1.3 Isı yalıtım sorununun belirlenmesi

İnceleme formunun üçüncü bölümünde, ısı yalıtım sorununun bina kabuğundaki konumu belirlendikten sonra hangi aşamada ortaya çıktığı, belirlendiği yer ve sorunun tanımlanması yer almaktadır.

5.1.3.1 Isı yalıtım sorunun oluştuğu aşama

Isı yalıtım sorunları, tasarım aşamasında, şantiyede uygulama aşamasında veya çevresel etkenler nedeniyle oluşabilmektedir.

Tasarım

Tasarım aşamasında, eksik veya yanlış malzeme bilgisi ile uygulamanın yapılacağı mevcut ortam şartlarının dikkate alınmaması sonucu performans gereklerinin yeterli ölçüde karşılanmaması, yanlış veya uygun olmayan/yetersiz detay tasarımı genellikle sorunların en büyük kaynağını oluşturmaktadır. Ayrıca, tasarım aşamasında yanlış malzeme seçimi erken bozulmalara ve hasarlara yol açabilmektedir. Tasarım aşamasında ilgili mevzuatta öngörülen şartların sağlanması da kontrol edilmelidir. Alan çalışmasında bazı uygulama projelerinde sistem kesiti ve nokta detaylarının hiç olmaması durumuyla da karşılaşılmıştır. Sonuç olarak, binalarda performans gereklerinin tam anlamıyla sağlanabilmesi, tasarım aşamasında doğru detayların öngörülmesi ile başlayan sürecin şantiyelerde projeye bağlı kalınarak birebir uygulanmasıyla gerçekleştirilebilir.

Uygulama

Yeterli niteliğe sahip uygulama projeleri elde edildikten sonra alanda gerçekleştirilen tüm uygulamalar projeye, standartlara, yönetmeliklere ve teknik kurallara uygun olmalı, ayrıca uygulamanın her aşamasında kontrol edilmelidir. Deneyimsiz işçi ve ustaların yanlış ve eksik uygulamaları, şantiyede uygulama sırasında bilinçli veya bilinçsiz yapılan detay değişiklikleri, uygulama sırasındaki uygun olmayan ortam şartlarına rağmen uygulamanın gerçekleştirilmesi gibi nedenlerle uygulama aşamasında performans sorunları ortaya çıkmaktadır.

Çevresel Etkenler

Tasarım ve uygulama aşamalarında gerekli şartlar sağlandıktan sonra dış ortam şartları, öngörülmeyen sorunların oluşmasına neden olabilmektedir. Uygulamanın tek

seferde tamamlanamamaması, kesintiye uğraması durumlarında çevresel etkenlere karşı koruyucu önlemler alınmalıdır. Bu önlemlerin alınmadığı durumlarda uygulama yağmur, nem ve rüzgar gibi etkenler nedeniyle zarar görebilmekte, hatta bazı durumlarda malzeme deformasyonu oluşmaktadır.

5.1.3.2 Isı yalıtım sorununun belirlendiği yer

Katmanlaşma

Tasarım ve uygulama aşamalarında oluşturulan detaylarda, kullanılan yapı malzemelerinin katmanlaşma sırası, malzemelerin birbirine etkisi, malzeme özellikleri, malzeme kalınlıkları göz önüne alınmalıdır. Gerekli konfor şartlarının sağlanması, iç ve dış ortam şartlarının göz önünde bulundurularak, gerekli hava, su ve rüzgar sızdırmazlıklarının sağlanması, yoğuşmanın önlenmesi gibi konular doğru katmanlaşma ile yerine getirilebilir.

Birleşim/Bağlantı

Malzemeler belirli boyut sınırları içerisinde üretilebildiğinden, her katmanın yapısal sürekliliği birleşim ve bağlantıları yapılarak sağlanır. Bu birleşim ve bağlantılar mekanik sabitleyiciler, yapıştırıcılar, derz dolguları, su sızdırmazlık bantları, mastikler gibi elemanlar kullanılarak yapılmaktadır. Bu uygulamalar yapılırken ısı yalıtım sürekliliğinin sağlanması ve gerekli sızdırmazlıkların sağlanması, ısı yalıtım performansı açısından önemlidir.

Farklı yapı elemanı birleşimi

Çatı, parapet, duvar, pencere, kapı, balkon, temel, bodrum gibi yapı kabuğunda yer alan, konum ve ihtiyaçlara göre farklı katmanlaşmalara sahip olan yapı elemanlarının birleşimlerinde ısı yalıtım katmanının sürekliliği sağlanmalı, çevresel etkenlere maruz kalması engellenmeli, gerekli sızdırmazlıklar sağlanmalıdır. Yapı elemanlarının birleşimlerinin doğru detaylandırılmaması, uygulanmaması gibi hatalar veya öngörülemeyen şartlara bağlı olarak ortaya çıkan bozulmalar nedeniyle performans sorunları oluşabilmektedir.

5.1.3.3 Isı yalıtım sorunun tanımlanması

Isı yalıtım sorununun yerinin ve aşamasının belirlenmesinin ardından sorunun tanımlanması yapılmaktadır. Karşılaşılan sorunlar; ısı köprüsü oluşumu, ısı yalıtımı

uygulanmaması, hatalı bitiş/bağlantı, malzeme deformasyonu, işçilik, uygulamanın kesintiye uğraması, sızdırmazlık, hatalı depolama, zeminin uygun olmaması, yalıtım kalınlığının yetersiz olması, yanlış malzeme kullanılması, malzemenin amaç dışı kullanımı, yangın sınıfı uygun olmayan malzeme kullanılması olarak sıralanabilir.

Isı yalıtım incelemelerinde belirli bir uygulamada yukarıdaki sorunların sadece bir tanesinin oluştuğu veya ortaya çıkan bir sorunun başka sorunlara da yol açarak zincirleme performans sorunlarına yol açtığı tespit edilmiştir.

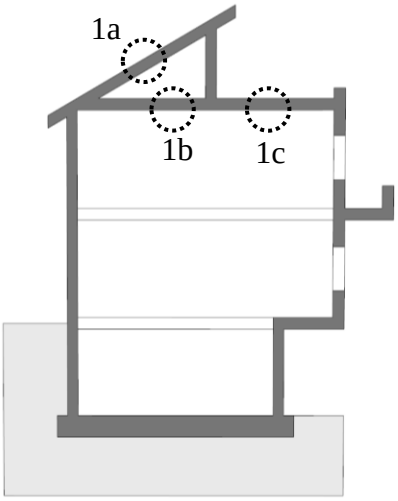
Son olarak, inceleme formunun dördüncü bölümünde incelenen detayların katmanlaşma sırası şematik olarak gösterilmektedir. Tespit edilen sorunun fotoğrafı ve açıklaması da burada yer almaktadır. Ayrıca, bazı detaylar için uygulanan ısı yalıtım malzemesinin özellikleri verilerek ısıl geçirgenlik değerleri hesaplanarak, kontrolü yapılmaktadır.

5.2 Isı Yalıtım Sistemlerinin Bina Kabuğunda Bulunduğu Konuma Göre İncelenmesi

Alan çalışması kapsamında incelenen 19 yapı, ısı yalıtım sistemlerinin bina kabuğunda bulundukları konuma göre, sekiz grupta olmak üzere toplam 54 inceleme ile değerlendirilmiştir. Bu gruplardan ikisi yapı elemanı bünyesinde, kalan yedisi ise yapı elamanlarının diğer yapı elemanları ile birleşimlerinde gerçekleştirilen incelemeleri içermektedir. Son olarak, uygulama sahalarında karşılaşılan ve yapı kabuğundan bağımsız olarak değerlendirilen diğer problemler yer almaktadır. İncelemelerde ilk olarak yapıya ait genel bilgiler yer almaktadır. Daha sonra tasarım ve uygulama aşamasındaki mevcut durum tespit edilmiş, tasarım ve uygulamaya ait çizim veya fotoğraflar üzerinden açıklamalar yapılmıştır. Oluşan performans sorunu oluşum aşaması ve nedenleri ile açıklanmıştır. Gerekli durumlar için hesaplarla kontrolleri yapılarak değerlendirilmiştir. Son olarak, ısı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından değerlendirmeler yapılmıştır.

5.2.1 Çatı bünyesinde ısı yalıtımı uygulamaları

Çatı bünyesinde ısı yalıtım uygulamaları; eğimli sıcak çatılar (1a), eğimli soğuk çatılar (1b) ve teras çatılar (1c) olmak üzere üç kısımda, altı örnek ile ele alınmıştır. İncelenen farklı durumlar Şekil 5.3'te şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.3 : Çatı bünyesinde incelenen durumların şematik gösterimi.

5.2.1.1 Eğimli sıcak çatılar (durum 1a)

Bu bölümde, iki farklı örnekte aynı kamu yapısında bulunan betonarme taşıyıcılı eğimli sıcak çatıda yapılan incelemeler yer almaktadır.

Örnek-1

Yapı (Ek U) İstanbul ili Beyoğlu ilçesinde bulunan özel bir ilköğretim okuludur. İnce işler uygulama aşamasında olan yapının yaklaşık boyutu 16m×30m'dir. Betonarme taşıyıcı sisteme sahip olan yapıda bodrum, zemin ve 2 normal kat bulunmaktadır. Isıtma sistemi ise kaloriferdir.

Bu yapının betonarme eğimli çatısında (durum 1a) Şekil 5.4'te gösterilen cam yünü ısı yalıtım şiltesi ahşap kadronlar arasına uygulanmakta, daha sonra osb ahşap levhalar ile kaplanmakta ve son olarak bitümlü membran uygulaması yapılmaktadır.

Şekil 5.4 : Isı yalıtım malzemelerinin uygulama sırasında deforme olması (Ek U-D53).

Uygulamada çatı derelerine gelen kırılma noktalarında, cam yünü ısı yalıtım şilteleri kesilerek uygun forma getirilmeden, sıkıştırılarak uygulanmakta ve deforme olmaktadır. Bu noktalarda ısı yalıtım malzemesinin kalınlığı sıkıştırma nedeniyle azalmaktadır. Sıkıştırılarak yoğunluğu artan malzemenin ısı iletkenliği artmaktadır.

Sonuç olarak, uygulama aşamasında ısı yalıtım malzemesinin yanlış işçilik nedeniyle deforme olarak uygulanması performans sorunlarına yol açmaktadır.

Isı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) mekanik dayanım ve stabilite: cam yünü şilteler uygulama sırasında sıkıştırıldığı için deforme olmuştur ve dayanımları uygulama aşamasında zarar görmüştür, (ii) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: ısı yalıtım malzemesinin sıkıştırılarak uygulandığı noktalarda homojen kalınlık sağlanmadığı için yeterli ısı yalıtım değerini sağlamayacaktır, (iii) yangın durumunda emniyet: malzemenin yangın sınıfı A1 olduğu için uygundur, değerlendirmeleri yapılmıştır.

Örnek-2

Aynı yapıya ait (Ek U) çatı uygulamalarında karşılaşılan bir diğer sorun kadronların betonarme çatıya montajı sırasında farklı yüksekliklerde uygulanmasıdır. Çatının büyük bölümünde ahşap kadronlar betonarme yüzeye arasında boşluk kalmayacak şekilde sabitlenerek yük aktarımı yapmaktadır. Ancak Şekil 5.5'te gösterilen noktalarda döşeme ile ahşap kadronlar arasında boşluk kalmıştır.

Şekil 5.5 : Isı yalıtım malzemelerinin sabitlenmeyerek serbest kalması (Ek U-D54).

Beton yüzey ahşap kadronlardan aşağıda kaldığı için, ısı yalıtım malzemesi kadronlar arasına değil beton yüzeye serbest olarak uygulanmaktadır. Buralarda uygulanan cam

yünü ısı yalıtım şiltesi sabitlenemediği için serbest kalarak, yer çekimiyle aşağıya doğru hareket etmekte ve üst üste gelerek deforme olmaktadır. Yukarıdaki kısımlar ise tamamen yalıtımsız kalmaktadır.

Sonuç olarak, uygulama aşamasında ısı yalıtım malzemesinin sabitlenmeden uygulanmasıyla hatalı işçilik nedeniyle malzeme deformasyonu performans sorunlarına yol açmaktadır.

Isı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) mekanik dayanım ve stabilite: cam yünü şilteler uygulama sırasında sabitlenmediği için, zaman içerisinde deforme olacaktır, (ii) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: serbest kalan ısı yalıtım malzemesinin hareketiyle üst kısımlar yalıtımsız kalacak, uygulama yalıtım görevini yerine getiremeyecektir, değerlendirmeleri yapılmıştır.

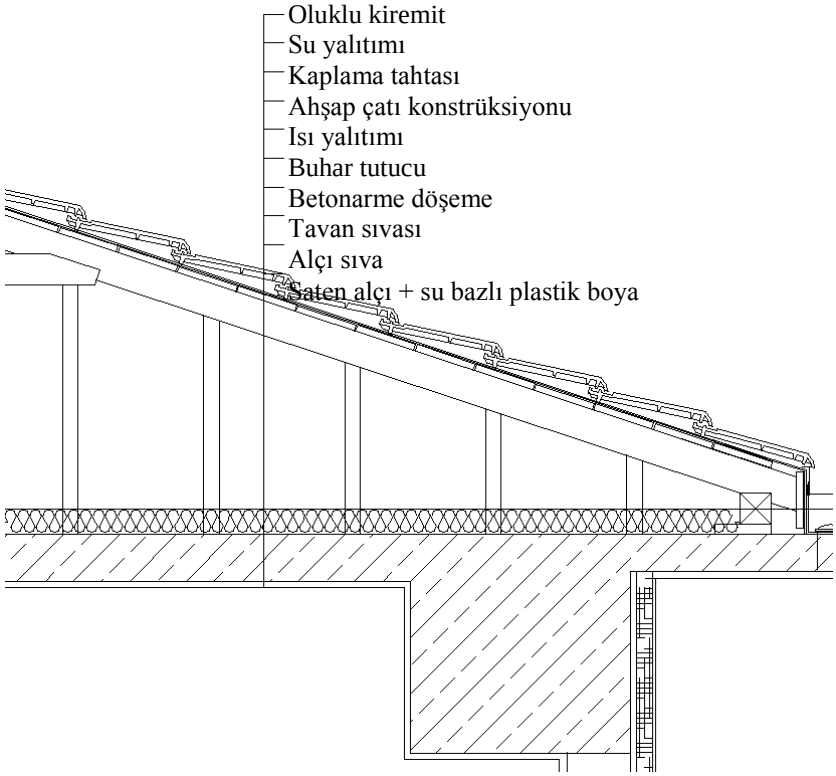
5.2.1.2 Eğimli soğuk çatılar (durum 1b)

Bu bölümdeki örnekte bir kamu yapısında bulunan eğimli soğuk çatıda yapılan inceleme yer almaktadır.

Örnek-3

Yapı (Ek B) İstanbul ili Esenyurt ilçesinde bulunan, kamuya ait bir ilköğretim okuludur. İnce işler uygulama aşamasında olan yapının taban alanı yaklaşık 20m×80m'dir. Betonarme taşıyıcı sisteme sahip olan yapıda bodrum, zemin ve 5 normal kat bulunmaktadır. Bu kamu yapısında ısıtma sistemi ise merkezi sistem kaloriferdir.

Şekil 5.6'da uygulama projesinde yer alan soğuk çatı arası (durum 1b) detayı hiçbir değişiklik yapılmadan gösterilmektedir. Detayda betonarme döşeme üzerinde buhar tutucu, üzerinde ısı yalıtımı yer almaktadır. Isı yalıtımının kalınlığı belirtilmemiş, uygulama projesinde yapılan ölçüm ile 5 cm kalınlığında olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, ısı yalıtım malzemesinin çeşidi de projede belirtilmemiştir. İlgili makamlarca onaylanan projede TS 825'e göre sağlaması gereken ısıl geçirgenlik hesaplamaları ve kontrolleri de yer almamaktadır. Kamuya ait bu projede, Binalarda Enerji Performansı (BEP) Yönetmeliği'ne göre binaların yıllık enerji tüketim değerlerine bağlı performans sınıfını içeren 'Enerji Kimlik Belgesi' düzenlenmesi zorunlu olmasına rağmen [9] böyle bir belge düzenlenmemiştir.



Şekil 5.6 : Soğuk çatı uygulama projesi detayı (Ek B-D1, ölçek~1/20).

a) **b)** **c)**

Şekil 5.7 : a) Ahşap çatıda ısı yalıtım uygulanan döşeme, b) Cam yünü ısı yalıtım şiltelerinin paketleri, c) Uygulama son hali (Ek B-D1).

Şekil 5.7'de gösterilen uygulamada, ısı yalıtımının altına buhar tutucu uygulaması yapılmamıştır. Isı yalıtım şilteleri (8 cm cam yünü) döşeme üzerine serilmiş, üzerine (projesinde önceden tasarlanmayan) hava geçirgen ve su itici özellikte dokunmamış kumaş (*nonwoven polyester*) kullanılmıştır.

Uygulanan çatı döşeme katmanlarının Çizelge 5.3'te gösterilen TS 825'e göre 2. iklim bölgesinde yer alan yapıların soğuk çatıları için sağlaması gereken ısıl

geçirgenlik değeri kontrol edilmiştir. Yapılan hesaplama sonucunda (Ek B-D1) çatının U_T değerinin tavsiye edilen en fazla U değerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir (0,047 W/ m^2K > 0,38 W/ m^2K).

Çizelge 5.3 : TS 825'e göre 2. iklim bölgesi için tavsiye edilen en fazla U değerleri [8].

U_D (W/ m^2K)	U_T (W/ m^2K)	U_t (W/ m^2K)	U_P (W/ m^2K)
0,57	0,38	0,57	1,8

Sonuç olarak proje aşamasında yeterli ısı yalıtım kalınlığının hesaplanmadığı, uygulama aşamasında ise yeterli yalıtımın uygulanmadığı hesaplamalar sonucunda görülmüştür. Dolayısıyla katmanlaşma tasarım ve uygulamasının performans problemine yol açtığı tespit edilmiştir.

Bu uygulama için ısı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) mekanik dayanım ve stabilite: çatı arasında yapım, bakım ve onarım sırasında işçilerin yalıtıma basmamaları ve yalıtım malzemesini ezmemeleri için önlem alınmamıştır, (ii) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: sistem bütünü, yönetmelikte belirtilen ısıl direnç değerini sağlamamaktadır, (iii) yangın durumunda emniyet: malzemenin yangın sınıfı A1 olduğu için uygundur, değerlendirmeleri yapılmıştır.

Soğuk çatı uygulamalarında buhar dengeleyici kullanılacaksa, buharın ısı yalıtımına ulaşmasını engellemek için ısı yalıtım malzemesinin altında uygulanmalıdır. Eğer üzerinde uygulanırsa soğuk yüzey ile karşılaşan buhar ısı yalıtım malzemesinin iç kısmında yoğuşacaktır. Bu durumda, suya maruz kalan ısı yalıtım malzemesi performans kaybına uğrayacaktır. Bu uygulamada ısı yalıtım malzemesi üzerine serilen kumaş ek yerlerinden birleştirilmediğinden su buharı açısından engelleyici değildir.

5.2.1.3 Teras Çatılar (durum 1c)

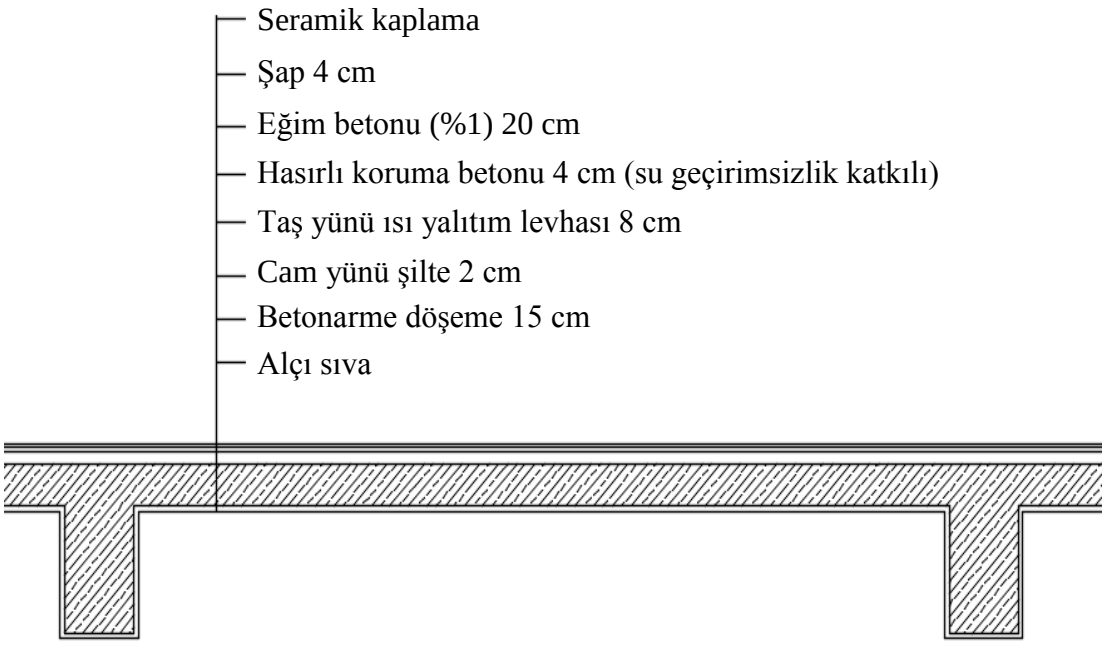
Bu bölümde, üç farklı örnekte kamu yapılarında bulunan çeşitli teras çatılarda yapılan incelemeler yer almaktadır.

Örnek-4

Yapı (Ek H) İstanbul ili Esenyurt ilçesinde bulunan kamuya ait iki bloktan oluşan bir ilköğretim okuludur. İnce işler uygulama aşamasında olan yapının her bir bloğunun

taban alanı yaklaşık 32m×76m'dir. Betonarme taşıyıcı sisteme sahip olan her bir blokta bodrum, zemin ve 4 normal kat bulunmaktadır. Isıtma sistemi merkezi sistem kaloriferdir.

Bu yapıda, uygulama projesinde yer alan teras çatı (durum 1c) detayı Şekil 5.8'de gösterilmektedir. Uygulama projesinde 15 cm betonarme döşeme üzerine ısı yalıtımı olarak 2 cm cam yünü şilte ve 8 cm taş yünü ısı yalıtım levhası öngörülmüştür.



Şekil 5.8 : Uygulama projesinde yer alan çatı detayı (Ek H-D27, ölçek~1/20).

Uygulama alanında yapılan incelemelerde Şekil 5.9'da gösterilen detayın projeye göre uygulanmayıp, farklı uygulandığı tespit edilmiştir. Isı yalıtım olarak sadece 2 cm XPS kullanılmıştır. Detayın diğer katmanları da farklı uygulanmıştır.

Uygulanan çatı döşeme kesitinde yapılan U değeri kontrolünde TS 825'e göre 2. iklim bölgesinde yer alan çatılar için gereken U_T değerini sağlamadığı tespit edilmiştir (1,09 W/ m^2K > 0,38 W/ m^2K). Ayrıca, TS 825'e göre yapılan yoğuşma kontrolünde (Ek H) yoğuşma meydana gelmemiştir. Ancak yapı elemanı iç yüzey sıcaklığı 17°C'nin üzerinde olduğundan küf oluşma riski vardır. Yapı elemanı standartta belirtilen bütün şartları sağlamadığından standarta uygun değildir.

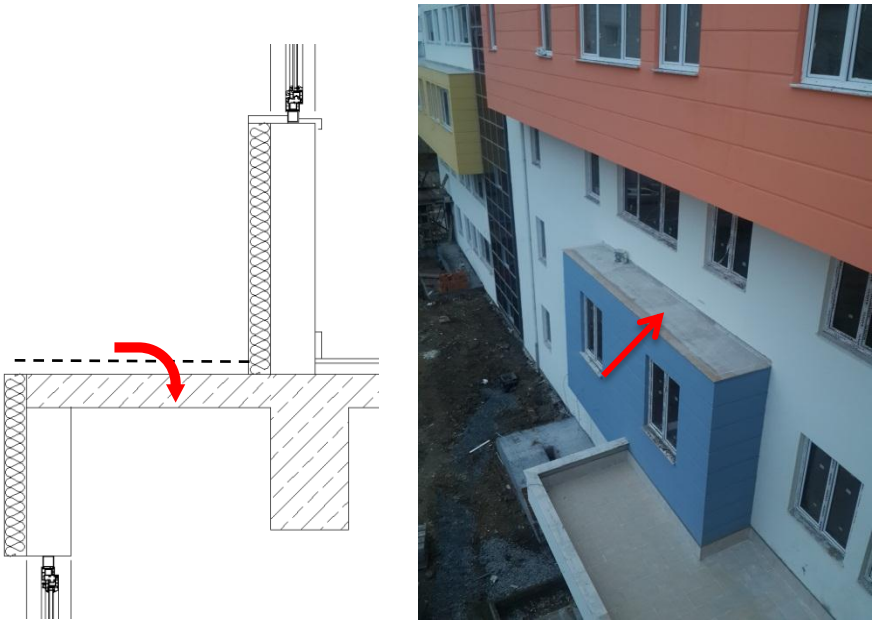
Sonuç olarak, teras çatı bünyesinde gerçekleştirilen ısı yalıtım uygulaması, uygulama aşamasında projesine uygun gerçekleştirilmediği ve ısı yalıtım malzemesinin yeterli olmayan kalınlıkta uygulanması nedeniyle katmanlaşma sorunu oluştuğu tespit edilmiştir.

Şekil 5.9 : Uygulamanın projeden farklı olması (Ek H-D27).

Isı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: sistem bütünü, yönetmelikte belirtilen ısıl direnç değerini sağlamamaktadır, (ii) yangın durumunda emniyet: malzemenin yangın sınıfı E olmasına rağmen, üzeri koruyucu beton ile kaplandığı için uygundur, değerlendirmeleri yapılmıştır.

Örnek-5

Genel bilgileri bölüm 5.2.1.2'de verilen yapıya ait (Ek B) Şekil 5.10'da gösterilen noktada (durum 5a), ısı yalıtım uygulamasının yapılmadığı, sadece su yalıtım uygulaması yapıldığı uygulayıcı tarafından belirtilmiştir. Isı yalıtım yapılmayan bu kısımda ısı köprüsü oluşacaktır.



Şekil 5.10 : Isı yalıtımının uygulanmaması (Ek B-D4, ölçek~1/10).

Sonuç olarak, uygulama aşamasında çıkma üzerinde ısı yalıtımı uygulanmaması nedeniyle ısı köprüsü oluşumu tespit edilmiştir.

Isı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) mekanik dayanım ve stabilite: bu bakımdan bir problem oluşmamıştır, (ii) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: uygulama aşamasında çıkma üst kısmında ısı yalıtım malzemesinin uygulanmaması nedeniyle ısı köprüsü oluşmaktadır, (iii) yangın durumunda emniyet: bu bakımdan bir problem oluşmamıştır, değerlendirmeleri yapılmıştır.

Örnek-6

Yapı (Ek K) İstanbul ili Büyükçekmece ilçesinde bulunan bir kamu hizmet binasıdır. İnce işler uygulama aşamasında olan yapının yaklaşık boyutu 55m×80m'dir. Betonarme taşıyıcı sisteme sahip olan yapıda, bodrum, zemin ve 3 normal kat bulunmaktadır. Isıtma sistemi ise HVAC'dır.

Şekil 5.11'de bu yapıya ait teras çatı uygulamasında yağmur suyu gideri detayı gösterilmektedir. Bu uygulamada çatı uygulaması tamamlanmış, ancak yağmur suyu giderinin bağlantısı yapılmamıştır. Böylece ısı yalıtımı, çevresel etkenlere maruz kalabilecek şekilde bırakılmıştır. Buradan iç kısımlara doğru sızan yağmur suyu, çatı performansı açısından sorun oluşturacaktır. Eğer engellenmezse yoğun yağmur suyu döşemenin altına geçerek alt kattaki tavana sızma riski bulunmaktadır.

Sonuç olarak, çatı bünyesinde uygulama aşamasında yapı elemanlarının birleşim ve bağlantıları tamamlanmayarak sızdırmazlık sağlanmadığı için performans sorunu oluşmuştur.

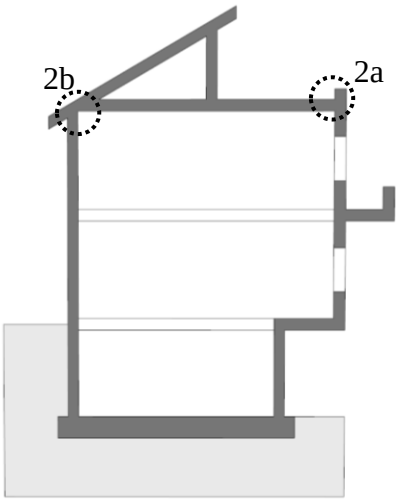
Şekil 5.11 : Çatıda yağmur suyu giderinin bağlantısının yapılmaması (Ek K-D40).

Isı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: birleşim ve bağlantısının doğru yapılmaması nedeniyle sistem içerisine sızan su, ısıl performansı olumsuz etkileyecektir, (ii) yangın durumunda emniyet: malzemenin yangın sınıfı E olmasına rağmen, üzeri koruyucu beton ile kaplandığı için uygundur, değerlendirmeleri yapılmıştır.

Çatı bünyesinde yapılan incelemeler sonucunda, tasarım ve uygulama aşamalarında gerekli önlemler alınmayan uygulamaların çok büyük maliyetlere yol açtığı tespit edilmiştir. Tamamlandıktan sonra üzeri kaplanan/kapatılan uygulamalarda oluşan sorunlar fark edilememekte ve yapı kullanıma başladıktan sonra sorunlara yol açabilmektedir. Ortaya çıkan sorunların giderilmesi sırasında bütün uygulama sökülerek tekrar uygulama yapılması gerekmektedir. Bu sorunların önüne geçebilmenin en iyi yöntemi çok gelişmiş bir kontrol sistemi kurmak, her uygulamayı ve aşamasını projesine uygun yapılmasının sağlanmasıyla mümkün olabileceği düşünülmektedir.

5.2.2 Çatı-parapet/saçak-duvar birleşimi

Çatı-parapet/saçak birleşimleri (2a) ve parapet/saçak-duvar birleşimleri (2b) toplam altı örnek ile ele alınmıştır. İncelemelerin beşi kamuya ait, bir tanesi ise özel sektöre ait yapılarda yapılmıştır. İncelenen durumlar Şekil 5.12'de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.12 : Çatı-parapet/saçak-duvar birleşimlerinde incelenen durumların şematik gösterimi.

5.2.2.1 Çatı-parapet/saçak birleşimi (durum 2a)

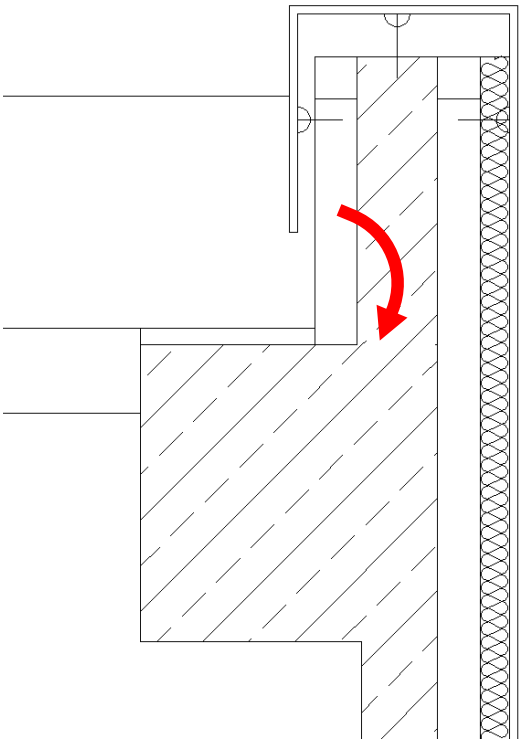
Bu bölümde, çatı-parapet/saçak birleşimleri kamu veya özel sektöre ait dört farklı örnekte yapılan incelemeler ile ele alınmıştır.

Örnek-1

Yapı (Ek C) İstanbul ili Sarıyer ilçesinde bulunan kamuya ait bir ilköğretim okuludur. İnce işler uygulama aşamasında olan yapının yaklaşık boyutu 30m×80m'dir. Betonarme taşıyıcı sisteme sahip olan yapıda, bodrum, zemin ve 4 normal kat bulunmaktadır. Isıtma sistemi ise kaloriferdir.

Yapıya ait, üzerinde gezilemeyen düz çatıda, çatı döşemesi ve parapet birleşimi için (durum 2a) şantiyede yapılan uygulama Şekil 5.13'te şematik olarak gösterilmektedir. Bu uygulamada, cephede uygulanan ısı yalıtımı parapet üst kısmına kadar devam etmiştir. Ancak parapet iç kısmına devam etmeyerek, çatı döşemesinde uygulanan ısı yalıtımı ile birleşimi yapılmamıştır.

Isı yalıtım katmanı parapet iç kısmı boyunca uygulanmadığı için ısı yalıtım sürekliliği sağlanmamış ve ısı köprüsü oluşumuna yol açmıştır. Şekil 5.14'te ısı yalıtım uygulaması yapılmayan parapet iç kısmı gösterilmektedir.



Şekil 5.13 : Parapet uygulamasında ısı yalıtımının sürekliliğinin sağlanmamasının şematik gösterimi (ölçek~1/5).

Sonuç olarak bu incelemede çatı-parapet birleşiminde uygulama aşamasında parapet iç kısmında ısı yalıtım uygulaması yapılmadığı için ısı köprüsü oluşumu tespit edilmiştir.

Şekil 5.14 : Gezilemeyen düz çatı parapetlerinde ısı yalıtımının yapılmaması (Ek C-D7)

Isı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: uygulama aşamasında ısı yalıtım katmanının sürekliliğinin sağlanmaması nedeniyle oluşan ısı köprüsü engellenmemiştir, değerlendirmesi yapılmıştır.

Örnek-2

Yapı (Ek N) İstanbul ili Sarıyer ilçesinde bulunan kamuya ait bir yükseköğretim kurumudur. İnce işler uygulama aşamasında olan yapının yaklaşık boyutu 20m×56m'dir. Betonarme taşıyıcı sisteme sahip olan yapıda, bodrum, zemin ve 3 normal kat bulunmaktadır. Isıtma sistemi ise HVAC'dır.

Şekil 5.15'te gösterilen çakıl kaplamalı teras çatı uygulamasında, kompozit cephede uygulanan taş yünü ısı yalıtımı parapet üst kısmına kadar devam etmiştir. Parapet harpuştası ise ısı yalıtımı uygulanmamış alüminyum kompozit kaplamadır. Ayrıca, parapet iç kısmında da ısı yalıtımı devam etmeyerek, çatı döşemesinde uygulanan ısı yalıtımı ile birleşimi yapılmamıştır. Parapet iç kısmında sadece su yalıtımı yapılmıştır.

Sonuç olarak bu incelemede çatı-parapet birleşiminde uygulama aşamasında parapet iç kısmında ısı yalıtım uygulaması yapılmadığı için ısı köprüsü oluşumu tespit edilmiştir.

Şekil 5.15 : Gezilemeyen düz çatı parapet iç kısmında ısı yalıtımının yapılmaması (Ek N-D45)

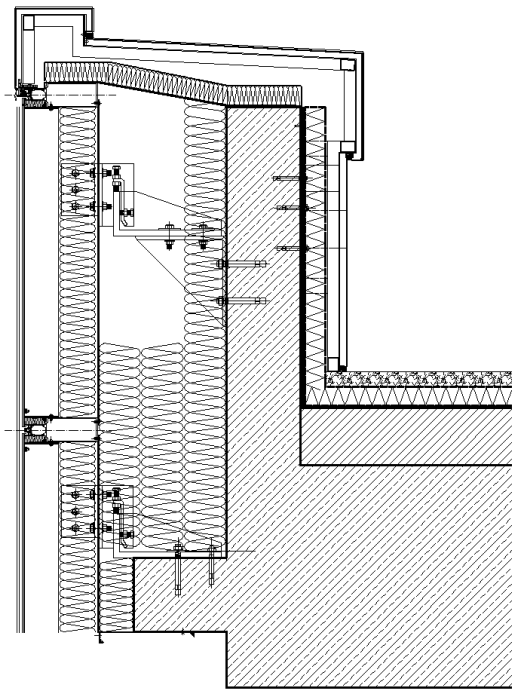
Isı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: parapet uygulamasında ısı yalıtım uygulamasının sürekliliği sağlanmaması nedeniyle oluşan ısı köprüsü engellenmemiştir, değerlendirmesi yapılmıştır.

Örnek-3

Yapı (Ek M) İstanbul ili Mecidiyeköy ilçesinde bulunan konut, ofis ve alışveriş merkezinden oluşmaktadır. İnce işler uygulama aşamasında olan iki bloklu yapının her bir bloğu yaklaşık 30m×68m'dir. Betonarme taşıyıcı sisteme sahip olan yapının her bir bloğunda, 10 bodrum katı, zemin ve 39 normal kat bulunmaktadır. Isıtma sistemi ise HVAC'dır.

Çatısı incelenen yapının, Şekil 5.16'da uygulama projesi parapet detayı gösterilmektedir. Örnekte gösterilen uygulama projesi detayında, parapet tamamen ısı yalıtım plaklarıyla kaplanmaktadır. Tasarım aşamasında ısı köprülerinin engellenmesi için gerekli önlemler alınmıştır. Ancak uygulamada, parapet için sadece su yalıtım önlemi alınmış ve alüminyum kompozit harpuşta ile uygulama tamamlanmıştır. Isı yalıtım uygulanmayan kısımlarda ısı köprüsü oluşmuştur.

Sonuç olarak bu incelemede çatı-parapet birleşiminde uygulama aşamasında parapet etrafında ısı yalıtım uygulaması yapılmadığı için ısı köprüsü oluşumu tespit edilmiştir.



a)

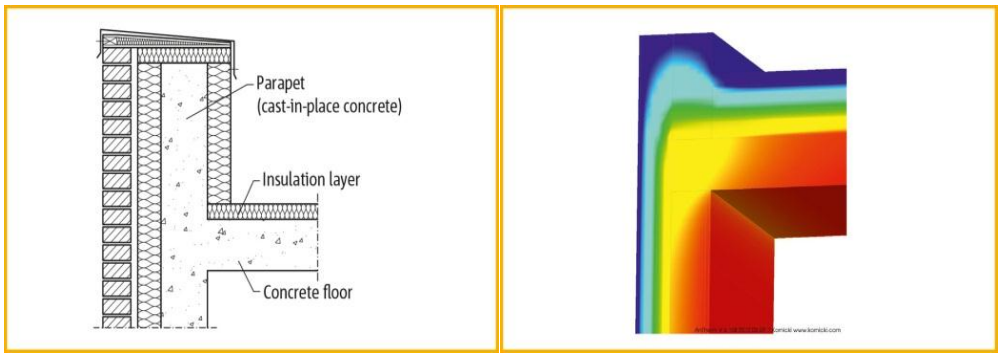
b)

Şekil 5.16 : Projede yer alan ısı yalıtımının yerinde uygulanmaması (Ek M-D43): a) Uygulama projesinde yer alan parapet detayı (ölçek~1/5), b) Uygulaması yapılan parapet detayı.

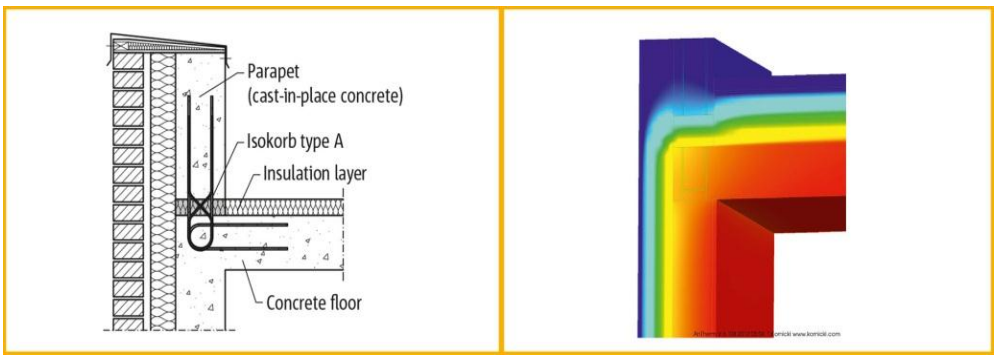
Isı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) mekanik dayanım ve stabilite: bu bakımdan bir problem oluşmamıştır, (ii) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: uygulamada ısı yalıtım projesinde öngörülen süreklilik sağlanmaması nedeniyle oluşan ısı köprüsü engellenmediği için ısıl performansı olumsuzdur, (iii) yangın durumunda emniyet: bu bakımdan bir problem oluşmamıştır, değerlendirmeleri yapılmıştır.

Bu incelemede, prensip olarak ısı yalıtım katmanının bütün parapeti kaplaması gerekmektedir. Bu yapı elemanlarında parapette, ısı yalıtımının sürekliliği sağlandığı halde daha etkin ısı yalıtımı sağlamak için yeni yapı elemanları geliştirilmiştir. Bu amaç doğrultusunda çatı döşemesi ile parapet birbirinden ayrılarak daha etkin yalıtım sağlayacak bir yapı elemanı geliştirilmiştir. Bu yapı elemanı parapet yüklerinin taşıyabilecek basınç dayanımına ve ısıl geçişleri önleyecek ısı yalıtım özelliklerine sahiptir.

Şekil 5.17'de geleneksel yöntem ile yeni geliştirilen ürünün termal kamera görselleri karşılaştırılmaktadır. Burada ısıl geçişleri için daha uygun bir çözüm olduğu görülmektedir. Yapı elemanının içinde yer alan donatılar ısı yalıtım malzemesinin içinden geçerek parapet-çatı döşemesi ilişkisi, ısı köprüsüne neden olmayacak şekilde çözülmüştür.



a)



b)

Şekil 5.17 : Çatı döşemesi-parapet ilişkisinde ısı köprüsünün engellenmesi [98]: a) Geleneksel yöntem ile parapet yalıtımı b) Yeni geliştirilen yapı elemanı ile ısı köprüsünün engellenmesi.

Örnek-4

Genel bilgileri bölüm 5.2.1.3'te verilen yapıya ait (Ek H) Şekil 5.18'de gösterilen uygulamada teras çatı uygulaması gösterilmektedir. Prekast cephe sisteminin montajı için çatıya kurulan iskele, çatıda uygulanan yalıtımın tamamlanmasını engellemiştir. Uygulaması kısmen tamamlanan çatı yalıtımına, iskele söküldükten sonra devam edileceği uygulayıcılar tarafından belirtilmiştir.

Bu örnekte iki sorun ortaya çıkmaktadır. İlk olarak çatının orta kısmında katmanlar tamamlanmıştır. Daha sonra uygulamaya devam edilirken her katmanın daha önce yapılan kısmıyla birleşim sorunu oluşacaktır. İkinci problem ise uygulamanın ek kısmıyla birlikte tamamlanması için gereken süre içerisinde katmanların yağmur suyu gibi çevresel etkenlere maruz kalması ile performans özelliklerini olumsuz

etkilenmesidir. Açıkta kalan kısımdan, katmanlar arasına su sızmaktadır. Katmanlar arasındaki su ve nem giderilmeden uygulamaya devam edilmemelidir. Sonuç olarak, uygulamanın kesintiye uğramasıyla, bitiş ve bağlantıların tamamlanmaması ve uygulamanın kesintiye uğraması çevresel etkenlerin de etkisiyle performans problemlerine yol açmaktadır.

Şekil 5.18 : Çatı yalıtımı ve cephe montajının aynı anda yapılması (Ek H-D29).

Isı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) mekanik dayanım ve stabilite: uygulama kesintiye uğradığı için malzeme birleşimlerinde sorunlar ortaya çıkmaktadır, tamamlanmayan kısımlardan içeriye sızan su malzeme dayanımlarını etkilemektedir, (ii) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: çatı döşemesi üzerindeki katmanların birleşim ve bağlantısının doğru yapılmaması nedeniyle sistem içerisine ulaşan su ısıl performansı olumsuz etkileyecektir, (iii) yangın durumunda emniyet: malzemenin yangın sınıfı E olmasına rağmen, ısı yalıtım üzeri koruyucu beton ile kaplandığı için uygundur, değerlendirmeleri yapılmıştır.

Şantiyelerde iş programının sıkılığı nedeniyle çeşitli uygulamaların zamanlarının birbiriyle kesişmekte, birbirini takip ederek yapılması gereken imalatlar aynı anda yapılabilmektedir. Böylece bazı uygulayıcılar diğer uygulamalara engel olmakta veya bitmiş uygulamalara zarar vermektedir. İş programı hazırlanırken bu nedenlerle

oluşabilecek sorunlar göz önüne alınmalıdır. Uygulama başlangıçtan itibaren tamamlanıncaya kadar bir bütün olarak düşünülmelidir. Sistem bir bütün olarak işlevini yerine getirinceye kadar gerekli bütün işlemler tamamlanmalıdır.

5.2.2.2 Parapet/saçak-duvar birleşimi (durum 2b)

Bu bölümde, parapet/saçak-duvar birleşimleri kamuya ait iki farklı örnekte yapılan incelemeler ile ele alınmıştır.

Örnek-5

Yapı (Ek G) İstanbul ili Esenyurt ilçesinde bulunan kamuya ait bir spor salonudur. İnce işler uygulama aşamasında olan yapının yaklaşık boyutu 34m×44m'dir. Betonarme taşıyıcı sisteme sahip olan yapıda, zemin ve 1 normal kat bulunmaktadır. Isıtma sistemi HVAC'dır.

Şekil 5.19'de yapıya ait saçak detayı (durum 2b) gösterilmektedir. Bu uygulamada duvarlarda 5 cm kalınlığında XPS ısı yalıtımı uygulaması yapılmıştır. Ancak duvarlarda uygulanan ısı yalıtımının saçaklarda sürekliliği sağlanmamış, çatıyla bağlantısı kurulmamıştır. Isı yalıtım uygulamasının saçaklarda kesintiye uğraması nedeniyle ısı köprüsü oluşmuştur.

Sonuç olarak uygulama aşamasında, saçaklarda ısı yalıtımı uygulanmayarak süreklilik sağlanmamış ve ısı köprüsü oluşumu tespit edilmiştir.

a) **b)**

Şekil 5.19 : Saçaklarda ısı yalıtımının uygulanmaması (Ek G-D22): a) Uygulamanın şematik gösterimi, b) Isı yalıtım uygulanmayan saçak.

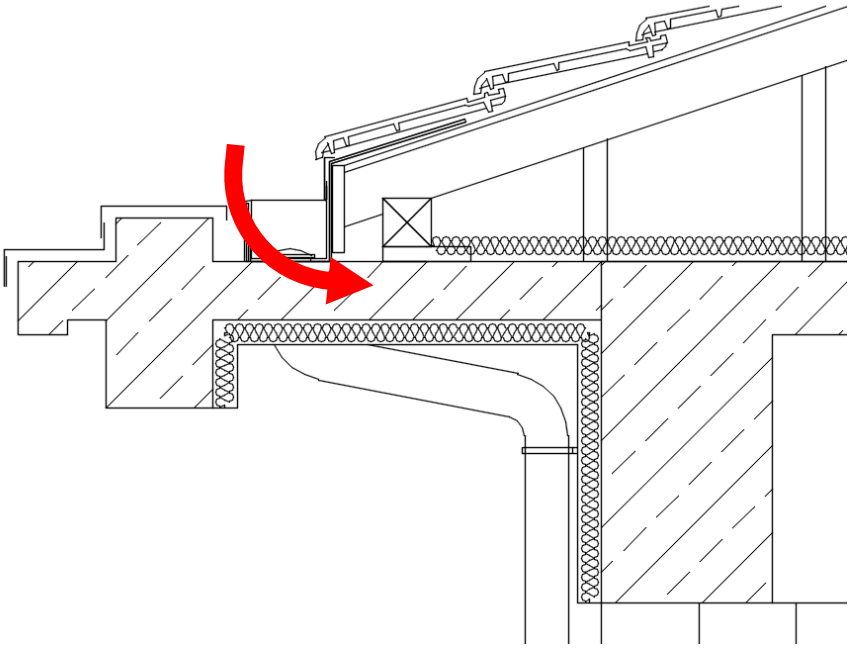
Isı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) mekanik dayanım ve stabilite: bu bakımdan bir problem oluşmamıştır, (ii) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: çatı-saçak-duvar birleşiminde ısı

yalıtım uygulamasının sürekliliği sağlanmaması nedeniyle oluşan ısı köprüsü engellenmediği için ısıl performansı olumsuzdur , (iii) yangın durumunda emniyet: ısı yalıtım malzemesinin yangın sınıfı E'dir ancak üzeri sıva ile kaplandığı için bir problem oluşmamıştır, değerlendirmeleri yapılmıştır.

Örnek-6

Genel bilgileri bölüm 5.2.1.2'de verilen yapıya ait (Ek B) Şekil 5.20'de gösterilen uygulama projesi çatı detayında, çatı döşemesi için 8 cm cam yünü ısı yalıtımı, duvar ve saçak için 5 cm EPS ısı yalıtımı önerilmiş, ancak bu ikisinin birleşiminde ısı yalıtımının sürekliliği sağlanmamıştır. Şekil 5.21'de uygulamanın tamamlanmış hali ve ısı yalıtım uygulaması yapılmayan saçak üst kısmı gösterilmektedir.

Sonuç olarak, tasarım aşamasında saçak uzunluğuna bağlı olarak ısı yalıtım katmanının sürekliliği sağlanmadığı için ısı köprüsü oluşumu tespit edilmiştir.



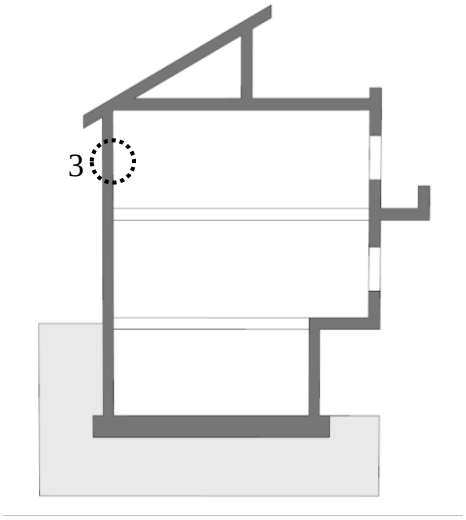
Şekil 5.20 : Projede çatı saçağında ısı köprüsü probleminin çözülmemesi (Ek B-D5, ölçek~1/5).

Isı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) mekanik dayanım ve stabilite: bu bakımdan bir problem oluşmamıştır, (ii) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: çatı-saçak-duvar birleşiminde ısı yalıtım uygulamasının sürekliliğinin sağlanmaması nedeniyle oluşan ısı köprüsü engellenmediği için ısıl performansı olumsuzdur, (iii) yangın durumunda emniyet: bu bakımdan bir problem oluşmamıştır değerlendirmeleri yapılmıştır.

Şekil 5.21 : Uygulama sonucu ısı köprüsü problemi oluşan saçak örneği (Ek B-D5).

5.2.3 Duvar bünyesinde (durum 3)

Duvar bünyesinde yapılan incelemeler ETICS, giydirme cepheler ve prekast cepheler olarak üç gruba ayrılmıştır. Duvar bünyesinde karşılaşılan sorunlar on iki örnek ile ele alınmıştır. Örneklerin altı adeti kamuya ait, altı adeti ise özel sektöre ait yapılardır. Bu bölümde incelenen durumlar Şekil 5.22'de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.22 : Duvar bünyesinde incelenen durumların şematik gösterimi.

5.2.3.1 Dış duvarlarda dıştan kompozit ısı yalıtım sistemleri (ETICS)

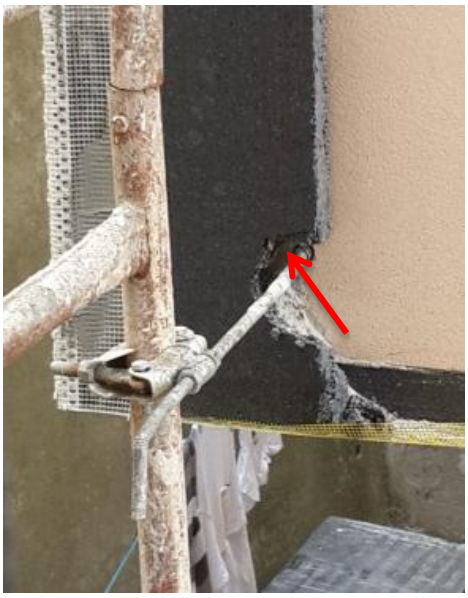
Bu bölümde, dış duvarlarda dıştan kompozit ısı yalıtım sistemler (ETICS) kamu veya özel sektöre ait altı farklı örnekte yapılan incelemeler ile ele alınmıştır.

Örnek-1/2

Yapı (Ek J) İstanbul ili Ümraniye ilçesinde bulunan özel mülkiyete ait bir konuttur. Mevcut binaya mantolama uygulaması yapılan yapının yaklaşık boyutu 14m×17m'dir. Betonarme taşıyıcı sisteme sahip olan yapıda bodrum, zemin ve 4 normal kat bulunmaktadır. Isıtma sistemi ise kombidir.

Yapıya ait Şekil 5.23'te gösterilen mantolama uygulamasında iskele kurulumunda kullanılan tij, ısı yalıtım plakasının uygulanmasına engel olmuş, levha parçalanmıştır. Isı yalıtım levhasının parçalanmış kısımları sıva ile doldurulmakta, bu noktalarda ısı köprüleri oluşmaktadır.

Sonuç olarak, uygulama aşamasında işçilik hatasıyla malzeme deformasyonu ve yalıtım sürekliliğinin kesintiye uğraması ile ısı köprüsü oluşumları tespit edilmiştir.



a)

b)

Şekil 5.23 : Isı yalıtım malzemesinin kesintiye uğraması: a) İskele sabitleme elemanlarının yalıtıma zarar vermesi (Ek J-D37), b) Yağmur iniş borusunun ve doğalgaz tesisatının yalıtımı kesintiye uğratması (Ek J-D38).

Isı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) mekanik dayanım ve stabilite: cephedeki tesisat elemanlar ve iskele sabitleme elemanları ısı yalıtım malzemesinin deforme olmasına neden olmuştur, iskele sabitleme elemanları ile ısı yalıtım katmanı parçalanmıştır, (ii) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: deforme olan malzeme ısı yalıtım özelliklerini gösterememektedir, ayrıca ısı köprüleri oluşmaktadır, (iii) yangın durumunda emniyet: EPS üzeri yanmaz sıva ile kaplandığından bu bakımdan bir problem oluşmamıştır, değerlendirmeleri yapılmıştır.

Mevcut yapılarda uygulanan mantolama ısı yalıtım uygulamalarında, cephelerde yer alan yağmur iniş boruları, doğalgaz tesisat boruları, klima ekipmanları bulunması gibi nedenlerle ısı yalıtımı kesintiye uğramakta, yalıtımın sürekliliği sağlanamamaktadır. Bu durumlarda ısı köprüleri kaçınılmaz hale gelmektedir. Yağmur iniş borularında meydana gelen kırılma ve çatlaklardan sızan su cephede uygulanan bütün ısı yalıtım sistemin performansını olumsuz etkilemektedir.

Mantolama uygulamaları için mevzuatta yasal düzenleme bulunmasına rağmen projelendirme çalışması ve yerel yönetimler veya yapı denetim firmaları tarafından uygulama kontrolü yapılmamaktadır. Bu uygulamaların niteliği, tamamen uygulayıcı inisiyatifine bırakılmaktadır.

Örnek-3

Yapı (Ek L) İstanbul ili Ümraniye ilçesinde bulunan özel mülkiyete ait bir konuttur. İnce işler uygulama aşamasında olan yapının yaklaşık boyutu 17m×24m'dir. Betonarme taşıyıcı sisteme sahip olan yapıda bodrum, zemin ve 16 normal kat bulunmaktadır. Isıtma sistemi ise kombidir.

Bu yapıya ait Şekil 5.24'te gösterilen ısı yalıtım uygulamasında iskele sabitleme elemanları yalıtım levhalarının bütün olarak uygulanmasını engellemektedir. Bu noktalar genellikle iskele söküldükten sonra harçla doldurmaktadır ve ısı köprülerine yol açmaktadır.

Sonuç olarak, uygulama aşamasında işçilik hatasıyla malzeme deformasyonu ve yalıtım sürekliliğinin kesintiye uğraması ile ısı köprüsü oluşumları tespit edilmiştir.

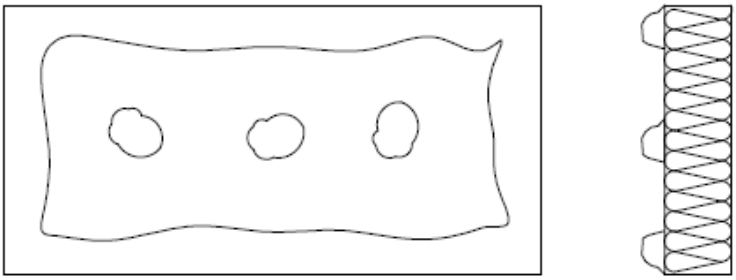
Isı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) mekanik dayanım ve stabilite: iskele sabitleme

elemanları ısı yalıtım malzemesinin deforme olmasına neden olmuştur, levhalar parçalanmıştır, (ii) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: parçalanan kısımlar harçla doldurulduğu için ısı köprüleri oluşmaktadır , (iii) yangın durumunda emniyet: bu bakımdan bir problem oluşmamıştır, değerlendirmeleri yapılmıştır.

Şekil 5.24 : Isı yalıtım levhalarının deforme olması (Ek L-D42).

Örnek-4

Genel bilgileri bölüm 5.2.2.2'de verilen yapıya ait (Ek G) ısı yalıtım uygulaması yapılırken levhalar çerçeveli öbekleme yöntemi ile uygulanmak istenmiştir. Bu yöntemle harcın uygulanmasında olması gereken uygun uygulama Şekil 5.25'te gösterilmiştir.



Şekil 5.25 : Yapıştırma harcının çerçeveli öbekleme yöntemi ile uygulanması [23].

Şekil 5.26'da gösterilen detayda çerçeveli öbekleme yöntemi yanlış uygulanmıştır. Burada duvar bitiş noktasında ısı yalıtım levhası arasında boşluklar kalmıştır. Dışardan uygulanan küçük bir kuvvetle levhalar kopabilmektedir. Ayrıca, bu noktalarda ısı köprüleri oluşmaktadır.

Sonuç olarak, uygulama aşamasında işçilik hatası nedeniyle levhaların uygun yönteme göre yapıştırılmaması ile duvar köşelerinde ısı köprüsü oluşumu tespit edilmiştir.

Şekil 5.26 : Levhaların yapıştırma yöntemlerine uygun yapıştırılmaması (Ek G-D25).

Isı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) mekanik dayanım ve stabilite: levhaların yapıştırılmasında yöntemin doğru uygulanmaması sonucu boşluklar kalmıştır, darbe dayanımı açısından boşluk oluşan kısımlar zayıf kalmıştır, (ii) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: levhanın yapıştırılmasında homojen bir katman oluşturulmadığı için sistem ısıl direnci farklılık göstermektedir, duvar köşelerinde ısı köprüsü oluşmuştur, (iii) yangın durumunda emniyet: bu bakımdan bir problem oluşmamıştır, değerlendirmeleri yapılmıştır.

Örnek-5

Yapı (Ek E) İstanbul ili Ümraniye ilçesinde bulunan özel mülkiyete ait bir konuttur. İnce işler uygulama aşamasında olan yapının yaklaşık boyutu 13m×22m'dir. Betonarme taşıyıcı sisteme sahip olan yapıda bodrum, zemin ve 4 normal kat bulunmaktadır. Isıtma sistemi ise kombidir.

Yapıya ait Şekil 5.27'de gösterilen uygulamada aynı mekâna ait iki farklı duvarın birisi mineral esaslı yalıtım ile diğeri ise EPS ile yalıtılmıştır. Bu malzemeleri hem ısıl performansları hem de buhar geçirgenlikleri farklı olacağından iç mekânda performans sorunları meydana gelme ihtimali vardır. Tasarım aşamasında gerekli hesaplamalar yapılmalıdır.

Sonuç olarak, proje ve uygulama aşamalarında farklı özelliklerdeki ısı yalıtım malzemelerinin hatalı birleşimi sonucu performans sonucu oluşmuştur.

Şekil 5.27 : Özellikleri farklı olan iki yalıtım malzemesinin birleşimi (Ek E-D18).

Isı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) mekanik dayanım ve stabilite: bu bakımdan bir problem oluşmamıştır, (ii) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: aynı ortamda iki farklı ısı yalıtım malzemesi maliyetler göz önüne alınarak tercih edilmiştir, ısıl performansları farklıdır, (iii) yangın durumunda emniyet: bu bakımdan bir problem oluşmamıştır, değerlendirmeleri yapılmıştır.

Bu uygulamaya benzer projelerde cephe maliyetleri göz önüne alınarak, tasarım aşamasında cepheler için farklı malzemeler tercih edilebilmektedir. Bu uygulamalarda farklı özelliklerdeki ısı yalıtım malzemelerinin köşe noktalardaki birleşim koşulları tasarım aşamasında değerlendirilmelidir. Aynı mekânın iki farklı cephesindeki duvarlarda farklı özelliklere sahip yalıtım malzemelerinin kullanılması durumunda gerekli kontroller yapılmalıdır.

Örnek-6

Genel bilgileri bölüm 5.2.1.3'te verilen yapıya ait (Ek H) Şekil 5.28'de gösterilen uygulama örneğinde, uygulama projesinde 5 cm kalınlıkta, yoğunluğu 25 kg/m^3 ve 100 kpa basınç dayanımlı XPS ısı yalıtımı kullanılması öngörülmüştür. Ancak uygulamada delikli tuğla ve bims duvar üzerinde ateş tuğla kaplaması yapılmış, ısı yalıtımı uygulaması yapılmamıştır.

Uygulanan duvar kesitinde yapılan U değeri kontrolünde (Ek H) TS 825'e göre 2. iklim bölgesinde yer alan yapılar için gereken U_D değerini sağlamadığı tespit

edilmiştir (1,18 W/ m^2K > 0,57 W/ m^2K). Ayrıca, TS 825'e göre yapılan yoğuşma kontrolünde (Ek H) yoğuşma meydana gelmemiştir. Ancak yapı elemanı iç yüzey sıcaklığı 17°C'nin üzerinde olduğundan küf oluşma riski vardır. Sonuç olarak yapı elemanı standartta belirtilen bütün şartları sağlamadığından standarta uygun değildir.

a) **b)**

Şekil 5.28 : Projede yer alan ısı yalıtımının şantiyede uygulanmaması (Ek H-D26): a) Isı yalıtımı uygulanmayan alan, b) Duvar-cephe kaplaması detayı.

Sonuç olarak uygulama aşamasında ısı yalıtımının uygulama projesine göre yapılmaması nedeniyle ısı köprüsü oluşumu tespit edilmiştir.

Uygulamanın bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) mekanik dayanım ve stabilite: bu bakımdan bir problem oluşmamıştır, (ii) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: duvarın tamamında ısı yalıtım uygulaması yapılmadığı için TS 825'e göre 2. iklim bölgesinde yer alan yapılar için gereken U_D değerini sağlamamaktadır, (iii) yangın durumunda emniyet: bu bakımdan bir problem oluşmamıştır, değerlendirmeleri yapılmıştır.

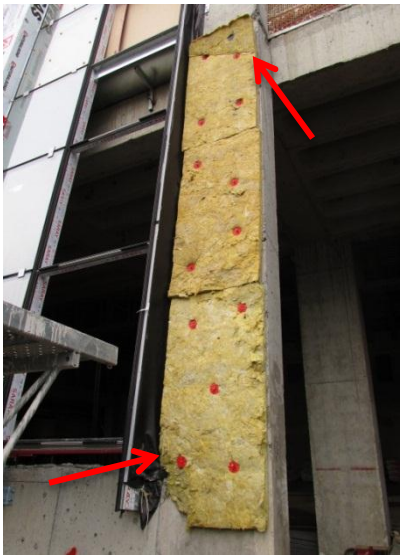
5.2.3.2 Giydirme cepheler

Bu bölümde, giydirme cephelerdeki ısı yalıtımı kamu veya özel sektöre ait üç farklı örnekte yapılan incelemeler ile ele alınmıştır.

Örnek-7

Genel bilgileri bölüm 5.2.2.1'de verilen yapıya ait (Ek C) Şekil 5.29'da cephede ısı yalıtım uygulaması gösterilmiştir. Taş yünü ısı yalıtım malzemesi uygulandıktan sonra, uzun süre çevresel etkenlere maruz bırakılarak deforme olmuştur. Ayrıca, yağmur suyuna da maruz kalan taş yünü ısı yalıtım levhasının lifli yapısı zarar görmüştür.

En üst kısımdaki levhanın çevresel etkenlerle mekanik sabitleme noktalarından büküldüğü görülmektedir. Uygulamaya devam etmeden ısı yalıtım levhaları değiştirilmelidir. Bu haliyle uygulamaya devam edilirse beklenen performans değerlerini sağlayamayacaktır. Eğer uygulamaya ara verme mecburiyeti ortaya çıkarsa gerekli koruma önlemleri alınmalıdır.



Şekil 5.29 : Isı yalıtım uygulamasının deforme olmasına bir örnek (Ek C-D9).

Sonuç olarak, uygulama aşamasında çevresel etkenlerle, koruma önlemleri alınmadığı için ve işçilik hataları nedeniyle malzeme deformasyonu oluşmuştur.

Isı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) mekanik dayanım ve stabilite: uygulamanın tamamlanmaması nedeniyle ısı yalıtım malzemesi çevresel etkenlere maruz kalarak deforme olmuş ve lifli yapısı zarar görmüştür, (ii) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: deforme olan malzeme ısı yalıtım özelliklerini gösterememektedir, (iii) yangın durumunda emniyet: bu bakımdan bir problem oluşmamıştır, değerlendirmeleri yapılmıştır.

Örnek-8/9

Yapı (Ek T) İstanbul ili Ataşehir ilçesinde bulunan özel mülkiyete ait konut ve ofistir. İnce işler uygulama aşamasında olan yapının yaklaşık boyutu 14m×28m'dir. Betonarme taşıyıcı sisteme sahip olan yapıda bodrum, zemin ve 12 normal kat bulunmaktadır. Isıtma sistemi ise HVAC'dır.

Bu yapıya ait Şekil 5.30'da gösterilen detaylarda cephenin son kat kaplaması tamamlanmadığı için, uygulaması tamamlanmış ısı yalıtım levhaları dış ortam şartlarına maruz kalarak zarar görmüş ve deforme olmuştur.

Sonuç olarak, uygulama aşamasında çevresel etkenlerle, koruma önlemleri alınmadığı için uygulamanın kesintiye uğraması ve işçilik hataları nedeniyle malzeme deformasyonu oluşmuştur.

Şekil 5.30 : Isı yalıtım uygulamasının deforme olmasına bir örnek (Ek T-D51/D52).

Isı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) mekanik dayanım ve stabilite: uygulamanın tamamlanmaması nedeniyle ısı yalıtım malzemesi çevresel etkenlere maruz kalarak deforme olmuş ve lifli yapısı zarar görmüştür, (ii) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: deforme olan malzeme ısı yalıtım özelliklerini gösterememektedir, (iii) yangın durumunda emniyet: bu bakımdan bir problem oluşmamıştır, değerlendirmeleri yapılmıştır.

5.2.3.3 Prekast cepheler

Bu bölümde, prekast cephelerdeki ısı yalıtımı kamuya ait üç farklı örnekte yapılan incelemeler ile ele alınmıştır.

Örnek-10

Genel bilgileri bölüm 5.2.1.3'te verilen yapıya ait (Ek H) Şekil 5.31'de gösterilen detayda bims dolgu duvar üzerine prekast cephe elemanı montajı yapılmış, gerekli sızdırmazlıklar sağlanmamıştır. Dolayısıyla yalıtım katmanı cephede asılı kalan levhalar haline gelerek, herhangi bir yalıtım özelliği gösterememektedir.

Sonuç olarak, uygulama aşamasında bitiş ve bağlantılar yapılmayarak hava ve su sızdırmazlığı sağlanmadığı için ısı yalıtımının işlevini yerine getiremediği tespit edilmiştir.

Şekil 5.31 : Prekast panelde sızdırmazlığın sağlanmaması (Ek H-D30).

Isı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) mekanik dayanım ve stabilite: prekast yapı elamanının dayanım ve stabilite problemi bulunmamaktadır, (ii) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: sızdırmazlıkların sağlanmaması nedeniyle prekast panelde bulunan malzeme ısı yalıtım özelliklerini gösterememektedir, (iii) yangın durumunda emniyet: bu bakımdan bir problem oluşmamıştır, değerlendirmeleri yapılmıştır.

Cephelerde uygulanan prekast elemanların bitiş noktalarındaki hava ve su sızdırmazlığının sağlanması sistem bütünlüğü açısından çok önemlidir. Sızdırmazlıkların sağlanmaması ile sistemin içine giren soğuk hava, ısı yalıtım katmanının arka kısmına geçerek yalıtım özelliğini ortadan kaldırmaktadır.

Örnek-11

Genel bilgileri bölüm 5.2.1.3'te verilen yapıya ait (Ek K) Şekil 5.32'de gösterilen detayda prekast cephe elemanlarının yalıtımı şantiyede yapılmıştır. Bu örnekte ısı yalıtım plakaları uygulama sırasında bükülerek deforme olmuş, homojen bir ısı yalıtım katmanı oluşturulamamıştır. Ayrıca, prekast elemanın döşeme ile bağlantısında gerekli sızdırmazlıklar sağlanmamıştır.

Şekil 5.32 : Isı yalıtım malzemesinin deforme olmasına bir örnek (Ek K-D39).

Sonuç olarak, uygulama aşamasında işçilik hatası nedeniyle malzeme deformasyonu oluşumu tespit edilmiştir.

Isı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) mekanik dayanım ve stabilite: mineral yün ısı yalıtım malzeme uygulama sırasında sıkıştırıldığı için deforme olmuştur ve dayanımları uygulama aşamasında zarar görmüştür, (ii) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: ısı yalıtım malzemesinin sıkıştırılarak uygulandığı noktalarda homojen kalınlık sağlanmadığı için yeterli ısı yalıtım değerini sağlamayacaktır, (iii) yangın durumunda emniyet: malzemenin yangın sınıfı A1 olduğu için uygundur, değerlendirmeleri yapılmıştır.

Örnek-12

Genel bilgileri bölüm 5.2.1.3'te verilen yapıya ait (Ek H) Şekil 5.33'te gösterilen, prekast cephe elemanlarında yer alan ısı yalıtım plakalarının koruma amaçlı yapılan alçı katmanı ile tamamen kaplanmadığı, su ve rüzgâra karşı korunmadığı görülmüştür. Paneller çevresel şartlar altında uzun süreler boyunca bekletilebilmektedir. Bu koşullarda panellerde meydana gelen hasarlar giderilmeden panellerin montajı yapılmaktadır. Bütün bu koşullar performans gereklerini sağlaması açısından olumsuz olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca, saha çalışmasında prekast yapı elemanı üreticileri tarafından öngörülen uygulama ve depolama şartları ile şantiye şartlarının uygun olmadığı tespit edilmiştir.

Şekil 5.33 : Prekast cephe panellerinde üretim hataları ve panellerin çevresel etkenlere maruz bırakılması (Ek H-D33).

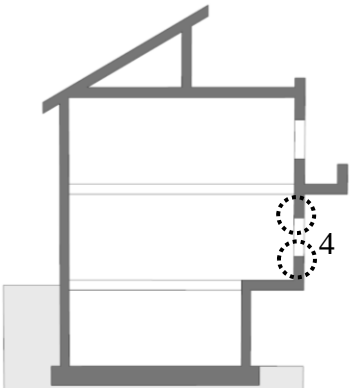
Sonuç olarak, uygulama aşamasında hatalı bitiş ve bağlantı yapılması nedeniyle sızdırmazlığın sağlanmadığı tespit edilmiştir.

Isı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) mekanik dayanım ve stabilite: prekast cephede yer alan taş yünü ısı yalıtım malzemesinin sızdırmazlık önlemleri alınmadığı için çevresel şartların etkisiyle deforme olarak dayanımları depolama aşamasında zarar görmüştür, (ii) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: zarar görmüş ısı yalıtım malzemeleri yeterli ısı yalıtım değerini sağlamayacaktır, (iii) yangın durumunda emniyet: malzemenin yangın sınıfı A1 olduğu için uygundur, değerlendirmeleri yapılmıştır.

5.2.4 Duvar-pencere/kapı birleşimi (durum 4)

Bu bölümde, duvar-pencere/kapı birleşimlerinde karşılaşılan sorunlar dokuz örnek ile ele alınmıştır. İncelemeler ETICS, giydirme cepheler ve prekast cephelerin kapı ve

pencereler olarak üç gruba ayrılmıştır. Örneklerin beşi kamuya ait, dört adeti ise özel sektöre ait yapılardır. İncelenen durumlar Şekil 5.34'te şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.34 : Duvar-pencere/kapı birleşiminde incelenen durumların şematik gösterimi.

5.2.4.1 Dıştan kompozit ısı yalıtım sistemleri (ETICS)-pencere/kapı birleşimi

Bu bölümde, dıştan kompozit ısı yalıtım sistemleri (ETICS)-pencere/kapı birleşimleri kamu veya özel sektöre ait altı farklı örnekte yapılan incelemeler ile ele alınmıştır.

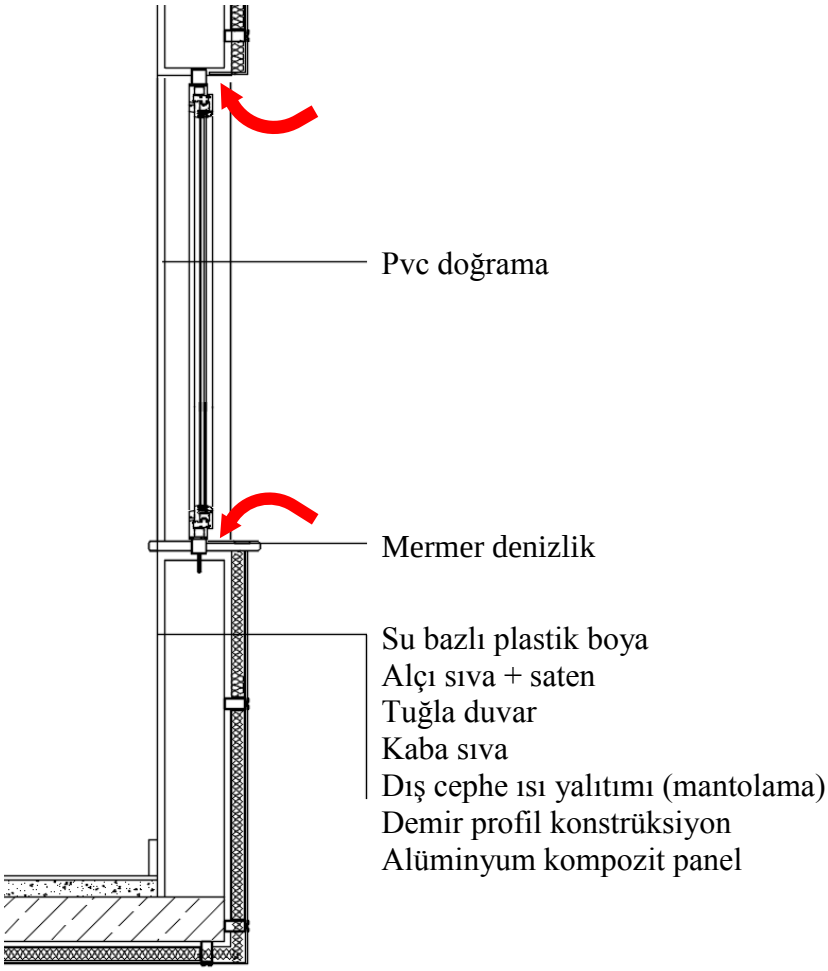
Örnek-1

Genel bilgileri bölüm 5.2.1.2'de verilen yapıya ait (Ek B) Şekil 5.35'te uygulama projesinde yer alan detay gösterilmektedir. Bu tasarımda, cephede uygulanan ısı yalıtımı pencerede yer alan mermer denizliğin alt kısmına kadar devam etmektedir. Ancak, pencerenin iç kısmına doğru devam etmediği için ısı köprüsü oluşmuştur.

Sonuç olarak tasarım aşamasında pencere iç kısmına doğru yalıtım sürekliliği sağlanmadığı için ısı köprüsü oluşumu tespit edilmiştir.

Isı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) mekanik dayanım ve stabilite: bu bakımdan bir problem oluşmamıştır, (ii) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: tasarım aşamasında pencere iç kısımlarına doğru ısı yalıtım malzemesinin devam etmemesi nedeniyle ısı köprüleri oluşmaktadır, (iii) yangın durumunda emniyet: bu bakımdan bir problem oluşmamıştır, değerlendirmeleri yapılmıştır.

Uygulama projesi yukarıda gösterilen detay, oluşan ısı yalıtım sorunu giderilmeden sahada da uygulanmıştır. Şekil 5.36'da uygulama sonucu ısı yalıtım uygulaması yapılmayan pencere gösterilmektedir.

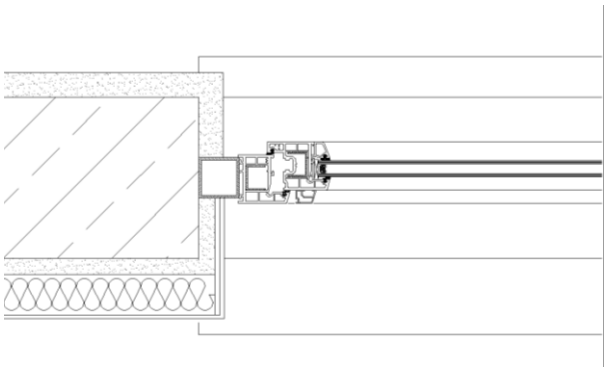


Şekil 5.35 : Uygulama projesinde ısı yalıtımının devam etmemesi (Ek B-D2, ölçek~1/20).

Şekil 5.36 : Tasarım aşamasında ısı köprüsü oluşan detayın uygulanması (Ek B-D2).

Örnek-2/3

Genel bilgileri bölüm 5.2.2.2'de verilen yapıya ait (Ek G) Şekil 5.37'de cephede uygulanan ısı yalıtımının kapı ve pencerelerde iç kısma doğru devam etmemesi gösterilmektedir.



Şekil 5.37 : Cephede uygulanan ısı yalıtımının pencere iç kısmında uygulanmaması (ölçek~1/10).

a) **b)**

Şekil 5.38 : Isı yalıtımının sürekliliğinin sağlanmaması: a) Kapıda iç kısma devam etmeyen ısı yalıtım uygulaması (Ek G-D23), b) Pencerede iç kısma devam etmeyen ısı yalıtım uygulaması (Ek G-D24).

Şekil 5.38'de kapı ve pencerelerde cephede uygulanan ısı yalıtımı kapı ve pencere iç kısımlarına doğru devam etmemektedir. Bu kısımlarda çizgisel olarak ısı köprüleri oluşmaktadır. Burada ayrıca dikkat edilmesi gereken bir başka nokta, kapı ve pencere

etrafında uygulanan levhaların kesimlerinin uygun yapılmasıdır. Pencerenin altında kalan kısımda doğru kesilmeyen levha görülmektedir. Bu noktalardaki boşluklar sıva ile doldurulmakta, bu nedenle ısı köprüsü oluşmaktadır.

Sonuç olarak uygulama aşamasında kapı ve pencere iç kısımlarında ısı yalıtımı uygulanmaması nedeniyle ısı köprüsü oluşumu tespit edilmiştir.

Isı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) mekanik dayanım ve stabilite: bu bakımdan bir problem oluşmamıştır, (ii) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: uygulama aşamasında pencere ve kapı iç kısımlarına doğru ısı yalıtım malzemesinin devam etmemesi nedeniyle ısı köprüleri oluşmaktadır , (iii) yangın durumunda emniyet: ısı yalıtım malzemesinin yangın sınıfı E olmasına rağmen son kat kaplama yapıldığı için bir problem oluşmamıştır, değerlendirmeleri yapılmıştır.

Örnek-4/5

Yapı (Ek I) İstanbul ili Ümraniye ilçesinde bulunan özel mülkiyete ait bir konuttur. İnce işler uygulama aşamasında olan iki bloklu yapının bloğunun yaklaşık boyutu 23m×12m'dir. Betonarme taşıyıcı sisteme sahip olan yapıda her bir blokta, bodrum, zemin ve 13 normal kat bulunmaktadır. Isıtma sistemi ise kombidir.

a) **b)**

Şekil 5.39 : a) Pencerede iç kısma devam eden ısı yalıtım uygulaması (Ek I-D34), b) Kapıda iç kısma devam eden ısı yalıtım uygulaması (Ek I-D35).

Bu yapıya ait Şekil 5.39'da gösterilen uygulamada, cephede uygulanan ısı yalıtım malzemesi kapı ve pencerelerde iç kısma doğru devam ederek ısı köprüsü kısmen önlenmiştir. Ancak burada sorgulanması gereken konu, uygulanan ısı yalıtımının kalınlığıdır. Cephede 5 cm EPS olarak uygulanan ısı yalıtımı, kapı ve pencere iç kısımlarında 2 cm EPS olarak uygulanmıştır. Bu noktaların yalıtımı düşünülmüş, ancak yeterli kalınlıkta uygulama yapılmamıştır. Sonuç olarak, uygulama aşamasında kapı ve pencere iç kısımlarında ısı yalıtım katmanının kalınlığının yetersiz olması nedeniyle ısı köprüsü oluşumu tespit edilmiştir.

Isı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) mekanik dayanım ve stabilite: bu bakımdan bir problem oluşmamıştır, (ii) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: uygulama aşamasında pencere ve kapı iç kısımlarına doğru ısı yalıtım malzemesinin kalınlığının azaltılarak devam etmesi nedeniyle ısı köprüsü oluşma ihtimali bulunmaktadır, (iii) yangın durumunda emniyet: ısı yalıtım malzemesinin yangın sınıfı E olmasına rağmen son kat kaplama yapıldığı için bir problem oluşmamıştır, değerlendirmeleri yapılmıştır.

Örnek-6

Genel bilgileri bölüm 5.2.2.1'de verilen yapıya ait (Ek C) Şekil 5.40'ta gösterilen pencere aralarında EPS ısı yalıtım malzemesi uygulanmaktadır. Cephede uygulanan ısı yalıtımı pencere alınlarında ve iç kısımlarında uygulanmamaktadır. Bu noktalarda ısı köprüsü oluşmaktadır.

Bu incelemede, uygulama aşamasında pencere alınlarında ısı yalıtım uygulaması yapılmaması nedeniyle ısı köprüsü oluşumu tespit edilmiştir.

Şekil 5.40 : Isı yalıtımının sürekliliğinin pencere-duvar birleşiminde sağlanmaması (Ek C-D17).

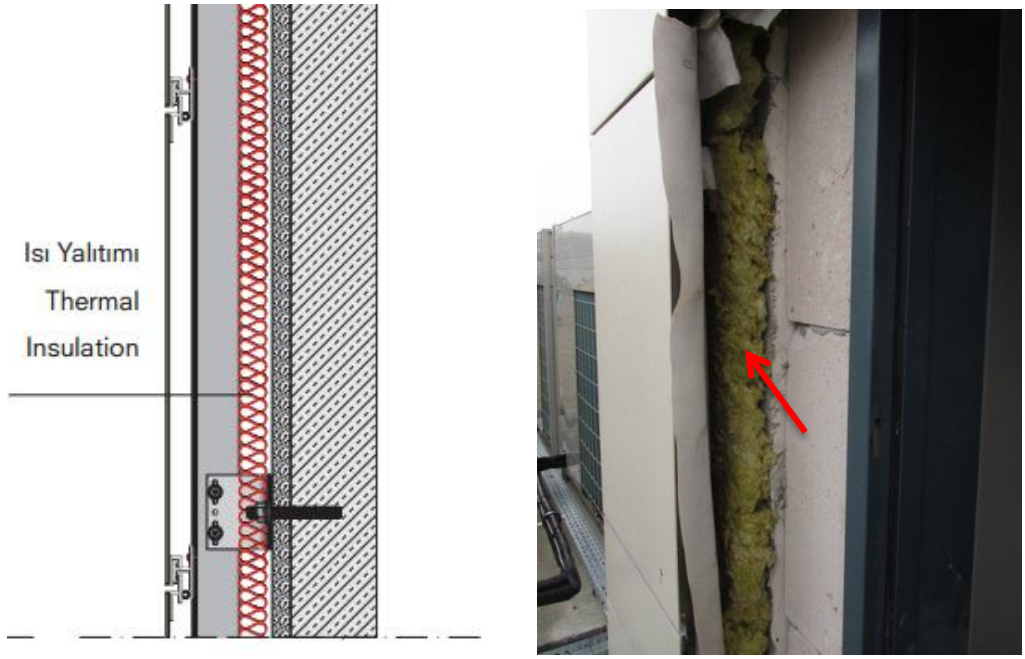
Isı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) mekanik dayanım ve stabilite: bu bakımdan bir problem oluşmamıştır, (ii) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: uygulama aşamasında pencere alınlarında ısı yalıtım malzemesinin devam etmemesi nedeniyle ısı köprüleri oluşmaktadır, (iii) yangın durumunda emniyet: ısı yalıtım malzemesinin yangın sınıfı E olmasına rağmen son kat kaplama yapıldığı için bir problem oluşmamıştır, değerlendirmeleri yapılmıştır.

5.2.4.2 Giydirme cephe-pencere/kapı birleşimi

Bu bölümde, giydirme cephe-pencere/kapı birleşimleri kamu veya özel sektöre ait iki farklı örnekte yapılan incelemeler ile ele alınmıştır.

Örnek-7

Genel bilgileri bölüm 5.2.2.1'de verilen yapıya ait (Ek N) Şekil 5.41'de duvar-kapı birleşim uygulaması gösterilmektedir. Bu uygulamada kullanılan kompozit cephe panellerinde, ısı yalıtımının kapı ile bitiş bağlantısı yapılmayarak dış ortam ile bağlantısı kesilmemiştir. Çevresel etkenlerle deforme olma ve su ile temas etme riski vardır. Bu şekilde bırakılan ısı yalıtımı, performans özelliklerini kısa sürede kaybedecektir.



a) **b)**

Şekil 5.41 : Isı yalıtım malzemesinin dış ortam koşullarından korunmaması (Ek N-D46: a) Üretici tarafından önerilen sistem detayı (ölçek~1/20) [99] b) Uygulama detayı.

Sonuç olarak, uygulama aşamasında cephede uygulanan kompozit sistemin kapı ile bitiş ve bağlantısı uygun olmadığı için ısı yalıtım malzemesi dış ortam şartlarına maruz kalacak şekilde bırakıldığından performansı olumsuz etkilenmektedir.

Isı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) mekanik dayanım ve stabilite: ısı yalıtım sisteminin bitiş ve kapı bağlantısı yapılmayarak dış ortam şartlarına maruz bıkıldığı için zaman içerisinde dayanımını kaybedecektir, (ii) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: sistem içerisine ulaşan su ile ısıl performans özellikleri olumsuz etkilenecektir , (iii) yangın durumunda emniyet: bu bakımdan bir problem oluşmamıştır, değerlendirmeleri yapılmıştır.

Isı yalıtım uygulaması tamamlandıktan sonra bitiş noktalarındaki detaylar, uygulanan yalıtımı dış ortam şartlarından koruyacak şekilde çözülmelidir. Bütün kurallara uygun yapılmış bir yalıtım uygulaması eğer bitiş ve bağlantı detayı düzgün değilse işlevini yerine getiremez. Dış etkenlerden korunmasını sağlayacak bitiş uygulamaları yapılmalıdır.

Örnek-8

Genel bilgileri bölüm 5.2.3.1'de verilen yapıya ait (Ek E) Şekil 5.42'de gösterilen cephede uygulanan mineral yün esaslı yalıtım pencerelerde iç kısma doğru devam etmemiştir. Bu örnekte, uygulama aşamasında pencere iç kısımlarında ısı yalıtım uygulanmaması nedeniyle ısı köprüsü oluşumu tespit edilmiştir.

Şekil 5.42 : Isı yalıtımının sürekliliğinin pencere iç kısımlarında sağlanmaması (Ek E-D15/D16).

Isı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) mekanik dayanım ve stabilite: bu bakımdan bir problem oluşmamıştır, (ii) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: uygulama aşamasında pencere iç kısımlarına doğru ısı yalıtım malzemesinin devam etmemesi nedeniyle ısı köprüleri oluşmaktadır, (iii) yangın durumunda emniyet: bu bakımdan bir problem oluşmamıştır, değerlendirmeleri yapılmıştır.

5.2.4.3 Prekast cephe-pencere birleşimi

Bu bölümde, prekast cephe-pencere birleşimleri kamuya ait bir örnekte yapılan incelemeler ile ele alınmıştır.

Örnek-9

Genel bilgileri bölüm 5.2.1.3'te verilen yapıya ait (Ek H) Şekil 5.43'te gösterilen uygulamada, prekast cephe elemanının tasarım aşamasında taş yünü ısı yalıtım plakaları ile bütün paneli yalıtılarak kaplanması planlanmıştır. Ancak uygulamalarda yalıtımının sürekliliğinin sağlanmadığı ve pencere kenarlarının yalıtımsız olduğu tespit edilmiştir. Bu noktalarda ısı köprüleri oluşmaktadır.

Şekil 5.43 : Prekast panel pencere kenarlarına yalıtım uygulanmaması (Ek H-D28).

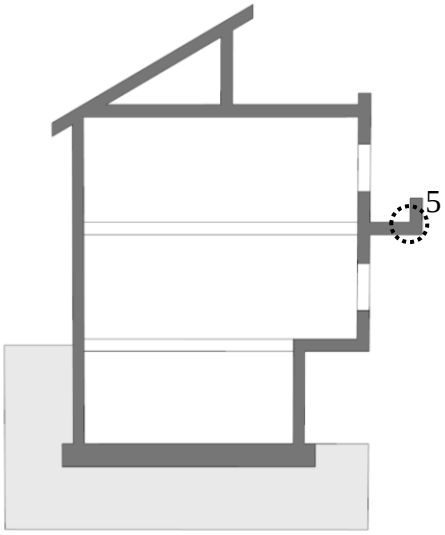
Sonuç olarak, uygulama aşamasında pencere kenarlarında ısı yalıtımı uygulanmaması nedeniyle ısı köprüsü oluşumu tespit edilmiştir.

Isı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) mekanik dayanım ve stabilite: bu bakımdan bir problem oluşmamıştır, (ii) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: uygulama aşamasında pencere kenarlarında ısı yalıtım malzemesinin uygulanmaması nedeniyle ısı köprüleri oluşmaktadır, (iii) yangın durumunda emniyet: bu bakımdan bir problem oluşmamıştır, değerlendirmeleri yapılmıştır.

Bu bölümde, şantiyelerde yapılan incelemelerde üretici tarafından planlanan performans gereklerini son ürünlerin sağlamadığı görülmüştür. Özellikle prekast cephe elemanlarının şantiyede depolama koşullarının uygun olmaması ve elemanların birleşim ve bağlantı sorunları performans özelliklerini olumsuz etkilemektedir. Ayrıca, uygulamalarda ısı yalıtımının sürekliliğinin kapı ve pencerelerde de iç kısma doğru devam etmemesi en fazla karşılaşılan ısı yalıtım sorunudur. Yapılan incelemelerde, uygulama alanlarında bu noktalarda bazen yalıtım hiç uygulanmadığı, bazen de doğrama kalınlığı göz önüne alınarak cephede uygulanan yalıtım kalınlığından daha az kalınlıkta uygulandığı tespit edilmiştir.

5.2.5 Duvar-açık çıkma birleşimi (durum 5)

Bu bölümde, duvar-açık çıkma birleşimlerinde karşılaşılan sorunlar iki örnek ile ele alınmıştır. İncelenen durumlar Şekil 5.44'te şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.44 : Duvar-konsol/balkon birleşimlerinde incelenen durumların şematik gösterimi.

Örnek-1/2

Yapı (Ek O) İstanbul ili Ümraniye ilçesinde bulunan özel mülkiyete ait bir konuttur. Mevcut binaya mantolama uygulaması yapılan yapının yaklaşık boyutu 12m×25m'dir. Betonarme taşıyıcı sisteme sahip olan yapıda bodrum, zemin ve 3 normal kat bulunmaktadır. Isıtma sistemi ise kombidir.

İncelenen diğer bir yapı ise (Ek P) İstanbul ili Ümraniye ilçesinde bulunan özel mülkiyete ait konut binasıdır. Mevcut binaya mantolama uygulaması yapılan yapının yaklaşık boyutu 14m×22m'dir. Betonarme taşıyıcı sisteme sahip olan yapıda bodrum, zemin ve 3 normal kat bulunmaktadır. Isıtma sistemi ise kombidir.

Şekil 5.45'te gösterilen (durum 5b) bu iki yapıya ait mantolama uygulamalarında, iç mekân olarak konut sahipleri tarafından kullanılmayan alanlar olduğu için ya hiç yalıtım uygulanmadığı ya da alt kısmına uygulanmadığı uygulayıcılar tarafından belirtilmiştir. Buralardaki ısı köprülerinin bina performansına etkisi göz ardı edilmiştir. Bu örnekteki uygulayıcı, gerçekleştirdiği diğer bütün ısı yalıtım uygulamalarında da balkon yalıtımı yapmadığını belirtmiştir. Bu uygulamada ısı yalıtımı yapılmayan yerlerde ısı köprüleri oluşmaktadır.

Şekil 5.45 : Isı yalıtımı uygulanmayan balkon kısımlarında ısı köprüsü oluşumu: a) Balkonun tamamına ısı yalıtım uygulanmaması (Ek O-D48), b) Balkon alt kısmının yalıtılmaması (Ek P-D47).

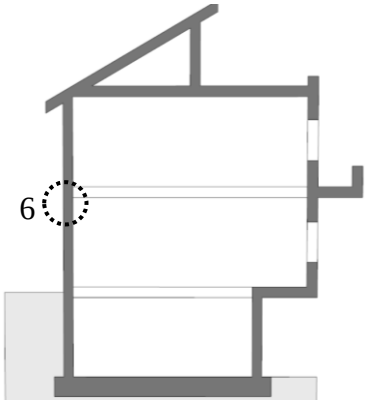
Mevcut yapılarda yapılan mantolama uygulamalarında apartman sakinlerinin teknik konularda fazla bilgi sahibi olmadığı, işi üstlenen uygulayıcının ise bundan

faydalanarak yanlış uygulamalar yaptığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak, uygulama aşamasında ısı yalıtımı uygulanmaması nedeniyle ısı köprüsü oluşumu tespit edilmiştir.

Isı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) mekanik dayanım ve stabilite: bu bakımdan bir problem oluşmamıştır, (ii) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: uygulama aşamasında balkon altlarında ısı yalıtım malzemesinin uygulanmaması nedeniyle ısı köprüleri oluşmaktadır, (iii) yangın durumunda emniyet: bu bakımdan bir problem oluşmamıştır, değerlendirmeleri yapılmıştır.

5.2.6 Duvar-döşeme birleşimi (durum 6)

Bu bölümde, duvar-döşeme birleşimlerinde karşılaşılan sorunlar üç örnek ile ele alınmıştır. İncelenen durumlar Şekil 5.46'da şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.46 : Duvar-döşeme birleşimlerinde incelenen durumların şematik gösterimi.

5.2.6.1 Giydirme cephe-döşeme birleşimi

Bu bölümde, giydirme cephe-döşeme birleşimi kamuya ait bir örnekte yapılan inceleme ile ele alınmıştır.

Örnek-1

Genel bilgileri bölüm 5.2.1.3'te verilen yapıya ait (Ek H) Şekil 5.47'de gösterilen uygulamada ise alüminyum giydirme cephe sisteminin döşemeye montajı sırasında ankraj elemanlarına ek elemanlar kaynatılarak uzatılmıştır.

Bu örnekte cephe sistemi ile duvar arasında tasarlanandan daha fazla boşluk kalmıştır ve gerekli sızdırmazlıklar sağlanamamıştır. Cephe uygulamadaki değişiklikler nedeniyle ısıl performansı olumsuz etkilenmektedir.

Şekil 5.47 : Giydirme cephede ankraj elemanlarının uzatılması (Ek H-D55).

Sonuç olarak, uygulama aşamasında giydirme cephe elemanlarının hatalı bitiş ve bağlantı nedeniyle ısı yalıtım katmanı ile duvar arasında tasarlanandan daha fazla boşluk kalarak sızdırmazlıkların sağlanmaması nedeniyle performans sorunları oluşmaktadır.

Isı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) mekanik dayanım ve stabilite: cephe montajında sabitleme elemanlarının boyu yeterli gelmediği için uzatma yapılmıştır, uzatma yapılan elemanın dayanım değerleri bilinmemektedir, (ii) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: cephe ve duvar arasında projesinde öngörülenden daha fazla boşluk oluştuğu için sızdırmazlıklar sağlanamamış ve ısıl performans olumsuz etkilenmektedir, değerlendirmeleri yapılmıştır.

5.2.6.2 Prekast cephe-döşeme birleşimi

Bu bölümde, prekast cephe-döşeme birleşimi kamuya ait iki örnekte yapılan inceleme ile ele alınmıştır.

Örnek-2/3

Genel bilgileri bölüm 5.2.1.3’te verilen yapıda (Ek H) prekast cephe elemanlarının döşeme bağlantı noktalarında sorunlar tespit edilmiştir. Bu noktalardaki birleşimlerin üreticisi tarafından öngörülen sızdırmazlık ve yalıtım sürekliliği şartlarını sağlamadığı görülmüştür. Ankrajlar ile döşemeye prekast panellerin sabitlenmesinde taş yünü ısı yalıtımının kesintiye uğraması Şekil 5.48’de gösterilmiştir.

Şekil 5.48 : Prekast panelde ısı yalıtımının kesintiye uğraması (Ek H-D31).

Bu örnekte cephe sisteminin arkasına Şekil 5.49'da gösterilen tuğla duvar uygulanmıştır. Prekast cephe elemanlarının hava, su sızdırmazlığı ve bu duvar ile olan ilişkisi burada da sorunludur. Dolayısıyla ısı yalıtımı dışarda asılı duran plakalar haline gelmekte, ortam ısıl performans gereklerine bir katkısı bulunmamaktadır.

Şekil 5.49 : Prekast panelde sızdırmazlığın sağlanmaması (Ek H-D32).

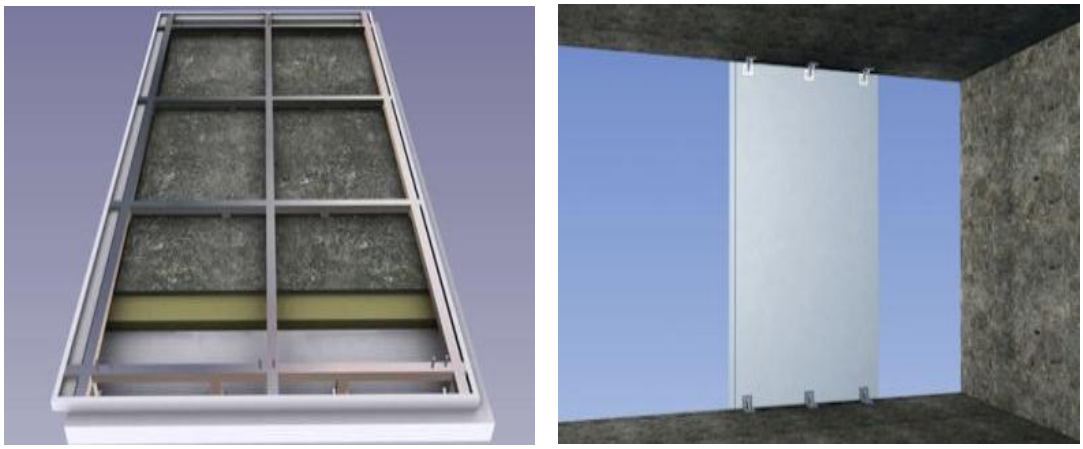
Sonuç olarak, uygulama aşamasında prekast cephe elemanlarının hatalı bitiş ve bağlantı nedeniyle ısı yalıtım katmanı kesintiye uğramakta ve gerekli sızdırmazlıklar sağlanmayarak performans sorunları oluşmaktadır.

Isı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) mekanik dayanım ve stabilite: sızdırmazlık sağlanmadığı için zaman içerisinde sistem dayanımı azalacaktır, (ii) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: prekast cephe sistemi-döşeme bağlantısında sızdırmazlık ve yalıtım sürekliliği sağlanmadığı ısıl performans özellikleri olumsuz etkilenmiştir, (iii) yangın durumunda emniyet: bu bakımdan bir problem oluşmamıştır, değerlendirmeleri yapılmıştır.

Yapı malzemesi ve elemanı üreticileri, ürünlerinin avantajlı yönlerini ön plana çıkarmakta, hatta bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri gerçeklere uygun olmamaktadır. Bunun yanında yapı elemanı detayları teorik olarak bütün gerekleri sağlayacak şekilde sunulmaktadır. Ancak uygulamaların, öngörülen şartları sağlamadığı durumlar oluşmaktadır.

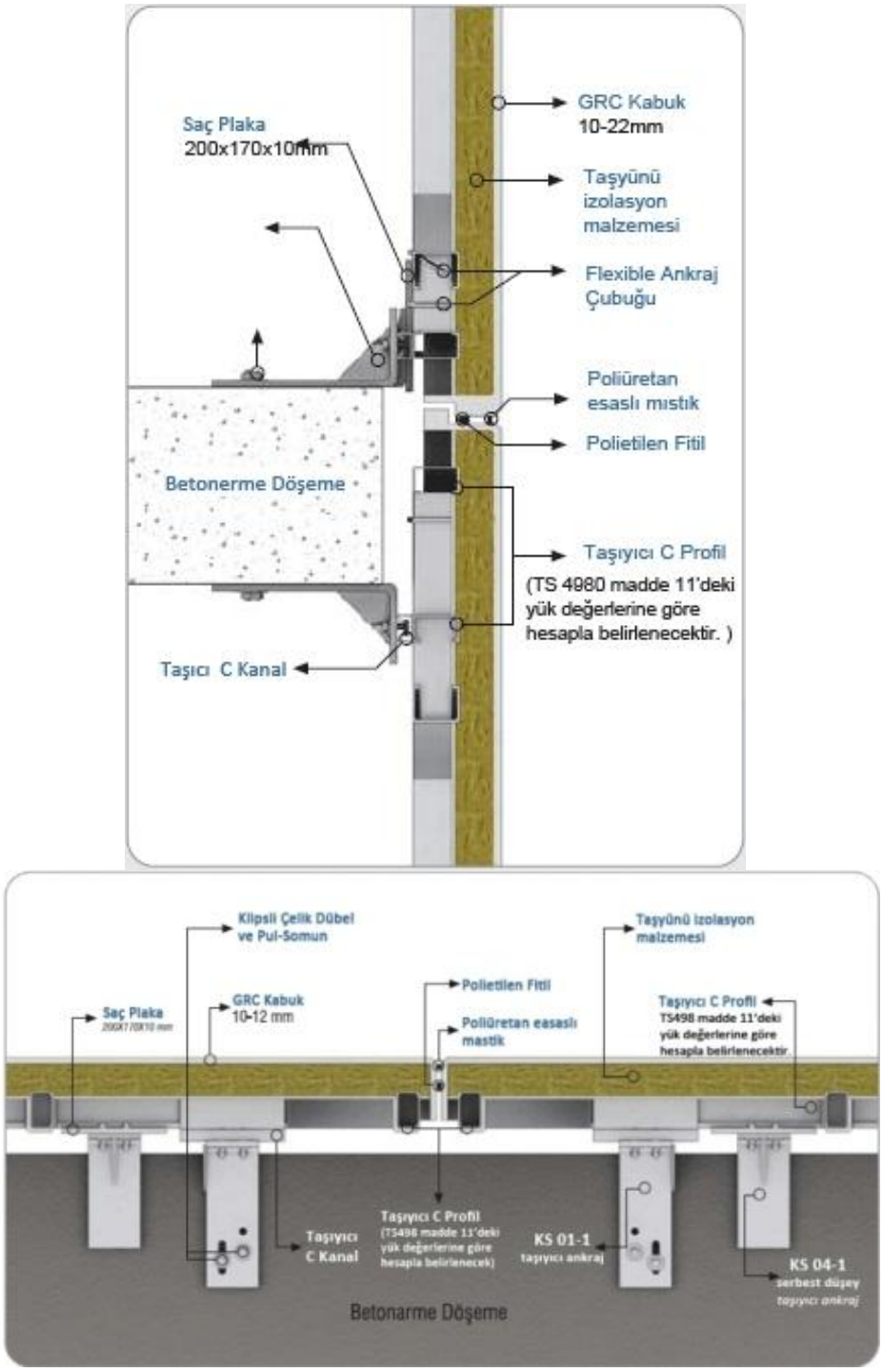
Örnek olarak cam elyaf takviyeli prekast beton (GFRC) duvar sistemleri, üreticileri tarafından daha hızlı montaj, hafiflik, yüksek yangın dayanımı, doğal hammadde, duvar örmeye gerek kalmadığı için işçilik ve maliyetin düşük olması gibi avantajları olduğu ileri sürülmektedir. Yapı malzemesinin olumlu gösterilen özellikleri ön plana çıkarılmaktadır.

Şekil 5.50'de gösterilen detaylarda sistemin tamamının 5 cm taş yünü veya XPS ısı yalıtım plakasıyla kaplandığı, böylece ısıl performans gereklerini sağladığı üreticiler tarafından belirtilmektedir.



Şekil 5.50 : Üreticisi tarafından önerilen cam elyaf takviyeli prekast cephe [100].

Panellerin üreticiler tarafından öngörülen Şekil 5.51'de gösterilen üretim detaylarında ısı yalıtımın sürekliliği, hava ve su sızdırmazlığı gibi performans değerlerini sağlaması planlanmaktadır.

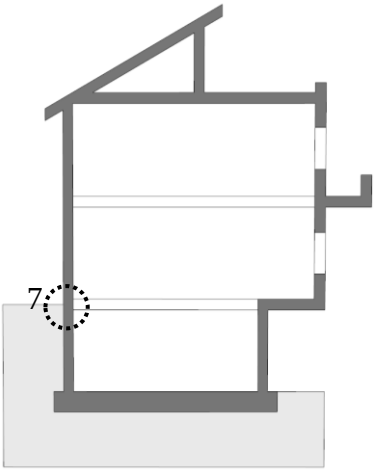


Şekil 5.51 : Üreticisi tarafından önerilen prekast cephe detayı [101].

Bu örnekte gösterilen öngörülmüş üretim ve uygulama şartlarının şantiyelerde sağlanamaması nedeniyle beklenen performans değerlerini sağlamadığı tespit edilmiştir.

5.2.7 Temel/bodrum duvarı-duvar birleşimi (durum 7)

Bu bölümde, duvar-döşeme birleşimlerinde karşılaşılan sorunlar dokuz örnek ile ele alınmıştır. İncelenen durumlar Şekil 5.52'de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.52 : Temel/bodrum duvarı-duvar birleşiminde incelenen durumların şematik gösterimi.

5.2.7.1 Dıştan kompozit ısı yalıtım sistemleri (ETICS)-temel/bodrum duvarı birleşimi

Bu bölümde, dıştan kompozit ısı yalıtım sistemleri (ETICS)-temel/bodrum birleşimleri kamu veya özel sektöre ait beş farklı örnekte yapılan incelemeler ile ele alınmıştır.

Örnek-1

Genel bilgileri bölüm 5.2.2.1'de verilen yapıya ait (Ek C) Şekil 5.53'te gösterilen örnekte ise ısı yalıtım uygulanan yüzey, yağmur suyunun kapiler yolla hareketi sonucu nemlenmiştir ve duvarın kuru olmadığı görülmektedir

Şekil 5.53 : Uygulama yapılacak alanın suya maruz kalması (Ek C-D6).

Uygulamaya devam etmeden önce uygun zemin şartlarının sağlanması gerekmektedir. Ayrıca, zeminden 1,5 m yükseklik boyunca E sınıfı malzeme uygulanması yangın yönetmeliğine göre uygun değildir.

Sonuç olarak, uygulama sırasında çevresel etkenlerle zeminin uygun olmaması ve yangın sınıfı uygun olmayan malzeme kullanımı tespit edilmiştir.

Isı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) mekanik dayanım ve stabilite: gerekli dayanımların sağlanabilmesi için zemin şartlarının uygun olması gerekmektedir, (ii) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: zemin şartları uygun olmadığı halde uygulama yapılması sonucu sistem içerisine sızan ve uzaklaştırılamayan su ısıl performans özelliklerini olumsuz etkilemektedir, (iii) yangın durumunda: zeminden 1,5 m yükseklik boyunca E sınıfı malzeme uygulanması yangın yönetmeliğine göre uygun değildir, değerlendirmeleri yapılmıştır.

Örnek-2/3

Genel bilgileri bölüm 5.2.4.4'te verilen yapıya ait (Ek I) ve bölüm 5.2.1.2'de verilen yapıya ait (Ek B) Şekil 5.54'te gösterilen cephelerde uygulanan ısı yalıtımı zemine doğru devam etmeyerek kesintiye uğramıştır. Bu noktalarda ısı köprüleri oluşmaktadır. Duvarlarda uygulanan ısı yalıtımının zeminde veya temelde uygulanan ısı yalıtımı ile bağlantısı kurulmalıdır. İç mekânlarda ise yoğuşma riskiyle karşı karşıya kalınabilir. Sonuç olarak, uygulama aşamasında cephede uygulanan ısı yalıtımının zemin ile birleşimi yapılmadığı için ısı köprüsü oluşumu tespit edilmiştir.

a) **b)**

Şekil 5.54 : Isı yalıtımının zemin altına devam etmeyerek kesintiye uğraması: a) (Ek I-D36), b) (Ek B-D3).

Isı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) mekanik dayanım ve stabilite: duvar ve zemin altında uygulanan ısı ve su yalıtım malzemelerinin birleşimi yapılmadığı için sistem dayanımı olumsuz etkilenmektedir, (ii) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: birleşim yapılmayan noktada ısı yalıtımı uygulanmadığı için ısı köprüsü oluşmaktadır, (iii) yangın durumunda emniyet: bu bakımdan bir problem oluşmamıştır, değerlendirmeleri yapılmıştır.

Zemin altında kalan temel veya bodrum duvarı ile zemin üstünde kalan duvar birleşimlerinde her yapı elemanı bulunduğu ortam gereklerine göre tasarlanmalıdır. Isı yalıtımı uygulaması öncesinde ve sonrasında gerekli önlemler alınmalıdır. Isı yalıtım malzemesi uygulamadan önce zeminin temiz ve kuru olması, yapıştırıcı malzemenin uygulanmasına hazır olmalıdır. Uygulama eğer mümkünse tek seferde tamamlanmalı, uygun hava koşullarında yapılmalıdır. Mevsim şartlarına bağlı olarak su ve nem koşulları düşünülmelidir.

Örnek-4

Yapı (Ek F) İstanbul ili Ataşehir ilçesinde bulunan kamu ve özel mülkiyete ait bir konuttur. İnce işler uygulama aşamasında olan 3 bloklu yapının her bir bloğunun yaklaşık boyutu 30m×20m'dir. Betonarme taşıyıcı sisteme sahip olan yapıda bodrum, zemin ve 32 normal kat bulunmaktadır. Isıtma sistemi ise HVAC'dır

Şekil 5.55 : Taş yünü ısı yalıtım malzemesinin suya maruz kalma ihtimali olan yerde kullanılması (Ek F-D20).

Yapıya ait Şekil 5.55'te gösterilen cephede uygulanan taş yünü ısı yalıtım levhaları, sürekli suya maruz kalan zemine kadar uygulanmaya devam edilmektedir. Duvar-zemin birleşim noktasında yalıtımı koruyucu önlem alınmalıdır veya uzun süre su

emme değerleri daha düşük ve su karşısında daha güçlü performans özelliklerine sahip ısı yalıtım malzemeleri tercih edilmelidir.

Sonuç olarak, tasarım aşamasında zemin suyuna maruz kalacak kısımlarda suya karşı dayanımı daha az olan malzeme kullanılması nedeniyle performans sorunları oluşumu tespit edilmiştir.

Isı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) mekanik dayanım ve stabilite: taş yünü ısı yalıtım malzemesinin suya maruz kalma ihtimali olan yerlerde kullanımı sonucu dayanımı azalarak deforme olacaktır, (ii) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: malzemenin suya maruz kalmasıyla ısıl performansı olumsuz etkilenecektir, (iii) yangın durumunda emniyet: bu bakımdan bir problem oluşmamıştır, değerlendirmeleri yapılmıştır.

Örnek-5

Aynı yapıda yer alan Şekil 5.56'da gösterilen duvarda uygulanan ısı yalıtımının toprak altında uygulanan ısı ve su yalıtımı ile bağlantısı kurulmamıştır. Bu noktalar hem ısı yalıtımı açısından hem de su yalıtımı açısından sorun oluşturmaktadır.

Şekil 5.56 : Duvarda ve toprak altında uygulanan yalıtım malzemelerinin ilişkilerinin kurulmaması (Ek F-D21).

Sonuç olarak, uygulama aşamasında cephede uygulanan ısı yalıtımının zemin ile birleşimi yapılmadığı için ısı köprüsü oluşumu tespit edilmiştir.

Isı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) mekanik dayanım ve stabilite: duvar ve zemin altında uygulanan ısı ve su yalıtım malzemelerinin birleşimi yapılmadığı için sistem dayanımı olumsuz etkilenmektedir, (ii) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: birleşim

yapılmayan noktada ısı yalıtımı uygulanmadığı için ısı köprüsü oluşmaktadır, (iii) yangın durumunda emniyet: bu bakımdan bir problem oluşmamıştır, değerlendirmeleri yapılmıştır.

5.2.7.2 Perde/dolgu duvar-temel/bodrum duvarı birleşimi

Bu bölümde, perde/dolgu duvar-temel/bodrum birleşimleri kamu veya özel sektöre ait üç farklı örnekte yapılan incelemeler ile ele alınmıştır.

Örnek-6

Yapı (Ek D) İstanbul ili Sarıyer ilçesinde bulunan kamuya ait bir lojmandır. Kaba işler uygulama aşamasında olan yapının yaklaşık boyutu 17m×45m'dir. Betonarme taşıyıcı sisteme sahip olan yapıda, bodrum, zemin ve 7 normal kat bulunmaktadır. Isıtma sistemi ise kaloriferdir.

Yapıya ait Şekil 5.57'de gösterilen örnekte uygulama devam ederken, uygulama yapılacak alan yağmur suyuna maruz kalmıştır. Uygulamada katmanlar arasına giden suyun performansa etkisi değerlendirilmelidir.

Şekil 5.57 : Uygulama yapılacak alanın suya maruz kalması (Ek D-D11).

Zemin altında uygulanan ısı yalıtım malzemelerinin basma dayanımları da yeterli olmalıdır. Burada uygulanan XPS ısı yalıtım malzemesinin 5 cm kalınlığında, TS EN 13164 standardına göre üretilmiş %10 deformasyon için basma dayanımı 300 kPa olduğu ve gerekli dayanımı sağladığı tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, uygulama sırasındaki çevresel etkenlerle uygulama zemininin uygun olmaması ve uygulamanın kesintiye uğraması nedeniyle performans sorunları oluşumu tespit edilmiştir.

Isı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) mekanik dayanım ve stabilite: zemin altında uygulanan XPS ısı yalıtım malzemesi yeterli basınç dayanımına sahiptir, (ii) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: zemin şartları uygun olmadığı halde uygulama yapılması sonucu sistem içerisinde kalan su, ısıl performans özelliklerini olumsuz etkilemektedir, değerlendirmeleri yapılmıştır.

Uygulama alanının kuruması için gerekli süre, hava koşullarına bağlıdır. Bu durumunda uygulamaya devam edilmeden zeminin kuruması beklenmelidir. Eğer uygulama alanına gelen su, sürekli inşaat suyu ise uygulamadan önce gerekli önlemler mutlaka alınmalıdır.

Örnek-7

Aynı yapıya ait Şekil 5.58'de gösterilen temelde, bitüm esaslı sürme su yalıtımı ve üzerine koruma amaçlı ısı yalıtım plakaları uygulanmıştır. Isı yalıtım plakaları temele bitüm esaslı sürme su yalıtımı noktasal olarak sürülerek sabitlenmiştir. Ancak uygulama kesintiye uğramış, yağmur ve rüzgârın etkisiyle ısı yalıtım plakaları yerlerinden ayrılmıştır.

Şekil 5.58 : Su yalıtımı kullanarak yapıştırılan XPS ısı yalıtım levhaları (Ek D-D12).

Sonuç olarak, uygulama sırasındaki çevresel etkenlerle, aslında ısı yalıtım yapıştırıcısı olamayan su yalıtım ürünün yapıştırıcı olarak kullanılması, uygulamanın kesintiye uğramasıyla malzemelerin deforme olmasına yol açmıştır.

Isı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) mekanik dayanım ve stabilite: temel etrafına yapıştırılan ısı yalıtım levhaları çevresel etkenlere maruz kalarak kopmuşlardır, uygulamanın tekrar yapılması gerekmektedir, (ii) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: uygulandıkları

yerden koparak ayrılan ısı yalıtım plakaları ısıl performans özelliklerini yerine getirememektedirler, değerlendirmeleri yapılmıştır.

Şantiyelerde toprak altında kalacak kısımlarda su yalıtım uygulamasından sonra, dolgu sırasında su yalıtım katmanının zarar görmemesi için ısı yalıtım plakaları uygulanabilmektedir. Ancak bu yalıtım plakaları su yalıtımına zarar vermemek için dübel gibi elemanlar ile mekanik sabitleme yerine zemin dolgusu yapılıncaya kadar geçici olarak yapıştırılmaktadır. Bu uygulamalarda asıl amaç su yalıtım katmanının zarar görmesini engellemektir. Uygulayıcılar tarafından bu uygulamalarda ısı yalıtım malzemesinin ısıl özellikleri öncelikli olarak değerlendirilmemektedir.

Örnek-8

Genel bilgileri bölüm 5.2.2.1'de verilen yapıya ait (Ek C) Şekil 5.59'da temel etrafında uygulanan ısı yalıtımı gösterilmektedir. Toprak altında kalan bodrum duvarına uygulanan ısı yalıtımı zemine ulaştığında gerekli önlemler alınmadığı için hasar görmüştür. Isı yalıtım etrafındaki keçe de parçalanmış, yalıtım ortaya çıkmıştır. Dış ortam şartları göz önüne bulundurularak önlem alınmalıdır.

Şekil 5.59 : Isı yalıtım levhalarını koruyucu katmanlarının parçalanması (Ek C-D8).

Sonuç olarak, uygulama sırasında çevresel etkenlerle gerekli koruma önlemleri alınmaması nedeniyle malzeme deformasyonu tespit edilmiştir.

Isı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) mekanik dayanım ve stabilite: uygulama sonrası koruma amaçlı gerekli önlemler alınmadığı için ısı yalıtım plakalarını koruyan keçe yırtılmıştır, levhalarında zarar görme ihtimali bulunmaktadır, (ii) enerji tasarrufu ve

ısı korunumu: levhaların parçalanması ısıl performans özelliklerini olumsuz etkileyecektir, (iii) yangın durumunda emniyet: zemin altında uygulandığı için bu bakımdan bir problem oluşmamıştır, değerlendirmeleri yapılmıştır.

Örnek-9

Genel bilgileri bölüm 5.2.7.1'de verilen yapıya ait (Ek F) Şekil 5.60'ta duvar ile bodrum tavanı birleşimi gösterilmektedir. Burada uygulama tamamlanmadan zemine uygulanan ısı yalıtımı inşaat suyuna maruz kalmıştır. Su tutucu özelliğe sahip ayırıcı keçe tamamen ıslanmıştır ve yalıtımın üzerinde sürekli nemli bir katman olarak kalmaktadır. Katmanlar arasına sızan su performans problemlerine yol açacaktır. Zemin tamamen kurumadan uygulamaya devam edilmemelidir. Ayrıca, burada zemindeki ısı yalıtım katmanının duvar ile birleşimi yapılmamıştır.

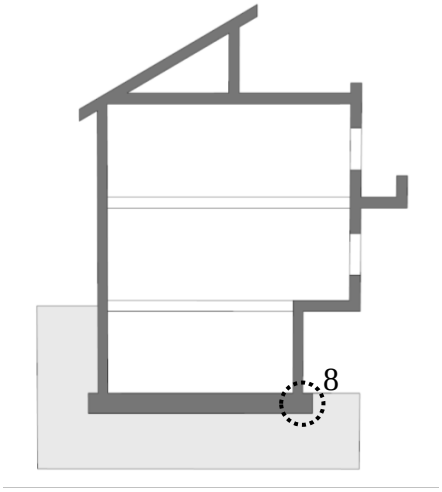
Şekil 5.60 : Isı yalıtım uygulamasının inşaat suyuna maruz kalması (Ek F-D19).

Sonuç olarak, uygulama sırasındaki çevresel etkenlerle uygulama zemininin uygun olmaması ve uygulamanın kesintiye uğraması nedeniyle performans sorunları oluşumu tespit edilmiştir.

Isı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) mekanik dayanım ve stabilite: uygulama tamamlanmadan suya maruz kalmıştır, sistem içinde uzun süre kalan su malzemelerin dayanımlarını olumsuz etkilemektedir, (ii) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: sistem içinde sürekli su bulunması ile ısı iletim değeri artmaktadır, (iii) yangın durumunda emniyet: bu bakımdan bir problem oluşmamıştır, değerlendirmeleri yapılmıştır.

5.2.8 Bodrum/temel duvarı-döşeme birleşimi (durum 8)

Bu bölümde, bodrum/temel duvarı-döşeme birleşimlerinde karşılaşılan sorunlar üç örnek ile ele alınmıştır. İncelenen durumlar Şekil 5.61'de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.61 : Bodrum/temel duvarı-döşeme birleşiminde incelenen durumların şematik gösterimi.

Örnek-1

Genel bilgileri bölüm 5.2.7.2'de verilen yapıya ait (Ek D) Şekil 5.62'de gösterilen uygulamada temel etrafına su ve ısı yalıtım uygulaması yapılmıştır. Kesintiye uğrayan uygulamada, yağmur ve rüzgârın etkisiyle ısı yalıtım plakaları ayrılarak deforme olmuştur.

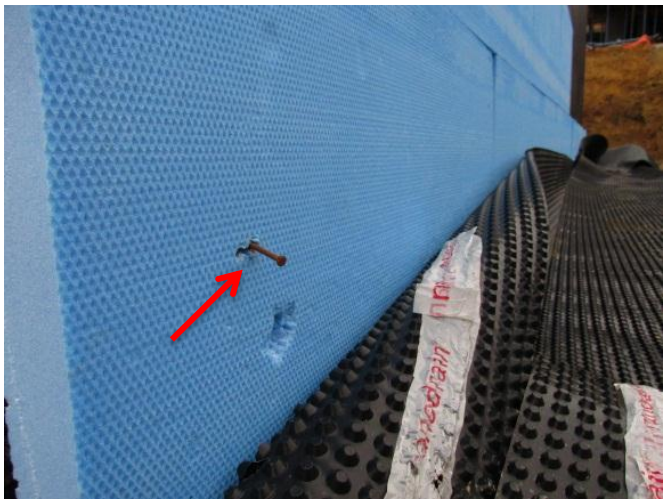
Şekil 5.62 : Uygulamanın kesintiye uğramasıyla rüzgârın verdiği zarar (Ek D-D13).

Sonuç olarak, uygulama sırasındaki çevresel etkenlerle malzemelerin hatalı bitiş ve bağlantısı ile malzeme deformasyonu tespit edilmiştir.

Isı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) mekanik dayanım ve stabilite: temel etrafına yapıştırılan ısı yalıtım levhaları çevresel etkenlere maruz kalarak kopmuşlardır, uygulamanın tekrar yapılması gerekmektedir, (ii) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: uygulandıkları yerden koparak ayrılan ısı yalıtım plakaları ısıl performans özelliklerini yerine getirememektedirler, değerlendirmeleri yapılmıştır.

Örnek-2

Aynı yapıya ait Şekil 5.63'te gösterilen örnekte ise ısı yalıtım malzemesi çivi ile sabitlenmiştir. Bu yanlış uygulama ile hem su yalıtımı hem de ısı yalıtımı delinmiştir.



Şekil 5.63 : Isı ve su yalıtım malzemesinin çivi ile delinmesi (Ek D-D14).

Sonuç olarak, uygulama aşamasında hatalı işçilik nedeniyle malzemelerin amaç dışı kullanımı birleşim ve bağlantı sorununa yol açmıştır.

Isı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) mekanik dayanım ve stabilite: ısı yalıtım levhaları çivi ile delinerek zarar görmüştür, (ii) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: delinen noktalar ısı köprüsü oluşturmakta ve su yalıtımı zarar gördüğü için sistem içine sızan su yalıtım performansını olumsuz etkilemektedir, değerlendirmeleri yapılmıştır.

Örnek-3

Yapı (Ek S) İstanbul ili Sarıyer ilçesinde bulunan kamuya ait bir yükseköğretim kurumudur. İnce işler uygulama aşamasında olan yapının yaklaşık boyutu 38m×55m'dir. Betonarme taşıyıcı sisteme sahip olan yapıda, bodrum, zemin ve 4 normal kat bulunmaktadır. Isıtma sistemi ise kaloriferdir.

Şekil 5.64'te gösterilen uygulamada su yalıtımı ve toprak altı yalıtım koruma/drenaj levhaları arasına uygulanan ısı yalıtım levhalarının parçalanmıştır. Gerekli önlemler alınarak levhaların parçalanması engellenmelidir. Uygulama süresince bu katmanların arasından su sızmasının da önüne geçilmelidir.

Şekil 5.64 : Isı yalıtım levhalarının uygulama sonrası parçalanması (Ek S-D50).

Sonuç olarak, uygulama sırasındaki çevresel etkenlerle malzemelerin hatalı bitiş ve bağlantısı ile malzeme deformasyonu tespit edilmiştir.

Isı yalıtım sisteminin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) mekanik dayanım ve stabilite: zemin altında uygulanan ısı ve su yalıtım malzemelerinin korunması için gerekli önlemler alınmadığı için levhalar parçalanmıştır, (ii) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: birleşim yapılmayan noktada ısı yalıtımı parçalandığı için ısı köprüsü oluşmaktadır, (iii) yangın durumunda emniyet: bu bakımdan bir problem oluşmamıştır, değerlendirmeleri yapılmıştır.

İş programında uygulama aşamaları uygun parçalara bölünmelidir. Birbirini takip eden uygulamalar veya tek bir uygulamanın tamamlanma aşamaları iyi belirlenmelidir. Bir uygulamaya ara verilmeksizin devam edilmeli, eğer mümkün değilse de uygun parçalar halinde bölünerek bitirilmelidir. Tamamlanmayan uygulamalar yağmur ve rüzgâra maruz kalırsa tamamlanan kısım zarar görebilmektedir.

5.2.9 Diğer problemler

Isı yalıtım uygulamaların bazı problemler, yalıtımın uygulandığı yere bağlı olmaksızın karşılaşılan genel sorunlardır. Şantiyede uygulama öncesi gelen malzemeler dış ortam şartlarından korunacak şekilde depolanmalıdır. Depolama

işlemi ısı yalıtım plakalarının formunu zarar vermeyecek şekilde olmalıdır. Deforme olmuş veya rijitliğini kaybetmiş plakalar uygulanmamalıdır.

Örnek-1/2

Genel bilgileri bölüm 5.2.1.3'te verilen yapıya ait (Ek K) ve bölüm 5.2.2.1'de verilen yapıya ait (Ek M) Şekil 5.65'te uzun süre dış ortam şartlarında veya depolarda uygun olmayan şartlarda bekletilmiş ve deforme olmuş ısı yalıtım plakaları görülmektedir. Isı yalıtım plakalarının rijitliği ve lifli yapısı zarar görmüştür. Bu malzemelerin uygulanması ısı yalıtım açısından sorunlara yol açmaktadır.

a) **b)**

Şekil 5.65 : Depolama hatası nedeniyle taş yünü ısı yalıtım plakaların deforme olması: a) (Ek K-D41), b) (Ek M-D44).

Sonuç olarak, uygulama aşamasında ısı yalıtım malzemelerinin şantiyede uygun olmayan koşullarda depolanması sonucu malzemelerin zarar gördüğü ve deformasyona uğradığı tespit edilmiştir.

Isı yalıtım malzemelerinin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) mekanik dayanım ve stabilite: malzemelerin depolama şartları uygun olmadığı için yapıları ve dayanıklılıkları zarar görmüştür, (ii) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: deforme olan yalıtım malzemeleri ısı yalıtım özelliklerini kaybetmiştir, değerlendirmeleri yapılmıştır.

Örnek-3/4

Yapı (Ek R) İstanbul ili Maltepe ilçesinde bulunan kamu ve özel mülkiyete ait konut, ofis ve alışveriş merkezidir. Kaba işler uygulama aşamasında olan yapının yaklaşık

boyutu 70m×75m'dir. Betonarme taşıyıcı sisteme sahip olan yapıda, 9 bodrum, zemin ve 27 normal kat bulunmaktadır. Isıtma sistemi ise HVAC'dır.

Bu yapıya ait ve genel bilgileri bölüm 5.2.2.1'de verilen yapıya ait (Ek C) Şekil 5.66'da gösterilen örneklerde, ısı yalıtım levhalarının altına su sızmış ve levhalar uzun süre suya maruz kalmışlardır. Eğer şantiye su ve benzeri etkenler kaçınılmaz ise mutlaka önlem alınmalıdır.

a)

b)

Şekil 5.66 : Depolama alanındaki suyun plakaların altına sızması : a) (Ek R-D49), b) (Ek C-D10).

Sonuç olarak, uygulama aşamasında ısı yalıtım malzemelerinin şantiyede uygun olmayan koşullarda depolanması sonucu malzemelerin zarar gördüğü ve deformasyona uğradığı tespit edilmiştir.

Isı yalıtım malzemelerinin bulunduğu konum ve şartlara bağlı olarak öncelikli performans gereksinimleri açısından; (i) mekanik dayanım ve stabilite: malzemelerin depolama şartları uygun olmadığı için yapıları ve dayanıklılıkları zarar görmüştür, (ii) enerji tasarrufu ve ısı korunumu: deforme olan yalıtım malzemeleri ısı yalıtım özelliklerini kaybetmiştir, değerlendirmeleri yapılmıştır.

5.3 Alan Çalışması Sonuçlarının Değerlendirilmesi

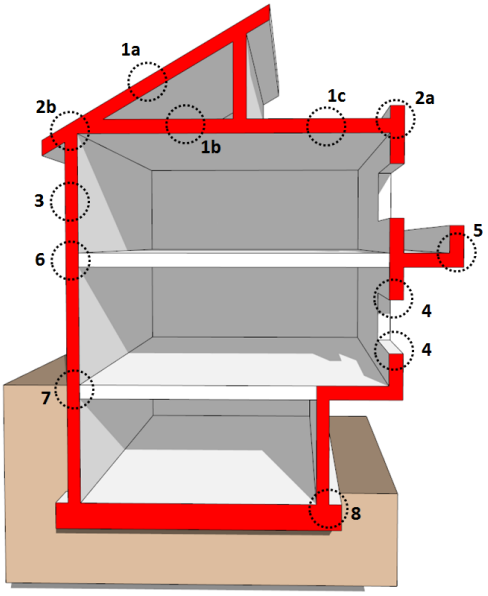
Bu bölümde, alan çalışmasında incelenen 19 binada karşılaşılan ısı yalıtım sorunlarının genel değerlendirmesi yapılmaktadır. Öncelikle ısı yalıtımının incelendiği yapı elemanları ve birleşimler değerlendirilmiştir. Daha sonra ısı yalıtım sorununun oluştuğu aşamalar, bulunduğu yer ve son olarak sorunların oluşma nedenleri, birbiriyle ilişkileri incelenmiştir. Alan çalışması kapsamında yapılan incelemeleri içeren atlas Ek-V'de yer almaktadır.

5.3.1 Isı yalıtımının incelendiği yapı elemanları ve birleşimleri

Gerçekleştirilen alan çalışması ile yeni ve mevcut binalarda çatı bünyesinde, çatı-parapet/saçak-duvar birleşiminde, duvar bünyesinde, duvar-pencere/kapı birleşiminde, duvar-konsol/balkon birleşiminde, duvar-döşeme birleşiminde, temel/bodrum-duvar birleşiminde ve bodrum/temel duvarı-döşeme birleşiminde oluşan 50 ısı yalıtım performans sorunu ve dört tane diğer problemler olmak üzere toplam 54 ısı yalıtım sorunu Çizelge 5.4'te gösterildiği üzere incelenmiştir.

Çizelge 5.4 : İnceleme yapılan yapı elemanları ve birleşimleri dağılımı.

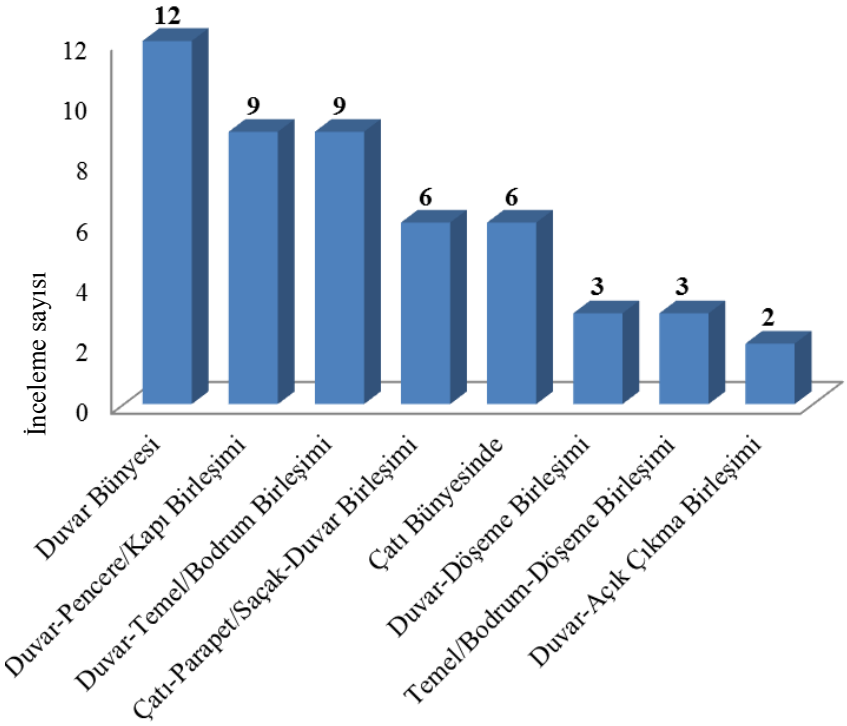
Yapı Elemanı/Birleşimi	İnceleme Sayısı
Çatı Bünyesinde	**6**
Eğimli sıcak çatı	2
Eğimli soğuk çatı	1
Teras çatı	3
Çatı-Parapet/Saçak-Duvar Birleşimi	**6**
Teras çatı-parapet	5
Eğimli çatı-saçak-duvar	1
Duvar Bünyesi	**12**
Duvar-Pencere/Kapı Birleşimi	**9**
Duvar-Açık Çıkma Birleşimi	**2**
Duvar-Döşeme Birleşimi	**3**
Duvar-Temel/Bodrum Birleşimi	**9**
Temel/Bodrum-Döşeme Birleşimi	**3**
Diğer Problemler	**4**
Toplam	**54**



Şekil 5.67 : Bina kabuğunda ısı yalıtımının ve birleşimlerinin konumları.

Toplam sekiz başlık içerisinde iki bölüm yapı elemanı bünyesindeki incelemeleri, diğer yedi bölüm ise yapı elemanı birleşimlerindeki incelemeleri içermektedir. Bina kabuğunda ısı yalıtımının ve birleşimlerinin konumları Şekil 5.67'de gösterilmektedir.

Şekil 5.68'de gösterildiği üzere, alan çalışması ile bina kabuğunda yapılan incelemeler en çoktan aza doğru; duvar bünyesinde, duvar-pencere/kapı birleşimi, duvar-temel/bodrum birleşimi, çatı-parapet/saçak-duvar birleşimi, çatı bünyesi, duvar-döşeme birleşimi, temel/bodrum-döşeme birleşimi ve duvar-açık çıkma birleşimi olarak sıralanabilir.



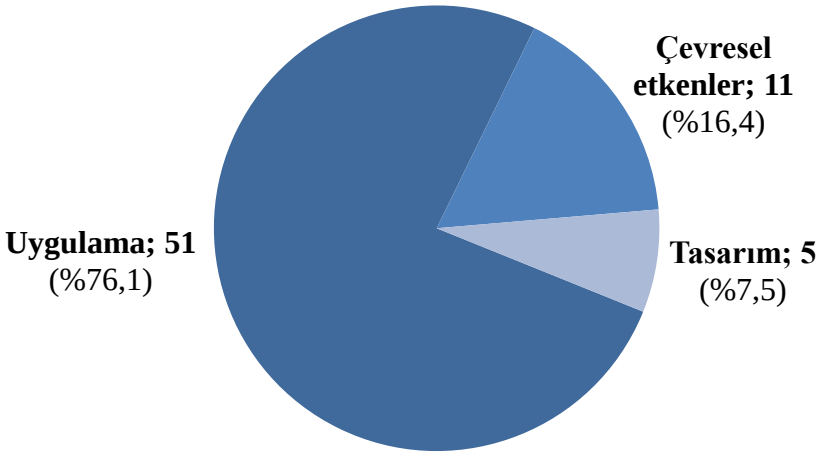
Şekil 5.68 : İnceleme yapılan yapı elemanı ve birleşimlerinin sıralaması.

5.3.2 Isı yalıtım sorunun oluştuğu aşama

Isı yalıtım sorunları, tasarım aşamasında, şantiyede uygulama aşamasında veya çevresel etkenler nedeniyle oluşabilmektedir. 54 farklı incelemede, bazı sorunların birden fazla aşamada oluşması nedeniyle toplam 67 aşama tespiti yapılmıştır. Şekil 5.69'daki grafikte ısı yalıtım sorununun oluştuğu 67 aşamanın dağılımı gösterilmektedir.

Alan çalışması sonucunda, ısı yalıtım sorunlarının en fazla 51 inceleme ile uygulama aşamasında oluştuğu tespit edilmiştir. Çevresel etkenler ile oluşan 11 sorunun tamamı uygulama aşamasıyla da ilişkilidir. Bu sorunlarda, uygulama aşamasında

yapılan hataların çevresel etkenlerle bir araya gelerek ısı yalıtım performansını olumsuz etkilediği söylenebilir. Ayrıca, incelemelerin üç tanesinde hem tasarım aşamasında hem de uygulama aşamasında sorunlar tespit edilmiştir. Burada da tasarım aşamasında ortaya çıkan bazı sorunların uygulama aşamasında giderilmeden uygulandığı sonucu çıkarılmıştır.

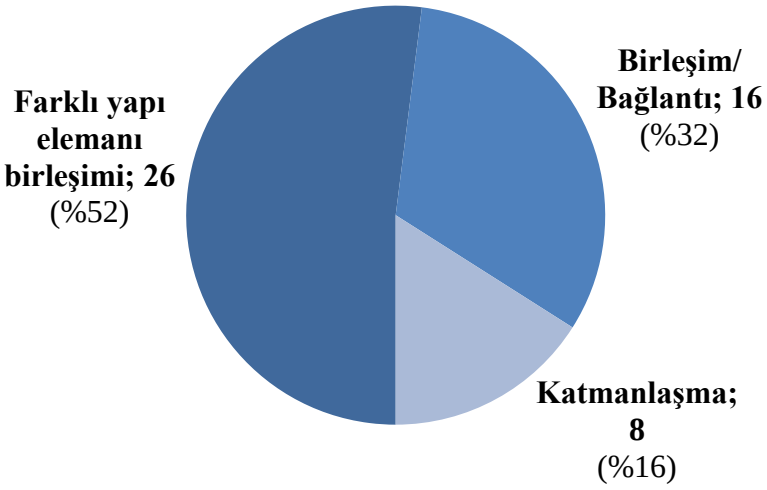


Şekil 5.69 : Isı yalıtım sorununun oluşum aşaması dağılımı.

5.3.3 Isı yalıtım sorununun belirlendiği yer

Isı yalıtım sorununun oluştuğu yapı elemanı ve birleşimlerinde gerçekleştirilen 50 incelemede, Şekil 5.70'de gösterildiği üzere ısı yalıtım sorunlarının en fazla belirlendiği yer 26 incelemede tespit edilen, farklı yapı elemanı birleşimleridir. Farklı yapı elemanı birleşiminde oluşan sorunlar, toplam incelemelere oranlanırsa %52'ye karşılık gelmektedir. Bu orandan, tespit edilen bütün sorunların yaklaşık yarısının farklı yapı elemanlarının birleşimlerinde oluştuğu sonucu çıkarılabilir. Sorunların %32'si aynı yapı elemanın birleşim ve bağlantısında oluşmuştur. Böylece, toplam sorunların %84'ünün farklı veya aynı yapı elemanın birleşim veya bağlantısında oluştuğu tespit edilmiştir. Bu orandan bina kabuğunda ısı yalıtım performansını etkileyen en büyük etkenin birleşim ve bağlantı noktalarının uygun olmaması sonucu çıkarılabilir.

Isı yalıtım sorunları en az katmanlaşma aşamasında belirlenmiştir. Katmanlaşma sorunun tespit edildiği 8 incelemede, sorunların ısı köprüsü oluşumu, ısı yalıtım uygulanmaması veya yanlış ısı yalıtım malzemesi tercih edilmesi nedeniyle olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 5.70 : Isı yalıtım sorununun belirlendiği yer dağılımı.

5.3.4 Isı yalıtım sorunun tanımlanması

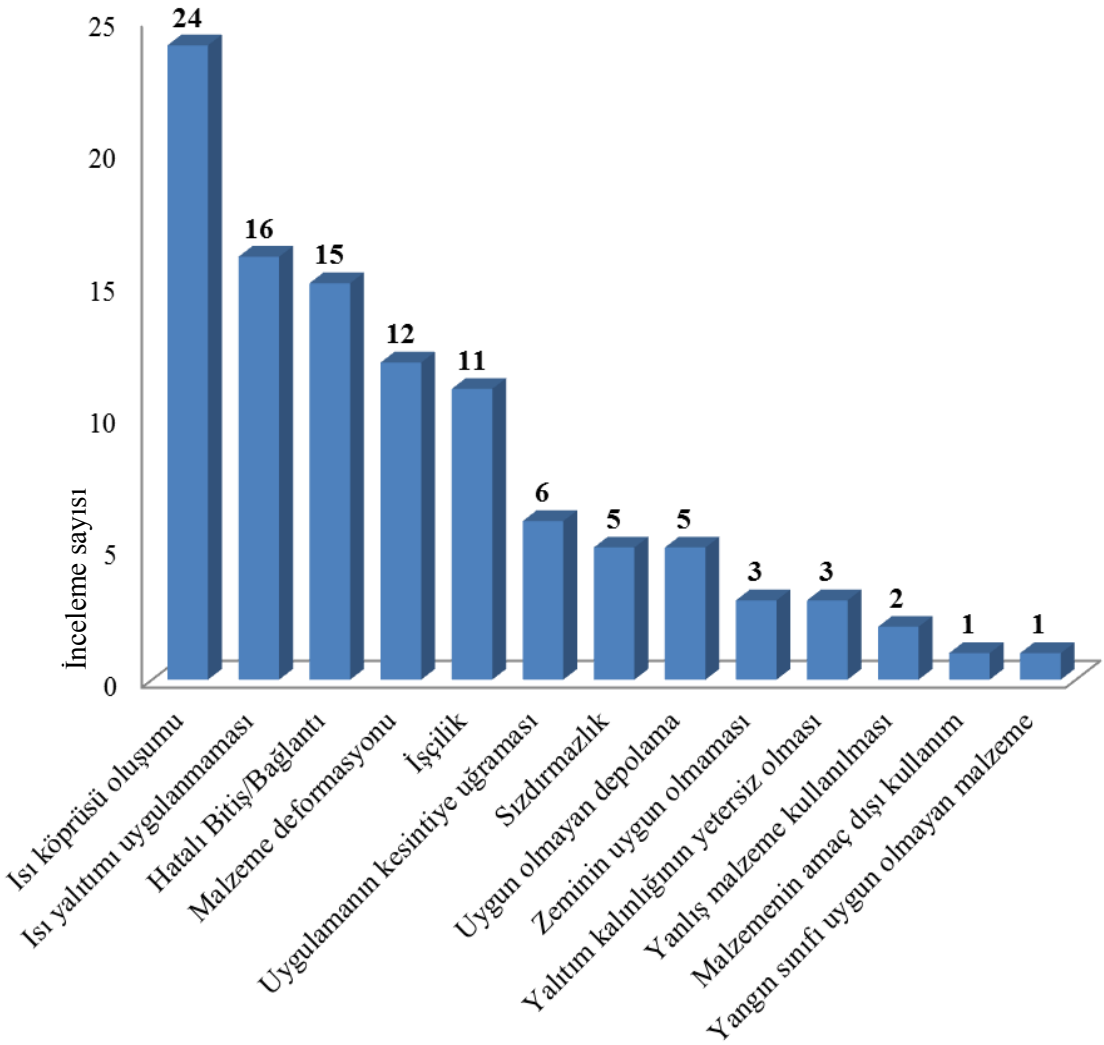
Alan çalışmasında, 19 yapıda gerçekleştirilen 54 inceleme sonucunda toplam 104 ısı yalıtım sorunu tespit edilmiştir. En fazla tespit edilen ilk beş ısı yalıtım sorunu; ısı köprüsü oluşumu, ısı yalıtımının uygulanmaması, hatalı bitiş veya bağlantı, malzeme deformasyonu ve işçilik hataları olarak sıralanabilir. Burada sıralanan ilk beş sorun, tespit edilen sorunların toplamının %75'ine karşılık gelmektedir. Tespit edilen 104 ısı yalıtım sorununun sınıflandırılması Şekil 5.71'de verilen grafikte gösterilmektedir.

Isı yalıtım uygulamalarında, en fazla karşılaşılan ısı yalıtım sorunu, 24 incelemede tespit edilen ısı köprüsü oluşumudur. Isı köprüsü oluşan örneklerin 15'inde ısı yalıtımı uygulanmaması sorunu da tespit edilmiştir. Isı köprüsü oluşumunun, 4 incelemede işçilik hatası nedeniyle oluştuğu, 3 incelemede ise hatalı bitiş ve bağlantı nedeniyle oluştuğu görülmüştür. Buradan ısı köprüsü oluşumuna neden olan en yaygın sorunların; ısı yalıtımı uygulanmaması, işçilik hataları ve hatalı bitiş veya bağlantı yapılması olduğu söylenebilir.

15 incelemede görülen hatalı bitiş veya bağlantı sorunun, 5'inde sızdırmazlık sorunu da tespit edilmiştir. Bu incelemelerin 4'ünde ise ısı köprüsü oluşumu tespit edilmiştir. Buradan hatalı bitiş veya bağlantı sonucunda en sık oluşan sorunların; sızdırmazlığın sağlanmaması ve ısı köprüsü oluşumu olduğu söylenebilir.

Malzeme deformasyonu tespit edilen 12 incelemenin, 8'inde işçilik hatası tespit edilmiştir. 3 incelemede ise uygulamanın kesintiye uğraması tespit edilmiştir.

Buradan malzeme deformasyonuna en fazla yol açan nedenler; işçilik hatası, uygulamanın kesintiye uğraması ve hatalı bitiş veya bağlantı yapılması olarak sıralanabilir.



Şekil 5.71 : Isı yalıtım sorunlarının sınıflandırılması.

İşçilik hatası tespit edilen 11 incelemenin, 8'inde malzeme deformasyonu, 4'ünde ise ısı köprüsü oluşumu tespit edilmiştir. Dolayısıyla, uygulamalarda oluşan işçilik hataları nedeniyle malzemelerin deformasyonu ve ısı köprüsü oluşumuna yol açtığı tespit edilmiştir. Ayrıca, uygulamanın kesintiye uğramasının malzeme deformasyonu ile ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Son olarak yukarıdaki belirlemelerden yola çıkarak, ısı yalıtım sorunun oluştuğu yapı elemanı veya birleşimleri ile ilgili bazı tespitler aşağıda sıralanmıştır. Burada

belirlenen sorunlar ve çözüm önerileri dikkate alınarak ısı yalıtım uygulamalarının performanslarına katkı saplanabilir.

5.3.4.1 Çatı bünyesinde

- Çatı bünyesindeki yağmur suyu gideri, baca ve tesisat elemanları gibi uygulamayı kesintiye uğratan elemanların birleşim ve bağlantılarının düzgün yapılmaması, sızdırmazlığın sağlanmaması performansı olumsuz etkilemektedir.
- Uygulamaların kesintiye uğraması ile çevresel etkenlere maruz kalan yapı elemanları zarar görmektedir.
- İş programında uygulamaların kesişmesi nedeniyle aynı anda yapılan uygulamalar, çatıda gerçekleştirilen ısı yalıtım uygulamalarına zarar vermektedir.
- Eğimli ve teras çatılarda işçilik hataları nedeniyle malzemelerin deforme olması gözlemlenmiştir.
- Uygulama projesinde yer alan detayların uygulanmaması veya farklı uygulanması nedeniyle yapı elemanı bünyesinde gerekli ısıl direnç değerinin sağlanmadığı tespit edilmiştir.

5.3.4.2 Çatı-parapet/saçak-duvar birleşiminde

- Tasarım ve uygulama aşamasında parapet etrafında ısı yalıtım sürekliliğinin sağlanmaması en fazla karşılaşılan sorundur.
- Tasarım aşamasında su yalıtım detayları uygulama projesinde hazırlanmakta, ancak ısı yalıtımı göz ardı edilmektedir.
- Saçak altında yer alan kısmın yalıtılmaması, ısı yalıtım sürekliliğinin saçakta sağlanmaması ısı köprülerine yol açmaktadır.

5.3.4.3 Duvar bünyesinde

- Tasarım aşamasında cephenin bir kısmında yer alan duvarlarda zeminden çatıya kadar ısı yalıtımı öngörülmemesi performansı olumsuz etkilemektedir.
- Cephede uygulanan ısı yalıtım elemanlarının son kat kaplamalarının yapılmaması nedeniyle deforme olduğu tespit edilmiştir.

- Duvarda yer alan elemanların birleşim ve bağlantılarının gerekli hava ve su sızdırmazlıklarını sağlamaması nedeniyle yalıtım katmanının zarar görmesi ve işlevini yerine getirememesi performansı olumsuz etkilenmektedir.
- Mevcut binalarda yapılan mantolama uygulamalarında, cephede yer alan yağmur suyu iniş boruları ve doğalgaz tesisatı gibi elemanlar, yalıtımı kesintiye uğratarak ısı köprüsü oluşmasına neden olmaktadır.
- Yalıtım uygulaması sırasında kurulan iskelenin cepheye sabitlenmesi için kullanılan elemanların, yalıtım plakalarını delmesi ve deforme etmesi sonucunda buraların sıva ile doldurulmasıyla ısı köprüsü oluşumları tespit edilmiştir.
- Prekast cephe elemanları üreticilerinin öngördükleri üretim şartları ile şantiyelerde gerçekleştirilen uygulamaların farklı olması ve gerekli performans şartlarını sağlamadığı tespit edilmiştir.

5.3.4.4 Duvar-pencere/kapı birleşiminde

- Proje ve uygulama aşamalarında cephede uygulanan ısı yalıtımının, pencere ve kapı iç kısımlarına doğru devam etmemesi ile ısı köprüsü oluşmaktadır.
- Pencere ve kapı etrafındaki levhaların düzgün kesilmemesi ile oluşan boşlukların sıva ile doldurulması ısı köprülerine yol açmaktadır.
- Pencere ve kapı içi kısımlarına uygulanan ısı yalıtım kalınlığının yeterli olmaması nedeniyle ısı köprüsü oluşumları tespit edilmiştir.
- Prekast cephe elemanlarının pencere etraflarında, ısı yalıtımının hiç uygulanmaması nedeniyle ısı köprüsü oluşumları tespit edilmiştir.
- Kompozit cephe sistemlerinin kapı ve pencere birleşimlerinin düzgün yapılmaması ve sızdırmazlıkların sağlanmaması nedeniyle ısı yalıtım katmanı zarar görmektedir.

5.3.4.5 Duvar-konsol döşeme/balkon birleşiminde

- Uygulama aşamasında cephede yer alan konsol ve balkonlarda ısı yalıtımının sürekliliğinin kısmen veya tamamen sağlanmaması ısı köprülerine yol açmaktadır.

5.3.4.6 Duvar-döşeme birleşiminde

- Prekast cephe elemanlarının döşemeye montajı sırasında ısı yalıtım katmanının kesintiye uğraması tespit edilmiştir.
- Gerekli sızdırmazlıkların sağlanmaması cephede su ve havanın etkisiyle yalıtım katmanı zarar görmektedir.
- Cephe elemanlarının montajının projesine uygun yapılmaması ile oluşan sızdırmazlıkların sağlanmaması tespit edilmiştir.

5.3.4.7 Temel-duvar birleşiminde

- Cephede uygulanan ısı yalıtımının temel veya bodrum ile bağlantısının yapılmaması ısı köprülerine yol açmaktadır.
- Uygulama öncesi, zemin şartlarının uygun olmaması yalıtım performansını olumsuz etkilemektedir.
- Yalıtım uygulamasından sonra, gerekli önlemler alınmadığı için çevresel şartların etkisiyle yalıtım katmanları zarar görmektedir.
- Zemin sularının ve inşaat sularının uygulama alanından uzaklaştırılmaması ısı yalıtım malzemesine zarar vermektedir.

5.3.4.8 Bodrum/temel duvarı-döşeme birleşiminde

- Uygulamaların kesintiye uğraması, bodrum ve temel etrafında gerçekleştirilen uygulamaların zarar görmesine neden olmaktadır.
- Çivi gibi bazı yapı elemanlarının amaç dışı kullanımı ile yalıtım katmanlarının delinmesi veya zarar görmesi katmanların bütünlüğüne zarar vermektedir.
- Temel veya bodrum etrafında yalıtımın zemin üstüne gelen kısımlarında gerekli önlemlerin alınmamasıyla yalıtım katmanlarının parçalanması veya deforme olması performansı olumsuz etkilemektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizde enerji tüketimi, ekonominin gelişmesi ve üretimin artmasına bağlı olarak her geçen gün artmaktadır. Enerjide dışa bağımlılık ve maliyetlerin artması gibi etkenler, enerji tasarrufu ve verimliliği konularında önlemler almayı kaçınılmaz kılmaktadır. Bu bakış açısıyla, toplam enerji tüketiminin üçte birinin gerçekleştiği binalarda enerji tasarrufu potansiyeli çok ciddi bir şekilde değerlendirilmeli ve gerekli önlemler alınmalıdır. Ülkemizde son on beş yılda hızla artan inşaat faaliyetleri ile binalarda tüketilen enerji miktarı da katlanarak artmaktadır. Binalarda enerji tüketimi incelendiğinde, ilk sırada ısıtma ve soğutma sistemlerinin geldiği görülmektedir. Enerji tasarrufunu artırmanın en yaygın yolu, ısıtma ve soğutma sırasında atmosfer koşulları ile etkileşim halinde olan bina kabuğunda yeterli ve etkin ısı yalıtımı uygulamaktır. Dolayısıyla, Türkiye genelinde bina kabuğunda uygulanan ısı yalıtım sistemlerinin hem tasarım hem de uygulama aşamalarında etkinliğinin araştırılması, karşılaşılan sorunların tespit edilmesi, önlemlerin alınması ve mevzuat gereklerinin sağlanmasına yönelik çalışmalar, enerji tasarrufu konusunda önemli hale gelmektedir.

Bina kabuğunda uygulanan ısı yalıtım sistemlerinin tasarım ve uygulama aşamalarında performans ve etkinlik açısından incelenmesine yönelik bu çalışma yeni ve mevcut bina uygulamalarını kapsamaktadır. Isı yalıtım sistemleri, yapı elemanları ve birleşimleri üretim, tasarım ve uygulama aşamalarında çevresel şartlar da göz önüne alınarak incelenmiştir. Mevzuatta ve teoride öngörülen performans ve etkinliğe ilişkin bilgilerin uygulama alanlarında gerçekleştirilen karşılıkları kayıt altına alınarak görselleştirilmiştir.

Tez kapsamında, İstanbul ilinde yoğun olarak yaklaşık sekiz ay gibi bir süre içerisinde, 33 binada 100'e yakın inceleme yapılmıştır. Çalışma süresi içerisinde bazı binalara kış aylarında uygulamanın zaman zaman kesintiye uğraması nedeniyle bir kereden fazla gidilmiştir. Çalışma sonucunda, tez kapsamında toplam 19 bina ve 54 örnek uygulama ısıl performans açısından ayrıntılı olarak incelenmiştir. Binaların projelerinden edinilen ayrıntılar, sahada elde edilen bilgiler ve karşılaşılan farklı

durumlar sistematik bir şekilde kaydedilmiştir. Isı yalıtımı uygulamaları ile doğrudan ilgili olarak belirlenen bazı sorunlar ile ısıl performansın etkinliği açısından değerlendirilmiş; ayrıca mevcut şartlar dikkate alınarak performans problemleri olası nedenleriyle tartışılmıştır.

Alan çalışması sonucunda, incelenen 19 binada karşılaşılan ısı yalıtım sorunlarının genel değerlendirmesi yapılmıştır. Öncelikle ısı yalıtımının incelendiği yapı elemanları ve birleşimler değerlendirilmiştir. Daha sonra ısı yalıtım sorununun oluştuğu aşamalar, bulunduğu yer, sorunların oluşma nedenleri ve son olarak birbiriyle ilişkileri incelenmiştir. Gerçekleştirilen alan çalışması ile yeni ve mevcut binalarda çatı bünyesinde, çatı-parapet/saçak-duvar birleşiminde, duvar bünyesinde, duvar-pencere/kapı birleşiminde, duvar-konsol/balkon birleşiminde, duvar-döşeme birleşiminde, temel/bodrum-duvar birleşiminde ve bodrum/temel duvarı-döşeme birleşiminden oluşan toplam 50 ısı yalıtım performansına ek olarak dört farklı inceleme de diğer sorunlar bölümünde olmak üzere, toplam 54 inceleme yapılmıştır. Alan çalışması sonuçları şu şekilde sıralanabilir;

- Isı yalıtım sorunları, tasarım aşamasında, şantiyede uygulama aşamasında veya çevresel etkenler nedeniyle oluşabilmektedir. 54 farklı incelemede, bazı sorunların birden fazla aşamada oluşması nedeniyle toplam 67 aşama tespiti yapılmıştır.
- Isı yalıtım sorunlarının en fazla 51 inceleme ile uygulama aşamasında oluştuğu tespit edilmiştir.
- Çevresel etkenler ile oluşan 11 sorunun tamamı uygulama aşamasıyla da ilişkilidir. Bu sorunlarda, uygulama aşamasında yapılan hataların çevresel etkenlerle bir araya gelerek ısı yalıtım performansını olumsuz etkilediği söylenebilir.
- İncelemelerin üç tanesinde hem tasarım aşamasında hem de uygulama aşamasında sorunlar tespit edilmiştir. Burada da tasarım aşamasında ortaya çıkan bazı sorunların uygulama aşamasında giderilmeden uygulandığı tespit edilmiştir.
- Isı yalıtım sorununun oluştuğu yapı elemanı ve birleşimlerinde gerçekleştirilen 50 incelemede, ısı yalıtım sorunlarının en fazla belirlendiği yer 26 incelemede tespit edilen, farklı yapı elemanı birleşimleridir. Farklı

yapı elemanı birleşiminde oluşan sorunlar, toplam incelemelere oranlanırsa %52'ye karşılık gelmektedir. Bu orandan, tespit edilen bütün sorunların yaklaşık yarısının farklı yapı elemanlarının birleşimlerinde oluştuğu sonucu çıkarılabilir.

- Sorunların %32'si aynı yapı elemanın birleşim ve bağlantısında oluşmuştur. Böylece, toplam sorunların %84'ünün farklı veya aynı yapı elemanın birleşim veya bağlantısında oluştuğu tespitiyle; bina kabuğunda ısı yalıtım performansını etkileyen en büyük etkenin birleşim ve bağlantı noktalarının uygun olmaması sonucu çıkarılabilir.
- Isı yalıtım sorunları en az katmanlaşma aşamasında belirlenmiştir. Katmanlaşma sorunun tespit edildiği 8 incelemede, sorunların ısı köprüsü oluşumu, ısı yalıtım uygulanmaması veya yanlış ısı yalıtım malzemesi tercih edilmesi nedeniyle olduğu tespit edilmiştir.
- Alan çalışmasında, 19 yapıda gerçekleştirilen 54 inceleme sonucunda toplam 104 ısı yalıtım sorunu tespit edilmiştir. En fazla tespit edilen ilk beş ısı yalıtım sorunu; ısı köprüsü oluşumu, ısı yalıtımının uygulanmaması, hatalı bitiş veya bağlantı, malzeme deformasyonu ve işçilik hataları olarak sıralanabilir. Burada sıralanan ilk beş sorun, tespit edilen sorunların %75'ine karşılık gelmektedir.

Alan çalışmasında belirlenen sorunlara ek olarak mevcut mevzuatın yeterliliği ve uygulamaların kontrolü de tartışılmalıdır. Ülkemizdeki mevcut mevzuatın genel yaklaşımı malzeme üretim, tasarım ve uygulama alanlarında çeşitli zorunluluklar ve kısıtlamalar ile enerji tasarrufunun artırılmasını sağlamaktır. Ayrıca, ülke genelinde artan enerji ihtiyacı ve tasarrufun artırılması hakkında kamuoyu bilinçlendirilmesi yapılması hedeflenmektedir. Enerji Verimliliğinin Artırılması Eylem Planı'nda belirlenen enerji tüketim hedeflerine örnek olarak; kamu binalarında enerji kullanımının 2018 yılına kadar 2012 seviyesine göre %10 azaltılması amaçlanmaktadır. Mevzuatta bu örneğe benzer genel hedefler belirlenmesine rağmen, bazı yönetmelikler diğer ülkelerdekilerle karşılaştırıldığı zaman yeterli olmadığı ortaya çıkmaktadır. Örnek olarak; en son 2013 yılında güncellenen ve uygulanması zorunlu olan TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları'nda yapı elemanlarının sağlaması gereken en az ısıl geçirgenlik değerleri, benzer iklim

özelliğindeki diğer ülkeler ile kıyaslanınca yeterli olmadığı görülmektedir. Bazı ülkelerdeki mevzuat, kullanılan enerji kaynağına göre kısıtlamalar getirmektedir. Üretimi zor ve maliyeti yüksek enerji kaynağını kullanacak yapıların sağlaması gereken performans gereksinimleri ayrıca belirtilmiştir. Ülkemizde, binalarda tüketilen enerji kaynağı bakımdan herhangi bir düzenleme bulunmamaktadır. Mevzuatımızda diğer ülkelerdeki yaklaşımlar göz önüne alınarak iyileştirmeler yapılması gerekmektedir.

Mevzuat yetersizliğinin yanı sıra, mevcut mevzuatın tam olarak uygulanmaması ve uygulamaların niteliği tartışılması gereken bir başka konudur. Mevzuat gereği her projenin, bina kabuğunda yer alan dış kabuk yapı elemanları için ısı geçirgenlik hesapları yapılması gerekmektedir. Alan çalışmasında yapılan gözlemlerde bazı kamu projelerinde gerekli hesaplamaların yapılmadığı tespit edilmiştir. Bazı projelerin ise gerekli detay ve hesaplamaları içermesine rağmen uygulamada oluşan sorunlar nedeniyle hedeflenen enerji tasarrufunu sağlanmadığı tespit edilmiştir. Hesaplamalarda hedeflenen değerlere ulaşılamamasının nedenleri olarak; ısı yalıtım sürekliliğinin sağlanmaması, hatalı katmanlaşma, birleşim ve bağlantı hataları, gerekli sızdırmazlıkların sağlanmaması, işçilik hataları, malzeme özelliklerinin yeterli seviyede olmaması gibi etkenler sıralanabilir. Bu sorunların önüne geçilebilmesi için ısı geçirgenlik hesabının yanında, bazı ülkelerde olduğu gibi uygulama sonrası sahada ısı geçirgenlik ölçümleri ile istenilen değerlerin kontrol edilmesi sağlanabilir.

Kamu ve özel sektörde uygulamaların kontrolünde ortaya çıkan sorunlar ısı yalıtım uygulamaları ile beraber genel olarak bütün inşaat faaliyetlerinin niteliğini etkilemektedir. Özel sektörde, yapı denetim firmalarının yüklenici/işveren tarafından işe alınması, yapı denetim firmalarının işverenlerini kontrol etmesi gibi bir çelişkiyi beraberinde getirmektedir. Yapı denetim faaliyetlerinin işverenden tamamen bağımsız firma/kuruluşlarca yapılması daha doğru olacaktır. Kamuda ise projelerin tamamlanmadan uygulamaya geçilmesi kontrol işlemlerinin yapılmasını zorlaştırmaktadır. Ayrıca uygulama başladıktan sonra yönetimlerin proje kapsamında değişiklik yapmaları kontrol mekanizmasını olumsuz etkilemektedir.

Yapı Denetim Yönetmeliği'ne göre ısı yalıtım uygulaması projesine uygun tamamlandıktan sonra kontrol elemanı tarafından tutanak altına alınması gerekmektedir, ancak alan çalışması süresince bu kurula uyulmadığı tespit edilmiştir.

Özel sektöre ait mevcut binalarda yapılan mantolama uygulamalarında ise herhangi bir proje, idare izni veya kontrolü olmadan tamamen uygulayıcının inisiyatifinde tamamlandığı tespit edilmiştir. Yapılan uygulamaların kontrolü hakkındaki mevzuatın uygulanmasının sağlanması ve her aşamayı kapsayacak şekilde genişletilmesi ve kontrol listeleri oluşturulması genel çerçevede belirlenen hedeflere ulaşılmasına katkı sağlayacaktır.

Ülkemizde binalarda uygulanan ısı yalıtım sistemlerinin, çevresel etkenler altında tasarım ve uygulama aşamalarına bağlı olarak yapı elemanlarının performanslarının incelendiği alan çalışmalarının sayısı sınırlıdır. Literatür ve laboratuvar araştırmalarının yanında ülke genelinde yapılan mevcut uygulamaların incelendiği alan çalışmaları ısı yalıtım performansı ve etkinliğini artırılmasında önemlidir. Bu çalışma sadece İstanbul ilinde belirli sayıda binada gerçekleştirilmiştir. İleride yapılacak alan çalışmalarının; farklı iklim bölgelerinde, farklı yapı tiplerinde ve daha fazla sayıda yapıda gerçekleştirilmesi, yeni ve mevcut yapılarda gerçekleştirilen ısı yalıtım uygulamalarının performansının iyileştirilmesi, tasarım ve uygulamaların daha etkin olmasına katkı sağlayacaktır. Bu çalışma kapsamlı bir uygulama kılavuzu oluşturmak için yapılmış bir girişim olarak kabul edilebilir. Bina kabuğunda tespit edilen ısı yalıtım performans sorunlarının bir bütün olarak sunulması için oluşturulan atlasın geliştirilmesi, genel üretim sürecinde yer alan yapı malzemesi üreticisi, mimar, mühendis, proje geliştiricileri ve uygulayıcılar gibi meslek gruplarının tasarım ve uygulama süreçlerinde daha bilinçli ve dikkatli olmalarına yardımcı olacaktır.

KAYNAKLAR

[1] **Sezer. F. Ş.,** (2005). Türkiye'de Isı Yalıtımının Gelişimi ve Konutlarda Uygulanan Dış Duvar Isı Yalıtım Sistemleri, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Dergisi*, 10 (2), 79-85.

[2] **Kulaksızoğlu. Z.,** (2006). Isı Yalıtım Sektör Araştırması. *http://www.ito.org.tr /Dokuman/Sektor/1-42.pdf.* erişim tarihi 14.04.2016.

[3] **ETAG 004.** (2013). *Guideline for European Technical Approval of External Thermal Insulatıon Composite Systems (ETICS) with Rendering.* European Organisation for Technical Approvals (EOTA), Brussels.

[4] **Hegger, M., Auch-Schwelk, V., Fuchs, M. ve Rosenkranz, T.,** (2006). *Construction Materials Manual*, Munchen : Birkhauser Edition Detail.

[5] **Papadopoulos. A.,** (2005). State of The Art in Thermal Insulation Materials and Aims for Future Developments, *Energy and Buildings*, 37 (2005), 77-86.

[6] **Pfundstein, M., Gellert r., Spitzner, M. ve Rudolphi, A.,** (2008). *Insulating Materials Principles Materials Applications*, Munchen : Birkhauser Detail Edition.

[7] **İzoder**, (2014), *Bina ve Tesisatlarda Isı Yalıtım Teknik Şartnamesi,*İzoder Isı Su Ses ve Yangın Yalıtımcıları Derneği, İstanbul

[8] **TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları.** (2013). Türk Standartları Enstitüsü, 18 Aralık 2013.

[9] **Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği.** (2008). *T. C. Resmi Gazete, 27075,* 05 Aralık 2008

[10] **International Energy Agency-Building Energy Efficiency Policies**, erişim tarihi 15.05.2016, http://www.iea.org/beep/.

[11] **Özer. M.,** (2006). *Yapılarda Isı ve Su Yalıtımları*, İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul, 347-429.

[12] **TS EN 13501+A1 Yapı Mamulleri ve Yapı Elemanları Yangın Sınıflandırması.** (2013). Türk Standartları Enstitüsü, 25 Nisan 2013.

[13] **Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik.** (2007). T. C. Resmi Gazete, 26735, 19 Aralık 2007.

[14] **İzoder,** (2015), *İzoder Pazar Araştırması,* İzoder Isı Su Ses ve Yangın Yalıtımcıları Derneği, İstanbul.

[15] **Url-1** <*http://www.iking-glasswool.com*>, erişim tarihi 01.05.2016.

[16] **Enerji Verimliliği Kanunu.** (2007). *T. C. Resmi Gazete, 26510,* 02 Mayıs 2007.

[17] **Bazı Belediyelerin İmar Yönetmeliklerinde Değişiklik Yapılması Hakkında Yönetmelik-Isı Yalıtımı.** (1981). *T. C. Resmi Gazete, 17499,* 30 Ekim 1981.

[18] **TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları.** (1999). *T. C. Resmi Gazete, 23725,* 14 Haziran 1999.

[19] **TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları.** (2008). Türk Standartları Enstitüsü, 22 Mayıs 2008.

[20] **Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği.** (2008). *T. C. Resmi Gazete, 27019,* 09 Ekim 2008.

[21] **TS EN 13499 Genleştirilmiş Polistiren Esaslı Haricî Kompozit Isı Yalıtım Sistemleri (ETICS).** (2006). Türk Standartları Enstitüsü, 23 Kasım 2006.

[22] **TS EN 13500 Mineral Yün Esaslı Haricî Kompozit Isı Yalıtım Sistemleri (ETICS).** (2005). Türk Standartları Enstitüsü, 27 Eylül 2005.

[23] **EAE European Guideline for Application of External Thermal Insulation Systems (ETICS)**, (2011). erişim tarihi 15.04.2016, *http://www.ea-etics.eu/~run/views/news-press/european-guideline.html.*

[24] **ISO/TC 163 Thermal Performance and Energy Use in the Built Environment.**. erişim tarihi 15.04.2016, <http://www.iso.org/iso/home/standards_development/list_of_iso_technical_committees/iso_technical_committee.htm?commid=53476>.

[25] **ASHRAE Standard 55** (2013) *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*, Atlanta, ASHRAE Inc.

[26] **ISO 13790:2008 Energy Performance of Buildings - Calculation of Energy Use For Space Heating and Cooling.** (2012). erişim tarihi 15.04.2016,http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm%3Fcsnumber=41974

[27] **EN 15251 Indoor Environmental Input Parameters For Design and Assessment of Energy Performance of Buildings.** (2007). erişim tarihi 15.04.2016, http://www.en-standard.eu/.

[28] **Energy Performance of Buildings Directive (EPBD).** (2010). erişim tarihi 05.04.2016, http://www.epbd-ca.eu/

[29] **The Construction Products Directive.** (89/106). erişim tarihi 05.04.2016, http://ec.europa.eu/growth/single-market/european-standards/harmonised-standards/construction-products/index_en.htm

[30] **The Construction Products Regulation.** (305/2011). erişim tarihi 05.04.2016, <http://ec.europa.eu/growth/sectors/construction/product-regulation/index_en.htm>.

[31] **Harmonised European Standard.** erişim tarihi 05.04.2016, http://ec.europa.eu/growth/single-market/european-standards/harmonised-standards/index_en.htm

[32] **European Technical Assessment.** (2013). erişim tarihi 05.04.2016, http://www.eota.eu/en-GB/content/what-is-an-eta/18/

[33] **Yapı Malzemeleri Yönetmeliği.** (2013). *T. C. Resmi Gazete, 28703,* 10 Temmuz 2013

[34] **TS EN 13162+A1 Isı Yalıtım Ürünleri - Binalarda Kullanılan - Fabrika Yapımı Mineral Yün (mw) Ürünler - Özellikler.** (2015). Türk Standartları Enstitüsü, 10 Temmuz 2013.

[35] **TS EN 13163+A1 Isı Yalıtım Mamülleri - Binalar İçin – Genleştirilmiş Polistrenden (EPS) Fabrikasyon Mamuller - Özellikler.** (2015). Türk Standartları Enstitüsü, 02 Nisan 2015.

[36] **TS EN 13164+A1 Isı Yalıtım Mamülleri - Binalar İçin - Ekstrude Polistiren Köpüklü (XPS) Fabrikasyon Mamuller - Özellikler.** (2015). Türk Standartları Enstitüsü, 02 Nisan 2015.

[37] **TSE K 412/T1 Dış Cephe Isı Yalıtımının Sabitlenmesi Amacıyla Kullanılan Plastik Mantolama Dübelleri.** (2016). Türk Standartları Enstitüsü, 08 Mart 2016.

[38] **TS EN 13496 Sıva Uygulanmış Kompozit Dış Cephe Isı Yalıtım Sistemlerinde Donatı Olarak Kullanılan Cam Elyaf Hasırların Mekanik Özellikleri (ETICS).** (2014). Türk Standartları Enstitüsü, 13 Şubat 2014.

[39] **TS EN 998-1 Kaba Ve Ince Sıva Harcı Özellikleri.** (2011). Türk Standartları Enstitüsü, 14 Temmuz 2011.

[40] **TS 13566 Isı Yalıtım Levhası İçin Çimento Esaslı Yapıştırıcılar.** (2013). Türk Standartları Enstitüsü, 12 Haziran 2013.

[41] **Yapı Denetimi Uygulama Yönetmeliği.** (2008). T. C. Resmi Gazete, 26778, 05 Şubat 2008.

[42] **Pressman, A. ve Smith Maran Architecture** (2007). *Architectural Graphic Standards*, The American Institute of Architects, 11th Edition, New Jersey : John Wiley-Sons.

[43] **ISO 15686-8 Service Life And Service-Life Estimation.** (2012). erişim tarihi 05.04.2016,http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=39070

[44] **Wakita, O. A. ve Linde, R. M.,** (1999). *The Professional Practice of Architectural Detailing*, New York : John Wiley-Sons.

[45] **Lstiburek, J. ve Carmody, J.** (1991). *Moisture Control Handbook: New, Low-Rise, Residential Construction*, US Department of Energy Conservation and Renewable Energy Office, Oak Ridge.

[46] **Hausladen, G., Saldanha, M., Liedl, P. ve Sager, C.,** (2005). *Climate Design-Solutions for Buildings that Can Do More with Less Technology*, Basel : Birkhauser.

[47] **Bynum, R.** (2001). *Insulation Handbook*, New York : McGraw-Hill Education.

[48] **Künzel, H. (1995),** Simultaneous Heat and Moisture Transport in Building Components One and Two Dimensional Calculation Using Simple Parameters, *IRB Verlag Universität Stuttgart.*

[49] **Giuseppe. E.,** (2013). *Nearly Zero Energy Buildings and Proliferation of Microorganisms-A Current Issue for Highly Insulated and Airtight Building Envelopes*, Heidelberg : Springer.

[50] **Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği .** (2010). T. C. Resmi Gazete, 27601, 04 Haziran 2010.

[51] **Aygün. M. ve Kuş. H.** Betonarme Taşıyıcılı Konut Binalarında Isı Yalıtımı Yöntemleri, *İstanbul Teknik Üniversitesi Yapı Bilgisi Anabilim Dalı Mimarlık Bölümü Ders Notu,* erişim tarihi 15.04.2016. < http://web.itu.edu.tr/~aygunmur/Material/Ders%20Notu/Doc2.htm>.

[52] **Emmitt, S., Olie, J., ve Schmid, P.** (2004). *Principles of Architectural Detailing*, Oxford : Blackwell Publishing.

[53] **Guthrie. P.,** (2003). *The Architects Portable Handbook.* New York : McGraw-Hill.

[54] **Url-2** <*http://www.izocam.com.tr/userfiles/images/urunler/2015/yalitim_uygulamalari/cati_yalitimi/mertek-arasi-siltesi/3.jpg* >, erişim tarihi 03.04.2016.

[55] **Url-3** < *http://www.ea-etics.eu/views/etics/about-etics.html.* >, erişim tarihi 18.04.2016.

[56] **Al-Homoud. M.,** (2005) Performance Characteristics and Practical Applications of Common Building Thermal Insulation Materials, *Building and Environment, 40 (3),* 353-366.

[57] **TS EN ISO 7783 Kagir ve beton dış cephe için kaplama malzemeleri ve kaplama sistemleri.** (2002). Türk Standartları Enstitüsü, 02 Nisan 2015.

[58] **TS EN 1062-3 Kâgir ve Beton Dış Cephe İçin Kaplama Malzemeleri ve Kaplama Sistemleri - Su Geçirgenliğinin Tayini.** (2010). Türk Standartları Enstitüsü, 13 Temmuz 2010.

[59] **TS EN 13494 Isı Yalıtım Malzemeleri - Binalarda Kullanılan - Yapıştırıcı Ve Zemin Kaplama Malzemelerinin Isı Yalıtım Malzemelerine Bağlanma Mukavemetinin Çekme Yöntemi ile Tayini.** (2004). Türk Standartları Enstitüsü, 14 Nisan 2004.

[60] **Url-4** <*http://www.knaufmantolama.com*>, erişim tarihi 03.04.2016.

[61] **Barreira, E., Freitas, V. P. ve Delgado. J. M.,** (2013). Hygrothermal Behavior, Building Pathology and Durability. E., Freitas, V. P. ve Delgado. J. M. (Eds). *Biological Defacement of External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS),* (23-45), Berlin : Springer.

[62] **Collina, A. ve Lignola, G. P.** (2014). The External Insulation Composite Systems (ETICS) More Than Comfort and Energy Saving, *In 3rd Portuguese Congress of Construction Mortars,* 09/2010, Lisbon, Portugal.

[63] **Isı Yalıtım Uygulama Kılavuzu,** (2015). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara, 2015, 1-52

[64] **Url-6** < *http://www.izocam.com.tr* >, erişim tarihi 03.04.2016.

[65] **Url-7** <*http://www.knaufinsulation.com.tr/giydirme-cephe*>, erişim tarihi 03.04.2016.

[66] **Url-5** <http://beodom.com, https://www.schoeck.at>, erişim tarihi 03.06.2016.

[67] **Rich, P. ve Dean, Y.,** (1999). *Principles of Element Design*, New York : Butterworth-Heinemann

[68] **Özkan. E., Göçer. Ö., Edis. E. ve Kuş. H.** (2008). İşlenmemiş Doğal Malzemeler ile Üretilen Isı İletkenliği Düşük Çağdaş Yapı Malzemelerinin Isıl Performansları, Üretimlerinde Enerji Tüketimi ve CO_2 Yayınımının Değerlendirilmesi, *4. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi, Istanbul, 11,* 376-392.

[69] **Kaynaklı, Ö.,** (2012). A Review of the Economical and Optimum Thermal Insulation Thickness for Building Applications, *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16,* 415-425.

[70] **Şenkal Sezer, F.,** (2005). Türkiye'de Isı Yalıtımının Gelişimi ve Konutlarda Uygulanan Dış Duvar Isı Yalıtımı, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 136 (10),* 79-85.

[71] **Serdaroğlu. D.,** (2008). *Eğimli Çatılarda Yalıtım Sorunları ve Çözüm Önerileri.* Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[72] **Kılınç, F., Buyruk, E., Fertelli, A. ve Karabulut, K.,** (2013). Farklı Isı Yalıtım Uygulamalarının Isı Kaybına Olan Etkilerinin Deneysel ve Sayısal İncelenmesi, *Tesisat Mühendisliği, 2 (7-8),* 53-64.

[73] **Özel, M.,** (2008). Bina Dış Duvarlarının Optimum Yalıtım Kalınlıkları İçin Dinamik Yaklaşım ve Maliyet Analizi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 4 (23),* 879-884.

[74] **Edis, E. ve Kuş, H.,** (2014). Bina Kabuğunun Nemsel-Isıl Performansının Bilgisayar Benzetimi ile Belirlenmesi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2 (29),* 311-320.

[75] **Faggal. A.,** (2001). Effectiveness of Active External Wall Composition on the Thermal Comfort Improvement and Energy Consumption in Desert Environment. *http://www.academia.edu/.* erişim tarihi 04.04.2016.

[76] **Gürel, A. E., ve Cingiz, Z.,** (2011). Farklı Dış Duvar Yapıları İçin Optimum Isı Yalıtım Kalınlığı Tespitinin Ekonomik Analizi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 1 (15),* 75-81.

[77] **Aksoy, U. T. ve Keleşoğlu, Ö.,** (2007). Bina Kabuğu YüzeyAlanı ve Yalıtım Kalınlığının Isıtma Maliyeti Üzerinde Etkileri, *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 1 (22),* 103-109.

[78] **Nyers. J. ve Komuves. P.,** (2015). Optimum of External Wall Thermal Insulation Thickness Using Total Cost Method. *http://www.academia.edu/.* erişim tarihi 04.04.2016.

[79] **Nyers, J., Kajtar, L., Tomic. S. ve Nyers, A.,** (2016).Investment Savings Method for Energy Economic Optimization of External Wall Thermal Insulation Thickness, *Energy and Buildings, 86,* 268-274.

[80] **Kaynaklı, Ö., Özdemir, S. ve Karamangil, İ.,** (2012). Güneş Işınımı ve Duvar Yönü Dikkate Alınarak Optimum Isıl Yalıtım Kalınlığının Belirlenmesi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2 (27),* 367-374.

[81] **Erdabak. M.,** (2010). *Binalarda Isı Yalıtımındaki Eksikliklerin Enerji Tasarrufuna Olan Etkilerinin Uygulamalı Olarak Araştırılması.* Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.

[82] **Elesawy. A. A. ve Masera. G.,** (2013). The Influence of Internal Insulatıon on the Thermal Inertia of Existing Residential Building Envelopes in Hot Arid Climates. *Towards Sustainable anda Green Built Environment Conference,* Cairo, 370-379.

[83] **Barreira, E. ve Freitas, V. P.** (2014). External Thermal Insulation Composite Systems: Critical Parameters for Surface Hygrothermal Behaviour, *Advances in Materials Science and Engineering, 2014(Article ID 650752).*

[84] **Collina, A. ve Lignola, G. P.** (2014). The External Insulation Composite Systems (ETICS) More Than Comfort and Energy Saving, *In 3rd Portuguese Congress of Construction Mortars,* 09/2010, Lisbon, Portugal.

[85] **Künzel. H., Künzel. H. M. ve Sedlbauer. K.,** (2006). Long-term Performance of External Thermal Insulation Systems (ETICS), *Architectura, 5* (1) , 11-24.

[86] **Edis, E. ve Türkeri, N.,** (2012). Durability of External Thermal Insulation Composite Systems in Istanbul Turkey, *Istanbul Technical University Faculty of Architecture A/Z, 1 (9),* 134-148.

[87] **Kon, O. ve Yüksel, B.,** (2013). Kamu Binalarının Isıtma Yüküne Göre Dış Duvarlarının Optimum Yalıtım Kalınlıklarının ve Enerji Tüketimleri, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 1 (15),* 30-47.

[88] **İşbilir. D.,** (2009). *Binalarda Isı Yalıtım Uygulamaları ve Sorunlarının Araştırılması.* Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

[89] **Aydın, Ö.,** (2011). *Yapı Düşey Dış Kabuğu Isı Yalıtım Uygulamaları ile Enerji Verimliliği Arasındaki İlişkinin İncelenmesi.* Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

[90] **Yılmaz. A.,** (2012). *Apartmanların Dış Kabuğuna Uygulanan Isı Yalıtımının Bina Performansına Etkisi (Konya ve Erzincan Örneği).* Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

[91] **Asdrubali, F., D'Alessandro, F., Baldinelli. G. ve Bianchi, F.,** (2014).Evaluating in Situ Thermal Transmittance of Green Buildings Masonries-A Case Study, *Case Studies in Construction Materials, 1,* 53-59.

[92] **Amaro. B., Brito. J. ve Colen. I.,** (2013). Inspection and Diagnosis System of ETICS on Walls. *https://www.researchgate.net/publication/ 276173951.* erişim tarihi 04.04.2016.

[93] **Sarıtabak. E.,** (2012). *Bina Kabuğunun Dış Duvarları ve Ara Kesitlerinde Isıl ve Nemsel Performansın Kızılötesi Termografi ile Değerlendirilmesi Üzerine Bir Alan Çalışması.* İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[94] **Anastaselos. D., Giama. E. ve Papadopoulos. A.,** (2009). An Assessment Tool for the Energy, Economic and Environmental Evaluation of Thermal Insulation Solutions, *Energy and Buildings*, 41 (2009), 1165-1171.

[95] **Barreira, E.,** (2013). Experimental Study of the Hygrothermal Behaviour of External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS), *Building and Environment, 63,* 31-39.

[96] **Freitas, S. S. ve Freitas, V. P.** (2014). Cracks on External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS) Along Thermal Insulation Joints: Case Study and a Pathology Catalogue, *Structural Survey, 34 (1),* 52-72.

[97] **Lamberto. T. ve Manfren. M.,** (2015). Multi-Scale Analysis and Optimization of Building Energy Performance-Lessons Learned From Case Studies, *Procedia Engineering, 118 (508),* 563-572.

[98] **Examples of Structural Thermal Bridges in Buildings.** erişim tarihi 15.04.2016. <http://m.schock-us.com/en_us/examples-of-structural-thermal-bridges-in-buildings>.

[99] **Url-8** <*http://www.kalesinterflex.com/Tr/PDF/cuhadaroglu.pdf*>, erişim tarihi 03.04.2016.

[100] **Url-9** <*http://v1.raf.com.tr/dergisayfa_1731_grc-gfrc-alkaliye-dayanikli-elyaf-takviyeli-beton.html*>, erişim tarihi 03.04.2016.

[101] **Url-10** <*http://www.bina.com.tr/3/55/tr/prekast-beton.html*>, erişim tarihi 03.04.2016.

EKLER

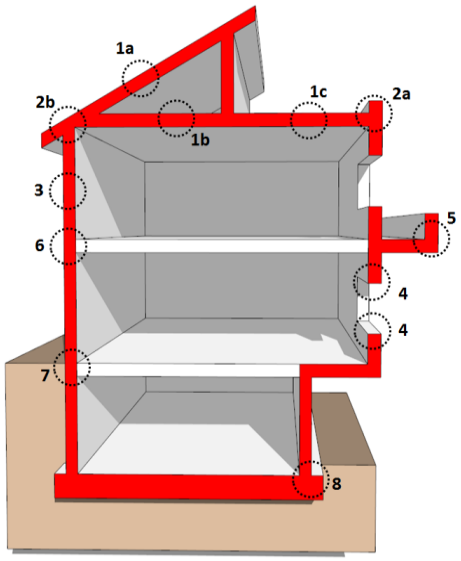
EK A: Isı yalıtım sistemi inceleme formu örneği
EK B: Yapı 1 ısı yalıtım incelemesi
EK C: Yapı 2 ısı yalıtım incelemesi
EK D: Yapı 3 ısı yalıtım incelemesi
EK E: Yapı 4 ısı yalıtım incelemesi
EK F: Yapı 5 ısı yalıtım incelemesi
EK G: Yapı 6 ısı yalıtım incelemesi
EK H: Yapı 7 ısı yalıtım incelemesi
EK I: Yapı 8 ısı yalıtım incelemesi
EK J: Yapı 9 ısı yalıtım incelemesi
EK K: Yapı 10 ısı yalıtım incelemesi
EK L: Yapı 11 ısı yalıtım incelemesi
EK M: Yapı 12 ısı yalıtım incelemesi
EK N: Yapı 13 ısı yalıtım incelemesi
EK O: Yapı 14 ısı yalıtım incelemesi
EK P: Yapı 15 ısı yalıtım incelemesi
EK R: Yapı 16 ısı yalıtım incelemesi
EK S: Yapı 17 ısı yalıtım incelemesi
EK T: Yapı 18 ısı yalıtım incelemesi
EK U: Yapı 19 ısı yalıtım incelemesi
EK V: Alan çalışmasına ait ısı yalıtım atlası

Yapılarda Isı Yalıtım Sistemi İnceleme Formu — EK A

1-İncelenen Yapıya İlişkin Genel Bilgiler — Yapı Kodu:

Konum			
İklim Bölgesi		**Deprem Bölgesi**	
Hakim Rüzgar Yönü		**Ort. Sıcaklık (°C) (min-max)**	
Mülkiyet		**Taşıyıcı Sistemi**	
Yapı Tipolojisi		**Temel Sistemi**	
Yapım Aşaması		**Kat Adedi**	
Yaklaşık Yapı Boyutu (m)		**Ortalama Kat Yüksekliği (m)**	
Isıtma Sistemi		**Çatı Tipi**	
İnceleme Tarihi		**İl/İlçe**	

2-Isı Yalıtımının İncelendiği Yapı Elemanları ve Birleşimleri — Detay Kodu



1-Çatı Bünyesinde	
1a-Eğimli Sıcak Çatı	
1b-Eğimli Soğuk Çatı	
1c-Teras Çatı	
2-Çatı-Parapet/Saçak-Duvar	
2a-Teras çatı-parapet	
2b-Eğimli çatı-saçak-duvar	
3-Duvar Bünyesi	
4-Duvar-Pencere/Kapı	
5-Duvar-Açık Çıkma Birleşim	
6-Duvar-Döşeme	
7-Duvar-Temel/Bodrum	
8-Temel/Bodrum-Döşeme	

3a-Isı Yalıtım Sorununun Oluştuğu Aşama

Tasarım	
Uygulama	
Çevresel Etkenler	

3b- Isı Yalıtım Sorununun Belirlendiği Yer

Katmanlaşma	
Birleşim/Bağlantı	
Farklı Yapı Elemanı	

3c-Isı Yalıtım Sorununun Tanımlanması

Isı Köprüsü Oluşumu		**Zeminin Uygun Olmaması**
Isı Yal. Uygulanmaması		**Yalıtım Kalınlığının Yetersiz Olması**
Hatalı Bitiş/Bağlantı		**Malzemenin Amaç Dışı Kullanımı**
İşçilik		**Yangın Sınıfı Uygun Olmayan Malzeme**
Malzeme Deformasyonu		**Yanlış Malzeme Kullanılması**
Sızdırmazlık		**Uygun olmayan depolama**
Uygulamanın Kesintiye Uğraması		

4-Detaylar ve Değerlendirme

Detay Kodu :			
4a-Katmanlaşma Detayı *		**4b-Resim ve Açıklama**	
(*Uygulamanın şematik gösterimi)			

4c-Yalıtım Özellikleri

Türü		**Markası**	
Isı İletkenlik Katsayısı (W/mK)		**Model**	
Isıl Direç (m^2K/W)		**Su Buharı Geçirgenlik Katsayısı**	
Kalınlık (mm)		**Yoğunluk (kg/m^2)**	
Boyut (mm)		**Yangın Sınıfı**	
Üretim Standardı		**Paket Alanı**	

4d-Isıl Geçirgenlik Hesabı

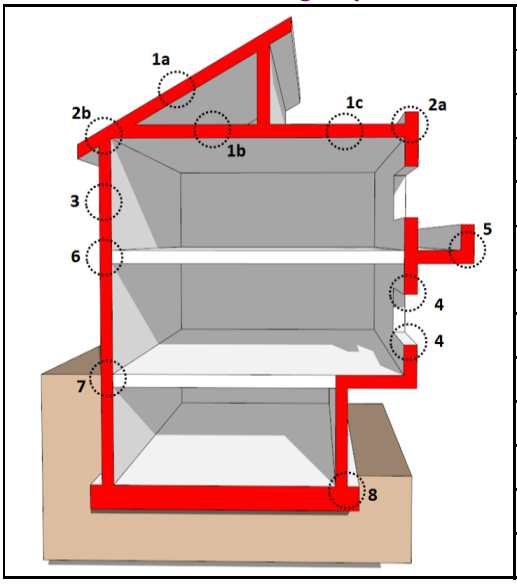
Katman	Kalınlığı **(d)**	Isı İletkenik Katsayısı **(λ)**	Isıl Direnç **(R=d/λ)**
		Toplam R :	
		U (1/R):	

Yapılarda Isı Yalıtım Sistemi İnceleme Formu — EK B

1-İncelenen Yapıya İlişkin Genel Bilgiler — Yapı Kodu: 1

Konum	Esenyurt Devlet Hastanesi'ne 2 km, TEM'e 3 km, Esenyurt Belediyesi'ne 3 km		
İklim Bölgesi	Ilıman İklim (2. Bölge)	**Deprem Bölgesi**	2. Bölge
Hakim Rüzgar Yönü	Kuzey-Doğu (Poyraz)	**Ort. Sıcaklık (°C) (min-max)**	5,2-22,7
Mülkiyet	Kamu	**Taşıyıcı Sistemi**	Betonarme Çerçeve+Perde
Yapı Tipolojisi	İlköğretim Okulu	**Temel Sistemi**	Radye Temel
Yapım Aşaması	İnce İşler Uygulaması	**Kat Adedi**	B+Z+5 Normal Kat
Yaklaşık Yapı Boyutu (m)	20 x 80	**Ortalama Kat Yüksekliği (m)**	3,2
Isıtma Sistemi	Kalorifer	**Çatı Tipi**	Kırma Çatı
İnceleme Tarihi	16.12.2015	**İl/İlçe**	Esenyurt/İstanbul

2-Isı Yalıtımının İncelendiği Yapı Elemanları ve Birleşimleri — Detay Kodu



1-Çatı Bünyesinde	
1a-Eğimli Sıcak Çatı	
1b-Eğimli Soğuk Çatı	D1
1c-Teras Çatı	D4
2-Çatı-Parapet/Saçak-Duvar	
2a-Teras çatı-parapet	
2b-Eğimli çatı-saçak-duvar	D5
3-Duvar Bünyesi	
4-Duvar-Pencere/Kapı	D2
5-Duvar-Açık Çıkma Birleşim	
6-Duvar-Döşeme	
7-Duvar-Temel/Bodrum	D3
8-Temel/Bodrum-Döşeme	

3a-Isı Yalıtım Sorununun Oluştuğu Aşama

Tasarım	D1, D2, D5
Uygulama	D1, D2, D3, D4
Çevresel Etkenler	

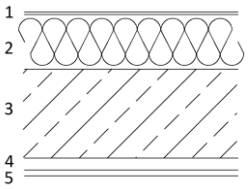
3b- Isı Yalıtım Sorununun Belirlendiği Yer

Katmanlaşma	D1, D4
Birleşim/Bağlantı	
Farklı Yapı Elemanı	D2, D3, D5

3c-Isı Yalıtım Sorununun Tanımlanması

Isı Köprüsü Oluşumu	D2, D3, D4, D5	**Zeminin Uygun Olmaması**	
Isı Yal. Uygulanmaması	D4, D5	**Yalıtım Kalınlığının Yetersiz Olması**	D1
Hatalı Bitiş/Bağlantı	D3	**Malzemenin Amaç Dışı Kullanımı**	
İşçilik		**Yangın Sınıfı Uygun Olmayan Malzeme**	
Malzeme Deformasyonu		**Yanlış Malzeme Kullanılması**	
Sızdırmazlık		**Uygun olmayan depolama**	
Uygulamanın Kesintiye Uğraması			

4-Detaylar ve Değerlendirme

Detay Kodu : D1			
4a-Katmanlaşma Detayı *		**4b-Resim ve Açıklama**	
	1 - Dokunmamış koruyucu kumaş 2- Camyünü ısı yalıtım şiltesi (8 cm) 3- Betonarme döşeme (7,5 cm) 4- Çimento Sıva (2 cm) 5-Alçı sıva (1,5 cm)+su bazlı boya		Tasarım aşamasında yeterli kalınlığın öngörülmemesi ve uygulamasının yapılmaması

(*Uygulamanın şematik gösterimi)

4c-Yalıtım Özellikleri

Türü	Camyünü	**Markası**	Ode Starflex
Isı İletkenlik Katsayısı (W/mK)	0,043	**Model**	Çatı Şiltesi SS D-18
Isıl Direç (m^2K/W)	1,85	**Su Buharı Geçirgenlik Katsayısı**	1
Kalınlık (mm)	80	**Yoğunluk (kg/m^2)**	18
Boyut (mm)	1200*7500	**Yangın Sınıfı**	A1
Üretim Standardı	TS EN 13162	**Paket Alanı**	9 m^2

4d-Isıl Geçirgenlik Hesabı

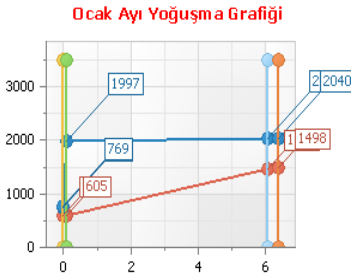
Katman	Kalınlığı **(d)**	Isı İletkenik Katsayısı **(λ)**	Isıl Direnç **(R=d/λ)**
Dış Yüzey Direnci	-----	-----	0,08
Camyünü Isı Yalıtım Şilte	0,08	0,043	1,86
Betonarme Döşeme	0,075	2,5	0,03
Çimento Sıva	0,02	1,6	0,01
Alçı Sıva	0,015	0,51	0,03
İç Yüzey Direnci	-----	-----	0,13
		Toplam R :	**2,14**
		U (1/R):	**0,47**
		TS 825 2. Bölge U (tavan) değeri : 0,38	0,47>0,38 **[x]**

4e-Yoğuşma Hesabı*

Katman	Kalınlığı (d)	Su Buharı Difüzyon Direnci Katsayısı (μ)	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı (Sd)
Dış Yüzey Direnci	-----	-----	-----
Camyünü Isı Yalıtım Şilte	0,08	1	0,08
Betonarme Döşeme	0,075	80	6,00
Çimento Sıva	0,02	15	0,30
Alçı Sıva	0,015	10	0,15
İç Yüzey Direnci	-----	-----	------
		Toplam Sd :	**6,53**

Aylara göre yoğuşma ve buharlaşma miktarı

Aylar	T_d (°C)	(%) φ_d	m_y (kg/m²)	m_y (kg/m2) (Kümülatif)
Ocak	2,9	0,79	0	0
Şubat	4,4	0,76	0	0
Mart	7,3	0,75	0	0
Nisan	12,8	0,74	0	0
Mayıs	18	0,74	0	0
Haziran	22,5	0,7	0	0
Temmuz	24,9	0,71	0	0
Ağustos	24,3	0,74	0	0
Eylül	19,9	0,75	0	0
Ekim	14,1	0,8	0	0
Kasım	8,5	0,79	0	0
Aralık	3,8	0,8	0	0



SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17°C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Yapı bileşeninde yoğuşma meydana gelmemiştir.

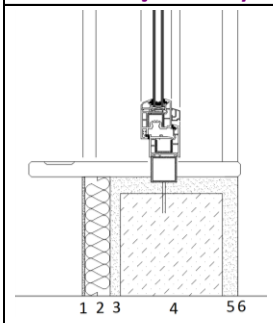
* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağladığından, standarta uygundur.

***İZODER TS 825 Hesap Programı ile hesaplanmıştır.**

4-Detaylar ve Değerlendirme

Detay Kodu : D2

4a-Katmanlaşma Detayı *



1 - Son kat kaplama
2- Karbonlu eps ısı yalıtım (5 cm)
3- Çimento sıva (2 cm)
4- Delikli tuğla duvar (18 cm)
5-Çimento sıva (2 cm)
6-Alçı sıva (1,5 cm)+su bazlı boya

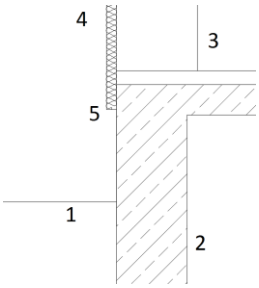
4b-Resim ve Açıklama

Uygulama projesinde, cephede uygulanan ısı yalıtım uygulaması pencerelerin denizlik kısmına doğru devam etmediği için ısı köprüsü oluşmuştur.

(*Uygulama projesinde yer alan detay)

Detay Kodu : D3

4a-Katmanlaşma Detayı *



1 - Zemin
2- Betonarme perde duvar
3- Tuğla dolgu duvar
4- Cephe
5-Kesintiye uğrayan ısı yalıtım uygulaması

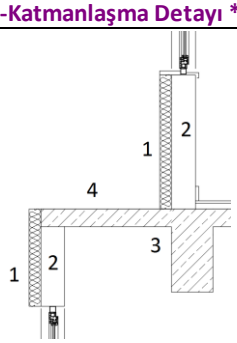
4b-Resim ve Açıklama

Cephede uygulanan ısı yalıtımı zemine kadar devam etmediği için ısı köprüsü oluşmuştur. Cephede yer alan ısı yalıtımının zeminle birleşimi yapılmamıştır.

(*Uygulamanın şematik gösterimi)

Detay Kodu : D4

4a-Katmanlaşma Detayı *

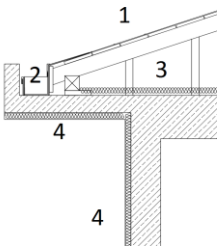


1 - Cephede ısı yalıtım uygulaması
2- Dolgu tuğla duvar
3- Betonarme döşeme
4- Isı yalıtım uygulanmayan alan

4b-Resim ve Açıklama

Cephede yer alan çıkmanın üst kısmında ısı yalıtım uygulaması yapılmamıştır. Bu uygulamada sadece su yalıtımı göz önüne alınmıştır.

(*Uygulamanın şematik gösterimi)

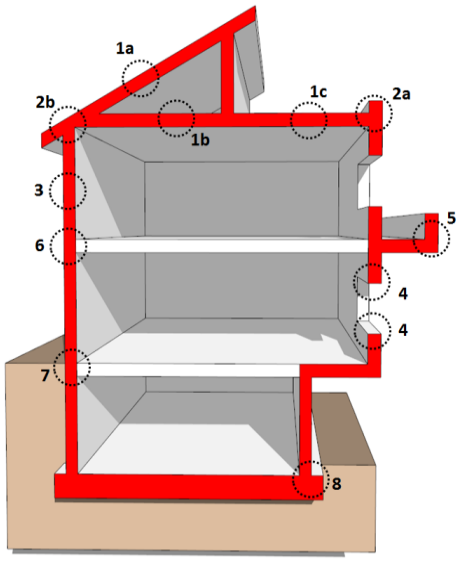
Detay Kodu : D5			
4a-Katmanlaşma Detayı *		**4b-Resim ve Açıklama**	
	1 - Ahşap kırma çatı 2- Isı yalıtım uygulaması yapılmayan kısım 3- Camyünü ısı yalıtım şiltesi (8 cm) 4-Cephede ve saçak altında uygulanan eps ısı yalıtımı (5 cm)		Uygulama projesinde duvar-saçak-çatı döşemesi birleşiminde ısı yalıtımın sürekliliği sağlanmadığı için ısı köprüsü oluşmuştur.
(*Uygulamanın şematik gösterimi)			

Yapılarda Isı Yalıtım Sistemi İnceleme Formu — EK C

1-İncelenen Yapıya İlişkin Genel Bilgiler — Yapı Kodu: 2

Konum	İstinye Caddesi'ne 3.1 km, Emirgan Korusu'na 2.1 km, TEM'e 3.2 km		
İklim Bölgesi	Ilıman İklim (2. Bölge)	**Deprem Bölgesi**	2. Bölge
Hakim Rüzgar Yönü	Kuzey-Doğu (Poyraz)	**Ort. Sıcaklık (°C) (min-max)**	4,8-21,8
Mülkiyet	Kamu	**Taşıyıcı Sistemi**	Betonarme Çerçeve+Perde
Yapı Tipolojisi	İlköğretim Okulu	**Temel Sistemi**	Radye Temel
Yapım Aşaması	İnce İşler Uygulaması	**Kat Adedi**	B+Z+4 Normal Kat
Yaklaşık Yapı Boyutu (m)	30 x 80	**Ortalama Kat Yüksekliği (m)**	3,4
Isıtma Sistemi	Kalorifer	**Çatı Tipi**	Teras Çatı
İnceleme Tarihi	16.01.2016	**İl/İlçe**	Sarıyer/İstanbul

2-Isı Yalıtımının İncelendiği Yapı Elemanları ve Birleşimleri — Detay Kodu



1-Çatı Bünyesinde	
1a-Eğimli Sıcak Çatı	
1b-Eğimli Soğuk Çatı	
1c-Teras Çatı	
2-Çatı-Parapet/Saçak-Duvar	
2a-Teras çatı-parapet	D7
2b-Eğimli çatı-saçak-duvar	
3-Duvar Bünyesi	D9
4-Duvar-Pencere/Kapı	
5-Duvar-Açık Çıkma Birleşim	
6-Duvar-Döşeme	
7-Duvar-Temel/Bodrum	D6, D8
8-Temel/Bodrum-Döşeme	

3a-Isı Yalıtım Sorununun Oluştuğu Aşama

Tasarım	
Uygulama	D6, D7, D8, D9
Çevresel Etkenler	D6, D8, D9

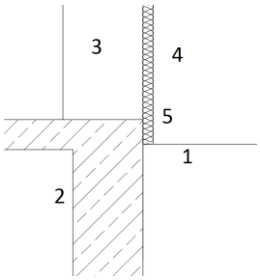
3b- Isı Yalıtım Sorununun Belirlendiği Yer

Katmanlaşma	
Birleşim/Bağlantı	D9
Farklı Yapı Elemanı	D6, D7, D8

3c-Isı Yalıtım Sorununun Tanımlanması

Isı Köprüsü Oluşumu	D7	**Zeminin Uygun Olmaması**	D6
Isı Yal. Uygulanmaması	D7	**Yalıtım Kalınlığının Yetersiz Olması**	
Hatalı Bitiş/Bağlantı		**Malzemenin Amaç Dışı Kullanımı**	
İşçilik	D9	**Yangın Sınıfı Uygun Olmayan Malzeme**	D6
Malzeme Deformasyonu	D8, D9	**Yanlış Malzeme Kullanılması**	
Sızdırmazlık		**Uygun olmayan depolama**	D10
Uygulamanın Kesintiye Uğraması			

4-Detaylar ve Değerlendirme

Detay Kodu : D6			
4a-Katmanlaşma Detayı *		**4b-Resim ve Açıklama**	
	1-Zemin 2-Betonarme taşıyıcı 3-Dolgu duvar 4-Karbonlu EPS ısı yalıtımı (5 cm) 5-Duvarın suya maruz kaldığı kısım		Uygulama sırasında duvar suya maruz kalmıştır. Ayrıca zeminden 1,5 m yükseklik boyunca E sınıfı malzeme uygulanması yangın yönetmeliğine göre uygun değildir.

(*Uygulamanın şematik gösterimi)

4c-Yalıtım Özellikleri

Türü	EPS	**Markası**	Stratherm
Isı İletkenlik Katsayısı (W/mK)	0,032	**Model**	Karbonlu Eps
Isıl Direç (m^2K/W)	1,56	**Su Buharı Geçirgenlik Katsayısı**	20
Kalınlık (mm)	50	**Yoğunluk (kg/m^3)**	16
Boyut (mm)	500*1000	**Yangın Sınıfı**	E
Üretim Standardı	TS EN 13163	**Paket Alanı**	5 m^2

4d-Isıl Geçirgenlik Hesabı

Katman	Kalınlığı **(d)**	Isı İletkenik Katsayısı **(λ)**	Isıl Direnç **(R=d/λ)**
Dış Yüzey Direnci	-----	-----	0,04
Karbonlu Eps	0,05	0,032	1,56
Çimento Sıva	0,02	1,6	0,01
Gazbeton Duvar	0,3	0,18	1,67
Çimento Sıva	0,02	1,6	0,01
Alçı Sıva	0,015	0,51	0,03
İç Yüzey Direnci	-----	-----	0,13
		Toplam R :	**3,45**
		U (1/R):	**0,29**
		TS 825 2. Bölge U (duvar) değeri : 0,60	0,29<0,60 **[✔]**

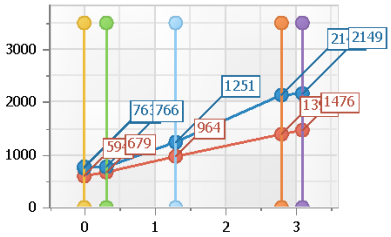
4e-Yoğuşma Hesabı*

Katman	Kalınlığı (d)	Su Buharı Difüzyon Direnci Katsayısı (μ)	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı (Sd)
Dış Yüzey Direnci	-----	-----	-----
Çimento Sıva	0,02	15	0,30
Karbonlu Eps	0,05	20	1,00
Gazbeton Duvar	0,3	5	1,50
Çimento Sıva	0,02	15	0,30
Alçı Sıva	0,015	10	0,15
İç Yüzey Direnci	-----	-----	------
		Toplam Sd :	**3,25**

Aylara göre yoğuşma ve buharlaşma miktarı

Aylar	T_d (°C)	(%) φ_d	m_y (kg/m²)	m_y (kg/m2) (Kümülatif)
Ocak	2,9	0,79	0	0
Şubat	4,4	0,76	0	0
Mart	7,3	0,75	0	0
Nisan	12,8	0,74	0	0
Mayıs	18	0,74	0	0
Haziran	22,5	0,7	0	0
Temmuz	24,9	0,71	0	0
Ağustos	24,3	0,74	0	0
Eylül	19,9	0,75	0	0
Ekim	14,1	0,8	0	0
Kasım	8,5	0,79	0	0
Aralık	3,8	0,8	0	0

Ocak Ayı Yoğuşma Grafiği



SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17°C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Yapı bileşeninde yoğuşma meydana gelmemiştir.

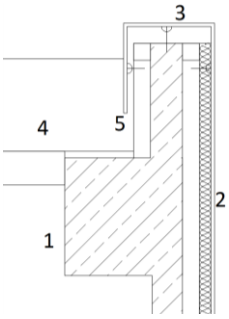
* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağladığından, standarta uygundur.

***İZODER TS 825 Hesap Programı ile hesaplanmıştır.**

4-Detaylar ve Değerlendirme

Detay Kodu : D7

4a-Katmanlaşma Detayı *



1 -Betonarme kiriş
2- EPS ısı yalıtım (5 cm)
3- Kompozit harpuşta kaplaması
4- Gezilemeyen ters teras çatı
5-Isı yalıtım uygulanmayan alan

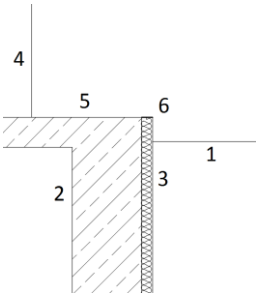
4b-Resim ve Açıklama

Betonarme parapetin iç tarafında sadece su yalıtımı için bitümlü membran uygulanmış, ancak ısı yalıtım uygulanmadığı için ısı köprüsü oluşmuştur.

(*Uygulamanın şematik gösterimi)

Detay Kodu : D8

4a-Katmanlaşma Detayı *



1-Zemin
2-Betonarme taşıyıcı
3-Zemin altında uygulanan XPS ısı yalıtım ve koruyucu keçe
4-Dolgu duvar
5-Betonarme zemin
6-Isı yalıtımın zarar gördüğü köşe noktası

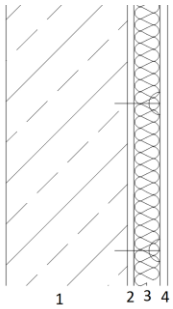
4b-Resim ve Açıklama

Toprak altında kalan bodrum duvarına uygulanan ısı yalıtımı zemine ulaştığında gerekli önlemler alınmadığı için hasar görmüştür.

(*Uygulamanın şematik gösterimi)

Detay Kodu : D9

4a-Katmanlaşma Detayı *



1 - Betonarme duvar
2- Yapıştırıcı sıva
3- Taşyünü ısı yalıtımı (5 cm)
4- Son kat kaplama

4b-Resim ve Açıklama

Cephede uygulanan taşyünü ısı yalıtım levhalarını korumak için gerekli önlemler alınmamış çevresel etkenler sebebiyle deforme olmuştur.

(*Uygulamanın şematik gösterimi)

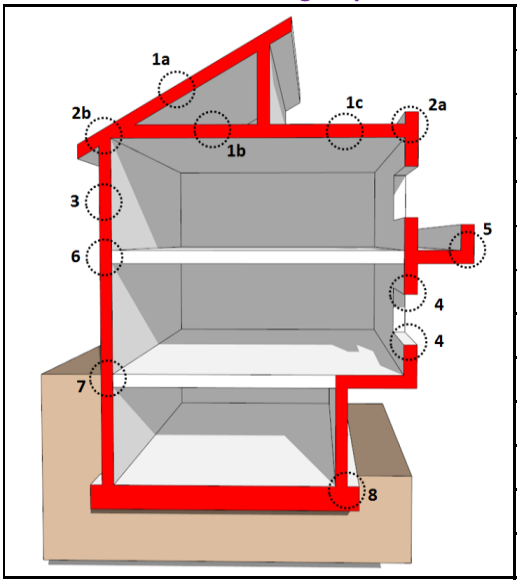
Detay Kodu : D10			
4a-Katmanlaşma Detayı *		**4b-Resim ve Açıklama**	
			Uygulama alanında depolanan EPS ısı yalıtım plakaları suya maruz kalışmıştır. Uygun depolama koşulları sağlanmamıştır.
(*Bu başlık bu durumla ilgili olmadığı için boş bırakılmıştır)			

Yapılarda Isı Yalıtım Sistemi İnceleme Formu — EK D

1-İncelenen Yapıya İlişkin Genel Bilgiler — Yapı Kodu: 3

Konum	İstinye Park Avm'ye 1.1 km, Emirgan Korusu'na 2.1 km, TEM'e 2.7 km		
İklim Bölgesi	Ilıman İklim (2. Bölge)	**Deprem Bölgesi**	2. Bölge
Hakim Rüzgar Yönü	Kuzey-Doğu (Poyraz)	**Ort. Sıcaklık (°C) (min-max)**	4,8-21,8
Mülkiyet	Kamu	**Taşıyıcı Sistemi**	Betonarme Çerçeve+Perde
Yapı Tipolojisi	Lojman	**Temel Sistemi**	Radye Temel
Yapım Aşaması	Kaba İşler Uygulaması	**Kat Adedi**	B+Z+7 Normal Kat
Yaklaşık Yapı Boyutu (m)	17 x 45	**Ortalama Kat Yüksekliği (m)**	3
Isıtma Sistemi	Kalorifer	**Çatı Tipi**	Teras Çatı
İnceleme Tarihi	16.01.2016	**İl/İlçe**	Sarıyer/İstanbul

2-Isı Yalıtımının İncelendiği Yapı Elemanları ve Birleşimleri — Detay Kodu



1-Çatı Bünyesinde	
1a-Eğimli Sıcak Çatı	
1b-Eğimli Soğuk Çatı	
1c-Teras Çatı	
2-Çatı-Parapet/Saçak-Duvar	
2a-Teras çatı-parapet	
2b-Eğimli çatı-saçak-duvar	
3-Duvar Bünyesi	
4-Duvar-Pencere/Kapı	
5-Duvar-Açık Çıkma Birleşim	
6-Duvar-Döşeme	
7-Duvar-Temel/Bodrum	D11, D12
8-Temel/Bodrum-Döşeme	D13, D14

3a-Isı Yalıtım Sorununun Oluştuğu Aşama

Tasarım	
Uygulama	D11, D12, D13, D14
Çevresel Etkenler	D11, D12, D13

3b- Isı Yalıtım Sorununun Belirlendiği Yer

Katmanlaşma	
Birleşim/Bağlantı	D12, D13, D14
Farklı Yapı Elemanı	D11

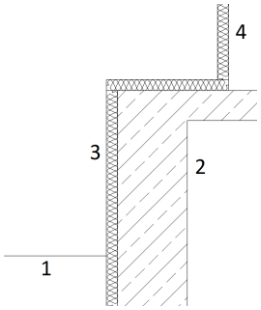
3c-Isı Yalıtım Sorununun Tanımlanması

Isı Köprüsü Oluşumu		**Zeminin Uygun Olmaması**	D11
Isı Yal. Uygulanmaması		**Yalıtım Kalınlığının Yetersiz Olması**	
Hatalı Bitiş/Bağlantı	D13, D14	**Malzemenin Amaç Dışı Kullanımı**	D14
İşçilik	D14	**Yangın Sınıfı Uygun Olmayan Malzeme**	
Malzeme Deformasyonu	D12, D13	**Yanlış Malzeme Kullanılması**	D12
Sızdırmazlık		**Uygun olmayan depolama**	
Uygulamanın Kesintiye Uğ	D12		

4-Detaylar ve Değerlendirme

Detay Kodu : D11

4a-Katmanlaşma Detayı *



1 - Zemin
2- Betonarme taşıyıcı
3- Sürme su yalıtımı, XPS ısı yalıtımı, korucu katman
4-Betonarme perde duvar

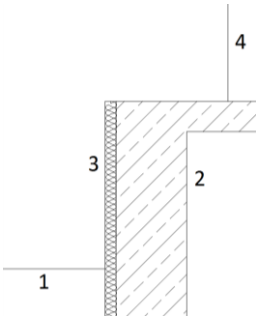
4b-Resim ve Açıklama

Temel-bodrum duvarı birleşim noktasındaki ısı ve su yalıtımı uygulaması sırasında, zeminin suya maruz kalması.

(*Uygulamanın şematik gösterimi)

Detay Kodu : D12

4a-Katmanlaşma Detayı *



1 - Zemin
2- Betonarme taşıyıcı
3- Sürme su yalıtımı, XPS ısı yalıtımının sürme su yalıtımı ile yapıştırılması, korucu katman
4-Betonarme taşıyıcı

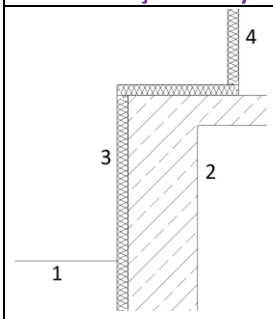
4b-Resim ve Açıklama

Bitüm esaslı sürme su yalıtımı ile yapıştırılan XPS ısı yalıtım levhalarının çevresel etkenler ile kopması. Uygulama sonrasında gerekli önlemlerin alınmaması.

(*Uygulamanın şematik gösterimi)

Detay Kodu : D13

4a-Katmanlaşma Detayı *

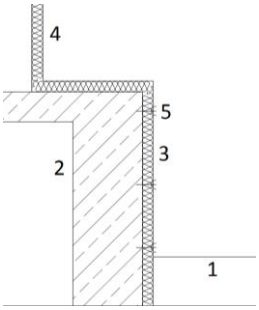


1 - Zemin
2- Betonarme taşıyıcı
3- Sürme su yalıtımı, XPS ısı yalıtımı, korucu katman
4-Betonarme perde duvar

4b-Resim ve Açıklama

Kesintiye uğrayan uygulama, yağmur ve rüzgarın etkisiyle ısı yalıtım plakalarının ayrılarak kopması ve deforme olması.

(*Uygulamanın şematik gösterimi)

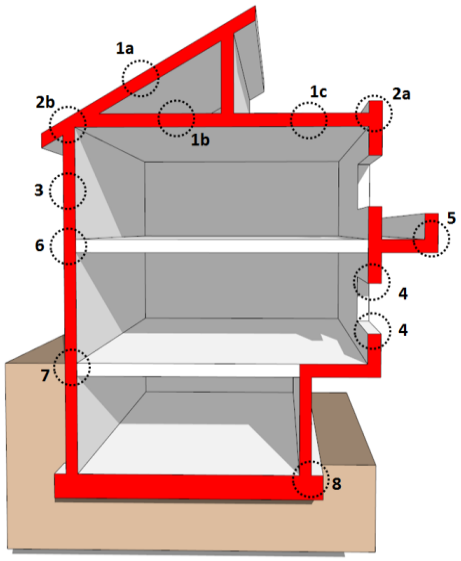
Detay Kodu : D14			
4a-Katmanlaşma Detayı *		**4b-Resim ve Açıklama**	
	1 - Zemin 2- Betonarme taşıyıcı 3- Sürme su yalıtımı, xps ısı yalıtımı, koruyucu katman 4-Betonarme perde duvar 5-Sabitleme için kullanılan çivi		Temelde uygulanan ısı yalıtım plakalarını sabitlemek için, çivi kullanarak hem ısı yalıtım plakasının zarar görmesi, hem de alt katmanda yer alan sürme su yalıtım katmanının zarar görmesi.
(*Uygulamanın şematik gösterimi)			

Yapılarda Isı Yalıtım Sistemi İnceleme Formu — EK E

1-İncelenen Yapıya İlişkin Genel Bilgiler — Yapı Kodu: 4

Konum	Alemdağ Caddesi'ne 1 km, E80'e 1 km, İstanbul Finans Merkezi'ne 1.2 km		
İklim Bölgesi	Ilıman İklim (2. Bölge)	**Deprem Bölgesi**	2. Bölge
Hakim Rüzgar Yönü	Kuzey-Doğu (Poyraz)	**Ort. Sıcaklık (°C) (min-max)**	5,3-22,6
Mülkiyet	Özel	**Taşıyıcı Sistemi**	Betonarme Çerçeve+Perde
Yapı Tipolojisi	Konut	**Temel Sistemi**	Radye Temel
Yapım Aşaması	İnce İşler Uygulaması	**Kat Adedi**	B+Z+4 Normal Kat
Yaklaşık Yapı Boyutu (m)	13 x 22	**Ortalama Kat Yüksekliği (m)**	3
Isıtma Sistemi	Kombi	**Çatı Tipi**	Kırma Çatı
İnceleme Tarihi	31.01.2016	**İl/İlçe**	Ümraniye/İstanbul

2-Isı Yalıtımının İncelendiği Yapı Elemanları ve Birleşimleri — Detay Kodu



1-Çatı Bünyesinde	
1a-Eğimli Sıcak Çatı	
1b-Eğimli Soğuk Çatı	
1c-Teras Çatı	
2-Çatı-Parapet/Saçak-Duvar	
2a-Teras çatı-parapet	
2b-Eğimli çatı-saçak-duvar	
3-Duvar Bünyesi	D18
4-Duvar-Pencere/Kapı	D15, D16, D17
5-Duvar-Açık Çıkma Birleşim	
6-Duvar-Döşeme	
7-Duvar-Temel/Bodrum	
8-Temel/Bodrum-Döşeme	

3a-Isı Yalıtım Sorununun Oluştuğu Aşama

Tasarım	D18
Uygulama	D15, D16, D17, D18
Çevresel Etkenler	

3b- Isı Yalıtım Sorununun Belirlendiği Yer

Katmanlaşma	
Birleşim/Bağlantı	D18
Farklı Yapı Elemanı	D15, D16, D17

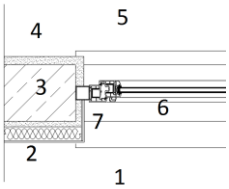
3c-Isı Yalıtım Sorununun Tanımlanması

Isı Köprüsü Oluşumu	D15, D16, D17		**Zeminin Uygun Olmaması**
Isı Yal. Uygulanmaması	D15 , D16, D17		**Yalıtım Kalınlığının Yetersiz Olması**
Hatalı Bitiş/Bağlantı	D18		**Malzemenin Amaç Dışı Kullanımı**
İşçilik			**Yangın Sınıfı Uygun Olmayan Malzeme**
Malzeme Deformasyonu			**Yanlış Malzeme Kullanılması**
Sızdırmazlık			**Uygun olmayan depolama**
Uygulamanın Kesintiye Uğraması			

4-Detaylar ve Değerlendirme

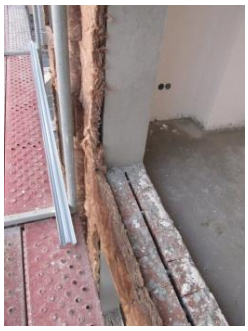
Detay Kodu : D15

4a-Katmanlaşma Detayı *



1 - Dış Mekan
2- Taşyünü ısı yalıtımı (5 cm)
3-Tuğla duvar (19 cm)
4-Çimento sıva, alçı sıva
5- İç Mekan
6-Pencere
7-Isı yalıtımı uygulanmayan kısım

4b-Resim ve Açıklama



Cephede uygulanan ısı yalıtımı pencerelerin iç kısmına doğru devam etmediği için ısı köprüsü oluşumu.

(*Uygulamanın şematik gösterimi)

4c-Yalıtım Özellikleri

Türü	Taşyünü	**Markası**	Knauf
Isı İletkenlik Katsayısı (W/mK)	0,035	**Model**	Mineral Plus FCB
Isıl Direç (m²K/W)	1,4	**Su Buharı Geçirgenlik Katsayısı**	1
Kalınlık (mm)	50	**Yoğunluk (kg/m²)**	-
Boyut (mm)	600*1200	**Yangın Sınıfı**	A1
Üretim Standardı	TS EN 13162	**Paket Alanı**	8,64 m²

4d-Isıl Geçirgenlik Hesabı

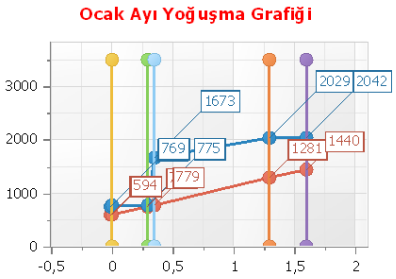
Katman	Kalınlığı **(d)**	Isı İletkenik Katsayısı **(λ)**	Isıl Direnç **(R=d/λ)**
Dış Yüzey Direnci	-----	-----	0,04
Taşyünü Isı Yalıtım	0,05	0,032	1,56
Çimento Sıva	0,02	1,6	0,01
Delikli Tuğla	0,19	0,36	0,53
Çimento Sıva	0,02	1,6	0,01
Alçı Sıva	0,015	0,51	0,03
İç Yüzey Direnci	-----	-----	0,13
		Toplam R :	**2,31**
		U (1/R):	**0,43**
		TS 825 2. Bölge U (duvar) değeri : 0,60	0,43<0,60 **[✔]**

4e-Yoğuşma Hesabı*

Katman	Kalınlığı (d)	Su Buharı Difüzyon Direnci Katsayısı (μ)	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı (Sd)
Dış Yüzey Direnci	-----	-----	-----
Çimento Sıva	0,02	15	0,30
Taşyünü Isı Yalıtım	0,05	1	0,05
Delikli Tuğla	0,19	5	0,95
Çimento Sıva	0,02	15	0,30
Alçı Sıva	0,015	10	0,15
İç Yüzey Direnci	-----	-----	------
		Toplam Sd :	**1,75**

Aylara göre yoğuşma ve buharlaşma miktarı

Aylar	T_d (°C)	(%) φ_d	m_y (kg/m²)	m_y (kg/m2) (Kümülatif)
Ocak	2,9	0,79	0	0
Şubat	4,4	0,76	0	0
Mart	7,3	0,75	0	0
Nisan	12,8	0,74	0	0
Mayıs	18	0,74	0	0
Haziran	22,5	0,7	0	0
Temmuz	24,9	0,71	0	0
Ağustos	24,3	0,74	0	0
Eylül	19,9	0,75	0	0
Ekim	14,1	0,8	0	0
Kasım	8,5	0,79	0	0
Aralık	3,8	0,8	0	0



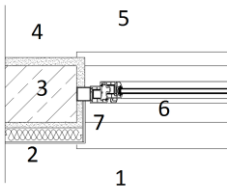
SONUÇ :

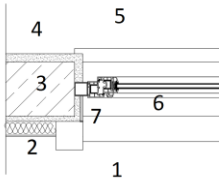
* İç Yüzey Sıcaklığı 17°C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

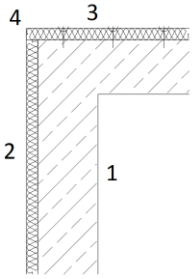
* Yapı bileşeninde yoğuşma meydana gelmemiştir.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağladığından, standarta uygundur.

***İZODER TS 825 Hesap Programı ile hesaplanmıştır.**

Detay Kodu : D16			
4a-Katmanlaşma Detayı *		**4b-Resim ve Açıklama**	
	1 - Dış Mekan 2- Taşyünü ısı yalıtımı (5 cm) 3-Tuğla duvar (19 cm) 4-Çimento sıva, alçı sıva 5- İç Mekan 6-Pencere 7-Isı yalıtımı uygulanmayan kısım		Cephede uygulanan ısı yalıtımı pencerelerin iç kısmına doğru devam etmediği için ısı köprüsü oluşumu.
(*Uygulamanın şematik gösterimi)			

Detay Kodu : D17			
4a-Katmanlaşma Detayı *		**4b-Resim ve Açıklama**	
	1 - Dış Mekan 2- Karbonlu EPS ısı yalıtımı (5 cm) 3-Tuğla duvar (19 cm) 4-Çimento sıva, alçı sıva 5- İç Mekan 6-Pencere 7-Isı yalıtımı uygulanmayan kısım		Cephede uygulanan ısı yalıtımı pencerelerin iç kısmına doğru devam etmediği için ısı köprüsü oluşumu.
(*Uygulamanın şematik gösterimi)			

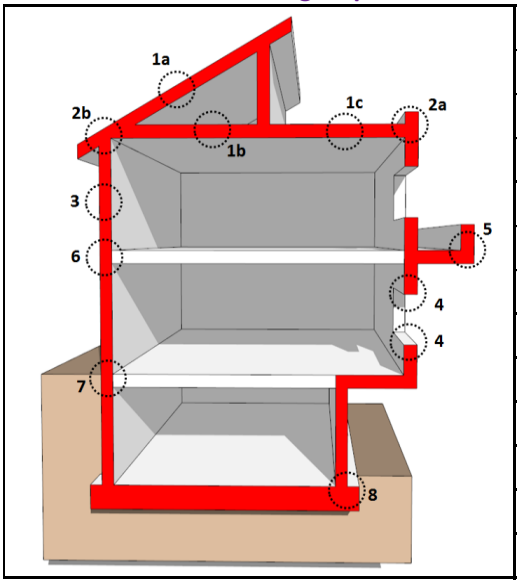
Detay Kodu : D18			
4a-Katmanlaşma Detayı *		**4b-Resim ve Açıklama**	
	1 - İç mekan duvar 2- EPS ısı yalıtımı (5 cm) 3- Taşyünü ısı yalıtımı (5 cm) 4-Farklı iki ısı yalıtım malzemesinin birleşim noktası		Cephede farklı özelliklerdeki malzeme kullanımı.
(*Uygulamanın şematik plan gösterimi)			

Yapılarda Isı Yalıtım Sistemi İnceleme Formu — EK F

1-İncelenen Yapıya İlişkin Genel Bilgiler — Yapı Kodu: 5

Konum	Anadolu Otoyolu Çamlıca Gişeleri'ne 3.2 km, Ataşehir Belediyesi'ne 3.6 km		
İklim Bölgesi	Ilıman İklim (2. Bölge)	**Deprem Bölgesi**	1. Bölge
Hakim Rüzgar Yönü	Kuzey-Doğu (Poyraz)	**Ort. Sıcaklık (°C) (min-max)**	4-21,9
Mülkiyet	Özel + Kamu	**Taşıyıcı Sistemi**	Betonarme Çerçeve+Perde
Yapı Tipolojisi	Konut	**Temel Sistemi**	Radye Temel
Yapım Aşaması	İnce İşler Uygulaması	**Kat Adedi**	B+Z+32 Normal Kat(3 Blok)
Yaklaşık Yapı Boyutu (m)	30 x 20	**Ortalama Kat Yüksekliği (m)**	3,2
Isıtma Sistemi	HVAC	**Çatı Tipi**	Teras Çatı
İnceleme Tarihi	27.02.2016	**İl/İlçe**	Ataşehir/İstanbul

2-Isı Yalıtımının İncelendiği Yapı Elemanları ve Birleşimleri — Detay Kodu



1-Çatı Bünyesinde	
1a-Eğimli Sıcak Çatı	
1b-Eğimli Soğuk Çatı	
1c-Teras Çatı	
2-Çatı-Parapet/Saçak-Duvar	
2a-Teras çatı-parapet	
2b-Eğimli çatı-saçak-duvar	
3-Duvar Bünyesi	
4-Duvar-Pencere/Kapı	
5-Duvar-Açık Çıkma Birleşim	
6-Duvar-Döşeme	
7-Duvar-Temel/Bodrum	D19, D20, D21
8-Temel/Bodrum-Döşeme	

3a-Isı Yalıtım Sorununun Oluştuğu Aşama

Tasarım	D20,
Uygulama	D19, D21
Çevresel Etkenler	D19

3b- Isı Yalıtım Sorununun Belirlendiği Yer

Katmanlaşma	D20
Birleşim/Bağlantı	
Farklı Yapı Elemanı	D19, D21

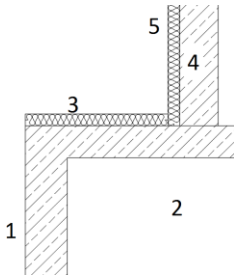
3c-Isı Yalıtım Sorununun Tanımlanması

Isı Köprüsü Oluşumu	D21	**Zeminin Uygun Olmaması**	D19
Isı Yal. Uygulanmaması		**Yalıtım Kalınlığının Yetersiz Olması**	
Hatalı Bitiş/Bağlantı	D21	**Malzemenin Amaç Dışı Kullanımı**	
İşçilik		**Yangın Sınıfı Uygun Olmayan Malzeme**	
Malzeme Deformasyonu		**Yanlış Malzeme Kullanılması**	D20
Sızdırmazlık		**Uygun olmayan depolama**	
Uygulamanın Kesintiye Uğraması	D19		

4-Detaylar ve Değerlendirme

Detay Kodu : D19

4a-Katmanlaşma Detayı *



1- Betonarme taşıyıcı
2- Bodrum
3- Suya maruz kalan ısı yalıtımı
4- Betonarme/dolgu duvar
5-Taşyünü ısı yalıtımı

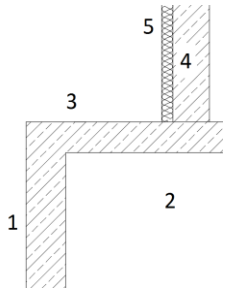
4b-Resim ve Açıklama

Isı yalıtım uygulamasının tamamlanmadan inşaat suyuna maruz kalması, malzemenin ısı yalıtım özelliğini sağlayamaması.

(*Uygulamanın şematik gösterimi)

Detay Kodu : D20

4a-Katmanlaşma Detayı *



1- Betonarme taşıyıcı
2- Bodrum
3- Temel/bodrum tavanı
4- Betonarme/dolgu duvar
5-Taşyünü ısı yalıtımı

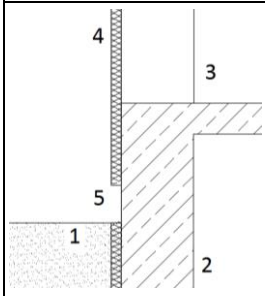
4b-Resim ve Açıklama

Taşyünü ısı yalıtım malzemesinin suya maruz kalma ihtimali olan yerde kullanılması. Uygulamanın malzeme özellikleri göz önüne alınarak yapılmaması.

(*Uygulamanın şematik gösterimi)

Detay Kodu : D21

4a-Katmanlaşma Detayı *



1 -Toprak/dolgu zemin
2- Betonarme taşıyıcı
3- Dolgu duvar
4-Cephede uygulanan ısı yalıtımı
5-Zemin/toprak altındaki yalıtım ile cephe birleşimi yapılmayan kısım

4b-Resim ve Açıklama

Duvarda uygulanan ısı yalıtımının toprak altında uygulanan ısı ve su yalıtımı ile bağlantısı kurulmaması. Gerekli sızdırmazlıkların sağlanmaması.

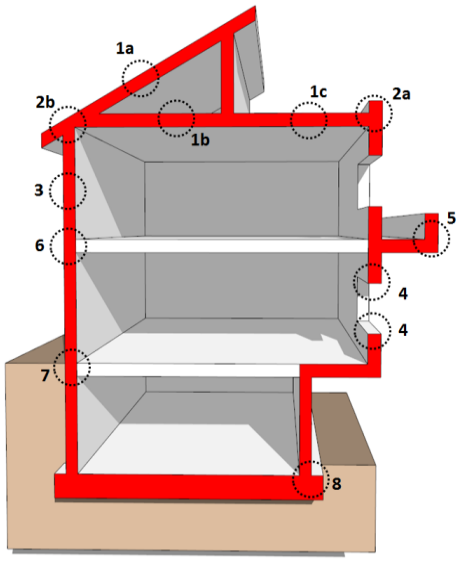
(*Uygulamanın şematik gösterimi)

Yapılarda Isı Yalıtım Sistemi İnceleme Formu — EK G

1-İncelenen Yapıya İlişkin Genel Bilgiler — Yapı Kodu: 6

Konum	E5'e 3.2 km, Esenyurt Devlet Hastanesi'ne 2 km, Esenyurt Belediyesi'ne 2.6 km		
İklim Bölgesi	Ilıman İklim (2. Bölge)	**Deprem Bölgesi**	2. Bölge
Hakim Rüzgar Yönü	Kuzey-Doğu (Poyraz)	**Ort. Sıcaklık (°C) (min-max)**	5,2-22,7
Mülkiyet	Kamu	**Taşıyıcı Sistemi**	Betonarme Çerçeve+Perde
Yapı Tipolojisi	Spor Salonu	**Temel Sistemi**	Radye Temel
Yapım Aşaması	İnce İşler Uygulaması	**Kat Adedi**	Z+1 Normal Kat (İdari)
Yaklaşık Yapı Boyutu (m)	34 x 44	**Ortalama Kat Yüksekliği (m)**	10
Isıtma Sistemi	HVAC	**Çatı Tipi**	Tonoz Çatı
İnceleme Tarihi	08.12.2015	**İl/İlçe**	Esenyurt/İstanbul

2-Isı Yalıtımının İncelendiği Yapı Elemanları ve Birleşimleri — Detay Kodu



1-Çatı Bünyesinde	
1a-Eğimli Sıcak Çatı	
1b-Eğimli Soğuk Çatı	
1c-Teras Çatı	
2-Çatı-Parapet/Saçak-Duvar	
2a-Teras çatı-parapet	D22
2b-Eğimli çatı-saçak-duvar	
3-Duvar Bünyesi	D25
4-Duvar-Pencere/Kapı	D23, D24
5-Duvar-Açık Çıkma Birleşim	
6-Duvar-Döşeme	
7-Duvar-Temel/Bodrum	
8-Temel/Bodrum-Döşeme	

3a-Isı Yalıtım Sorununun Oluştuğu Aşama

Tasarım	
Uygulama	D22, D23, D24, D25
Çevresel Etkenler	

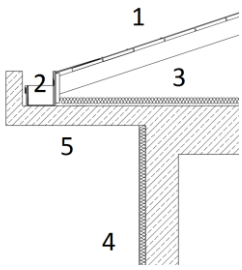
3b- Isı Yalıtım Sorununun Belirlendiği Yer

Katmanlaşma	
Birleşim/Bağlantı	D25
Farklı Yapı Elemanı	D22, D23, D24

3c-Isı Yalıtım Sorununun Tanımlanması

Isı Köprüsü Oluşumu	D22, D23, D24, D25		**Zeminin Uygun Olmaması**
Isı Yal. Uygulanmaması	D22, D23, D24		**Yalıtım Kalınlığının Yetersiz Olması**
Hatalı Bitiş/Bağlantı			**Malzemenin Amaç Dışı Kullanımı**
İşçilik	D25		**Yangın Sınıfı Uygun Olmayan Malzeme**
Malzeme Deformasyonu			**Yanlış Malzeme Kullanılması**
Sızdırmazlık			**Uygun olmayan depolama**
Uygulamanın Kesintiye Uğraması			

4-Detaylar ve Değerlendirme

Detay Kodu : D22			
4a-Katmanlaşma Detayı *		**4b-Resim ve Açıklama**	
	1 - Tonoz çatı 2- Isı yalıtım uygulanmayan kısım 3-Çatı döşemesi ısı yalıtımı 4-Cephede XPS ısı yalıtımı (5 cm) 5- Saçak altında ısı yalıtım uygulanmayan alan		Duvarlarda uygulanan ısı yalıtımının saçaklarda sürekliliğinin sağlanmaması sebebiyle ısı köprüsü oluşumu. Duvarın gerekli ısıl direnç değerini sağlamaması.
(*Uygulamanın şematik gösterimi)			

4c-Yalıtım Özellikleri

Türü	XPS	**Markası**	İzocam
Isı İletkenlik Katsayısı (W/mK)	0,035	**Model**	1500 PL
Isıl Direç (m^2K/W)	1,4	**Su Buharı Geçirgenlik Katsayısı**	80
Kalınlık (mm)	50	**Yoğunluk (kg/m^3)**	21
Boyut (mm)	600*1250	**Yangın Sınıfı**	E
Üretim Standardı	TS EN 13164	**Paket Alanı**	6 m^2

4d-Isıl Geçirgenlik Hesabı

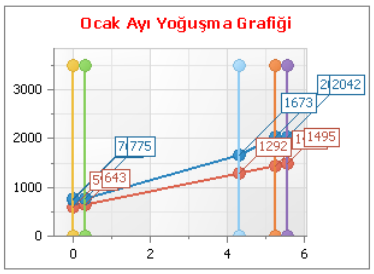
Katman	Kalınlığı **(d)**	Isı İletkenik Katsayısı **(λ)**	Isıl Direnç **(R=d/λ)**
Dış Yüzey Direnci	-----	-----	0,04
Xps Isı Yalıtımı	0,05	0,035	1,43
Çimento Sıva	0,02	1,6	0,01
Delikli Tuğla	0,19	0,36	0,53
Çimento Sıva	0,02	1,6	0,01
Alçı Sıva	0,015	0,51	0,03
İç Yüzey Direnci	-----	-----	0,13
		Toplam R :	**2,18**
		U (1/R):	**0,46**
		TS 825 2. Bölge U (duvar) değeri : 0,60	0,46<0,60 **[✔]**

4e-Yoğuşma Hesabı*

Katman	Kalınlığı (d)	Su Buharı Difüzyon Direnci Katsayısı (μ)	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı (Sd)
Dış Yüzey Direnci	-----	-----	-----
Çimento Sıva	0,02	15	0,30
Xps Isı Yalıtımı	0,05	80	4,00
Delikli Tuğla	0,19	5	0,95
Çimento Sıva	0,02	15	0,30
Alçı Sıva	0,015	10	0,15
İç Yüzey Direnci	-----	-----	------
		Toplam Sd :	**5,70**

Aylara göre yoğuşma ve buharlaşma miktarı

Aylar	T_d (°C)	(%) φ_d	m_y (kg/m²)	m_y (kg/m2) (Kümülatif)
Ocak	2,9	0,79	0	0
Şubat	4,4	0,76	0	0
Mart	7,3	0,75	0	0
Nisan	12,8	0,74	0	0
Mayıs	18	0,74	0	0
Haziran	22,5	0,7	0	0
Temmuz	24,9	0,71	0	0
Ağustos	24,3	0,74	0	0
Eylül	19,9	0,75	0	0
Ekim	14,1	0,8	0	0
Kasım	8,5	0,79	0	0
Aralık	3,8	0,8	0	0



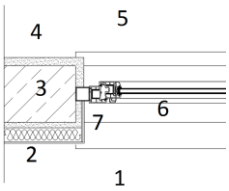
SONUÇ :

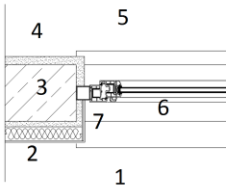
* İç Yüzey Sıcaklığı 17°C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

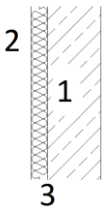
* Yapı bileşeninde yoğuşma meydana gelmemiştir.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağladığından, standarta uygundur.

***İZODER TS 825 Hesap Programı ile hesaplanmıştır.**

Detay Kodu : D23			
4a-Katmanlaşma Detayı *		**4b-Resim ve Açıklama**	
	1 - Dış Mekan 2- XPS ısı yalıtım uygulaması (5 cm) 3-Tuğla duvar (19 cm) 4-Çimento sıva, alçı sıva 5- İç Mekan 6-Pencere/Kapı 7-Isı yalıtımı uygulanmayan kısım		Cephede uygulanan ısı yalıtımın kapı iç kısmına devam etmemesi. Isı yalıtım uygulanmayan kısımlarda ısı köprüsü oluşması.
(*Uygulamanın şematik gösterimi)			

Detay Kodu : D24			
4a-Katmanlaşma Detayı *		**4b-Resim ve Açıklama**	
	1 - Dış Mekan 2- XPS ısı yalıtım uygulaması (5 cm) 3-Tuğla duvar (19 cm) 4-Çimento sıva, alçı sıva 5- İç Mekan 6-Pencere/Kapı 7-Isı yalıtımı uygulanmayan kısım		Cephede uygulanan ısı yalıtımın pencere iç kısmına devam etmemesi. Isı yalıtım uygulanmayan kısımlarda ısı köprüsü oluşması.
(*Uygulamanın şematik gösterimi)			

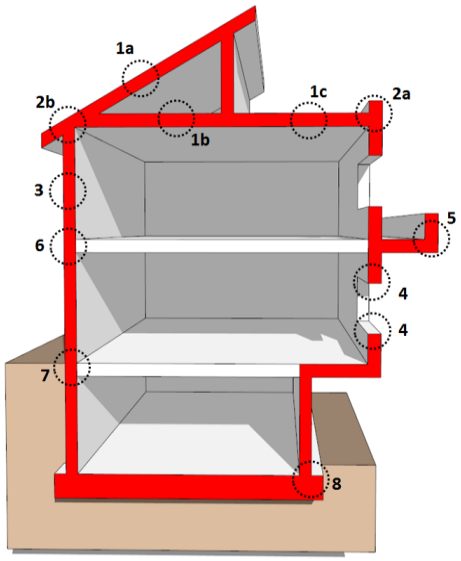
Detay Kodu : D25			
4a-Katmanlaşma Detayı *		**4b-Resim ve Açıklama**	
	1 - İç mekan duvar 2- EPS ısı yalıtımı (5 cm) 3- Isı yalıtım levhasının duvara yapıştırılması sırasında levha kenarlarında boşluk kalan kısım		Isı yalıtım levhalarının yapıştırma yöntemlerine uygun yapıştırılmaması. Levha kenarında kalan boşlukların ısı köprüsü riski taşıması.
(*Uygulamanın şematik gösterimi)			

Yapılarda Isı Yalıtım Sistemi İnceleme Formu — EK H

1-İncelenen Yapıya İlişkin Genel Bilgiler — Yapı Kodu: 7

Konum	E5'e 3.3 km, Esenyurt Devlet Hastanesi'ne 1,9 km, Esenyurt Belediyesi'ne 2.7 km		
İklim Bölgesi	Ilıman İklim (2. Bölge)	**Deprem Bölgesi**	2. Bölge
Hakim Rüzgar Yönü	Kuzey-Doğu (Poyraz)	**Ort. Sıcaklık (°C) (min-max)**	5,2-22,7
Mülkiyet	Kamu	**Taşıyıcı Sistemi**	Betonarme Çerçeve+Perde
Yapı Tipolojisi	İlköğretim Okulu	**Temel Sistemi**	Radye Temel
Yapım Aşaması	İnce İşler Uygulaması	**Kat Adedi**	B+Z+4 Normal Kat (2 Blok)
Yaklaşık Yapı Boyutu (m)	32 x 76	**Ortalama Kat Yüksekliği (m)**	3,2
Isıtma Sistemi	Kalorifer	**Çatı Tipi**	Teras Çatı
İnceleme Tarihi	08.12.2015	**İl/İlçe**	Esenyurt/İstanbul

2-Isı Yalıtımının İncelendiği Yapı Elemanları ve Birleşimleri — Detay Kodu



1-Çatı Bünyesinde	
1a-Eğimli Sıcak Çatı	
1b-Eğimli Soğuk Çatı	
1c-Teras Çatı	D27, D29
2-Çatı-Parapet/Saçak-Duvar	
2a-Teras çatı-parapet	D29
2b-Eğimli çatı-saçak-duvar	
3-Duvar Bünyesi	D26, D30, D33
4-Duvar-Pencere/Kapı	D28
5-Duvar-Açık Çıkma Birleşim	
6-Duvar-Döşeme	D31, D32, D55
7-Duvar-Temel/Bodrum	
8-Temel/Bodrum-Döşeme	

3a-Isı Yalıtım Sorununun Oluştuğu Aşama

Tasarım	
Uygulama	D26, D27, D28, D29, D30, D31, D32, D33, D55
Çevresel Etkenler	D29

3b- Isı Yalıtım Sorununun Belirlendiği Yer

Katmanlaşma	D26, D27, D28
Birleşim/Bağlantı	D30, D33
Farklı Yapı Elemanı	D29, D31, D32, D55

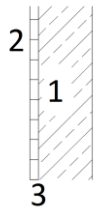
3c-Isı Yalıtım Sorununun Tanımlanması

Isı Köprüsü Oluşumu	D26, D28	**Zeminin Uygun Olmaması**	
Isı Yal. Uygulanmaması	D26, D28, D31	**Yalıtım Kalınlığının Yetersiz Olması**	D27
Hatalı Bitiş/Bağ.	D29, D30, D31, D32, D33, D55	**Malzemenin Amaç Dışı Kullanımı**	
İşçilik		**Yangın Sınıfı Uygun Olmayan Malzeme**	
Malzeme Deformasyonu		**Yanlış Malzeme Kullanılması**	
Sızdırmazlık	D30, D32, D33, D55	**Uygun olmayan depolama**	D33
Uygulamanın Kesintiye Uğraması	D29		

4-Detaylar ve Değerlendirme

Detay Kodu : D26

4a-Katmanlaşma Detayı *



1 - Bims blok dolgu duvar (19 cm)
2- Kaplama tuğla (1,5 cm)
3-Çimento sıva (2 cm)

4b-Resim ve Açıklama

Taş kaplamalı cephede ısı yalıtım uygulanmaması.

(*Uygulamanın şematik gösterimi)

4d-Isıl Geçirgenlik Hesabı

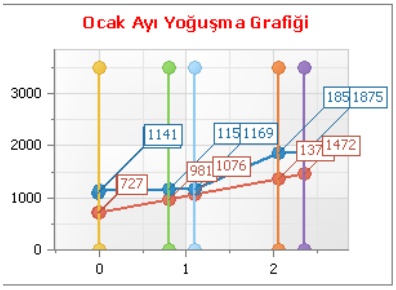
Katman	Kalınlığı **(d)**	Isı İletkenik Katsayısı **(λ)**	Isıl Direnç **(R=d/λ)**
Dış Yüzey Direnci	-----	-----	0,04
Kaplama Tuğla	0,02	0,96	0,02
Çimento Sıva	0,02	1,6	0,01
Bims Tuğla	0,19	0,36	0,53
Çimento Sıva	0,02	1,6	0,01
Alçı Sıva	0,015	0,51	0,03
İç Yüzey Direnci	-----	-----	0,13
		Toplam R :	**0,77**
		U (1/R):	**1,29**
		TS 825 2. Bölge U (duvar) değeri : 0,60	1,29>0,60 **[x]**

4e-Yoğuşma Hesabı*

Katman	Kalınlığı (d)	Su Buharı Difüzyon Direnci Katsayısı (μ)	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı (Sd)
Dış Yüzey Direnci	-----	-----	-----
Kaplama Tuğla	0,02	40	0,80
Çimento Sıva	0,02	15	0,30
Bims Tuğla	0,19	5	0,95
Çimento Sıva	0,02	15	0,30
Alçı Sıva	0,015	10	0,15
İç Yüzey Direnci	-----	-----	------
		Toplam Sd :	**2,50**

Aylara göre yoğuşma ve buharlaşma miktarı

Aylar	T_d (°C)	(%) φ_d	m_y (kg/m²)	m_y (kg/m²) (Kümülatif)
Ocak	8,4	0,66	0	0
Şubat	9	0,64	0	0
Mart	11,6	0,65	0	0
Nisan	15,8	0,68	0	0
Mayıs	21,2	0,67	0	0
Haziran	26,3	0,68	0	0
Temmuz	28,7	0,71	0	0
Ağustos	27,6	0,71	0	0
Eylül	23,5	0,65	0	0
Ekim	18,5	0,62	0	0
Kasım	13	0,66	0	0
Aralık	9,3	0,68	0	0



SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin altında olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski vardır.Standarta uygun değildir.

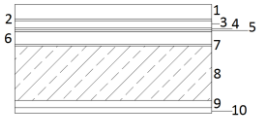
* Yapı bileşeninde yoğuşma meydana gelmemiştir.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağlamadığından, standarta uygun değildir.

***İZODER TS 825 Hesap Programı ile hesaplanmıştır.**

Detay Kodu : D27

4a-Katmanlaşma Detayı *



1 -Şap (4 cm)
2- Koruyucu keçe
3-XPS ısı yalıtım (2 cm)
4-Pvc membran
5-Koruyucu keçe
6-Eğim betonu (5 cm)
7-Sürme bitümlü su yalıtımı
8-Betonarme döşeme (15 cm)
9-Çimento sıva (2 cm)
10-Alçı sıva (1,5 cm)

4b-Resim ve Açıklama

Tasarım aşamasında öngörülen yalıtım kalınlığının uygulanmaması.

(*Uygulamanın şematik gösterimi)

4d-Isıl Geçirgenlik Hesabı

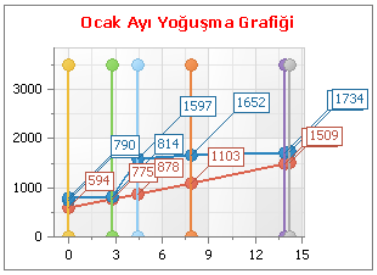
Katman	Kalınlığı (d)	Isı İletkenik Katsayısı (λ)	Isıl Direnç (R=d/λ)
Dış Yüzey Direnci	-----	-----	0,04
Şap	0,04	1,4	0,03
Xps Isı Yalıtım	0,02	0,035	0,57
Eğim Betonu	0,05	1,4	0,04
Betonarme Döşeme	0,075	2,5	0,03
Çimento Sıva	0,02	1,6	0,01
Alçı Sıva	0,015	0,51	0,03
İç Yüzey Direnci	-----	-----	0,13
		Toplam R :	**0,88**
		U (1/R):	**1,14**
		TS 825 2. Bölge U (tavan) değeri : 0,40	1,09>0,40 **[x]**

4e-Yoğuşma Hesabı*

Katman	Kalınlığı (d)	Su Buharı Difüzyon Direnci Katsayısı (μ)	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı (Sd)
Dış Yüzey Direnci	-----	-----	-----
Şap	0,04	70	2,80
Xps Isı Yalıtım	0,02	80	1,60
Eğim Betonu	0,05	70	3,50
Betonarme Döşeme	0,075	80	6,00
Çimento Sıva	0,02	15	0,30
Alçı Sıva	0,015	10	0,15
İç Yüzey Direnci	-----	-----	------
		Toplam Sd :	**14,35**

Aylara göre yoğuşma ve buharlaşma miktarı

Aylar	T_d (°C)	(%) φ_d	m_y (kg/m²)	m_y (kg/m2) (Kümülatif)
Ocak	2,9	0,79	0	0
Şubat	4,4	0,76	0	0
Mart	7,3	0,75	0	0
Nisan	12,8	0,74	0	0
Mayıs	18	0,74	0	0
Haziran	22,5	0,7	0	0
Temmuz	24,9	0,71	0	0
Ağustos	24,3	0,74	0	0
Eylül	19,9	0,75	0	0
Ekim	14,1	0,8	0	0
Kasım	8,5	0,79	0	0
Aralık	3,8	0,8	0	0



SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin altında olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski vardır.Standarta uygun değildir.

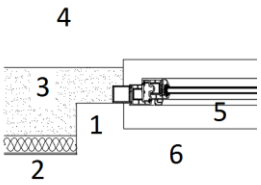
* Yapı bileşeninde yoğuşma meydana gelmemiştir.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağlamadığından, standarta uygun değildir.

***İZODER TS 825 Hesap Programı ile hesaplanmıştır.**

Detay Kodu : D28

4a-Katmanlaşma Detayı *



1 - Isı yalıtım uygulanmayan kısım
2- Taşyünü ısı yalıtım üzeri koruyucu alçı tabaka
3-Prekast cephe elemanı
4-Dış mekan
5- Pencere
6-İç mekan

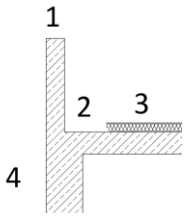
4b-Resim ve Açıklama

Cephede uygulanan prekast panelin pencere kenarlarında ısı yalıtım olmaması. Isı köprüsü oluşması.

(*Uygulamanın şematik gösterimi)

Detay Kodu : D29

4a-Katmanlaşma Detayı *



1 - Betonarme parapet
2- Yalıtım tamamlanamayan alan
3- Çatı yalıtım ve koruyucu katmanları
4-Ön cephe

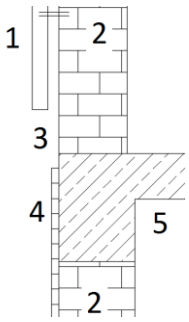
4b-Resim ve Açıklama

Çatı yalıtımı ve cephe montajının aynı anda yapılması sebebiyle çatı yalıtımının tamamlanamaması. Yalıtım katmanlarının çevresel koşullara maruz kalması. Uygulamanın birleşim noktalarının sorunlu olması.

(*Uygulamanın şematik plan gösterimi)

Detay Kodu : D30

4a-Katmanlaşma Detayı *

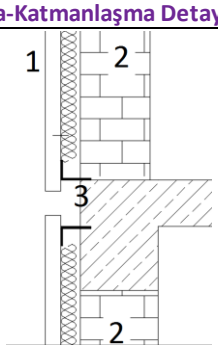


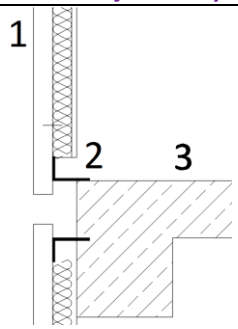
1 - Prekast dış cephe paneli
2- Bims dolgu duvar
3-Bitiş bağlantısı kurulmayan kısım
4-Tuğla kaplama
5- Betonarme taşıyıcı

4b-Resim ve Açıklama

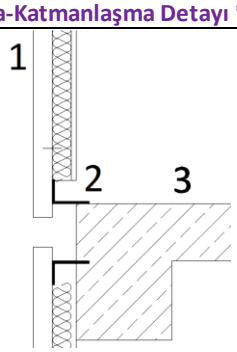
Cephede uygulanan prekast panellerin bitiş noktalarında sızdırmazlığın sağlanmaması.

(*Uygulamanın şematik gösterimi)

Detay Kodu : D31			
4a-Katmanlaşma Detayı *		**4b-Resim ve Açıklama**	
	1 - Prekast dış cephe paneli 2- Bims dolgu duvar 3-Isı yalıtım sürekliliği sağlanmayan kısım		Prekast cephe elemanlarının ankrajlar ile döşemeye sabitlenmesinde ısı yalıtımın sürekliliğinin sağlanmaması. Üreticinin sunduğu detayların uygulanmaması.
(*Uygulamanın şematik gösterimi)			

Detay Kodu : D32			
4a-Katmanlaşma Detayı *		**4b-Resim ve Açıklama**	
	1 - Prekast dış cephe paneli 2- Bims dolgu duvar 3-Sızdırmazlık sorunu oluşan kısım		Cephede uygulanan prekast panellerin bitiş noktalarında sızdırmazlığın sağlanmaması.
(*Uygulamanın şematik gösterimi)			

Detay Kodu : D33			
4a-Katmanlaşma Detayı *		**4b-Resim ve Açıklama**	
			Prekast cephe elemanlarında yer alan ısı yalıtım plakalarının, koruma amaçlı yapılan alçı katmanı ile tamamen kaplanmaması, su ve rüzgâr gibi çevresel etkenlere maruz kalması.
(*Bu başlık bu durumla ilgili olmadığı için boş bırakılmıştır)			

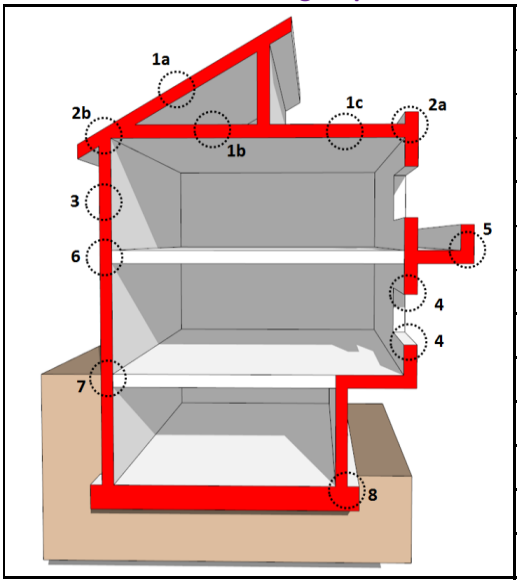
Detay Kodu : D55			
4a-Katmanlaşma Detayı *		**4b-Resim ve Açıklama**	
	1 - Prekast dış cephe paneli 2- Bims dolgu duvar 3-Sızdırmazlık sorunu oluşan kısım		Cephe sistemi ile duvar arasında tasarlanandan daha fazla boşluk bırakılması nedeniyle sızdırmazlıkların sağlanmaması
(*Uygulamanın şematik gösterimi)			

Yapılarda Isı Yalıtım Sistemi İnceleme Formu — EK I

1-İncelenen Yapıya İlişkin Genel Bilgiler — Yapı Kodu: 8

Konum	Meydan Avm'ye 300 m, TEM'e 500 m, Şile Otoyolu'na 1.8 km		
İklim Bölgesi	Ilıman İklim (2. Bölge)	**Deprem Bölgesi**	2. Bölge
Hakim Rüzgar Yönü	Kuzey-Doğu (Poyraz)	**Ort. Sıcaklık (°C) (min-max)**	5,3-22,6
Mülkiyet	Özel	**Taşıyıcı Sistemi**	Betonarme Çerçeve+Perde
Yapı Tipolojisi	Konut	**Temel Sistemi**	Radye Temel
Yapım Aşaması	İnce İşler Uygulaması	**Kat Adedi**	B+Z+13 Normal K. (2 Blok)
Yaklaşık Yapı Boyutu (m)	23 x 12	**Ortalama Kat Yüksekliği (m)**	3
Isıtma Sistemi	Kombi	**Çatı Tipi**	Kırma Çatı
İnceleme Tarihi	03.01.2016	**İl/İlçe**	Ümraniye/İstanbul

2-Isı Yalıtımının İncelendiği Yapı Elemanları ve Birleşimleri — Detay Kodu



1-Çatı Bünyesinde	
1a-Eğimli Sıcak Çatı	
1b-Eğimli Soğuk Çatı	
1c-Teras Çatı	
2-Çatı-Parapet/Saçak-Duvar	
2a-Teras çatı-parapet	
2b-Eğimli çatı-saçak-duvar	
3-Duvar Bünyesi	
4-Duvar-Pencere/Kapı	D34, D35
5-Duvar-Açık Çıkma Birleşim	
6-Duvar-Döşeme	
7-Duvar-Temel/Bodrum	D36
8-Temel/Bodrum-Döşeme	

3a-Isı Yalıtım Sorununun Oluştuğu Aşama

Tasarım	
Uygulama	D34, D35, D36
Çevresel Etkenler	

3b- Isı Yalıtım Sorununun Belirlendiği Yer

Katmanlaşma	
Birleşim/Bağlantı	
Farklı Yapı Elemanı	D34, D35, D36

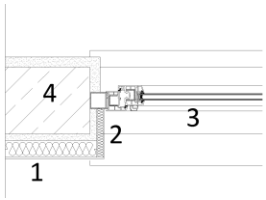
3c-Isı Yalıtım Sorununun Tanımlanması

Isı Köprüsü Oluşumu	D34, D35, D36	**Zeminin Uygun Olmaması**	
Isı Yal. Uygulanmaması		**Yalıtım Kalınlığının Yetersiz Olması**	D34, D35
Hatalı Bitiş/Bağlantı	D36	**Malzemenin Amaç Dışı Kullanımı**	
İşçilik		**Yangın Sınıfı Uygun Olmayan Malzeme**	
Malzeme Deformasyonu		**Yanlış Malzeme Kullanılması**	
Sızdırmazlık		**Uygun olmayan depolama**	
Uygulamanın Kesintiye Uğraması			

4-Detaylar ve Değerlendirme

Detay Kodu : D34

4a-Katmanlaşma Detayı *



1 - Dış cephede uygulanan EPS ısı yalıtım (5 cm)
2- Kapı/pencere iç kısımlarında uygulanan EPS ısı yalıtım (2 cm)
3- Pencere/kapı
4- Dolgu duvar

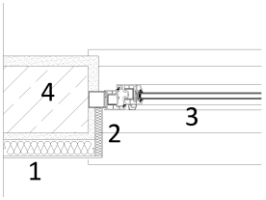
4b-Resim ve Açıklama

Cephede 5 cm karbonlu EPS olarak uygulanan ısı yalıtımın pencerede iç kısmına 2 cm kalınlıkta uygulanması.

(*Uygulamanın şematik gösterimi)

Detay Kodu : D35

4a-Katmanlaşma Detayı *



1 - Dış cephede uygulanan eps ısı yalıtım (5 cm)
2- Kapı/pencere iç kısımlarında uygulanan eps ısı yalıtım (2 cm)
3- Pencere/kapı
4- Dolgu duvar

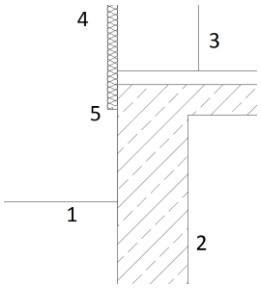
4b-Resim ve Açıklama

Cephede 5 cm karbonlu eps olarak uygulanan ısı yalıtımın kapı iç kısmına 2 cm kalınlık ile devam etmesi.

(*Uygulamanın şematik gösterimi)

Detay Kodu : D36

4a-Katmanlaşma Detayı *



1 - Zemin
2- Betonarme perde duvar
3- Tuğla dolgu duvar
4- Cephe
5-Kesintiye uğrayan ısı yalıtım uygulaması

4b-Resim ve Açıklama

Cephede uygulanan ısı yalıtımı zemine kadar devam etmediği için ısı köprüsü oluşmuştur. Cephede yer alan ısı yalıtımının zeminle birleşimi yapılmamıştır.

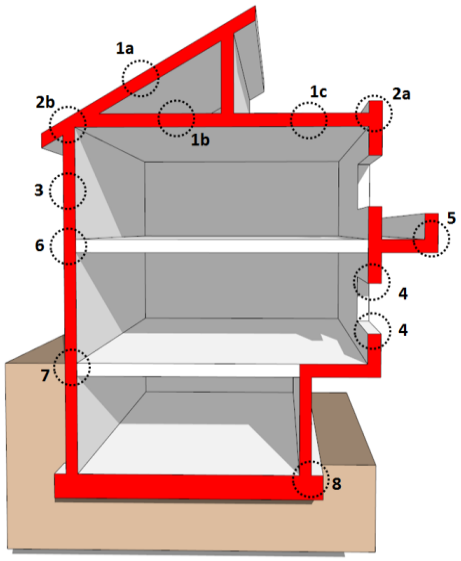
(*Uygulamanın şematik gösterimi)

Yapılarda Isı Yalıtım Sistemi İnceleme Formu — EK J

1-İncelenen Yapıya İlişkin Genel Bilgiler — Yapı Kodu: 9

Konum	Alemdağ Cadde'sine 1.3 km, E80'e 800 m, İstanbul Finans Merkezi'ne 1.3 km		
İklim Bölgesi	Ilıman İklim (2. Bölge)	**Deprem Bölgesi**	2. Bölge
Hakim Rüzgar Yönü	Kuzey-Doğu (Poyraz)	**Ort. Sıcaklık (°C) (min-max)**	5,3-22,6
Mülkiyet	Özel	**Taşıyıcı Sistemi**	Betonarme Çerçeve+Perde
Yapı Tipolojisi	Konut	**Temel Sistemi**	Radye Temel
Yapım Aşaması	Mevcut/Mantolama	**Kat Adedi**	B+Z+4 Normal Kat
Yaklaşık Yapı Boyutu (m)	14 x 17	**Ortalama Kat Yüksekliği (m)**	3
Isıtma Sistemi	Kombi	**Çatı Tipi**	Kırma Çatı
İnceleme Tarihi	15.11.2015	**İl/İlçe**	Ümraniye/İstanbul

2-Isı Yalıtımının İncelendiği Yapı Elemanları ve Birleşimleri — Detay Kodu



1-Çatı Bünyesinde	
1a-Eğimli Sıcak Çatı	
1b-Eğimli Soğuk Çatı	
1c-Teras Çatı	
2-Çatı-Parapet/Saçak-Duvar	
2a-Teras çatı-parapet	
2b-Eğimli çatı-saçak-duvar	
3-Duvar Bünyesi	D37, D38
4-Duvar-Pencere/Kapı	
5-Duvar-Açık Çıkma Birleşim	
6-Duvar-Döşeme	
7-Duvar-Temel/Bodrum	
8-Temel/Bodrum-Döşeme	

3a-Isı Yalıtım Sorununun Oluştuğu Aşama

Tasarım	
Uygulama	D37, D38
Çevresel Etkenler	

3b- Isı Yalıtım Sorununun Belirlendiği Yer

Katmanlaşma	
Birleşim/Bağlantı	D37, D38
Farklı Yapı Elemanı	

3c-Isı Yalıtım Sorununun Tanımlanması

Isı Köprüsü Oluşumu	D37, D38		**Zeminin Uygun Olmaması**
Isı Yal. Uygulanmaması			**Yalıtım Kalınlığının Yetersiz Olması**
Hatalı Bitiş/Bağlantı			**Malzemenin Amaç Dışı Kullanımı**
İşçilik	D37, D38		**Yangın Sınıfı Uygun Olmayan Malzeme**
Malzeme Deformasyonu	D37		**Yanlış Malzeme Kullanılması**
Sızdırmazlık			**Uygun olmayan depolama**
Uygulamanın Kesintiye Uğraması			

4-Detaylar ve Değerlendirme

Detay Kodu : D37			
4a-Katmanlaşma Detayı *		**4b-Resim ve Açıklama**	
			Mevcut binadaki mantolama uygulamasında, iskele kurulumunda kullanılan sabitleme elemanının ısı yalıtım plakasının uygulanmasına engel olması, levhanın parçalanması.
(*Bu başlık bu durumla ilgili olmadığı için boş bırakılmıştır)			

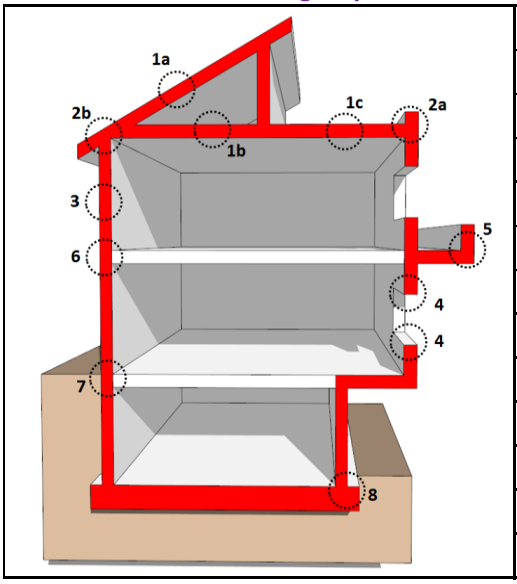
Detay Kodu : D38			
4a-Katmanlaşma Detayı *		**4b-Resim ve Açıklama**	
			Cephede uygulanan ısı yalıtımın, doğalgaz ve yağmur iniş boruları gibi tesisat elemanları nedeniyle kesintiye uğraması. Isı yalıtım uygulanmayan noktalarda ısı köprüsü oluşumu.
(*Bu başlık bu durumla ilgili olmadığı için boş bırakılmıştır)			

Yapılarda Isı Yalıtım Sistemi İnceleme Formu — EK K

1-İncelenen Yapıya İlişkin Genel Bilgiler — Yapı Kodu: 10

Konum	D100'e 500 m, Büyükçekmece Gölü'ne 1.2 km, Kordonboyu Caddesi'ne 600 m		
İklim Bölgesi	Ilıman İklim (2. Bölge)	**Deprem Bölgesi**	1. Bölge
Hakim Rüzgar Yönü	Kuzey-Doğu (Poyraz)	**Ort. Sıcaklık (°C) (min-max)**	5,2-22,7
Mülkiyet	Kamu	**Taşıyıcı Sistemi**	Betonarme Çerçeve+Perde
Yapı Tipolojisi	Kamu Hizmet Binası	**Temel Sistemi**	Radye Temel
Yapım Aşaması	İnce İşler Uygulaması	**Kat Adedi**	B+Z+3 Normal Kat
Yaklaşık Yapı Boyutu (m)	55 x 80	**Ortalama Kat Yüksekliği (m)**	3,6
Isıtma Sistemi	HVAC	**Çatı Tipi**	Teras Çatı
İnceleme Tarihi	02.12.2015	**İl/İlçe**	Büyükçekmece/İstanbul

2-Isı Yalıtımının İncelendiği Yapı Elemanları ve Birleşimleri — Detay Kodu



1-Çatı Bünyesinde	
1a-Eğimli Sıcak Çatı	
1b-Eğimli Soğuk Çatı	
1c-Teras Çatı	D40
2-Çatı-Parapet/Saçak-Duvar	
2a-Teras çatı-parapet	
2b-Eğimli çatı-saçak-duvar	
3-Duvar Bünyesi	D39
4-Duvar-Pencere/Kapı	
5-Duvar-Açık Çıkma Birleşim	
6-Duvar-Döşeme	
7-Duvar-Temel/Bodrum	
8-Temel/Bodrum-Döşeme	

3a-Isı Yalıtım Sorununun Oluştuğu Aşama

Tasarım	
Uygulama	D39, D40
Çevresel Etkenler	D41

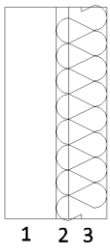
3b- Isı Yalıtım Sorununun Belirlendiği Yer

Katmanlaşma	D39
Birleşim/Bağlantı	D40
Farklı Yapı Elemanı	

3c-Isı Yalıtım Sorununun Tanımlanması

Isı Köprüsü Oluşumu		**Zeminin Uygun Olmaması**	
Isı Yal. Uygulanmaması		**Yalıtım Kalınlığının Yetersiz Olması**	
Hatalı Bitiş/Bağlantı	D40	**Malzemenin Amaç Dışı Kullanımı**	
İşçilik	D39	**Yangın Sınıfı Uygun Olmayan Malzeme**	
Malzeme Deformasyonu	D39, D41	**Yanlış Malzeme Kullanılması**	
Sızdırmazlık	D40	**Uygun olmayan depolama**	D41
Uygulamanın Kesintiye Uğraması			

4-Detaylar ve Değerlendirme

Detay Kodu : D39			
4a-Katmanlaşma Detayı *		**4b-Resim ve Açıklama**	
	1-Prekast cephe paneli 2-Taşıyıcı çelik konstrüksiyon 3-Uygulama alanında uygulanan ısı yalıtımı		Isı yalıtım plakalarının uygulama sırasında bükülerek deforme olması, homojen bir ısı yalıtım katmanının oluşturulmaması.
(*Uygulamanın şematik gösterimi)			

Detay Kodu : D40			
4a-Katmanlaşma Detayı *		**4b-Resim ve Açıklama**	
			Çatıda yer alan yağmursuyu giderinin bağlantısının yapılmaması. Isı yalıtım katmanının suya maruz kalması. Katmanların suyun etkisiyle zarar görmesi.
(*Bu başlık bu durumla ilgili olmadığı için boş bırakılmıştır)			

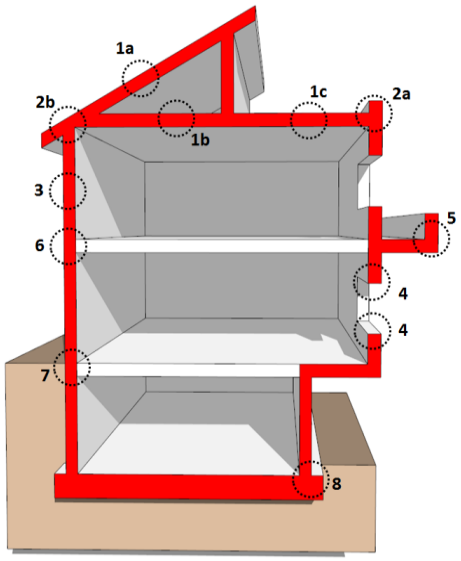
Detay Kodu : D41			
4a-Katmanlaşma Detayı *		**4b-Resim ve Açıklama**	
			Depolama hatası sebebiyle taş yünü ısı yalıtım plakalarının çevresel etkenlere maruz kalması ve deforme olması.
(*Bu başlık bu durumla ilgili olmadığı için boş bırakılmıştır)			

Yapılarda Isı Yalıtım Sistemi İnceleme Formu — EK L

1-İncelenen Yapıya İlişkin Genel Bilgiler — Yapı Kodu: 11

Konum	Alemdağ Cadde'sine 1.3 km, E80'e 1.2 km, İstanbul Finans Merkezi'ne 1.3 km		
İklim Bölgesi	Ilıman İklim (2. Bölge)	**Deprem Bölgesi**	2. Bölge
Hakim Rüzgar Yönü	Kuzey-Doğu (Poyraz)	**Ort. Sıcaklık (°C) (min-max)**	5,3-22,6
Mülkiyet	Özel	**Taşıyıcı Sistemi**	Betonarme Çerçeve+Perde
Yapı Tipolojisi	Konut	**Temel Sistemi**	Radye Temel
Yapım Aşaması	İnce İşler Uygulaması	**Kat Adedi**	B+Z+16 Normal Kat
Yaklaşık Yapı Boyutu (m)	17 x 24	**Ortalama Kat Yüksekliği (m)**	3
Isıtma Sistemi	Kombi	**Çatı Tipi**	Kırma Çatı
İnceleme Tarihi	31.01.2016	**İl/İlçe**	Ümraniye/İstanbul

2-Isı Yalıtımının İncelendiği Yapı Elemanları ve Birleşimleri — Detay Kodu



1-Çatı Bünyesinde	
1a-Eğimli Sıcak Çatı	
1b-Eğimli Soğuk Çatı	
1c-Teras Çatı	
2-Çatı-Parapet/Saçak-Duvar	
2a-Teras çatı-parapet	
2b-Eğimli çatı-saçak-duvar	
3-Duvar Bünyesi	D42
4-Duvar-Pencere/Kapı	
5-Duvar-Açık Çıkma Birleşim	
6-Duvar-Döşeme	
7-Duvar-Temel/Bodrum	
8-Temel/Bodrum-Döşeme	

3a-Isı Yalıtım Sorununun Oluştuğu Aşama

Tasarım	
Uygulama	D42
Çevresel Etkenler	

3b- Isı Yalıtım Sorununun Belirlendiği Yer

Katmanlaşma	
Birleşim/Bağlantı	D42
Farklı Yapı Elemanı	

3c-Isı Yalıtım Sorununun Tanımlanması

Isı Köprüsü Oluşumu	D42		**Zeminin Uygun Olmaması**
Isı Yal. Uygulanmaması			**Yalıtım Kalınlığının Yetersiz Olması**
Hatalı Bitiş/Bağlantı			**Malzemenin Amaç Dışı Kullanımı**
İşçilik	D42		**Yangın Sınıfı Uygun Olmayan Malzeme**
Malzeme Deformasyonu	D42		**Yanlış Malzeme Kullanılması**
Sızdırmazlık			**Uygun olmayan depolama**
Uygulamanın Kesintiye Uğraması			

4-Detaylar ve Değerlendirme

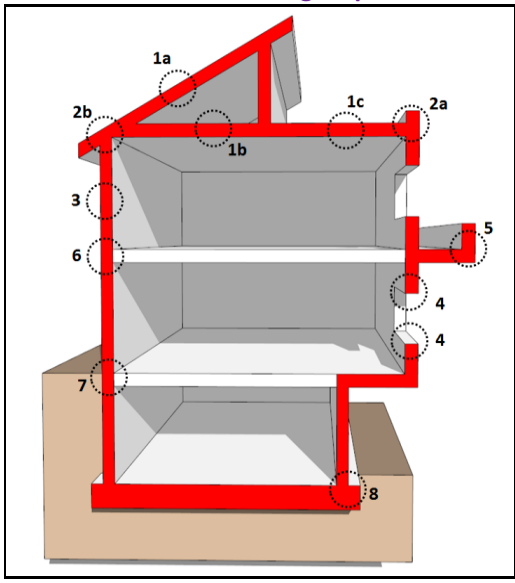
Detay Kodu : D42			
4a-Katmanlaşma Detayı *		**4b-Resim ve Açıklama**	
			Isı yalıtım uygulamasında, iskele kurulumunda kullanılan sabitleme elemanının ısı yalıtım plakasının uygulanmasına engel olması, levhanın parçalanması. Deforme olan kısımların daha sonra yapıştırma harcı ile doldurulması ve ısı köprüsü oluşumu.
(*Bu başlık bu durumla ilgili olmadığı için boş bırakılmıştır)			

Yapılarda Isı Yalıtım Sistemi İnceleme Formu — EK M

1-İncelenen Yapıya İlişkin Genel Bilgiler — Yapı Kodu: 12

Konum	İst. Adalet Sarayı'na 2.2 km, Cevahir Avm'ye 700 m, Büyükdere C.'ne 3.1 km		
İklim Bölgesi	Ilıman İklim (2. Bölge)	**Deprem Bölgesi**	2. Bölge
Hakim Rüzgar Yönü	Kuzey-Doğu (Poyraz)	**Ort. Sıcaklık (°C) (min-max)**	6-23,3
Mülkiyet	Özel	**Taşıyıcı Sistemi**	Betonarme Çerçeve+Perde +Çelik Çerçeve
Yapı Tipolojisi	Konut+Ofis+Avm	**Temel Sistemi**	Radye Temel
Yapım Aşaması	İnce İşler Uygulaması	**Kat Adedi**	10B+Z+39 Normal Kat (2 Blok)
Yaklaşık Yapı Boyutu (m)	30 x 68	**Ortalama Kat Yüksekliği (m)**	3,3
Isıtma Sistemi	HVAC	**Çatı Tipi**	Teras Çatı
İnceleme Tarihi		**İl/İlçe**	Mecidiyeköy/İstanbul

2-Isı Yalıtımının İncelendiği Yapı Elemanları ve Birleşimleri — Detay Kodu



1-Çatı Bünyesinde	
1a-Eğimli Sıcak Çatı	
1b-Eğimli Soğuk Çatı	
1c-Teras Çatı	
2-Çatı-Parapet/Saçak-Duvar	
2a-Teras çatı-parapet	D43
2b-Eğimli çatı-saçak-duvar	
3-Duvar Bünyesi	
4-Duvar-Pencere/Kapı	
5-Duvar-Açık Çıkma Birleşim	
6-Duvar-Döşeme	
7-Duvar-Temel/Bodrum	
8-Temel/Bodrum-Döşeme	

3a-Isı Yalıtım Sorununun Oluştuğu Aşama

Tasarım	
Uygulama	D43
Çevresel Etkenler	D44

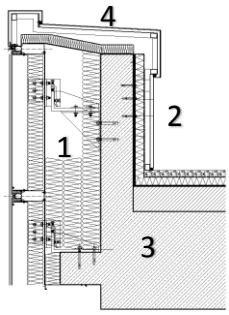
3b- Isı Yalıtım Sorununun Belirlendiği Yer

Katmanlaşma	
Birleşim/Bağlantı	
Farklı Yapı Elemanı	D43

3c-Isı Yalıtım Sorununun Tanımlanması

Isı Köprüsü Oluşumu	D43		**Zeminin Uygun Olmaması**
Isı Yal. Uygulanmaması	D43		**Yalıtım Kalınlığının Yetersiz Olması**
Hatalı Bitiş/Bağlantı			**Malzemenin Amaç Dışı Kullanımı**
İşçilik			**Yangın Sınıfı Uygun Olmayan Malzeme**
Malzeme Deformasyonu			**Yanlış Malzeme Kullanılması**
Sızdırmazlık			**Uygun olmayan depolama** D44
Uygulamanın Kesintiye Uğraması			

4-Detaylar ve Değerlendirme

Detay Kodu : D43			
4a-Katmanlaşma Detayı *		**4b-Resim ve Açıklama**	
	1 - Parapet dış kısmına önerilen ısı yalıtımı 2- Parapet iç kısmına önerilen ısı yalıtımı 3-Betonarme taşıyıcı 4-Alüminyum kompozit harpuşta		Uygulama projesinde yer alan ısı yalıtımının uygulanmaması, sadece su yalıtım önlemi alınarak alüminyum kompozit harpuşta uygulanması.
(*Uygulama projesinde önerilen detay)			

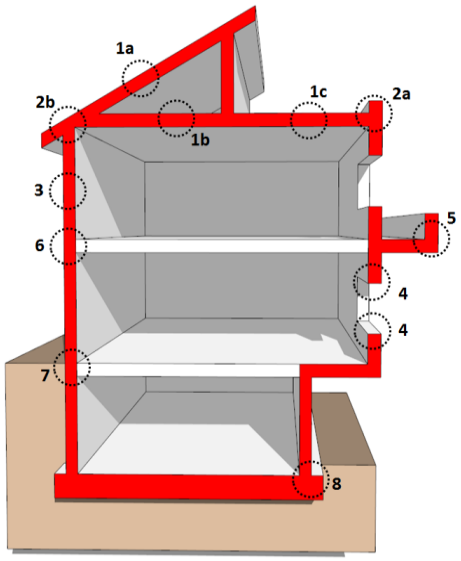
Detay Kodu : D44			
4a-Katmanlaşma Detayı *		**4b-Resim ve Açıklama**	
			Depolama hatası sebebiyle taş yünü ısı yalıtım plakaların çevresel etkenlere maruz kalması ve deforme olması.
(*Bu başlık bu durumla ilgili olmadığı için boş bırakılmıştır)			

Yapılarda Isı Yalıtım Sistemi İnceleme Formu — EK N

1-İncelenen Yapıya İlişkin Genel Bilgiler — Yapı Kodu: 13

Konum	İstinye Caddesi'ne 3 km, Emirgan Korusu'na 2.4 km, TEM'e 2.7 km		
İklim Bölgesi	Ilıman İklim (2. Bölge)	**Deprem Bölgesi**	2. Bölge
Hakim Rüzgar Yönü	Kuzey-Doğu (Poyraz)	**Ort. Sıcaklık (°C) (min-max)**	4,8-21,8
Mülkiyet	Kamu	**Taşıyıcı Sistemi**	Betonarme Çerçeve+Perde
Yapı Tipolojisi	Yüksek Öğretim Binası	**Temel Sistemi**	Radye Temel
Yapım Aşaması	İnce İşler Uygulaması	**Kat Adedi**	B+Z+3 Normal Kat
Yaklaşık Yapı Boyutu (m)	20 x 56	**Ortalama Kat Yüksekliği (m)**	3,2
Isıtma Sistemi	HVAC	**Çatı Tipi**	Teras Çatı
İnceleme Tarihi	16.01.2016	**İl/İlçe**	Sarıyer/İstanbul

2-Isı Yalıtımının İncelendiği Yapı Elemanları ve Birleşimleri — Detay Kodu



1-Çatı Bünyesinde	
1a-Eğimli Sıcak Çatı	
1b-Eğimli Soğuk Çatı	
1c-Teras Çatı	
2-Çatı-Parapet/Saçak-Duvar	
2a-Teras çatı-parapet	D45
2b-Eğimli çatı-saçak-duvar	
3-Duvar Bünyesi	
4-Duvar-Pencere/Kapı	D46
5-Duvar-Açık Çıkma Birleşim	
6-Duvar-Döşeme	
7-Duvar-Temel/Bodrum	
8-Temel/Bodrum-Döşeme	

3a-Isı Yalıtım Sorununun Oluştuğu Aşama

Tasarım	
Uygulama	D45, D46
Çevresel Etkenler	

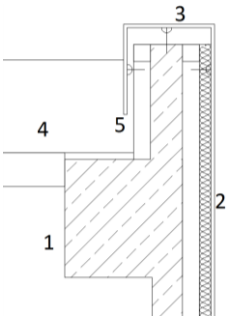
3b- Isı Yalıtım Sorununun Belirlendiği Yer

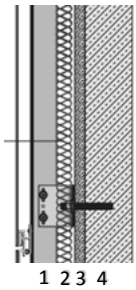
Katmanlaşma	
Birleşim/Bağlantı	
Farklı Yapı Elemanı	D45, D46

3c-Isı Yalıtım Sorununun Tanımlanması

Isı Köprüsü Oluşumu	D45		**Zeminin Uygun Olmaması**
Isı Yal. Uygulanmaması	D45		**Yalıtım Kalınlığının Yetersiz Olması**
Hatalı Bitiş/Bağlantı	D46		**Malzemenin Amaç Dışı Kullanımı**
İşçilik			**Yangın Sınıfı Uygun Olmayan Malzeme**
Malzeme Deformasyonu			**Yanlış Malzeme Kullanılması**
Sızdırmazlık			**Uygun olmayan depolama**
Uygulamanın Kesintiye Uğraması			

4-Detaylar ve Değerlendirme

Detay Kodu : D45			
4a-Katmanlaşma Detayı *		**4b-Resim ve Açıklama**	
	1 -Betonarme kiriş 2- Taşyünü ısı yalıtım (5 cm) 3- Kompozit harpuşta kaplaması 4- Gezilemeyen ters teras çatı 5-Isı yalıtım uygulanmayan alan		Betonarme parapetin iç tarafında sadece su yalıtımı için bitümlü membran uygulanması, ısı yalıtım uygulanmadığı için ısı köprüsü oluşması.
(*Uygulamanın şematik gösterimi)			

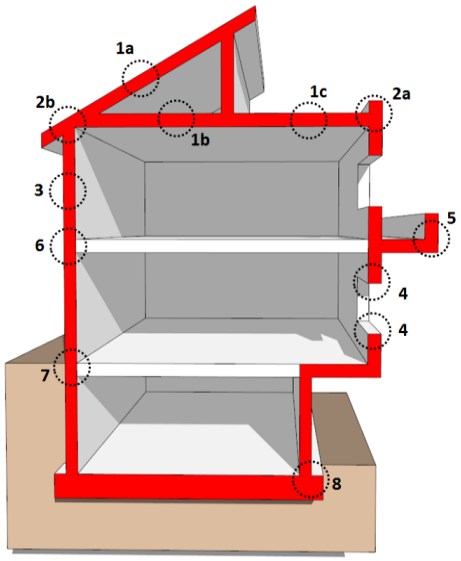
Detay Kodu : D46			
4a-Katmanlaşma Detayı *		**4b-Resim ve Açıklama**	
	1 -Taşıyıcı konstrüksiyon 2- Taşyünü ısı yalıtım (5 cm) 3- Sıva 4- Dolgu duvar		Cephe sisteminin bitiş bağlantılarının yapılmaması ile ısı yalıtım katmanın çevresel etkenlere maruz kalması
(*Uygulama projesinde önerilen detay)			

Yapılarda Isı Yalıtım Sistemi İnceleme Formu — EK O

1-İncelenen Yapıya İlişkin Genel Bilgiler — Yapı Kodu: 14

Konum	Alemdağ Caddesi'ne 950 m, E80'e 700 m, İstanbul Finans Merkezi'ne 1.5 km		
İklim Bölgesi	Ilıman İklim (2. Bölge)	**Deprem Bölgesi**	2. Bölge
Hakim Rüzgar Yönü	Kuzey-Doğu (Poyraz)	**Ort. Sıcaklık (°C) (min-max)**	5,3-22,6
Mülkiyet	Özel	**Taşıyıcı Sistemi**	Betonarme Çerçeve+Perde
Yapı Tipolojisi	Konut	**Temel Sistemi**	Radye Temel
Yapım Aşaması	Mevcut/Mantolama	**Kat Adedi**	B+Z+3 Normal Kat
Yaklaşık Yapı Boyutu (m)	12 x 25	**Ortalama Kat Yüksekliği (m)**	3
Isıtma Sistemi	Kombi	**Çatı Tipi**	Kırma Çatı
İnceleme Tarihi	15.11.2015	**İl/İlçe**	Ümraniye/İstanbul

2-Isı Yalıtımının İncelendiği Yapı Elemanları ve Birleşimleri — Detay Kodu



1-Çatı Bünyesinde	
1a-Eğimli Sıcak Çatı	
1b-Eğimli Soğuk Çatı	
1c-Teras Çatı	
2-Çatı-Parapet/Saçak-Duvar	
2a-Teras çatı-parapet	
2b-Eğimli çatı-saçak-duvar	
3-Duvar Bünyesi	
4-Duvar-Pencere/Kapı	
5-Duvar-Açık Çıkma Birleşim	D47
6-Duvar-Döşeme	
7-Duvar-Temel/Bodrum	
8-Temel/Bodrum-Döşeme	

3a-Isı Yalıtım Sorununun Oluştuğu Aşama

Tasarım	
Uygulama	D47
Çevresel Etkenler	

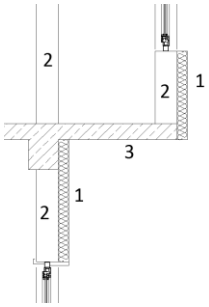
3b- Isı Yalıtım Sorununun Belirlendiği Yer

Katmanlaşma	D47
Birleşim/Bağlantı	
Farklı Yapı Elemanı	

3c-Isı Yalıtım Sorununun Tanımlanması

Isı Köprüsü Oluşumu	D47		**Zeminin Uygun Olmaması**
Isı Yal. Uygulanmaması	D47		**Yalıtım Kalınlığının Yetersiz Olması**
Hatalı Bitiş/Bağlantı			**Malzemenin Amaç Dışı Kullanımı**
İşçilik			**Yangın Sınıfı Uygun Olmayan Malzeme**
Malzeme Deformasyonu			**Yanlış Malzeme Kullanılması**
Sızdırmazlık			**Uygun olmayan depolama**
Uygulamanın Kesintiye Uğraması			

4-Detaylar ve Değerlendirme

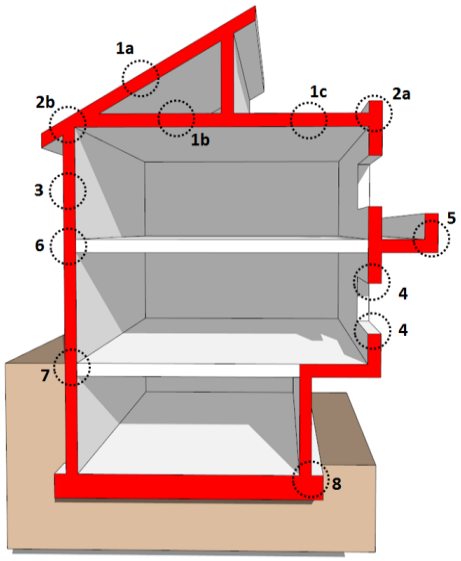
Detay Kodu : D47			
4a-Katmanlaşma Detayı *		**4b-Resim ve Açıklama**	
	1 - EPS ısı yalıtımı (5 cm) 2- Dolgu duvar 3-Balkon/konsol altında ısı yalıtım uygulanmayan alan		Cephede uygulanan ısı yalıtımının, balkonun alt kısmında uygulanmaması. Isı yalıtımının uygulanmadığı yerlerde ısı köprüsü oluşumu.
(*Uygulamanın şematik gösterimi)			

Yapılarda Isı Yalıtım Sistemi İnceleme Formu — EK P

1-İncelenen Yapıya İlişkin Genel Bilgiler — Yapı Kodu: 15

Konum	Alemdağ Caddesi'ne 1.3 km, E80'e 750 m, İstanbul Finans Merkezi'ne 1.7 km		
İklim Bölgesi	Ilıman İklim (2. Bölge)	**Deprem Bölgesi**	2. Bölge
Hakim Rüzgar Yönü	Kuzey-Doğu (Poyraz)	**Ort. Sıcaklık (°C) (min-max)**	5,3-22,6
Mülkiyet	Özel	**Taşıyıcı Sistemi**	Betonarme Çerçeve+Perde
Yapı Tipolojisi	Konut	**Temel Sistemi**	Radye Temel
Yapım Aşaması	Mevcut/Mantolama	**Kat Adedi**	B+Z+4 Normal Kat
Yaklaşık Yapı Boyutu (m)	14 x 22	**Ortalama Kat Yüksekliği (m)**	3
Isıtma Sistemi	Kombi	**Çatı Tipi**	Kırma Çatı
İnceleme Tarihi	15.11.2015	**İl/İlçe**	Ümraniye/İstanbul

2-Isı Yalıtımının İncelendiği Yapı Elemanları ve Birleşimleri — Detay Kodu



1-Çatı Bünyesinde	
1a-Eğimli Sıcak Çatı	
1b-Eğimli Soğuk Çatı	
1c-Teras Çatı	
2-Çatı-Parapet/Saçak-Duvar	
2a-Teras çatı-parapet	
2b-Eğimli çatı-saçak-duvar	
3-Duvar Bünyesi	
4-Duvar-Pencere/Kapı	
5-Duvar-Açık Çıkma Birleşim	D48
6-Duvar-Döşeme	
7-Duvar-Temel/Bodrum	
8-Temel/Bodrum-Döşeme	

3a-Isı Yalıtım Sorununun Oluştuğu Aşama

Tasarım	
Uygulama	D48
Çevresel Etkenler	

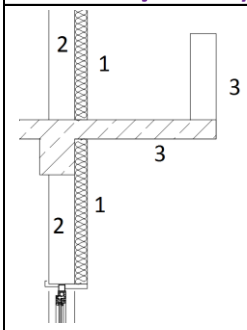
3b- Isı Yalıtım Sorununun Belirlendiği Yer

Katmanlaşma	
Birleşim/Bağlantı	
Farklı Yapı Elemanı	D48

3c-Isı Yalıtım Sorununun Tanımlanması

Isı Köprüsü Oluşumu	D48		**Zeminin Uygun Olmaması**
Isı Yal. Uygulanmaması	D48		**Yalıtım Kalınlığının Yetersiz Olması**
Hatalı Bitiş/Bağlantı			**Malzemenin Amaç Dışı Kullanımı**
İşçilik			**Yangın Sınıfı Uygun Olmayan Malzeme**
Malzeme Deformasyonu			**Yanlış Malzeme Kullanılması**
Sızdırmazlık			**Uygun olmayan depolama**
Uygulamanın Kesintiye Uğraması			

4-Detaylar ve Değerlendirme

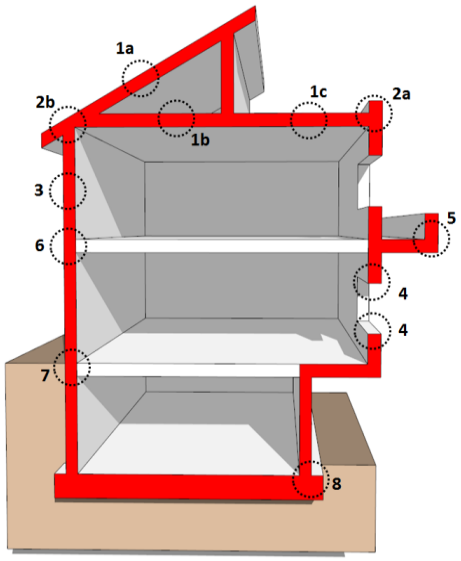
Detay Kodu : D48			
4a-Katmanlaşma Detayı *		**4b-Resim ve Açıklama**	
	1 - EPS ısı yalıtımı (5 cm) 2- Dolgu duvar 3-Balkon/konsol etrafında ısı yalıtım uygulanmayan alan		Cephede uygulanan ısı yalıtımının, balkonda uygulanmaması. Isı yalıtımının uygulanmadığı yerlerde ısı köprüsü oluşumu.
(*Uygulamanın şematik gösterimi)			

Yapılarda Isı Yalıtım Sistemi İnceleme Formu — EK R

1-İncelenen Yapıya İlişkin Genel Bilgiler — Yapı Kodu: 16

Konum	Maltepe Park Avm'ye 550 m, Turgut Özal Bulvarı'na 3.7 km, D100'e 20 m		
İklim Bölgesi	Ilıman İklim (2. Bölge)	**Deprem Bölgesi**	1. Bölge
Hakim Rüzgar Yönü	Kuzey-Doğu (Poyraz)	**Ort. Sıcaklık (°C) (min-max)**	5,9-24,5
Mülkiyet	Özel + Kamu	**Taşıyıcı Sistemi**	Betonarme Çerçeve+Perde
Yapı Tipolojisi	Konut+Ofis+Avm	**Temel Sistemi**	Radye Temel
Yapım Aşaması	Kaba İşler Uygulaması	**Kat Adedi**	9B+Z+27 Normal Kat
Yaklaşık Yapı Boyutu (m)	70 x 75	**Ortalama Kat Yüksekliği (m)**	3,3
Isıtma Sistemi	HVAC	**Çatı Tipi**	Teras Çatı
İnceleme Tarihi	30.11.2015	**İl/İlçe**	Maltepe/İstanbul

2-Isı Yalıtımının İncelendiği Yapı Elemanları ve Birleşimleri — Detay Kodu



1-Çatı Bünyesinde	
1a-Eğimli Sıcak Çatı	
1b-Eğimli Soğuk Çatı	
1c-Teras Çatı	
2-Çatı-Parapet/Saçak-Duvar	
2a-Teras çatı-parapet	
2b-Eğimli çatı-saçak-duvar	
3-Duvar Bünyesi	
4-Duvar-Pencere/Kapı	
5-Duvar-Açık Çıkma Birleşim	
6-Duvar-Döşeme	
7-Duvar-Temel/Bodrum	
8-Temel/Bodrum-Döşeme	

3a-Isı Yalıtım Sorununun Oluştuğu Aşama

Tasarım	
Uygulama	
Çevresel Etkenler	D49

3b- Isı Yalıtım Sorununun Belirlendiği Yer

Katmanlaşma	
Birleşim/Bağlantı	
Farklı Yapı Elemanı	

3c-Isı Yalıtım Sorununun Tanımlanması

Isı Köprüsü Oluşumu		**Zeminin Uygun Olmaması**	
Isı Yal. Uygulanmaması		**Yalıtım Kalınlığının Yetersiz Olması**	
Hatalı Bitiş/Bağlantı		**Malzemenin Amaç Dışı Kullanımı**	
İşçilik		**Yangın Sınıfı Uygun Olmayan Malzeme**	
Malzeme Deformasyonu		**Yanlış Malzeme Kullanılması**	
Sızdırmazlık		**Uygun olmayan depolama**	D49
Uygulamanın Kesintiye Uğraması			

4-Detaylar ve Değerlendirme

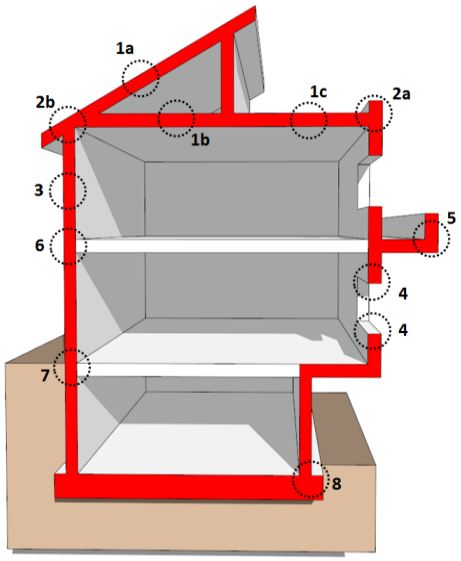
Detay Kodu : D49			
4a-Katmanlaşma Detayı *		**4b-Resim ve Açıklama**	
			Uygulama alanında depolanan taş yünü ısı yalıtım plakalarının suya maruz kalması, uygun depolama koşullarının sağlanmaması.
(*Bu başlık bu durumla ilgili olmadığı için boş bırakılmıştır)			

Yapılarda Isı Yalıtım Sistemi İnceleme Formu — EK S

1-İncelenen Yapıya İlişkin Genel Bilgiler — Yapı Kodu: 17

Konum	İstinye Park Avm'ye 2.4 km, Emirgan Korusu'na 3.6 km, TEM'e 3.2 km		
İklim Bölgesi	Ilıman İklim (2. Bölge)	**Deprem Bölgesi**	2. Bölge
Hakim Rüzgar Yönü	Kuzey-Doğu (Poyraz)	**Ort. Sıcaklık (°C) (min-max)**	4,8-21,8
Mülkiyet	Kamu	**Taşıyıcı Sistemi**	Betonarme Çerçeve+Perde
Yapı Tipolojisi	Yüksek Öğretim Binası	**Temel Sistemi**	Radye Temel
Yapım Aşaması	Kaba İşler Uygulaması	**Kat Adedi**	B+Z+4 Normal Kat
Yaklaşık Yapı Boyutu (m)	38 x 55	**Ortalama Kat Yüksekliği (m)**	3,3
Isıtma Sistemi	Kalorifer	**Çatı Tipi**	Teras Çatı
İnceleme Tarihi	16.01.2016	**İl/İlçe**	Sarıyer/İstanbul

2-Isı Yalıtımının İncelendiği Yapı Elemanları ve Birleşimleri — Detay Kodu



1-Çatı Bünyesinde	
1a-Eğimli Sıcak Çatı	
1b-Eğimli Soğuk Çatı	
1c-Teras Çatı	
2-Çatı-Parapet/Saçak-Duvar	
2a-Teras çatı-parapet	
2b-Eğimli çatı-saçak-duvar	
3-Duvar Bünyesi	
4-Duvar-Pencere/Kapı	
5-Duvar-Açık Çıkma Birleşim	
6-Duvar-Döşeme	
7-Duvar-Temel/Bodrum	
8-Temel/Bodrum-Döşeme	D50

3a-Isı Yalıtım Sorununun Oluştuğu Aşama

Tasarım	
Uygulama	D50
Çevresel Etkenler	D50

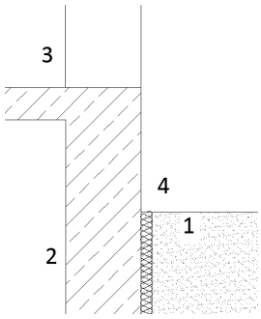
3b- Isı Yalıtım Sorununun Belirlendiği Yer

Katmanlaşma	
Birleşim/Bağlantı	
Farklı Yapı Elemanı	D50

3c-Isı Yalıtım Sorununun Tanımlanması

Isı Köprüsü Oluşumu			**Zeminin Uygun Olmaması**
Isı Yal. Uygulanmaması			**Yalıtım Kalınlığının Yetersiz Olması**
Hatalı Bitiş/Bağlantı	D50		**Malzemenin Amaç Dışı Kullanımı**
İşçilik			**Yangın Sınıfı Uygun Olmayan Malzeme**
Malzeme Deformasyonu	D50		**Yanlış Malzeme Kullanılması**
Sızdırmazlık			**Uygun olmayan depolama**
Uygulamanın Kesintiye Uğraması			

4-Detaylar ve Değerlendirme

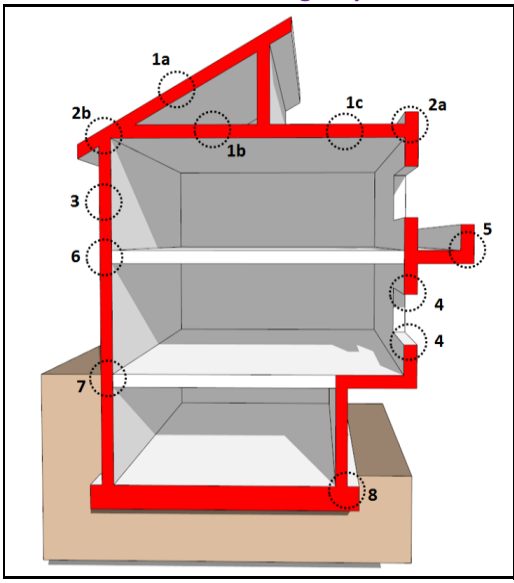
Detay Kodu : D50			
4a-Katmanlaşma Detayı *		**4b-Resim ve Açıklama**	
	1 - Zemin 2- Betonarme taşıyıcı 3- Dolgu duvar 4-Yalıtım katmanlarının zarar görerek deforme olduğu kısım		Su yalıtımı ve toprak altı yalıtım koruma/drenaj levhaları arasına uygulanan ısı yalıtım levhalarının parçalanarak deforme olması.
(*Uygulamanın şematik gösterimi)			

Yapılarda Isı Yalıtım Sistemi İnceleme Formu — EK T

1-İncelenen Yapıya İlişkin Genel Bilgiler — Yapı Kodu: 18

Konum	Anadolu Otoyolu Çamlıca Gişeleri'ne 4.2 km, Ataşehir Belediyesi'ne 4 km		
İklim Bölgesi	Ilıman İklim (2. Bölge)	**Deprem Bölgesi**	2. Bölge
Hakim Rüzgar Yönü	Kuzey-Doğu (Poyraz)	**Ort. Sıcaklık (°C) (min-max)**	4-21,9
Mülkiyet	Özel	**Taşıyıcı Sistemi**	Betonarme Çerçeve+Perde
Yapı Tipolojisi	Konut+Ofis	**Temel Sistemi**	Radye Temel
Yapım Aşaması	İnce İşler Uygulaması	**Kat Adedi**	B+Z+12 Normal Kat
Yaklaşık Yapı Boyutu (m)	14 x 28	**Ortalama Kat Yüksekliği (m)**	3,2
Isıtma Sistemi	HVAC	**Çatı Tipi**	Teras Çatı
İnceleme Tarihi	27.02.2016	**İl/İlçe**	Ataşehir/İstanbul

2-Isı Yalıtımının İncelendiği Yapı Elemanları ve Birleşimleri — Detay Kodu



1-Çatı Bünyesinde	
1a-Eğimli Sıcak Çatı	
1b-Eğimli Soğuk Çatı	
1c-Teras Çatı	
2-Çatı-Parapet/Saçak-Duvar	
2a-Teras çatı-parapet	
2b-Eğimli çatı-saçak-duvar	
3-Duvar Bünyesi	D51, D52
4-Duvar-Pencere/Kapı	
5-Duvar-Açık Çıkma Birleşim	
6-Duvar-Döşeme	
7-Duvar-Temel/Bodrum	
8-Temel/Bodrum-Döşeme	

3a-Isı Yalıtım Sorununun Oluştuğu Aşama

Tasarım	
Uygulama	D51, D52
Çevresel Etkenler	D51, D52

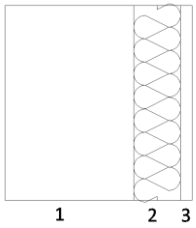
3b- Isı Yalıtım Sorununun Belirlendiği Yer

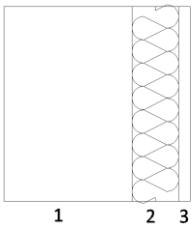
Katmanlaşma	
Birleşim/Bağlantı	D51, D52
Farklı Yapı Elemanı	

3c-Isı Yalıtım Sorununun Tanımlanması

Isı Köprüsü Oluşumu			**Zeminin Uygun Olmaması**
Isı Yal. Uygulanmaması			**Yalıtım Kalınlığının Yetersiz Olması**
Hatalı Bitiş/Bağlantı			**Malzemenin Amaç Dışı Kullanımı**
İşçilik	D51, D52		**Yangın Sınıfı Uygun Olmayan Malzeme**
Malzeme Deformasyonu	D51, D52		**Yanlış Malzeme Kullanılması**
Sızdırmazlık			**Uygun olmayan depolama**
Uygulamanın Kesintiye Uğraması	D51, D5		

4-Detaylar ve Değerlendirme

Detay Kodu : D51			
4a-Katmanlaşma Detayı *		**4b-Resim ve Açıklama**	
	1 - Dolgu duvar 2- Taş yünü ıs yalıtım uygulaması (5 cm) 3-Cephe kaplaması		Cephe kaplaması tamamlanmadığı için, uygulaması tamamlanan ısı yalıtım levhalarının dış ortam şartlarına maruz kalarak deforme olması.
(*Uygulamanın şematik gösterimi)			

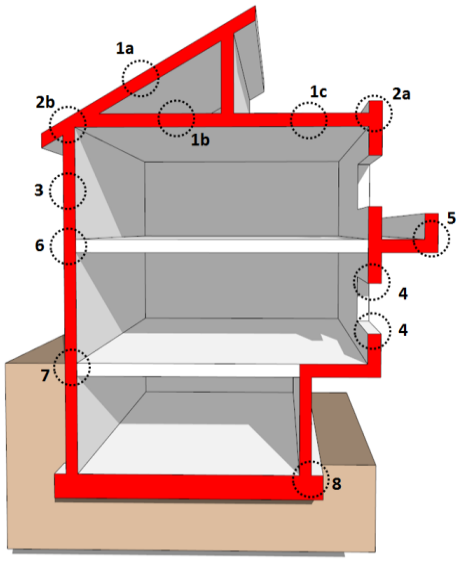
Detay Kodu : D52			
4a-Katmanlaşma Detayı *		**4b-Resim ve Açıklama**	
	1 - Dolgu duvar 2- Taş yünü ıs yalıtım uygulaması (5 cm) 3-Cephe kaplaması		Cephe kaplaması tamamlanmadığı için, uygulaması tamamlanan ısı yalıtım levhalarının dış ortam şartlarına maruz kalarak deforme olması.
(*Uygulamanın şematik gösterimi)			

Yapılarda Isı Yalıtım Sistemi İnceleme Formu — EK U

1-İncelenen Yapıya İlişkin Genel Bilgiler — Yapı Kodu: 19

Konum	Aynalıkavak Kasrı'na 500 m, Halıcıoğlu Parkı'na 900 m, Hasköy İskelesi'ne 700m		
İklim Bölgesi	Ilıman İklim (2. Bölge)	**Deprem Bölgesi**	2. Bölge
Hakim Rüzgar Yönü	Kuzey-Doğu (Poyraz)	**Ort. Sıcaklık (°C) (min-max)**	5,3-22,6
Mülkiyet	Özel	**Taşıyıcı Sistemi**	Betonarme Çerçeve+Perde
Yapı Tipolojisi	İlköğretim Okulu	**Temel Sistemi**	Radye Temel
Yapım Aşaması	İnce İşler Uygulama	**Kat Adedi**	B+Z+2 Normal Kat
Yaklaşık Yapı Boyutu (m)	16 x 30	**Ortalama Kat Yüksekliği (m)**	3
Isıtma Sistemi	Kalorifer	**Çatı Tipi**	Kırma Çatı
İnceleme Tarihi	15.01.2016	**İl/İlçe**	Ümraniye/İstanbul

2-Isı Yalıtımının İncelendiği Yapı Elemanları ve Birleşimleri — Detay Kodu



1-Çatı Bünyesinde	
1a-Eğimli Sıcak Çatı	D53
1b-Eğimli Soğuk Çatı	
1c-Teras Çatı	
2-Çatı-Parapet/Saçak-Duvar	
2a-Teras çatı-parapet	
2b-Eğimli çatı-saçak-duvar	
3-Duvar Bünyesi	
4-Duvar-Pencere/Kapı	
5-Duvar-Açık Çıkma Birleşim	
6-Duvar-Döşeme	
7-Duvar-Temel/Bodrum	
8-Temel/Bodrum-Döşeme	

3a-Isı Yalıtım Sorununun Oluştuğu Aşama

Tasarım	
Uygulama	D53, D54
Çevresel Etkenler	

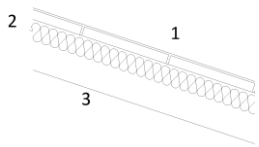
3b- Isı Yalıtım Sorununun Belirlendiği Yer

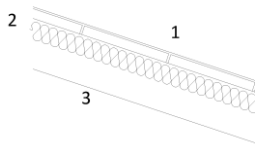
Katmanlaşma	
Birleşim/Bağlantı	D53, D54
Farklı Yapı Elemanı	

3c-Isı Yalıtım Sorununun Tanımlanması

Isı Köprüsü Oluşumu			**Zeminin Uygun Olmaması**
Isı Yal. Uygulanmaması			**Yalıtım Kalınlığının Yetersiz Olması**
Hatalı Bitiş/Bağlantı			**Malzemenin Amaç Dışı Kullanımı**
İşçilik	D53, D54		**Yangın Sınıfı Uygun Olmayan Malzeme**
Malzeme Deformasyonu	D53, D54		**Yanlış Malzeme Kullanılması**
Sızdırmazlık			**Uygun olmayan depolama**
Uygulamanın Kesintiye Uğraması			

4-Detaylar ve Değerlendirme

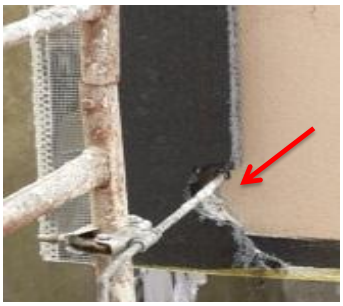
Detay Kodu : D53			
4a-Katmanlaşma Detayı *		**4b-Resim ve Açıklama**	
	1 - Bitümlü membran ile çatı son kat kaplaması 2- Camyünü ısı yalıtım uygulaması (5 cm) 3-Ahşap kadronlar		Camyünü ısı yalıtım şiltelerinin çatı derelerine gelen kırılma noktalarında sıkıştırılarak uygulanmasıyla deforme olması.
(*Uygulamanın şematik gösterimi)			

Detay Kodu : D54			
4a-Katmanlaşma Detayı *		**4b-Resim ve Açıklama**	
	1 - Bitümlü membran ile çatı son kat kaplaması 2- Camyünü ısı yalıtım uygulaması (5 cm) 3-Ahşap kadronlar		Kadronlar arasında boşluk oluşması ile yalıtımın sabitlenememesi, sabitlenmeyen ısı yalıtımının kayması ile yalıtımsız alanların oluşması.
(*Uygulamanın şematik gösterimi)			

EK V: Alan çalışmasına ait ısı yalıtım atlası

Kod	Fotoğraf	Açıklama	Performans Sorunu	Aşama/ Konum
1a-Eğimli Sıcak Çatı		• Isı yalıtımının sıkıştırılarak uygulanmasıyla deforme olması	• Malzeme deformasyonu • İşçilik	• Uygulama • Birleşim/ Bağlantı
		• Kadronlar arasında boşluk oluşması ile yalıtımın sabitlenememesi	• Malzeme deformasyonu • İşçilik	• Uygulama • Birleşim/ Bağlantı
1b-Eğimli Soğuk Çatı		• Tasarım aşamasında yeterli kalınlığın öngörülmemesi ve uygulamasının yapılmaması	• Yalıtım kalınlığının yetersiz olması	• Tasarım • Uygulama • Katmanlaşma
1c-Teras Çatı		• Tasarım aşamasında öngörülen yalıtım kalınlığının uygulanmaması	• Yalıtım kalınlığının yetersiz olması	• Uygulama • Katmanlaşma
		• Çıkmanın üst kısmında ısı yalıtım uygulanmaması	• Isı köprüsü oluşumu • Isı yalıtım uygulanmaması	• Uygulama • Katmanlaşma

Kod	Fotoğraf	Açıklama	Performans Sorunu	Aşama/ Konum
1c-Teras Çatı		• Yağmursuyu giderinin bağlantısının yapılmaması	• Sızdırmazlık • Hatalı Bitiş/Bağlantı	• Uygulama • Birleşim/ Bağlantı
2a-Teras Çatı-Parapet Birleşimi		• Parapet etrafında ısı yalıtım uygulanmaması	• Isı köprüsü oluşumu • Isı yalıtım uygulanma-maması	• Uygulama • Farklı yapı elemanı birleşimi
		• Parapet etrafında ısı yalıtım uygulanmaması	• Isı köprüsü oluşumu • Isı yalıtım uygulanma-maması	• Uygulama • Farklı yapı elemanı birleşimi
		• Tasarım aşamasında öngörülen yalıtımın uygulanmaması	• Isı köprüsü oluşumu • Isı yalıtım uygulanma-maması	• Uygulama • Farklı yapı elemanı birleşimi
		• Çatı yalıtımı ve cephe montajının aynı anda yapılması	• Hatalı Bitiş/Bağlantı • Uygulamanın kesintiye uğraması	• Uygulama • Çevresel etkenler • Farklı yapı elemanı birleşimi

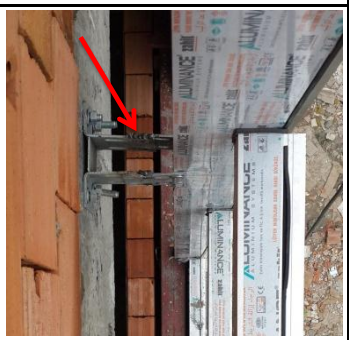
Kod	Fotoğraf	Açıklama	Performans Sorunu	Aşama/ Konum
2b-Eğ. Çatı-Saçak		• Isı yalıtım sürekliliğinin saçaklarda sağlanmaması	• Isı köprüsü oluşumu • Isı yalıtım uygulanmaması	• Uygulama • Farklı yapı elemanı birleşimi
		• Isı yalıtım sürekliliğinin saçaklarda sağlanmaması	• Isı köprüsü oluşumu • Isı yalıtım uygulanmaması	• Tasarım • Farklı yapı elemanı birleşimi
3-Duvar Bünyesinde		• İskele elemanlarının levhaları parçalaması	• Isı köprüsü oluşumu • Malzeme deformasyonu • İşçilik	• Uygulama • Birleşim/ Bağlantı
		• Tesisat elemanlarının yalıtımı kesintiye uğratması	• Isı köprüsü oluşumu • İşçilik	• Uygulama • Birleşim/ Bağlantı
		• İskele elemanlarının levhaları parçalaması	• Isı köprüsü oluşumu • Malzeme deformasyonu • İşçilik	• Uygulama • Birleşim/ Bağlantı

Kod	Fotoğraf	Açıklama	Performans Sorunu	Aşama/ Konum
3-Duvar Bünyesinde		• Levhaların yapıştırılmasında boşluk oluşumu	• Isı köprüsü oluşumu • İşçilik	• Uygulama • Birleşim/ Bağlantı
		• Cephede farklı özelliklerdeki malzeme kullanımı	• Hatalı Bitiş/Bağlantı	• Tasarım • Uygulama • Birleşim/ Bağlantı
		• Taş kaplamalı cephede ısı yalıtım uygulanmaması	• Isı köprüsü oluşumu • Isı yalıtım uygulanmaması	• Uygulama • Katmanlaşma
		• Uygulama sonrası koruma önlemleri alınmaması	• Malzeme deformasyonu • İşçilik	• Uygulama • Çevresel etkenler • Birleşim/ Bağlantı
		• Levhalarının dış ortam şartlarına maruz kalarak deforme olması	• Malzeme deformasyonu • İşçilik • Uygulamanın kesintiye uğraması	• Uygulama • Çevresel etkenler • Birleşim/ Bağlantı

Kod	Fotoğraf	Açıklama	Performans Sorunu	Aşama/ Konum
3-Duvar Bünyesinde		• Levhalarının dış ortam şartlarına maruz kalarak deforme olması	• Malzeme deformasyonu • İşçilik • Uygulamanın kesintiye uğraması	• Uygulama • Çevresel etkenler • Birleşim/ Bağlantı
		• Prekast panellerin bitiş noktalarında sızdırmazlığın sağlanmaması.	• Sızdırmazlık • Hatalı Bitiş/Bağlantı	• Uygulama • Birleşim/ Bağlantı
		• Uygulama sırasında malzemelerin bükülerek deforme olması	• Malzeme deformasyonu • İşçilik	• Uygulama • Katmanlaşma
		• Prekast panellerdeki yalıtım plakalarının çevresel etkenlere maruz kalması	• Sızdırmazlık • Hatalı Bitiş/Bağlantı • Uygun olmayan depolama	• Uygulama • Birleşim/ Bağlantı

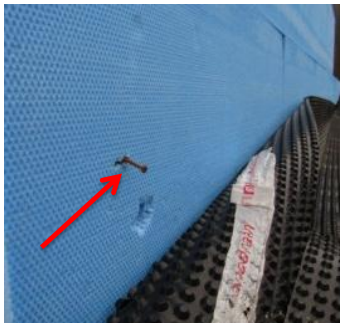
Kod	Fotoğraf	Açıklama	Performans Sorunu	Aşama/ Konum
4-Duvar-Pencere/Kapı		• Cephede uygulanan ısı yalıtımının denizlik iç kısmında uygulanmaması	• Isı köprüsü oluşumu	• Tasarım • Uygulama • Farklı yapı elemanı birleşimi
		• Cephede uygulanan ısı yalıtımının pencere iç kısmında uygulanmaması	• Isı köprüsü oluşumu • Isı yalıtım uygulanmaması	• Uygulama • Farklı yapı elemanı birleşimi
		• Cephede uygulanan ısı yalıtımının kapı iç kısmında uygulanmaması	• Isı köprüsü oluşumu • Isı yalıtım uygulanmaması	• Uygulama • Farklı yapı elemanı birleşimi
		• Cephede uygulanan ısı yalıtım kalınlığının pencere iç kısmında korunmaması	• Isı köprüsü oluşumu • Yalıtım kalınlığının yetersiz olması	• Uygulama • Farklı yapı elemanı birleşimi
		• Cephede uygulanan ısı yalıtımının pencere iç kısmında uygulanmaması	• Isı köprüsü oluşumu • Isı yalıtım uygulanmaması	• Uygulama • Farklı yapı elemanı birleşimi

Kod	Fotoğraf	Açıklama	Performans Sorunu	Aşama/ Konum
4-Duvar-Pencere/Kapı		• Isı yalıtım katmanının çevresel koşullara maruz kalması	• Hatalı Bitiş/Bağlantı	• Uygulama • Farklı yapı elemanı birleşimi
		• Cephede uygulanan ısı yalıtımının pencere iç kısmında uygulanmaması	• Isı köprüsü oluşumu • Isı yalıtım uygulanmaması	• Uygulama • Farklı yapı elemanı birleşimi
		• Cephede uygulanan ısı yalıtımının pencere iç kısmında uygulanmaması	• Isı köprüsü oluşumu • Isı yalıtım uygulanmaması	• Uygulama • Farklı yapı elemanı birleşimi
		• Prekast panelin pencere kenarlarında ısı yalıtım uygulanmaması	• Isı köprüsü oluşumu • Isı yalıtım uygulanmaması	• Uygulama • Katmanlaşma

Kod	Fotoğraf	Açıklama	Performans Sorunu	Aşama/ Konum
5b-Duvar-Balkon Altı		• Balkon alt kısmında ısı yalıtım uygulanmaması	• Isı köprüsü oluşumu • Isı yalıtım uygulanmaması	• Uygulama • Katmanlaşma
		• Balkonda ısı yalıtım uygulanmaması	• Isı köprüsü oluşumu • Isı yalıtım uygulanmaması	• Uygulama • Farklı yapı elemanı birleşimi
6-Duvar-Döşeme Birleşimi		• Cephe sistemi ile duvar arasında tasarlanandan daha fazla boşluk bırakılması	• Sızdırmazlık • Hatalı Bitiş/Bağlantı	• Uygulama • Farklı yapı elemanı birleşimi
		• Prekast cephe elemanlarının sabitlenmesinde ısı yalıtımın sürekliliğinin sağlanmaması.	• Isı yalıtım uygulanmaması • Hatalı Bitiş/Bağlantı	• Uygulama • Farklı yapı elemanı birleşimi
		• Prekast panellerin bitiş noktalarında sızdırmazlığın sağlanmaması.	• Sızdırmazlık • Hatalı Bitiş/Bağlantı	• Uygulama • Farklı yapı elemanı birleşimi

Kod	Fotoğraf	Açıklama	Performans Sorunu	Aşama/ Konum
7-Duvar-Temel/Bodrum Birleşimi		• Suya maruz kalan duvara ısı yalıtım uygulaması yapılması • Malzemenin yanıgın sınıfının uygun olmaması	• Zeminin uygun olmaması • Yangın sınıfı uygun olmayan malzeme	• Uygulama • Çevresel etkenler • Farklı yapı elemanı birleşimi
		• Cephede uygulanan ısı yalıtımın zemin ile bağlantısının yapılmaması	• Isı köprüsü oluşumu • Hatalı Bitiş/Bağlantı	• Uygulama • Farklı yapı elemanı birleşimi
		• Cephede uygulanan ısı yalıtımın zemin ile bağlantısının yapılmaması	• Isı köprüsü oluşumu • Hatalı Bitiş/Bağlantı	• Uygulama • Farklı yapı elemanı birleşimi
		• Suya maruz kalan noktalarda taş yünü kullanımı	• Yanlış malzeme kullanılması	• Tasarım • Katmanlaşma
		• Cephede uygulanan ısı yalıtımın zemin ile bağlantısının yapılmaması	• Isı köprüsü oluşumu • Hatalı Bitiş/Bağlantı	• Uygulama • Farklı yapı elemanı birleşimi

Kod	Fotoğraf	Açıklama	Performans Sorunu	Aşama/ Konum
7-Duvar-Temel/Bodrum Birleşimi		• Isı ve su yalıtımı uygulaması sırasında, zeminin suya maruz kalması	• Zeminin uygun olmaması • Uygulamanın kesintiye uğraması	• Uygulama • Çevresel etkenler • Farklı yapı elemanı birleşimi
		• Uygulama sonrası koruma önlemleri alınmaması	• Yanlış malzeme kullanılması • Uygulamanın kesintiye uğraması • Malzeme deformasyonu	• Uygulama • Çevresel etkenler • Birleşim/ Bağlantı
		• Uygulama sonrası koruma önlemleri alınmaması	• Malzeme deformasyonu	• Uygulama • Çevresel etkenler • Farklı yapı elemanı birleşimi
		• Uygulama sırasında koruma önlemleri alınmaması • Uygulamanın suya maruz kalması	• Zeminin uygun olmaması • Uygulamanın kesintiye uğraması	• Uygulama • Çevresel etkenler • Farklı yapı elemanı birleşimi
8-Temel-Döşeme		• Uygulama sonrası koruma önlemleri alınmaması	• Malzeme deformasyonu • Hatalı Bitiş/Bağlantı	• Uygulama • Çevresel etkenler • Birleşim/ Bağlantı

Kod	Fotoğraf	Açıklama	Performans Sorunu	Aşama/ Konum
8-Bodrum/Temel-Döşeme		• Yalıtım plakalarını sabitlemek için çivi kullanılması	• Hatalı Bitiş/Bağlantı • İşçilik • Malzemenin amaç dışı kullanımı	• Uygulama • Birleşim/ Bağlantı
		• Uygulama sonrası koruma önlemleri alınmaması	• Malzeme deformasyonu • Hatalı Bitiş/Bağlantı	• Uygulama • Çevresel etkenler • Farklı yapı elemanı birleşimi
Diğer Sorunlar		• Isı yalıtım plakalarının suya maruz kalması	• Uygun olmayan depolama	• Uygulama
		• Isı yalıtım plakaların çevresel koşullara maruz kalarak deforme olması	• Uygun olmayan depolama	• Uygulama
		• Isı yalıtım plakalarının suya maruz kalması	• Uygun olmayan depolama	• Uygulama

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad **:** Mehmet TÜRKMEN

Doğum Tarihi ve Yeri **:** 20.03.1986, Antalya

E-posta **:** turkmen007@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** **:** 2011, İTÜ, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü