

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TÜRKİYE'DEKİ YENİ KONUT BİNALARININ
DIŞ DUVARLARI İÇİN ÇOK BOYUTLU MALİYET ETKİN
DETAY MODELLERİ GELİŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sinem BÜYÜKKARDAŞLAR

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

ARALIK 2019

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TÜRKİYE'DEKİ YENİ KONUT BİNALARININ
DIŞ DUVARLARI İÇİN ÇOK BOYUTLU MALİYET ETKİN
DETAY MODELLERİ GELİŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Sinem BÜYÜKKARDAŞLAR
(502171530)**

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Fatih YAZICIOĞLU

ARALIK 2019

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 502171530 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Sinem BÜYÜKKARDAŞLAR, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “TÜRKİYE'DEKİ YENİ KONUT BİNALARININ DIŞ DUVARLARI İÇİN ÇOK BOYUTLU MALİYET ETKİN DETAY MODELLERİ GELİŞTİRİLMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Fatih YAZICIOĞLU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Dr. Öğr. Üyesi Fatma Pınar ÇAKMAK**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Emrah GÖKALTUN
Eskişehir Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : 15 Kasım 2019
Savunma Tarihi : 20 Aralık 2019





Aileme,



ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitiminin her aşamasında bilgi, deneyim ve fikirleriyle bana yol gösteren, bu tez çalışmasının ortaya çıkmasında ve yüksek lisans eğitimimi başarıyla tamamlamamda büyük katkısı olan çok değerli hocam Doç. Dr. Fatih YAZICIOĞLU'na teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışması sürecinde yapılan araştırmalara katkıda bulunan, ilgi ve yardımlarını esirgemeyen İstanbul Ataşehir, Bağcılar, Bahçelievler, Bakırköy, Bayrampaşa, Beyoğlu, Beşiktaş, Esenler, Eyüpsultan, Fatih, Gaziosmanpaşa, Güngören, Kadıköy, Kağıthane, Kartal, Maltepe, Pendik, Sarıyer, Sultangazi, Şişli, Ümraniye, Üsküdar, Zeytinburnu İlçe Belediyeleri İmar ve Şehircilik Müdürlükleri yetkililerine ve çalışanlarına katkılarından dolayı teşekkür ederim.

İ.T.Ü. Lisansüstü Tezlerini Destekleme Programı çerçevesinde bu tez çalışmasını destekleyen İ.T.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (BAP) teşekkür ederim.

Hayatım boyunca beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan, her zaman maddi ve manevi en büyük destekleyicim olan, bana güç veren ve beni her koşulda sevgi ve sabırla kucaklayan babam Mustafa BÜYÜKKARDAŞLAR'a, annem Hadiye BÜYÜKKARDAŞLAR'a ve ağabeyim Selman BÜYÜKKARDAŞLAR'a sonsuz teşekkür ederim.

Aralık 2019

Sinem Büyükkardaşlar
(Mimar)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xiii
SEMBOLLER	xv
ÇİZELGE LİSTESİ	xvii
ŞEKİL LİSTESİ	xix
ÖZET	xxii
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	3
1.2 Tezin Kapsamı	5
1.3 Yöntem	6
2. YAPI KABUĞU	9
2.1 Dış Duvarlar	10
2.1.1 Dış duvarların özellikleri ve görevleri	10
2.1.2 Dış duvarların tasarımında dikkat edilmesi gereken etmenler	12
2.1.2.1 Mekanik etmenler	12
2.1.2.2 Fiziksel etmenler	13
2.1.3 Dış duvarların sınıflandırılması	20
2.1.4 Dış duvar bileşenleri	27
2.1.4.1 Dış kaplamanın işlevleri	27
2.1.4.2 İç kaplamanın işlevleri	28
2.1.4.3 Duvar çekirdeğinin işlevleri	29
2.1.5 Dış duvar kompozisyonu olanakları kesit düzenlemeleri	30
2.1.5.1 Geçirimsiz dış duvarlar	31
2.1.5.2 Yarı geçirimli dış duvarlar	34
2.1.5.3 Geçirgen dış duvarlar	38
2.2 Dış Duvarlarda Kullanılan Malzemeler	39
2.2.1 Dış duvar çekirdeğini oluşturan malzemeler	39
2.2.1.1 Örme duvar malzemeleri	39
2.2.1.2 Çerçeve duvar sistemleri	49
2.2.1.3 Panel duvarlar	53
2.2.2 Dış duvar dış kaplama malzemeleri	57
2.2.2.1 Dış sıvalar	58
2.2.2.2 Yapıştırıcı ile tespit edilen plaka halindeki rijit kaplamalar	59
2.2.2.3 Konstrüksiyon sistemi ile tespit edilen plaka halindeki rijit kaplamalar	62
2.2.3 Dış duvar iç kaplama malzemeleri	65
2.2.3.1 İç sıvalar	65
2.2.3.2 Boya, badana ve kağıt kaplamalar	66

2.2.3.3 Pano kaplamalar	67
2.2.3.4 Rijit plaklar.....	68
2.2.3.5 Lambri kaplamalar	69
2.2.3.6 Sandviç panolar	69
2.2.4 Isı yalıtım malzemeleri.....	70
2.2.4.1 Doğada var olan ısı tutucu malzemeler	71
2.2.4.2 Doğada var olmayan sentetik (yapay) olarak üretilen ısı tutucu malzemeler	79
2.2.4.3 Bünye yapısına göre ısı tutucu malzemeler.....	82
2.2.4.4 Isı tutucu malzemelerin dış duvarlara uygulanması	83
2.2.5 Su ve buhar yalıtımında kullanılan malzemeler	85
2.2.5.1 Rijit su yalıtımları ve malzemeleri	86
2.2.5.2 Esnek su yalıtım malzemeleri	87
2.2.5.3 Su tutucu bantlar – derz dolguları ve profilleri	88
2.2.5.4 Buhar yalıtım malzemeleri	89
3. ÇOK BOYUTLU MALİYET ETKİNLİK.....	91
3.1 Sürdürülebilirlik ve Enerji	91
3.2 Sürdürülebilir Bina Tasarımı İle İlgili Türkiye’deki Yasal Düzenlemeler	95
3.2.1 Binalarda ısı yalıtım kuralları standardı (TS825).....	95
3.2.2 Çevre kanunu.....	96
3.2.3 İmar kanunu.....	96
3.2.4 Enerji verimliliği kanunu	97
3.2.5 Binalarda enerji performansı yönetmeliği	97
3.2.6 Yapı malzemeleri yönetmeliği	98
3.2.7 Sürdürülebilir bina tasarımına ilişkin yasal düzenlemelerin değerlendirilmesi	98
3.3 Konutlarda Çok Boyutlu Maliyet Etkinliği	99
3.3.1 Enerji etkin bina tasarımı	101
3.3.2 Maliyet etkin bina tasarımı.....	103
3.3.3 Konutlarda yaşam döngüsü çok boyutlu maliyet etkinliği değerlendirmesi	107
4. TÜRKİYE’DEKİ YENİ KONUT BİNALARININ DIŞ DUVARLARININ ÇOK BOYUTLU MALİYET ETKİNLİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİNE YÖNELİK ALAN ÇALIŞMASI	111
4.1 Alan Çalışmasının Yöntemi	111
4.2 Proje ve Görüşmelerden Elde Edilen Veriler	113
4.3 Proje ve Görüşmelerden Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi	122
4.4 Yeni Konut Yapılarında Kullanılan Mevcut Dış Duvar Detayları	123
4.5 Mevcut Dış Duvar Detaylarının Çok Boyutlu Maliyet Etkinliğinin Değerlendirilmesi	129
4.5.1 Gömülü CO ₂ miktarlarının hesaplanması yöntemi	130
4.5.2 Kullanım enerjisi miktarlarının hesaplanması yöntemi	130
4.5.3 Finansal maliyetlerin hesaplanması yöntemi	131
4.6 Mevcut Dış Duvar Detaylarının Çok Boyutlu Maliyet Etkinliği	132
4.7 Mevcut Dış Duvar Detaylarının Çok Boyutlu Maliyet Etkinliklerinin Karşılaştırılması.....	144
5. ÇOK BOYUTLU MALİYET ETKİN DIŞ DUVAR DETAY MODELLERİ	147
5.1 Alternatif Ahşap Dikmeli Dış Duvar Sistemlerinin Çok Boyutlu Maliyet Etkinliğinin Değerlendirilmesi	147

5.2 Alternatif Isı Yalıtım Malzemelerinin Çok Boyutlu Maliyet Etkinliğinin Değerlendirilmesi	149
6. DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR	155
KAYNAKLAR	169
EKLER	175
ÖZGEÇMİŞ.....	197





KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
ASHREA	: American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers
BEPD	: Binalarda Enerji Performansı Direktifi
BEP-tr	: Binalarda Enerji Performansı
BM	: Birleşmiş Milletler
CFC	: Kloroflorokarbon
CTB	: Cam Lifi Takviyeli Beton
CTP	: Cam Lifi Takviyeli Polyester
ÇŞB	: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
EİGM	: Enerji İşleri Genel Müdürlüğü
EKB	: Enerji Kimlik Belgesi
EN	: European Standards
EPBD	: Energy Performance Of Buildings Directive
EPD	: Environmental Product Declaration
EPS	: Ekspande Polistren Köpük
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
HD	: High Density
HDF	: Yüksek Yoğunlukta Lif Levha
HVAC	: Heating, Ventilating and Air Conditioning
ICE	: The Inventory of Carbon and Energy
İİB	: İstanbul İlçe Belediyesi
İMSAD	: İnşaat Malzemesi Sanayicileri Derneği
ISO	: International Standards Organization
KHK	: Kanun Hükmünde Kararname
LD	: Low Density
MDF	: Orta Yoğunlukta Lif Levha
Mtep	: Milyon ton eşdeğer petrol
OSB	: Yönlendirilmiş Yonga Levha
PC	: Polikarbonat

PE	: Polietilen
PF	: Fenol Formaldehit
PVA	: Polivinil Asetat
PVC	: Polivinilklorür
PS	: Polistren Köpük
PUR	: Poliüretan
SETAC	: Society of Environmental Toxicology and Chemistry
TMMOB	: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
TS	: Türk Standartları
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UEVEP	: Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı
UNCHE	: United Nations Conference on the Human Environment
UV	: Ultraviyole
VOC	: Volatile Organic Compound
WCED	: World Commission on Environment and Development
XPS	: Ekstrüde Polistren Köpük

SEMBOLLER

°C	: Santigrat Derece
cm	: Santimetre
CO₂	: Karbondioksit
CO₂e	: Eşdeğer Karbondioksit
kg.CO₂-e	: Kilogram Eşdeğer Karbondioksit
CoP	: Performans Katsayısı
kg	: Kilogram
kWh	: KiloWatt Saat
m	: Metre
m²	: Metrekare
m³	: Metreküp
mm	: Milimetre
μ	: Mikron
NO_x	: Azot Oksit
Q	: Isıtma Enerjisi İhtiyacı
U	: Isıl Geçirgenlik Katsayısı
TL	: Türk Lirası



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Enerji etkin bina tasarımını etkileyen parametreler.	103
Çizelge 3.2 : 15.220.1201 poz numaralı imlatın birim fiyat analizi.	106
Çizelge 4.1 : Tip 1 dış duvar detayı maliyetleri.....	133
Çizelge 4.2 : Tip 2 dış duvar detayı maliyetleri.....	134
Çizelge 4.3 : Tip 3 dış duvar detayı maliyetleri.....	135
Çizelge 4.4 : Tip 4 dış duvar detayı maliyetleri.....	136
Çizelge 4.5 : Tip 5 dış duvar detayı maliyetleri.....	137
Çizelge 4.6 : Tip 6 dış duvar detayı maliyetleri.....	138
Çizelge 4.7 : Tip 7 dış duvar detayı maliyetleri.....	139
Çizelge 4.8 : Tip 8 dış duvar detayı maliyetleri.....	140
Çizelge 4.9 : Tip 9 dış duvar detayı maliyetleri.....	141
Çizelge 4.10 : Tip 10 dış duvar detayı maliyetleri.....	142
Çizelge 4.11 : Tip 11 dış duvar detayı maliyetleri.....	143
Çizelge 4.12 : Tip 12 dış duvar detayı maliyetleri.....	144
Çizelge 5.1 :Ahşap dikmeli dış duvar detayı maliyetleri.....	149
Çizelge 5.2 :Selüloz ısı yalıtımlı dış duvar detayı maliyetleri.....	150
Çizelge 5.3 :Saman levha ısı yalıtımlı dış duvar detayı maliyetleri.	151
Çizelge 5.4 :Mantar levha ısı yalıtımlı dış duvar detayı maliyetleri.....	152
Çizelge 5.5 :Ahşap yünü ısı yalıtımlı dış duvar detayı maliyetleri.....	153
Çizelge 5.6 :Koyunyünü ısı yalıtımlı dış duvar detayı maliyetleri.....	153
Çizelge 6.1 :Alternatif ahşap dikmeli dış duvar detaylarının mevcut dış duvar detayları ile çok boyutlu maliyet etkinliklerinin karşılaştırılması.	162
Çizelge 6.2 :Selüloz ısı yalıtımlı dış duvar detaylarının mevcut dış duvar detayları ile çok boyutlu maliyet etkinliklerinin karşılaştırılması.	163
Çizelge 6.3 :Saman levha ısı yalıtımlı dış duvar detaylarının mevcut dış duvar detayları ile çok boyutlu maliyet etkinliklerinin karşılaştırılması.	164
Çizelge 6.4 :Mantar levha ısı yalıtımlı dış duvar detaylarının mevcut dış duvar detayları ile çok boyutlu maliyet etkinliklerinin karşılaştırılması.	164
Çizelge 6.5 :Ahşap yünü ısı yalıtımlı dış duvar detaylarının mevcut dış duvar detayları ile çok boyutlu maliyet etkinliklerinin karşılaştırılması.	165
Çizelge 6.6 :Koyunyünü ısı yalıtımlı dış duvar detaylarının mevcut dış duvar detayları ile çok boyutlu maliyet etkinliklerinin karşılaştırılması.	165
Çizelge A.1 :Dış duvarlarda kullanılan yapı malzemeleri.....	176
Çizelge B.1 :Alan çalışması sonucu mimari proje ve ısı yalıtım projelerinden elde edilen dış duvar detayları.....	177
Çizelge C.1 :Alan çalışması sonucu mimari proje ve ısı yalıtım projelerinde tespit edilen hatalar.....	187
Çizelge D.1 : Yarı yapılandırılmış görüşmeler sonucunda elde edilen veriler.....	190
Çizelge E.1 :Yapı malzemeleri U-değerleri, yoğunlukları, birim gömülü CO ₂ miktarları, birim maliyetleri.....	192

Çizelge F.1 :	Mevcut dış duvar detaylarının çok boyutlu maliyet miktarları.	193
Çizelge F.2 :	Ahşap dikmeli dış duvar detaylarının çok boyutlu maliyet miktarları.	194
Çizelge F.3 :	Selüloz ısı yalıtımlı dış duvar detaylarının çok boyutlu maliyet miktarları.	194
Çizelge F.4 :	Saman levha ısı yalıtımlı dış duvar detaylarının çok boyutlu maliyet miktarları.	195
Çizelge F.5 :	Mantar levha ısı yalıtımlı dış duvar detaylarının çok boyutlu maliyet miktarları.	195
Çizelge F.6 :	Ahşap yünü ısı yalıtımlı dış duvar detaylarının çok boyutlu maliyet miktarları.	196
Çizelge F.7 :	Koyunyünü ısı yalıtımlı dış duvar detaylarının çok boyutlu maliyet miktarları.	196



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 :Dış duvarların sınıflandırılması.....	26
Şekil 2.2 :Dıştan ısı yalıtım uygulaması.....	32
Şekil 2.3 :İçten ısı yalıtım uygulaması.....	33
Şekil 2.4 :Çekirdek bünyesinde ısı yalıtım uygulaması.....	34
Şekil 2.5 :Boşluklu duvar ısı yalıtım uygulaması.....	35
Şekil 2.6 :Yarı geçirimli dış duvar detayı 1	36
Şekil 2.7 :Yarı geçirimli dış duvar detayı 2.....	36
Şekil 2.8 :Yarı geçirimli dış duvar detayı 3.....	37
Şekil 2.9 :Yarı geçirimli dış duvar detayı 4	38
Şekil 2.10 :Yalın duvar uygulaması	38
Şekil 2.11 :Taş duvar uygulaması	41
Şekil 2.12 :Tuğla çeşitleri	43
Şekil 2.13 :Brüt beton ve beton blok	46
Şekil 2.14 :Gaz beton blok	47
Şekil 2.15 :Bims blok	49
Şekil 2.16 :Platform çerçeve ve balon çerçeve sistemleri	51
Şekil 2.17 :Beton panel	53
Şekil 2.18 :Cam lifi takviyeli beton	54
Şekil 2.19 :Cam lifi takviyeli polyester	55
Şekil 2.20 :Kompozit metal paneller	56
Şekil 2.21 :Yapıştırıcı ile tespit edilen seramik kaplama	61
Şekil 2.22 :Doğal ve yapay taş plakların mekanik montajı	62
Şekil 2.23 :Ahşap kaplama mekanik montajı	64
Şekil 2.24 :Selüloz ısı yalıtımının uygulanması	72
Şekil 2.25 :Mantar ısı yalıtımının uygulanması	73
Şekil 2.26 :Yumuşak ahşap lifi ısı yalıtım malzemesi	73
Şekil 2.27 :Ahşap yünü ısı yalıtım malzemesi	74
Şekil 2.28 :Saman levha ısı yalıtım malzemesi	75
Şekil 2.29 :Koyun yünü ısı yalıtım malzemesi	75
Şekil 2.30 :Cam yünü ve taş yünü ısı yalıtım malzemeleri	76
Şekil 2.31 :Cam köpüğü ısı yalıtım malzemesi	77
Şekil 2.32 :Vermikülit ısı yalıtım malzemesi	78
Şekil 2.33 :Perlit ısı yalıtım levhası	78
Şekil 2.34 :EPS ve XPS ısı yalıtım malzemeleri	79
Şekil 2.35 :Püskürtme yöntemi ile poliüretan köpük uygulaması	80
Şekil 2.36 :PVC köpük ısı yalıtım malzemesi	81
Şekil 2.37 :Polietilen köpük ısı yalıtım malzemesi	82
Şekil 2.38 :Fenol formaldehit köpük ısı yalıtım malzemesi	82
Şekil 3.1 :Bina yaşam döngüsü şeması.....	108
Şekil 4.1 :Tip 1 dış duvar detayı.....	123
Şekil 4.2 :Tip 2 dış duvar detayı.....	124

Şekil 4.3 :Tip 3 dış duvar detayı.....	124
Şekil 4.4 :Tip 4 dış duvar detayı.....	125
Şekil 4.5 :Tip 5 dış duvar detayı.....	125
Şekil 4.6 :Tip 6 dış duvar detayı.....	126
Şekil 4.7 :Tip 7 dış duvar detayı.....	126
Şekil 4.8 :Tip 8 dış duvar detayı.....	127
Şekil 4.9 :Tip 9 dış duvar detayı.....	127
Şekil 4.10 :Tip 10 dış duvar detayı.....	128
Şekil 4.11 :Tip 11 dış duvar detayı.....	128
Şekil 4.12 :Tip 12 dış duvar detayı.....	129
Şekil 4.13 :Belirlenen hacmin perspektifi.....	129
Şekil 5.1 :Ahşap dikmeli dış duvar detayı.....	148
Şekil 6.1 :Mevcut dış duvar detaylarının ortalama yüzdelik puanları.....	161
Şekil 6.2 :Ahşap dikmeli sistem gömülü CO₂ miktarı yüzdelik değişimleri.....	167
Şekil 6.3 :Ahşap dikmeli sistem finansal maliyet miktarı yüzdelik değişimleri	167
Şekil 6.4 :Isı yalıtım malzemeleri gömülü CO₂ miktarları yüzdelik değişimleri	168
Şekil 6.5 :Isı yalıtım malzemeleri kullanım enerjisi miktarları yüzdelik değişimleri	168
Şekil 6.6 :Isı yalıtım malzemeleri finansal maliyet miktarları yüzdelik değişimleri	168

TÜRKİYE'DEKİ YENİ KONUT BİNALARININ DIŞ DUVARLARI İÇİN ÇOK BOYUTLU MALİYET ETKİN DETAY MODELLERİ GELİŞTİRİLMESİ

ÖZET

Sosyal, kültürel ve ekonomik gelişmelerle birlikte tüm Dünya'daki enerji tüketimi, teknolojik gelişmelere, sanayileşme ve kentleşmeye, nüfusun hızla çoğalmasına, ihtiyaçların değişip gelişmesine ve tüketim alışkanlıklarının farklılaşmasına bağlı olarak artmaktadır. Enerji ihtiyacı genellikle doğal ve yenilenemeyen kaynaklardan karşılanmaktadır. Enerji üretiminde doğal ve yenilenemeyen kaynakların kullanımı, öncelikle bu kaynakların hızla tükenmesine neden olmakta ve beraberinde sera gazı emisyonlarında artışı, çevresel kirliliği ve ekolojik dengedeki bozulmaları getirmektedir ve insan sağlığı da bu durumdan olumsuz yönde etkilenmektedir. Sosyal, kültürel ve ekonomik gelişmelerin çevreyi olumsuz yönde etkilemeden gerçekleştirilebilmesi hedefi sürdürülebilirlik ve enerji etkinliği kavramlarını gündeme getirmiştir.

Enerji tüketiminde ve enerji tüketimine bağlı CO₂ salım miktarlarında sektörel dağılım incelendiğinde en büyük payın bina inşaatı ve kullanımına ait olduğu görülmektedir. Bunların içerisinde konut yapıları en yüksek oranda üretilen ve kullanılan yapılardır. Konutlarda enerji tüketiminin büyük kısmı kullanım aşamasında, ısıtma ve soğutma amacıyla harcanmaktadır. Bina ısı performansını etkileyen ısı kazanç ve kayıpları ise yüzey alanı en büyük yapı elemanları olmaları ve dış ortam koşullarına en yüksek oranda maruz kalmaları nedeniyle en fazla dış duvarlardan gerçekleşmektedir. Ayrıca dış duvarlar çok sayıda katman içermeleri, bünyesinde kullanılan malzemelerin miktarı ve niteliği nedeniyle oldukça karmaşık yapıdadırlar ve yüksek yapım maliyetleri ile üretilmektedirler. Dolayısıyla, dış duvarların enerji, ekonomik ve çevresel performansı doğrudan yapının bütününe etkilediğinden çok boyutlu maliyet etkin detay çözümleri ile tasarlanmaları gerekmektedir.

Tez çalışması altı ana bölümden oluşmaktadır.

İlk bölümde binalarda enerji tüketimi konusuna giriş yapılarak tezin amaç, kapsam ve yönteminden bahsedilmiştir. Bu tez çalışmasında, Türkiye'de yeni yapılan konut yapılarının dış duvarları için yapım aşamasındaki gömülü karbondioksit miktarlarının belirlenmesi, kullanım aşamasında ısıtma ve soğutma amacıyla harcanan enerji performanslarının değerlendirilmesi, finansal maliyetlerinin hesaplanması ve bu veriler doğrultusunda çok boyutlu maliyet etkinliğinin sağlanabilmesi için alternatif detay çözümlerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. İstanbul ili, yaklaşık 15 milyonluk nüfusa sahip olması, yeni konut ihtiyacının ve üretiminin yüksek olması, deprem kuşağında bulunması, kentsel dönüşüm çalışmalarının fazlalığı ve Türkiye'deki konut üretiminde büyük paya sahip olması gibi faktörler nedeniyle çalışmanın yapılacağı bölge olarak seçilmiştir.

Çalışmanın yapılabilmesi için öncelikle dış duvar sistemlerinin ve dış duvarlarda kullanılan malzemelerin anlaşılması gerekmektedir. Bu nedenle çalışmanın ikinci bölümü literatür taraması sonucu derlenen, dış duvarların genel özelliklerine ve dış duvarlarda kullanılan malzemelerin özelliklerine dair bilgileri içermektedir. İlk aşamada yapı kabuğunun bir elemanı olan dış duvarların, genel özelliklerinden ve görevlerinden, dış duvar tasarımında dikkat edilmesi gereken hususlardan, dış duvarların sınıflandırılmasından, dış duvar bileşenlerinden ve işlevlerinden, dış duvar kesitlerinin kompozisyon olanaklarından bahsedilmiştir. İkinci aşamada dış duvarlarda çekirdeği oluşturan, dış kaplama, iç kaplama, ısı yalıtımı, su ve buhar yalıtımı amacıyla kullanılan malzemelere dair özelliklerden ve uygulama yöntemlerinden bahsedilmiş ve malzemelerin çevresel etkilerine dair bilgiler verilmiştir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde çok boyutlu maliyet etkinliği konusu ele alınmıştır. İlk aşamada sürdürülebilirlik ve enerji konusundaki tarihsel gelişmeler, ikinci aşamada sürdürülebilir bina tasarımı ile ilgili Türkiye'deki yasal düzenlemeler ve tarihsel gelişimi incelenmiştir. Yapılan Ulusal Tez Merkezi ve uluslar arası bildiri ve makale kaynak taramalarından elde edilen veriler çalışmaların genellikle enerji etkin bina tasarımları ve maliyet etkin bina tasarımları üzerinde ayrı ayrı yoğunlaştığını göstermektedir. Üçüncü aşamada konutlarda enerji etkinliği ve maliyet etkinliği bir arada ele alınarak çok boyutlu maliyet etkinliğinden bahsedilmiştir ve çok boyutlu maliyet etkinliğinin değerlendirmesinde dikkat edilecek noktalar belirlenmiştir.

Çalışmanın dördüncü bölümü olan Türkiye'de yeni konut binalarının dış duvarlarının çok boyutlu maliyet etkinliği açısından değerlendirilmesine yönelik alan çalışması bölümünde öncelikli olarak çalışmanın amacı ve yöntemi belirlenmiştir. İkinci aşamada sıklıkla kullanılan dış duvar detay tiplerinin ve malzemelerinin tespiti için İstanbul İlçe Belediyeleri'ne başvurularak elde edilen konut projelerine ve gerçekleştirilen yarı yapılandırılmış görüşmelere dair bilgiler verilmiştir. Üçüncü aşamada 2018 yılında ruhsat almış ya da yapımı tamamlanmış konut yapılarında kullanılan mevcut dış duvar detay tipleri belirlenmiştir. Dördüncü aşamada mevcut dış duvar detaylarının çok boyutlu maliyet etkinliği, gömülü karbondioksit miktarları, kullanım evresi ısıtma ve soğutma yükleri ve finansal maliyet etkinliği açısından değerlendirilmiştir.

Çalışmanın beşinci bölümünde çok boyutlu maliyet etkinliğinin sağlanabilmesi için alternatif dış duvar detay tipleri geliştirilmiştir. İlk aşamada mevcut dış duvar sistemlerine alternatif duvar sistemleri oluşturulmuş ve çok boyutlu maliyet etkinliği değerlendirilmiştir. İkinci aşamada kullanılan ısı yalıtım malzemelerine alternatif ısı yalıtım malzemeleri belirlenmiş ve çok boyutlu maliyet etkinliği değerlendirilmiştir. Üçüncü aşamada alternatif dış duvar tiplerinin mevcut dış duvar detay tipleri ile çok boyutlu maliyet etkinliği açısından karşılaştırması yapılmıştır.

Çalışmanın altıncı bölümünde tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçlar ve değerlendirmeler açıklanmıştır.

MULTIDIMENSIONAL COST EFFECTIVE EXTERNAL WALL DETAILS FOR NEW RESIDENTIAL BUILDINGS OF TURKEY

SUMMARY

Energy consumption worldwide is increasing together with social, cultural and economic developments depending on technological advancements, growth in industrialization and urbanization, rapidly increase in population, changing and development of needs and differentiation of consumption habits. Energy requirements are generally met from natural and non-renewable sources. Usage of natural and non-renewable resources in energy production primarily causes the depletion of resources rapidly and brings along increase in greenhouse gas emissions, environmental pollution and disturbances in ecological balance and human health is also adversely affected from this situation. The target of providing social, cultural and economic developments without negatively affect the environment has brought up concepts of sustainability and energy efficiency.

When the sectoral distribution of energy consumption and CO₂ emissions related to energy consumption are analyzed, it is seen that the biggest share belongs to buildings in construction and usage phases. Among all constructions, residential buildings are the most produced and used building types. Most of the energy consumption in residential buildings are consumed for heating and cooling in usage stage. Heat gains and losses that affect the thermal performance of the building are mostly realized on the external walls because of having the largest surface area and exposure to outdoor weather conditions with highest ratio. Besides, the exterior walls are very complex due to containing multiple layers, quantity and quality of used materials, and they are produced with high production costs. Hence, external walls should be designed by taking into consideration multidimensional cost efficiency due to energy, economic and environmental performance of external walls directly affect to the whole building.

The thesis consists of six main chapters.

In the first chapter, the introduction to the subject of energy consumption in buildings has been made and the aim, scope and method of the thesis have been explained. In this thesis study, the main aim is determining the embodied CO₂ amount in the production phase of materials, analyzing of energy performance for heating and cooling in the usage phase of building and calculating of financial costs in the production, construction and usage phases for the external walls of the new residential buildings in Turkey and in accordance with this data, generating alternative detail solutions to provide multidimensional cost efficiency. Istanbul province have been chose as study area because of having nearly fifteen millions population, having a high ratio for new residential building requirement and construction, the excess of urban transformation studies due to being located on earthquake zone and having a big share at residential building construction in Turkey.

In order to carry out the study, initially, systems and used materials of external wall should be understood. For this reason, second chapter of the study involves information that collected as a result of literature review about the general characteristics of the exterior walls and the properties of the materials used in the exterior walls. At the first stage, of the external walls, which are an element of the building shell, general properties and tasks, points to take into consideration at exterior wall design, classification of the exterior walls, exterior wall components and functions, composition possibilities related to sections of external walls have been mentioned. At the second stage, properties and application methods of materials that have been used on core of the external wall, have been used for outer and inner facing, heat insulation and water and vapor insulation, and about environmental effects of materials have been informed.

In the third chapter of the study, multidimensional cost efficiency has been taken into account. At the first stage, historical developments in sustainability and energy, at the second stage, legal arrangements in Turkey related to sustainable building design and historical development have been researched. Obtained data in consequence of literature reviews from national thesis center and international articles and papers show that studies are generally focus on energy efficiency building designs and cost effective building designs as separately. Starting from this point of research, at the third stage, by evaluating energy efficiency and cost efficiency together, multidimensional cost efficiency has been mentioned and points to consider about analyzing of multidimensional cost efficiency have been determined.

In the case study towards multidimensional cost efficiency assessment of external walls of new residential buildings in Turkey chapter is fourth chapter, initially the aim and method of the study have been determined. At the second stage, for determining external wall types and materials that used typically, data about residential building projects and survey study results which have been obtained from Istanbul District Municipalities have been informed. At the third stage, existing external wall detail types which used in residential buildings that obtained license in 2018 or constructed have been determined. At the fourth stage, multidimensional cost efficiency of existing exterior wall details in terms of embodied carbondioxyde amount, heating and cooling loads in usage phase and financial cost efficiency have been analyzed.

In the fifth chapter, alternative exterior wall detail types have been developed to provide multidimensional cost efficiency. At the first stage, alternative exterior wall systems to existing exterior wall systems have been constituted and multidimensional cost efficiency of alternatives have been analyzed. At the second stage, alternative heat insulation materials have been determined to used materials, and multidimensional cost efficiency of alternatives have been analyzed. At the third stage, alternative exterior wall types have been made comparisons with existing exterior wall types in terms of multidimensional cost efficiency.

In the final sixth chapter, obtained results and considerations with in the context of the thesis study have been explained.

1. GİRİŞ

19. yüzyılda sanayi devriminin başlaması ile birlikte ülkeler sosyal, kültürel ve ekonomik anlamda gelişme sürecine girmişlerdir. Bu süreç ile birlikte gelen teknolojik gelişmeler, hızlı nüfus artışı, yaşam standartlarının yükselmesi, ihtiyaçlardaki değişiklikler ve plansız tüketim enerji kullanımını hızla arttırmıştır. Enerji ekonomik ve sosyal kalkınmanın sağlanmasında üretimdeki temel girdiler arasında yer almıştır (Mucuk ve Uysal, 2009). Enerjiye olan bu gereksinim gün geçtikçe de katlanarak artmaya devam etmiştir. Gerekli enerji ihtiyacının kömür, petrol, doğalgaz gibi yenilenemeyen fosil yakıtlardan karşılanması CO₂ salımını arttırmıştır. Bu durum mevcut enerji kaynaklarının hızla tükenmesini beraberinde ise çevresel ve ekonomik sorunları getirmiş ve zamanla küresel bir hal almıştır. Karşılaşılan sorunlar ülkeleri enerjiyi etkin kullanmaya ve yeni çözüm arayışlarına yönlendirmiştir. Böylece konu ilk kez 1972 yılında Stockholm’de düzenlenen Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansında gündeme gelmiş, ardından 1987 yılında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu ‘Ortak Geleceğimiz Raporu’nda “sürdürülebilirlik” kavramının tanımı yapılmıştır. Buna göre sürdürülebilirlik, ‘günümüz ihtiyaçlarını gelecek kuşakların ihtiyaçlarını karşılayabilme yeteneğini tehlikeye atmadan karşılayabilmek’ olarak tanımlanmıştır (WCED, 1987). ISO standardına göre sürdürülebilirlik tanımı ise ‘ekosistem bileşenlerinin ve fonksiyonlarının şimdiki ve gelecek nesiller için muhafaza edildiği durum’ olarak yapılmıştır (ISO 15392, 2008).

Günümüze kadar olan süreçte sürdürülebilirlik kavramı, uluslararası toplantılarda tartışılarak geliştirilmiş ve üç ana başlık altında incelenmiştir. Bunlar sürdürülebilirliğin çevresel, ekonomik ve sosyal boyutlarıdır. Çevresel sürdürülebilirlik Callicott ve Mumford tarafından “ekosistemlerin sağlığından ödün vermeden insan ihtiyaçlarını karşılamak” olarak tanımlanmıştır (Morelli, 2011). Ancak dünyadaki sanayileşme ve nüfus artışı ile birlikte kentlerde meydana gelen fiziksel değişim ve dönüşümler enerji kullanımını arttırmakta ve kullanılan enerjinin yenilenemeyen kaynaklardan karşılanması sera gazı emisyonlarının doğaya salımını

arttırarak ekolojik dengeye zarar vermektedir. Türkiye’de 1980 ve sonrasındaki hızlı nüfus artışı ve sanayileşmeye ile birlikte enerji tüketimi de artmaya başlamıştır (Mucuk ve Uysal, 2009). Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nın (ETKB) 2014 yılı verilerine göre 2012 yılı içerisinde, konutlar ve ticari binalardan oluşan bina sektörü tarafından tüketilen toplam enerji Türkiye’de tüketilen toplam enerji miktarının %35’ini oluşturmaktadır. Geçmiş on yıl içerisinde binaların tükettiği enerji miktarı %70 oranında artmış ve elektrik enerjisi tüketiminde bina sektörü yaklaşık %50’lik bir paya ulaşmıştır. Ayrıca konutların karbondioksit salımındaki payı da yaklaşık olarak %18 oranındadır (İMSAD, 2014).

Binalar, enerji tüketimindeki paylarının yüksek oranda olması, ekonomi sektöründeki en uzun ömürlü ürünler olmaları, ürün ve hizmet aralığının geniş olması nedeniyle enerji verimliliğinin artırılması amacıyla yapılan çalışmalarda öncelikli hedef alanı olarak değerlendirilmektedirler. Bu nedenle dünya genelindeki enerji etkinliği çalışmalarının başında binalar gelmektedir ve tüm dünyada, enerji etkinliğinin sağlanabilmesi amacıyla çeşitli yasal düzenlemeler oluşturulmuştur. Avrupa Birliği (AB) ülkeleri Türkiye’nin de üyesi olduğu ve 1997 yılında oluşturulan Kyoto Protokolü doğrultusunda 2020 yılına kadar yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji tüketimindeki payını %20’lere çıkartmayı, sera gazı emisyonlarını %20 azaltmayı hedeflemektedir. (Keskin, 2010). Türkiye’de de bu yöndeki çalışmalar devam etmektedir.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre 2017 yılı itibariyle Türkiye’deki binaların yaklaşık %87’sini konut nitelikli binalar oluşturmaktadır. (UEVEP, 2018). Konutlarda harcanan enerjinin %85’i kullanım evresinde, %15’i ise yapım, yenileme ve yok etme evrelerinde kullanılmaktadır (Özçuhadar, 2007). Ayrıca 2017 yılı Enerji İşleri Genel Müdürlüğü (EİGM) verilerine göre Türkiye’deki toplam enerji tüketiminin %20’si konutlardan kaynaklanmıştır. (EİGM, 2017). Binalardaki enerji tüketiminin büyük kısmı ısıtma amaçlı olarak harcanmaktadır (TMMOB, 2012). Dolayısıyla, Türkiye’deki enerji etkinliğinin sağlanabilmesinde konutlardaki enerji tüketiminin azaltılması büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle çeşitli standart ve düzenlemeler ile enerji korunumu yasal bir zorunluluk haline getirilmiştir.

Bir yapının çevresel, ekonomik ve sosyal boyutların tümünde sürdürülebilir olarak inşa edilebilmesi yaşam döngüsünün tüm aşamalarında enerji etkinliğinin sağlanabilmesi ile mümkün olacaktır. Ancak ülkemizdeki yasal düzenlemeler enerji

verimliliğini enerji tasarrufu, bina yalıtımı, aydınlatma, yapı malzemeleri gibi birbirinden ayrı konu başlıkları altında ele almaktadır (ETKB, 2016). Buna bağlı olarak yapılan denetimler de ilgili standart ya da yönetmelikte belirtilen değerler ile sınırlı kalmakta ve binalar ekonomik, sosyal ve çevresel maliyetleri optimum değerde olacak şekilde tasarlanmamaktadır.

Tez çalışmasında, bir binanın yaşam döngüsü yapım ve kullanım evrelerindeki enerji, ekonomik ve çevresel maliyetleri o binanın çok boyutlu maliyeti olarak ele alınmıştır ve Türkiye’deki yeni konut binalarının çok boyutlu maliyet etkinliği araştırılmaktadır.

1.1 Tezin Amacı

Avrupa Komisyonu 2011 raporuna göre Avrupa’da bina inşaatı ve kullanımı nihai enerji tüketiminin %42’sini, sera gazı emisyonlarının %35’ini, doğal kaynak kullanımının %50’sini, su tüketiminin %30’unu ve ortaya çıkan atıkların %35’ini oluşturmaktadır. Yoğun kaynak tüketimi sektörün çevresel etkisini arttırmaktadır. Bu sebeple inşaat sektörünün sürdürülebilirlik açısından iyileştirilmesi gerekmektedir (ETKB, 2016).

Bu amaçla Türkiye’de yapılan çalışmalarda ve düzenlemelerde, bina enerji tüketiminin büyük kısmının kullanım evresinde gerçekleşmesi dolayısıyla bu alana odaklanılmakta ve yaşam döngüsünün diğer evrelerinde harcanan enerji miktarları göz ardı edilmektedir (ETKB, 2016). Kullanım evresindeki enerji harcamalarının da büyük kısmının ısıtma kaynaklı olduğu bilinmektedir. Bununla ilgili olarak Türkiye’de yapılan ilk çalışma 1970 yılında TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” standardının “Binalarda Isı Etkilerinden Korunma Kuralları” adıyla yayınlanması olmuştur. Sonrasında ilgili standart çeşitli revizyonlar geçirmiştir ve son olarak 2013 yılında yayınlanan revizyon ile birlikte günümüzde kullanımına devam edilmektedir. Bu standardın amacı, Türkiye’de binaların ısıtılmasında kullanılan enerji miktarını sınırlamak, enerji tasarrufu sağlamak ve net ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplanması sırasında kullanılacak standart hesap metodu ve değerlerini belirlemektir. (TS 825, 2013).

Bir mimari projeye ait detayların ilgili standart olan TS 825’te belirlenen değerlere uygun olarak tasarlanması ve ısı yalıtım projesinde yer alması belediyeler tarafından,

o yapının ruhsat alabilmesi için yeterli görülmektedir. Ancak yapı malzemelerinin üretimi sırasında harcanan enerji ve açığa çıkan sera gazı emisyonlarının etkileri yapının enerji verimliliği açısından göz ardı edilmektedir. Bu da yeni yapılan konut binalarının çevresel sürdürülebilirliklerinin çok boyutlu düşünülmeden tasarlanarak inşa edilmesine neden olmaktadır. Bu yöntem, kullanım evresinde az enerji harcayan ancak gömülü enerjisi oldukça yüksek yapıların inşa edilmesiyle sonuçlanmaktadır. Bunun temel nedeni, öncelikli amacın yapı kullanım evresi kaynaklı etkileri azaltmak olması ve yasal düzenlemelerin bu doğrultuda yapılmasıdır. Bir diğer nedeni ise yükleniciler ve mimari tasarımcılar tarafından enerji etkin yapı malzemelerinin finansal maliyetlerinin yüksek olduğunun düşünülmesi ve yer, iklim, çevre koşulları göz ardı edilerek alışlagelmiş yapı malzemeleri ve yapım yöntemleri ile binaların tasarlanarak inşa edilmesidir. Bu açıdan bakıldığında aslında temel sorun yasal düzenlemeler ile ilgili denetim eksikliği, disiplinler arası senkronizasyon eksikliği ve bilgi eksikliğinden kaynaklanmaktadır. Bu doğrultuda;

- Bir mimari tasarımda kullanıcılar için maksimum konfor koşulları sağlarken, enerji ve kaynaklar etkin bir şekilde kullanılmalıdır.
- Bir binanın hizmet ömrü boyunca harcadığı enerji miktarı, CO₂ salım miktarı ve finansal maliyeti o yapının çok boyutlu maliyetini oluşturmaktadır. Binalar uzun ömürlü ürünlerdir, dolayısıyla binanın hizmet ömrü boyunca çok boyutlu maliyetinin minimum seviyede tutulması ve hizmet ömrünün maksimum zaman dilimine yayılması gerekmektedir.
- Optimum maliyetin sağlanabilmesi ve yüksek ısıl performanslı yapıların üretilmesi için yerel malzemelerin kullanılması, yerel kaynakların kullanılması ve uygun detay çözümlerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

Çalışmanın amacı Türkiye’de yeni yapılan konut yapılarının yaşam döngüsü yapım ve kullanım evrelerindeki enerji performansı, CO₂ salım miktarı ve finansal maliyetlerinin değerlendirilmesi ve elde edilen veriler doğrultusunda optimum maliyetin sağlanabilmesi için alternatif detay çözümlerinin geliştirilmesidir. Böylece, aynı veya daha düşük yapım maliyeti ile çevresel performansı daha yüksek yapıların ülkemizde yaygınlaştırılması ve dış kaynaklı olarak elde ettiğimiz enerjinin kullanımı azaltılarak ülke ekonomisine katkıda bulunulması hedeflenmektedir. Ayrıca binalarda enerji verimliliğinin sağlanabilmesi açısından ulusal literatürdeki veri

eksikliklerine dikkat çekilmesi ve bu alanda yapılacak çalışmalar için bir farkındalık oluşturulması amaçlanmaktadır.

1.2 Tezin Kapsamı

Türkiye’de sürekli olarak büyüyen ekonomi, artan nüfus ve temel ihtiyaçlar nedeniyle ile yeni konut üretimi hızla artmaya devam etmektedir. Ayrıca konut binası stokunun eski ve kısmen niteliksiz olması ve başta İstanbul olmak üzere büyük şehirlerimizin büyük bir kısmının deprem kuşağında yer alması nedeniyle bu stokun tamamının yenilenmesi hedeflenmektedir. Bu yenileme yapılırken yapıların çok boyutlu maliyet etkinliğinin sağlanması gerekmektedir.

Yapı kabuğu dış duvar, kapı/pencere, çatı ve zemine oturan döşeme olmak üzere başlıca dört elemandan oluşmaktadır. Bu dört eleman iç ortamla dış ortamı birbirinden ayıran bileşenler olmaları nedeniyle çok sayıda katman içeren yapıdadır ve bu nedenle binaların diğer bölümlerine göre karmaşıklık düzeyleri daha fazladır. Dış duvarlar bu dört eleman içerisinde genellikle yüzey alanı en büyük olan elemanlardır. Binalarda meydana gelen ısı kayıpları binanın niteliğine ve özelliklerine göre değişkenlik göstermektedir. Ancak genellikle çok katlı konut yapılarında; toplam ısı kayıplarının %40’ı dış duvarlardan, %30’u kapı ve pencerelerden, %7’si çatılardan, %6’sı bodrum döşemesinden ve %17’si hava kaçaklarından meydana gelir. Tek katlı konut yapılarında ısı kayıpları ise; %25’i dış duvarlardan, %22’si çatıdan, %20’si pencerelerden, %20’si bodrumdan ve %13’ü hava kaçaklarından kaynaklanmaktadır. Bu da binalarda ısı kayıplarının sırasıyla dış duvarlar, pencereler, tavan-çatı ve döşemelerden kaynaklandığını göstermektedir (Koçu ve Dereli, 2010).

Bu durumda dış duvarlar, hem iç ortam ile dış ortamı ayırırken sergiledikleri ısı performans, hem bünyesinde kullanılan malzemelerin miktarı ve niteliği hem de yapım maliyetleri dolayısıyla yapının bütünü ve sürdürülebilirlikle ilgili performansını önemli ölçüde etkileyen yapı bileşenleridir. Bina servis ömrü boyunca maliyetin en büyük bölümü dış duvarlardan kaynaklanmaktadır ve dış duvarların enerji, ekonomik ve çevresel performansı doğrudan yapının bütünü etkilemektedir. Konut yapılarında dış duvarlar, yapının en önemli ve en büyük bileşenleri olduklarından çok boyutlu maliyet etkin detay çözümleri ile tasarlanmaları gerekmektedir.

1.3 Yöntem

Konut binalarının çok boyutlu maliyet etkin iyileştirilmesi, bina performansının bina yaşam döngüsü kapsamında değerlendirilmesi ile mümkündür. Ancak binalarda enerji etkinliği ile ilgili yerli ve yabancı kaynak araştırmalarında, yapılan çalışmaların neredeyse tamamında bina yaşam döngüsü evrelerinin bir bütün olarak ele alınmadan gerçekleştirildiği görülmüştür. Bu durum, kullanım aşamasında az enerji harcayan ancak gömülü enerjisi ve finansal maliyeti çok yüksek olan ya da finansal maliyeti düşük ancak kullanım enerjisi ve gömülü enerjisi çok yüksek olan yapıların oluşması gibi sonuçlara neden olmaktadır.

Bu doğrultuda çalışma kapsamında konut yapılarının ve dış duvarların nihai enerji tüketimindeki payı göz önüne alınarak Türkiye'deki yeni yapılan konut yapılarının dış duvarlarına ilişkin çok boyutlu maliyet etkin detay tiplerinin geliştirilmesi hedeflenmektedir.

Bu amaçla öncelikli olarak Türkiye'deki alışlagelmiş tasarım yaklaşımları ve yapım yöntemlerinin tespit edilmesi gerekmektedir. Ülke ve bölge özelliklerini iyi yansıttığı düşünülen İstanbul ilinde yapılan çalışmada, 39 ilçe belediyesinden 23'üne başvurulmuş ve 2018 yılında yapımı tamamlanmış ya da ruhsat almış 70 adet konut yapısına ait veriler ele alınmıştır. Bu yapılara ait mimari proje ve ısı yalıtım projeleri incelenmiş ve dış duvarlarına ilişkin sistem detayları elde edilmiştir. İncelenen yapıların seçiminde, yapının İstanbul'da olması, 2018 yılında ruhsat almış konut yapısı olması, yapıya ait bilgi, belge ve dış duvar sistem detaylarına ulaşılabilir olması göz önünde tutulmuştur. Ayrıca uygulama aşamasında en çok kullanılan yapım yöntemlerinin ve yapı malzemelerinin tespit edilebilmesi için ilgili belediyelerin ruhsat ve yapı kontrol birimleri yetkilileri ile de bir yarı yapılandırılmış görüşme çalışması yapılmıştır. Elde edilen veriler kapsamında Türkiye'de konut yapılarının dış duvarlarında en çok kullanılan yapım yöntemleri ve yapı malzemeleri tespit edilmiş, bunlara ilişkin mevcut tip detaylar belirlenmiş ve bu detayların çok boyutlu maliyet etkinliği analiz edilmiştir.

Yapılan analizde, yapım evresi gömülü CO₂ miktarlarının tespiti için Türkiye'de halihazırda, yapı malzemelerinin birim gömülü enerji ve CO₂ miktarlarını bir arada veren ulusal bir veritabanı bulunmadığından The Inventory of Carbon and Energy (ICE) v2.0 veri tabanı kullanılmıştır (Hammond ve Jones, 2011). Tip detayların

kullanım evresi enerji tüketimi Design Builder benzetim programı ile hesaplanmıştır. Detaylara ait finansal maliyetler ise pazar piyasa araştırmaları sonucu elde edilen birim fiyatlara ve Çevre ve şehircilik Bakanlığı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları'na dayalı olarak hesaplanmıştır.

Çalışmanın bir sonraki bölümünde optimum maliyetin sağlanabilmesi için alternatif dış duvar detay tipleri geliştirilmiştir ve bu alternatiflerin çok boyutlu maliyet etkinliği yukarıdaki yöntem izlenerek hesaplanmıştır.





2. YAPI KABUĞU

Modern yapılar dört bölüme ayrılabilirler. Bunlar, yapının formunu veren taşıyıcı sistem, iç ortamın kontrol edilmesine ve hizmetlerin sağlanmasına yardımcı olan donanım ve sistemler, iç mekanı tanımlayan bölmelerle yüzeyler ve yapı kabuğudur (Brock, 2005).

Genel anlamıyla yapı kabuğu, yapının estetik, konfor ve güvenlik gereksinimlerini sağlamak üzere yapıyı çevreleyen/örten, çatı ve cephe elemanları gibi bileşenler içeren yapı elemanıdır. Bu bağlamda yapı kabuğunun temel görevleri şunlardır:

1. Yapının mimari biçimini, formunu tanımlamak
2. Yapı kullanıcıları için iç ortamda gerekli görsel, işitsel, ısısal, iklimsel vb. konfor şartlarını sağlamak
3. Yapının mahremiyetini sağlamak (Orhon, 2013).

Brock (2005)'a göre ise bina iskeleti tarafından desteklenen ya da tek başına taşıyıcı olarak görev yapan yapı kabuğu, yapının güvenliğini sağlar ve aynı zamanda dış çevre ile olan ilişkiyi kurar. İç mekandaki bağıl nemi kontrol ederken yağmur ve karı dışarıda tutar. Güneş ve rüzgarın rahatsız edici etkilerini engeller ve ihtiyaç duyulduğunda bunların geçişini sağlar. Yangın ve ses yalıtımını sağlar, ısıtma ve soğutmayı düzenler.

Yapı kabuğu iç ve dış ortamı birbirinden ayırması ve çok sayıda işlevi bir arada bulundurması sebebiyle içerisinde birçok katman barındırmaktadır. Yapı kabuğunun tasarımı; modern sentetik ve kompozit malzemelerin ortaya çıkması, gelişmiş yeni yapı sistemleri ve yöntemleri, hafif ve ekonomik olma gerekliliği, enerji verimliliği ve iç ortam koşullarının yüksek kontrol gerekliliği ile oldukça karmaşık bir hal almıştır (Brock, 2005).

Yapı kabuğu dış duvarlar, çatı, kapı ve pencerelerden oluşan açıklıklar ve zemine oturan döşemelerden meydana gelmektedir (Brock, 2005). Bu elemanlar içerisinde dış duvarlar yüzey alanlarının en büyük olması ve dış ortam koşullarına en yüksek

oranda maruz kalmaları nedeniyle diğer elemanlardan ayrılmakta ve yapının bütününe etkilemektedirler.

2.1 Dış Duvarlar

Toydemir ve diğ. (2000)'ne göre “duvarlar, ortamları ya da mekanları birbirinden ayıran, düşey ya da düşeye yakın yapı elemanlarıdır” (Toydemir ve diğ., 2000, s. 151). Genelde, taşıma, mekanları birbirinden ayırma, ısı, ses, su ve nem yalıtımı ile yangına karşı koruma gibi temel görevleri vardır. Duvarlar tek bir katmandan oluşabilecekleri gibi, birden fazla katmandan da oluşabilirler (Toydemir ve diğ., 2000).

Duvarlar, yapının düşey bölücü elemanlarıdır ve yapıyı dış ortama karşı kapatarak korurken, iç bölümlerde mekanları birbirinden ayırarak görsel, eylemsel ve işlemsel farklılaşmayı sağlarlar. Bu nedenle dış ve iç duvarların yapım ilkeleri ve yalıtım gereksinimleri farklı özelliklere sahiptir. Dış duvarlar binayı çevrelerken, iç duvarlar bina içinde bölücü elemanlardır. (Türkçü, 1997).

Dış duvarın yapısı düşey yükleri taşımanın yanında aynı zamanda yatay rüzgar yükünü de karşılayabilmelidir. Dış duvarlar yeterince rijit olduklarında, perde duvar gibi çalışarak yanal rüzgar ve deprem kuvvetlerini temele aktarabilirler. Dış duvarlar yapıların iç mekanları için dış hava koşullarına karşı koruyucu kalkan görevi gördüklerinden, duvarların yapısı ısı geçişini ve hava, ses, nem ve su buharı sızıntılarını kontrol etmelidir. Duvar strüktürü üzerine uygulanan veya strüktürle bütünleşik olan dış kabuk güneş, rüzgar ve yağmur etkilerine karşı dayanıklı ve uzun ömürlü olmalıdır. Yapı yönetmelikleri dış duvarların, taşıyıcı duvarların ve iç bölmelerin yangına dayanıklılık derecesini belirlemektedir (Ching ve Adams, 2008).

2.1.1 Dış duvarların özellikleri ve görevleri

Duvarların birincil işlevi bir mekanı çevrelemek ya da bölmektir. Bu işlevin verimli bir şekilde yerine getirilmesi için duvarların belirli özelliklere sahip olması gerekmektedir. Foster ve Greeno (2007)'ya göre bu özellikler;

- Dayanıklılık
- Mukavemet ve stabilite
- Hava geçirimsizlik

- Yangın dayanımı
- Isı yalıtımı
- Ses yalıtımıdır.

Fleming (2005)'e göre, duvarların temel amacı barınma sağlamaktır. Ancak bunun yanında başka birçok işlevi de yerine getirmektedirler. Bunlar;

- Üst katlar ve çatı gibi yapının diğer bölümlerini desteklemek
- Diğer yapı elemanları ile karşılıklı denge sağlamak
- Kullanıcılar için dış ortama karşı ya da iç bölümler arasında mahremiyeti sağlamak
- Yapı içinde mikro iklimi düzenlemek
- İç ortamı dış ortamdan daha sıcak ya da daha soğuk tutmak
- Bağıl nemi artırmak ya da azaltmak
- Rüzgar, kar ve yağmur etkilerinden yapının iç ortamını korumak
- Binaya giren veya binadan çıkan sesin düzenlenmesidir.

Türkçü (2009)'ye göre, duvarların mekanları bölme, düşey doğrultuda sınırlama ve ayırma gibi görevlerinin yanısıra

- Taşıyıcılık,
- Ses yalıtımı,
- Isı yalıtımı,
- Hava etkilerine (yağmur, nem, rutubet, vb.) dayanıklılık,
- Yangına karşı dayanıklılık,
- Estetik bir görünüm sağlama gibi görevleri de vardır.

Brock (2005)'a göre ise, dış duvarların tasarımında;

- Duvar bileşenlerine erimiş kar, buz sularından ve yağmur sularından kaynaklanan su girişi, ısıtma ve soğutmaya bağlı hava akışı ve duvar bileşenlerinde su buharının geçişi tamamen durdurulması mümkün olmasa dahi temel amaç olmalıdır.

- Işıma ve iletim yoluyla ısı transferi (kazanç ve kayıpları) ile su buharı difüzyonu en aza indirilmelidir.
- Rüzgar ve sismik olaylardan kaynaklanan yanal yükler ve yerçekimi yükleri taşıyıcı elemanlara aktarılmalıdır.
- Farklı bileşenlerin birleşiminden ve dış duvar ile taşıyıcı sistem birleşiminden kaynaklanan hareketlerin uyumlu hale getirilmesi gerekmektedir.
- Bina cephesine estetik bir görünüm kazandırılmalıdır.

Rüzgar, yağmur, sıcaklık değişimleri, depremler ve diğer doğal faktörler dış cephe kaplaması üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Yangın binaya ve içerisindeki kullanıcılara büyük zarar verebilir. Elektroliz metallerde şiddetli korozyona neden olabilir, gürültü kirliliği iç mekanın konfor koşullarını olumsuz etkiler ve bazı durumlarda bina bu amaçla inşa edilmiş olsa dahi kullanımını etkileyecek kadar şiddetli olabilir. Böcek ve kuş istilalarına karşı koruma sağlanmalıdır (Nashed, 1996).

Rich ve Dean (1999)'a göre, tasarımcılar duvar sistemlerinin seçiminde estetik kaygılar, maliyet, yapısal stabilite ve çevresel konfor arasındaki dengeyi iyi kurmalıdır. Duvarın çeşitli bileşenleri arasındaki etkileşimi tahmin etmek oldukça zordur. Bunların kontrol edilebilmesi için farklı bileşenlerin rollerinin açıkça anlaşılması gerekmektedir. Bu nedenle dış duvar bileşenleri birbiri ile uyumlu tek bir sistem olarak düşünülmelidir. Dış duvarların tasarımında dikkat edilmesi gerekenler aşağıda verilmektedir. Bunlar aynı zamanda duvarların görevlerinin de tanımlamaktadır.

2.1.2 Dış duvar tasarımında dikkat edilmesi gereken etmenler

2.1.2.1 Mekanik etmenler

Mekanik etmenler statik ve dinamik etmenler olarak ikiye ayrılırlar ve duvarların tasarımını etkilerler. Statik etmenler binanın yığma ya da iskelet sistem olması ile ilgilidir. Bina yığma sistem ile yapılmış ise, duvar üstleneceği tüm diğer görevlerin yanı sıra kendi ağırlığını, binanın tüm ölü ve hareketli yüklerini taşıyarak temele aktarmakla görevlidir. İskelet sistem ile inşa edilen duvarlar ise bina yüklerini taşımaz ve diğer işlevleri yerine getirir. Ancak dolgu duvar niteliğindeki duvarlar da iskelet sistemin stabilitesine katkıda bulunurlar (Toydemir ve diğ., 2000.)

Duvar tasarımını etkileyen dinamik etmenler deprem ve rüzgar yükleri ve hareketli yüklerdir. Dinamik kuvvetler karşısında binanın davranışları farklılık gösterdiğinden bu durum yığma ve iskelet sistemlerde duvar tasarımını etkilemektedir. Yığma yapılarda; duvar boyları, birbirini dik kesen duvarların uzunlukları, bunların plandaki düzenlenmesi ve doluluk-boşluk oranları, boşlukların köşelerden olan uzaklıkları, taş duvar üstü hatlı, pencere üstü hatlı, duvar üstü hatlı, düşey delikli tuğlaların kullanılması dinamik yüklerin karşılanmasında etkilidir. İskelet sistemlerde; dinamik yükler ve/veya yatay kuvvetler iskelet sistemini oluşturan kolon, kiriş, bağ kirişi, perde duvar gibi çubuk ve düzlem elemanlar tarafından karşılanmaktadır (Toydemir ve diğ., 2000.)

Duvarlar strüktürel sistemde hareketli ve/veya sabit yüklerin taşınmasında ve rüzgar, deprem gibi yüklerin karşılanmasında pozitif rol oynarlar ve diğer duvarları ve taşıyıcı sistemi desteklerler. Binalar strüktür sisteminin parçaları olan yanal, düşey ve eğik yüklere karşı koyarlar. Kendi ağırlığını taşımanın yanında ayrıca rüzgar, bina kullanıcıları gibi canlı yükleri de karşılamalıdır (Rich ve Dean, 1999).

2.1.2.2 Fiziksel etmenler

Hava bariyeri

İstenen iç koşulların sağlanabilmesi için dış duvarlar dış koşullara karşı kısmi veya tam bir bariyer görevi görmelidir. Bunun için yerel iklim koşulları hakkında bilgi edinilmelidir.

- Yağmur: Yağmur suyu penetrasyonu; yağış yoğunluğuna, rüzgar basıncına, düşen yağmur miktarına ya da yağış süresine bağlıdır. Yağmur suyunu duvardan uzaklaştırmanın üç yöntemi vardır. Su geçirgen kalın materyallerin kullanılması yağmur suyunun duvar tarafından emilmesini ve duvarın kurummasını sağlar. Hava boşluklu duvarların kullanılması yağmur suyunun toplanmasını ve atılmasını sağlar. Plastik, cam, metal malzemelerden, su geçirmez sıva veya filmlerden yapılan geçirimsiz malzemelerin duvarın dış yüzeyinde kullanılması yağmur suyunun duvar bünyesine girmesini engeller.
- Kar: Duvar detayları donma sırasında profillere, derzlere veya derz malzemelerine zarar verebilecek kar ya da suyu tutmamalıdır.

- Rüzgar: Rüzgar yükü binanın şekline, yüksekliğine, maruz kalma miktarına bağlıdır. Özellikle köşelerde meydana gelen çıkıntılarda rüzgar türbülansından kaynaklanan gürültüler meydana gelmektedir. Yapılar hakim rüzgar hızı ve yönü dikkate alınarak tasarlanmalıdır.
- Güneş: Mor ötesi ışınların radyasyon etkisi duvar kaplama malzemelerine ve sızdırmazlık malzemelerine zarar verebilir, yüzey kalitesinde değişikliklere neden olabilir.
- Kir, toz ve çevre kirliliği: Kirli hava koşullarında duvarda biriken parçacıklar yağmur suları ile birleştiğinde kimyasal olarak aktif hale gelirler. Sanayi bölgesi, yoğun trafik bölgesi ya da deniz kenarında bulunan yapılarda yerel koşullar bina dış duvarlarında sorunlar meydana getirebilir. Kirliliğin yoğun olduğu bölgelerde özel malzeme kullanımı ve detay çözümlerinin yanı sıra düzenli temizlik ve bakım için erişim de sağlanmalıdır (Rich ve Dean, 1999).

Isıl performans

İnsanların kendilerini rahat hissedebilmeleri için belirli bir sıcaklık aralığı ve belirli ortam koşulları içerisinde bulunmaları gerekmektedir. Ancak atmosferdeki değişiklikler, yaşam konfor sınırları olarak ifade edilen bu sınırların dışındadır. Bu nedenle, bina içinde iç ortam konfor koşullarının sağlanabilmesi için yaşanan hacimlerin dış ortam koşullarına göre ısıtılması ya da soğutulması gerekmektedir (Toydemir ve diğ., 2000.)

Gerekli iç konfor şartlarının sağlanabilmesi dış cephe elemanlarının pasif performans özellikleri ve iç mekanda kullanılan mekanik servislerinin uyumu ile elde edilebilir. Yerel iklim koşulları ve duvarların yönleri ısı performans üzerinde etkilidir. Isı kayıpları, ısı kazançları, yağmur suyu doygunluk derecesi bir binanın farklı duvarlarına göre değişebilir ve bunlar mikro iklim ve yapının kullanım durumuna bağlıdır. Dış duvarların kısmi veya tam termal yalıtım sağlaması için üç ana yöntem vardır (Rich ve Dean, 1999). Bunlar;

- Malzemelerin ısıl dirençleri: Sıcaklığın iletim yolu ile duvardan geçme oranıdır. Isı geçirgenliği ya da U-değeri olarak bilinir, ısı yalıtımının ölçüsüdür. Duvarın her iki tarafındaki hava sıcaklıkları bir derece farklılık gösterdiğinde duvarın bir birim alanından geçecek olan ısı miktarı olarak tanımlanır.

- Termal kapasite: Duvarların birim hacmini birim sıcaklığa yükseltmek için gerekli ısı miktarıdır. Yüksek termal kapasiteye sahip duvarların sıcaklıklarının belirli bir miktarda yükseltilmesi düşük termal kapasiteye sahip duvarlara göre daha fazla ısı gerektirir. Soğuduktan sonra depolanan ısı ışıma yolu ile kaybedilir. Kayıp derecesi, duvar ile çevresi arasındaki sıcaklık farkına bağlıdır. Isıyı kaybetmesi için gereken süre de başlangıçta depolanan ısı miktarına bağlıdır. Dolayısıyla, yüksek termal kapasiteye sahip duvarlar sıcaklık değişimlerine yavaş tepki gösterirlerken, düşük termal kapasiteye sahip duvarlar hızlı tepki gösterirler. Sürekli olarak ısıtılan ve kullanılan binalar için yüksek termal kapasiteye sahip duvarların kullanılması daha avantajlıyken, hızlı reaksiyonun gerektiği geçici olarak kullanılan binalarda düşük termal kapasiteye sahip duvarların kullanılması daha avantajlıdır.
- Hava hareketleri (taşınım yolu ile): Kapılar, pencereler ve dış duvarlardan gerçekleşen hava hareketi ısı kayıpları ve kazançları üzerinde önemli ve hızlı bir etkiye sahiptir. Ancak, yoğunlaşma riskinden dolayı çok yüksek oranda yalıtılmamalıdır (Rich ve Dean, 1999).

Isı kayıpları ve kazançları; dış duvarlardan gerçekleşen ısı kayıp ve kazançlarını belirleyen faktörler;

- Yer: coğrafi konum, yönlendirme, yerel iklim, rüzgar hızı ve yağmurun yön ve miktarı (gözenekli malzemeden yapılmış duvarlar ıslandığında yalıtım özelliğini kaybederler)
- Bina tasarımı: bina ve duvar yapısı, saydam yüzey miktarı ve duvarın ısıl karakteri, duvar yüzeyinin rengi ve dokusu.

Tasarımcılar tarafından yukarıdaki faktörleri göz önünde bulunduran tasarımlar yapılarak ısı kayıpları engellenebilir. Genel olarak uygulanan yöntem saydam yüzey miktarını azaltmak ve duvarın (U-değerini düşürmek) ısıl direncini yükseltmektir (Rich ve Dean, 1999).

Isı kazançlarının engellenmesi yine yukarıdaki faktörler göz önünde bulundurularak yapılan tasarımlar ile mümkün olmaktadır. Genel olarak kabul gören yöntemler; gölgelendirme ya da perdeleme araçlarının kullanımı, termal kapasitenin artırılması, yalıtımın iyileştirilmesi ya da dış yüzeyin yansıtıcı hale getirilmesidir. Gündüzleri

güneş ışığından kaynaklanan ısı kazançların geceleri yüksek oranda kaybedilmesi arasında denge sağlanmalıdır (Rich ve Dean, 1999).

Yoğuşma riski; binaların modern formları ve yaşam biçimleri yoğuşma riskini yalnızca iç yüzeylerde değil duvar, döşeme ve çatı sistemlerinde de büyük ölçüde arttırmıştır. Geleneksel duvar yapıları duvar bünyesinden ve kapı ve pencereler etrafındaki hava boşluklarından su buharı geçişine izin vermektedir. Ayrıca, delikli tuğlalar ve baca delikleri yoluyla havalandırmanın yüksek oranda olması ve iç sıcaklıkların daha düşük olması nedeniyle genellikle daha az su buharı oluşmaktadır. Yenilikçi yapım sistemlerinde tasarımcıların yoğuşma riskini hesaplamaları çok önemlidir (Rich ve Dean, 1999). Yoğuşmanın önlenmesi aşağıdaki yollarla sağlanabilir;

- İç yüzeyleri yoğuşma noktasının üzerinde bir sıcaklıkta tutmak (Yoğuşma noktası, havanın doymun hale geldiği sıcaklıktır ve bu nedenle içerisinde su buharı biriktirir. Sıcak hava soğuk havaya göre daha fazla buhar taşıyabilir). Genellikle, duvar yalıtımı, ısıtma ve yeterli havalandırma oranları dengelenerek sağlanabilir.
- Duvar sisteminin zayıf noktalarına ulaşan havanın nem içeriği düşürülmelidir. Genellikle bu, mutfak, banyo ve çamaşır odası gibi nem kaynağı mekanın havalandırılması ya da bazı durumlarda duvar sisteminin havalandırılması ile sağlanır.
- Doğru yerleştirilmiş ve etkili bir buhar kesici kullanılmalıdır. Yalıtım katmanının sıcak tarafına, duvar içerisinde havanın doymun hale gelerek nemini bırakmasına neden olacak daha düşük sıcaklığa ulaşabileceği noktaya buhar kesicinin yerleştirilmesi gerekmektedir. Yapı malzemeleri içerisindeki bu noktaya, bina bileşenleri arasındaki yoğuşma adı verilir ve malzemelerde ciddi hasarlara neden olabilir. Uygulamada buhar kesiciler teoride olduklarından daha az etkilidirler çünkü boşluklar, kanallar, köşeler ve delikler nedeniyle süresiz hale gelirler. Çok özel önlemler alınmadığı sürece buhar kesiciler, buhar kontrol elemanları olarak kabul edilmelidirler. (Rich ve Dean, 1999).

Toydemir ve diğ. (2000.)'ne göre; duvarda buhar nedeniyle oluşabilecek zararları engellemek için;

- Su buharının duvara girmesini önlemek için duvarın sıcak yüzeyinde gerekli önlemlerin alınması,
- Duvar katmanlarının su buharının yoğuşmadan geçebileceği şekilde düzenlenmesi gerekmektedir.

Literatürde nefes alan duvar olarak adlandırılan duvar tasarımı, duvar katmanlarından buhar geçişine olanak vererek, buharın yoğuşma ihtimalini ve dolayısıyla duvarın ıslanma ya da donma ihtimallerini ortadan kaldırır. Nefes alan duvarlar, duvar sistemini oluşturan katmanların, buhar difüzyon direnç faktörlerinin (μ)'ne göre, su buharı basıncının yüksek olduğu iç taraftan düşük olduğu dış tarafa doğru azalarak sıralanması ile elde edilirler ve bu sayede su buharının dışarı atılmasını kolaylaştırırlar. Isı tutucunun duvarın dış yüzeyinde olması duvar çekirdeğinin sıcak kalmasını sağlayacak ve su buharının yoğuşması ihtimalini ortadan kaldıracaktır (Toydemir ve diğ., 2000.)

Dayanıklılık

Taşıyıcı duvarlar genellikle strüktürel olarak çok dayanıklı olsalar da dış kaplamalarının dayanıklılıkları ve görünümleri ile ilgili sıklıkla sorunlar ortaya çıkmaktadır. Diğer yandan, hafif dış kaplamalar genellikle yeni ve nispeten denenmemiş malzemeler içerir. Dış duvar tasarımındaki sorunlar duvar alt sistemlerinden, boya malzemelerinden, metal aksesuarlardan ve sızdırmazlık malzemelerinden kaynaklanabilmektedir. Metaller korozyona karşı korunmalıdır. Nemliyen bazı harçlar metallerin korozyona uğramasına neden olabilir. Ahşap malzemeler mantar ve böcek saldırılarından zarar görebilir ve tuğla dondan ve kimyasal etkilere dolaylı bozulabilir. (Rich ve Dean, 1999).

Hareket

Birçok yapısal sorun malzemelerde, elemanlarda ve bileşenlerdeki yetersizlikten kaynaklanmaktadır. Bir binanın çevreye ve yüklere karşılık vererek her zaman hareket ettiğini unutmamak gerekmektedir. Hareketler mevsimsel değişikliklerden ya da malzemelerdeki değişikliklerden kaynaklanabilir.

- Yapısal hareketlilik; temellerdeki oturmalar, zemin şartlarının değişmesinden, yapı elemanlarındaki eğilmelerden kaynaklanan hareketlilik dolgu panellerine ya da kaplama sistemlerine zarar verebilir.

- Isı hareketleri; yönlendirmeye, yüzey rengine, yüzeyde kullanılan malzemeye bağlıdır. Duvar malzemelerinin ısı genleşme katsayıları bilinmelidir ve özellikle farklı malzemeler arasındaki derzlerde genleşme için yeterli alan bırakılmalıdır.
- Nem hareketleri; gözenekli yapı malzemeleri kuruduklarında büzülürler ve ıslandıklarında genişirler. Bu sebeple nem hareketlerinin ciddi sonuçları olabilir. Çimento içerikli malzemeler (harç, sıva, beton), kum-kireç tuğlası, alçı kurudukları zaman büzülen malzemelerdir ve geri dönüşü yoktur. Kil kurduğunda genişen bir malzemedir, ahşap ise mevsimsel olarak hareketlilik gösterir.
- Kimyasal etkiler; Duvar bünyesinde suyun bulunması korozyon ve sülfat atakları gibi kimyasal hareketlere sebep olabilir ve kendisini çevreleyen malzemeler üzerinde baskı oluşturur.
- Don etkisi; Su cephedeki çatlaklara nüfuz eder ve sonrasında çatlaklar içerisinde donarak genişirse bölgesel hareketlere neden olan basınçlar oluşturabilir (Rich ve Dean, 1999).

Gürültü bariyeri

Dış duvarların ses geçirgenliğini belirleyen faktörler kütle, hava sızdırmazlığı ve sertlik derecesidir. Geleneksel duvarlar gürültü kontrolünün sağlanabilmesi için yeterli kütle ve sertlikte tasarlanmıştır. Ancak açık pencereler gürültü miktarını arttırmaktadır. Dış duvarlarda yeterli gürültü kontrolünün sağlanabilmesi için öncelikle dış çevreden gelen gürültü miktarı hesaplanmalıdır. Ardından bina tipi ve kullanım alanının kabul edilebilir gürültü seviyeleri belirlenmelidir (Rich ve Dean, 1999).

Yangın dayanımı

Dış duvarlar yangının diğer binalara sıçrama ve yangının bina dışına yayılma ihtimalini azaltmalıdır. Yangından dolayı binanın çökmesini önlemelidir. Yangını söndürmeyi kolaylaştırmalıdır. Kullanıcılara kaçış imkanı vermelidir. Bu amaçların sağlanması doğru malzeme kullanımı, doğru tasarım ve binaların uygun alanlarda inşa edilmesi ile mümkün olabilir. Yangın davranışı, malzemeler, açıklıklar, bina ve

duvar şekli gibi duvarın birbiriyle ilişkili tüm özelliklerinden etkilenebilir (Rich ve Dean, 1999).

Güvenlik

Güvenliğin sağlanması dış duvarların önemli işlevlerindendir. Güvenliğin sağlanabilmesi için en önemli ve en maliyetsiz yöntem duvarların, çatıların ve özellikle pencere ve kapıların yeri ve tasarımıdır (Rich ve Dean, 1999).

Kontrol ve Bakım

Dış duvarların dış yüzeylerinin bakımı için, düzenli denetleme, temizleme, bitirme malzemelerinin yenilenmesi ve kopan parçaların tamir edilmesi için yıllık maliyetler belirlenmelidir. İşçiler için güvenli erişim yolları, emniyet kemeri ankrajları, mekanik kızaklar ya da platformlar sağlanmalıdır. Binanın kullanım amacına uygun olarak duvar bitirme malzemeleri seçilmelidir. Dış duvarların iç yüzeylerinde; hijyenin önemli olduğu hastane, gıda üretim ve depolama gibi amaçlarla kullanılan binalarda kir birikmesini engellemek için uygun köşe detayları tasarlanmalıdır. Normal kat yüksekliğinin üzerindeki alanların bakımı ve temizliği için erişim olanağı sağlanmalıdır. Uygun bitirme malzemeleri tercih edilmelidir (Rich ve Dean, 1999).

Böcek istilası

Duvarlar böcek ve haşerelerin girmesine ve barındırılmasına izin vermeyecek şekilde tasarlanmalıdır (Rich ve Dean, 1999).

Zemin sularının yükselmesi

Zemin sularının, doğru şekilde detaylandırılmış ve monte edilmiş bir su yalıtımı ile engellenmediği ve drenaj sistemi ile uzaklaştırılmadığı sürece kılcallık yolu ile malzemelerden duvar bünyesine nüfuz edecektir (Toydemir ve diğ., 2000; Rich ve Dean, 1999). Bunun engellenebilmesi için uygun su yalıtımı malzemeleri seçilmelidir. Bina oturma zemin seviyesi önceden belirlenmeli ve yönetmeliklere uygun olarak bina inşa edilmelidir. Zeminde ve duvarda su yalıtımının sürekliliği sağlanmalıdır (Rich ve Dean, 1999). Zemin suyunun yükselmesini önlemek için yaygın olarak;

- Drenaj sistemi ile suyun uzaklaştırılması,
- Gözeneklerinin kapileriteye olanak vermeyecek büyüklükte olduğu malzemelerin kullanılması, duvarın elektroforez yöntemi ile kurutulması,

- Suyun yükselmesine duvarın yarılarak kurşun bir levha yerleştirilmesi ile engel olunması,
- Polimer esaslı kimyasal bir madde yardımı ile suyun jelleştirilerek yükselmesine engel olunması yöntemleri kullanılmaktadır (Toydemir ve diğ., 2000).

2.1.3 Dış duvarların sınıflandırılması

Duvarlar, sahip oldukları özellikler ve yapıda yerine getirdikleri görevler nedeniyle birçok katmanı ve işlevi bir arada bulundurmaktadırlar. Yapının konumuna, duvarı etkileyen dış etmenlere, duvardan beklenen işlevlere ve uygulamalarına göre duvar tipleri de değişiklik göstermektedir ve bunların tek bir sistematik düzen içerisinde sınıflandırılması mümkün görülmemektedir. Dolayısıyla, farklı kaynaklara göre farklı duvar sınıflandırmaları bulunmaktadır.

Toydemir ve diğ.(2000)'e göre, yapıların bazı durumlarda düşey taşıyıcı eleman ve bazı durumlarda düşey bölücü eleman olarak görev yapan duvarları yükledikleri işlevlerin çeşitliliği nedeniyle oldukça karmaşık yapıdadırlar. Bu nedenle, duvarların bütün yönlerini ve özelliklerini kapsayan bir sınıflandırmanın yapılmasına imkan yoktur. Duvarların sınıflandırılması aşağıda belirtilen farklı görüş açlarına göre yapılabilir. Bunlar;

Statik durumlarına göre,

- Taşıyıcı duvarlar; yığma sistem ile yapılan duvarlardır. Bu sistemde duvarın tamamı binadan gelen düşey yükleri taşıyarak temele ve zemine aktarır. Bu tür duvarlar hem taşıyıcılık işlevini hem de duvarların diğer işlevlerini yerine getirirler.
- Taşıyıcı olmayan (dolgu ve bölücü) duvarlar; düşey yüklerin iskelet sistemi tarafından taşındığı yapılarda düşey ve yatay taşıyıcı elemanlar arasındaki boşlukları dolduran duvarlardır. Bu duvarlar kendi yüklerini taşımak ve duvarların diğer görevlerini yerine getirmek durumundadır. Taşıyıcı sistemi de desteklerler.

Binadaki yerlerine göre,

- İç duvarlar; binadaki mekanları birbirinden ayıran düşey yapı elemanlarıdır.

- Dış duvarlar; bina kabuğunu oluşturan düşey ayırıcı elemanlardır. İç ortam ile dış ortamı birbirinden ayırmaları ve bu ortamlar arasındaki koşulların farklılığı nedeniyle iç duvarlara göre çözümleri daha ayrıntılıdır.

Üretim yöntemine göre,

- Yerinde üretilen duvarlar; kagir malzemelerin bir harç yardımıyla örülmesiyle ya da kalıba dökülmeye elverişli malzemenin (beton, harç, alçı, kil) kalıba dökülmesiyle elde edilirler.
- Bina dışında üretilen duvarlar; fabrikada ya da şantiyede üretilen önyapım (prefabrike) duvarlardır. Bileşen, eleman ya da mekan olarak üretilerler.

Yüklendiği işlevin önceliğine göre duvarlar iki grupta incelenebilirler. Bunlar;

- Fiziksel nitelikleri öncelik kazanan duvarlar; Isı tutucu özelliği yüksek duvarlar, ısı biriktirme kapasitesi ve faz farkı yüksek ya da küçük olan duvarlar, ses geçiş direnci yüksek ya da ses yutucu niteliği öncelik kazanmış duvarlar, yangın direnci yüksek duvarlar, su geçirmeyen duvarlar
- Mekanik nitelikleri öncelik kazanan duvarlar; istinat duvarları, taşıyıcı ya da taşıyıcı olmayan duvarlar, yüksek su basıncına dayanıklı duvarlar, kasa (tresor) duvarları

Kesit sistemine göre,

- Hava tabakalı (soğuk) duvarlarda duvarı oluşturan katmanlar arasında, dış ortamla bağlantılı içerisinde havanın serbest şekilde dolaşabildiği bir düşey hava yastığı bulunmaktadır. Bu sayede duvardaki birçok probleme çözüm sağlanmaktadır.
- Hava tabakasız (sıcak) duvarlarda katmanlar arasında bir hava yastığı bulunmamakta ve duvar katmanları birbirini takip etmektedir (Toydemir ve diğ., 2000).

Fleming (2005)'e göre; duvarlar konumlarına, yük taşıyıcılıklarına ve yapım yöntemlerine göre farklı şekillerde sınıflandırılabilirler. Bunlar;

Yapıdaki konumlarına göre,

- Dış duvarlar
- İç veya bölücü duvarlar

Yük taşıma özelliklerine göre,

- Taşıyıcı (strüktürel) duvarlar; düşey yükleri ve kendi ağırlıklarını taşımak için tasarlanmışlardır.
- Dengeleyici duvarlar; düşey yüklere ve kendi ağırlıklarına ek olarak yatay ve eğik kuvvetleri de karşılayacak şekilde tasarlanmış duvarlardır.
- Taşıyıcı olmayan duvarlar; yalnızca kendi ağırlıklarını taşıyan duvarlardır.

Yapım türlerine göre,

- Birimlerden oluşan duvarlar; çatlamalara ve yapısal zayıflıklara sebep olabilecek düşey düzlemsel sürekliliği önlemek için tuğla veya blok gibi birimlerden inşa edilmiş duvarlardır.
- Homojen duvarlar; kil, kerpiç ya da yerinde dökme beton gibi malzemeler ile inşa edilen duvarlardır. Kil ve kerpiç, saman veya sazlarla; beton malzemeler ise çelik çubuklar, ağırlar, plastik ya da bitkisel liflerle güçlendirilebilir.
- Çerçeveler; ahşap, çelik veya beton kolon ve kirişler şantiyede inşa edilir ve ahşap, metal, plastik kaplamalar ya da örme duvarlarla kaplanır. Yalnızca çerçeve, yapının diğer kısımlarından, kullanıcılardan, rüzgar ve kardan gelen yükleri taşır. (Fleming, 2005).

Türkçü (2009)'ye göre duvarlar, taşıyıcılık özelliklerine, konumlarına, tabaka (katman) sayısına göre sınıflandırılırlar. Bunlar;

Taşıyıcılık özelliğine göre,

- Taşıyıcı duvarlar
- Taşıyıcı olmayan duvarlar

Konumlarına göre,

- Dış duvarlar
- İç duvarlar

Tabaka (katman) sayısına göre,

- Tek tabakalı (yalın) duvarlar; birim yapı bileşenlerinin ya da katmanlarının arasında hava boşluğu bırakılmaksızın yapılan duvarlardır. Karma duvarlar, kaplamalı duvarlar, tek tabakalı ısı yalıtımlı duvarlar olarak üçe ayrılırlar.

Karma duvarlar; duvarın basınca dayanıklı katmanının ön ve arka yüzünün iki farklı malzemeden yapılması ile meydana gelirler. Bu duvarı oluşturan malzemeler birbirlerine örgü sistemi ile kenetlenmiş olmalıdır. Kaplamalı duvar; bu duvar tipinde duvarın dış yüzeyinde estetik yönden daha iyi, fiziksel dış etkilere karşı dayanımı daha yüksek olan bir malzeme kullanılırken, iç yüzeyinde dış etkilere daha az dayanıklı ancak yalıtım değeri yüksek bir malzeme kullanılır. Kaplama tabakası ile ana duvar arasında 2cm kalınlıkta harç ile oluşturulmuş derz bulunmaktadır. Isı yalıtımlı, tek tabakalı duvarlar; ısı yalıtımı gereken durumlarda duvarın iç, dış ya da her iki yüzüne de ısı yalıtım malzemesi yerleştirilmesi ile elde edilirler.

- İki tabakalı duvarlar; aralarında belli bir mesafe bulunan iki duvar katmanına sahip duvarlardır. İki katman arasında hava boşluğu, ısı yalıtım malzemesi ya da kum vb. malzemeler bulunabilir.
- Isı yalıtımlı iki tabakalı duvarlar; iki duvar katmanı arasında hava boşluğu ve ısı yalıtım malzemesinin bulunduğu ya da hava boşluğunun ısı yalıtım malzemesi ile doldurulduğu duvarlardır. (Türkçü, 2009).

Nashed (1996)'a göre ise duvarların farklı işlevleri vardır ve bunlardan bazıları taşıyıcı özelliktedir, bazıları taşıyıcılık özelliği olmadan yalnızca kaplama görevi görürler. Farklı fiziksel özelliklerden oluşabilirler; bazı duvarlar tek katmanlı yapıdadır, bazıları boşluklu çift katmanlı yapıdadır. Bazıları geçirimsiz bir bariyer olarak ya da rüzgarla itilen yağmurun boşluklara girmesini engellemek için yağmur perdesi olarak, farklı tasarım prensipleri ile tasarlanmış olabilirler. Ya da yukarıda bahsedilenlerin kombinasyonlarından oluşabilirler. Bu nedenle duvarları türlerine göre sınıflandırmak oldukça zordur. Nashed (1996) duvarları fonksiyonlarına göre iki alt kategoriye ayırmaktadır. Bunlar;

- Taşıyıcı duvarlar,
- Giydirme cepheler; taşıyıcı olmayan duvarlar yanal yüklere (deprem, rüzgar hareketleri) ek olarak kendi ağırlıklarını taşırlar. Döşeme kenarlarına monte edilmiş tek katmanlı giydirme cephe, kirişler arasında konumlanan dolgu duvar ya da iki katman arasında boşluk bulunan boşluklu duvar olarak inşa edilebilirler.

Yapım türlerine göre duvar sistemlerini ise beş alt kategoriye ayırmaktadır. Bunlar; Nashed (1996)

- Örme duvarlar; tuğla, beton blok ya da cam blok malzemelerin harç ile birleştirilmesi ile elde edilirler.
- Taş duvarlar; doğal taşlar geçmişte taşıyıcı duvar yapımında kullanılırken günümüzde dış kaplama malzemesi olarak da kullanılabilir.
- Çimento esaslı duvarlar; yerinde yapım beton, prekast beton, cam lifi takviyeli betonarme, prekast beton paneller, cam lifi takviyeli betonarme paneller ile yapılan duvar tipleridir.
- Metal kaplamalar; paneller, taşıyıcı elemanlar ve birleştirme derzlerinden meydana gelirler. Kullanılan sistemlerde paneller, kaplama panelleri, sandviç paneller, petek dokulu paneller, metal levhalar ve kompozit paneller olmak üzere beşe ayrılmaktadır.
- Çerçeve sistemli duvarlar; duvar sistemi içerisinde bir örme malzemesinin ya da beton malzemenin kullanılmadığı, dikmelerin her iki yüzünün çeşitli kaplama malzemeleri kaplandığı modern yapılarda sıklıkla kullanılan duvar tipidir. Taşıyıcı kısım ahşap ya da metal dikmelerden oluşturulabilir. Ahşap çerçeve sistemi geleneksel yöntemle, balon çerçeve yöntemiyle ya da platform çerçeve yöntemiyle oluşturulabilir. Kaplama malzemesi olarak ahşap kaplama, stük, dıştan yalıtım ve bitirme sistemleri, fayans kaplama kullanılabilir.

Yücesoy (1998) duvarları yapım türlerine ve uygulamalarına göre aşağıdaki şekilde sınıflandırmıştır.

Yapım yöntemlerine göre,

- Şantiyede uygulanan duvarlar
- Hazır (prefabrike) duvarlar; panel duvarlar, eleman (bütün) duvarlar, hücre duvarlar, pnömatik (şişme) duvarlar

Uygulamalarına göre,

- Bloklarla örülen duvarlar
- Dolgu duvarlar

- Panel duvarlar
- Çerçeve hafif duvarlar
- Ağır ve hafif giydirm duvarlar.

Ching ve Adams (2008) duvar sistemlerini üç başlık altında ele almaktadır. Bunlar;

- Strüktürel çerçeveler; betonarme, çelik ve ahşap çerçevelerden oluşabilirler. Çeşitli taşıyıcı olmayan dolgu duvarları veya giydirm cephe sistemlerini destekleyebilirler.
- Betonarme ve kagir taşıyıcı duvarlar; yanmaz yapı olarak nitelendirilirler. Yük taşıma kapasitelerini kütleleri belirler. Basınç altında dayanıklıdır ancak çekme gerilmelerini karşılayabilmek için donatıya ihtiyaç duyarlar.
- Metal ve ahşap dikmeli duvarlar; soğuk şekillendirilmiş metal ve ahşap dikmeler genellikle merkezden merkeze 400 veya 600 mm aralıklarla yerleştirilirler, kaplama malzemesinin ebatlarına göre aralıklar ayarlanır. Yerinde birleştirilebilir ya da paneller halinde üretilebilirler. Dikmeler düşey yükleri taşıırken kaplama malzemeleri ve çapraz bağlar duvar düzlemini rijitleştirir. Duvar çerçevesindeki boşlukları ısı yalıtımı, buhar kesici ve mekanik tesisat için yer sağlar. Çeşitli iç ve dış duvar kaplama malzemeleri kullanılabilir.

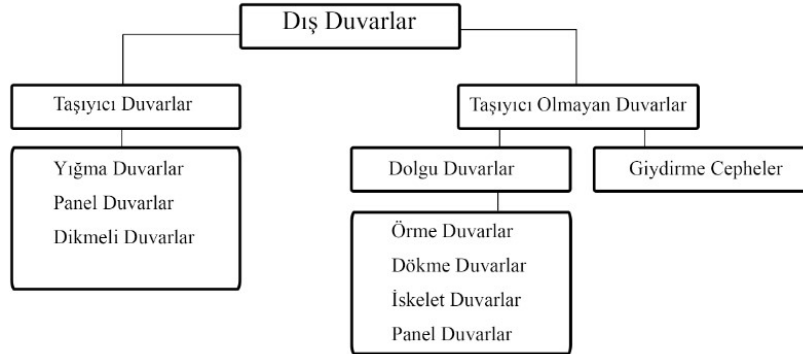
Foster ve Greeno (2005) duvar tiplerini dört gruba ayırmaktadır. Bunlar, yığma, monolitik, iskelet ve sandviç duvarlardır.

- Örme duvarlar; tuğla, beton blok veya taş gibi blok malzemelerin genellikle yatay düzende harç ile birleştirilerek bir araya getirildiği duvar tipleridir.
- Monolitik duvar; beton ya da betonarme olarak destek veya kalıplarla inşa edilen duvar tipleridir.
- İskelet duvar; nispeten küçük boyutlardaki ahşap veya çelik malzemelerin bir araya getirilerek bir iskelet sistem oluşturulması ve her iki yüzünün kaplanmasıyla elde edilen duvar tipleridir. Bu sistem bir duvar konstrüksiyonudur ve yapının taşıyıcı sistemi ile karıştırılmamalıdır.
- Sandviç duvar; plastik, kontrplak, metal gibi iki ince kaplama malzemesinin ya da diğer uygun malzemelerin yüksek mukavemetli, hafif ve nispeten ince

bir duvar elde edilebilmesi için genişleştirilmiş plastik ya da iç nervürler ile bağlanması sonucu oluşan duvarlardır.

Bu yapı türleri taşıyıcı olan ya da olmayan duvarlar ve strüktürel çerçeveler için kullanılabilirler. İskelet sistemli yapılarda hafif levhalar ya da prekast beton levhalar çerçeve yüzeyine sabitlenerek kaplama elemanı olarak kullanılabilirler. Bu sistemlere giydirme cephe adı verilir. (Foster ve Greeno, 2005).

Literatür araştırmalarında elde edilen bilgiler doğrultusunda, duvarların sınıflandırmasının, duvarın; taşıyıcılık durumuna göre, yapıdaki konumuna göre, üretim yöntemine göre, uygulama yöntemine göre, yüklendiği işlevin önceliğine göre ve kesit sistemine göre yapıldığı görülmüştür. Şekil 2.1’de gösterildiği üzere dış duvarlar taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan duvarlar olarak sınıflandırılabilirler. Dış duvarlar taşıyıcı özellik gösteriyorlarsa yığma, panel ya da dikmeler ile yapılabilirler. Eğer taşıyıcı özellik göstermiyorlarsa giydirme cephe, dolgu duvar ya da boşluklu duvar sistemleri ile yapılabilirler. Giydirmce cepheler, döşemelerin önünde yer alan, döşemelere ya da kolonlara asılan, taşıyıcı olmayan, çoğu bol camlı dış kabuktur. (Hasol, 2012).



Şekil 2.1 : Dış duvarların sınıflandırılması.

Cam, metal, ahşap veya beton paneller ve taş malzemelerden yapılabilirler. Dolgu duvarlar, örme, dökme, iskelet sistemler ya da panel kaplamalar ile yapılabilirler. Tuğla, beton blok, gaz beton, bims blok, doğal taşlar, yapay taşlar, cam tuğla, kerpiç blok malzemeler, metal, ahşap ya da beton paneller, çimento levhalar, dış sıva, seramik, cam ya da tuğla kaplamalar kullanılarak yapılabilirler. Boşluklu duvar sistemleri ise iç katmanı genellikle örme duvar malzemeleri ile yapılır ancak diğer cephe malzemeleri ile birlikte uygulanırlar. İç ve dış duvar katmanlarının birlikte hareket edebilmesi için iki katman duvar boşluğunda birbirlerine bağlanır. İç ve dış

katmanlar aynı malzemeden yapılabilir ya da farklı malzemeler kullanılabilir. (Nashed, 1996).

2.1.4 Dış duvar bileşenleri

Dış duvar sistemleri opak ve saydam bileşenlerin bir araya gelmesiyle oluşurlar. Bu bileşenler duvar gövdesi, dış kaplama, iç kaplama, kapı ve pencereler ve yalıtımlardan meydana gelir ve yapının dış çevre ile olan ilişkisini sağlar (Brock, 2005). Bir duvarı, onu meydana getiren bileşenlerinin mantığını iyi bilmeden detaylandırmak istenmeyen sonuçları da beraberinde getirir. Dış duvar sisteminin doğru detaylandırılması problemlerin önlenmesine ve sağlam, uzun ömürlü bir yapının ortaya konulmasına yardımcı olacaktır. Dolayısıyla duvar bileşenlerinin mantığının, dış etmenlerden korunmuş, sağlam ve uzun ömürlü bir yapı elde edilebilmesi için tasarımcılar tarafından doğru şekilde anlaşılması gerekmektedir (Nashed, 1996).

Duvarların analitik bir biçimde incelenmesini sağlamak, duvarı üç ayrı bölümde ele alıp incelemekle mümkündür ve duvar aşağıdaki üç katmandan oluşmak zorundadır. Bu yaklaşım bütün duvarları kapsamak üzere;

- Dış kaplama işlevini yüklenen katman,
- Duvar çekirdeği işlevini yüklenen katman,
- İç kaplama işlevini yüklenen katman

şeklinde ifade edilebilir. Bu doğrultuda, duvar kaplamaları, ayırdığı ortamların iç ve dış ortam olmasına göre değişik adlar alır. Bir duvar iki iç ortamı ayırıyorsa her iki kaplama iç kaplama olarak, bir iç ve bir dış ortamı ayırıyorsa dış kaplama ve iç kaplama olarak, iki dış ortamı ayırıyorsa her iki kaplama dış kaplama olarak adlandırılacaktır. Bazı durumlarda duvar bu üç katmanın görevlerini yüklenebilecek tek bir malzemeden oluşabilir (Toydemir ve diğ., 2000).

2.1.4.1 Dış kaplamanın işlevleri

Duvarın dış katmanı, binanın dış görünüşünü belirlemekte ve duvarın plastik etkisini, rengini ve dokusunu oluşturmaktadır. Ayrıca, binanın çekirdek kısmını dolayısıyla da binayı dış etkilere karşı korumaktadır. Dış kaplamanın yüklenmesi gereken işlevler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Isıl işlevler,
- Su ve nem ile ilgili işlevler,
- Mekanik ve kimyasal dayanıklılık,
- Temizlik ve bakım kolaylığı,
- Radyasyon etkilerine dayanıklılık (Toydemir ve diğ., 2000).

Dış kaplama duvarın ısı direncine bir miktar katkı sağlasa da etkisi sınırlıdır. Güneşin radyasyon etkisine karşı kaplamalar, renk ve dokularına bağlı olarak genişirler. Kaplama koyu renkli ve pürüzlü bir yüzeye sahipse daha çok ısınır genişmekte, açık renkli ve düzgün yüzeyliyse daha az ısınır genişemektedirler. Her malzemenin genişleme oranı farklı olduğundan uygun detay çözümleri sağlanmalıdır. Dış kaplama morötesi ışınlar da dayanıklı olmalıdır. Yangına karşı dayanıklı malzemeler tercih edilmelidir.

Dış kaplama genellikle düşey olduğundan yağmur suyunun kaplamaya etkisi azdır. Ancak rüzgar ile itilen yağmur suyu kaplamaya nüfuz edebilir. Bu nedenle, kaplamanın boşluklu yapıda ise doyma derecesi %80'i aşmamalıdır. %80'nin üzerinde ıslanmış bir malzeme don olayından zarar görebilir. Kaplama malzemesinin kılcallığa olanak vermemesi için gözeneklerinin 150µ'dan büyük olması gerekmektedir. Ayrıca duvarın nefes alma özelliğine sahip olması için tüm katmanlarının su buharını geçirecek şekilde gözenekli olması gerekir. Cam mozaik, sırlı seramik gibi malzemelerin kullanılması durumunda tasarım aşamasında gerekli önlemler alınmalıdır.

Rüzgar ve hava etkisiyle taşınan kimyasallar ve mekanik aşındırıcılar cephede bozulmalara yol açabilirler. Bu sebeple, dayanıklı malzemelerin seçilmesi ve uygun detaylarla uygulanmaları gerekmektedir. Dış kaplamanın temizlik ve bakımının da kolay yapılabilir olması önemlidir. (Toydemir ve diğ., 2000).

2.1.4.2 İç kaplamanın işlevleri

İç kaplamalar mekanın kullanım amacına uygun özelliklerde olmalıdır, uygun görünüş, renk ve doku özelliklerini taşımalıdır. İç mekanın sıcaklık farklılıkları fazla olmadığından iç kaplamalarda genişleme ile ilgili problemlerle çok fazla karşılaşılmamaktadır. Ancak duvar çekirdeğinin ısı tutuculuğu yeterli olmadığında, doğru tasarlanmayan duvarlarda ısı ve rutubet ile ilgili sorunlar ortaya çıktığında iç

kaplama ısı tutucu görevi görebilir. Bu sorun, iç kaplamaya bir ısı yalıtım katmanı eklenerek çözülebilir (Toydemir ve diğ., 2000).

İç kaplamaların belirli bir konfor koşulu olarak tanımlanmış bir iç yüzey sıcaklığını sağlayabilmesi gerekmektedir. Ayrıca, mümkün olduğunca yanmayan, ayrışmayan inert malzemeler tercih edilmelidir. İç kaplamaların su ve nem ile ilgili işlevi kullanıldığı mekana göre önemli hale gelmektedir. Islak hacimlerde kullanılan iç kaplama malzemeleri duvarın zarar görmemesi, kirlenmemesi ve yıkanarak temizlenebilmesi için uygun olmalıdır. Islanmış döşemelerden duvara su geçmesini engelleyecek önlemler de alınmalıdır (Toydemir ve diğ., 2000).

İç kaplama malzemeleri de dış kaplama malzemeleri gibi buharın içeriden dışarıya geçişine imkan vermelidir. Duvar bünyesinde herhangi bir yoğunlaşma meydana geldiğinde ayrışmamalı, bozulmamalı ve küflenmemelidir (Toydemir ve diğ., 2000).

İç duvar kaplama malzemeleri mekanik etkilerden dış kaplama malzemelerine göre daha çok etkilenmektedirler, kullanıcı kaynaklı mekanik etkilere maruz kalabilmektedirler. İç kaplamanın ses yönünden en önemli görevi ortamdaki seslerin yansımaya engel olacak şekilde yeterli ses emici özelliğe sahip olmalarıdır (Toydemir ve diğ., 2000).

2.1.4.3 Duvar çekirdeğinin işlevleri

Duvar çekirdeğinin başlıca görevi eğer duvar yığma yapıda ise bina düşey yüklerini taşımak, eğer bina iskelet sistemli ise kendi yükünü kat yüksekliği içinde taşımak ve duvar bünyesini oluşturmaktır. Ayrıca duvar çekirdeği iç ve dış kaplamaları ve yanı sıra duvara asılacak çeşitli donanım malzemelerini de taşımakla görevlidir. Duvar gövdesi yığma yapılarda yapıdan gelen tüm yüklerini taşıırken, iskelet sistem ile inşa edilmiş yapılarda kendi ağırlığını taşıyan ve bunu taşıyıcı sisteme aktaran bir eleman konumundadır. Gövdenin taşıyıcılık haricindeki diğer görevleri gövde ve kaplamalar arasında dağılır.

Bir duvarın en kalın ve mekanik açıdan en dirençli elemanı çekirdeği olduğundan, çekirdek malzemesinin ısı iletkenlik katsayısı düşük ise başka bir yalıtım malzemesine gerek duyulmadan duvarın ısıl performansı karşılanabilir. Ancak ısı iletkenlik katsayısı yüksek ise, ısı tutuculuk sağlayamayacağından, ilave bir ısı tutucu katmana gerek duyulacaktır. Duvarın yeterli bir ısı biriktirme kapasitesine sahip

olabilmesi için çekirdeğin yeterli bir kütleye sahip olması ve ısınma ısıısının bilinmesi gereklidir.

Yangın karşısında, iç veya dış kaplamanın yanıcı olması durumunda yangın etkisi çekirdeği etkileyecektir. Taşıyıcı sistem ahşap veya metal malzemelerden yapılmış ise yanıcı olmayan malzemeler ile kaplanmalıdır.

Duvar çekirdeği suyla doğrudan ilişkili olmamalıdır, gerekli durumlarda su geçirmeyecek malzemeler ile kaplanmalıdır. Çekirdeğin su ile temas etmesi durumunda çekirdek malzemesinin bozulmaması ve mukavemetini kaybetmemesi gerekmektedir. Duvar çekirdeği su buharını geçiren ve nefes alan nitelikte olmalıdır.

Duvarın ses yalıtımı sağlayan kısmı çekirdeğidir ve çekirdekte kullanılan malzemenin birim ağırlığı yüksek ise bir taraftaki hava sesini m^2 'deki ağırlığı oranında diğer tarafa geçirmeyecektir. Güneşin radyasyon etkisi ile ilgili, özel durumlar haricinde, duvar çekirdeğinde bir önlem almaya gerek yoktur. (Toydemir ve diğ., 2000).

2.1.5 Dış duvar kompozisyonu olanakları ve kesit düzenlemeleri

Duvarların sınıflandırılması konusunda da bahsedildiği gibi duvarlar temelde taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan duvarlar olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadırlar. Her iki durumda da çekirdek, kendisinden beklenen performans özelliklerini yerine getirmeli ve duvarın performansını etkileyecek olumsuz dış etmenlerden korunmalıdır. Bir duvar iç kaplama, çekirdek ve dış kaplama olmak üzere üç ana katmandan oluşmaktadır. Buna bağlı olarak, duvar kesiti dört ayrı şekilde düzenlenebilmektedir. Bunlar;

- İki yüzü kaplamalı duvarlar,
- İç yüzü kaplamalı duvarlar,
- Dış yüzü kaplamalı duvarlar,
- Kaplamasız duvarlardır (Toydemir ve diğ., 2000).

Buna bağlı oluşan dış duvar katmanlaşma alternatifleri ve kesit düzenlemeleri yapım yöntemleri ve yapı malzemelerinden bağımsız olarak; ısı performansları, su ve nem yalıtımı ve buhar geçirgenlikleri çerçevesinde;

- Geçirimsiz dış duvarlar,
- Yarı geçirgen dış duvarlar,

- Geçirgen dış duvarlar alt başlıklarında incelenecektir (Rich ve Dean, 1999).

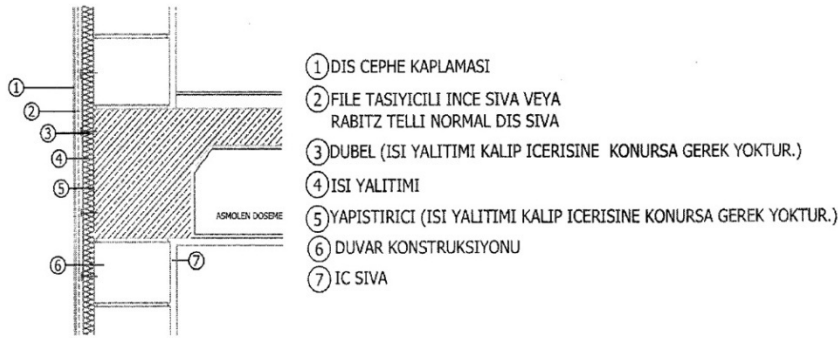
2.1.5.1 Geçirimsiz dış duvarlar

Geçirimsiz dış duvarlar, hava ve neme karşı dayanıklı bir bariyere sahiptirler. Ayrı parçalardan meydana gelen tüm yapı elemanları gibi, geçirimsiz duvar tasarımında da amaç birbiri ile uyumlu tek bir sistem elde etmektir. Su yalıtımları; cam, seramik, metal, plastik, çimento esaslı levhalar gibi nispeten ince ve sert malzemelerden, bitümlü keçeler ve plastik levhalar gibi esnek malzemelerden veya boya ve silikon sistemleri gibi filmler ve su geçirmez kaplamalardan yapılabilir. Su yalıtımının yüksek kalitede olması için;

- Su yalıtım malzemelerinin birleşim yerleri ve kenarlar, şiddetli yağmur suları altında su sızıntılarına sebep olabileceğinden malzemenin kendisinden daha hassastırlar. Özenli tasarım, işçilik ve denetim gerektirirler. Harekete elverişli olmalıdırlar.
- Duvar gövdesi bileşenleri arasındaki diferansiyel hareket hesaplanmalı ve uygun detay çözümleri yapılmalıdır. Hareketler, bileşenlerin farklı termal ve yapısal özelliklerinden (genleşme, büzülme, bükülme, eğilme, burulma gibi) kaynaklanabilir. Ayrıca, bu hareketler inşaat sonrası kuruma ve mevsimsel kuruma ve ıslanmalardan da kaynaklanabilir.
- Su yalıtımı uygulamalarında kaliteli işçilik gereklidir.
- Mekanik montaj elemanları ve yapıştırıcı kullanılan bağlantı elemanlarının; duvar gövdesi ile cephe kaplama malzemeleri arasında diferansiyel hareketler meydana getirmeleri ihtimaline karşı dayanıklılık, kimyasal etkileşim (korozyon ve bozulma), termal özellikler ve maliyet açısından özenle seçilmesi gerekmektedir.
- Su yalıtımı için sert levhalardan ya da panellerin kullanıldığı durumlarda duvar gövdesi ile boyutsal uyum içinde olması gerekmektedir.
- Yoğuşma riski önceden hesaplanmalıdır.
- Bakım ve erişim kolaylığı sağlanmalıdır. Malzemenin zarar görmemesi için gerekli koruma sağlanmalıdır (Rich ve Dean, 1999).

Dıştan ısı yalıtımı uygulamalı geçirimsiz duvarlar

Şekil 2.2’de gösterilen bu duvar kesitinin özelliklerinden biri, sürekli ısıtılan binalarda uygulanması ve oda sıcaklığının korunmasıdır. Prefabrik ya da yerinde üretim olarak yapılabilir amaç su yalıtımı, ısı yalıtımı ve buhar kesicinin sürekliliğinin sağlanmasıdır. Su yalıtımının doğrudan ısı yalıtımının önüne yerleştirilmesi durumunda su yalıtım malzemesinin termal gerilmelere dayanıklılığı kontrol edilmelidir. Su yalıtım malzemeleri metal, cam, plastik, ısıl işlem görmüş ahşap, bitümlü ürünler ve bunların çeşitli kombinasyonlarından oluşabilir. Isı yalıtım malzemeleri ise, sert veya yarı sert levhalar, genleştirilmiş ya da köpürtülmüş plastik malzemelerden yapılabilir. Genellikle kullanılan malzemeler, cam yünü, taş yünü, genleştirilmiş plastikler, ahşap/saman/çimento kombinasyonları, kağıt ya da doğal yün vb. malzemelerdir. Kullanılan yalıtım malzemesinin kalınlığı ısı yalıtım hesaplamalarına göre belirlenir.



Şekil 2.2 : Dıştan ısı yalıtım uygulaması (Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği, 2008).

Buhar kesici malzemelerin duvar boyunca süreklilik sağlaması gerekmektedir. Genellikle buhar kesici olarak kullanılan malzemeler bitümlü keçe, metal folyo, ve plastik levha vb. malzemelerden üretilirler ve bu malzemelerin su buharı geçişini mümkün olduğunca azaltacak kalınlıkta olması gerekmektedir. Derzlerde, açıklıkların etrafında ve kenarlarda malzemenin üst üste bindirilerek sızdırmazlığın sağlanması gerekmektedir. Buhar kesici ısı yalıtımının sıcak tarafına yerleştirilmelidir.

İç kaplama malzemesi olarak ise boya, sıva, alçı levha, kontrplak, plastik gibi kaplama malzemeleri kullanılabilir. Masif duvarlarda folyo kaplamalı alçı levha kullanımı yoğuşma riskini önemli derecede azaltacaktır (Rich ve Dean, 1999).

İçten ısı yalıtımı uygulamalı geçirimsiz duvarlar

Dış duvara Şekil 2.3'te gösterildiği gibi içten ısı yalıtımı uygulaması yapıldığı takdirde iç mekan sıcaklığı ve yüzey sıcaklığı hızlı bir şekilde arttırılabilmektedir. Aralıklı olarak ısıtılan yapılarda, özellikle yapı masif yapı ise yapının hızlı ısınabilmesi için uygundur. Ancak duvarın iç ve dış yüzeyi arasındaki sıcaklık farkı yüksek oranda olduğunda, özellikle kış aylarında, yoğuşma riskine karşı önlem alınmalıdır. İçten ısı yalıtımının bir diğer avantajı ısı yalıtım malzemesinin ve buhar kesicinin iç ortam koşulları altında korunmasıdır. Mevcut yapılarda genellikle ısı yalıtımının içten yapılması en uygun çözüm olarak görülmektedir. Ayrıca yalıtım malzemesinin yağmur suyu penetrasyonundan zarar görmesi ihtimali de daha azdır. İçten ısı yalıtımı uygulamasının dezavantajı yapının taşıyıcı sisteminin hem mevsimsel hem de günlük sıcaklık değişimlerine maruz kalması ve ısı köprülerinin oluşmasıdır.

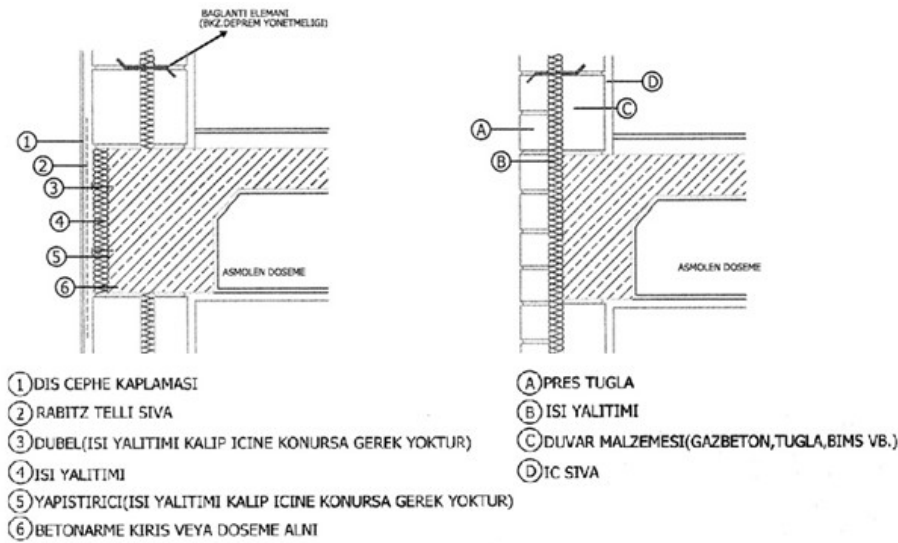


Şekil 2.3 : İçten ısı yalıtım uygulaması (Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği, 2008).

Su yalıtımı için yukarıda belirtilen malzemelere ek olarak seramik ya da mozaik kaplamalar da kullanılabilir. Duvar gövdesine su geçirimsiz panel kaplamalar monte edilebilir. Su yalıtım malzemesinin detaylandırılması, işçiliği ve kontrolleri iyi yapılmalıdır. Malzemede meydana gelebilecek çatlaklar, duvar gövdesinde don ve kimyasal hasarlara sebep olabilir. Metal iskelet duvar gövdesinde metal korozyonlarına ya da ahşap iskelette nem hareketlerine sebep olabilir. Su buharının duvar gövdesine zarar vermemesi için havalandırma boşluklarının ve buhar kesicinin iyi tasarlanmış olması gerekmektedir (Rich ve Dean, 1999).

Isı yalıtımının çekirdek bünyesinde uygulandığı geçirimsiz duvarlar

Şekil 2.4'te gösterilen bu duvar kesiti ayrı malzemelerden ya da prefabrik bileşenlerden yerinde yapım ya da ön yapım yöntemi ile yapılabilir. Duvar gövde malzemesi strüktürel metal, beton ya da plastik levhalardan üretilmiş, merkezinde ısı yalıtımı bulunan prefabrike elemanlardan ya da yerinde inşa edilen hafif agregalı beton plaklardan, gaz beton bloklardan ya da dökme beton malzemelerden yapılabilir (Rich ve Dean, 1999).



Şekil 2.4 : Çekirdek bünyesinde ısı yalıtım uygulaması (Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği, 2008).

2.1.5.2 Yarı geçirimli dış duvarlar

Yarı geçirimli duvar kesitinde dış duvar yüzeyi yağmur ve kar penetrasyonuna izin veren ve nem kontrolü sağlayan bir dış katman ve iç yüzeyinde bulunan bir su yalıtımı malzemesinden oluşmaktadır. Burada, su yalıtımı Şekil 2.5'te görüldüğü gibi bir boşluk olarak tasarlanabilir ya da bitümlü keçe, plastik, su geçirmez kağıt gibi malzemelerle de yapılabilir. Duvar yüzeyi fayans, shingle gibi malzemeler ile kaplanabilir. İyi bir su yalıtımının sağlanabilmesi için;

- Su yalıtımı (boşluk ya da kaplama malzemesi) doğru detaylandırılmalı ve uygulanmalıdır. Yarı geçirimsiz duvarlarda en önemli nokta, dış kaplama malzemesine nüfuz eden suyun duvar çekirdeğine ulaşmadan dışarı atılmasını sağlayan, açıklıkların etrafında, parapetlerde ve zemin veya çatılarda yalıtımın kesildiği bölgelerdir.

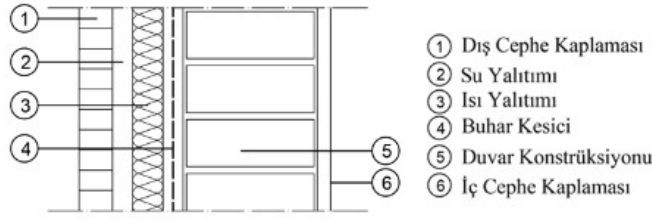
- Malzemeler yapısal hareketler ile termal ve nem hareketlerine karşı sabitlenmeli, bileşenler arasındaki kimyasal uygunluğa, mekanik strese dikkat edilmelidir.
- Yoğuşma riski önceden hesaplanmalıdır.
- Bakım ve erişim kolaylığı sağlanmalı ve malzemeler oluşabilecek tahribattan korunmalıdır (Rich ve Dean, 1999).



Şekil 2.5 : Boşluklu duvar ısı yalıtım uygulaması (Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği, 2008).

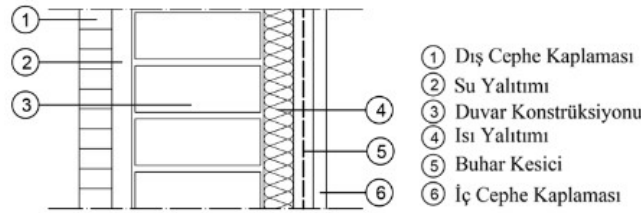
Yarı geçirimli dış duvarlar için dört ayrı detay tipi vardır. Bunlardan ilki su yalıtımının havalandırma boşluğu ile sağlandığı ve dıştan ısı yalıtımının yapıldığı duvar detayıdır (Şekil 2.6). Konut yapıları için uygun bir dış duvar detay çözümüdür. Yangına dayanıklılık, hava koşullarına karşı koruma, ısı ve ses yalıtımı için uygun bir katmanlaşma sağlar. Dış katman, beton blok, beton panel, tuğla ya da diğer birim duvar malzemelerinden oluşabilir. Dış katmanın iç yüzeyinde su birikeceğinden bu suyun iç drenaj sistemi ile tahliye edilmesi ve çekirdeğe ulaşması engellenmelidir. Bunun için su yalıtımının sürekli olması önemlidir. Duvar boşluğu, ısı ve ses yalıtım özelliğini kaybetmemesi için drenaj delikleri haricinde havalandırılmamalıdır.

Isı yalıtımı duvar çekirdeğinin dış yüzeyinde bulunmaktadır. Bu sayede havalandırmaya bağlı ısı dalgalanmaların önüne geçilmektedir. Duvar çekirdeği, hafif agregalı bloklar (gaz beton bloklar ya da panellerden) örme sistem ile veya içerisinde ısı yalıtım malzemesi bulunan iskelet duvar sistem ile yapılabilir. İskelet sistem metal malzemeden yapılmış ise korozyondan, ahşap malzemeden yapılmış ise nemden korunmalıdır. Buhar kesici ısı yalıtımının iç tarafına yerleştirilmeli ve su buharı içeren havanın duvar bünyesine girerek çekirdeğe zarar vermesi önlenmelidir. Duvar nefes alabilen özellikte tasarlanabilirler (Rich ve Dean, 1999).



Şekil 2.6 : Yarı geçirimli dış duvar detayı 1 (Rich ve Dean, 1999).

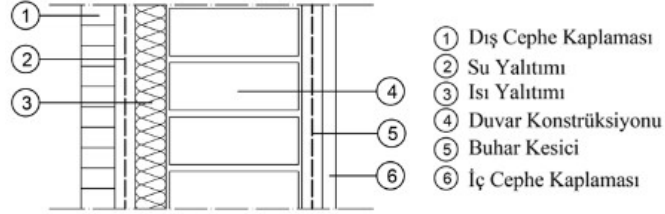
Bir diğer yarı geçirimli dış duvar detayı su yalıtımının havalandırma boşluğu ile sağlandığı ısı yalıtımının ise duvar çekirdeğinin iç yüzeyinde bulunduğu detay tipidir (Şekil 2.7). Bu dış duvar kesiti tuğla veya beton bloklardan yapılmış duvar çekirdeğinin aşırı yük yüklendiği durumlarda, çekirdeğin iç kısmında ısı yalıtım malzemesinin uygulanması durumunda kullanılır. Duvar gövdesinde tuğla ve beton bloklar ile örme sistem uygulaması ya da iskelet sistem uygulaması yapılabilir. Isı yalıtımının yetersiz olduğu mevcut yapılarda, boşluklu duvar sistemlerinde ısı yalıtımı duvar boşluğunda uygulanamadığı durumlarda kullanılabilir. Yoğuşma noktasına yalıtım malzemesi ile duvar gövdesi arasında ulaşılması durumunda ciddi yoğuşma sorunları meydana gelebilir. Bu duvar kesitinin birincil avantajı iç mekan sıcaklığının ve iç yüzey sıcaklığının hızla artırılabilmesidir. Ancak havalandırmaya bağlı olarak ısı dalgalanmalar yüksek olmaktadır. Buhar kesici malzemenin uygulamasında sürekliliğin sağlanması, açıklıklarda ve kenarlarda korumanın sağlanması önemlidir (Rich ve Dean, 1999).



Şekil 2.7 : Yarı geçirimli dış duvar detayı 2 (Rich ve Dean, 1999).

Şekil 2.8 ile gösterilen üçüncü yarı geçirimli dış duvar detayında duvar boşluğu içerisine ısı yalıtımının yerleştirilmesinin iki yöntemi vardır. Bunlardan ilki duvar boşluğunun tamamının bir ısı yalıtım malzemesi (köpük, ısı yalıtımı levhaları gibi) ile doldurulmasıdır. İkincisi ise sert ya da yarı sert levhaların boşluğa yerleştirildiği ancak tamamının doldurulmadığı yöntemdir. Isı yalıtım malzemesi olarak üre formaldehit köpük, su geçirimsiz taş yünü, poliüretan köpük ve cam yünü kullanılabilir. Su yalıtımının, ısı yalıtım malzemesinin dış yüzeyinden yapılması ile su alması engellenebilir. Duvar gövdesi tuğla, beton bloklar, ya da beton panellerden

yapılmış olabilir. Buhar kesici malzeme, duvar boşluğu ısı yalıtım malzemesi ile doldurulduğunda genellikle kullanılmaz ancak yoğunlaşma riskinin yüksek olduğu tespit edilirse iç kaplamanın dış yüzeyinde kullanılması gerekir (Rich ve Dean, 1999).

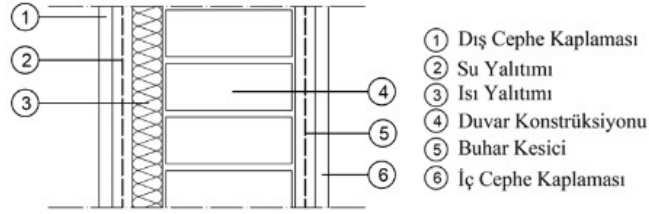


Şekil 2.8 : Yarı geçirimli dış duvar detayı 3 (Rich ve Dean, 1999).

Yarı geçirimli dış duvarlar için uygulanan dördüncü dış duvar detayı ise kil, beton, ahşap, plastik, metal, tuğla gibi malzemelerden yapılan küçük boyutlu ve kuru birleşimli birim malzemeler ile dış duvar kaplamasının yapıldığı ve iç kısmında su yalıtımının uygulandığı duvar kesitleridir (Şekil 2.9). Rüzgarla itilen yağmur veya kar etkisiyle dış kaplama malzemesinin derzlerine su nüfuz edebilir. Küçük parçalardan oluşan duvar kaplama malzemeleri genellikle görsel nedenlerle tercih edilirler ancak bunun yanında duvar gövdesi için iyi bir koruma sağlarlar ve su buharının derz aralarından geçişine izin verirler. Bu tip kaplama malzemelerinin kullanımında; montaj elemanlarında korozyonun meydana gelmemesine, kaplama malzemelerinin şiddetli yağmur suyuna karşı su geçirimsiz olmasına, diğer malzemeler ile bağlantılarında uyuma ve çevresel etkilere karşı korunmasına dikkat edilmelidir.

Kullanılan su yalıtım malzemesi, dışarıdan gelen suyun duvar gövdesine ulaşmasını engellerken, içeriden dışarıya su buharının geçmesine izin vermeli yani nefes alan özellikte olmalıdır. Duvar gövdesinin nemden zarar görme ihtimaline karşı kaplama malzemesinin iç yüzeyinde kullanılmalıdır. İskelet sistemli yapılan bir duvar gövdesi üzerinde su yalıtımı sağlayan kağıt, örme sistem ile yapılan tuğla veya beton blok duvar üzerinde keçe su yalıtım malzemeleri kullanılabilir. Birleşim bölgeleri iyi tasarlanmalı ve su toplanarak yapıdan uzaklaştırılmalıdır. Levha şeklindeki ısı yalıtım malzemeleri genellikle bu duvar kesitinde kullanılmazlar. Isı yalıtım özelliği gösteren hafif beton bloklar kullanılabilir. Ayrı bir ısı yalıtım malzemesi kullanılacaksa ıslanmaması için önlem alınmalıdır. Buhar kesici malzemenin sürekliliği sağlanmalıdır. Ahşap iskeletli duvar tiplerinde eğer su buharı ısı yalıtım

malzemesine zarar vermeden dışarı atılabiliyorsa buhar kesici kullanılmasına gerek olmayabilir. (Rich ve Dean, 1999).



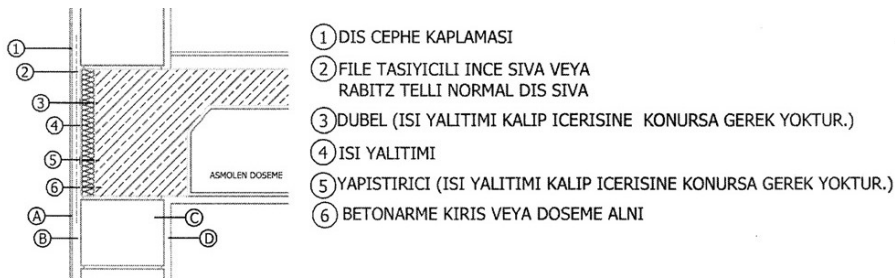
Şekil 2.9 : Yarı geçirimli dış duvar detayı 4 (Rich ve Dean, 1999).

2.1.5.3 Geçirgen dış duvarlar

Bu tip dış duvar sistemleri ısı yalıtımını ve iç konfor şartlarını sağlayamaması nedeniyle genellikle tercih edilmemektedir.

İlave yalıtım malzemesi içermeyen kalın geçirgen duvarlar

Şekil 2.10'da görülen yalın duvar uygulamasının yapıldığı dış duvar kesitlerinde hava şartlarına karşı koruma, strüktürel destek ve ısı yalıtımı gibi fonksiyonlar duvar çekirdeğini oluşturan malzemeler tarafından karşılanmaktadır. Bu malzemeler, pişmiş toprak, taş, brüt beton, kireç-kum taşı, beton blok gibi malzemelerdir (Toydemir ve diğ., 2000). Dışarıdan gelen ve duvar bünyesine nüfuz eden suyun etkisi ile duvarda meydana gelen termal ve yapısal hareketler çatlaklara sebep olabilir. Bu nedenle çekirdek malzemesi dış etkenlere dayanıklı, rijit bir malzeme olmalı ve iç ve dış görseelliği iyi olmalıdır. Bu duvar tipinin bir avantajı yüksek termal kapasiteye sahip olmasıdır. Ancak suyun etkisiyle duvarın ısı yalıtım değeri düşer. Sıcaklık düştüğünde su buharı hareketi nedeniyle duvarda yoğunlaşma meydana gelebilir. Duvar içerisinde donan su genişerek hasara neden olabilir. Duvarın iç yüzeyine yerleştirilen su yalıtımı neme engel olsa da don hasarlarını ve duvarın ısı performansının düşmesini engelleyemez (Rich ve Dean, 1999).



Şekil 2.10 : Yalın duvar uygulaması (Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeli, 2008).

Isı yalıtım ilaveli geçirgen duvarlar

Duvar performansının artırılması amacıyla duvar kesitinde bazı ilave katmanlar uygulanabilir. Isı yalıtım malzemesi geçirgen duvar bünyesine yerleştirildiğinde sıcaklık yoğuşma noktasının altına düştüğünde yoğuşma meydana gelir. Yalıtım malzemesinin kuru kalabilmesi için etkili bir su yalıtımı ve buhar kesici kullanılmalıdır. Isı yalıtımının duvara monte edilmesi su yalıtım malzemesine zarar verebilir. Ancak su yalıtımı üzerine sabitlenmiş rijit bir ısı yalıtım malzemesi ya da buhar kesici ve iç kaplama görevini görecek özel bir malzeme yoğuşma riskini azaltacaktır (Rich ve Dean, 1999).

2.2 Dış Duvarlarda Kullanılan Malzemeler

Dış duvarlarda kullanılan yapı malzemeleri kullanım amaçlarına göre aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmakta ve EK A'da tablo halinde sunulmaktadır.

2.2.1 Dış duvar çekirdeğini oluşturan malzemeler

Taşıyıcı olan ve taşıyıcı olmayan duvar sistemlerinde çekirdeğin işlevi farklılık gösterdiğinden kullanılan malzemelerin nitelikleri de farklıdır. Ancak her iki durumda da kullanılan malzemeler koruyucu ve ayırıcı nitelikte olmalıdırlar. Duvar taşıyıcı özellikte, yığma sistem ile inşa edilmişse genellikle kullanılan malzemelerin yüzeyleri kaplanmaz ve çekirdek iç ve dış kaplama görevini de yüklenir. Yapı iskelet sistem ile inşa edilmiş ve dolgu duvarlar kullanılıyorsa genellikle yüzeyleri kaplanan malzemeler kullanılmaktadır (Toydemir ve diğ., 2000).

Yüzeyi kaplanmayan malzemeler; doğal taşlar, pişmiş toprak (tuğla), siliko-kalker tuğlası, brüt beton ve beton blok, masif ahşap, cam tuğla gibi malzemelerdir. Yüzeyi kaplanan malzemeler ise; moloz taş, harman tuğlası, yatay ve düşey delikli normal ve blok tuğlalar, grobeton bloklar, kireç-kum taşı, perde duvar betonları, beton blok ya da briket, kerpiç bloklar gibi malzemelerdir (Toydemir ve diğ., 2000).

2.2.1.1 Örme duvar malzemeleri

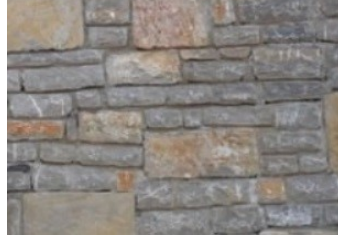
Örme duvar sistem, çeşitli doğal ve yapay malzemelerden oluşan modüler (eşit boyut ve özelliklerde) birimlerin bağlayıcı bir malzeme kullanılarak bir araya getirilmesi ile oluşturulan yapım sistemidir. Doğal taşlar, tuğla, beton bloklar, kerpiç bloklar,

cam tuğlalar gibi malzemeler kullanılarak uygulanabilirler. Modüler birimler duvarın tek bir gövde gibi davranmasını sağlayacak şekilde örülmelidirler.

Taş Duvarlar

Türkçü (2009)'nın tanımına göre taş duvarlar, kagir bir malzeme olan taşın harç ile bütünleştirilmesi sonucu ortaya çıkan duvarlardır. Doğal ve yapay taşlar olmak üzere ikiye ayrılırlar. Doğal taşlar, doğada bulunan veya taş ocaklarından çıkarılan, homojen yapılı, atmosfer etkilerine dayanıklı yapımda kullanılmaya elverişli taşlardır. Yapay taşlar ise, doğal veya yapay malzemenin insanlar tarafından atölye, ocak veya fabrikalarda işlenerek üretildiği birim bileşenli yapı malzemelerinin genel adıdır. Doğal taşlar; püskürük taşlar, tortul taşlar ve başkalaşım taşları olarak üçe ayrılmaktadır. Taşıyıcı veya bölücü duvar yapımına uygun taşlar aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdırlar:

- Atmosferden gelecek yıprandırıcı etkilere karşı dayanıklı olmalıdır.
- Homojen olmalı, bünyesinde çatlak ve ayrışmalar bulunmamalıdır.
- Ocak taşları tercih edilmelidir. Dere taşları parlak ve kaygan yüzeyli olduklarından harçla bütünleşmeleri zordur, bu sebeple taşıyıcı duvar yapımında kullanıldıklarında kırılarak kullanılmalıdırlar.
- Ocak taşları ocaktan çıktıktan sonra nemini atmalı ve harçla bütünleşmelidirler.
- Kullanılacağı işleve uygun olarak sürtünme ile aşınmamalıdırlar.
- Ağırlıkça su emme değeri %1.8'den büyük, özgül ağırlıkları 2.55 gr/cm³'ten küçük olmamalıdır.
- Darbe dayanımı, paslanma, dona ve asitlere karşı dayanıklılık gibi yönlerden ilgili standarda uygun olmalıdırlar. Gerekli basınç ve çekme dayanımını karşılamalıdırlar.
- Doğal taşlar şantiyede kontrol edilmeli ve var olan kusurları, bozuk ve zayıf bölümleri ayrılmalıdır (Türkçü, 2009).



Şekil 2.11 : Taş duvar uygulaması.

Doğal taşlar kullanılarak inşa edilecek duvarlarda yaygın olarak kullanılan yöntemler yüzlerinin işlenme şekillerine bağlı olarak, moloz taş, kaba yonu, ince yonu ve kesme taş duvarlardır. Şekil 2.11’de örnek taş duvar uygulaması görülmektedir. Moloz taş duvarlardan kesme taş duvarlara doğru gidildikçe işçilik, malzeme kalitesi, taşıyıcılık artmaktadır. Ayrıca duvar yükseklikleri artarken duvar kalınlıkları azalmaktadır. Kaplama malzemesi kullanılmadan oluşturulacak doğal taş duvarlarda örgüye uygun, prizmatik biçimli, kenar ve köşeleri keskin, nispeten yumuşak ve işlenebilir taşların kullanılması gerekmektedir. Bu niteliğe sahip taşlar kalker, gre (kumtaşı), trakit, andezit, bazalt ve volkanik tüfler gibi nispeten yumuşak ve düzgün çıkarılabilen taşlardır. Moloz taş ve kaba yonu taş duvarların duvar kalınlıkları, duvarın stabilitesi açısından 50-60 cm’den az, ince yonu ve kesme taşların duvar kalınlıkları ise 30 cm’den az olmamalıdır (Türkçü, 2009; Toydemir ve diğ., 2011).

Doğal taşlar çıkarılmalarında ve yapıda kullanımlarında az enerji harcanan malzemelerdir, çevresel etkileri düşüktür ve geri dönüştürülebilirler ancak jeolojik oluşumlar olduklarından yenilenebilir malzemeler değildir. Doğal taş kullanımının en büyük avantajı bakım gerektirmemesi ve uzun ömürlü olmasıdır. Ancak büyüklükleri ve ağırlıkları nedeniyle malzemenin şantiyeye taşınması harcanacak enerji miktarını doğrudan etkilemektedir, bu nedenle yerel bir kaynaktan elde edilen doğal taşlar, çıkarıldıkları yerde kullanılabilmeleri açısından daha düşük enerji maliyetine sahiptirler. Diğer malzemelere göre gömülü enerjileri düşüktür ancak duvar kalınlıkları fazla olduğundan kullanılacak malzeme miktarı fazladır. Bu doğrultuda, sadece malzeme ölçeğinde değil yapının bütününün çevresel etkisi değerlendirilmelidir. (Petrović ve diğ., 2017). Taş ocakları, üretim tesisleri, çevreyi gürültü, toz, titreşim, trafik nedeniyle etkileyebilir, ayrıca bitki örtüsünde tahribata neden olabilir, taşımacılık ve enerji tüketiminden kaynaklı CO₂ emisyonlarına sebep olabilir (Wooley ve diğ., 2005).

Tuğla duvarlar

Tuğla, killi toprak ve balçığın, kaolinin veya içinde kısmen bunları içeren toprakların harmanlanıp gerektiğinde su, kum, öğütülmüş tuğla veya kiremit tozu, kül veya benzeri katkı maddeleri ile karıştırılıp şekillendirildikten sonra fırınlanmasıyla elde edilen bir yapı malzemesidir (Türkçü, 2009). İçerisinde, kil, kum, kireç (kalsiyum hidroksit) ve demir oksit bulunur. Karışımında ne kadar fazla demir oksit varsa tuğla da o kadar dayanıklı ve kırmızı renklidir (Hess-Kosa, 2017). Üç boyutu fabrikada belirlenmiş birimsel bir yapı bileşenidir. Yapının farklı bölümlerinde kullanılmak üzere döşeme tuğlası, baca tuğlası, ateş tuğlası gibi çeşitli tuğlalar üretilmektedir. Bina yapımında kullanılanlar ise yapı tuğlası adını alır. Tuğla harmanlarında ya da fabrikalarda üretilen tuğlalar hem boyutsal yönden hem de teknik özellikler yönünden 2005 yılında TS EN 771-1 standardı ile standartlaştırılmıştır (Türkçü, 2009).

Harman tuğlaları; killi toprak, balçık, eski tuğla artıklar vb. malzemelerden oluşan hammadde karışımı tuğla hamuru haline getirilip şekillendirilir ve kurutulduktan sonra 800 °C dolaylarında, harman yerlerindeki ocaklarda pişirilerek elde edilir. Dolu veya delikli olarak üretilirler. Taşıyıcı duvar yapımında, bir veya iki katlı yapılar için yığma duvar yapımında kullanılabilirler (Türkçü, 2009).

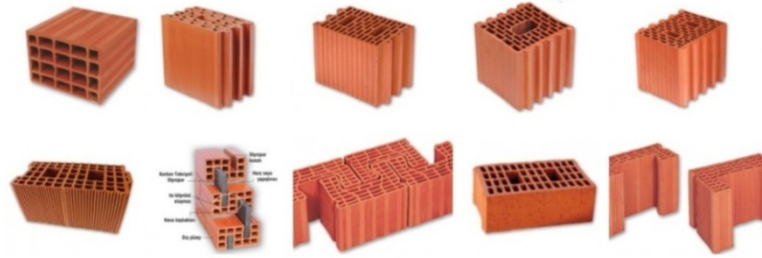
Fabrika tuğlaları; hammadde makinelerde şekillendirildikten ve genellikle yapay olarak kurutulduktan sonra fabrika fırınlarında 800-1300 °C arasında pişirilen tuğlalardır. Devamlı kontrol altında ve modern fırınlarda üretildiklerinden şekil olarak daha düzgün, basınç dayanımları daha yüksek, suya, neme, dona dayanım gibi fiziksel özellikleri daha iyidir. Yapı tuğlası, cephe tuğlası, pres tuğla, sırlı tuğla, klinker tuğlası, ateş tuğlası, asit tuğlası gibi çeşitleri vardır (Türkçü, 2009).

- Yapı tuğlası; bir binada veya herhangi bir yapıda strüktürel ve konstrüktif görevler için uygun olan tuğla türüdür. Dış etkilere dayanımını arttırmak ve görünüşünü iyileştirmek amacıyla üzeri sıva ile kapatılır.
- Cephe tuğlası; güzel, iyi renkli, veya renklendirilmiş, atmosfer etkilerine dayanımı artırılmış, belirli bir doku verilerek üretilebilen tuğlalardır. Karma veya iki tabakalı duvarlarda isteğe göre iç veya dış katmanda kullanılabilir. Dış yüzeyleri sıvanmaz.

- Pres tuğla; pres yöntemi ile üretilmiş, görünüşü düzgün, bütün köşeleri temiz kesilmiş, basınç dayanımı çok yüksek olan tuğla çeşididir. İsteğe göre iç veya dış yüzeyde kullanılabilir ve sıvanmadan bırakılır.
- Sırlı tuğla; yanakları ve/veya alınları sırlanmış tuğlalardır. İstenilen renkte üretilebilirler.
- Klinker tuğlası; çok yüksek derecede fırınlanmış, yük dayanımlı ve yüksek yoğunluklu tuğlalardır.

Tuğlalar, üst yüzeylerinin delikli olup olmamalarına göre dolu tuğla ve delikli tuğla olarak üretilirler (Şekil 2.12).

- Dolu tuğlalar; tamamen deliksiz ya da deliklerinin alan toplamı yüzey alanının %15'ini geçmeyen düşey delikli tuğlalardır.
- Düşey delikli tuğlalar; delikleri tuğlanın örülme düzlemine yada tuğlanın uzunluğuna dik olan, yığma kagir yapılarda taşıyıcı duvar yapımında kullanılan tuğlalardır. Basınç dayanımlarına göre seyrek delikli, az delikli ve çok delikli olmak üzere ayrılırlar.
- Yatay delikli tuğlalar; delikleri duvar örülme düzlemine paralel olan tuğlalardır. Taşıyıcı olmayan duvar yapımında kullanılırlar.



Şekil 2.12 : Tuğla çeşitleri.

Bunların haricinde bir de özel yalıtım tuğlaları bulunmaktadır. Bu tuğlalar, ısı yalıtımına katkıda bulunmak amacıyla çeşitli şekillerde üretilirler. Bu tuğlalardan biri geçmeli ve gözenekli tuğlalardır. Tünel fırınlarda 1000°C'de pişirilirler ve m²'sinde yaklaşık 100.000 hava gözenegi oluşur. Bu tuğlalar, yan yüzeylerinde bulunan girinti ve çıkıntılar yardımıyla düşeyde harç kullanılmadan örülürler, yatay derzlerde ise ince bir harç tabakası kullanılır. Isı yalıtım değeri yüksek olan bu tuğlalarda aynı zamanda işçilikten, harç malzemesinden ve zamandan tasarruf sağlanmaktadır. Bir diğeri ise tuğla ve straforun birlikte kullanıldığı tuğlalardır. Yatak düzleminde iki

girintiye şerit halinde ısı yalıtım malzemesi uygulanır. Bu sayede ısı yalıtım değeri yüksek duvarlar elde edilebilir ancak ısı köprülerinin oluşmasına tam anlamıyla engel olunamaz (Türkçü, 2009).

Tuğla kagir birimler ilgili standartta LD ve HD birimler olarak tanımlanmıştır. LD birimler; su etkilerine karşı korunmuş dış duvarlar için tasarlanmış, düşük birim hacim kütlelerine sahip kagir birimlerdir. HD birimler ise; su etkilerine karşı korunmuş ve korunmamış duvarlarda kullanım için tasarlanmış yüksek birim hacim kütlelerine sahip kagir birimlerdir. LD birimler kendi içerisinde normal, harç cepli ve lamba-zıvana sistemli (geçmeli) olarak ayrılmaktadır. Lamba-zıvana sistemli tuğlalar da kendi içerisinde W sınıfı ve AB sınıfı olarak tanımlanmaktadır.

Ayrıca malzeme özelliklerine göre tuğlalar kil, kalsiyum silikat ve beton tuğlaları olarak ayrılmaktadır. Kil tuğlaları; hammadde olarak yüzey killeri, eski tuğla artıkları gibi malzemeler kullanılır. Kullanılan toprağın rengine ve ısıtılmasına göre farklı renk tonlarında olurlar. En yaygın kullanılan tuğla çeşididir. Kalsiyum-silikat tuğlaları; tuğla karışımının ana malzemesi kum, kuvars, öğütülmüş silikat çakılları ve kayaçlardır. Uygun boya maddeleri ile renklendirilebilirler ancak genellikle beyaz renkli üretilirler. Beton tuğlaları; ince agregalı betonun yüksek basınç altında kalıplarda preslenmesi ile elde edilir. Portland çimentosu ya da çabuk sertleşen çimento kullanılabilir (Türkçü, 2009). Kalsiyum silikat tuğlaları ve beton blokların üretimi kil içermediklerinden kil tuğlalarına göre farklıdır, yüksek basınç altında kalıplanıp yüksek basınçlı 180 °C civarında buharla kürlenirler. Yüzeyleri çok düzgün olduğundan sadece yapıştırıcı kalınlığı ile sıfır derzli örülebilirler (Toydemir ve diğ., 2000).

Tuğlanın ürün emisyonları oldukça düşüktür (Hess-Kosa, 2017). Ancak kil tuğlaları fırınlanmaları esnasında yüksek miktarda enerji harcarlar ve malzemeler dikkatli seçilmediğinde genellikle toksik gazların ve buharların çıkmasına neden olurlar. Delikli tuğlalar dolu tuğlalara oranla, daha az kaynak tüketimi, daha az enerji tüketimi, daha az işlem süresi ve daha az ağırlık ve dolayısıyla daha az taşıma enerjisi gerektirirler ve daha yüksek bir yalıtım değerine sahiptirler. Tuğlanın hammadde olarak yeniden kullanılması ise mümkündür (Wooley ve diğ., 2005).

Brüt Beton ve Beton Bloklar

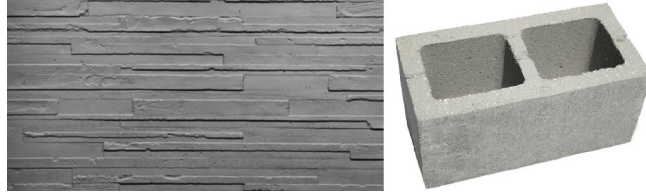
Beton, çimento, agrega, su ve gerektiğinde kullanılan katkı maddelerinden oluşmaktadır. Yerinde dökme ya da önceden fabrikalarda hazırlanmış blok veya daha büyük birimler olarak kullanılırlar (Şekil 2.13). Prefabrike bileşenler, ağırlığı azaltmak ve ısı yalıtımı sağlamak amacıyla genellikle içi boş olarak üretilirler. Donatılı ya da donatısız olabilirler. Betonun en önemli özelliği yüksek basınç dayanımı, yangına dayanıklılık ve ısı depolama kapasitesidir (Berge, 2009).

Betonarme duvarlar dış duvarlarda taşıyıcı özellikte uygulanabilirler. Taşıyıcılık özelliği yanında sıvanmayan bir duvar çekirdeği oluşturabilmesi için, kalıbın her noktası doldurabilecek şekilde, ince tane oranı yüksek bir granülometrik bileşim, dış etkilere dayanıklılık yönünden 400-450 dozajlı çimento ve yüksek sızdırmazlık sağlaması için gerekli katkı maddelerinden oluşmalıdır. Bu sistem ile inşa edilmiş duvarlar brüt beton duvarlar olarak adlandırılırlar. Betonun yüzey dokusu ise farklı kalıplar kullanılarak verilmektedir. Brüt beton yüzeyler bir kez elde edildikten sonra yüzeyinde oluşan herhangi bir bozukluğun giderilmesi mümkün değildir. Aynı etkiye sahip duvar yüzeyleri, beton bloklar kullanılarak da elde edilebilir (Toydemir ve diğ., 2000).

Beton bloklar, yoğun beton bloklar, gaz beton bloklar ve hafif agregalı beton bloklar olarak ayrılırlar. Bloklar dolu, boşluklu ya da hücreli yapıda olabilirler. Taşıyıcı duvarlarda boşluklu blokların içleri harç veya betonla doldurulabilir ve gerekirse düşey takviye donatı elemanları kullanılabilir. Agrega değişimi, renkli çimento veya pigment kullanımı ile farklı renklerde beton bloklar elde edilebilir. Doku ve geometrik desen veren farklı kalıplar kullanılabilir (Foster ve Greeno, 2007).

Beton blokların dış duvarlarda kullanımı mukavemet ve stabilite, dayanıklılık ve hava şartlarına dayanım için uygulanması gereken teknikler tuğla ile benzerlik gösterir ancak betonun çatlamaması için çeşitli önlemler alınması gerekmektedir. Bu çatlaklar, nem ve büzülme hareketi nedeniyle oluşmaktadır. Genellikle blokların örülmesinde kullanılan harç; çimento, kireç, kum karışımından oluşmaktadır. Harç büzülme gerilmelerinin birleşim yerleri arasında dağılmasını sağlar. Uzun duvarlar, çatlamalara karşı kontrol derzleri ile bölümlendirilmelidir. (Foster ve Greeno, 2007). Blokların alın yüzeylerinde harç cepleri bulunabilir ya da bloklar harç gerektirmeyen geçmeli sistem ile üretilmiş olabilir. Isı yalıtımı, blokların cidarları ile

sağlanmaktadır ancak yetersiz kalması durumunda içten veya dıştan ısı yalıtım uygulaması yapılabilir. Çift katmanlı duvar uygulaması yapılabilir, dış yüzeyde taşıyıcı olmayan harçla birleştirilmiş pres tuğla gibi bir kaplama malzemesi iç katmanda beton blok kullanılarak her ikisi arasında kalan boşlukta ısı yalıtım malzemesi uygulanabilir (Türkçü, 2009).



Şekil 2.13 : Brüt beton ve beton blok.

Beton üretiminde yaygın olarak kullanılan portland çimentosu gibi kireç bazlı çimentoların kullanımı çok yüksek oranda CO₂ emisyonuna neden olmaktadır. Portland çimentosu genellikle nötrale edilmiş olsa da demir sülfat ve cilt alerjisine neden olabilen krom içermektedir. İnşaat sırasında kireçli ürünler ile temas cilt ve gözlerde ciddi hasarlara neden olabilmektedir. Ayrıca uçucu küller içerdiğinden çevreye sülfür salınmasına neden olmaktadır (Berge, 2009). Çimento üretiminde çok yüksek miktarda enerji harcanmakta, üretim sırasında fosil yakıtlar kullanılmaktadır. Fosil yakıt kullanımının yanında doğaya yüksek miktarda CO₂ salımına neden olan bir kimyasal reaksiyon sonucunda elde edilir. Karbon monoksit, organik hidro karbon, flor bileşikler ve ağır metaller içermektedir. Hammaddelerin kimyasal reaksiyonu ve yanan fosil kaynaklar nedeniyle sülfür dioksit ve azot oksit açığa çıkmaktadır. Hacmi ve yoğunluğu nedeniyle taşıma maliyeti yüksektir. Betonun agrega olarak yeniden kullanımı mümkün olabilir (Berge, 2009).

Gaz beton

Betonun bulunmasından bu yana hafif beton elemanlar üretilebilmesi için beton karışımına tuf, sünger taşı, perlit gibi doğal hafif agregalar, kimyasal veya inorganik katkı maddeleri katılarak hacmin artırılması ve ağırlığın azaltılmasına yönelik çeşitli yöntemler denenmiştir. Gaz betonun üretilebilmesi için, genellikle agrega olarak silis oranı yüksek olan kum, kuvarsit veya uçucu kül ve gözenek oluşturacak katkı malzemesi olarak alüminyum tozu veya macunu kullanılır. İstenilen dozda harmanlan öğütülmüş kireç, öğütülmüş kuvarsit ve çimento su ile karıştırılır ve gerekli sıcaklığa geldiğinde gözenek oluşturucu şerbet eklenir. Karışım kalıplara

dökülerek gözeneklerin oluşması ve sertleşmesi beklenir, ardından kesilerek basınç odalarında buhar ile kürlenir (Türkçü, 2009; TS EN 12602, 2016).

Gaz beton tuğlaya göre boyutları daha büyük olmasına karşın hafif oluşundan dolayı daha az zamanda daha az işçilikle örülebilen bir malzemedir. Yapı yükünü azaltır. Uygun boyutlara göre kesimi kolaydır, kolay işlenir, delme, rendeleme, vidalama işleri kolaylıkla yapılabilir. Boyut hassasiyeti yüksektir. Tutkal ile birleştirilmesi düzgün derz oluşumu sağlar, sıva işçiliğinden ve miktarından tasarruf edilir. Yaklaşık %84'ünün hava dolu gözeneklerden oluşması yüksek ısı yalıtımı sağlar. Yangına dayanımı yüksektir. Ses yalıtımı sağlar (Türkçü, 2009).

Gaz beton malzemeler donatı durumuna göre, donatılı ve donatısız olarak ayrılırlar. Şekil 2.14'te donatılı ve donatısız gaz beton blok örnekleri görülmektedir. Harçla veya tutkalla örülebilirler. Donatısız olarak üretilen gaz beton duvar blokları düz bloklar, geçmeli bloklar ve zıvanalı bloklar olarak üretilirler. Betonarme, çelik, ahşap ve prefabrike gibi yapı sistemlerinde dış ve iç dolgu duvar malzemesi olarak ya da yığma yapılarda taşıyıcı dış ve iç duvar malzemesi olarak kullanılabilirler (Url-1). Düşey ve yatay duvar elemanları, asma blok, ısı yalıtım elemanları, kapı ve pencere lentoları, döşeme plakları ve çatı lentoları olarak kullanıma uygun türleri vardır (Türkçü, 2009). Donatılı olarak üretilen düşey ve yatay duvar elemanları, içerisinde çelik hasır donatı bulunan büyük boyutlu yapı elemanlarıdır. Dış ve iç duvar yapımında taşıyıcı sisteme dıştan, içten veya kolon aralarından monte edilebilirler ve özel geçmeli profillerle imal edildiklerinden kuru montaj yapılır. Rüzgar, deprem kuvvetlerini karşılayabilecek dayanıma sahiptirler. Ayrıca düşey duvar elemanlarının taşıyıcı özellikte imal edilenleri de vardır (Url-2).



Şekil 2.14 : Gaz beton blok.

Betonarme taşıyıcı sistem ile inşa edilen yapılarda gaz beton malzeme ile örülerek yapılan dolgu duvarlar, ayrıca bir ısı yalıtım malzemesi gerektirmeden uygulanabilir. Bu sistemde duvar blokları döşemeden dışarı taşırılarak örülür ve betonarme

yüzeyler gaz beton ısı yalıtım levhaları ile kaplanır. Bu sayede gerekli iç konfor koşullarını sağlayan, nefes alabilen, yanmaz dış duvarlar elde edilebilir (Url-3).

Az miktarda kullanılmasına rağmen gaz beton üretiminde alüminyum kullanılması malzemenin gömülü enerji miktarını arttırmaktadır. Normal şartlarda beton CO₂ içermez, ancak gaz beton atmosferden önemli miktarda CO₂ emer ve bu genel küresel ısınma etkisini azaltır (Wooley ve diğ., 2005).

Hafif Agregalı Beton Bloklar, Bims Blok

Günümüzde hafif agregalı beton blokların yapıda kullanımı sabit yüklerin azaltılması açısından önem taşımaktadır. Beton blokların yapımında organik ve mineral kökenli çeşitli agregalar kullanılabilir. Bunlar, doğal agregalar, yüksek fırın cürufu, kömür ve kok cürufları, hafif doğal agregalar, fırınlanmış kil, tuğla kırıntıları, yüksek ısı derecesinde hacmi genişletilmiş ve aniden soğutulmuş mineral agregalar (vermikülit, perlit gibi) ve bunlara benzer diğer agregalardır (Türkçü, 2009). Berge (2009)'in tanımına göre ısı yalıtımı sağlayan mineral kökenli hafif agregalar; pomza, fosil kaynaklı agregalar, kil, vermikülit, perlit, geri dönüşümlü cam ve yüksek fırın cürufudur. Isı yalıtımı sağlayan organik agregalar ise ahşap yongaları, talaş, saman ve selüloz lifi gibi malzemelerdir. Ayrıca parçalanmış atık polistren ve atık kağıtlarla da hafif beton bloklar üretilebilir. Genellikle organik agrega içeren beton bloklar daha az ısı yalıtım değerine sahiptirler (Berge, 2009).

TS 1114 Hafif Agregalar standardında tabii hafif agrega tanımı; meydana gelişleri sırasında gözenekli yapı kazanmış tüf, pomza, sünger taşı, lav cürufu, diatomit vb. kırılmış veya kırılmamış agregalardır. TS 3234 standardına göre ise pomza (bims); birbirine bağlantısız boşluklu, sünger görünümlü silikat esaslı, birim hacim ağırlığı genellikle 1 gr/cm³'ten küçük olan sertliği Mohs skalasına göre 6 olan ve camsı doku gösteren volkanik bir madde olarak tanımlanmıştır. Asidik ve bazik karakterli olabilir. Yeryüzünde en yaygın bulunan çeşidi asidik özellikte, beyaz ya da kirli beyaz renklindedir (Url-4).

Bims bloklar, bims agregalarının çimento, su ve gerektiğinde kuvars kumu ile karıştırılarak basınç altında vibrasyonla sıkıştırılıp kürlenmesi ile elde edilen bims betondan üretilen blok elemanlardır. TS 2823 standardına göre donatılı ve donatısız olmak üzere ayrılırlar. Donatılı bims bloklar, kapı ve pencere lentoları, döşeme plakları, çatı plakları, düşey ve yatay duvar elemanları olarak kullanım amaçları ve

boyutlarına göre sınıflandırılırlar. Donatısız bims bloklar ise, Şekil 2.15'te görüldüğü üzere boşluklu, boşlukları dolgulu, dolu ve özel yarıklı dolu duvar blokları ile asmolen bloklar olarak üretilirler. Boşluklu duvar blokları form ve boşluk konumlarına göre, tek sıra, iki sıra, üç sıra ve dört sıra boşluklu olarak üretilirler. Bunun yanı sıra çeşitli amaçlarla üretilmiş farklı bims blok formları da vardır (Url-4).



Şekil 2.15 : Bims blok.

Bims blokların volkanik yapıları nedeniyle su emme oranları düşüktür. Su buharı geçirgenlikleri yüksektir. Bims blok, ilave ısı yalıtım malzemelerine gerek duyulmadan termal kütle ve ısı yalıtımı özelliği göstermektedir. Dış koşullara dayanımı yüksektir (Petrović ve diğ., 2017). Hafif agregalı beton blokların üretimleri sırasında yüksek miktarda enerji harcanmaktadır ancak harcanan enerji beton üretiminde harcanan enerjiye yakındır. Blokların düşük ağırlıkta olması taşıma ve işleme ile ilgili harcanan enerjiyi azalmaktadır (Berge, 2009; Woolley ve diğ., 2005).

2.2.1.2 Çerçeveseli duvar sistemleri

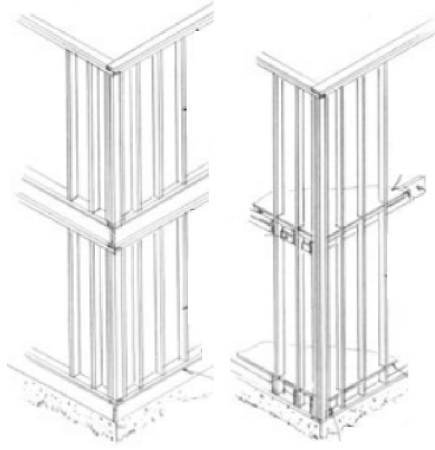
Günümüzde modern yapıların büyük kısmında örme duvar malzemeleri ve beton yerine, hafif, hızlı uygulanabilen, düşük maliyetli, yanmaz ve dayanıklı olmaları nedeniyle çerçeveseli duvar sistemleri tercih edilmektedir. Taşıyıcı duvar sistemi ile çerçeveseli duvar sistemleri arasında fark vardır, çerçeveseli duvarlarda tüm yükler strüktür sistemi tarafından taşınır ve iç ve dış duvarlar taşıyıcı değildir. Küçük ölçekli ve az katlı binalarda, küçük kereste ve soğuk şekillendirilmiş çelik elemanların yakın aralıklarla bir araya getirilmesi ile iskelet sistemli taşıyıcı duvarlar oluşturulabilir. Çerçeveseli duvar sisteminde ise birincil yük taşıma elemanı olan kolon ve kirişler bulunmadığından iskelet sistem ile inşa edilmiş yapılardan farklıdır. Bu sistemde dış duvarlar, çerçeve, ısı yalıtım malzemesi ve kaplama elemanlarından oluşmaktadır (Foster ve Greeno, 2007). Çerçeve sistemleri kullanılan malzemelere göre ahşap dikmeli ve metal dikmeli çerçeveler olarak sınıflandırılmaktadır.

Ahşap dikmeli çerçeve sistemler

Ahşap tarih boyunca bina yapımında kullanılan yapı malzemelerinin başında gelmiştir. 19. Yüzyıl itibari ile standart boyutlarda keresteler üretilmeye başlanmıştır. İlk üretilen yapılar ağır kerestelerden imal edilmiş kolon ve kirişlerden oluştuğundan ağır işçilik gerektirmiştir. Bu nedenle, iş gücünün hafifletilebilmesi için daha hızlı bir yöntem ile inşa edilebilen ‘balon çerçeve sistemi’ tasarlanmıştır. Ancak ağır sistemlerin aksine balon çerçevelerin yangına dayanımı çok düşüktür. Bu eksikliğin giderilebilmesi amacıyla ‘platform çerçeve sistemi’ tasarlanmıştır. Balon ve platform çerçeve sistemleri Şekil 2.16’da gösterilmektedir. Daha sonrasında gelişen endüstri ile birlikte çelik ankraj elemanları tasarlanmış ve ahşap dikmelerin montajında kullanılmaya başlanmıştır (Nashed, 1996).

Balon çerçeve, temel üzerindeki ahşap yastıktan çatı plakasına kadar iskeletin tüm kat yüksekliği boyunca yükselen dikmelerden, dikmelerin içerisinden geçen plaklardan ve kuşaklarla desteklenen dikmelere çivili döşeme kirişlerinden oluşmaktadır. Balon çerçeve günümüzde nadiren kullanılmasına karşın, çok az düşey büzülme gösterdiğinden tuğla kaplama ve stük gibi bitirme malzemeleri kullanımında tercih edilebilmektedir. Balon çerçeve sisteminde, zemin katın döşeme kirişleri temel duvarı üzerine yerleştirilen yastığa oturur. Katlar arasında ve üst katla çatı arasında hava akımının önlenmesi ve yangının yayılmasının önüne geçilmesi için yangın kesiciler yerleştirilir. Döşeme kirişleri sürekli duvar dikmeleri üzerine yerleştirilir. Dikmelerin içerisinden geçen kuşak ile döşeme kirişleri için destek sağlanır. 400 veya 600 mm aralıklarla yerleştirilen dikmeler tüm duvar yüksekliği boyunca uzanırlar ve gerektiğinde çapraz bağlar ile desteklenirler (Ching ve Adams, 2008).

Platform çerçeve ise, inşa edilen kat sayısından bağımsız olarak yalnızca tek kat yüksekliğindeki dikmelerden oluşan ve her katın bir alt kattaki tepe plaklarına veya temel duvarı üzerindeki ahşap yastık üzerine oturduğu hafif ahşap çerçevedir. Düşey büzülme balon çerçeveye göre daha fazla olmasına karşın döşemeler arasında eşitlenir. Dikmeli duvarlar panel veya tilt-up yapı sistemleri olarak saha dışında üretilbilirler (Ching ve Adams, 2008).



Şekil 2.16 : Platform çerçeve ve balon çerçeve sistemleri.

Yapı malzemesi olarak kullanılan ahşap keresteler mukavemet, ağırlık ve maliyet karşılaştırması açısından dengeli malzemelerdir. Kolayca imal edilebilir, birleştirilebilirler. Hafif olmaları nedeniyle, taşıma ve montaj işlemlerini kolaylaştırır ve yapının hareketsiz yüklerin ağırlığını azaltırlar. Platform ve balon çerçeveye ek olarak modifiye çerçeve sistemi ve bağımsız çerçeve sistemi de duvar tasarımında kullanılmaktadır. Modifiye çerçevenin platform çerçeveden farkı tek bir tepe plakasının kullanılmasıdır. Bağımsız çerçeveler de modifiye çerçeve sistemine benzerler ancak üst kat döşemesi sürekli bir çelik köşebent ile taşınır ve böylece döşeme duvar içerisine geçmez (Foster ve Greeno, 2007).

Ahşap çerçeve sistemlerinde pencere ve kapı açıklıklarının oluşturulması için açıklığın her iki tarafında çift dikme kullanılır bu sayede lento için de destek sağlanır. Ahşap çerçevelerin iç ve dış katmanlarında bir kaplama malzemesi kullanılır. Bu malzeme dış katmanda genellikle bir kontrplak, yönlendirilmiş yonga levha (OSB) ya da düşük yoğunluklu lif levhadır. Kapsama malzemesi çerçeveyi destekleyerek yapıya sağlamlık, rijitlik kazandırır. Kapsama malzemeleri düşey olarak kullanıldığında daha sağlam bir yapı elde edilir. Dikmeler arasında kalan yüzeyler ise ısı yalıtım malzemeleri ile doldurularak duvarın ısı yalıtımı sağlanmaktadır. İç katmanda ise genellikle alçı paneller kullanılır. Duvar dış kaynaklardan gelen su ve yoğuşmadan korunmalıdır. Bu amaçla dış kapsama malzemesi olarak kontrplak ya da OSB levha tercih edilmeli ve dış yüzeyde bir nem bariyeri kullanılmalıdır. Nem bariyeri, nemden kaynaklanan ya da yağmur ile gelen suyun duvar bünyesine geçmesini engeller. Su buharının geçişinin sağlanabilmesi ve yoğuşmanın engellenebilmesi için ise, duvarın iç yüzeyinde buhar kesici bir

malzemenin kullanılması ve sürekliliğinin sağlanması gerekmektedir. Alternatif bir sistem olarak da iç yüzeyde buhar kesici ve dış yüzeyde nem bariyeri kullanılmadan, dış katmanda düşük yoğunluklu lif levha kullanılmasıdır, bu sayede su buharının duvar bünyesinden geçişi sağlanabilir (Foster ve Greeno, 2007).

Ahşap malzeme ile yapılan yapılarda enerji kullanımı diğer malzemelere göre çok daha düşüktür dolayısıyla çevresel etkisi de daha azdır. Ancak ahşabın korunması için kullanılan kimyasallar ve montajı için kullanılan yapıştırıcıların çevresel etkisi yüksektir. Yapıştırılmış elemanların geri dönüştürülme imkanı mekanik monte edilmiş elemanlara göre daha azdır. Mekanik monte edilmiş elemanlar yeniden kullanılabilirler (Berge, 2009).

Metal dikmeli çerçeve sistemler

Hafif çelik dikmeler, çelik saç veya şeritlerin soğuk şekillendirilmesi ile elde edilirler. Soğuk şekillendirilmiş çelik dikmeler kolaylıkla kesilebilirler ve hafif, yanmaz ve su geçirmez duvar strüktürüne basit gereçlerle monte edilebilirler. Dikmeli metal duvarlar taşıyıcı olmayan özellikte veya hafif çelik döşeme kirişlerini destekleyen taşıyıcı özellikte olabilirler. Ahşap dikmeli duvarlar gibi ısı yalıtımı ve mekanik servisler için uygun boşlukları vardır. Her iki sistem birbirine benzer şekilde birleştirilir, kaplanır, yalıtılır ve bitirilirler. Dikmeler ‘C’ ve ‘U’ kesitli profillerden oluşurlar, ‘U’ kesitli iki sürekli ray arasında belirli aralıklarla konumlandırılırlar ve yatay kuşaklarla bağlanırlar, diyagonal çelik gergi elemanları ile desteklenirler (Ching ve Adams, 2008).

Çelik profiller şantiyede monte edilebilir ya da paneller halinde fabrikada üretilerek şantiyede montajları yapılabilir. Ahşap dikmeli çerçeveler gibi balon ya da platform sistem ile inşa edilebilirler ve benzer şekilde dış kaplama, iç kaplama malzemeleri ile yalıtım malzemeleri kullanılarak oluşturulurlar. (Foster ve Greeno, 2007).

Metal malzemenin yangın dayanımı düşüktür, bu sebeple gerekli koruma önlemleri alınmalıdır. Kolayca korozyona uğrayabilir. Metallerin üretimleri sırasında yüksek miktarda enerji harcanır, sera gazı emisyonları açığa çıkar ve çevresel etkileri yüksektir. Bunun yanında yeniden kullanımları mümkündür ve mekanik monte edilmeleri geri dönüşümlerini kolaylaştırır (Berge, 2009).

2.2.1.3 Panel duvarlar

Yapıda taşıyıcı olmayan kaplamalar genellikle strüktürel çerçeve ile birlikte panel biçiminde kullanılırlar.

Beton panel cephe malzemeleri

Çimento esaslı cephe malzemelerinde en büyük avantaj dayanıklılık ve ağırlık oranının iyi olması ve yangına dayanımlarının yüksek olmasıdır. Kontrollü fabrika koşullarında üretilen, Şekil 2.17’de görülen, beton paneller yerinde üretilen brüt beton duvarlara göre daha kalitelidirler ve istenilen yüzey şekillerine sahiptirler. Standart kalıplarla belirli boyutlarda üretildiklerinden ekonomiktirler, nakliye ve montaj maliyetleri düşüktür. Ayrıca detaylandırma, kalıp yapımı ve üretim için daha az zaman gerektirirler ve hata payları azdır (Brookes, 1998).



Şekil 2.17 : Beton panel.

Cam lifli takviyeli beton (CTB)

Cam lifli takviyeli beton, Portland çimentosu, silika kumu ve sudan oluşan karışıma alkali dirençli cam liflerinin ilave edilmesi ile elde edilen kompozit bir malzemedir (Şekil 2.18). CTB mukavemeti içerisindeki cam liflerinin yönelimlerine, sertleşme derecesine ve çimento/kum karışımı ile aderansına bağlıdır. Cam lifleri çekme dayanımı düşük olan betonun çekme dayanımını artırır. CTB paneller genellikle Portland çimentosunun grimsi rengi ile üretilmektedirler ancak beyaz renkli Portland çimentosu kullanılarak beyaz renkli paneller üretmek de mümkündür. Farklı renk ve dokuda paneller üretmek için, yüzey işlemleri uygulanabilir, dokulu kalıplar kullanılabilir, pigment ile renklendirme yapılabilir, PVC film kaplanabilir ya da panel yüzeyleri boyanabilir. Isı yalıtım özelliğini arttırmak için CTB panele bir yalıtım çekirdeği eklenerek sandviç panel elde edilebilir ya da tek cidarlı panelin iç yüzeyinde bir yalıtım malzemesi uygulanabilir. Yangın yalıtımı açısından, CTB paneller yanıcı değildir, ancak polimer katkı maddelerinin kullanılması yangın

performanslarını etkiler. CTB paneller, tek cidarlı paneller, profilli paneller, poliüretan köpüklü kompozit paneller ya da dökme veya kalıpla üretilmiş paneller olarak üretilirler. Metal dikmeli çerçeve sistem üzerine monte edilirler (Brookes, 1998).



Şekil 2.18 : Cam lifli takviyeli beton.

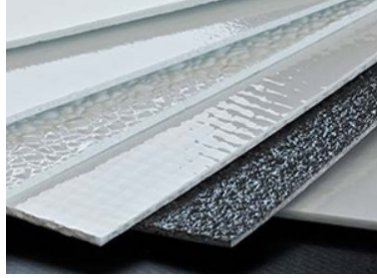
Cam liflerinin gömülü enerji miktarı çimentonun gömülü enerji miktarından daha fazladır bu sebeple nihai ürünün toplam gömülü enerji miktarı daha da artmaktadır. Cam lifli üretiminde kullanılan hammaddeler, silika kumu, bor, kireçtaşı ve sodyum karbonat gibi yenilenemeyen kaynaklardır. Cam liflerinin üretimi NO_x , CO_2 ve karbon monoksit gazlarını içeren sera gazı emisyonlarını ve yanı sıra floritler, kloritler, cam lifli partikülleri ve alkali toprak metallerini içermektedir. Ayrıca kükürt ve azot oksitlerinin oluşumuna neden olduğundan asit yağmurları üzerinde etkilidirler (Wooley ve diğ., 2005).

Cam lifli takviyeli polyester (CTP)

Kompozit plastik malzemelerin üretilmesinde birçok takviye malzemesi kullanılmaktadır. Cam lifli takviyeli polyester, malzemenin çekme dayanımını arttırmak ve malzemeyi bir arada tutmak amacıyla cam liflerinin kullanılması ile elde edilmektedir (Şekil 2.19). CTP, cam lifli takviyeli dayanıklı reçine birleşimidir. Başlıca özellikleri;

- Düşük yoğunluklu, yüksek mukavemetli hafif malzemelerdir, ancak elastisite modülü düşüktür.
- Dış koşullara dayanıklıdır, korozyona uğrama ihtimali düşüktür, dış ortamda uzun süre kullanılabilir.
- Basınç ve yüksek sıcaklık kullanılmadan kalıplandığından istenilen şekil ve görünümde üretilebilir, istenilen renk ve doku verilebilir.

CTP'nin dış yüzeyinde bulunan reçine tabakası veya jel kaplama içerisinde bulunan polyester reçinesi ve cam lifi karışımı için koruyucu bir katman görevi görür. Renk pigmentleri reçineye ya da jel kaplamaya eklenebilir, ayrıca yangın dayanımını arttırmak için kimyasallar ve dolgu maddeleri de ilave edilebilir (Brookes, 1998).



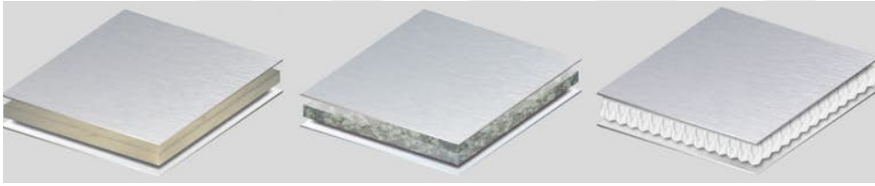
Şekil 2.19 : Cam lifi takviyeli polyester.

Polyesterin hammaddesi petroldür ve polyester reçineleri petrokimya endüstrisi ürünleridir. Hem cam üretiminde hem de petrokimyasalların üretiminde yüksek miktarda enerji harcanmaktadır. Dünyadaki toksik emisyonların yarısından fazlası petrokimyasal ürünlerden kaynaklanmaktadır. Cam liflerinin üretimi de florit, klorit, lif partikülleri, uçucu organik bileşikler ve solvent salımları gibi çok sayıda toksik emisyonla sorumludur. Cam lifi üretiminde havaya yayılan partiküllerden kaynaklanan toz cilt, göğüs, boğaz hastalıklarına sebep olabilir. CTP için hammadde kaynağı olan petrokimya rafinerileri, asit yağmuru oluşturan gazların salımına ve hidrokarbonlar gibi fotokimyasal oksidanların emisyonuna sebep olmaktadır. Bileşik yapısı sebebiyle CTP etkili bir şekilde geri dönüştürülemez ve polyester reçineleri termoset plastikler olduklarından ısı uygulanarak eritilemezler (Wooley ve diğ., 2005).

Kompozit metal paneller

Kompozit yapı, rijit bir yapısal form oluşturulabilmesi için, Şekil 2.20'de görüldüğü üzere, bir çekirdek etrafında iki ince tabakadan oluşan katmanların birbirine bağlanması sonucu meydana gelir. Kompozit malzemenin rijitliği iki tabaka arasındaki boşluğun kalınlığı ilgilidir, boşluk ne kadar büyükse sonuç ürünün çekme kuvveti o kadar büyük olur. Temelde iki tip kompozit metal panel vardır. Bunlar; poliüretan köpüklü paneller ve lamine panellerdir. Kompozit metal panellerin üretiminde farklı tip ve kalınlıkta metal saçlar ve yalıtım malzemeleri kullanılabilir. Kullanılan ısı yalıtım malzemeleri mineral yün, petek dokulu kağıt, granüllü polistiren sert levha ve poliüretan köpük olabilir. Polistiren granüllerin ısılatılması ve

yüksek buhar altında preslenmesi ile elde edilen polistiren levha, poliüretan levhaya göre daha ucuzdur ancak poliüretan polistrenden daha iyi ısı yalıtımı sağlar ve üretimi daha kolaydır. Genellikle, köpük malzemeler için yoğunluk ne kadar fazlaysa panel o kadar sert, yoğunluk ne kadar düşüğe de ısı yalıtım değeri o kadar iyidir. Lamine panellerin çekirdeği granüllü polistiren, genleştirilmiş polistiren, poliüretan, taş yünü ya da cam köpüğünden oluşabilir. Genellikle ambalaj yapımında kullanılan granüllü polistiren ayrıca bir genleştirici madde gerektirmez ve büyük boyutlarda bulunur ancak ısı iletkenliği yüksektir, üretimden sonra büzülür ve nem geçirgen açık hücreli bir yapıya sahiptir. Genleştirilmiş polistiren ise kapalı hücre yapısına sahiptir, neme karşı dirençlidir ve ısı iletkenliği daha azdır. Petek dokulu kağıt, yapıştırıcının deliklere dolması nedeniyle panel yüzeyine iyi aderans sağlar. Günümüzde sıklıkla kullanılan lamine panel tipi 0.5 mm kalınlıkta iki alüminyum levha arasına düşük yoğunluklu polietilen çekirdek yerleştirilerek yaklaşık 6-10 mm kalınlıkta oluşturulan panellerdir. Ayrıca paslanmaz çelik malzeme de kullanılabilir (Brookes, 1998).



Şekil 2.20 : Kompozit metal paneller.

Alüminyumun gömülü enerji miktarı oldukça yüksektir. Geri dönüştürülmüş alüminyum kullanımı %80-95 aralığında enerji kazancı sağlanmaktadır. Alüminyum üretiminde harcanan enerjinin kaynağı genellikle elektrik enerjisidir bu durumda yenilenebilir bir enerji kaynağının kullanımı malzemenin gömülü enerji miktarının azaltılmasında etkilidir (Wooley ve diğ., 2005). Alüminyum boksit madeninden üretilen bir metaldir ve yer kabuğunda yaklaşık %8 oranında bulunur. Yaklaşık 4 ton boksit mineralinden 2 ton alümina, bundan da 1 ton metal alüminyum üretilmektedir. (Url-5). Alüminyumun elektrolizi ile sıvı alüminyum üretilmesi alümina oksit ve karbon reaksiyonuna dayanır ve sera gazı oluşumuna neden olur. Demir ve çeliğe oranla yaklaşık iki kat daha fazla CO₂ açığa çıkmasına neden olur. Metal endüstrisi, çevreye verilen toksik emisyonlar açısından ikinci sıradadır. Çeliğin gömülü enerji miktarı alüminyuma göre nispeten daha düşüktür, üretiminde %14 geri dönüştürülmüş bileşenler kullanılır. Ancak fırınlama işlemleri sırasında sera gazı

emisyonları oluşmaktadır (Wooley ve diğ., 2005). Dış duvarlarda kullanılan metal paneller hava geçirimsiz olmaları nedeniyle nem birikmesine ve iç yüzeyinde küf oluşmasına sebep olabilirler (Hess-Kosa, 2017).

2.2.2 Dış duvar dış kaplama malzemeleri

Dış kaplama malzemeleri yapının dış yüzeyinde bulunan ve atmosferik etkilere doğrudan maruz kalan yüzeylerdir. Duvar çekirdeğinin korunması görevi doğrudan dış kaplama tarafından karşılanmaktadır. Bu nedenle dış kaplama malzemeleri;

- Atmosfer etkilerine dayanıklı olmalı, güneşin kızıl ötesi ve mor ötesi ışınlarından etkilenmemelidir.
- Sıcaklık farklılıkları nedeniyle oluşacak genleşme ve daralmalardan zarar görmemelidir.
- Yağış sularından bozulmamalı ve suyu içine almamalıdır.
- Don etkisine karşı dayanıklı olmalıdır.
- İçten gelen ve iç yüzeyde oluşan buharın dışarıya çıkmasına engel olmamalıdır.
- Binanın görünen yüzünü oluşturduklarından renk, doku gibi özellikleri ile estetik açıdan binayı takdim edici niteliklere sahip olmalıdır (Toydemir ve diğ., 2000).

Dış kaplama malzemeleri bina cephesine uygulanabilme yönünden beş ayrı grupta ele alınmaktadır. Bunlar;

- Sıvalar,
- Yapıştırıcı ile tespit edilen plaka halindeki rijit kaplamalar,
- Konstrüksiyon sistemi ile tespit edilen plaka halindeki rijit kaplamalar,
- Prefabrike duvar kaplama ve panelleri
- Giydirme cephelerdir (Toydemir ve diğ., 2000).

Duvar kaplama, dış duvar ile birlikte örülerek uygulanabilir, çekirdek ile kaplama arasında boşluk bırakılmadan harç ya da yapıştırıcı ile uygulanabilir ya da çekirdek ile kaplama malzemesi arasında bir hava boşluğu bırakılacak şekilde bir konstrüksiyon sistemi yardımıyla uygulanabilir.

2.2.2.1 Dış sıvalar

“Sıvalar, bir bağlayıcı madde, ince agrega ve sudan oluşan, plastik kıvamdayken duvar çekirdeği üzerine mala veya basınçlı sıva makinesi gibi bir uygulama aracıyla sıvanan ve birkaç tabakadan oluşan dış kaplama sistemidir” (Toydemir ve diğ., 2000, s.210). Dış sıvalarda bağlayıcı olarak kullanılan malzemeler çimento, kireç, PVA gibi mineral, akrilik ya da polimer bazlı bağlayıcılardır. Mineral sıvalarda kum ve mermer unu, polimer bazlı sıvalarda kaolen, talk gibi agrega ve dolgu maddeleri kullanılmaktadır. İstenildiğinde sıva içerisine renk pigmentleri katılabilir. Dış sıvalar, birkaç tabaka halinde uygulanmalıdır ve ülkemizde kaba ve ince sıva olmak üzere iki tabaka halinde uygulanır. Kaba sıva, duvar yüzeyinin düzeltilmesi ve örgüdeki bozuklukları gidermeye yarar. Kaba sıvanın bağlayıcı dozajı, rijitliği çekirdek malzemesinden düşük, üzerine gelecek malzemedan yüksek olmalıdır. İnce sıva ise tüm dış koşullardan etkilenen ve dış sıvanın dış yüzeyini oluşturan son katmandır (Toydemir ve diğ., 2000).

Oluşturulacak yüzeye ve mevcut iklim koşullarına bağlı olarak birçok çimentolu sıva çeşidi mevcuttur. Alternatif sıva bağlayıcıları, çimento, kireç, alçı, kükürt ve bu maddelerin karışımlarıdır. Katkı maddeleri sıvanın daha iyi bağlanmasını sağlayabilir, esneklik veya ısı yalıtımı sağlayabilir. Bu amaçla, çelik lifleri, mineral lifleri, perlit, saman ya da hayvansal tüyler kullanılabilir. Kullanılan renk pigmentlerinin ince taneli ve alkali olması gerekmektedir bu nedenle genellikle metal oksitler tercih edilir. Kireç sıvalar iyi uygulanmaları ve atmosferik etkilerden korunmaları durumunda uzun ömürlüdürler. Portland çimentosu ile üretilen ürünler CO₂ emisyonuna sebep olmaktadır. Kireç ve alçı bağlayıcılı sıvalar nem düzenleyici özelliktedirler. Kullanılan bağlayıcıya göre sıvalar;

- Kireç sıvaları; sönmüş kireç, kum ve sudan oluşurlar. Dış yüzeyde kullanılmaları durumunda yağmura ve sürekli neme karşı korunmalıdırlar. Aksi takdirde gözenekli yapıları nedeniyle dondan zarar görürler.
- Hidrolik kireç sıvalar; hidrolik kireç kullanılarak üretilirler. Hava şartlarına karşı saf kireç sıvadan daha dayanıklıdırlar, yüksek dayanıklılık elde etmek için birkaç kat uygulanmaları gerekmektedir.

- Kireçli çimento sıvalar; dış sıva malzemesi olarak kullanımları uygundur. Dış koşullara karşı kireçten daha dayanıklı, saf çimento sıvalara göre ise daha esnektirler.
- Çimento sıvalar; masif beton duvarlarda, beton bloklarda, tuğlalarda, hafif beton bloklarda, istinat duvarı, tank ve havuz amacıyla yapılmış duvarlarda dış kaplama malzemesi olarak kullanımı en yaygın olan malzemedir.
- Alçı sıva; sert iklim koşulları altındaki alanlar hariç dış duvarlarda da kullanılabilirler ancak asıl kullanım amaçları duvarın iç yüzeyinde kullanılmalarıdır. Alçı ve kum, alçı ve kireç, alçı ve mermer unu karışımlarından oluşabilir (Berge, 2009).

Alçı sıvalar alçı taşının çıkarılması, işlenmesi ve uygulanması sırasında havaya ve suya partiküllerin yayılmasına ve hava kirliliğine neden olur. Evsel atıklara karıştığı takdirde zararlı hidrojen sülfür gazı açığa çıkmasına neden olur. Kireç yüksek sıcaklık altında üretildiğinden yüksek miktarda enerji harcanmasına ve CO₂ gazı salımına neden olur. Ancak alçı üretimine göre daha az enerji harcanır. Az işlem gerektirdiğinden büyük çevresel etkilere sahip değildir. Uygulama sırasında cilt hasarlarına neden olabilir ancak bir kez uygulandığında sağlık açısından risk taşımaz. Portland çimentosu, fosil yakıtlar kullanılarak çok yüksek sıcaklıklarda üretilir dolayısıyla yüksek miktarda enerji harcanmasına ve sera gazı emisyonlarının oluşmasına neden olur. Taşıma maliyetleri hacmi ve yoğunluğu nedeniyle yüksektir (Wooley ve diğ., 2005).

2.2.2.2 Yapıştırıcı ile tespit edilen plaka halindeki rijit kaplamalar

Plaka halindeki rijit duvar kaplamaları harç tabakası ile çekirdek yüzeyine ya da çekirdek üzerine yapılmış sıvaya monte edilen boyutları 30x50 cm'ye kadar olan malzemelerdir. Kullanılan kaplama malzemesinin harçla yüksek aderans oluşturabilmesi için arka yüzeyi yivli veya dişli üretilmelidir. Yoğun ve su emmeyen taşların harç ile tespiti sakıncalı olduğundan yardımcı tespit elemanları kullanılmalıdır. Doğrudan suya maruz kalmadıklarından arka yüzeylerinde bir su yalıtım malzemesinin kullanılmasına gerek yoktur. Plaklar arasındaki derzler plakların genleşmesini engellemeyecek rijitlikte derz dolgu malzemeleri ile doldurulmalıdır (Toydemir ve diğ., 2000). Doğal ve yapay taşlar, seramik ve cam kaplama malzemeleri yapıştırıcı ile tespit edilebilirler.

Doğal ve yapay taşlar

Kalınlıkları 2-5 cm aralığında olan taş plakların iç yüzeylerinin harca iyi yapışması için pürüzlü olması gerekmektedir, dış yüzeyleri ise cilalanmış ya da pürüzlü olabilir. Su emiciliği az olan taşların yapıştırıcı ile duvara tespit edilmesinde sorunlar oluşabileceğinden bu gibi durumlarda traverten, kum taşları, kavrıkli tortul taşlar gibi gözenekli doğal taşların tercih edilmesi gerekmektedir. Kullanılacak yapay taşların ise arka yüzeyleri yivli profille yapılması tespit sorununu çözecektir (Toydemir ve diğ., 2000). İnce taş plakaların doğrudan harçlı bir duvara sabitlenmesi, plakalar kolayca gevşeyip kırılabileceğinden tavsiye edilmez. Plakalar güneş ışığına maruz kaldığında ya da arkasında oluşan yoğunlaşma nedeniyle genleşerek birbirini itebilirler. Bu nedenle taş kaplamaların özel metal ankraj sistemleri üzerine, çekirdek ile arasında havalandırma boşluğu bırakılarak monte edilmeleri daha uygundur (Berge, 2009).

Kireçtaşı, mermer, siyenit, kumtaşı ve granitten kesilen plakalar, zemin, iç ve dış duvar kaplaması olarak kullanılabilirler. Granit, kireçtaşı ve mermer 2-3 cm kalınlıkta kesilebilirken, kumtaşı düşük mukavemetli olması sebebiyle 8-10 cm kalınlıkta kesilebilmektedir. Doğal taşların ocaklardan çıkarılması için harcanan enerji miktarı düşük olmasına karşın kesme, işleme ve cilalama işleri enerji kullanımını arttırmaktadır. Ayrıca ağırlıkları nedeniyle taşıma maliyetleri yüksektir. Ancak çoğu taş malzemenin bakım kolay, suya, neme, hava koşullarına karşı dayanıklılığı yüksektir (Berge, 2009).

Seramik kaplamalar

Pişmiş kilden yapılan malzemeler çatılar, duvarlar ve zeminler için çok çeşitli yüzey malzemeleri üretiminde kullanılabilirler.

Seramik kaplamalar, değişik niteliklerdeki kil hamuruna presleme ya da ekstrüzyon yöntemiyle şekil verilerek sırlı ya da sırsız şekilde pişirilmesiyle elde edilmektedir. Boşluklu, boşluksuz ya da yarı boşluklu olarak üretilebilirler. Dış kaplamada kullanılacak seramikler uygulanacağı duvarın su buharı geçiş rejimine göre seçilmelidir. Sırlanmış, yarı boşluklu ya da boşluksuz olanların su buharı geçirmeyeceği, boşluklu olanların ise su buharı geçişine engel olmayacağı göz önüne alınarak uygun duvar sistemlerinde ve mekanlarda kullanılması gerekmektedir. Boşluklu seramik malzemenin genleşme katsayısı sırlı malzemeye göre iki kat daha

fazladır. Bu nedenle, bu tür kaplamaların dış cephede kullanılmasında sır tabakasının çatlama ihtimali yüksektir. Boşluksuz seramik kaplamaların arka yüzeylerinde harca iyi yapışmasını sağlayacak önlemler alınmalıdır (Toydemir ve diğ., 2000). Dış cephe kaplamasında kullanılacak malzemelerde gözenek oranı düşük olmalıdır (Berge, 2009). Seramik kaplama malzemelerinin yapıştırıcı ile duvar yüzeyine tespiti Şekil 2.21’de görülmektedir.



Şekil 2.21 : Yapıştırıcı ile tespit edilen seramik kaplama.

Plaket kaplamalar; ekstrüzyon yöntemiyle üretilen dış kaplama malzemeleridir. Dış yüzeyleri cilalı ya da doku verilmiş olabilir. Gözenekli malzemelerdir ve buhar geçirgenlikleri yüksektir.

Prese kaplama tuğlaları; ekstrüzyon yöntemiyle üretilip bir miktar kurutulduktan sonra preslenerek sıkıştırılan ve yoğunlaştırılan kaplama malzemeleridir. Mekanik dayanımları yüksek, az su emen, düzgün yüzeyli malzemelerdir. Pres tuğlalar taşıyıcı duvar ile birlikte örülebilirler ya da taşıyıcı duvar ile aralarında hava tabakası kalacak şekilde örülebilirler. Hava tabakalı duvarlarda iki katman birbirine metal kenetler yardımıyla bağlanmalıdır (Toydemir ve diğ., 2000).

Pişmiş toprak malzemeler yüksek sıcaklık altında fırınlандıklarından üretim sürecinde yüksek miktarda enerji gerektirirler ve bu enerji genellikle fosil kaynaklardan karşılanır. Dolayısıyla pişmiş toprak malzemelerin gömülü enerjileri yüksektir ve büyük miktarda sera gazı emisyonlarının açığa çıkmasına neden olurlar. Pişmiş toprak malzemeler dış ortam koşullarına çok dayanıklıdır, beton ve kireç içeren doğal taşlar gibi zararlı gazlardan ve kirlilikten etkilenmezler. (Berge, 2009).

Cam kaplamalar

Dış duvarlara yapıştırıcı ile tespit edilen cam kaplama malzemeleri opak camlar ve cam mozaiklerdir. Opak camlar, arka yüzü yivli, ön yüzü parlak cam yüzeyden oluşan malzemelerdir. Taze ince sıva yüzeyi üzerine çimento hamuru ile yapıştırılırlar. Cam mozaikler ise; dikdörtgen veya altıgen biçimde, 10x10 mm ile

30x60 mm arasında çeşitli boyutlarda üretilen opak camlardır. Bu malzemelerin buhar geçirgenlikleri düşük olduğundan sıcaklık farklılıklarının fazla olduğu bölgelerde ve fazla buhar oluşan hacimlerin dış duvarlarında kullanılmaları uygun değildir (Toydemir ve diğ., 2000).

2.2.2.3 Konstrüksiyon sistemi ile tespit edilen plaka halindeki rijit kaplamalar

Bu tip kaplama malzemeleri duvar yüzeyi ile aralarında bir hava yastığı bırakılarak kenet sistemi ya da bir ızgara sistemi yardımıyla harç kullanılmadan kuru olarak tespit edilir. Kaplama malzemeleri birbirlerine geçirilerek birleştirilirler ya da kaplama elemanları arasında macun veya fitiller kullanılır, böylece yağmur suyunun içeri girmesi engellenir (Toydemir ve diğ., 2000).

Doğal ve yapay taş plakalar

Doğal ve yapay taş plakalar duvar yüzeyine yapıştırıcı yardımıyla tespit edilebildikleri gibi Şekil 2.22’de görüldüğü üzere bir kenet sistemi yardımıyla da duvar yüzeyine tespit edilebilirler. Bu tür kaplamalarda taşın cinsi uygulama yöntemini etkilemektedir. Ancak yapıştırma ile tespit edilen plakalar kolayca gevşeyip kırılabileceğinden mekanik bir sistem yardımıyla duvar yüzeyine tespit edilmeleri daha uygundur.

Tortul ve yapay taş kaplama plakaları, işlenmeye elverişli olduklarından, yapay taşlar ise döküm esnasında yuva ve delik açılabilirdiğinden, lama ve kenetlerle duvara monte edilirler. Başkalaşım ve katılaşım taşları ise, sert olduklarından işlenmeleri zordur ve küçük delik, oyuk ve profiller açılarak tel kenet ve kancalarla tespit edilirler (Toydemir ve diğ., 2000).



Şekil 2.22 : Doğal ve yapay taş plakaların mekanik montajı.

Metal kaplamalar

Bina dış kaplaması olarak kullanılan metaller demir sac ve emaye sac, alüminyum, bakır, çinko ve kurşun gibi yapı malzemeleri ile bronz, paslanmaz çelik ve pirinç gibi

alaşımlardan oluşur. Bu kaplamalardan paslanmaz çelik ve emaye sac her türlü dış etkilere dayanıklıdır. Demir ve alüminyum çeşitli koruma işlemleri uygulanarak dış etkilere karşı dayanıklı hale getirilebilirler. Alaşımlar ise dış etkilere dayanıklı olacak şekilde üretildiklerinden ayrıca bir koruma işlemine gerek duyulmaz.

Metal kaplamalar düz, trapez levha, yalıtımlı sandviç panel ve kompozit metal paneller şeklinde üretilebilirler. Metal kaplama malzemelerinin tuğla, taş, beton gibi kagir duvar çekirdeği üzerine uygulanması malzemenin kalınlık ve boyutuna göre iki farklı şekillerde yapılır. Bunlardan ilki malzemelerin su geçirmeyecek şekilde birbirine kenetlenerek duvardaki yatay bir ahşap taşıyıcıya tespit edilmesi yöntemidir. Bir diğeri ise profillendirilmiş levhaların suyun geçmesini engellemek için özel profillerle birbirine geçirilmesi ve özel şekilli kalıplar yardımıyla veya yatay ya da düşey olarak duvara tespit edilmiş metal ya da ahşap taşıyıcılara vidalanarak tespit edilmesi yöntemidir (Toydemir ve diğ., 2000).

Çelik ve alüminyum en yaygın kullanılan metal türleridir. Çelik yapı ürünleri büyük oranda geri dönüştürülebilir. Alüminyum toplam enerjisi en yüksek ve üretim sırasında çevresel etkileri en fazla olan metal türüdür. Alüminyum üretimi için boksit cevherinin çıkarılması sırasında bitki örtüsü zarar görmektedir ve üretim aşamasında büyük miktarda elektrik enerjisi harcanmakta ve dolayısıyla fosil yakıt tüketilmektedir. Üretim süreci sonunda ağır metaller ve florid, klorid gibi zararlı maddeler içeren çamur açığa çıkmaktadır. Ancak alüminyumun hafif ve dayanıklı olması, paslanmaması, bakım ve onarım gerektirmemesi gibi avantajları yaygın olarak tercih edilmesine neden olmaktadır (Sev, 2009).

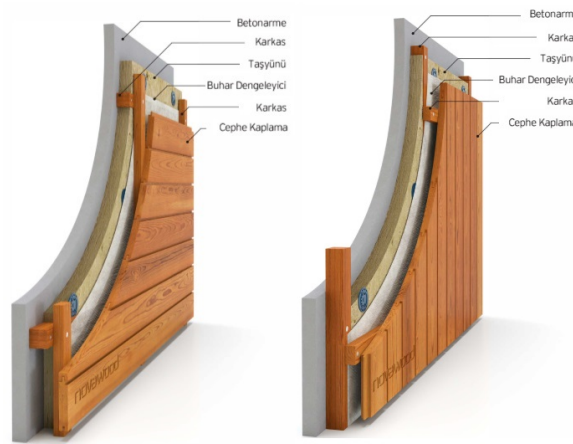
Ahşap kaplamalar

Ahşap kaplama malzemeleri duvar kaplamalarında uzun yıllardır kullanılagelen geleneksel bir yapı malzemesidir. İlk zamanlarda dış duvar kaplamalarında, daha sonraları ise iç duvar kaplamalarında da kullanılmaya başlanmıştır. Dış duvarlarda kullanılacak olan ahşap kaplamalar yüksek kalitedeki ahşap malzemelerden üretilmelidir. Dolayısıyla, dış ortam şartlarına dayanıklı ahşap malzemeler tercih edilir ya da dayanıklı hale getirmek için çeşitli işlemler uygulanır. Kaplama malzemesi olarak kullanılan ahşap malzemeler, işlenmemiş ham ahşaptan yapılmış (sedir gibi), koruyucu maddelerle güçlendirilmiş (emprenye edilmiş çam gibi) ya da işlenmiş (kontrplak gibi) olabilirler (Hess-Kosa, 2017). Endüstri devrimine kadar

olan süreçte yaygın olarak masif ahşaptan üretilen malzemeler kullanılırken daha sonrasında gelişen teknoloji ile birlikte kompozit ahşap kullanımı yaygınlaşmıştır.

Masif ahşap kaplamalar, ahşabın biçilmesi ile elde edilen belirli kalınlık ve boyutlara sahip malzemelerdir. Tuğla ve beton duvarlara Şekil 2.23'te görüldüğü üzere yatay veya düşey yönlü uygulanabilirler. Bu amaçla öncelikle ahşap bir ızgara sistemi belirli aralıklarla dübel, beton çivisi ve ankraj laması gibi tespit malzemeleri yardımıyla duvara monte edilir. Yatay kaplama yapılması durumunda tahtalar, yalı baskısı, yarım geçme ya da lamba-zıvana geçme şekillerinde profillendirilir ve bu sayede içeriye su geçmesi engellenir. Düşey kaplama yapıldığında ise ek yerleri lamba-zıvana şeklinde yapılmalıdır ve iç mekanda baskı binisi ile çözümlenmelidir. Tespit işlemi ahşabın tek tarafından, çalışmasına olanak verecek şekilde galvanize çivilerle yapılmalıdır (Toydemir ve diğ., 2000).

Kompozit ahşap kaplamalar, küçük parçalar halindeki ahşabın sudan etkilenmeyen özel reçinelerle yapıştırılmış ve yüzeyleri fenol ya da melamin tabakayla kaplanmış kontrplak, MDF ya da marangoz levhalarıdır. Masif ahşap kaplamalara göre daha büyük boyutludurlar ve su geçirime riskleri daha azdır. Panolar arasındaki düşey derzler su geçirimini engellemek amacıyla, V şeklinde, yarım geçme ya da baskı binisiyle oluşturulabilir. Duvar çekirdeğine bir ızgara sistem yardımıyla tespit edilirler. Izgara sisteminin aralıkları kaplama malzemelerinin kalınlıklarına göre 60 cm ila 80 cm arasında olabilir. Panoların ek yerleri bu ızgara sistem üzerine denk getirilmeli ve suyu geçirmeyecek şekilde detaylandırılmalıdır (Toydemir ve diğ., 2000).



Şekil 2.23 : Ahşap kaplama mekanik montajı.

Ahşap kaplamalar kolaylıkla toksik ya da tahriş edici emisyonlar üretmezler ancak bazı ahşap türleri ya da tozlar göz ve solunum hassasiyetine neden olabilirler. Kullanılan ahşap koruyucular birkaç istisna dışında toksik madde içermezler (Hess-Kosa, 2017). Ahşap kompozit kaplamalar kereste atıklarından üretildiklerinden çevresel etkileri azdır ancak üretimlerinde çeşitli yapıştırıcılar kullanılır. Bazı panolarda yangın koruyucular, su yalıtım maddeleri ve katkı maddeleri bulunabilir. Levhaların kaplamasında melamin formaldehit kullanılır (Berge, 2009).

Ahşap kompozit kaplamaların üretiminde kesme, presleme, sertleştirme ve kurutma işlemleri sırasında enerji harcanmaktadır. Kurutma esnasında uçucu organik bileşiklerin yayılması olasıdır. Formaldehit kullanımı sağlık sorunlarına neden olmaktadır (Wooley ve diğ., 2005).

2.2.3 Dış duvar iç kaplama malzemeleri

Duvar iç kaplamasının malzeme türü, uygulama şekli ve yüzey özelliklerinin belirlenebilmesi mekanın işlevinin iyi analiz edilmesine bağlıdır. Duvar iç kaplamaları duvarın ısı, nem, ses, vb. performansını olumlu etkilemelidir. Gerektiğinde yenilenebilmeli, kolay bakım yapılabilmesi ve temizlenebilmelidir. Görsel özellikleriyle mekanın işlevlerini karşılayacak nitelikte ve o mekanda bulunanların ruhsal sağlığını olumlu yönde etkileyecek özellikte olmalıdır (Toydemir ve diğ., 2000). İç kaplama malzemeleri; iç sıvalar, boya, badana, kağıt kaplamalar, pano kaplamalar, rijit plakalar, lambriyerler ve sandviç panolar başlıkları altında incelenecektir.

2.2.3.1 İç sıvalar

Sıvalar bağlayıcı madde, su ve agregadan oluşan karışımlardır. Dış sıvalarda olduğu gibi kaba ve ince sıva olmak üzere iki katman halinde uygulanır. Kaba sıva mala ile uygulanabileceği gibi, makine ile püskürtülerek de uygulanabilir. İnce sıva katmanı ile de yüzeyin tam düzgünlüğü sağlanır ve yüzey boya, alçı ya da macun uygulaması için hazır hale gelir (Toydemir ve diğ., 2000).

- Mineral sıvalar; bağlayıcı olarak çimento ve kireç gibi inorganik maddeler, agrega ve renk verici olarak doğal mineraller içeren sıvalardır. Kireçli ve çimentolu sıvalar ile alçı sıvalar mineral sıvalardandır. Kireçli sıvalar, takviyeli (çimento katkılı) kireç sıvalar ve prizi geciktirilmiş (kireç katkılı)

çimento sıvalar olarak ayrılmaktadırlar. Alçı sıvalar kagir yüzeyler üzerine doğrudan uygulanabileceği gibi çimentolu sıvalar üzerine de uygulanabilirler. İki grupta ele alınırlar. Bunlar; perlitli sıva alçısı ve piyasada saten alçı olarak adlandırılan perdah alçısıdır.

- Polimer sıvalar; bağlayıcı olarak polimer reçine (PVA ya da akrilik), çözücü olarak da su kullanılan, dolgu maddesi olarak agrega içeren dispersiyon şeklindeki karışımlardır. İçerisinde kalın ve fazla miktarda agrega olduğunda sıva, ince ve az miktarda agrega olduğunda boya ya da badana niteliğindedirler. Polimer sıvalar çeşitli katkı maddeleri ile morötesi ışınlar, bakteri ve mantar etkilerine karşı dayanıklı hale getirilmiştir (Toydemir ve diğ., 2000).

Vinil asetat (PVA), kullanım sırasında güvenli kabul edilmesine rağmen üretimi sırasında toksik etkiler oluşturmaktadır. Bir ton boya üretimi için 30 tona kadar düşük parçalanabilirlik özelliğine sahip atık madde oluşabilir ve boya atıkları kimyasal atık olarak değerlendirilmektedir. Yapılan araştırmalar vinil asetatın kanserojen madde potansiyeli olduğunu göstermektedir. Vinil emülsiyonları mantar ilacı içermektedir, yüksek miktarda toksik madde içerebilirler. Akrilikler de vinile benzer şekilde üretimleri sırasında yüksek miktarda atık oluşumuna neden olurlar. Akrilik reçineleri üretiminde kullanılan akrilonitrin maddesinin kanserojen olduğundan şüphelenilmektedir ve çeşitli rahatsızlıklara sebep olduğu bilinmektedir (Wooley ve diğ., 2005).

2.2.3.2 Boya, badana ve kağıt kaplamalar

“Boya, badana ve duvar kağıtları ince sıva üzerine renk, doku vermek, yüzeyin tozumasını önlemek ve temiz tutabilmek amacıyla yapılan bir son kat kaplama tabakasıdır” (Toydemir ve diğ., 2000, s.246). Son kat kaplama malzemeleri yağlı boyalar, dipersiyon polimer boya ve badanalar, kireç badanalar, selüloz ve polimer kökenli kağıt kaplamalardır (Toydemir ve diğ., 2000).

- Boya ve badanalar; bağlayıcı, pigment ve çözücülerden oluşan malzemelerdir. Boyalara küf ve mantar oluşmasını engellenmek amacıyla aditif adı verilen bazı katkı maddeleri eklenir. Yağlı boya; günümüzde bağlayıcı madde olarak alkid reçineleri kullanılan parlak görümlü, çabuk kuruyan ve istenilen yüzey özelliklerini sağlayan boyalardır. Selülozik boya; bağlayıcı olarak

selüloz asetatları inceltici olarak da selülozik tiner kullanılan boyalardır. Sentetik boyalar; bağlayıcı olarak aklide reçineleri kullanılan boyalardır. Dispersiyon polimer boyalar; PVA ya da akrilik kökenli plastik reçineler bağlayıcılar içeren ve suyla çözünen boyalardır. Dispersiyon boyalar nefes alabilen boyalardır. Kireç badanalar; kaymak kirecin sulandırılarak, içerisine zeytinyağı, sirke ve tuz katılmasıyla elde edilen boyalardır. İçerisine oksit boyalar katılarak renklendirilir. Uygulaması ham ince sıva üzerine yapılmalıdır. Buhar geçirgendir.

- Kağıt kaplamalar; selüloz ve polimer kökenli olarak üretilirler. Uygulanacağı yüzeyin önce pürüzsüzleştirilmesi gerekmektedir (Toydemir ve diğ., 2000).

Alkid boyaların neredeyse tamamı solvent bazlıdır. Solventler petrokimyasal veya bitkisel olabilirler. Üretimleri sırasında kullanılan çözücüler uçucu organik kimyasalların (VOC) salınmasına neden olur ve bu da çevresel sorunları ve sağlık sorunlarını beraberinde getirir. Üretimleri esnasında yüksek miktarda enerji harcanır ve yüksek oranda katı atık ortaya çıkar (Wooley ve diğ., 2005).

Kağıt ise yenilenebilir bir malzemedir kağıt hamuru ve kağıt üretimi dünyadaki odun tüketiminin %10'unu oluşturmaktadır ve ormanların tahribatı küresel ısınmayla doğrudan ilişkilidir. Duvar kağıdı yapıştırıcıları metil selüloz ve su karışımından oluşmaktadır. Ağır bir kağıt kullanılacaksa karışma PVA eklenir. Küf oluşumunu engellemek için mantar koruyucular kullanılabilir ancak bunlar toksik madde içermektedirler (Wooley ve diğ., 2005).

2.2.3.3 Pano kaplamalar

Pano kaplamalar nispeten büyük boyutlarda üretilmiş kaplama malzemeleridir. Duvar çekirdeği üzerine tespit edilmiş bir ızgara sistem üzerine ya da duvar iskelet sistemi üzerine uygulanabilirler. Genellikle, duvar iç kaplama malzemesi olarak ahşap panolar ve alçı panolar kullanılmaktadır.

- Ahşap kökenli panolar; polimer reçine bağlayıcılı ya da çimento bağlayıcılı olarak ayrılırlar.

Polimer bağlayıcılı ahşap panolar ahşap yonga levhaları ve ahşap lif levhalar (MDF, HDF gibi)'i içermektedir. Ahşap yonga levhalar küçük yonga ve kıymıkların polimer bağlayıcı yardımıyla sıcaklık ve basınç altında

preslenmesi ile elde edilirler. Ahşap lif levhalar ahşap parçacıkların öğütülerek lif büyüklüğüne getirilmesi ve bir polimer bağlayıcı ile sıcaklık ve basınç altında preslenmeleri sonucu üretilirler. Yüksek yoğunlukta olanlar (HDF) kaplama ve mobilya malzemesi olarak, orta yoğunluktakiler (MDF) mobilya ve marangozluk işlerinde, düşük yoğunluktakiler ise ısı ve ses yalıtımı amacıyla duvar, tavan ve döşemelerde kullanılabilirler (Toydemir ve diğ., 2000).

Çimento bağlayıcılı panolar ahşap liflerinin, yongaların ya da rende talaşlarının Portland çimentosu ile karıştırılması ve preslenmesi ile elde edilirler. Çimentolu ahşap yonga panolar, ahşap lif ya da küçük yongalardan üretilirler. İç ve dış kaplama için kullanılabilirler. Dış ortam koşullarına dayanıklıdır. İşlenmeye elverişlidir, kesme, delme, biçme, frezeleme için uygundur. Bir ızgara sistemi üzerine vidalama ile monte edilirler. Boyanabilirler. Çimentolu ahşap talaş panolar; rende talaşlarının Portland çimentosuyla karıştırılıp preslenmesi ile üretilirler. Koyu gri renktedirler. Isı yalıtımı sağlarlar, yanmazlar ve sıvanabilirler. Ahşap ızgara üzerine çivilenerek monte edilirler (Toydemir ve diğ., 2000).

- “Alçı panolar; yapıların iç duvar, tavan ve bölme yüzlerini kaplamak ya da doğrudan bölme duvarı yapmak amacıyla kullanılan, yapı alçısı ve gerektiğinde organik ya da inorganik lifler katılmış bir ya da iki yüzü kartonla kaplı levhalardır” (Toydemir ve diğ., 2000, s.254). Kagit duvar üzerine sıva yerine kaplanabilmeleri için iki yöntem vardır. Bunlardan ilki duvar üzerine ahşap lataların monte edilerek üzerine panoların vidalanmasıdır. Bir diğeri ise, yapıştırma alçısıyla düşey yönlü olarak duvara yapıştırılmalarıdır. İskelet sistemli duvarlarda iki yüzü kartonlu alçı panolar iskelet sisteminin her iki yüzeyinde tek veya çift katlı olarak uygulanırlar. Alçı panolar, ses yalıtımı, yangın dayanımı, nem düzenleme, ses emme gibi özelliklere sahiptirler. Ayrıca, kolay uygulanabilirler, hafif, dayanıklı, kararlı malzemelerdir ve nitelikli düzgün yüzeyler oluşturabilirler (Toydemir ve diğ., 2000).

2.2.3.4 Rijit plaklar

İç kaplama malzemesi olarak kullanılabilen rijit plaklar seramik kaplamalar, doğal ve yapay taşlar ve cam kökenli plaklardır. İç mekanda görsel konfor sağlama, kolay

temizlenebilme, nem geçirmeme, sudan etkilenmeme gibi ihtiyaçları karşıladıklarından sıklıkla tercih edilen malzemelerdir. İç kaplamada kullanılan rijit plakların kalınlıkları dış kaplamada kullanılanlara göre daha az olabilir. Kaba sıvası yapılmış duvarlara 1,5-2 cm kalınlıkta harç yardımı ile yapıştırılabilirler. Kaba ve ince sıvası yapılmış yüzeye ise fayans çimentosu yardımıyla yapıştırılabilirler. Seramik kökenli plakların arasına uygun bir derz dolgu malzemesi uygulanır. Doğal ve yapay taş plakların uygulanmasında iç ortamda sıcaklık değişimleri yüksek olmadığından plakların arkasına yiv açılarak harçlı ile monte edilebilirler. Büyük boyutlu plakların montajında ise güvenlik nedeniyle kenetli sistem ya da ızgara sistem kullanılabilir. Küçük boyutlu opak camlar, arka yüzeyleri yivli-kanallı yapılarak yapıştırma harcı ile monte edilebilir. Büyük boyutlu olan cam kaplamalar ise ızgara sistemi üzerine tespit malzemeleri yardımıyla ya da bir çerçeve içine konularak çerçevenin duvara montajı ile tespit edilebilir (Toydemir ve diğ., 2000).

Pişmiş toprak malzemeler iç mekanda kullanıma oldukça uygundurlar. Hijyeniktirler, ortama gaz veya toz salmazlar ve eğer yüksek derece pişirilmemiş ve sinterlenmemişlerse genellikle iyi sıcaklık ve nem düzenleyici malzemelerdir (Berge, 2009).

2.2.3.5 Lambri kaplamalar

“Lambriler genellikle iç duvar kaplaması olarak ahşap, metal, polimer malzemelerden üretilen, birbirlerine özel bir geçme tekniği ile birleştirilen ve tespit elemanları gözükmeyen, yatay ya da düşey doğrultuda uygulanabilen duvar kaplama malzemeleridir” (Toydemir ve diğ., 2000, s.256). Lambrilerin duvara tespitinde genellikle ahşap ızgara sistemi kullanılmaktadır. Ahşap lambrilerin daha az budaklı olan ağaçlardan yapılması uygundur. Ahşap kompozit malzemelerden de üzeri kaplanarak ve gerekli profillendirme yapılarak lambri kaplama yapılabilir. Metal lambriler; genellikle alüminyum ve emaye sacdan üretilmektedir. Polimer lambriler; ise polivinilklorür (PVC), akrilik ve polikarbonat (PC) gibi malzemelerden, farklı uzunluklarda profillendirilmiş olarak üretilir. (Toydemir ve diğ., 2000).

2.2.3.6 Sandviç panolar

Toydemir ve diğ. (2000)’nin tanımına göre “ki yüzü görünüş ve mukavemet yönünden benzer özelliklere sahip malzemelerle kaplanmış, ortası dolgu ve pano oluşturabilecek rijitliğe sahip, preslenmiş ya da petek dolguyla oluşturulmuş

plakalara sandviç panolar (yapı levhaları) adı verilir” (s.260). Genellikle üç katmanlıdırlar. Dış yüzeyleri kullanılacakları mekana uygun fiziksel ve mekanik özelliklerde üretilirler, orta bölüm ise malzemenin sertliğini, kalınlığını ve diğer özelliklerini karşılayacak nitelikte malzemelerden üretilir. Alçı, PUR, preslenmiş ahşap lifleri, çimentolu ahşap talaş levhalar, kağıt petek dokular, genişleştirilmiş mantar, polistren köpük, PVC köpük, PE köpük, alçı köpük ve cam köpüğü gibi hafif ve eğilme direnci yüksek malzemeler panoların orta kısımlarında kullanıma uygundur. Dış yüzey malzemeleri ise dolgu malzemelerine göre değişmekle birlikte, karton, PVC liflerden preslenmiş dokuma, melaminli kağıt, CTP levha ve kontrplak gibi malzemelerden yapılabilir (Toydemir ve diğ., 2000).

2.2.4 Isı yalıtım malzemeleri

Toydemir ve diğ. (2000)’nin tanımına göre, ısı yalıtım malzemeleri genellikle heterojen yapıli malzemelerin bir karışımdan oluşur. Genellikle bir iskelet yapı içerisindeki hava ile dolu hücrelerden oluşmaktadır ve bu yapılarından kaynaklı olarak da hafiftirler. Üretim süreçleri ve kullanılan maddelerin kimyasal bileşimi ve yapısı sonucuda, kapalı ya da açık yapıda hava içeren malzemelerdir. Kapalı gözenekli malzemeler boşluk içermediklerinden gaz ve buharını geçirmezler, açık gözenekli olanlar ise yapılarında süreklilik olmadığından gaz ve buharı geçirirler. Isı yalıtım malzemelerinde çok sayıda gözenek barındırması ısı tutuculuğunu arttırmakta ancak basınç dayanımını düşürmektedir. Bu nedenle, ısı yalıtkanları küçük ısı iletkenlik değerine sahip olmalarının yanında yapıda kullanılacakları yere göre aşağıdaki niteliklere sahip olmalıdırlar. Bunlar;

- Yeterli basınç dayanımı,
- Yeterli çekme dayanımı,
- Buhar difüzyon direnci, su buharı geçirgenliği malzemenin kullanılacağı mekan ile ilintilidir.
- Düşük birim ağırlık,
- Yüksek ısı tutuculuk (ısı yalıtkanlığı),
- Boyutsal kararlılık,
- İşlenebilirlik,

- Kimyasal etmenlere dayanıklılık,
- Yanmazlık ve alev geçirmezlik,
- Parazitleri barındırmama ve parazitlere dayanıklılık,
- Su ve nemden etkilenmeme,
- Sıva tutuculuk,
- Çürümeme, kokusuzluk,
- Düşük maliyet.

Isı yalıtım malzemeleri ısı performans açısından benzer özellikler gösterebilir de yangın dayanımı, basınç dayanımı, su ve nemden etkilenme, maliyet gibi özelliklerinde belirgin farklılıklar bulunmaktadır. Dolayısıyla malzeme seçiminin yapıdaki kullanım yeri ile ilişkili olarak belirlenmesi gerekmektedir. Isı tutucu malzemeler doğada varoluşuna ve kökenine (ana maddelerine) göre ve bünye yapılarına göre sınıflandırılmaktadırlar. Ayrıca uygulama yöntemlerine göre de farklılıklar göstermektedirler (Toydemir ve diğ., 2000).

2.2.4.1 Doğada var olan ısı tutucu malzemeler

Bitkisel ve hayvansal kökenli ya da mineral kökenli malzemelerden üretilen ısı tutuculardır. Üretimleri için çeşitli işlemlerden geçirilmeleri gereklidir.

Bitkisel ve hayvansal kökenli ısı tutucu malzemeler

Selüloz

Selüloz polimeri geniş bir bitki yelpazesinden üretilir ancak yılda yaklaşık yüz milyon tona yakın kadarı, kirlilik meydana getirmeyen ve küresel ısınmayı azaltan ağaçlar tarafından üretilmektedir. Selüloz su buharı geçirimine elverişlidir ve nemi iyi düzenler, bu nedenle nefes alabilen duvar sistemleri için uygun bir malzemedir. Şekil 2.24'te görüldüğü gibi ahşap çerçeve sistemlerde püskürtme yöntemi ile uygulanabilir. Ancak neme maruz kalabileceği ortamlarda kullanımı uygun değildir. Üretimlerinde yangına karşı dayanım, mantar ve böceklerden korunabilmesi için içerisine boraks (sodyum tetraborat) ya da borik asit ilave edilebilir. Mantarlara karşı amonyum fosfat ve tanin karışımı, boratlara alternatif olarak kullanılabilir. Su itici olarak ahşap reçinesi ilave edilebilir. Gevşek dolgu selüloz lifleri 1920'lerden bu

yana ısı yalıtım malzemesi olarak dış duvar ve çatılarda kullanılmaktadır ve doğru uygulandığı sürece dayanıklı bir malzemedir (Wooley ve diğ., 2005; Berge, 2009).



Şekil 2.24 : Selüloz ısı yalıtımının uygulanması.

Selüloz ısı yalıtım malzemelerinin üretim sürecinde bir miktar enerji harcanmasına rağmen diğer ısı yalıtım malzemeleri ile karşılaştırıldığında gömülü enerji miktarı düşüktür. Ayrıca üretimlerinde hammadde kaynağı olarak işlenmiş atık kağıtlardan yararlanılmaktadır. İçerisinde kullanılan boraks katkı maddesi orta derecede toksiktir ve genellikle çevresel bir malzeme olarak kabul edilmektedir. Ancak kağıt, boraks ve borik asit parçacıklarından kaynaklanan tozlanma üretim ve montaj sürecinde sağlık problemlerine sebep olabilir, bir kez uygulandıktan sonra ise herhangi bir sağlık problemine neden olmaz (Wooley ve diğ., 2005; Berge, 2009).

Mantar

Mantar ısı yalıtım levhaları yüksek sıcaklık ve basınç altında meşe ağaçlarının kabuklarından elde edilen mantar granüllerinin preslenmesi ile üretilirler ve yüksek kalitede ısı yalıtımı sağlarlar. Mantar meşeleri genellikle sıcak iklimlerde ve Güney Avrupa, Portekiz, İspanya ve Kuzey Afrika’da yetişmektedir ve 10 ila 12 yıl arasında düzenli olarak hasat edilebilmektedirler. Granüller kendi reçineleri ile birbirine bağlandığından ayrıca bir bağlayıcı gerektirmez. Yalnızca çeşitli mantar kombinasyonları veya mantar kauçuk kombinasyonları katkı maddeleri ve bağlayıcılar kullanılarak üretilerler. Mantar levhalar, mantar oluşumuna müsait malzemeler değildir ancak haşerat ve küf oluşumundan etkilenebilirler. Bu durum bitümlü reçine ilave edilerek ortadan kaldırılabilir. Homojen, gözenekli bir yapıya sahiptirler. Daneli ısı yalıtım malzemeleri sınıfına girerler. Isı yalıtım değerini arttırmak amacıyla genişletilebilirler. Yanıcı bir malzemedir (Berge, 2009; Url-6).

Mantar ısı yalıtım levhaları termal ve akustik özellikleri dolayısıyla, düz çatılarda (su yalıtım membranları ile birlikte), eğimli çatılarda, asma tavanlarda ve boşluklu duvarlarda kullanılmaktadır. Ayrıca son yıllarda dış duvarın ısı yalıtımı için de

kullanılmaktadır. Yapıştırma, mekanik tespit ya da her ikisinin birlikte kullanımı ile Şekil 2.25'te görüldüğü gibi uygulanabilir. Levhanın yüzeyi çatlama ve darbelere karşı güçlendirilmiş bir çimento katmanı ile korunur. Kullanılacak dış kaplama malzemeleri ise seramik kaplamalardan doğal taş kaplamalara kadar geniş bir çerçevede uygulanabilir. Üretim sürecinde maruz kaldıkları sıkıştırmaya bağlı olarak farklı yoğunluklarda aglomere edilmiş genleştirilmiş mantar levhalar elde etmek mümkündür (Roseta ve Santos, 2015).



Şekil 2.25 : Mantar ısı yalıtımının uygulanması.

Mantar levhaların üretimi sırasında bir miktar enerji harcanır. Mantarlar elde edildikleri ağaca zarar verilmeden belirli zaman aralıklarında toplanırlar, bu nedenle potansiyel olarak yenilenebilir bir kaynaktır, ancak ağacın yeni kabuk oluşturma süresi boyunca beklenmesi gerekmektedir (Wooley ve diğ., 2005).

Yumuşak ahşap lifi

Bağlayıcı maddeler olmadan öğütülmüş odun hamuru liflerinin, keçe ve doğal yapışkan özelliklerinden yararlanılarak bir araya getirilmesiyle elde edilen ısı yalıtım levhalarıdır (Şekil 2.26). Düşük termal iletkenliğe sahip, düşük yoğunluklu bir malzemedir. Hammaddeleri ahşap işlerinden elde edilen atık ürünlerdir. Nem emiciliğini azaltmak için bitüm ile üretilmiş türleri de vardır (Wooley ve diğ., 2005).



Şekil 2.26 : Yumuşak ahşap lifi ısı yalıtım malzemesi.

Ahşap yünü

Ahşap yünü levhalar çimento ile sıkıştırılmış ahşap talaşlardan oluşan ancak içerisinde ısı yalıtımı sağlayan boşluklar bulunan bir yalıtım malzemesidir (Şekil 2.27). Genellikle 2,5 ila 15 cm arasındaki kalınlıklarda levhalar halinde üretilirler ancak yapısal bloklar olarak da üretilirler. Taşıyıcı veya taşıyıcı olmayan özellikte olabilirler. Boyalı veya sıvalı olabilirler. Bazı sandviç panellerde polistren, poliüretan, taş yünü veya cam köpüğü ile birlikte kullanılabilirler. Çürümeye karşı dayanıklıdır, alkalidir. Aynı zamanda iyi bir ses yalıtım malzemesidir.



Şekil 2.27 : Ahşap yünü ısı yalıtım malzemesi.

Ahşap yünü levhaların hammaddesi ahşap işlerinden oluşan atık ürünlerdir. % 45-60 oranında çimento içerdiklerinden çimentodan kaynaklı olarak gömülü enerjileri fazladır. Geri dönüşüm potansiyelleri azdır ancak yeniden kullanılabilirler (Wooley ve diğ., 2005; Berge, 2009).

Saman levhalar

Saman yalıtım levhaları ilk kez 1930'lu yıllarda üretilmiştir. Sıcaklık altında saman içerisindeki kendi bağlayıcısı açığa çıktığından genellikle bağlayıcı bir madde katılmaksızın yaklaşık 200 °C altında yüksek basınçla sıkıştırılarak üretilirler. Eğer bağlayıcı bir madde kullanılacaksa poliüretan formları kullanılabilir. Levhalar farklı yoğunluklarda üretilirler. Saman levhalar su ve nemden korunmalıdır, nemli koşullar altında mantar oluşumu meydana gelebilir. Saman levhaların her iki yüzleri üretimleri sırasında yapışkan bir madde ile sert bir selüloz kağıt ile kaplanır ve rijitlik kazanmaları sağlanır (Şekil 2.28). Kullanılan kağıt kaplama su itici özellikte olabilir.

Saman levhalar duvar panelleri, tavan panelleri, yer döşemeleri olarak kullanılabilirler. Düşük yoğunluklu olanları ses ve ısı yalıtımı amacıyla kullanılırken, yüksek yoğunluklu olanları yapısal uygulamalarda kullanılabilir. Buğday samanları,

pirinç samanları gibi tarımsal atık sayılabilecek ürünler saman levhaların üretiminde hammadde olarak kullanılırlar (Ghaffar, 2017).



Şekil 2.28 : Saman levha ısı yalıtım malzemesi.

Saman tahıl üretiminden elde edilen atık bir madde olduğundan gömülü enerjisi oldukça düşüktür. Ancak levha üretimi sırasında belirli bir miktar enerji harcanmaktadır. Ayrıca samanın bir yapı malzemesi olarak kullanılması daha az atık maddenin yok edilmesini gerektireceğinden CO₂ salım miktarını da azaltacaktır (Wooley ve diğ., 2005).

Hayvansal yün

Gerçek koyun yününden elde edilen hayvansal yünün, iyi bir yalıtkan oluşu sebebiyle bir ısı yalıtım malzemesi olarak Şekil 2.29’da görüldüğü gibi kullanımı mümkündür. Toksik veya kanserojen değildir. Organik koruyucu katkı maddeleri kullanılarak üretilirler. Nem emme ve bırakma özelliğine sahiptirler, dolayısıyla nem düzenleyicidirler ve bu sayede dikkatli kullanıldığında nefes alan duvar sistemleri için ideal bir üründür. Yanmaz bir malzeme olarak kabul edilir, alev karşısında erir ve kendiliğinden söner. Gömülü enerji miktarı düşüktür. Doğal ve yenilenebilir bir kaynaktır. (Wooley ve diğ., 2005).



Şekil 2.29 : Koyun yünü ısı yalıtım malzemesi.

Koyun yünü ile ilgili araştırmalar günümüzde hala devam etmektedir ve ısı performansıyla ilgili çalışmalar yapılmaktadır ancak cam yünü ile benzer özelliklere sahip olduğu yönünde sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca koyun yününden üretilen ısı yalıtım malzemelerinde diğer ısı yalıtım malzemelerinden farklı olarak yoğunluk arttıkça ısı yalıtım özelliğinin de arttığı ve yün kalınlığının termal dirençle doğru

orantılı olduğu tespit edilmiştir. Koyun yününden elde edilen ısı yalıtım malzemelerinin bir dezavantajı maliyetlerinin çok yüksek olmasıdır (Corscadden ve diğ., 2014).

Mineral kökenli ısı tutucu malzemeler

Taş yünü ve cam yünü

Cam yünü kuvars kumu, soda, dolomit, kireç, boraks ve %65'e kadar geri dönüştürülmüş camdan üretilir. Öncelikle karışım yüksek sıcaklıklarda eritilir ve ardından çekilerek ince lifler haline getirilir. Daha sonra formaldehit reçineleri eklenerek levha formu verilir. Lifler ne kadar küçük çapta olursa ısı yalıtkanlığı o kadar iyi olur. Taş yünü de cam yününe benzer şekilde kok, diyabaz, kireçtaşı, bazalt ve olivin gibi minerallerin yüksek sıcaklıklarda eritilmesi ile elde edilir. Kullanım yeri ve amacına göre şilte, levha, boru ve dökme şeklinde üretilebilir. Her iki malzeme de su itici ve toz bağlayıcı katkıları içerir. Şekil 2.30'da cam yünü ve taş yünü ısı yalıtım malzemesi örnekleri görülmektedir.

Isı yalıtım malzemesi olarak kullanıldıklarında beraberinde buhar kesici de kullanılmalıdır. Araştırmalara göre taş yünü ve bir dereceye kadar cam yünü ahşap iskelet üzerinde, nemin neden olduğu küf oluşumunu arttırabilmektedir. Cam ve taş yünü lifleri vücutta kalma sürelerine bağlı olarak kanserojen olma olasılıkları vardır. Solunum yollarını tahriş edici özelliktedirler ve üretim ve montaj aşamalarında sağlık sorunlarına yol açabilirler, bu sebeple koruyucu kıyafet kullanımı önemlidir. Malzeme içerisindeki nem miktarı daha sonra binaya girebilecek buhar emisyonuna neden olabilmektedir.



Şekil 2.30 : Cam yünü ve taş yünü ısı yalıtım malzemeleri.

Taş yünü üretimi sırasında fenol, amonyak, hidrojen siyanür, formaldehit ve toz salınır ve yüksek miktarda atık üretilir. Cam yünü üretimi florür, klorür ve partikül emisyonlarının, sülfür, azot oksit emisyonlarının ve fenol, formaldehit gibi uçucu organik bileşiklerin (VOCs) salınmasına neden olmaktadır. Hammaddeler olarak kullanılan kireç taşı ve kumun çıkarılması çevresel etkilere neden olmaktadır. Cam

yünü biyolojik olarak bozulmayan bir malzemedir. Dolayısıyla yapılarıdaki kullanım ömrünü tamamladığında çevresel kirliliğe neden olabileceği düşünülmektedir. Yangına karşı dayanımları yüksek, yanmaz malzemelerdir. Üretimleri sırasında çok yüksek miktarda enerji harcanmaktadır (Wooley ve diğ., 2005; Berge, 2009).

Cam köpüğü

Cam köpüğü ısı yalıtım malzemesi genellikle eritilmiş cama karbon ve az miktarda manganez dioksit eklenerek köpürmeye başlayana kadar 700-800 °C'ye kadar ısıtılması yöntemiyle üretilmektedir (Şekil 2.31). Üretim sırasında %38 oranına kadar geri dönüştürülmüş cam kullanılabilir. Genellikle levhalar halinde üretilir. Yüksek ısı yalıtım özelliğine sahip gaz ve su geçirmeyen malzemelerdir. Nemli ortamlar için uygundur ancak nem düzenleyici değildirler, buhar geçişine izin vermezler. Bu sebeple, yoğuşmaya neden olabilirler. Cam kaynaklı ürünler çok fazla enerji gerektirirler ve yüksek miktarda zararlı emisyonlar oluşturarak çevreyi etkilerler. Geri dönüştürülmüş cam kullanımı her ne kadar camı eritmek için yüksek miktarda enerji harcanacak olsa da daha az çevresel etkiye sahiptir. Cam köpüğü geri dönüştürülemez bir malzemedir. Levha ya da granül halinde yeniden kullanılabilir (Berge, 2009). Cam köpüğünün gömülü enerji miktarı cam yününe göre nispeten daha yüksektir.



Şekil 2.31 : Cam köpüğü ısı yalıtım malzemesi.

Vermikülit (genleştirilmiş mika)

Vermikülit, Şekil 2.32'de görüldüğü üzere, fillosilikat (tabakalı silikatlar) grubunun bir üyesi olan parlak pullara sahip mika benzeri bir mineraldir. Yanmaz bir malzemedir. Hafif gözenekli yapısı sayesinde ısı yalıtımı amacıyla kullanılabilir. 650-950 °C sıcaklıkta ısıtıldığında boyutunun 8-30 katı kadar genişler. Isı iletkenliği düşüktür, yoğunluğu az olduğundan hafiftir, kimyasallara karşı dayanıklıdır, çevresel etkisi azdır. (Rashad, 2019).

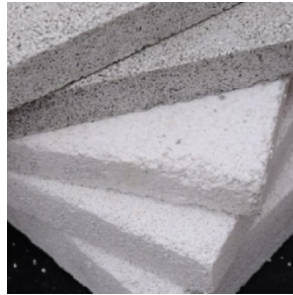


Şekil 2.32 : Vermikülit ısı yalıtım malzemesi.

Vermikülitin yapı malzemesi olarak kullanım alanı çok geniştir, harç, tuğla, sıva üretiminde, kompozit levhalarda ve çimento esaslı malzemelerde basınç dayanımını arttıran bir agrega malzemesi olarak kullanılabilir. Vermikülit ısı yalıtım malzemelerinin üretiminde normal şartlarda herhangi bir kimyasal katkı maddesi kullanılmaz. Genleşmiş vermikülit üretimi yüksek sıcaklıkta gerçekleştiğinden enerji tüketimi de yüksektir. Yenilenemez bir kaynaktır. Toz ve partikül emisyonlarına sebep olabilir (Wooley ve diğ., 2005). Vermikülitin nem emiciliği yüksektir. Isı bir ısı yalıtım malzemesi olmasına karşın duvar yalıtımında kullanıldığında çökme eğilimindedir, bu nedenle elverişli değildir (Berge, 2009).

Perlit

Perlit volkanik kökenli silis esaslı camsı kayaç bir malzemedir (Şekil 2.33). Yaklaşık 900-1200 °C’de sıcaklıkta fırınlanarak toz haline getirilir ve hacminin beş ila yirmi katına kadar genişletilir. Harç, sıva veya beton bloklarda agrega olarak kullanılabilir ve ısı yalıtım malzemesi olarak kullanılır. Agrega olarak kullanılması durumunda duvarın ısı yalıtımına önemli derecede katkı sağlar. Ancak nem emici bir malzemedir ve bu durum ısı yalıtım değerini düşüreceğinden su yalıtımı ile birlikte uygulanmalıdır. Üretimi sırasında açığa çıkan toz sağlık problemlerine neden olabilmektedir (Berge, 2009).



Şekil 2.33 : Perlit ısı yalıtım levhası.

2.2.4.2 Doğada var olmayan ve sentetik (yapay) olarak üretilen ısı tutucu malzemeler

Ülkemizde en çok tercih edilen ısı yalıtım malzemeleri iyi ısı yalıtımı sağlamaları, düşük maliyetli olmaları, hafif ve kolay uygulanabilir olmaları nedeniyle sentetik ısı yalıtım malzemeleridir. Sentetik ısı yalıtım malzemeleri çeşitli petrokimyasal polimerlerden üretilen köpük yapılı ısı tutucu malzemelerdir. Açık ya da kapalı gözenekli olarak çeşitli yoğunluklarda üretilebilirler. Birçok yönleri ile birbirlerine benzer etkilere sahiptirler ancak hammadde, boşluk yapısı ve elde edilme yöntemlerine göre farklılıklar gösterirler. Ana hammaddeleri petrol ve doğal gazdır. Dolayısıyla gömülü enerjileri oldukça yüksek ürünlerdir. Partikül, yağ, fenol, ağır metal ve atık madde emisyonlarının tümü petrokimya ile ilişkilidir ve tüm toksik madde emisyonlarının yarısından fazlasını petrokimya emisyonları oluşturmaktadır (Wooley ve diğ., 2005). Sentetik ısı yalıtım malzemeleri her ne kadar ülkemizde bina üretiminde sıklıkla kullanılsalar da gömülü enerjilerinin yüksek olmasının yanında sera gazı emisyonları içeren, çevreye olumsuz etkileri ve sağlığa zararlı etkileri yüksek olan, toksik madde oluşumundan sorumlu malzemelerdir. Bu bölümde polistren, poliüretan, PVC, polietilen ve fenolformaldehit köpükler incelenecektir.

Polistren köpük (PS)

Polistiren, stirenin polimerizasyonu yoluyla üretilmektedir. Expande (genleştirilmiş) ve extrüde (haddeden çekilmiş) polistiren olarak ısı yalıtımı amacıyla kullanılır (Şekil 2.34). Her ikisi de yüksek ısı yalıtım özelliği gösteren ve neme karşı yüksek dirençli malzemelerdir. Yangına dayanıklı değildirler. Bu nedenle yangın dayanımını arttırmak amacıyla katkı maddeleri eklenebilir. Üretimleri sırasında benzen, etil benzen stiren, pentan ve kloroflorokarbon emisyonlarının oluşması söz konusudur. (Berge, 2009).



Şekil 2.34 : EPS ve XPS ısı yalıtım malzemeleri.

Ekspande polistren köpük (EPS); Polistren hammaddesinin, su buharı ile teması sonucu, hammadde granüllerinin içerisinde bulunan pentan gazının granülleri

şışırması ve birbirine yapıştırması yoluyla üretilmektedir. Kullanım yeri amacına göre farklı boyut ve teknik özelliklerde levha ve kalıp olarak üretilebilir (Dikici ve Kocagül, 2018). EPS genellikle beyaz renklidir.

Extrüde polistren köpük (XPS); Polistren hammaddesinin basınç altında bir şişirici madde (CFC ya da CO₂ gibi) ile karıştırılması ve sonrasında kalıplanması ile üretilmektedir. Farklı boyut ve basma mukavemetinde, değişik kenar ve yüzey şekillerinde levha olarak üretilir. Nem emici değildir. %100 kapalı gözenekli olup homojendir ve bünyesine su almamaktadır. Basma dayanımı yüksektir (Dikici ve Kocagül, 2018). Genellikle renkli ürünlerdir.

Poliüretan (PUR)

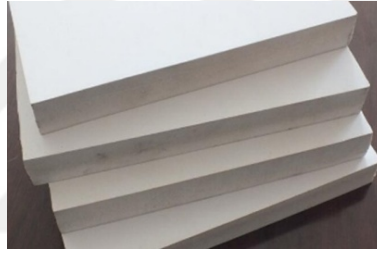
Poliüretan köpükler blok ya da levha halinde üretilebilirler ancak en yaygın kullanımları Şekil 2.35'te görüldüğü üzere yerinde püskürtülerek ısı yalıtımı yapılacak yüzeyin kaplanması şeklindedir. Poliüretan köpüklerin üretimi bilinen en alerjen malzemeler olan ve toksik madde içeren izosiyanatlara dayanmaktadır. İzosiyanatların organik kalay katalizörleri kullanılarak polieterler ile tepkimeye girmesi sağlanır ve florokarbonlar ve pentan kullanılarak köpürtülür. Üretim sırasında klorlu hidrokarbonlar, fenol, formaldehit ve amonyak, organik kalay bileşikler ve kloroflorokarbonlar açığa çıkmaktadır. Poliüretan köpüklerin üretim aşamasında içerisinde reaksiyona girmemiş izosiyanat kalıntılarının kalması muhtemeldir ve yapının kullanımı sırasında sıcaklık ile birlikte izosiyanat emisyonları meydana çıkacaktır. Ayrıca yerinde üretim esnasında sağlık problemlerine neden olmaktadır. Yanıcı malzemelerdir ve yangın esnasında nörotoksin hidrojen siyanür oluşmasına neden olurlar. Poliüretan köpükler termoset plastiktir ve yeniden eritilemeyecekleri için geri dönüştürülemezler. Doğada uzun yıllar boyunca çözünmeden kalan malzemelerdir. (Wooley ve diğ., 2005; Berge, 2009).



Şekil 2.35 : Püskürtme yöntemi ile poliüretan köpük uygulaması.

Polivinilklorür (PVC)

PVC köpükler, klor ve etilenden üretilen vinil klorür polimerizasyonu sonucunda üretilen ısı yalıtım malzemeleridir (Şekil 2.36). Polimerin köpürtülmüş şeklidir ve sert, yarı sert ve yumuşak olarak üretilirler. Yüksek basınç altında üretildiklerinde kapalı gözenekli, düşük basınç altında karışık veya açık gözenekli, basınçsız üretimleri halinde açık gözenekli PVC köpükler elde edilmektedir. Kapalı gözenekli ürünler, hava ve suya karşı geçirimsiz, buhara karşı ise az geçirgendir. Sert levhalar kırılabilir, yumuşak levhalar ise elastik özelliktedir (Kiper Yılmaz, 2009). PVC içerisinde ftalat içeren plastikleştirici, kadmiyum, kurşun ve kalay içeren stabilizatör, kloro parafin ve antimonitrioksit içeren alev geciktirici katkı maddeleri kullanılabilir. Üretimi esnasında havaya klor gazı, etilen, dioksinler, vinilklorür, dikloroetan ve cıva gibi çeşitli emisyonlar salınmaktadır. Yandıklarında hidrolik asit ve dioksin oluşturabilirler (Berge, 2009).

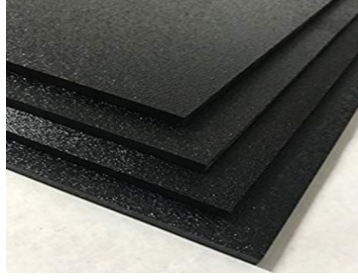


Şekil 2.36 : PVC köpük ısı yalıtım malzemesi.

Hem etilen hem de klor üretimi enerji açısından yoğundur. Ayrıca PVC üretiminde kullanılan vinil klorür ve etilen diklorür kanserojen ve tahriş edici etkisi yüksek maddelerdir. PVC içerisinde bulunan katkı maddeleri nedeniyle tam anlamıyla geri dönüştürülmesi mümkün bir malzeme değildir. Yakılması dioksin, furan ve hidrojen klorid gibi toksinlerin salınmasına neden olur (Wooley ve diğ., 2005).

Polietilen (PE)

Etilenin polimerleştirilmesi ile elde edilen köpük ısı yalıtım malzemeleridir (Şekil 2.37). Pigment, stabilizatör, antioksidan ve alev geciktirici katkı maddeleri eklenerek üretilirler. Neme karşı dayanıklıdır. Termo plastik ürünlerdir ve bu sayede geri dönüştürülme potansiyeline sahiptirler. Toksik madde içeriği azdır, enerji geri kazanımı için yakılabilir ve CO₂ haricinde zararlı emisyonlara neden olmazlar (Wooley ve diğ., 2005; Berge, 2009).



Şekil 2.37 : Polietilen köpük ısı yalıtım malzemesi.

Fenol formaldehit (PF)

Fenol-formaldehit reçineleri iyi mekanik özellikleri ve ısı performansları nedeniyle ısı yalıtım malzemesi üretiminde kullanılmaktadır (Şekil 2.38). Fenol ve formaldehitin alkali veya asidik şartlar altında tepkimesinden elde edilirler (Zhao ve diğ., 2012). Düşük ve yüksek yoğunlukta üretilebilirler ve blok, pano, plak, kabuk veya yerinde döküm olarak kullanılabilirler. Fenol formaldehitler döküntü gibi cilt hastalıklarına ve solunum hastalıklarına sebep olabilirler (Wooley ve diğ., 2005).



Şekil 2.38 : Fenol formaldehit köpük ısı yalıtım malzemesi.

2.2.4.3 Bünye yapısına göre ısı tutucu malzemeler

- Lifsel yapıdaki ısı yalıtım malzemeleri; pamuk, yün, saman, cam lifi, taş yünü gibi lifli yapıda olan malzemeler bu sınıfa girmektedir (Toydemir ve diğ., 2000).
- Daneli yapıdaki olan ısı yalıtım malzemeleri; aralarında boşluk bulunan gözenekli yapıdaki danelerin bir araya gelmesiyle oluşmuş ısı tutuculardır. Genleştirilmiş mantar, perlit ve vermikülit gibi malzemeler bu grupta yer almaktadırlar (Toydemir ve diğ., 2000).
- Köpük ya da sünger (gözenekli) yapıdaki ısı yalıtım malzemeleri; kapalı ya da açık gözenekli hücrelerden oluşan, mineral kökenli gaz beton, süngertaşı, cam köpüğü gibi köpükleri, tuğla, genleştirilmiş kil, kalsiyum silikat ve vermikülit ve sentetik köpükleri içeren ısı tutucu malzemelerdir (Toydemir ve diğ., 2000).

- Kompozit yapıdaki ısı yalıtım malzemeleri; bağlayıcı madde aglomereleri, lifli donatı kompozitler ve lamine kompozitler olarak üçe ayrılırlar. Bağlayıcı madde aglomereleri; organik ya da anorganik bir bağlayıcı içinde dağınık faz olarak bulunan organik ya da anorganik parçacıklardan oluşurlar. Perlit betonu, genişleştirilmiş polistren betonu, genişleştirilmiş agregalı alçı, genişleştirilmiş polistren agregalı tuğla, bitüm bağlayıcılı ekspanse mantar, alçı bağlayıcılı ponza bu grupta yer alır. Liflerle donatılı kompozitler; bağlayıcı görevi gören sürekli faz içinde değişik kökenli liflerin dağınık faz olarak bulunması ile oluşan ısı tutuculardır. Çimento bağlayıcılı ahşap talaşı, bakalitli cam yünü, asfalt bağlayıcılı cam yünü bunlara örnektir. Lamine kompozitler; tabaka oluşturabilen farklı köken ve farklı bünye yapısındaki malzemelerin biraraya gelmesiyle oluşurlar. Bir yüzü kartonlu alçı levha diğer yüzü kartonlu poliüretandan oluşan panolar, ortası yumuşak ahşap lif levhadan oluşan panolar, ortası genişleştirilmiş polistren köpükten oluşan panolar bu gruba örnektir (Toydemir ve diğ., 2000).

2.2.4.4 Isı yalıtım malzemelerinin dış duvarlara uygulanması

Isı yalıtımı amacıyla üretilen ve bina yapımında kullanılan her malzemenin fiziksel ve kimyasal özellikleri farklı olduğundan tespit edileceği yüzeye göre uygulanma şekilleri; öncelikle malzemenin düşeyde ya da yatayda monte edileceğine ve yalıtım malzemesinin özelliklerine, sonrasında malzemenin duvardaki konumuna, duvar çekirdek sistemine, çekirdekte kullanılan malzemenin özelliklerine ve mekanın kullanım amacına göre değişiklikler göstermektedir. Kısa süreli ısıtılan mekanlarda ısı yalıtım malzemeleri duvarın iç yüzeyine, uzun süreli kullanılan mekanlarda ise duvarın dış yüzeyine uygulanmalıdır. Uygulamanın doğruluğu, kullanılan malzemenin ortam şartlarına uygunluğu, uzun ömürlü olması açısından önem kazanmaktadır. Yanlış tespit edilen ısı yalıtım malzemelerinde kısa zamanda hava şartlarına bağlı olarak kopma, dökülme ve bozulma gibi sorunlar meydana gelebilmektedir.

Levha yapıdaki ısı tutucu malzemelerin uygulanması

Levha şeklindeki ısı yalıtım malzemeleri genellikle sert yapıdaki malzemelerdir. Bu sayede uygulanacağı yapı elemanları ile birlikte iyi bir konstrüksiyon oluştururlar. Levha ısı yalıtım malzemeleri duvar malzemesine kendiliğinden yapışabilir, bir

yapıştırıcı veya tespit elemanları yardımıyla uygulanabilir ya da bir ızgara sistemi ile tespit edilebilir (Toydemir ve diğ., 2000).

- Duvar malzemesine yapışanlar; ahşap talaş levha, iki yüzü ahşap talaş levha, ortası genişletilmiş polistren köpük gibi yalıtım malzemeleri kalıp içine yerleştirilerek beton döküldüğünde beton yüzeyine yapışmakta ve dış yüzeyleri de sıvanabilmektedir. Duvarın iç yüzeyinde ya da dış yüzeyinde kullanılabilirler.
- Bir yapıştırıcı ile tespit edilenler; ahşap talaş levha, cam köpüğü, alçı köpüğü, çimentolu genişletilmiş polistren köpük ve perlitli pişmiş toprak levhalar gibi çeşitli ısı yalıtım malzemeleri beton, tuğla ve gaz beton gibi malzemeler harç ya da yapıştırıcı yardımıyla yapıştırılabilir.
- Özel tespit malzemesiyle tespit edilenler; genişletilmiş polistren köpük, poliüretan köpük gibi düşük yoğunluklu ve sertlik derecedaha düşük olan ısı yalıtım malzemeleri duvara çiviler yardımıyla monte edilebilirler. Bu tür malzemelerin dışta ya da içte kalan yüzeyleri özel astarlarla astarlanır ve plastik kökenli bir dokuma yapıştırılarak plastik kökenli dış cephe sıvalarının uygulanabileceği bir yüzey oluşturulur.
- Bir ızgara sistemi ile tespit edilenler; yeterli sertlikte olmayan cam yünü gibi ısı yalıtım malzemeleri ve diğer ısı tutucular bu sistem yardımıyla duvara uygulanabilir. Isı tutucu uygulanacak duvarın yüzeyine ahşap ya da metal bir ızgara sistemi yapılarak duvara tespit edilir ve ızgara aralarına ısı tutucular yerleştirilir. Ardından ızgara üzerine sıva teli yardımıyla sıva yapılır ya da ızgara üzerine bir dış kaplama malzemesi tespit edilir (Toydemir ve diğ., 2000).

Şilte yapıda ısı tutucu malzemelerin uygulanması

Şilteler düşey yapı elemanlarında kraft kağıdı, polietilen gibi taşıyıcı bir malzemeye tutturuldukları takdirde kullanılabilirler. Aksi takdirde yatay ve yataya yakın eğimlerdeki yapı elemanları için uygundur (Toydemir ve diğ., 2000).

Yerinde köpük oluşturan ısı tutucu malzemelerin uygulanması

Bu yöntem, poliüretan gibi bir malzemenin yüzeye ya da belirlenen bir alana sıvı halde püskürtülmesi ya da doldurulması ve malzemenin kabarak boşluğu

doldurması yöntemiyle uygulanır. Binalarda genellikle prefabrike elemanlarda, dolgu bölmelerde ve çatı panolarında uygulanır (Toydemir ve diğ., 2000). Günümüzde dış duvar yalıtımında da kullanıldığı örnekler vardır.

Dolgu (dökme) olarak kullanılan ısı tutucu malzemelerin uygulanması

Lifli, talaşimsı ve granül yapıdaki ısı yalıtım malzemelerinin sınırlanmış bir boşluğa dökülmesi şeklinde uygulanan yöntemdir. Ahşap karkas yapılarda dış duvar kaplama malzemeleri arasında uygulanabilmektedir. Kullanılan malzemeler zamanla çeşitli nedenlerle bozulmamaları için kimyasallarla karıştırılarak uygulanmalıdır (Toydemir ve diğ., 2000).

Blok halinde örülerek kullanılan ısı tutucu malzemelerin uygulanması

Tuğla, gaz beton gibi kagir malzemeler duvar örgü kurallarına göre uygulanmalıdırlar. Tuğlalar ısı yalıtım özelliklerinin artırılabilmesi amacıyla delikleri şaşırtmalı olacak şekilde örülerek gözenekli hale (polistren köpüklü tuğla) getirilmelidir. Yatay ve düşey derzlerin düzenlenmesinde ısı köprüsü oluşturmamasına dikkat edilmelidir (Toydemir ve diğ., 2000).

Gazların ısı taşınımına engel olacak şekilde hapsolunmasıyla oluşturulan ısı tutucu malzemelerin uygulanması

En yaygın olarak kullanımı iki ya da üç levha camın aralarında hava boşluğu kalacak şekilde bir araya getirilmesi ve aradaki havanın neminin alınmasıyla oluşturulan sistemlerdir. Bu sistem, ısı taşınımına (konveksiyon) engel olarak yüksek ısı yalıtımı sağlamaktadır (Toydemir ve diğ., 2000).

2.2.5 Su ve buhar yalıtımında kullanılan malzemeler

Atmosferden gelen yağışlar yoluyla, zeminden kapilerite yoluyla ya da kullanım suları nedeniyle yapıya gelen su ve havadaki su buharı yapı kabuğu ve malzemeleri üzerinde olumsuz etkilere sahiptir. Yapının bu olumsuz etkilerden korunabilmesi için suyun uygun yöntemlerle yapıdan uzaklaştırılması gerekmektedir. Yağışlar duvarın dış yüzünün ıslanmasına neden olduklarından dış kaplama malzemelerinin boşluklarında su birikimine neden olabilirler. Islanan yapı elemanı ve malzemelerde ısı iletkenliği artar ve sıcaklığın düşmesiyle birlikte malzemenin bünyesinde bulunan su donabilir ve donan su genişleyerek yapı elemanlarının zarar görmesine neden olabilir. Ayrıca malzemede korozyon, çiçeklenme, mantarlaşma ve küflenme gibi

birçok hasar meydana gelebilir. Yapının iç ve dış mekanları arasında belirli bir sıcaklık farklılığı bulunmaktadır. Bu sıcaklık farkı arttığında hava içerisindeki su buharı sıcaklığın yüksek olduğu yerden alçak olduğu yere doğru hareket etmeye başlar ve duvar bünyesinde yoğunlaşma noktasına ulaşması durumunda birçok hasara neden olabilir. Özellikle de ısı yalıtım katmanında su buharının yoğunlaşması malzemenin ısı iletkenliğini artırır ve malzemede çözümü zor sorunlara neden olabilir. Bu nedenle su buharı geçirgenliğinin istenip istenmemesine göre uygun önlemler alınmalıdır. Yapının maruz kalacağı dış etkiler proje aşamasında hesaplanmalı, uygun sistem, detay çözümleri sistemi ve malzemeler bu aşamada belirlenmeli ve belirlenen sisteme göre bina yapılmalıdır. Sonradan yapılan işlemler binanın kullanılamamasına, maliyetin artmasına ve yapılan nitelikli uygulamaların yapılamamasına neden olabilir. Su ve buhar yalıtımında kullanılan malzemeler iki ana grupta incelenmektedir (Toydemir ve diğ., 2000). Bunlar;

- Rijit su yalıtımları ve malzemeleri (beton ve harç katkıları)
- Esnek su yalıtımları ve malzemeleri

Su ve buhar yalıtımında kullanılan malzemeler değerlendirildiğinde bu malzemelerin genellikle petrokimyasal ürünlerden üretildikleri görülmektedir. Petrokimyasalların gömülü enerji miktarları oldukça yüksektir. Dünyadaki toksik emisyonların yarısından fazlası petrokimyasallar nedeniyle meydana gelmektedir. Bu malzemelerin çevresel etkileri, insan sağlığına zararları, oluşturdukları sera gazı emisyonları yukarıdaki bölümlerde detaylı şekilde anlatılmıştır. Bu nedenle bu bölüm içerisinde malzemelerin çevresel etkilerine değinilmeyecektir.

2.2.5.1 Rijit su yalıtımları ve malzemeleri

Toydemir ve diğ. (2000)'nin tanımına göre rijit su yalıtımları, beton ve harç gibi malzemeleri su geçirimsiz hale getirmek amacıyla doğrudan beton harcına katılan malzemelerdir. Mevcut yapı elemanları da yüzeylerine uygulanacak harca rijit su yalıtım malzemelerinin katılmasıyla geçirimsiz hale getirilebilir. Rijit su yalıtım malzemeleri sıvı ya da toz halinde olabilirler ve üretim sırasında beton birleşimine katılırlar. Bu katkı maddeleri beton karışımındaki çimentonun priz yapması sırasında ve sonrasında suda çözünmeyen tuzlar oluşturarak ya da jel oluşturup boşlukları doldurarak betonu geçirimsiz hale getirmektedir. Rijit su yalıtım maddeleri protein ya da polimer esaslı olabilirler (Toydemir ve diğ., 2000).

2.2.5.2 Esnek su yalıtım malzemeleri

“Esnek yapıları sayesinde yapıda meydana gelebilecek deformasyonları karşılayabilen ve her türlü kuru ve düzgün yüzeye kolayca uygulanabilen malzemelerdir. Malzemenin sürekliliğinin sağlanması amacıyla ek yerlerinin kesiksiz yapılması gerekmektedir” (Toydemir ve diğ., 2000, s. 105). Sürülerek, serilerek ya da doldurularak uygulanabilirler (Toydemir ve diğ., 2000).

Sürülerek uygulanan su yalıtım malzemeleri

Uygulama sırasında sıvı faz niteliği gösteren malzemelerdir. Sıcak uygulanan termoplastik malzemeler (sıcak bitüm), soğuk uygulanan solüsyon ve emülsiyonlar, iki bileşenli plastik yalıtım malzemesi, çimento ve kopolimerlerden oluşan yalıtım malzemesi ve kopolimer sıvı yalıtım malzemesinden oluşmaktadır. Fırça yardımıyla sürülerek ya da püskürtme yoluyla uygulanabilirler.

- Sıcak uygulanan termoplastik malzemeler (sıcak bitüm); bitüm, zift, asfalt çimentosu (bitüm) ve belirli sıcaklığa kadar ısıtıldığında akışkan ve yapışkan özellikler gösteren termoplastik maddeleri kapsamaktadır. Isıtılarak düzgün yüzeyler üzerine uygulanırlar.
- Soğuk uygulanan solüsyon ve emülsiyonlar; bitüm emülsiyon ve solüsyonlar, PVA emülsiyonlar ve akrilik emülsiyonlar en çok kullanılan türleridir. Yanıcı ve parlayıcı madde içerdiklerinden ısıtılmazlar ve ortam sıcaklığında uygulanırlar.
- İki bileşenli polimer yalıtım malzemeleri; poliüretan, epoksi reçineleri, polyester gibi polimerlerin iki bileşen halinde birbirlerine belirli oranlarda karıştırılması sonucu oluşur.
- Çimento ve kopolimerlerden oluşan yalıtım malzemeleri; çimentolu kopolimer karışımlar iki bileşenlidir, akrilik dispersiyona ince agregalı çimento katılarak elde edilir.
- Kopolimer sıvı yalıtım malzemeleri; yapay kauçuk, silikon reçinesi ve silikat çözeltileri bu gruba giren polimer bazlı malzemelerdir. Silikon reçineleri duvar boşluklarını doldurmaz ve duvarda buhar geçişini engellemezler ve suyu iterek duvar yüzeyinin ıslanmasını engellerler. Silikatlı çözeltiler ise

kargir malzeme içindeki kapiler boşluklara sızarak doldururlar ve suyun geçişini engeller (Toydemir ve diğ., 2000).

Serilerek uygulanan su yalıtım malzemeleri

Bu gruptaki malzemeler örtü ya da pestil şeklindedir ve belirli boyutlarda üretilirler. Bitümlü örtüler/pestiller, bitümlü kopolimer örtüler, polimer örtüler bu gruba girmektedir.

- Bitümlü örtüler-pestiller; bitüm termoplastik bir malzeme olması nedeniyle 2-3mm kalınlıktan az olduğunda yumuşak bir malzemedir. Dayanımını arttırmak amacıyla bir donatı malzemesi ile birlikte üretilmesi sonucu bitümlü yalıtım pestilleri elde edilmiştir. Bu donatı malzemesi selülozdan oluşan keçeler (kağıt, karton), jüt ya da pamuk kanaviçe, cam yünü, polyester lifleri ve dokumaları olabilir. Organik kökenli donatılar zamanla ayrıştıklarından inorganik ya da sentetik kökenli donatılar kullanılmaya başlanmıştır.
- Bitümlü kopolimer örtüler; polietilen ve bitüm kopolimerleridir. Ek yerlerinin sıcak hava kaynağı ile birleştirilerek sürekli bir yalıtım malzemesi elde edilebilir.
- Polimer örtüler; PVC'den üretilen su yalıtım malzemeleridir. Sıcak hava kaynağı ile, özel yapıştırıcıları ile ya da kendinden yapışkanlı ürünler ile sürekli hale getirilebilirler.
- Bitüm esaslı ürünler güneş ışığında, yüksek sıcaklık değişikliklerinde ve fazla miktarda neme maruz kaldıklarından uzun ömürlü ürünler değildir. Bu nedenle uzun ömürlü olmaları iyi korunmalarına bağlıdır. Gömülü enerji miktarları çok yüksektir ve çevre kirliliğine neden olurlar. Bitüm ısıtıldığında zararlı gaz salımı meydana gelir. Genellikle tekrar kullanılamaz ve geri dönüştürülemezler (Berge, 2009).

2.2.5.3 Su tutucu bantlar – derz dolguları ve profilleri

Su tutucu bantlar deprem, oturma gibi nedenlerle yapılan derzlerde ek yerlerinde su yalıtımının sağlanması amacıyla üretilmişlerdir. Derz dolgu malzemeleri ve derz dolgu profilleri ise prefabrike yapım sistemiyle üretilen yapılarda farklı elemanlarının ya da bileşenlerinin montajı sırasında aralıkların su ve hava geçirimsiz hale getirilmesi amacıyla kullanılmaktadırlar. Su tutucu bantlar, PVC ve kauçuklu

plastik polimerlerden üretilmektedir. Derz dolgu malzemeleri olan macunlar ise bitüm-kauçuk, silikon, akrilik, poliüretan ve polisülfid esaslı olarak üretilmektedir (Toydemir ve diğ., 2000).

2.2.5.4 Buhar yalıtım malzemeleri

Dış duvar bünyesinde oluşabilecek yoğuşmanın engellenebilmesi amacıyla buhar kesici ve buhar dengeleyici malzemeler kullanılmaktadır. Buhar kesiciler buhar geçişini engellemek, buhar dengeleyiciler ise buhar basıncının eşit dağıtılması için kullanılırlar. Buhar kesici ve buhar dengeleyici malzemeler ısı yalıtımının sıcak tarafında uygulanmalıdır. Buhar kesici olarak en çok kullanılan malzemeler bitümlü pestiller, PVC pestilleri ve diğer plastik kopolimerlerden üretilen pestillerdir. Özellikle bitümlü pestillerde alüminyum ve bakır folyolar geçirimsizliği arttırmak amacıyla kullanılmaktadır (Toydemir ve diğ., 2000).



3. ÇOK BOYUTLU MALİYET ETKİNLİK

3.1 Sürdürülebilirlik ve Enerji

İnsanlık tarihinin başlangıcından itibaren yapılan her türlü faaliyet çeşitli nedenlerle enerji kullanımını gerektirmiştir. Başlangıçta yalnızca yaşamsal fonksiyonların yerine getirilebilmesi amacıyla ihtiyaç duyulan enerji çağlar değiştikçe, enerji tüketim alanlarında farklılaşmaları ve artışı beraberinde getirmiş ve bu durum daha yoğun enerji tüketimini gerektirmiştir. 19. yüzyılda başlayan sanayi devrimi enerji tüketiminde bir dönüm noktası olmuş ve üretim ve tüketimin azalmadan gün geçtikçe artarak devam ettiği sürecin başlangıcını oluşturmuştur. Sanayi devrimi ile birlikte gelişen teknoloji, sanayileşme, kentleşme, hızlı nüfus artışı enerjiye duyulan ihtiyacı maksimum seviyelere taşımıştır ve beraberinde bu dönemde enerjinin genellikle doğal ve yenilenemeyen kaynaklardan elde edilmesi nedeniyle doğal kaynak tüketiminde sürekli hızlanan bir artış meydana gelmiştir. Bu kaynakların tüketildikleri hızla yenilenememeleri de ekolojik dengenin bozulmaya başlamasına neden olmuştur. Başlangıçta bir sorun olarak görülmeyen doğal kaynak tüketimi 20. yüzyılın son çeyreğinden itibaren plansız ve hızlı yapılaşma, hava ve su kirliliği, sera gazı emisyonlarındaki artış, küresel ısınma, insan sağlığının bozulması gibi problemlerin ortaya çıkmasıyla birlikte sorun teşkil etmeye başlamış ve dünya gündeminde tartışılan bir konu haline gelmiştir.

İlk olarak 1972’de Stockholm’de düzenlenen Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansı’nda gündeme gelen konu uluslararası düzeyde ele alınmıştır. Konferansta çevrenin korunması ve iyileştirilmesinin refah seviyesini ve ekonomik gelişmeyi etkilediği, çevresel dönüşümün akıllıca yapılması durumunda yaşam kalitesinin artacağı ve kalkınmanın sağlanacağı, doğayla uyumlu bir şekilde dönüşümün gerçekleştirilmesi gerektiği üzerinde durulmuştur. Ayrıca şimdiki ve gelecek nesiller için çevrenin korunması ve geliştirilmesinin, dünya çapında ekonomik ve sosyal kalkınmanın sağlanabilmesi ve uyum içinde sürdürülmesinde insanlık için zorunlu bir amaç olduğu belirtilmiştir. Ancak sürdürülebilirlik kavramının net bir tanımı henüz yapılmamıştır (UNCHE, 1972).

Stockholm Konferansı'nın ardından 1987'de Montreal Protokolü düzenlenmiş olup bu protokole göre başta kloroflorokarbon (CFC) gazı olmak üzere belirlenen maddelerin tüketimine sınırlama getirilmiş ve belirli aralıklarla bu maddelerin tüketimlerinin azaltılması, 2030 yılı itibariyle de bu maddelerin tüketiminin tamamen sıfırlanması hedeflenmiştir. Türkiye 1991 yılında Montreal Protokolü'ne taraf olan devlet arasına katılmıştır. 2006 yılından itibaren Türkiye'de CFC kullanımı sıfırlanmıştır (Montreal Protokolü, 1987).

1987 yılında Brundland komisyonu tarafından yayınlanan Ortak Geleceğimiz Raporu'nda sürdürülebilir kalkınma kavramı ilk kez gündeme gelmiş ve tanımlanmıştır. Buna göre, sürdürülebilir kalkınma, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılayabilme yeteneğinden ödün vermeden bugünün ihtiyaçlarını karşılayabilmektir. Raporda belirtildiği üzere, sürdürülebilir kalkınma kavramının temelinde iki ana kavram üzerinde durulmaktadır. Bunlar; ihtiyaçlar kavramıyla öncelikle dünya genelindeki yardıma muhtaç kişilerin temel ihtiyaçlarının karşılanması ve şimdiki ve gelecekteki ihtiyaçları karşılayabilmek için teknolojik ve sosyal organizasyonlar tarafından belirlenen çevresel yetiler üzerindeki sınırlamalardır. Dolayısıyla, ekonomik ve sosyal kalkınmanın hedefleri gelişmiş veya gelişmekte olan, pazar odaklı veya merkezi planlamalı tüm ülkelerde sürdürülebilirlik çerçevesinde tanımlanmalıdır. Sürdürülebilir kalkınmanın temeli geniş bir stratejik çerçevede fikir birliği ile sağlanmalıdır. Kalkınma politikalarında kaynak erişimindeki, maliyet ve fayda dağılımındaki farklılıklar gibi hususlara dikkat edilmediği sürece fiziksel sürdürülebilirlik güvence altına alınamaz (WCED, 1987). Sürdürülebilirlikle ilgili olarak bugün büyük ölçüde kabul edilen kavramların çoğu bu komisyonda tanımlanmıştır. Bu rapora göre sürdürülebilirlik üç eşdeğer parçaya sahiptir. Bazen birbiriyle örtüşen üç eşmerkezli daire veya kavramı oluşturan üç sütun olarak tanımlanan bu öğeler sürdürülebilirliğin ayrıştırılması ve detaylandırılması için bir temel oluşturmuştur. Buna göre, sürdürülebilirlik üç ayağın hepsine ilişkin sonuçların elde edilmesi ile ilgilidir ve bir ayağın başarısı diğeri kesilerek elde edilemeyecektir. Sürdürülebilirlik ancak ekonomik büyüme, çevresel koruma ve sosyal eşitlik birlikte ele alındığında elde edilebilir (Portney, 2015).

1992 yılında Birleşmiş Milletler Rio Zirvesi, Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda yeniden toplanmıştır ve Gündem 21 başlığı altında bir eylem planı yayınlanmıştır. Yanı sıra Orman İlkeleri kabul edilmiş, BM İklim Değişikliği Çevre

Sözleşmesi, BM Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi ve BM Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi imzaya açılmıştır. (Url-7). Gündem 21 çerçevesinde, sürdürülebilir kalkınmanın küresel bir ortaklık ile başarılabileceği, uluslar arası, bölgesel ve alt bölgesel kuruluşların, halkın ve sivil toplum kuruluşlarının katılımının teşvik edilmesinin gerekliliği üzerinde durulmuştur (Agenda 21, 1992).

1997 Kyoto Protokolü ile sera gazı salımlarına dikkat çekilmiş ve sanayileşmiş ülke taraflarına bağlayıcı sera gazı salım sınırlama ve azaltım yükümlülükleri getirilmiştir. Ayrıca 2008-2012 yılları arasını kapsayan ilk yükümlülük döneminde toplam sera gazı salımlarını 1990 düzeyinin %5 altına indirmelerini öngören toplu bir hedef koyulmuştur. Türkiye Kyoto Protokolü'ne 2009 yılında dahil olmuştur. (Url-8; Url-9). Kyoto Protokolü'nün birinci yükümlülük dönemi 2012 yılında bitmiş ve 2020 yılına dek uzanan ikinci yükümlülük dönemi başlamıştır.

2000 yılında BM Binyıl Zirvesi düzenlenmiş ve 2015 yılını hedefleyen Binyıl Bildirisi ve Binyıl Kalkınma Hedefleri yayınlanmıştır. Binyıl Zirvesi kapsamında çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması, sürdürülebilir kalkınma ilkelerinin ulusal politika ve programlarla uyumlaştırılması, çevresel kaynakların korunması, biyolojik çeşitlilik kaybının azaltılması, sağlıklı içme suyuna erişimin artırılması konularına değinilmiştir. Akabinde 2002'de Johannesburg'de düzenlenen Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Konferansı, Rio Konferansı'nda çıkan sonuçların takibi ve ülkelerin ve ilgili paydaşların Binyıl Kalkınma Hedeflerine uyumlu hale getirilebilmesi için düzenlenmiştir. Rio Konferansı'ndan 20 yıl sonra 2012 yılında BM Sürdürülebilir Kalkınma Konferansı düzenlenmiştir ve Rio+20 Zirvesi sonucunda 'İstedğimiz Gelecek' isimli bir kalkınma haritası düzenlenmiştir. Binyıl Kalkınma Hedefleri'nin devamı niteliğinde Gündem 2030: BM Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri 2015 tarihinde kabul edilmiştir. Buna göre, yeni bir küresel kalkınma çerçevesi çizilerek sürdürülebilir şehirler, iklim değişikliği, kuraklıkla mücadele, biyoçeşitliliğin korunması gibi çevre konuları sürdürülebilir kalkınma gündemine alınmıştır (Url-7).

Geçmişten günümüze yapılan tüm görüşmelerde sürdürülebilir kalkınma ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik çerçevesinde değerlendirilmiş ve bir bütün olarak ele alınmıştır. Ancak sürdürülebilirlik kavramının ortaya çıkışında ekonomik büyümenin ve sosyal eşitliğin sağlanabilmesinin ekosistemin korunmasıyla mümkün olacağı düşüncesi vardır. Bu nedenle başlangıçta çevresel korumanın sağlanması gerekmektedir. Çevresel koruma kapsamında doğal kaynakların korunması, ekolojik

çeşitliliğin artırılması, sera gazı emisyonlarının azaltılması, temiz su kaynaklarının sağlanması, insan sağlığının korunması, çevresel kirliliğin azaltılması gibi hedefler bulunmaktadır.

Hızlı nüfus artışı, kentleşme, sanayileşme gibi gelişmelerle birlikte enerjiye duyulan ihtiyacın artması ve enerji ihtiyacının genellikle yenilenemeyen kaynaklardan karşılanması yukarıda bahsedilen çevresel sorunların temelini oluşturmaktadır. Dolayısıyla, bu hedeflerin gerçekleştirilmesindeki en büyük etken enerjinin etkin bir şekilde kullanımının sağlanmasıdır.

Dünya genelinde bina sektörünün, toplam enerji tüketim miktarında %29'luk paya sahip olduğu ve sera gazı emisyonlarının %40'ından sorumlu olduğu bilinmektedir (ETKB, 2016). Binaların, enerji tüketiminde yüksek bir paya sahip olmaları, uzun ömürlü ürünler olmaları, ürün ve hizmet aralıklarının geniş olması sebebiyle enerji etkinliği ile ilgili çalışmalarda öncelikli hedef alanı olarak değerlendirilmektedir ve dünya genelindeki enerji etkinliği çalışmalarının başında gelmektedirler. Bu nedenle tüm dünyada, enerji etkinliğinin sağlanabilmesi amacıyla çeşitli yasal düzenlemeler oluşturulmuştur.

Avrupa'da bina enerji tüketim miktarı %40'lık bir paya sahiptir, toplam karbondioksit salımının da %40'ını binalar oluşturmaktadır. (BEPD, 2002). Avrupa Birliği (AB) ülkeleri Kyoto Protokolü doğrultusunda 2020 yılına kadar yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji tüketimindeki payını %20'lere çıkartmayı, sera gazı emisyonlarını %20 azaltmayı hedeflemektedir. (Keskin, 2010). Ayrıca Kyoto protokolü doğrultusunda, enerji verimliliğini arttırmak amacıyla, bina enerji performansı ile ilgili kuralları içeren Binalarda Enerji Performansı Direktifi hazırlanmış ve 2002 yılında yayınlanmıştır. Bu direktife göre; binalarda enerji performansı binanın standart kullanımının getirdiği farklı ihtiyaçları karşılamak üzere fiili olarak harcanan veya harcanacağı tahmin edilen, diğer bir takım ihtiyaçların yanı sıra ısıtma, sıcak sulu ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma gibi hizmetleri içerebilecek, enerji miktarıdır. Bu miktar, yalıtım, teknik ve tesisatla ilgili özellikler, iklim özelliklerine bağlı tasarım ve konumlanma, güneşe maruz kalma ve çevredeki yapıların etkisi, kendi kendine enerji üretimi ve bunların yanı sıra iç mekan iklimi gibi enerji talebini etkileyen diğer faktörleri de dikkate alarak hesaplanan bir veya daha fazla sayısal veriden oluşmaktadır. (BEPD, 2002). 2010 yılında 'maliyet etkin enerji verimliliği' ve 'yaklaşık sıfır enerjili bina' kavramlarını

içeren yeni EPBD yayınlanmıştır. Buna göre üye ülkeler, kendi ulusal koşulları çerçevesinde minimum enerji performans gereksinimlerini ve optimum maliyet seviyelerini belirlemekle yükümlüdür (EPBD, 2010).

3.2 Sürdürülebilir Bina Tasarımı İle İlgili Türkiye’deki Yasal Düzenlemeler

Türkiye’de de hem Kyoto Protokolü’ne taraf olması, hem de AB’ne aday ülke olması nedeniyle bu alandaki çalışmalar devam etmektedir. Bu doğrultuda, enerji verimliliğine ilişkin çeşitli yasa ve yönetmelikler yürürlüğe konmuştur.

Türkiye’de enerji verimliliği sağlamaya ilişkin ilk çalışma 1970 yılında yayınlanan TS825 Standardı, “Binalarda Isı Etkilerinden Korunma Kuralları” adıyla yayınlanmıştır. Ancak sadece ısı yalıtım projelerinde gerekli hesaplamaların yapılmasını sağlayan ve uygulama zorunluluğu olmayan bu standart ile istenilen sonuca ulaşılamamıştır. Bu konuda hazırlanan ilk yönetmelik 1977 yılında yayınlanan “Isıtma ve Buhar Tesislerinin Yakıt Tüketiminde Ekonomi Sağlaması ve Hava Kirliliğinin Azaltılması Yönetmeliği”dir. Bu yönetmelik ile projelerde ısı yalıtım önlemlerinin alınması yasal bir zorunluluk haline getirilmiş ve uyulmaması durumunda ilgili belediyelerce inşaat izni verilmeyeceği belirtilmiştir. 1981 yılında “Bazı Belediyelerin İmar Yönetmeliklerinde Değişiklik Yapılması ve Bu Yönetmeliklere Yeni Maddeler Eklenmesi Hakkındaki Yönetmelik” yürürlüğe girmiş ve inşaat ruhsatı ile yapı kullanım izni belgesi alınması sürecinde binalarda ısı yalıtım şartlarının aranması zorunlu hale getirilmiştir. 1985 tarihinde “Isı Yalıtım Yönetmeliği”, 2000 yılında ise “Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği” yayınlanmıştır (ETKB, 2016).

3.2.1 Binalarda ısı yalıtım kuralları standardı (TS 825)

İlk defa 1970 yılında yayınlanan TS825 standardı yeni yayınlanan standartların da dikkate alınmasıyla çeşitli revizyonlar geçirmiştir, günümüzde 2013 yılında yapılan revizyon ile “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” adıyla kullanımına devam edilmektedir. Standardın amacı ülkemizdeki binaların ısıtılmasında kullanılan enerji miktarlarını sınırlamak, enerjiden tasarruf etmek ve net ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplanması sırasında kullanılacak standart hesap metodu ve değerlerini belirlemektir (TS 825, 2013). Standartta ülkemiz 5 derece gün bölgesine göre değerlendirilmektedir. Her iklim bölgesi için bina minimum yalıtım kalınlıkları

belirlenmiştir. Ayrıca, ısıtma için birim m² başına harcanan enerjiye her iklim bölgesi için farklı değerlerde olmak üzere bir sınırlama getirilmektedir (ETKB, 2016). Bayram ve Yeşilata (2009)'a göre soğutma dönemi için enerji gereksinimi, dolayısıyla soğutma derece gün sayısı göz önüne alınmadan yapılan iklim bölgesi sınıflandırması gerek uygulama gerekse 'Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği' açısından yetersiz kalmaktadır. Özellikle de soğutma ihtiyacının ısıtmaya göre ağırlıklı olduğu sıcak iklim bölgelerinde, TS 825 Isı Yalıtım Kuralları standardının uygulanmasının, yeterliliği de tartışma konusudur (Bayram ve Yeşilata, 2009).

3.2.2 Çevre kanunu

Çevrenin korunması ve doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı ile ilgili olarak tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de kanun ve yönetmeliklerde ilgililerine önemli sorumluluklar yükleyen ve yaptırımlar içeren hususlar yer almaya başlamıştır. 1982 anayasasının 56. maddesinde yer alan "Herkes sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahiptir. Çevreyi geliştirmek, çevre sağlığını korumak ve çevre kirlenmesini önlemek devletin ve vatandaşların görevidir." hükmü doğrultusunda "Çevre Kanunu" 1983 yılında yayınlanmıştır. Söz konusu kanun çevre, sürdürülebilirlik ve ekoloji kavramlarının irdelendiği ilk yasal düzenlemelerden biridir. Kanunda her türlü faaliyet sırasında doğal kaynakların ve enerjinin verimli bir şekilde kullanılması, atıkların geri kazanılmasını sağlayan çevre ile uyumlu teknolojilerin kullanılması, yenilenebilir enerji kaynaklarının ve temiz teknolojilerin teşviki, çevrenin korunması, iyileştirilmesi ve kirliliğin önlenmesi genel ilkeler arasında sayılmaktadır (ETKB, 2016).

3.2.3 İmar kanunu

2005 yılında Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından, İmar Kanunu'nun günün koşulları dikkate alınarak yenilenmesine yönelik hazırlanan Planlama ve İmar Kanun Tasarı Taslağı'nda yapıların projelendirilmesinde, yapımında ve malzeme seçiminde amaca uygunluk, öngörülen her türlü afete dayanıklılık, doğal aydınlatma ve güneşlenme, iklimlendirme ve enerji etkinlik, gürültü kontrolü ile doğal, kültürel ve yapı çevreye duyarlılık başta olmak üzere plana ve ilgili yönetmeliklere uygunluk şartı aranması koşulu getirilmiştir (ETKB, 2016).

3.2.4 Enerji verimliliği kanunu

2007 yılında yayınlanan Enerji Verimliliği Kanunu'nun amacı enerjinin etkin kullanılması, israfın önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılmasıdır. Kanun doğrultusunda, yapı projeleri kapsamında “Enerji Kimlik Belgesi” (EKB) düzenlenmesi zorunlu hale getirilmiştir. Enerji kimlik belgesinde binanın enerji ihtiyacı, yalıtım özellikleri, ısıtma ve/veya soğutma sistemlerinin verimi ve binanın enerji tüketim sınıflandırması ile ilgili bilgiler asgari olarak bulunur (Enerji Verimliliği Kanunu, 2007).

3.2.5 Binalarda enerji performansı yönetmeliği

Binalarda enerji performansı yönetmeliği, Enerji Verimliliği Kanunu'na dayanarak ve 2002/91/EC AB Binalarda Enerji Performansı Direktifi baz alınarak 2008 yılında çıkarılmıştır. Bu yönetmelik ile Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği yürürlükten kaldırılmıştır (ETKB, 2016). Yönetmeliğin amacı, dış iklim şartlarını, iç mekan gereksinimlerini, mahalli şartları ve maliyet etkinliğini de dikkate alarak, bir binanın bütün enerji kullanımlarının değerlendirilmesini sağlayacak hesaplama kurallarının belirlenmesini, birincil enerji ve karbondioksit emisyonu açısından sınıflandırılmasını, yeni ve önemli oranda tadilat yapılacak mevcut binalar için enerji performans gereklerinin belirlenmesini, yenilenebilir enerji kaynaklarının uygulanabilirliğinin değerlendirilmesini, ısıtma ve soğutma sistemlerinin kontrolünü, sera gazı emisyonlarının sınırlandırılmasını, binalarda performans kriterlerinin ve uygulama esaslarının belirlenmesini ve çevrenin korunmasını düzenlemektir (Binalarda enerji performansı yönetmeliği, 2008). Bu yönetmelik gereğince ısı yalıtım projesi, TS 825 standardında belirtilen hesap metoduna göre yetkili makine mühendisi tarafından hazırlanması ve yapı ruhsatı verilmesi aşamasında ilgili idare istenmesi zorunludur. Isı yalıtım projesinde hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının (Q), TS 825 standardında belirtilen yıllık ısıtma enerjisi (Q^1) formülünden elde edilecek sınır değerden büyük olmadığı gösterilmesi gerekmektedir. Ayrıca enerji kimlik belgesine dair hususlar da bu yönetmelik kapsamında belirlenmiştir. Buna göre, hesaplarda kullanılan yüzey alanlarının elde edilme yöntemi, enerji dönüşüm katsayıları, nihai enerjilerin birincil enerjiye dönüştürülmesi ve enerji tüketim ölçeceği, nihai enerji tüketimleri, sera gazı emisyonlarına dönüştürme

katsayıları ve karbondioksit emisyonu EKB ekleri olarak hazırlanır. (Binalarda enerji performansı yönetmeliği, 2008). EKB, Çevre ve Şehircilik Bakanlığının internet üzerinden uyguladığı BEP-tr programı kullanılarak düzenlenmektedir (ETKB, 2016).

3.2.6 Yapı malzemeleri yönetmeliği

2013 yılında yayınlanan bu yönetmeliğin amacı yapı malzemelerinin temel karakteristikleri ile ilgili performans beyanlarının ve malzemelere CE işaretinin iliştilmesinin kurallarını oluşturarak yapı malzemelerinin piyasaya arz edilmesi ve piyasada bulundurulması ile ilgili usul ve esasları belirlemektir (Yapı malzemeleri yönetmeliği, 2013). Avrupa komisyonunun 305/2011/AB sayılı Yapı Malzemeleri Tüzüğüne paralel olarak hazırlanmıştır. Yönetmeliğin ekinde yer alan Yapı İşleri İçin Temel Gerekliler başlıklı bölümde, yapı işlerinin yaşam döngüsü boyunca insanların sağlığını ve güvenliğini göz önüne alarak kullanım amacına uygun olması gerektiği, ekonomik açıdan makul bir kullanım süresi için düzenli bakım yapılma koşulu ile mekanik dayanım ve stabilite, yangın durumunda emniyet, hijyen, sağlık ve çevre, kullanımda erişilebilirlik ve güvenlik, gürültüye karşı koruma, enerjiden tasarruf ve ısı muhafazası, doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımını içeren temel gereklilikleri karşılaması gerektiği belirtilmektedir (ETKB, 2016).

3.2.7 Sürdürülebilir bina tasarımına ilişkin yasal düzenlemelerin değerlendirilmesi

Türkiye’de sürdürülebilir bina tasarımı konusunda pek çok akademik çalışma, özel sektör projeleri ve mevzuat düzenlemeleri bulunmaktadır. Ancak bu çalışmaların ortak bir platformda yürütülmemesi ve konunun bu tür binaların mevcut plan ve mevzuatın tasarlanabilirliği yönüyle irdelenmemiş olması nedeniyle bugüne kadar gerçekleştirilen somut uygulama sayısı oldukça kısıtlıdır. Ayrıca, günümüzde sadece mimarın ve kullanıcının tercihine bırakılan sürdürülebilir tasarım yaklaşımının, yasa ve yönetmeliklerle tanımlanarak, bu tür binalar tasarlanması, uygulanması ve uygulama sonrası denetlenmesine imkan veren yaptırımlar içeren hükümler halinde ilgili mevzuatlarda yer alması gerekmektedir. Sürdürülebilir binaları tasarlayanlar kadar, kamu kurumları ya da yerel yönetimlerde söz konusu projeleri, ruhsatlandırma, inceleme ve onaylama yetkisindeki kişilerin de konuya hakim olmaları gerekmektedir. Bu doğrultuda, yapılan yasal düzenlemelerin yanı sıra öncelikle kamu kurum ve kuruluşlarındaki karar vericilerin, daha sonra yerel

yönetimlerin, sivil toplum örgütlerinin ve halkın bilinçlendirilmesi gerekmektedir. (ETKB, 2016).

Yapılan yasal düzenlemeler zaten karmaşık olan bina yapım sürecini daha da karmaşık bir hale getirmektedir. Bu durum gerek tasarım aşamasında gerekse uygulama, denetleme ve onaylama aşamalarında konuya dahil olan kişi sayısını da arttırmaktadır. Temelde disiplinler arası koordinasyon eksikliğinden ve sürece müdahil olan kişilerin yeterli bilgi seviyesine sahip olmamalarından kaynaklı olarak her ne kadar kağıt üstünde yapılan her işlem doğru görünse de nihai ürün istenilen sonucu verecek nitelikte üretilmeyebilmektedir. Örneğin, binaların yıllık enerji tüketim miktarlarını sınırlandıran ısı yalıtım projeleri ve enerji kimlik belgelerine ait verilerin kontrol edilmesinde birçok sorun bulunmaktadır. Yapılan denetimler yalnızca kağıt üzerindeki sayısal verilerin ilgili yönetmeliğe uygun olarak karşılanıp karşılanmadığının kontrol edilmesiyle kalmakta, uygulama aşamaları, uygulamada kullanılan malzemelerin belgelerdeki malzemeler ile örtüşüp örtüşmediği, nitelikli uygulanıp uygulanmadığı sağlıklı bir şekilde kontrol edilmemekte, hatta aynı yapıya ait belgeler arasındaki uyumsuzluklar dahi göz ardı edilebilmektedir. Yapı tamamlandıktan sonra ise bunların kontrolünün yapılması mümkün olmamaktadır. Aynı zamanda yapı kullanıcıları tarafından nitelikli malzeme ve uygun detay çözümlerinin kullanılması, yalnızca yapım maliyetleri göz önüne alınarak göz ardı edilmekte ve talep edilmemektedir. Denetimlerdeki eksikliklerin bir diğer sebebi de iş yükünün fazlalığından dolayı, belgelere ilişkin ayrıntılı kontrollerin ikinci plana atılması veya gerektiği şekilde yerine getirilmemesidir.

Bu durum, kağıt üstünde sürdürülebilir bina tasarımı için gerekli şartların sağlanmış görünmesiyle, ancak üretilen ürünün gerekli nitelikleri taşımaması ve dolayısıyla aslında enerji etkin değil enerji yoğun olarak üretilmesiyle sonuçlanmaktadır. Sözü edilen konuda sağlanabilecek en iyi çözümün eğitim ve bilinçlendirme faaliyetlerine önem verilmesi, denetimlerin kapsamlı hale getirilmesi, yönetmeliklere aykırı durumlarda gerekli yaptırım ve cezaların uygulanması ve tüm bunların ilgili yasal düzenlemeler dahilinde yasalaştırılması olduğu düşünülmektedir.

3.3 Konutlarda Çok Boyutlu Maliyet Etkinliği

Türkiye’de 2017 yılındaki toplam enerji tüketim miktarı 145,3 Mtep (milyon ton eşdeğer petrol)’dür ve toplam enerji tüketiminde 1990 yılına göre %177, 2005 yılına

göre %64, 2016 yılına göre ise %6,7 oranında artış olmuştur. 2017 yılındaki toplam enerji tüketimi sektörel dağılımına bakıldığında ise en yüksek tüketimin %24,8 oranı ile mesken ve hizmetler sektörüne ait olduğu görülmektedir (ÇŞB, 2017).

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), verilerine göre 2017 yılında Türkiye’de harcanan toplam enerjinin %27,2’si doğalgaz ve %18,3’ü taş kömürün elde edilmiştir bu da toplam tüketimin yaklaşık olarak yarısına tekabül etmektedir. Yine TÜİK verilerine göre, elektrik tüketiminin %21,8’i konutlarda kullanılmakta kullanılan elektriğin ise %32,8’i kömür, %39,13’ü doğal gazdan elde edilmektedir. (TÜİK, 2017). Ayrıca, TÜİK 2018 yılı verilerine göre 2017 yılı itibari ile Türkiye’deki binaların yaklaşık % 87’si konut nitelikli binalardan meydana geldiği belirlenmiştir (UEVEP, 2018).

Bu verilerden yola çıkarak Türkiye’deki konut üretimi ve kullanımının enerji tüketim miktarı ile doğrudan ilişkili olduğu söylenebilir. Kullanılan enerjinin yüksek miktarda fosil kaynaklardan elde edildiği ve elektrik enerjisi üretiminde de yine fosil kaynakların kullanıldığı görülmektedir. Türkiye sürekli olarak büyüyen ekonomisi, artan nüfusu ve temel ihtiyaçları, gelişen teknolojisi ve sanayisiyle enerji ihtiyacı giderek artan bir ülkedir. Ayrıca konut bina stokunun eski ve kısmen niteliksiz oluşu ve ülkenin büyük bölümünün deprem kuşağında bulunması nedeniyle ülkedeki konut stokunun da yenilenmesi hedeflenmektedir. Ancak hem yeni konut üretimi hem de mevcut yapıların yenilenmesine dair finansal maliyetler oldukça yüksektir. Buna ek olarak doğal kaynak kullanımının sınırlı olması ve Türkiye’nin enerjide dışa bağımlı bir ülke olması enerji maliyetleri açısından ekstra bir yük getirmektedir. Enerjinin bu denli yüksek oranda tüketilmesi doğal kaynakların azalmasına, enerjide dışa bağımlılığa, sera gazı emisyonlarının oluşumuna, ekolojik dengenin bozulmasına neden olmaktadır ve bu durum çevresel maliyeti arttırmaktadır. Ülkenin enerji verimliliği hedefleri doğrultusunda doğal kaynak kullanımının azaltılması, çevresel korumanın sağlanması, sera gazı emisyonlarının azaltılması ve tüm bunlar gerçekleştirilirken finansal maliyetin arttırılmaması amacıyla konutların çok boyutlu maliyet etkin tasarlanması ve maliyetlerin optimum seviyede tutulması gerekmektedir. Bir yapının hizmet ömrü boyunca harcadığı enerji miktarı, CO₂ salım miktarı ve finansal maliyeti o yapının çok boyutlu maliyetini oluşturmaktadır. Çok boyutlu maliyet etkinliği ise yapının çevresel maliyetinin ve finansal maliyetinin optimum düzeyde olacak şekilde tasarlanmasıdır. Yapının optimum maliyetinin

belirlenmesi, yaşam döngüsü evrelerinin tümü göz önünde bulundurularak değerlendirilmesiyle mümkündür.

Maliyet kavramı genel olarak ekonomi ile ilişkilendirilse de, Türk Dil Kurumu sözlüğünde “üretimde bir mal elde edilinceye değin harcanan değerlerin toplamı” olarak tanımlanmıştır. Genel anlamda maliyet tanımı ise, Büyükmirza (2007) tarafından, bir mal veya hizmetin elde edilmesi için katlanılması gereken fedakârlıkların (parasal) toplamı olarak yapılmaktadır (Deran ve diğ., 2014). Brock (2005) tarafından yapılan tanıma göre sürdürülebilir malzemelere ait ilk yatırım maliyetleri genellikle yüksek olmaktadır. Ancak çok boyutlu maliyet etkiliği açısından değerlendirildiğinde, bir yapı malzemesine ilişkin ilk yatırım maliyeti yüksek olsa dahi bir sistem veya bileşen amaçlandığı şekilde ne kadar uzun süre kullanılırsa kullanım yılı başına o kadar az enerji tüketecektir ve çevresel etkisi o kadar azalacaktır. Dolayısıyla, yapı çok boyutlu maliyet etkinliği değerlendirilirken yapıya ait tüm yaşam döngüsü evreleri dikkate alınarak değerlendirme yapılmalıdır.

3.3.1 Enerji etkin bina tasarımı

Enerji etkin yapı tasarımı, mimari tasarım sürecinde iklim, yön ve hakim rüzgar gibi değişken fiziksel çevre verilerinden yararlanarak, enerjiyi etkin ve verimli kullanmaya yönelik tasarım yapılmasıdır (Dikmen, 2011). Enerjinin etkin kullanımı, girdileri azaltmaya yönelik bir stratejidir ve hedef fosil yakıt kullanımının azaltılmasıdır. Bina yaşam döngüsünün her aşamasında enerji harcanmaktadır. Bu nedenle yaşam döngüsünün tamamı göz önünde bulundurulmalıdır (Sev, 2009). Enerji etkin tasarımları diğer yaklaşımlardan ayıran özellik, yapıyı oluşturan tüm malzeme ve bileşenlerin üretimi, yapının tasarımı yanı sıra kullanımı, bakımı ve işletimi ve iklimlendirme sistemlerinin seçim ve yönetimine kadar geniş bir alan çerçevesinde, yapının standardını düşürmeden enerji girdilerinin bireysel ve toplumsal yarara yönelik olarak miktar ve maliyetini minimize etmeyi hedeflemesidir. Hem binayı çevreye uyumlamayı ve kendini yenileyen enerji kaynaklarından yararlanmayı, hem de kullanılan enerjiyi koruma ve israfını önlemeye yönelik tedbirleri almayı hedefleyen, tasarım, yapım ve işletim yaklaşımlarıdır (Utkutuğ, 1999). Utkutuğ (1999) enerji etkin tasarımı birbirini tamamlayan üç aşamada özetlemiştir. Bunlar;

- İlk aşama, enerji korunumunu hedeflemekte olup, kışın ısıtma, yazın soğutma yükünü minimize edecek, doğal ve yapay aydınlatma etkinliğini artıracak şekilde bir mimari tasarım yapılmasıdır.
- İkinci aşama, bina tipi ve çevre verilerine en uygun pasif ısıtma, soğutma, havalandırma, doğal aydınlatma tekniklerinin uygulanması ve öncelikli olarak doğal enerji kaynaklarının kullanılmasının sağlanmasıdır.
- İç konfor koşullarının işlevi gereği veya kullanıcıların tercihi sonucu, yüksek düzeyde konfor beklentisi olan ve doğal çevre girdilerinden yararlanılamayan (örneğin yüksek nem, gürültü hava kirliliği vb. nedeniyle doğal havalandırma yapılamayan) koşullarda, üçüncü adım olan mekanik sistemler ile konforun sağlanmasıdır. Ancak bu koşullarda dahi binanın konfor koşullarının sağlanması, tek başına mekanik sistemlere bırakılmamalıdır. Enerji korunumuna dayalı birinci adım bu tip binalar için önemli rol oynamaya devam edecektir.

Sev (2009)'e göre enerjinin etkin kullanımının sağlanmasında uygulanabilecek yöntemler;

- Enerji etkin kentsel tasarım,
- Pasif ısıtma ve soğutma için arsaya göre yerleşim,
- Alternatif enerji kaynaklarının kullanımı,
- Gömülü enerjisi düşük malzeme seçimi,
- Enerji tasarrufu sağlayacak detaylandırma ve malzeme seçimi,
- Aydınlatmada gün ışığından yararlanma,
- Enerji etkin ekipman kullanmadır.

Enerji etkin bina tasarımını etkileyen parametreler

Literatürde enerji etkin bina tasarımını etkileyen parametreler Çizelge 3.1'deki gibi üç ana başlık altında ele alınmaktadır. Bunlar binaya ilişkin, kullanıcıya ilişkin ve çevreye ilişkin parametrelerdir. Bina enerji etkinliğinin değerlendirilebilmesi için öncelikle bu parametrelere ilişkin verilerin elde edilmesi gerekmektedir.

Çizelge 3.1 : Enerji etkin bina tasarımını etkileyen parametreler.

Binaya ilişkin parametreler	Kullanıcıya ilişkin parametreler	Çevreye ilişkin parametreler
Binanın yeri	Fizyolojik değişkenler	Yükler
Binanın diğer binalarla olan mesafesi	Niteliğe ve duruma ilişkin değişkenler	Rüzgarla itilen yağmur suyu
Binanın yönü		Güneş ışınlamı
Binanın formu		Su buharı
Güneş kontrolü ve doğal havalandırma sistemleri		Dış ve iç hava sıcaklığı
Kabuk elemanlarının ısı iletkenlik değerleri		Dış ve iç hava nemliliği
Mekan organizasyonu		Coğrafi faktörler

3.3.2 Maliyet etkin bina tasarımı

Yapılar, yaşam döngülerinin tüm aşamalarını kapsayarak tasarım, yapım, kullanım, bakım ve yıkım süreçlerinin tamamında yüksek finansal maliyet gerektiren ürünlerdir. Yapıda kullanılan malzemelerin üretimi, işçilikleri ve uygulanması yapı maliyetlerine dahil olduğu gibi, kullanım aşamasında ısıtma, soğutma, aydınlatma, ekipmanların çalıştırılmasında harcanan enerji dolayısıyla kullanılan birincil ve ikincil kaynaklardan elde edilen enerji tüketimi de maliyete dahil edilmektedir.

Yapı maliyeti, tasarım evresinden başlayarak yapının ömrünü tamamlamasına kadar tüm evrelerde harcanan finansal maliyetler toplamıdır. Yapı üretim sürecindeki tüm imalatların finansal maliyetler toplamı ise ‘yapım maliyetleri’ olarak ifade edilmektedir. Yapım maliyetlerinin belirlenmesi genellikle tasarım aşamasında, yüklenici tarafından talep edilmektedir. Bu amaçla çeşitli maliyet tahmin yöntemleri geliştirilmiştir. Geliştirilen yöntemler genel olarak; yaklaşık maliyet tahmin yöntemleri ve detaylı maliyet tahmin yöntemleri olarak ikiye ayrılmaktadır. Yaklaşık maliyet tahmin yöntemi tasarım aşamasında maliyetin yaklaşık olarak belirlenmesine yarayan yöntemleri, detaylı maliyet tahmin yöntemleri ise yapıya ait tüm bileşenlerin miktarlarının ve maliyetlerinin belirlenmesine yarayan yöntemleri içermektedir (Bayram ve diğ., 2016). Detaylı maliyet tahmin yöntemlerinden birim fiyat yöntemi inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Birim fiyat bir ürünün, hizmetin ya da imalatın birim miktarının parasal karşılığı olarak tanımlanmaktadır (Mendeş ve diğ., 2016).

Türkiye’de bu amaçla T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Kültür ve Turizm Bakanlığı, PTT Genel Müdürlüğü, Vakıflar Genel Müdürlüğü, İller Bankası, Karayolları Genel Müdürlüğü gibi çeşitli kurum ve kuruluşlar tarafından Birim Fiyat Sistemine uygun, kendi alanlarına ilişkin çalışmalar yürütülmektedir (Mendeş ve diğ., 2016). 2011 yılında resmi gazetede yayınlanan 644 sayılı Kanun Hükmünde Kararname ile T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı teşkilatında yer alan Yüksek Fen Kurulu’na “bayındırlık ve iskan işleri ile ilgili şartname, tip sözleşme, yıllık rayiç, birim fiyat, birim fiyatlara ait analiz ve tarifleri hazırlamak ve yayımlamak” görevi ve “mimarlık ve mühendislik hizmet bedellerinin hesabında kullanılacak yapı yaklaşık birim maliyetlerini ve proje ve kontrollük işlerinde uygulanacak fiyat artış oranlarını tespit etmek ve yayımlamak” görevi verilmiştir (KHK/644, 2011). Buna göre; Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yüksek Fen Kurulu tarafından her yıl ‘Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri’, ‘İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları’ ve ‘İnşaat Genel Fiyat Analizleri’ veri tabanları güncellenerek yayınlanmaktadır. Buna ilişkin malzeme, iş gücü ve ekipmanların birim fiyatlarının belirlenmesi için Yüksek Fen Kurulu tarafından yapı malzemesi üreticileri, pazarlamacıları, Sanayi ve Ticaret Odaları, Müteahhitlik Birliği ve müteahhit sendikaları gibi çeşitli kuruluşlardan ürettikleri, pazarladıkları ve kullandıkları araç, gereç ve işçilik ücretlerinin her yıl ocak ayı itibari ile bildirilmesini istemektedir. Elde edilen fiyatlar incelenerek listelere işlenmektedir (Mendeş ve diğ., 2016).

‘Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri’nde inşa edilecek yapının fonksiyonuna göre m² birim maliyet miktarları belirlenmektedir. Buradan elde edilen birim alan maliyeti inşa edilecek yapının inşaat alanı ile çarpılarak yaklaşık yapım maliyeti hesaplanmaktadır. Bu yöntem genellikle tasarım aşamasında farklı tasarım alternatiflerinin karşılaştırılabilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bu yöntem ile yapılan maliyet tahmini hesaplamalarında inşaatın boyutu, kat sayısı ve yeri gibi parametreler göz ardı edilip yalnızca inşaat alanının dikkate alındığından elde edilen sonuçlar ile gerçek yapım maliyetleri arasında farklılıklar meydana gelmektedir (Bayram ve diğ., 2016).

Birim fiyat yönteminde ise yapıya ilişkin tüm proje ve detaylar belirlendikten sonra yapım maliyeti hesaplanmakta ve gerçeğe en yakın sonuç elde edilebilmektedir. Yüksek Fen Kurulu tarafından hazırlanan ‘İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları’ ve ‘İnşaat Genel Fiyat Analizleri’ bu yöntemine uygun olarak hazırlanmıştır. İnşaat ve

Tesisat Birim Fiyatları 16 ayrı birim fiyat ve tarif listesi içermektedir. Bunlar; inşaat birim fiyatlarına esas işçilik-araç ve gereç rayiç listeleri, inşaat birim fiyat tarifleri eki fiyat listesi ve çeşitli tesisat birim fiyat ve listelerinden oluşmaktadır (İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları, 2019).

Birim Fiyat Analizleri ve Birim Fiyat Tarifleri'nde bulunan imalat ve işlemler için gerekli olan ekipmanlar, yapı malzemeleri ve iş gücü çeşitleri rayiç olarak adlandırılmakta ve sıralanarak o yıla ait birim fiyatlarını içeren 'rayiç listeleri' hazırlanmaktadır. Bir yapının üretimi için gerekli tüm imalatlara ait yapı malzemeleri, yapım şekilleri ve koşulları en ince ayrıntısına kadar 'Birim Fiyat Tarifleri' ile tanımlanmakta ve her imalat 'poz' adı verilen bir numara ile numaralandırılmaktadır. 'Birim Fiyat Listeleri' ise birim fiyat tariflerine ek olarak hazırlanmakta ve her bir poza ait birimler (m, m², m³, kg, adet, vb.) ile birim fiyatlarını içermektedir. T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yüksek Fen Kurulu tarafından bu listeler 'İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları' adı altında her yıl güncellenerek yayınlanmaktadır. 'İnşaat Genel Fiyat Analizleri' ise yapıma dahil olan tüm malzemelerin imalatı için Birim Fiyat Tarifleri'nde tarif edilen birim miktardaki malzeme, birim miktardaki iş gücü ve ekipman kullanımının rayiç ücretlere göre belirlenmesi ve genel giderler ile %25 yüklenici karının da eklenerek yapım için gerekli birim tutarın analiz edilmesini içermektedir (Kızıldaş, 1999). Bu veri tabanlarından poz numaralarına göre elde edilen birim fiyatlar ile yapıya ait tüm imalatların miktarları çarpılıp, sonuçların toplanması ile yapım maliyeti belirlenmektedir.

Örnek olması açısından '2019 yılı İnşaat Genel Fiyat Analizleri'nde tanımlanan '15.220.1201 poz numaralı AB sınıfı düşey delikli tuğla ile duvar yapılması'na dair birim fiyat analizi Çizelge 3.2'de gösterilmektedir. Buna göre, 10.130.2131 poz numaralı 290 x 190 x 135 mm düşey delikli tuğla, 10.130.9991 poz numaralı su, 10.100.1013 poz numaralı duvar ustası ve 10.100.1062 poz numaralı düz işçi fiyatları 'İnşaat Birim Fiyatlarına Esas İşçilik-Araç Ve Gereç Rayiç Listeleri' alınmıştır. 19.100.2419 poz numaralı kireç harcı yapılması ise ayrı bir imalattır ve ayrı bir tarifi ve analizi vardır. Buna göre, 15.220.1201 poz numaralı imalatı oluşturan malzeme ve işçilik birim fiyatları belirlenmiş, % 25 yüklenici karı ve genel giderler de eklenerek 1 m² duvarın imalatı için gerekli maliyet miktarı hesaplanmış ve birim fiyat tarifi tanımlanmıştır (İnşaat Genel Fiyat Analizleri, 2019). Elde edilen birim fiyat '2019

yılı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları, İnşaat Birim Fiyat Tarifleri Eki Fiyat Listesi'nde 15.220.1201 poz numarası ile verilmektedir.

Çizelge 3.2 : 15.220.1201 poz numaralı imalatın birim fiyat analizi (İnşaat Genel Fiyat Analizleri, 2019).

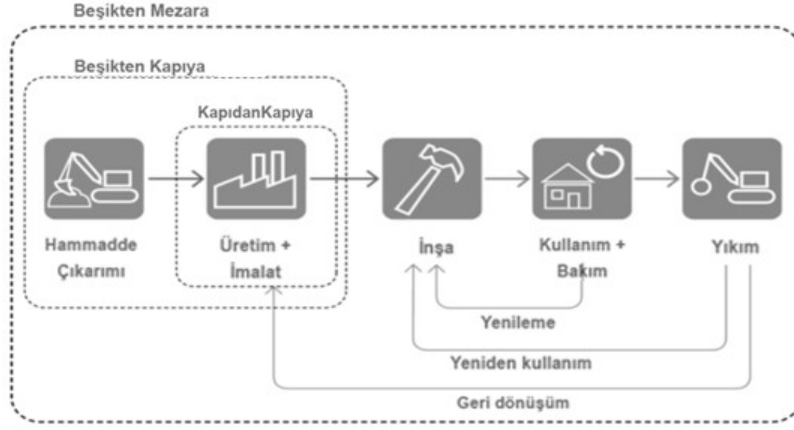
Poz No	Analizin Adı				Ölçü Birimi
15.220.1201	190 mm kalınlığında düşey delikli tuğla (290 x 190 x 135 mm) ile duvar yapılması (AB Sınıfı - 650 kg/m³)				m²
Poz No	Tanımı	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı (TL)
10.130.2131	Malzeme: 290 x 190 x 135 mm düşey delikli tuğla	Ad	24,00	0,75	18,00
19.100.2419	Zaiyat dahil Kireç harcı yapılması (sönmüş kireç torbalı)	m³	0,024	141,40	3,39
10.130.9991	Su	m³	0,01	6,84	0,07
10.100.1013	İşçilik: Duvar Ustası	Sa	0,67	15,70	10,52
10.100.1062	Düz işçi (İnşaat işçisi)	Sa	1,34	11,50	15,41
	(İnşaat yerindeki yükleme, yatay, düşey taşıma ve boşaltma)				
	Malzeme + İşçilik Tutarı				47,39
	% 25 yükleci karı ve genel giderler				11,85
	1 m² Fiyatı				59,24
Projesine göre düşey delikli tuğla ile çimento-kireç karışımı harç kullanılarak duvar yapılması, lüzumunda sulanması, inşaat yerindeki yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma, her türlü malzeme ve zaiyatı, işçilik, araç ve gereç giderleri, yüklenici genel giderleri ve kârı dâhil, 1 m² fiyatı:					
ÖLÇÜ : Projesindeki boyutlar üzerinden hesaplanır. 0,10 m² den küçük boşluklar düşülmez.					

Günümüzde maliyet etkin tasarımlarda öncelikle yapı malzemelerinin yüksek ürün fiyatlarına sahip olmaları nedeniyle, yapılan uygulamalarda yalnızca yapım aşamasındaki finansal maliyetler göz önüne alınıp, minimuma indirgenirken yapının enerji verimliliği göz ardı edilebilmektedir. Dolayısıyla maliyet, yapı malzemelerinin seçiminde ve enerji etkinliğinin belirlenmesinde önemli bir etkidir. Benzer özelliklere sahip yapı malzemelerinin karşılaştırılmasında en önemli belirleyici etken maliyetidir ancak malzemeler farklı özelliklerinin yanında farklı yapım maliyetlerine de sahiptirler. Aynı teknik özellikleri gösteren iki malzemedan biri yapım aşamasında çok yüksek oranda enerji harcanarak üretilmiş olup çevresel etkisi çok yüksek olabilir ya da kullanım aşamasında zararlı emisyonlar üretebilir. Bu nedenle yapı malzemesi seçiminde teknik özellikleri ve fiyatının yanı sıra çevresel etkileri de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu durum ancak tasarım aşamasında, çok boyutlu maliyet etkin detay çözümleri geliştirilmesi ile sağlanabilir.

Çok boyutlu maliyet etkin tasarımda finansal maliyet etkinliği bina yaşam döngüsünün tüm aşamalarında optimum maliyetin sağlanabilmesi ile mümkün olacaktır. Optimum maliyet, yapının tahmini kullanım ömrü boyunca en düşük maliyeti sağlayan en yüksek enerji performans seviyesi anlamına gelmektedir. En düşük maliyet, enerji ile ilgili yatırım maliyetleri, bakım ve işletme maliyetleri ve uygun olduğu durumlarda geri dönüşüm, yenileme ve yıkım maliyetleri dikkate alınarak belirlenir. Binaların enerji performansını iyileştirmek için alınacak önlemler, iklimsel ve yerel koşulları, iç mekan iklim koşullarını ve maliyet etkinliğini dikkate almalıdır. Bu önlemler erişilebilirlik, güvenlik ve binanın kullanım amacı gibi binalar ile ilgili diğer şartları etkilememelidir (EPBD, 2010).

3.3.3 Konutlarda yaşam döngüsü çok boyutlu maliyet etkinliği değerlendirilmesi

ISO 14040 (2006) yaşam döngüsü değerlendirme standardına göre, yaşam döngüsü tanımı bir ürün sisteminin ardışık ve birbirine bağlı aşamalarını, hammadde üretiminden nihai ürünün yok edilmesine kadar olan süreci tanımlamaktadır. Yaşam döngüsü değerlendirmesi ise bir ürünün ömrü boyunca hammadde üretiminden kullanım ve yok etme işlemlerine kadar olan sürecindeki çevresel yönleri ve potansiyel etkileri kapsar (Simonen, 2014). Başka bir deyişle, bir ürünün veya sürecin çevresel etkilerinin tüm yaşam döngüsü boyunca izleyen ve raporlayan standart bir yöntemdir. SETAC (1993) tanımına göre ise, bir ürün süreç veya faaliyetlere ilişkin çevresel yüklerin değerlendirilmesi için kullanılan enerji ve malzemelerin ve çevreye salınan atıkların saptanması ve miktarlarının belirlenmesi sürecidir. Ayrıca, ürünlerin yaşam döngüsünün potansiyel ve gerçek etkileri hakkında bilgiye ulaşmak için tercih edilen araçtır. Maddi enerji ve ekonomik akışı içerir (SETAC, 2009). ISO 14040 (2006) standardına göre yaşam döngüsü dört aşamadan oluşmaktadır, bunlar hammadde üretimi, inşa, kullanım ve bakım, yıkım aşamalarıdır. Bina yaşam döngüsü aşamaları Şekil 3.1’de görülmektedir. Buna göre; yalnızca hammadde çıkarımı ve yapı malzemesinin üretim ve imalatını kapsayan süreç “beşikten kapıya”, hammadde çıkarımından yıkıma kadar olan tüm yaşam döngüsü süreci ise “beşikten mezara” olarak ifade edilmektedir (Simonen, 2014).



Şekil 3.1 : Bina yaşam döngüsü şeması (Simonen, 2014).

Konutlarda harcanan enerjinin kaynağı araştırıldığında, %85'inin kullanım evresinde, %15'inin ise yapım, yenileme ve yok etme evrelerinde harcandığı görülmektedir (Özçuhadar, 2007). Kullanım evresinde harcanan enerjinin büyük kısmı ısıtma ve soğutma amacıyla harcanmakta ve bunun yanında, aydınlatma, sıcak su, elektrik tüketen ekipmanlar, yemek pişirme gibi faaliyetlerle de enerji harcanmaktadır. Bu nedenle günümüzde enerji etkinliği ile ilgili çalışmalar çoğunlukla kullanım evresinde enerji tüketim miktarını azaltmakla ilgilidir. Türkiye'deki mevcut yasa ve yönetmelikler de bu doğrultuda hazırlanmıştır. Yapılan araştırmalar kullanım evresi enerjisini azaltmak amacıyla, yapım evresi enerji miktarları dikkate alınmadan kullanılan yapı malzemelerinin, kullanım enerjisi maliyetini azaltırken, yapım evresi enerji maliyetini arttırdığını göstermektedir. Bu nedenle yaşam döngüsü içerisinde yapım ve kullanım aşamalarına dair çok boyutlu maliyet etkinliğinin sağlanması amaçlanmalıdır.

Tez çalışması kapsamında konutların çok boyutlu maliyet etkinliğinin sağlanabilmesi için yoğun enerji tüketiminin ve parasal harcamanın gerçekleştiği yapım ve kullanım aşamalarına dair maliyetler belirlenecektir. Bu kapsamda, çevresel maliyetleri oluşturan gömülü enerji (GE), kullanım enerjisi (KE), gömülü CO₂ miktarı (GK), kullanım karbon miktarı (KK); finansal maliyetleri oluşturan ilk yatırım maliyetleri ve kullanım maliyetleri kavramları aşağıda açıklanmaktadır (Mangan, 2015).

Gömülü Enerji (GE)

Gömülü enerji bina yapımında kullanılacak yapı malzemelerine dair yaşam döngüsü sürecinde hammaddenin çıkarılması, işlenmesi, yapı malzemesinin üretimi, nakliyesi,

montajı, uygulanması ve yenilenmesi, geri dönüştürülmesi ya da yok edilmesi amacıyla harcanan enerji miktarını ifade etmektedir.

Kullanım Enerjisi (KE)

İç mekan konfor koşullarının sağlanmasında ısıtma, soğutma, aydınlatma, sıcak su, havalandırma, pişirme, cihaz ve ekipmanlar için gerekli enerji ile birlikte bakım, onarım, yenileme için gerekli enerji miktarını ifade etmektedir. Yapıya ait doğrudan tüketilen enerji kullanım enerjisi, dolaylı enerji ise gömülü enerji miktarıdır. Ancak yapının servis ömrü boyunca yapılacak olan bakım onarım ve yenileme işlemleri de gömülü enerji miktarını arttırmaktadır (Fay ve Iyer-Raniga, 2000).

Gömülü Karbon (GK)

Yapı malzemeleri için hammadde çıkarılması, malzemenin üretimi, nakliyesi, uygulanması, kullanımı, yenilenmesi, geri dönüştürülmesi veya yok edilmesi aşamalarında ortaya çıkan karbondioksit (CO₂) miktarıdır. (Url-10). Aynı zamanda diğer sera gazlarını kapsayan eşdeğer karbondioksit (CO₂e) salım miktarıdır.

Kullanım Karbonu (KK)

Binaların kullanım evresinde ısıtma, soğutma, aydınlatma, sıcak su, havalandırma, pişirme, cihaz ve ekipmanlar için gerekli enerjinin üretilmesinde kullanılan yakıt tipine bağlı olarak açığa çıkan karbondioksit ve diğer sera gazı emisyonlarını kapsayan eşdeğer karbondioksit miktarıdır.

Gömülü ve kullanım karbon miktarları kullanılan enerji kaynağına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Enerjinin fosil kaynaklardan elde edilmesi yüksek CO₂ salımına neden olurken, yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmesi CO₂ salım miktarını azaltmaktadır (Mangan, 2015).

İlk Yatırım Maliyeti

İlk yatırım maliyetleri, ön hazırlık döneminden başlayarak kullanım dönemine kadar olan süreçler dizisinin maliyetlerini kapsamamaktadır (Akınbingöl ve Gültekin, 2005). Yapının kullanıma hazır hale getirilmesi için gerekli arsa, makine-teçhizat, iş gücü ve malzeme gibi tüm üretim elemanları için yapılan harcamaların toplamıdır.

Kullanım Maliyeti

Kullanım dönemi maliyetleri binanın amacı doğrultusunda kullanımı ile oluşan maliyetleri kapsamaktadır (Akınbingöl ve Gültekin, 2005). Bina yaşam ömrünü tamamladığı diğer bir deyişle kullanılamaz duruma geldiği zamana kadarki tüm enerji, işletme ve bakım-onarım maliyetleri kullanım maliyeti kapsamında ele alınmaktadır. Enerji maliyeti çerçevesinde, bina içerisinde istenilen iklimsel konfor koşullarının ve diğer gereksinimlerin sağlanabilmesi amacıyla tüketilen yakıt cinsine ilişkin giderler dikkate alınmaktadır. İşletme maliyeti kapsamında, binanın kullanış amacına uygun olarak optimum hizmet edebilmesi kapsamında enerji maliyeti hariç tüm giderler ele alınmaktadır. Bakım-onarım maliyeti çerçevesinde ise binadan beklenen performans düzeyinin binanın yaşam ömrü süresince korunabilmesi ve sürdürülebilmesi amacıyla yürütülen faaliyetlere ilişkin giderler dikkate alınmaktadır (Mangan, 2015).

4. TÜRKİYE’DEKİ YENİ KONUT BİNALARININ DIŞ DUVARLARININ ÇOK BOYUTLU MALİYET ETKİNLİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİNE YÖNELİK ALAN ÇALIŞMASI

Türkiye’de enerji tüketiminin büyük kısmının konutlardan kaynaklandığı bilinmektedir. Yeni konut üretimindeki artış ve mevcut konut stokunun yenilenmesi hedefleri, konutlarda harcanan enerji miktarını arttırmaktadır. Yeni konut binalarında çok boyutlu maliyet etkinliğinin sağlanması, ülkenin enerji verimliliği hedeflerinin sağlanmasında büyük rol oynayacaktır. Konutlardaki enerji tüketiminin yüksek oranda kullanım aşamasında gerçekleşmekte ve kullanım aşamasında da ısıtma ve soğutma amacıyla daha fazla enerji harcanmaktadır. Koçu ve Dereli (2010)’nin çalışmasına göre çok katlı konut yapılarında, toplam ısı kayıplarının %40’ı dış duvarlardan, %30’u kapı ve pencerelerden, %7’si çatılardan, %6’sı bodrum döşemesinden ve %17’si hava kaçaklarından meydana geldiği görülmektedir. Tek katlı konut yapılarında ısı kayıpları ise, % 25’ dış duvarlardan, %22’si çatıdan, %20’si pencerelerden, %20’si bodrumdan ve %13’ü hava kaçaklarından meydana gelmektedir. Dolayısıyla ısı kayıplarının en yüksek oranda dış duvarlardan gerçekleşmektedir. Dış duvarlar yüzey alanları en büyük yapı bileşeni olmaları, çok sayıda katman içermeleri, bünyesinde kullanılan malzemelerin miktarı, niteliği ve maliyetleri, dış ortam koşullarına en yüksek oranda maruz kalmaları, iç ve dış ortamı birbirinden ayırırken sergiledikleri ısı performansları sebebiyle diğer yapı elemanlarından ayrılmaktadır. Çok boyutlu maliyet etkinliği açısından yapının bütününe etkilediklerinden uygun detay çözümleri ile tasarlanmalıdırlar.

4.1 Alan Çalışmasının Yöntemi

Konutlardaki çok boyutlu maliyet etkinliğinin sağlanabilmesi için yapılacak çalışmada öncelikli olarak mevcut durumun tespiti yapılmalıdır. Bu amaçla, Türkiye’de konut üretiminde dış duvarların, alışlagelmiş tasarım yaklaşımlarına ve yapım yöntemlerine dair verilerinin elde edilmesi ve sıklıkla kullanılan detay tiplerinin tespit edilmesi gerekmektedir. İstanbul ili, ülke ve bölge özelliklerini iyi

yansıtması, yaklaşık 15 milyon nüfusu ile yeni konut ihtiyacının ve üretiminin yüksek olması, kentsel dönüşüm çalışmalarının büyük kısmını oluşturması sebebiyle çalışmanın yapılacağı bölge olarak seçilmiştir. Mevcut durumun tespit edilebilmesi amacıyla 39 ilçe belediyesinin 23'ünde İmar ve Şehircilik Müdürlükleri'ne başvurulmuş ve ilgili yetkililer ile görüşülerek 2018 yılında yapımı tamamlanmış ya da ruhsat almış konut yapılarının dış duvar detaylarına ilişkin veriler elde edilmiştir. Verilerin elde edilmesinde iki ayrı yöntem izlenmiştir. Bunlardan ilki, mimari proje ve ısı yalıtım projelerindeki dış duvar sistem detaylarının incelenmesidir. İncelenen projelerin seçiminde yapının İstanbul ilinde olması, 2018 yılında ruhsat almış ya da yapımı tamamlanmış konut yapısı olması, yapıya ait bilgi, belge ve dış duvar sistem detaylarına ulaşılabilir olması göz önünde tutulmuştur. Bir diğer yöntem ise ruhsat ve yapı kontrol birimlerindeki yetkili mimarlar, inşaat mühendisleri ve makine mühendisleri ile yapılan yarı yapılandırılmış görüşme çalışmasıdır. Görüşmeler ile projelerden elde edilen verilerin doğrulanması ve uygulama aşamasında en çok kullanılan yapım yöntemlerinin ve yapı malzemelerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda 70 adet konut projesine ulaşılmış ve 23 belediyeden 18'inin katılımı ile yarı yapılandırılmış görüşme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Proje ve görüşmelerden elde edilen veriler 4.2. bölümünde açıklanacaktır. Elde edilen veriler doğrultusunda en çok kullanılan dış duvar malzemeleri ve detayları tespit edilmiştir. Tespit edilen mevcut dış duvar tipleri 4.3. bölümünde ayrıntılı olarak açıklanacak, bu dış duvar tiplerine ilişkin çok boyutlu maliyet etkinliği ise 4.4. bölümünde incelenecektir. Yapılacak inceleme üç aşamalı olarak gerçekleştirilecek olup bunlar, gömülü karbondioksit ve sera gazı eşdeğerleri miktarının belirlenmesi, kullanım enerjisi etkinliğinin belirlenmesi ve finansal maliyetlerinin belirlenmesidir. Yapılan çalışmada, gömülü CO₂ miktarlarının tespitinde, Türkiye'de halihazırda yapı malzemelerinin birim gömülü CO₂ miktarlarını bir arada veren ulusal bir veri tabanı bulunmadığından ve bu alanda yapılan çalışmalar sınırlı olduğundan, The Inventory of Carbon and Energy (ICE) v2.0 veri tabanından yararlanılmış ve matematiksel hesaplama yöntemi kullanılmıştır. Kullanım enerjisinin hesaplanmasında Design Builder yazılımından yararlanılmıştır. Finansal maliyetlerin belirlenmesinde ise T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı "2019 Yılı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları" ile piyasa pazar araştırmalarından elde edilen verilerden yararlanılmıştır.

4.2 Proje ve Görüşmelerden Elde Edilen Veriler

Yapılan çalışmada 70 adet konut yapısına ait mimari proje sistem detayına ve ısı yalıtım projesine ulaşılmıştır. Bu yapılara ait projelerden 9’unda dış duvarlara ait herhangi bir veri bulunmamaktadır, 11’inde yalnızca sistem detayı verileri, 21’inde yalnızca ısı yalıtım projesi verileri, 29’unda ise hem sistem detayı hem de ısı yalıtım projesi verileri bulunmaktadır. Bu verilere ilişkin detaylar EK B’de verilmiştir. Buna göre dış duvarların yapımında yüksek oranda örme duvar sisteminin tercih edildiği ve nadiren kompleks işlevli yapılarda panel sistemlerin kullanıldığı görülmüştür. Kullanılan yapı malzemeleri incelendiğinde ise en çok karşılaşılan duvar gövde malzemelerinin tuğla ve gaz beton olduğu görülmüştür. En çok kullanılan ısı yalıtım malzemeleri XPS ve taş yünü olmakla birlikte bunların yanında EPS ve PUR kullanımıyla da karşılaşılmıştır. İç cephe kaplama malzemesi olarak genellikle iç sıva üzeri boya uygulamasının yapıldığı görülmüş ve nadiren alçı panel uygulaması ile karşılaşılmıştır. Dış cephe kaplamalarında ise başta dış sıva ve boya olmak üzere, alüminyum kompozit kaplamaların, ahşap kaplamaların, seramik kaplamaların ve doğal taş kaplamaların tercih edildiği görülmektedir.

Ancak tüm projeler incelendiğinde bazı yapılara ait projeler arasında çeşitli uyumsuzlukların bulunduğu tespit edilmiştir. Aynı sistem detayı çizimlerinin farklı belediyelerin farklı projelerinde kullanılması, bir yapıya ait mimari projede farklı sistem detaylarının bir arada verilmesi ve genellikle de ısı yalıtım projeleri ile mimari projelerdeki detayların birbiriyle örtüşmemesi gibi sorunlarla karşılaşılmıştır. Konu ile ilgili veriler EK C’de verilmektedir. Tespit edilen sorunlar göz önüne alındığında, uygulama aşamasında yapının projelere uygun olarak inşa edilip edilmediği de şüphe uyandırmaktadır. Bu durum denetimlerdeki yasal düzenlemelerin yetersiz olduğunu, yapılan kontrollerin yalnızca kağıt üstündeki sayısal verilerin yönetmeliklere uygunluğunun denetlenmesinde kalarak, projelerin ayrıntılı şekilde denetlenmediğini, uygulamada kullanılan malzemelerin belgelerdeki malzemelerle örtüşüp örtüşmediğinin ve nitelikli uygulanıp uygulanmadığının yeterli düzeyde takip edilmediğini ve hatta belgeler arasındaki uyumsuzlukların dahi göz ardı edildiğini göstermektedir. Bu duruma başta yasal düzenlemelerdeki eksiklikler olmak üzere, ilgili birimler arasındaki koordinasyon eksikliğinin ve belediyelerdeki iş yükü fazlalığından dolayı belgelere ilişkin ayrıntılı kontrollerin ikinci plana atılmasının neden olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle elde edilen verilerin doğrulanması ve

uygulama sürecinde en çok karşılaşılan yapım yöntemlerinin ve yapı malzemelerinin belirlenmesi amacıyla ilgili birimlerdeki mimar ve makine mühendisleri ile yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir.

Yapılan görüşmelerde ise ruhsat ve yapı kontrol birimlerindeki yetkili mimar ve makine mühendisleri ile görüşülmüş olmasına karşın soruların cevaplanmasında da çeşitli sorunlarla karşılaşmıştır. Bu sorunların genellikle konuyla ilgili bilgi eksikliğinden kaynaklandığı görülmüştür. Başvurulan 23 belediyeden 18'inde görüşmelere katılım gerçekleşmiş olmakla birlikte 5 belediyede (8, 13, 15, 17 ve 23 numaralı ilçe belediyeleri) çeşitli nedenlerle görüşmeye katılımı reddedilmiş veya sorulara cevap vermekten kaçınılmıştır. İlgili belediyeler ile yapılan görüşmelerden elde edilen veriler metne dönüştürülerek, içerik değiştirilmeden aşağıda verilmektedir, ayrıca EK D'de tablo halinde sunulmuştur. Görüşmeler dış duvarlar ile ilgili yapılmakla birlikte bazılarında başka yapı elemanlarına ilişkin de belediye yetkilileri tarafından örnek ve bilgiler verilmiştir, çalışmanın bütünlüğünü bozmamak adına bu kısımlar metinden çıkarılmamıştır.

İİB (1)

Yapılan görüşme sonucuna göre, belediyenin yetkili olduğu sınırlar içerisinde taşıyıcılık özelliğine göre genellikle taşıyıcı olmayan dış duvar tipleri ile karşılaşmaktadır. Çift katmanlı, sandviç duvar tiplerine rastlanmamakta ve tek katmanlı duvarlar kullanılmaktadır. Yapım türüne göre dış duvar tipleri için verilen cevapta en çok karşılaşılan dış duvar tipinin iskelet sistem olduğu söylenmesine karşın en çok kullanılan dış duvar malzemesinin de tuğla olduğu cevabı verilmiştir. En çok kullanılan yalıtım malzemesi olarak taş yünü kullanıldığı söylenmiş ancak yangın yalıtımı düşük olduğundan bunun yerine EPS ve XPS gibi diğer ısı yalıtım malzemelerin kullanılmasının daha uygun olacağı belirtilmiştir. Isı yalıtım malzemeleri çekirdeğin dış yüzeyinde uygulanmaktadır. Dış duvar iç ve dış kaplama malzemelerinde sıva ve boyanın daha çok tercih edildiği söylenmiştir. Su yalıtımı için ise sürülerek uygulanan su yalıtım malzemelerinin tercih edildiği belirtilmiştir.

İİB (2)

Belediye yetkilisi ile yapılan görüşmeye göre, belediye sınırları içerisinde taşıyıcılık özelliklerine göre yeni konut binalarında taşıyıcı olmayan dış duvarlar kullanılmaktadır. Katman sayısına göre çift katmanlı duvar tipine çok nadir olarak

rastlanabilmektedir. Yapım türüne göre örme duvar tipi tercih edilmektedir. En çok karşılaşılan örme duvar malzemesi bims blok, tuğla ya da gaz betondur. Dış duvarlarda içten dışa doğru genellikle tuğla, yalıtım malzemesi ve cephe kaplaması sistemi kullanılmaktadır. Yalıtım malzemesi olarak genellikle EPS kullanılmaktadır, yapıştırma ile ya da mekanik tespiti yapılmaktadır. Cephe kaplamasında sıva ve boya ya da prekast kaplama malzemeleri kullanılabilmektedir. Prekast kaplama malzemesi için mekanik tespit edilen alüminyum kompozit kaplamalar çoğunlukla tercih edilmektedir. Bunun yanında nadiren de olsa dış cephede doğal taş kaplama malzemeleri ya da tuğla görünümlü kaplama malzemeleri görülebilmektedir. Bu malzemelerin montajında yapıştırma ya da mekanik tespit yöntemleri kullanılabilmektedir. Yalıtım malzemeleri her zaman çekirdeğin dış yüzeyine uygulanmaktadır. Dış duvar iç kaplama malzemesi için genellikle sıva ve boya kullanılmaktadır. Bodrum katlarda uygulanan su yalıtımı için sürülerek uygulanan yalıtım malzemeleri tercih edilmektedir.

İİB (3)

Görüşme sonuçlarına göre, taşıyıcılık özelliklerine göre dış duvar tiplerinde yeni yapılan yapılar için taşıyıcı dış duvarlara rastlanmadığı ancak tescilli yapılarda yığma duvarların kullanıldığı belirtilmiştir. Çift katmanlı duvar tipi ile konut yapılarında karşılaşılmamaktadır ancak farklı işlevli yapılarda görülebilmektedir. Yapım türüne göre genellikle örme duvar tipi tercih edilmektedir ve öncelikli olarak tuğla ve sonrasında gaz beton malzemeler kullanılmaktadır. Duvar gövde malzemesi üzerine genellikle dıştan XPS ya da EPS gibi köpük esaslı ısı yalıtım malzemeleri uygulaması yapılmaktadır. Dış kaplama malzemesi olarak genellikle sıva ve boya kullanılmaktadır. Mineral kökenli ısı yalıtım malzemeleri maliyetlerinin fazla olması nedeniyle konut yapıların çok fazla tercih edilmemektedir. Kompozit kaplama malzemelerinin kullanımına ilgili belediye tarafından izin verilmemektedir. Doğal malzemelerin kullanımı önerilmekte ve ahşap kaplama malzemelerinin kullanımına izin verilmektedir. Su yalıtım için serilerek uygulanan su yalıtım malzemeleri ya da sürülerek uygulanan su yalıtım malzemeleri kullanılmaktadır.

İİB (4)

Yapılan görüşme çalışmasına göre, ilgili belediyenin yetkili olduğu sınırlar içerisinde, taşıyıcılık özelliklerine göre taşıyıcı olmayan duvar tipleri

kullanılmaktadır. Dış duvarda çift katman kullanımı ısı köprüleri oluşması ihtimali nedeniyle istenmemekte ve yerine uygun çözümlerin geliştirilmesi yetkili birim tarafından talep edilmektedir. Dış duvar dış kaplama malzemeleri için genellikle metal kompozit kaplama malzemeleri ile nadiren mermer kaplama kullanılmaktadır. Yüksekliği 28.50 metrenin üzerinde olan yapılar için A1, A2 sınıfı yanmaz ya da zor yanan malzemelerin kullanımı belediye tarafından zorunlu tutulmaktadır. Bu nedenle de genellikle mineral esaslı ısı yalıtım malzemeleri tercih edilmektedir ancak sentetik kökenli ısı yalıtım malzemeleri de kullanılabilir. Yapım türüne göre genellikle örme duvarlar ile karşılaşılmaktadır ve öncelikli olarak tuğla, nadiren de gaz beton tercih edilmektedir. Dış duvar iç kaplama malzemesi olarak genellikle sıva ve boya ve nadiren taş ve kağıt kaplama malzemeleri kullanılabilir. Su yalıtım malzemesi olarak TS 13969 standardına göre minimum 3mm su yalıtım malzemesi kullanılması belediye tarafından zorunlu tutulmaktadır. Genellikle serilerek ya da sürülerek uygulanan su yalıtım malzemeleri tercih edilmektedir.

İİB (5)

Görüşme çalışması sonuçlarına göre, belediye sınırları içerisindeki yapılarda taşıyıcılık özelliğine göre taşıyıcı olmayan dış duvar tipi kullanılmaktadır. Çift katmanlı, sandviç duvar tipleri ile nadiren karşılaşılmaktadır. Yapım türüne göre örme duvarlar kullanılmaktadır. En çok kullanılan örme duvar malzemeleri yapı 2000 m² altında ise tuğla, 2000 m² üzerinde ve yüksek katlı ise genel olarak gaz betondur. Yüksekliği 28.50 metreyi aşan binalarda ısı yalıtım malzemesinin A1 sınıfı yanmaz malzeme olması zorunludur ve çoğunlukla taş yünü tercih edilmektedir. Az katlı yapılarda ise genellikle EPS tercih edilmektedir. Dış duvar dış kaplama malzemesi genellikle sıva ve boyadır. Bunun yanında nadiren kompozit kaplamalar ve mermer ya da granit kaplamalar tercih edilebilmektedir. Kompozit kaplamalar ile tescilli yapı eklerinde karşılaşılabilmektedir bu gibi durumlarda ahşap kompozit kaplama malzemeleri kullanılmakta ve ısı yalıtım malzemesi olarak EPS kullanılmaktadır. Metal kompozit kaplamalar kullanıldığı durumlarda ise ısı yalıtım malzemesi olarak taş yünü kullanılmaktadır. İç kaplama malzemesi olarak genellikle sıva ve boya tercih edilmektedir. Su yalıtım malzemelerinde ise en çok serilerek uygulanan su yalıtım malzemeleri kullanılmaktadır bunun yanında nadiren sıva harcı kullanılabilir.

İİB (6)

Görüşme sonuçlarına göre, belediye yetki sınırları içerisinde yeni konut binalarında taşıyıcı olmayan dış duvarlar kullanılmaktadır. Yeni konut binalarının neredeyse tamamında tuğla duvar gövdesi üzerine dıştan ısı yalıtımı uygulaması ve dış kaplamada sıva ve boya ile karşılaşılmaktadır. Isı yalıtım malzemesi olarak XPS tercih edilmektedir, mineral kökenli ısı yalıtım malzemelerine neredeyse hiç rastlanmamaktadır. Ancak bu detay belediye tarafından onaylanan projeler için geçerlidir, uygulama aşamasında farklı detay tiplerine rastlanabilmektedir. Yapı kontrol aşamasında da duvardan detay örneği alınıp kullanılan malzemeler denetlenmemektedir ve bu farklılıklar göz ardı edilmektedir. Uygulama sırasında ısı yalıtım malzemesi olarak taş yünü tercih edilen örnekler vardır. Dış kaplama malzemelerinde ahşap lifi takviyeli beton paneller ya da alüminyum kompozit kaplamaların kullanıldığı örnekler görülebilir. İç kaplama malzemesi olarak genellikle sıva ve boya kullanılmaktadır.

İİB (7)

Görüşme sonuçlarına göre, yeni yapılan konut yapılarında taşıyıcılık özelliğine göre taşıyıcı dış duvar tipi ile karşılaşılmamaktadır. Çift katmanlı, sandviç, duvar tipleri kullanılmamaktadır. Yapım türüne göre genellikle örme duvar tipi yeni yapılan konut yapıları için tercih edilmekte olup tuğla ve gaz beton genel olarak kullanılan duvar gövde malzemeleridir. Cam lifi takviyeli beton kompozit paneller de dış duvarların yapımında tercih edilebilmektedir. Dış duvar dış kaplama malzemesi olarak genellikle sıva ve boya kullanılmakta ancak bunun yanı sıra alüminyum kompozit kaplamalar ve seramik kaplama malzemeleri de tercih edilebilmektedir. İç kaplama malzemesi olarak sıva ve boya tercih edilmektedir. Isı yalıtım malzemeleri duvarın dış yüzeyine uygulanmakta ve belediye yetki sınırları içerisinde dış cephede yanıcı malzeme kullanımına izin verilmemektedir. Bu nedenle sentetik ısı yalıtım malzemelerinin kullanımı yasak olup, mineral ve bitkisel kökenli yanmaz ısı yalıtım malzemelerinin kullanılması belediye tarafından talep edilmektedir.

İİB (8)

İlgili belediyenin ruhsat ve yapı kontrol birimleri çalışanları ile yapılan görüşmede net cevaplar elde edilememiştir. İlgili kişiler yöneltilen soruların cevaplarına ilişkin fikir beyanında bulunamamış ve bilgi sahibi olabilecek kişilerin görüşme yapıldığı

anda belediyede bulunmadıkları söylenmiştir. Elde edilen cevaplardan bazıları şöyledir; konut yapılarının dış duvarlarında dış kaplama malzemesi olarak genellikle sıva ve boya tercih edilmektedir. Nadiren metal kompozit kaplamalar da kullanılmaktadır. İç kaplama malzemesi olarak da ahşap iç kaplama malzemeleri ile karşılaşılmaktadır.

İİB (9)

Yapılan görüşme çalışması sonuçlarına göre, belediyenin yetkili olduğu sınırlar içerisinde taşıyıcı dış duvar tipine rastlanmamaktadır. Çift katmanlı, sandviç duvarlar kullanılmamaktadır. Genellikle örme duvar tipi tercih edilmekte ve çoğunlukla tuğla olmak üzere nadiren bims blok kullanılmaktadır. Dış kaplama malzemesi olarak çoğunlukla sıva ve boya tercih edilirken nadiren seramik ve doğal taş malzemeler görülmektedir. İç kaplama malzemesi olarak alçı sıva ve boya kullanılmaktadır. Isı yalıtım malzemeleri duvarın dış yüzeyine uygulanmaktadır. Yapı yüksekliği 21.50 metreden fazla olduğu durumlarda yapının tamamında taş yünü ısı yalıtım malzemesi, yapı yüksekliği 21.50 metreden az olduğu durumlarda ise pencere kenarlarında taş yünü diğer kısımlarda sentetik ısı yalıtım malzemeleri kullanılmaktadır. Sentetik ısı yalıtım malzemeleri arasından genellikle XPS ısı yalıtım malzemesi tercih edilmektedir. Su yalıtım malzemesi olarak çoğunlukla sürülerek uygulanan su yalıtım malzemeleri tercih edilirken çok nadir olarak temellerde beton katkılı su yalıtım malzemeleri kullanılabilmektedir.

İİB (10)

Belediyesi yetkilisi ile yapılan görüşme sonuçlarına göre, belediye sınırları içerisinde taşıyıcılık özelliklerine göre taşıyıcı dış duvar tiplerine rastlanmamaktadır. Çift katmanlı, sandviç duvar tipi kullanılmamaktadır. Yapım türüne göre genellikle örme duvar tipi tercih edilmektedir ve gaz beton ve tuğla en çok karşılaşılan örme duvar yapı malzemeleridir. Dış duvar dış kaplama malzemesi olarak genellikle sıva ve boya kullanılmaktadır, bununla birlikte EPS ısı yalıtım malzemesi tercih edilmektedir. XPS ısı yalıtım malzemesi duvarlarda çatlamalara neden olduğu gerekçesi ile kullanılmamaktadır. Ayrıca son yıllarda ahşap kaplama malzemeleri de kullanılmaya başlanmıştır ve MDF ahşap kaplama, taş yünü ısı yalıtım malzemesi ile birlikte uygulanmaktadırlar. Dış duvarlarda kullanılan ısı yalıtım malzemeleri yapıştırma yöntemi ile tespit edilmektedir. İç kaplama malzemesi olarak genellikle alçı sıva

kullanılmaktadır. Su yalıtımı için serilerek uygulanan su yalıtım malzemeleri tercih edilmektedir.

İİB (11)

Görüşme çalışmasına göre, taşıyıcılık özelliklerine göre taşıyıcı dış duvar tipi yeni yapılan konut yapılarında kullanılmamaktadır. Yapım türüne göre örme duvarlar kullanılmaktadır ve genellikle tuğla ve gaz beton malzemeler tercih edilmektedir. Isı yalıtım malzemesi olarak genellikle EPS tercih edilmektedir, kompozit kaplama malzemelerinin kullanıldığı durumlarda ve pencere kenarlarında taş yünü ısı yalıtım malzemesi kullanılmaktadır. Isı yalıtım malzemeleri duvarın dış yüzeyine uygulanmaktadır, içten ısı yalıtımı belediye tarafından kabul edilmemektedir. Isı yalıtım malzemeleri dış duvara mekanik olarak monte edilmektedir. Dış duvarlarda çift katmanlı, sandviç duvar tipi kullanılmamaktadır. Dış duvar dış kaplama malzemelerinde öncelikli olarak sıva ve boya, ardından kompozit kaplamalar, ahşap kaplamalar ve prekast yapı malzemeleri ile karşılaşılmaktadır. Konut yapılarında kısmi, tek cepheye uygulanmış, kompozit malzemeler ile karşılaşılabilmektedir. İç kaplama malzemesi olarak sıva ve boya kullanılmaktadır. Su yalıtım malzemesi olarak temelde serilerek uygulanan su yalıtım malzemeleri kullanılmaktadır, sürme su yalıtım malzemeleri suyun tehlike oluşturduğu durumlarda tercih edilmektedir.

İİB (12)

Görüşme çalışması sonuçlarına göre, yeni konut yapılarında taşıyıcı dış duvarlar ile karşılaşılmamaktadır. Çift katmanlı dış duvar tipleri ile nadiren karşılaşılmaktadır. Duvar gövde malzemesi olarak genellikle tuğla kullanılmaktadır. Isı yalıtımında ise genellikle mineral kökenli ısı yalıtım malzemeleri tercih edilmektedir. Çoğunlukla duvarın dış yüzeyine uygulanmalarına karşın nadiren iç yüzeyinde de uygulanabilmektedirler. Dış ve iç kaplama malzemelerinde çoğunlukla sıva ve boya uygulanmaktadır.

İİB (13)

İlgili belediye tarafından görüşmeye katılım sağlanmamıştır.

İİB (14)

Yapılan görüşme sonuçlarına göre, yeni konut binalarının dış duvarlarında taşıyıcı olmayan tek katmanlı duvar tipleri kullanılmaktadır. Çoğunlukla örme duvar tipi

tercih edilmekte ve tuğla kullanılmaktadır. Dış kaplama malzemesi olarak genellikle sıva ve boya kullanılsa da ahşap kaplama malzemeleri ile de karşılaşılabilir. Isı yalıtım malzemesi olarak taş yünü tercih edilmektedir. İç kaplama malzemesi olarak sıva ve boya kullanılmaktadır. Su yalıtımında sürülerek uygulanan su yalıtım malzemeleri kullanılmaktadır.

İİB (15)

İlgili belediye tarafından görüşmeye katılım sağlanmamıştır.

İİB (16)

Yapılan görüşmeden elde edilen verilere göre, yeni konut binalarında taşıyıcı olmayan dış duvarlar kullanılmaktadır. Genellikle örme duvar sistemi ile dış duvarlar inşa edilmekte ve tuğla ya da gaz beton malzemeler kullanılmaktadır. Dış kaplama malzemesi olarak dış sıva ve boya, iç kaplama malzemesi olarak iç sıva ve boya uygulanmaktadır. Isı yalıtım malzemeleri duvarın dış yüzeyinden uygulanmakta ve genellikle taş yünü tercih edilmektedir. Su yalıtımında ise serilerek uygulanan su yalıtım malzemeleri tercih edilmektedir.

İİB (17)

İlgili belediye tarafından görüşmeye katılım sağlanmamıştır.

İİB (18)

Görüşmelerden elde edilen verilere göre, yeni konut binalarının dış duvarlarında tek katmanlı taşıyıcı olmayan duvarlar uygulanmaktadır. Dış duvarlar genellikle örme sistem ile inşa edilmekte ve öncelikli olarak gaz beton sonrasında ise tuğla malzemeler kullanılmaktadır. Dış kaplama malzemesi olarak genellikle sıva ve boya gibi daha az maliyetli malzemeler tercih edilmekte ancak nadiren de olsa metal kaplamalar ya da taş kaplamalar da kullanılabilmektedir. İç kaplama malzemesi olarak genellikle sıva ve boya, yanı sıra alçı panel kaplamalar ve seramik kaplamalar da tercih edilmektedir. Isı yalıtımında genellikle sentetik ısı yalıtım malzemeleri ve nadiren taş yünü kullanılmaktadır.

İİB (19)

Belediyesi yetkilisi ile yapılan görüşmeden elde edilen sonuçlara göre, dış duvarlarda taşıyıcı olmayan duvarlar uygulanmaktadır. İlgili belediye sınırlarında dıştan ısı yalıtımı uygulaması zorunlu olduğundan dış duvarlarda sandviç duvar uygulamasına

izin verilmemektedir. Genellikle örme duvar sistemi kullanılmakta ve sırasıyla tuğla, gaz beton ve bims blok malzemeler tercih edilmektedir. Dış kaplama malzemesinde ağırlıklı olarak sıva ve boya uygulanması yapılmakta ancak alüminyum kompozit kaplamalar da cam yünü veya taş yünü ısı yalıtım malzemeleri ile birlikte uygulanabilmektedir. Bunun haricinde kullanılan ısı yalıtım malzemeleri genellikle XPS ve EPS olup, yüksek katlı konutlarda yine cam yünü veya taş yünü kullanılmaktadır. Isı yalıtım malzemeleri yapıştırma yolu ile duvara tespit edilmektedir. İç kaplama malzemesi olarak iç sıva ve boya kullanılmaktadır. Su yalıtım malzemelerinde genellikle beton katkıları ya da serilerek uygulanan malzemeler tercih edilmektedir.

İİB (20)

Yapılan görüşme sonuçlarına göre, ilgili belediyenin yetki sınırları dahilinde nadiren taşıyıcı duvar sistemiyle inşa edilen yapılarla karşılaşılsa da bu uygulamalar yüksek maliyetli olmaları nedeniyle genellikle tercih edilmemekte ve taşıyıcı olmayan duvar sistemleri uygulanmaktadır. Çift katmanlı duvar sistemleri de yine aynı nedenle kullanılmamaktadır. Dış duvarlar genellikle örme sistemle uygulanmakta ve örme malzemesi olarak başta tuğla ve gaz beton nadiren de bims bloklar tercih edilmektedir. Dış duvar kesitlerinde iç kaplama malzemesi olarak alçı levha ya da kontrplak, ısı yalıtım malzemesi olarak taş yünü ve dış kaplama malzemesi olarak mekanik tespit edilen alüminyum kompozit panellerin kullanıldığı uygulamalara rastlanmaktadır. Ancak genel kullanımda dış kaplamada dış sıva ve boya, iç kaplamada iç sıva ve sentetik boyalar ya da seramik kaplamalar tercih edilmektedir. Yüksekliği 30.50 m'den yüksek olan yapılarda taş yünü ısı yalıtım malzemesi kullanılmakta, az katlı yapılarda ise genellikle PUR ya da EPS uygulaması yapılmaktadır. Isı yalıtım malzemeleri duvarın dış yüzeyine uygulanmaktadır. Su yalıtım malzemesi olarak serilerek ya da sürülerek uygulanan malzemeler tercih edilmektedir.

İİB (21)

Görüşme sonuçlarına göre, belediye yetki sınırları içerisinde taşıyıcı duvarlar kullanılmamakta ve dış duvarlar tek katmanlı olarak örme sistem ile uygulanmaktadır. Duvar örgü malzemesi olarak genellikle tuğla ve nadiren gaz beton tercih edilmektedir. Dış kaplama malzemesi olarak kompozit kaplama malzemeleri

ya da cam mozaik kaplamalar kullanılmaktadır. Isı yalıtımında taş yünü kullanılmamakta, genellikle sentetik esaslı yalıtım malzemeleri uygulanmaktadır. İç kaplama malzemesi olarak sıva ve boya tercih edilmektedir. Su yalıtımında ise serilerek uygulanan su yalıtım malzemeleri kullanılmaktadır.

İİB (22)

İlgili belediye yetkilisi ile yapılan görüşme sonuçlarına göre, belediye yetki sınırlarında taşıyıcı dış duvarlar ile genellikle karşılaşmamakta ancak oldukça nadir rastlanabilmektedir. Çift katmanlı duvarlar ile nadiren karşılaşmaktadır ve sentetik ısı yalıtım dolgu malzemesi ile uygulanmaktadır. Genellikle örme duvar sistemi kullanılmakta, örgü malzemesi olarak çoğunlukla tuğla ve gaz beton nadiren bims bloklar tercih edilmektedir. Dış kaplama malzemesi olarak sıva ve boya ya da alüminyum kompozit kaplamalar kullanılmaktadır. İç kaplama malzemesi olarak sıva ve boya uygulanmaktadır. Isı yalıtım malzemesi olarak yüksek katlı yapılarda taş yünü kullanımı ilgili belediye tarafından talep edilmektedir. Az katlı yapılarda ise XPS kullanımı yaygındır. Su yalıtım malzemesi olarak serilerek uygulanan su yalıtım malzemeleri tercih edilmektedir.

İİB (23)

İlgili belediye tarafından görüşmeye katılım sağlanmamıştır.

4.3 Proje ve Görüşmelerden Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi

Türkiye’de yeni konut binalarının dış duvarlarına ilişkin alışlagelmiş tasarım yaklaşımlarına, yapım yöntemlerine ve yapı malzemelerine dair verilerinin elde edilmesi amacıyla yapılan proje detay incelemelerinde ve görüşmelerde çeşitli uyumsuzluklar, bilgi ve veri eksiklikleri, proje detay paylaşımları ya da görüşmeye katılımlarda tereddütlerle karşılaşmış olsa da, elde edilen veriler dış duvarlara ilişkin sıklıkla kullanılan malzemeleri, yapım yöntemlerini ve detay tiplerini iyi şekilde yansıtmaktadır.

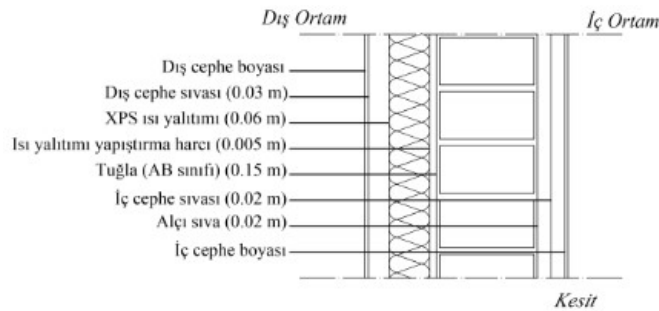
Kullanılan dış duvar sistemleri incelendiğinde genellikle dolgu duvarların kullanıldığı ve örme yapım sistemiyle tek katmanlı olarak uygulandıkları tespit edilmiştir. Kullanılan yapı malzemeleri incelendiğinde ise dış kaplama malzemesi olarak genellikle sıva ve boya uygulamasının yapıldığı ve bunun yanında ahşap kaplama, alüminyum kompozit kaplama, seramik kaplama ve mermer

kaplamalarında kullanıldığı tespit edilmiştir. Isı yalıtım malzemelerinin dış duvarların dış yüzeyinde uygulandığı ve genellikle taş yünü, XPS, EPS ve PUR ısı yalıtım malzemelerinin kullanıldığı belirlenmiştir. Duvar gövde malzemesi olarak tuğla, gaz beton ve nadiren bims blokların kullanıldığı görülmüştür. Seçilen tuğla malzemeler genellikle, W sınıfı ya da AB sınıfı delikli tuğlalardan oluşmaktadır. İç kaplama malzemesi olarak iç sıva üzeri alçı sıva ve iç cephe boyalarının sıklıkla tercih edildiği ve yanı sıra alçı panel uygulamalarının yapıldığı tespit edilmiştir. Tüm bu verilerden yola çıkılarak mevcut dış duvarların çok boyutlu maliyet etkinliğinin incelenebilmesi için 12 tip dış duvar detayı belirlenmiştir.

4.4 Yeni Konut Yapılarında Kullanılan Mevcut Dış Duvar Detayları

Tip 1

Şekil 4.1’de görülen Tip 1 dış duvar detayında 15 cm AB sınıfı düşey delikli tuğla duvar gövde malzemesi üzerine 6 cm XPS ısı yalıtım malzemesi uygulanmaktadır. Dış kaplama olarak dış cephe sıvası ve dış cephe boyası kullanılmakta, iç kaplama malzemesi olarak da iç cephe sıvası, alçı sıva ve iç cephe boyası kullanılmaktadır. Isı yalıtım malzemesi duvar gövdesine yapıştırma harcı ile monte edilip dübel ile sabitlenmektedir. Elde edilen veriler yeni konut yapılarında en çok karşılaşılan dış duvar detayının 15 cm AB sınıfı tuğla duvar gövde malzemesi üzerine XPS ısı yalıtım malzemesinin uygulandığı ve iç ve dış kaplamada sıva ve boyanın kullanıldığı Tip 1 detay tipinin olduğunu göstermektedir.

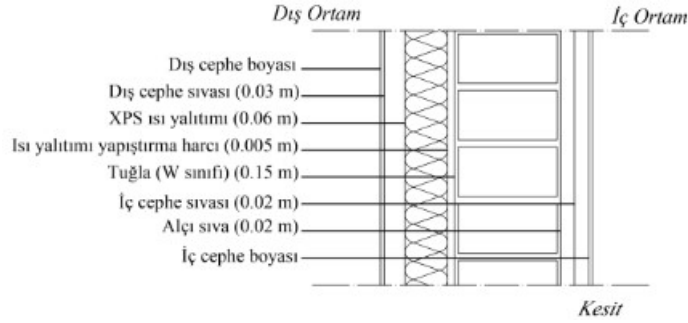


Şekil 4.1 : Tip 1 dış duvar detayı.

Tip 2

Şekil 4.2’de görülen Tip 2 dış duvar detayında Tip 1’den farklı olarak AB sınıfı düşey delikli tuğla duvar gövde malzemesi yerine elde edilen verilerde en sık karşılaşılan ikinci tuğla duvar gövde malzemesi olan W sınıfı düşey delikli tuğla

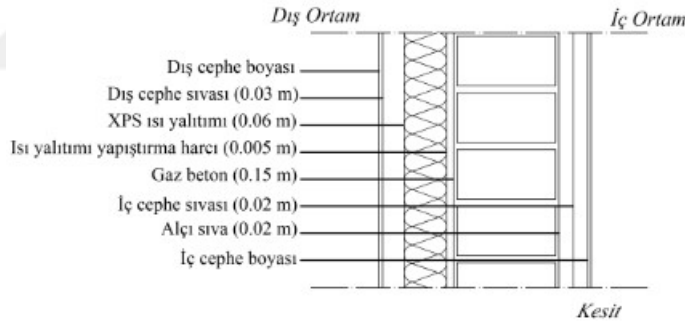
kullanılmaktadır. Bunun haricindeki diğer malzemeler ve kalınlıklar sabit tutulmuştur.



Şekil 4.2 : Tip 2 dış duvar detayı.

Tip 3

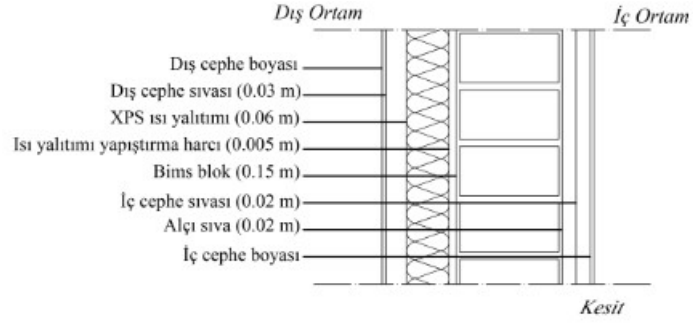
Şekil 4.3'te görülen Tip 3 dış duvar detayında duvar gövde malzemesi olarak 15 cm gaz beton kullanılmaktadır. Isı yalıtım malzemesi olarak 6 cm XPS ısı yalıtımı yapıştırma harcı ve dübel yardımıyla tespit edilmektedir. Dış kaplama malzemesi olarak dış cephe sıvası ve dış cephe boyası, iç kaplama malzemesi olarak da iç cephe sıvası, alçı sıva ve iç cephe boyası kullanılmaktadır.



Şekil 4.3 : Tip 3 dış duvar detayı.

Tip 4

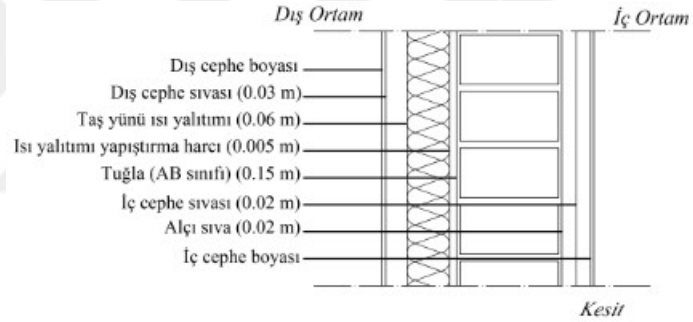
Şekil 4.4'te görülen Tip 4 dış duvar detayında 15 cm bims blok duvar gövde malzemesi ve 6 cm XPS ısı yalıtım malzemesi kullanılmaktadır. Isı yalıtım malzemesi yapıştırma harcı ve dübel yardımıyla gövde malzemesine sabitlenmektedir. Dış cephede dış sıva ve boya, iç cephede iç sıva, alçı sıva ve iç cephe boyası kullanılmaktadır.



Şekil 4.4 : Tip 4 dış duvar detayı.

Tip 5

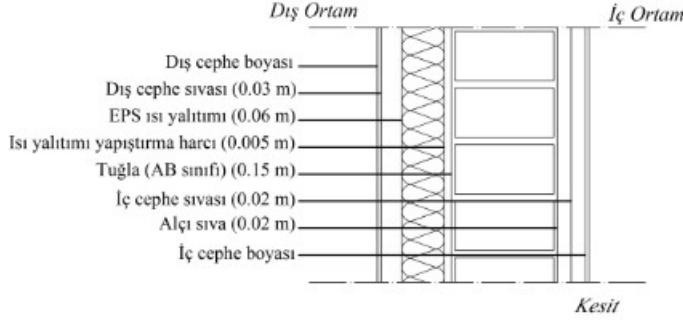
Şekil 4.5'te görülen Tip 5 dış duvar detayında ısı yalıtım malzemesi olarak 6 cm taş yünü kullanılmakta ve yapıştırma harcı ve dübel yardımıyla gövde malzemesine monte edilmektedir. Duvar gövde malzemesi olarak 15 cm AB sınıfı düşey delikli tuğla kullanılmaktadır. Dış katmanda dış cephe sıvası ve dış cephe boyası, iç katmanda ise iç cephe boyası, alçı sıva ve iç cephe boyası kullanılmaktadır.



Şekil 4.5 : Tip 5 dış duvar detayı.

Tip 6

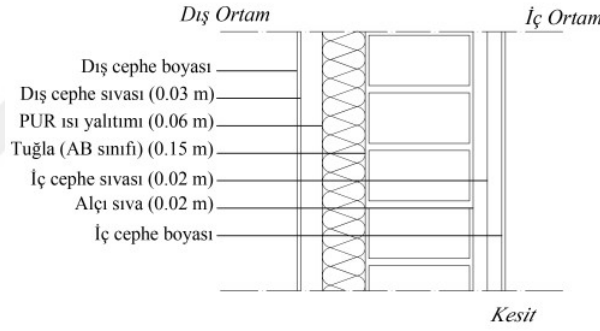
Şekil 4.6'da görülen Tip 6 dış duvar detayında ısı yalıtım malzemesi olarak 6 cm EPS kullanılmakta ve 15 cm tuğla duvar gövde malzemesi üzerine yapıştırma harcı ve dübel yardımıyla monte edilmektedir. Dış kaplama malzemesi olarak dış cephe sıvası ve dış cephe boyası, iç kaplama malzemesi olarak da iç cephe boyası, alçı sıva ve iç cephe boyası kullanılmaktadır.



Şekil 4.6 : Tip 6 dış duvar detayı.

Tip 7

Şekil 4.7’de görülen Tip 7 dış duvar detayında ısı yalıtım malzemesi olarak 6 cm kalınlığında, püskürtülerek uygulanan poliüretan köpük (PUR) kullanılmaktadır. Duvar gövde malzemesi 15 cm AB sınıfı düşey delikli tuğla olarak belirlenmiştir. Dış cephede dış sıva ve boya, iç cephede iç cephe sıvası, alçı sıva ve iç cephe boyası kullanılmaktadır.

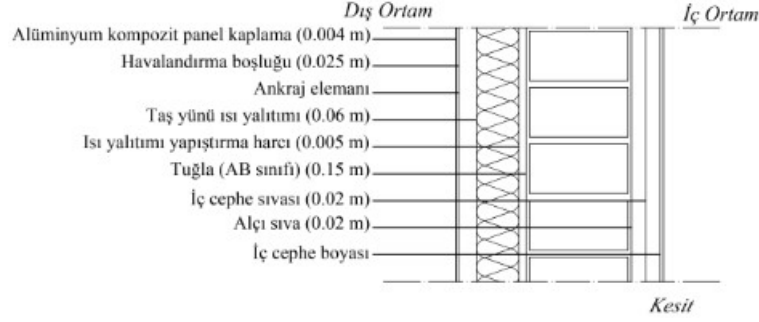


Şekil 4.7 : Tip 7 dış duvar detayı.

Tip 8

Şekil 4.8’de görülen Tip 8 dış duvar detayında dış kaplama malzemesi olarak alüminyum kompozit panel kullanılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan alüminyum kompozit paneller, 0,5 mm kalınlığında iki alüminyum levha arasında 3 mm mineral kökenli yanmaz ısı yalıtım malzemesinden oluşmakta olup, toplamda 4 mm kalınlığında panel kaplama malzemeleridir. Ankraj elemanları ile duvar gövde malzemesine monte edilirler. Belirlenen detay tipinde ısı yalıtım malzemesi olara 6 cm taş yünü seçilmiş ve yapıştırma harcı ve dübel yardımıyla duvar gövde malzemesine tespit edildiği kabul edilmiştir, ısı yalıtım malzemesi ile kaplama malzemesi arasında 2,5 cm havalandırma boşluğu bulunmaktadır. Duvar gövde

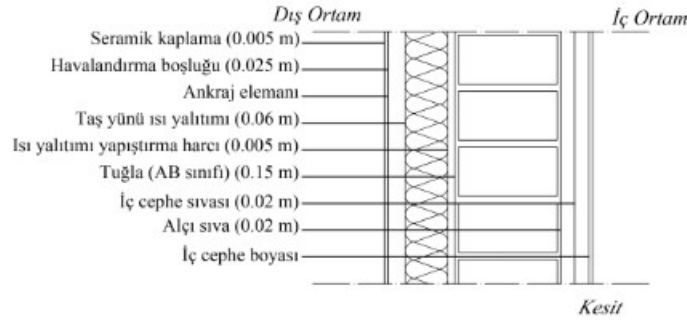
malzemesi olarak 15 cm AB sınıfı düşey delikli tuğla kullanılmaktadır. İç kaplama malzemesi olarak ise iç cephe sıvası, alçı sıva ve iç cephe boyası kullanılmaktadır.



Şekil 4.8 : Tip 8 dış duvar detayı.

Tip 9

Şekil 4.9’da görülen Tip 9 dış duvar detayında, dış kaplama malzemesi olarak 5 mm kalınlığında seramik kaplama kullanılmaktadır ve ankraj elemanları ile duvar gövdesine tespit edildiği kabul edilmiştir. Isı yalıtım malzemesi olarak 6 cm taş yünü, duvar gövde malzemesi olarak 15 cm AB sınıfı düşey delikli tuğla kullanılmaktadır. Isı yalıtım malzemesi ile kaplama malzemesi arasında 2,5 cm havalandırma boşluğu bulunmaktadır. İç kaplama malzemesi olarak iç sıva, alçı sıva ve iç cephe boyası uygulanmaktadır.

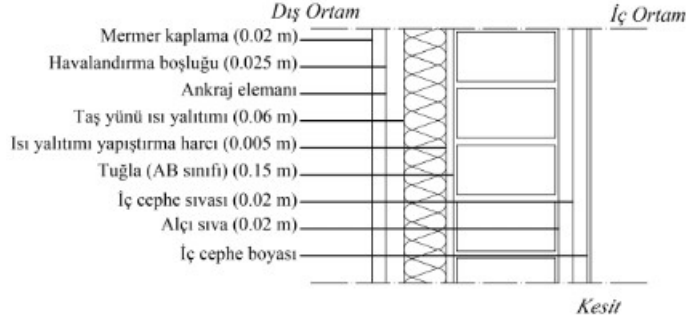


Şekil 4.9 : Tip 9 dış duvar detayı.

Tip 10

Şekil 4.10’da görülen Tip 10 dış duvar detayında, dış kaplama malzemesi olarak 2 cm kalınlığında mermer kaplama kullanılmaktadır ve ankraj elemanları ile duvar gövdesine tespit edilmektedir. Duvar gövdesinde 15 cm tuğla kullanılmakta ve üzerine 6 cm taş yünü ısı yalıtım malzemesi yapıştırma harcı ve dübel yardımıyla monte edilmektedir. Isı yalıtım malzemesi ile kaplama malzemesi arasında 2,5 cm

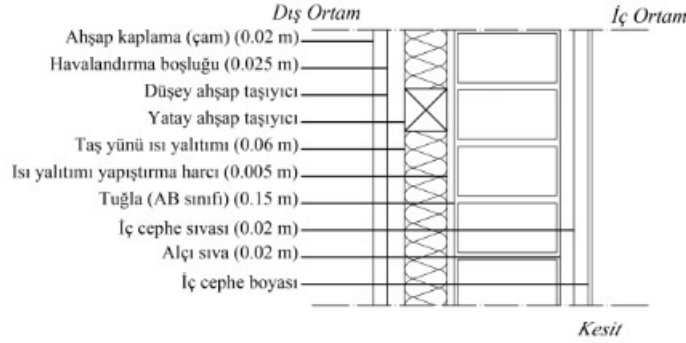
havalandırma boşluğu bulunmaktadır. İç kaplama malzemesi olarak iç cephe sıvası, alçı sıva ve iç cephe boyası uygulanmaktadır.



Şekil 4.10 : Tip 10 dış duvar detayı.

Tip 11

Şekil 4.11’de görülen Tip 11 dış duvar detayında dış kaplama malzemesi olarak 2 cm kalınlığında masif ahşap (çam) cephe kaplaması kullanılmaktadır. Kaplama malzemesi yatay ve düşey yönlü ahşap iskelet ile üzerine ankraj elemanları ile monte edilmektedir. Isı yalıtım malzemesi olarak 6 cm kalınlığında taş yünü ve duvar gövde malzemesi olarak 15 cm tuğla kullanılmaktadır. Isı yalıtım malzemesi ile kaplama malzemesi arasında 2,5 cm havalandırma boşluğu bulunmaktadır. Dış kaplama malzemesi olarak dış sıva, alçı sıva ve iç cephe boyası kullanılmaktadır.

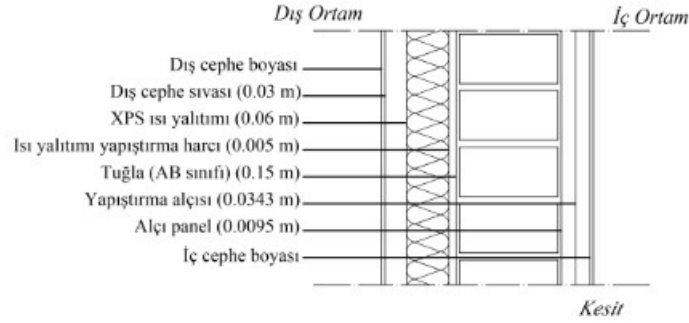


Şekil 4.11 : Tip 11 dış duvar detayı.

Tip 12

Şekil 4.12’de görülen Tip 12 dış duvar detayında iç kaplama malzemesi olarak tek kat alçı panel kaplama malzemesi yapıştırma alçısı ile birlikte 15 cm AB sınıfı düşey delikli tuğla duvar gövde malzemesi üzerine uygulanmakta ve üzeri saten alçı ile kaplanarak iç cephe boyası ile boyanmaktadır. Isı yalıtım malzemesi olarak 6 cm kalınlıkta XPS, yapıştırma harcı ve dübel yardımıyla duvar gövdesinin dış yüzeyine

uygulanmaktadır. Dış cephe kaplaması olarak da dış cephe sıvası ve dış cephe boyası kullanılmaktadır.

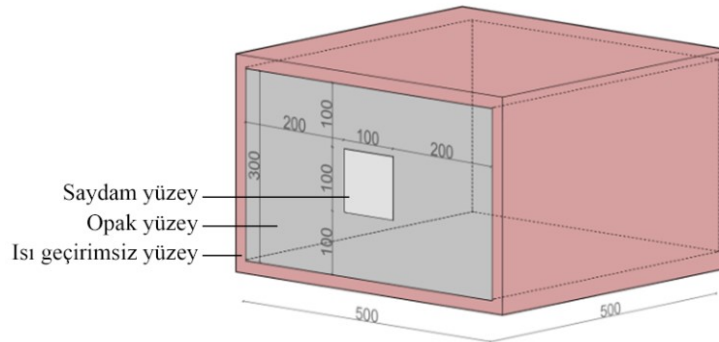


Şekil 4.12 : Tip 12 dış duvar detayı.

4.5 Mevcut Dış Duvar Detaylarının Çok Boyutlu Maliyet Etkinliğinin Değerlendirilmesi

Dış duvar detay tiplerinin çok boyutlu maliyet etkinliğinin hesaplanması üç ana başlık altında yapılacaktır. Bunlar gömülü CO₂ miktarlarının belirlenmesi, kullanım enerjisi miktarlarının belirlenmesi ve finansal maliyetlerin belirlenmesidir.

Bu doğrultudaki değerlendirmelerin yapılabilmesi için 5 metre genişlikte, 3 metre yükseklikte ve 5 metre derinlikte bir hacim tüm dış duvar detay tipleri için çalışmanın yapılacağı sabit mekan olarak belirlenmiştir (Şekil 4.13). Belirlenen mekanın 5 metre genişlik ve 3 metre yükseklikteki dış duvarında yerden 1 metre yükseklikte, duvarın sağ ve sol kenarlarından 2'şer metre uzaklıkta olan 1 metre yükseklik ve 1 metre genişliğe sahip pencere bulunmaktadır.



Şekil 4.13 : Belirlenen hacmin perspektifi.

Dış duvar detay tiplerinde kullanılan malzemeler farklılaştığından dış duvar katman kalınlıkları sabit tutulmuş ve kalınlıklar örnek projelerden elde edilen verilere göre belirlenmiştir. Buna göre, dış sıva kalınlığı 3 cm, ısı yalıtım malzemesi kalınlığı 6

cm, ısı yalıtımı yapıştırma harcı 0,5 cm, duvar gövde malzemesi kalınlığı 15 cm, iç sıva kalınlığı 2 cm, alçı sıva kalınlığı 2 cm olarak hesaplamalara dahil edilmiştir.

Gömülü CO₂ miktarlarının, kullanım enerjisi miktarlarının ve finansal maliyetlerin hesaplanmasında izlenecek yöntemler aşağıda açıklanmıştır.

4.5.1 Gömülü CO₂ miktarlarının hesaplanması yöntemi

Dış duvarların gömülü CO₂ miktarlarının hesaplanabilmesi için kullanılan malzemelerin birim gömülü CO₂ miktarlarının bilinmesi gerekmektedir. Bu alanda Türkiye’de yapı malzemelerinin çevresel etkilerinin değerlendirildiği çalışmalar oldukça sınırlıdır ve malzemelerin gömülü CO₂ ve enerji miktarlarının bir arada verildiği ulusal bir veri tabanı bulunmamaktadır. Bu nedenle, çalışmada Prof. Geoff Hammond ve Dr. Craig Jones (Bath Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Sürdürülebilir Enerji Araştırma Ekibi (SERT)) tarafından hazırlanan ve çok sayıda yapı malzemesinin birim gömülü enerji ve CO₂ miktarlarına ilişkin bilgileri içeren veri tabanı ICE (Inventory of Carbon and Energy) versiyon 2.0’dan yararlanılmıştır. Bu veri tabanında karşılığı bulunamayan yapı malzemeleri için firmaların Çevresel Ürün Beyanı (EPD) belgelerinden veriler elde edilmiştir.

Gömülü CO₂ miktarlarının hesaplanmasında öncelikli olarak belirlenen mevcut dış duvar detayları ve geliştirilen alternatif dış duvar detayları esas alınarak kullanılan malzemelerin yoğunlukları (kg/m³) ve birim gömülü CO₂ (kg.CO₂-e/kg) miktarları saptanmış ardından kullanılan malzemelerin miktarları (kg) hesaplanmıştır. Buna göre, her bir detay tipi için yapım aşamasında, beşikten kapıya, harcanan gömülü CO₂ miktarları belirlenmiştir. Dış duvar katmanlaşmalarında kullanılan malzemelerin birim gömülü CO₂ miktarları ve yoğunluklarına ilişkin veriler EK E’de tablo halinde verilmektedir.

4.5.2 Kullanım enerjisi miktarlarının hesaplanması yöntemi

Belirlenen mevcut dış duvar detay tiplerine ve alternatif dış duvar detay tiplerine dair ısı geçirgenlik katsayıları (U-değerleri) ve kullanım evresinde ısıtma ve soğutma amacıyla harcanan enerji miktarları Design Builder simülasyon programı kullanılarak hesaplanmıştır.

Hesaplamaların yapılacağı mekana ilişkin konum bilgisi programda İstanbul olarak tanımlanmıştır. Design Builder simülasyon programı ASHRAE 90.1 standardına

göre tanımlanan ASHREA iklim bölgeleri verilerini içermektedir (Url-11). Buna göre, İstanbul ili konum bilgileri ve iklim verileri program içerisinde otomatik olarak seçilmiştir. Mekanın kullanım amacı salon olarak kullanılan konut yapısı olarak belirlenmiştir ve 09.00-00.00 saatleri arasında ısıtma ve soğutmanın yapıldığı varsayılmıştır. TS 825 standardına göre konutlarda ısıtılacak binanın iç mekan sıcaklığı 19 °C olarak belirlendiğinden “heating” ve “cooling” değerleri 19 °C olarak alınmış, programda tanımlanan İstanbul iklim verilerine göre “heating set back” değeri 12 °C, “cooling set back” değeri 28 °C olarak alınmıştır. İç mekan sıcaklığını ve nihai enerji tüketim miktarını etkileyeceğinden ekipman kullanımı ve aydınlatmanın yapılmadığı varsayılmıştır. Mekanı çevreleyen dış duvar haricindeki diğer üç duvar, döşeme ve tavan ısı iletmeyecek şekilde “adiabatic” olarak tasarlanmıştır. Bu sayede ısı iletiminin yalnızca dış duvardan gerçekleşmesi sağlanmıştır ve çok boyutlu maliyete etkisi değerlendirilmiştir.

Mekanın ısıtılması, soğutulması ve havalandırılması için kullanılan HVAC (Heating, Ventilating and Air Conditioning) sistemi belirlenirken ısıtma için sıcak su kazanlı, radyatör ısıtmalı sistem, soğutma için 3.53 CoP (coefficient of performance) performans katsayısına sahip soğutma sistemi kullanılmaktadır. Mekanın ısıtılması için doğalgaz, soğutulması için elektrik enerjisi harcanmaktadır. Mekan doğal havalandırma ile havalandırılmaktadır.

4.5.3 Finansal maliyetlerin hesaplanması yöntemi

Finansal maliyetlerinin hesaplanmasında malzeme ve işçilik bedelleri ayrı ayrı fiyatlandırılmaktadır. Buna dair birim maliyet miktarları T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın belirlediği “2019 Yılı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları” listesinde belirlenen pozlardan yararlanılarak duvar katmanlarında kullanılan yapı malzemelerine göre elde edilmiştir. Buradan elde edilen birim fiyatlar piyasaya göre yüksek ya da düşük olarak farklılık gösterebilse de karşılaştırmalı bir değerlendirmenin yapılacağı bu çalışmada anlamlı sonuçlara ulaşılabilmesini sağlayacaktır. Pozlarda yer almayan malzemeler için piyasa pazar araştırması yapılarak çeşitli firmalardan elde edilen malzeme ve uygulama birim maliyetlerinin ortalaması alınarak hesaplamalara katılmıştır. Hesaplamalar “Birim Fiyat Listesi”nde verilen ölçü birimine uygun olarak dış duvar katmanlarında kullanılan malzemelerin

kg, m² ya da m³ cinsinden miktarlarının hesaplanması ve toplam malzeme ve işçilik maliyetlerinin hesaplanması yöntemi ile yapılmaktadır.

4.6 Mevcut Dış Duvar Detaylarının Çok Boyutlu Maliyet Etkinliği

Bu bölümde, yapılan alan çalışması sonucunda elde edilen verilere göre belirlenen ve Yeni Konut Yapılarında Kullanılan Mevcut Dış Duvar Detayları bölümünde ayrıntılı olarak açıklanan detay tiplerine ilişkin çok boyutlu maliyet etkinliğinin değerlendirilebilmesi amacıyla, gömülü CO₂ miktarları, kullanım enerjisi miktarları ve finansal maliyetlerinin hesaplaması yapılmıştır. Bu hesaplamalar her bir detay tipi için ayrı ayrı incelenmiş ve sonrasında karşılaştırmalı olarak değerlendirmesi yapılmıştır.

Tip 1

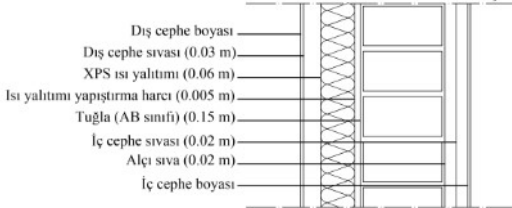
Tip 1 dış duvar detayının gömülü CO₂ miktarı, kullanılan malzemelerin miktarlarına ve EK E’de verilen malzemelerin yoğunlukları ve birim gömülü CO₂ miktarlarına göre hesaplanmıştır. İç ve dış cephe boyalarına ilişkin veriler, üretici firmanın EPD belgelerinden elde edilmiş olup, 5 metre genişlik ve 3 metre yükseklikte, 14 m² opak yüzey alanına sahip duvarın boyanabilmesi için 1,862 kg iç cephe boyası, 2,88 kg dış cephe boyası gerektiği tespit edilmiştir. İç ve dış cephe sıvası için toplamda 1155 kg çimento harcına gereksinim duyulmaktadır. Duvarın iç yüzeyinde 313,6 kg alçı sıva uygulanmıştır. Kullanılan XPS ısı yalıtımının miktarı 25,2 kg’dır ve 115,5 kg ısı yalıtımı yapıştırma harcı ile uygulanmıştır. Duvar gövde malzemesi olarak kullanılan 15 cm AB sınıfı düşey delikli tuğla 1575 kg ağırlıktadır. Buna göre yapılan gömülü CO₂ miktarı hesaplamalarında dış cephe boyası için 3,83 kgCO₂-e, toplam çimento harcı için 231,231 kgCO₂-e, XPS ısı yalıtımı için 82,908 kgCO₂-e, tuğla için 378 kgCO₂-e, alçı sıva için 40,768 kgCO₂-e ve iç cephe boyası için 6,033 kgCO₂-e eşdeğer karbondioksit miktarının ortaya çıktığı tespit edilmiştir. Tip 1 duvar detayının kullanıldığı 14 m² opak alana sahip dış duvarın elde edilmesinde açığa çıkan toplam eşdeğer karbondioksit miktarı ise 742,770 kgCO₂-e’dir.

Dış duvar detayına ait U-değeri ve buna bağlı doğalgaz kaynaklı ısıtma ve elektrik kaynaklı soğutma yükleri Design Builder simülasyon programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Buna göre Tip 1 dış duvar detayının U-değeri 0,409 W/m²K’dır. 5m*5m*3m boyutlarındaki mekanın yıllık toplam ısıtma yükü 1193,86 kWh, yıllık

toplam soğutma yükü ise 239,35 kWh'dir. Isıtma ve soğutma için harcanan toplam enerji miktarı ise 1433,21 kWh olarak hesaplanmıştır.

Finansal maliyetler malzeme ve yapım maliyetleri olarak “Birim Fiyat Listesi”ndeki poz numaralarında göre ayrı ayrı hesaplanmıştır. Yapım maliyetlerinde malzeme maliyetleri ve buna ek olarak işçilik maliyetleri, % 25 yüklenici karı ile genel giderler toplamı verilmektedir. Öncelikli olarak dış duvar detayında kullanılan malzemelerin miktarları “Birim Fiyat Listesi”nde belirtilen birimlere göre hesaplanmıştır. Buna göre, 2,88 kg dış cephe boyası, 1,862 kg iç cephe boyası, 693 kg dış cephe sıvası, 462 kg iç cephe sıvası, 0,84 m³ ve 14 m² XPS ısı yalıtım malzemesi, 115,5 kg ısı yalıtımı yapıştırma harcı, ve 14 m² opak alan için 223,5 adet AB sınıfı düşey delikli tuğla malzemenin kullanıldığı tespit edilmiştir. Yapılan hesaplamalara göre Tip 1 dış duvar detayı için malzeme maliyeti 2468,901 TL, yapım maliyeti ise 3230,527 TL olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 : Tip 1 dış duvar detayı maliyetleri.

Dış Ortam				İç Ortam		U-değeri W/m ² .K
						
		Maliyet Miktarı		TOPLAM		
Gömülü CO ₂ miktarı	kg.CO ₂ -e	742,770	742,770			
Isıtma yükü	kWh	1193,86	1433,21			
Soğutma yükü	kWh	239,35				
Malzeme maliyeti	TL	2468,901	3230,527			
Yapım maliyeti	TL	3230,527				

Tip 2

Tip 2 dış duvar detayında Tip 1’den farklı olarak AB sınıfı düşey delikli tuğla duvar gövde malzemesi yerine W sınıfı düşey delikli tuğla duvar gövde malzemesi kullanılmıştır. W sınıfı tuğla yapılan çalışmada en sık karşılaşılan ikinci duvar gövde malzemesidir. Tip 2 dış duvar detayında 14 m² opak alana sahip 15 cm kalınlığındaki duvar gövdesi için 1575 kg W sınıfı tuğla kullanılmıştır. Kullanılan W sınıfı tuğlanın gömülü CO₂ miktarı 378 kgCO₂-e’dir. Tip 2 dış duvar detayının toplam gömülü CO₂ miktarı ise 742,77 kgCO₂-e’dir.

Simülasyon programından elde edilen kullanım enerjisi miktarı sonuçlarına göre Tip 2 dış duvar detayının U-değeri 0,377 W/m²K'dir. Tüm duvar tipleri için sabit kabul edilen mekana ait toplam ısıtma yükü 1170,40 kWh, soğutma yükü 236,72 kWh ve toplam kullanım enerjisi miktarı 1407,12 kWh'dir.

Tip 2 dış duvar detayının “Birim Fiyat Listesi” tarifine göre finansal maliyetleri hesaplandığında 14 m² opak alan için 256,786 adet W sınıfı düşey delikli tuğla kullanıldığı görülmektedir. Buna göre Tip 2 dış duvar detayına ait toplam malzeme maliyeti 2518,493 TL ve toplam yapım maliyeti 3153,107 TL olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 : Tip 2 dış duvar detayı maliyetleri.

U-değeri

W/m².K

0,377

		Maliyet Miktarı	TOPLAM
Gömülü CO ₂ miktarı	kg.CO ₂ -e	742,770	742,770
Isıtma yükü	kWh	1170,40	1407,120
Soğutma yükü	kWh	236,72	
Malzeme maliyeti	TL	2518,493	3153,107
Yapım maliyeti	TL	3153,107	

Tip 3

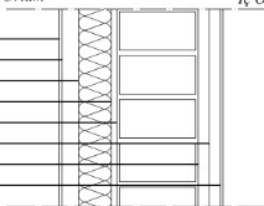
Tip 3 dış duvar detayında duvar gövde malzemesi olarak 15 cm kalınlıkta gaz beton malzeme kullanılmıştır. Duvar yüzeyinin 14 m²'lik opak alanının gaz betonla örülebilmesi için 840 kg gaz beton kullanılması gerekmektedir. Buna göre Tip 3 dış duvar detayında kullanılan malzemelerin gömülü enerji miktarları dış cephe boyası için 3,83 kgCO₂-e, iç ve dış cephe sıvasında kullanılan çimento harcı için 210,21 kgCO₂-e, iç cephe boyası için 6,033 kgCO₂-e, alçı sıva için 40,768 kgCO₂-e, XPS ısı yalıtım malzemesi için 82,908 kgCO₂-e, ısı yalıtımı yapıştırma harcı için 21,021 kgCO₂-e, gaz beton için 263,76 kgCO₂-e'dir. Toplam açığa çıkan eşdeğer karbondioksit miktarı ise 628,53 kgCO₂-e'dir.

Tip 3 detayının U-değeri 0,312 W/m²K olarak hesaplanmıştır. Buna bağlı olarak 5m*5m*3m boyutlarındaki sabit hacmin ısıtması için gerekli enerji miktarı yıllık

1122,99 kWh, soğutulması için gerekli enerji miktarı ise yıllık 231,31 kWh olarak hesaplanmıştır. Toplam ısıtma ve soğutma yükü ise yıllık 1354,3 kWh'dir.

Tip 3 detayının finansal maliyetleri incelendiğinde “Birim Fiyat Listesi” tarifine uygun olarak duvar gövdesinde kullanılan gaz beton için malzeme maliyeti 357,00 TL ve yapım maliyeti 809,34 TL olarak hesaplanmıştır. Buna göre Tip 3 dış duvar detayında kullanılan yapı malzemelerinin toplam malzeme maliyeti 2631,546 TL ve toplam yapım maliyeti 3210,507 TL'dir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3 : Tip 3 dış duvar detayı maliyetleri.

Dış Ortam		İç Ortam		U-değeri W/m ² .K 0,312
Dış cephe boyası		Kesit		
Dış cephe sıvası (0.03 m)				
XPS ısı yalıtımı (0.06 m)				
Isı yalıtımı yapıştırma harcı (0.005 m)				
Gaz beton (0.15 m)				
İç cephe sıvası (0.02 m)				
Alçı sıva (0.02 m)				
İç cephe boyası				
		Maliyet	Miktarı	TOPLAM
Gömülü CO ₂ miktarı	kg.CO ₂ -e	628,530	628,530	
Isıtma yükü	kWh	1122,99		1354,3
Soğutma yükü	kWh	231,31		
Malzeme maliyeti	TL	2673,546		3210,507
Yapım maliyeti	TL	3210,507		

Tip 4

Belirlenen Tip 4 dış duvar detayında duvar gövde malzemesi olarak bims blok kullanılmaktadır. 14 m² opak duvar alanında kullanılan bims blok kalınlığı 15 cm'dir ve kullanılan malzeme miktarı 1575 kg'dir. Buna göre bims blok için gömülü enerji miktarı 362,25 kgCO₂-e olarak hesaplanmıştır. Tip 4 dış duvar detayının toplam gömülü enerji miktarı ise 727,02 kgCO₂-e'dir.

Tip 4 dış duvar detayının hesaplanan U-değeri 0,438 W/m²K'dir. Buna göre simülasyon sonuçlarından elde edilen kullanım evresinde mekanın ısıtılması ve soğutulması amacıyla harcanan enerji miktarları sırasıyla; 1214,75 kWh ve 241,52 kWh'dir. Toplam kullanım evresinde enerji tüketim miktarı ise 1456,27 kWh'dir.

Tip 4 dış duvar detayının finansal maliyetleri incelendiğinde kullanılan bims blok yapı malzemesi için malzeme maliyetinin 151,2 TL, yapım maliyetinin ise 536,76 TL olduğu hesaplanmıştır. Buna göre Tip 4 dış duvar detayında kullanılan malzemelerin maliyeti 2395,746 TL ve toplam yapım maliyeti 2937,937 TL'dir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4 : Tip 4 dış duvar detayı maliyetleri.

Dış Ortam		İç Ortam		U-değeri W/m ² .K
Dış cephe boyası				
Dış cephe sıvası (0.03 m)				0,438
XPS ısı yalıtımı (0.06 m)				
Isı yalıtımı yapıştırma harcı (0.005 m)				
Bims blok (0.15 m)				
İç cephe sıvası (0.02 m)				
Alçı sıva (0.02 m)				
İç cephe boyası				
Kesit				
		Maliyet Miktarı	TOPLAM	
Gömülü CO ₂ miktarı	kg.CO ₂ -e	727,020	727,020	
Isıtma yükü	kWh	1214,75	1456,27	
Soğutma yükü	kWh	241,52		
Malzeme maliyeti	TL	2395,746	2937,937	
Yapım maliyeti	TL	2937,937		

Tip 5

Tip 5 olarak adlandırılan dış duvar detay tipinin gömülü CO₂ miktarının tespiti için öncelikli olarak kullanılan yapı malzemelerinin miktarları tespit edilmiştir. Buna göre, duvar dış yüzeyinin boyanabilmesi için 2,88 kg dış cephe boyası, iç yüzeyin boyanabilmesi için 1,862 kg iç cephe boyası gerekmektedir. İç ve dış cephelerin sıvanabilmesi için toplam 1155 kg çimento harcı ve 313,6 kg alçı sıva kullanılmaktadır. Tip 5 dış duvar detayında 100,8 kg taş yünü ısı yalıtım malzemesi kullanılmaktadır, ısı yalıtımının montajı için 115,5 kg ısı yalıtımı yapıştırma harcı gerekmektedir. Duvar gövde malzemesi olarak 15 cm AB sınıfı düşey delikli tuğla kullanılmakta ve 1575 kg ağırlıktadır. Bu değerlere göre yapı malzemelerinin gömülü CO₂ miktarları hesaplandığında, dış cephe boyası için 3,83 kgCO₂-e, iç cephe boyası için 6,033 kgCO₂-e, çimento harcı için toplam 210,21 kgCO₂-e, alçı sıva için 40,768 kgCO₂-e, tuğla için 378 kgCO₂-e, taş yünü ısı yalıtımı için 129,024 kgCO₂-e, ısı yalıtımı yapıştırma harcı için 21,021 kgCO₂-e eşdeğer karbondioksit açığa çıkmaktadır. Tip 5 dış duvar detayı için 14 m² opak alana sahip dış duvarda kullanılan yapı malzemelerinin üretiminde toplam açığa çıkan eşdeğer karbondioksit miktarı ise 788,886 kgCO₂-e'dir.

Simülasyon programından elde edilen verilere göre Tip 5 dış duvar detayının U-değeri 0,443 W/m²K'dir. Bu duvar detayının kullanıldığı 5m*5m*3m hacmindeki mekanın ısıtılması için harcanan enerji miktarı yıllık 1218,30 kWh, soğutulması için harcanan enerji miktarı ise yıllık 242,10 kWh olarak tespit edilmiştir. Kullanım aşamasında harcanan toplam enerji miktarı ise 1460,40 kWh'dir.

Finansal maliyetleri incelendiğinde ise Tip 5 duvar detayının kullanıldığı 14 m² opak alana sahip bir dış duvarın yapı malzemeleri maliyeti 2470,491 TL, yapım maliyeti ise 3362,827 TL olarak hesaplanmıştır. Kullanılan 6 cm kalıktaki taş yünü ısı yalıtım malzemesinin malzeme maliyeti 283,5 TL, yapım maliyeti ise 1170,82 TL'dir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5 : Tip 5 dış duvar detayı maliyetleri.

Dış Ortam		İç Ortam		U-değeri
				W/m ² .K
Dış cephe boyası				0,443
Dış cephe sıvası (0.03 m)				
Taş yünü ısı yalıtımı (0.06 m)				
Isı yalıtımı yapıştırma harcı (0.005 m)				
Tuğla (AB sınıfı) (0.15 m)				
İç cephe sıvası (0.02 m)				
Alçı sıva (0.02 m)				
İç cephe boyası				
		Kesit		
		Maliyet Miktarı	TOPLAM	
Gömülü CO ₂ miktarı	kg.CO ₂ -e	788,886	788,886	
Isıtma yükü	kWh	1218,30	1460,40	
Soğutma yükü	kWh	242,10		
Malzeme maliyeti	TL	2470,491	3362,827	
Yapım maliyeti	TL	3362,827		

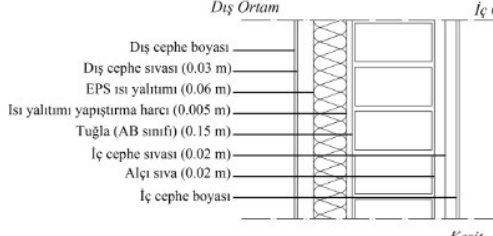
Tip 6

Belirlenen Tip 6 dış duvar detayında ısı yalıtım malzemesi olarak 6 cm kalınlığa sahip EPS kullanılmaktadır. EPS ısı yalıtım malzemesinin yoğunluğuna ve birim gömülü CO₂ miktarına göre yapılan hesaplamalar sonucunda 14 m² opak dış duvar alanının yalıtılması için 13,44 kg ısı yalıtım malzemesi kullanılmakta ve kullanılan malzemenin üretiminde 44,2176 kgCO₂-e eşdeğer karbondioksit açığa çıkmaktadır. Duvar gövde malzemesi olarak AB sınıfı düşey delikli 15 cm kalınlıklı tuğla kullanılmaktadır. Kullanılan tuğla miktarına 1575 kg ağırlıktadır ve 378 kgCO₂-e gömülü enerjiye sahiptir. Kullanılan diğer malzemelerin gömülü CO₂ miktarları da hesaba katıldığından 5m*3m boyutundaki duvar için açığa çıkan toplam eşdeğer karbondioksit miktarı 704,080 kgCO₂-e olarak tespit edilmiştir.

Tip 6 dış duvar detayının U-değeri 0,459 W/m²K olarak hesaplanmıştır. Simülasyon programından elde edilen sonuçlara göre bu dış duvar detay tipinin kullanıldığı 5m*5m*3m boyutlarındaki mekanın ısıtılabilmesi için yıllık 1229,94 kWh, soğutulması için 243,43 kWh enerji harcanmaktadır. Kullanım aşamasında ısıtma ve soğutma amacıyla yıllık harcanan enerji miktarı toplamı ise 1473,37 kWh'dir.

Tip 6 duvar detayının finansal maliyet etkinliği incelendiğinde kullanılan EPS ısı yalıtımının malzeme maliyeti 138,6 TL ve yapım maliyeti ise 889,7 TL'dir. Buna göre, Tip 6 dış duvar detayının kullanıldığı duvarın üretilebilmesi için malzeme maliyeti 2325,591 TL, yapım maliyeti 3081,707 TL'dir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6 : Tip 6 dış duvar detayı maliyetleri.

Dış Ortam		İç Ortam		U-değeri W/m ² .K
		Kesit		
		Maliyet Miktarı		TOPLAM
Gömülü CO ₂ miktarı	kg.CO ₂ -e	704,080	704,080	
Isıtma yükü	kWh	1229,94	1473,37	
Soğutma yükü	kWh	243,43		
Malzeme maliyeti	TL	2325,591	3081,707	
Yapım maliyeti	TL	3081,707		

Tip 7

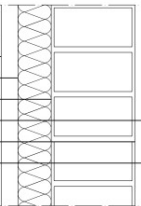
Tip 7 dış duvar detayında 15 cm AB sınıfı düşey delikli tuğla duvar gövde malzemesi üzerine püskürtülerek uygulanan poliüretan köpük (PUR) ısı yalıtım malzemesi kullanılmaktadır. 6 cm kalınlıkta uygulanan ısı yalıtım malzemesi için 29,4 kg poliüretan köpük kullanılması gerekmektedir. Birim gömülü CO₂ miktarına göre Tip 7 dış duvar detayı için PUR ısı yalıtım malzemesinin kullanımı 125,244 kgCO₂-e eşdeğer karbondioksit açığa çıkmasına neden olmaktadır. Tuğla için 378 kgCO₂-e, iç cephe boyası için 6,033 kgCO₂-e, dış cephe boyası için 3,83 kgCO₂-e, iç ve dış sıvada kullanılan çimento harcı için toplam 210,21 kgCO₂-e, alçı sıva için 40,768 kgCO₂-e eşdeğer karbondioksit açığa çıkmaktadır. Tip 7 dış duvar detayı ile tasarlanan 14 m² opak alana sahip duvarın toplam gömülü CO₂ miktarı 764,085 kgCO₂-e'dir.

Tip 7 dış duvar detayının U-değeri 0,354 W/m²K olarak hesaplanmıştır. Buna göre kullanım evresinde ısıtma ve soğutma amacıyla harcanan yıllık enerji miktarları sırasıyla, 1153,53 kWh ve 234,82 kWh'dir. Toplam harcanan enerji miktarı ise yıllık 1388,35 kWh'dir.

Tip 7 dış duvar detayında kullanılan PUR ısı yalıtım malzemesinin malzeme birim maliyeti 'Birim Fiyat Listesin'den elde edilmiş ancak yapım maliyetlerine ilişkin bir

poz numarası bulunmadığından piyasa pazar araştırması sonucu elde edilen verilerin ortalaması alınarak hesaplamalara katılmıştır. Buna göre malzeme maliyeti 441 TL, yapım maliyeti 1131,9 TL'dir. Tip 7 dış duvar detayı ile 14 m² opak yüzey alanına sahip bir duvarın üretiminde yapı malzemelerinin toplam maliyeti 2582,016 TL, toplam yapım maliyeti ise 3323,907 TL'dir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7 : Tip 7 dış duvar detayı maliyetleri.

	Dış Ortam		İç Ortam	
Dış cephe boyası				U-değeri W/m ² .K 0,354
Dış cephe sıvası (0.03 m)				
PUR ısı yalıtımı (0.06 m)				
Tuğla (AB sınıfı) (0.15 m)				
İç cephe sıvası (0.02 m)				
Alçı sıva (0.02 m)				
İç cephe boyası				
		Kesit		
		Maliyet Miktarı	TOPLAM	
Gömülü CO ₂ miktarı	kg.CO ₂ -e	764,085	764,085	
Isıtma yükü	kWh	1153,53	1388,35	
Soğutma yükü	kWh	234,82		
Malzeme maliyeti	TL	2582,016	3323,907	
Yapım maliyeti	TL	3323,907		

Tip 8

Tip 8 dış duvar detayında dış kaplama malzemesi olarak alüminyum kompozit panel kullanılmaktadır. Alüminyum kompozit panele ait değerler üretici firmanın EPD belgelerinden elde edilmiş olup, 14 m² opak yüzey alanının kaplanabilmesi için 98,56 kg ağırlıkta malzeme kullanılması gerekmektedir. Kullanılacak alüminyum kompozit panelin gömülü CO₂ miktarı 518 kgCO₂-e'dir. Kaplamanın duvarın dış yüzeyine tespit edilebilmesi için toplam 40,058 kg ankraj elemanı kullanılması gerekmektedir. Ankraj elemanlarının gömülü CO₂ miktarı 366,931 kgCO₂-e'dir. Tip 8 dış duvar detayında 6 cm kalınlıkta taş yünü ısı yalıtım malzemesi kullanılmaktadır. Kullanılan ısı yalıtım malzemesinin ağırlığı 100,8 kg'dır ve 129,024 kgCO₂-e gömülü CO₂ miktarına sahiptir. Isı yalıtımının duvar yüzeyine montajı için gömülü CO₂ miktarı 21,021 kgCO₂-e olan 115,5 kg yapıştırma harcına gereksinim vardır. Tip 8 dış duvar detayında AB sınıfı düşey delikli tuğla duvar gövde malzemesi kullanılmaktadır. 15 cm kalınlığa sahip tuğla malzemenin ağırlığı 1575 kg'dır ve gömülü CO₂ miktarı 378 kgCO₂-e'dir. İç katmanda kullanılan iç cephe sıvası 462 kg ağırlıktadır ve gömülü CO₂ miktarı 84,084 kgCO₂-e'dir. Kullanılan alçı sıva 313,6 kg ağırlığa ve 40,768 kgCO₂-e gömülü CO₂ miktarına sahiptir. 1,862 kg ağırlıktaki iç cephe boyasının gömülü CO₂ miktarı ise 6,033

kgCO₂-e'dir. Tip 8 dış duvar detayının toplam gömülü CO₂ miktarı 1176,930 kgCO₂-e olarak hesaplanmıştır.

Tip 8 dış duvar detayının U-değeri 0,419 W/m²K olarak hesaplanmıştır. Simülasyon programından elde edilen sonuçlara göre kullanım evresinde ısıtma amacıyla yıllık olarak harcanan enerji miktarı 1200,88 kWh, soğutma amacıyla yıllık harcanan enerji miktarı 240,24 kWh'dir. Kullanım evresinde harcanan toplam yıllık enerji miktarı ise 1441,12 kWh'dir.

Tip 8 dış duvar detayının finansal maliyetleri için malzeme maliyeti “Birim Fiyat Listesi”ne göre belirlenmiş ve yapılan hesaplamalara göre kullanılan alüminyum kompozit panel için malzeme maliyeti 2590 TL olarak hesaplanmıştır. Yapım maliyeti ise PTT Yapı Daire Başkanlığı 2019 yılı “Birim Fiyat Listesi”ne göre hesaplanmış ve yapım maliyeti 4713,66 TL olarak tespit edilmiştir. Alüminyum kompozit panel yapım maliyetleri ankraj elemanlarını da kapsamaktadır. Tip 8 dış duvar detay tipinin 14m² opak yüzey alanına sahip duvara uygulanabilmesi için gerekli toplam malzeme maliyeti 3951,961 TL ve toplam yapım maliyeti 7423,831 TL olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8 : Tip 8 dış duvar detayı maliyetleri.

Dış Ortam		İç Ortam		U-değeri W/m ² .K
Alüminyum kompozit panel kaplama (0.004 m)				
Havalandırma boşluğu (0.025 m)				
Ankraj elemanı				
Taş yünü ısı yalıtımı (0.06 m)				
Isı yalıtımı yapıştırma harcı (0.005 m)				
Tuğla (AB sınıfı) (0.15 m)				
İç cephe sıvası (0.02 m)				
Alçı sıva (0.02 m)				
İç cephe boyası				0,419
		Kesit		
		Maliyet Miktarı	TOPLAM	
Gömülü CO ₂ miktarı	kg.CO ₂ -e	1176,930	1176,930	
Isıtma yükü	kWh	1200,88	1441,12	
Soğutma yükü	kWh	240,24		
Malzeme maliyeti	TL	3951,961	7423,831	
Yapım maliyeti	TL	7423,831		

Tip 9

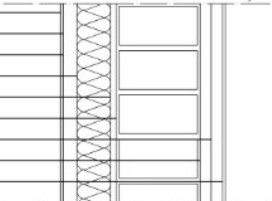
Tip 9 dış duvar detayında dış kaplama malzemesi olarak seramik kaplama kullanılmaktadır. Kullanılan seramik kaplamanın ağırlığı 140 kg ve gömülü enerji miktarı 109,2 kgCO₂-e'dir. Kaplamanın duvar yüzeyine montajı için gerekli ankraj elemanları 29,32 kg ağırlıkta alüminyum malzemedir ve gömülü CO₂ miktarı 268,57 kgCO₂-e'dir. Tip 9 dış duvar detayında kullanılan diğer malzemelerin gömülü CO₂

miktarları da hesaba katıldığında, toplam gömülü CO₂ miktarının 1042,197 kgCO₂-e olduğu tespit edilmiştir.

Simülasyon programından elde edilen sonuçlara göre Tip 9 dış duvar detayının U-değeri 0,433 W/m².K'dir. Yıllık ısıtma yükü miktarı 1240,62 kWh, soğutma yükü 228,60 kWh ve toplam harcanan enerji miktarı 1469,22 kWh'dir.

Tip 9 dış duvar detayının finansal maliyetleri incelendiğinde dış duvarın 14 m² opak yüzeyinin seramik kaplama yapılabilmesi için gerekli malzeme maliyeti 273 TL'dir. Yapım maliyeti ise birim fiyat listelerinde mekanik montaj ile seramik kaplama yapılmasına ilişkin bir veri bulunamamış bu nedenle piyasa pazar araştırması yapılarak elde edilen verilerin ortalaması alınmıştır. Buna göre 14 m² opak yüzey alanı için seramik kaplama yapım maliyeti 5440,4 TL'dir. Dış duvarın toplam maliyetleri hesaplandığında ise malzeme maliyeti 2560,493 TL, yapım maliyeti ise 8150,571 TL olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9 : Tip 9 dış duvar detayı maliyetleri.

	Dış Ortam		İç Ortam	U-değeri W/m ² .K 0,433
Seramik kaplama (0.005 m)				
Havalandırma boşluğu (0.025 m)				
Ankraj elemanı				
Taş yünü ısı yalıtımı (0.06 m)				
Isı yalıtımı yapıştırma harcı (0.005 m)				
Tuğla (AB sınıfı) (0.15 m)				
İç cephe sıvası (0.02 m)				
Alçı sıva (0.02 m)				
İç cephe boyası				
	Kesit			
		Maliyet Miktarı	TOPLAM	
Gömülü CO ₂ miktarı	kg.CO ₂ -e	1042,197	1042,197	
Isıtma yükü	kWh	1240,62	1469,22	
Soğutma yükü	kWh	228,60		
Malzeme maliyeti	TL	2560,493	8150,571	
Yapım maliyeti	TL	8150,571		

Tip 10

Belirlenen Tip 10 dış duvar detayında dış kaplama malzemesi olarak 2 cm kalınlığa sahip mermer kaplama malzemesi kullanılmaktadır. Buna göre gömülü CO₂ hesabı yapıldığında kullanılan mermerin 700 kg ağırlığa sahip olduğu ve gömülü CO₂ miktarının 91 kgCO₂-e olduğu tespit edilmiştir. Mermer kaplamanın montajı için 29,32 kg ağırlıkta ankraj elemanları kullanılmaktadır ve gömülü CO₂ miktarları 268,57 kgCO₂-e'dir. Tip 10 duvar detayında kullanılan diğer yapı malzemeleri ile birlikte toplam gömülü CO₂ miktarı hesaplandığında açığa çıkan eşdeğer karbondioksit miktarının 1023,997 kgCO₂-e olduğu görülmektedir.

Tip 10 dış duvar detayının U-değeri 0,432 W/m²K olarak hesaplanmıştır. Isıtma ve soğutma amacıyla harcanan yıllık kullanım enerjisi miktarı hesaplandığında, belirlenen sabit mekanın ısıtılması için 1210,95 kWh, soğutulması için 239,55 kWh ve toplamda 1450,50 kWh enerji harcandığı tespit edilmiştir.

Finansal maliyet açısından Tip 10 dış duvar detayı için mermer dış kaplama malzemesinin maliyetinin “Birim Fyat Listesi”ne göre belirlenmiş olup 588 TL’dir. Yapım maliyetleri ise Kültür ve Turizm Bakanlığı 2019 yılı Birim Fiyat Listesi’ne göre 6088,18 TL olarak hesaplanmıştır. Tip 10 dış duvar detayının toplam yapı malzemeleri maliyeti 2918,901 TL, işçilik, yüklenici karı ve genel giderler dahil toplam yapım maliyeti ise 8798,351 TL olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10 : Tip 10 dış duvar detayı maliyetleri.

		Dış Ortam		İç Ortam	U-değeri W/m ² .K
		Kesit			
		Mermer kaplama (0.02 m) Havalandırma boşluğu (0.025 m) Ankraj elemanı Taş yünü ısı yalıtımı (0.06 m) Isı yalıtımı yapıştırma harcı (0.005 m) Tuğla (AB sınıfı) (0.15 m) İç cephe sıvası (0.02 m) Alçı sıva (0.02 m) İç cephe boyası			0,432
		Maliyet Miktarı		TOPLAM	
Gömülü CO ₂ miktarı	kg.CO ₂ -e	1023,997		1023,997	
Isıtma yükü	kWh	1210,95		1450,50	
Soğutma yükü	kWh	239,55			
Malzeme maliyeti	TL	2918,901		8798,351	
Yapım maliyeti	TL	8798,351			

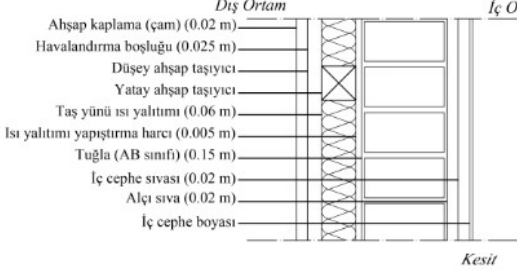
Tip 11

Tip 11 dış duvar detayında dış kaplama malzemesi olarak 2 cm kalınlığında masif ahşap (çam) cephe kaplaması kullanılmaktadır. Kullanılan ahşap kaplamanın ağırlığı 142,8 kg’dır ve gömülü CO₂ miktarı 102,816 kgCO₂-e olarak hesaplanmıştır. Kaplamanın duvar yüzeyine tespitinde kullanılan yatay ve düşey yönlü ahşap iskelet 34,186 kg ağırlığında olup gömülü CO₂ miktarı 24,614 kgCO₂-e’dir. Tip 11 dış duvar detayının toplam gömülü CO₂ miktarı 761,746 kgCO₂-e olarak hesaplanmıştır.

Tip 11 dış duvar detayının U-değeri 0,404 W/m²K olarak hesaplanmıştır. Design Builder simülasyon programı aracılığıyla hesaplanan 5m*5m*3m boyutlarındaki hacmin yıllık ısıtma yükü 1187,21 kWh, yıllık soğutma yükü 238,54 kWh ve toplam kullanım enerjisi miktarı yıllık 1425,75 kWh olarak hesaplanmıştır.

Tip 11 detayında kullanılan ahşap dış cephe kaplama malzemesinin “Birim Fiyat Listesi”ne göre maliyeti 2184 TL’dir. Yapım maliyeti ise Kültür ve Turizm Bakanlığı 2019 yılı Birim Fiyat Listesine göre 2520,14 TL olarak hesaplanmıştır. Buna göre Tip 11 dış duvar detayının 14 m² opak yüzey alanına sahip dış duvar uygulanabilmesi için malzeme maliyeti 3666,618 TL, toplam yapım maliyeti 5230,311 TL’dir (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11 : Tip 11 dış duvar detayı maliyetleri.

		Dış Ortam	İç Ortam	U-değeri W/m ² .K
				0,404
		Kesit		
		Maliyet Miktarı		TOPLAM
Gömülü CO ₂ miktarı	kg.CO ₂ -e	761,746		761,746
Isıtma yükü	kWh	1187,21		1425,75
Soğutma yükü	kWh	238,54		
Malzeme maliyeti	TL	3666,618		5230,311
Yapım maliyeti	TL	5230,311		

Tip 12

Belirlenen Tip 12 dış duvar detayında gömülü CO₂ miktarının hesaplanabilmesi için öncelikli olarak duvarın 14 m² opak yüzey alanında kullanılan malzemelerin miktarları tespit edilmiştir. Buna göre duvarın dış kaplamasında kullanılan dış cephe boyası 2,88 kg, iç cephe boyası 1,862 kg, dış cephe sıvası 693 kg, kullanılan XPS ısı yalıtım malzemesi 25,2 kg, ısı yalıtımı yapıştırma harcı 115,5 kg, AB sınıfı düşey delikli tuğla 1575 kg, 9,5 mm kalınlığa sahip alçı panel kaplama malzemesi 106,4 kg, yapıştırma alçısı 5,38 kg’dir. Birim gömülü CO₂ miktarlarına göre yapılan hesaplamalarda dış cephe boyası için 3,83 kgCO₂-e, iç cephe boyası için, 6,033 kgCO₂-e, dış cephe sıvası için 126,126 kgCO₂-e, XPS ısı yalıtım malzemesi için 82,908 kgCO₂-e, ısı yalıtımı yapıştırma harcı için 21,021 kgCO₂-e, tuğla için 378 kgCO₂-e, alçı panel kaplama malzemesi için 41,496 kgCO₂-e ve kullanılan yapıştırma alçısı için 0,70 kgCO₂-e eşdeğer karbondioksit miktarının açığa çıktığı tespit edilmiştir. Tip 12 dış duvar detayının 5m*3m boyutlarındaki duvara uygulanmasında toplam gömülü CO₂ miktarı 660,114 kgCO₂-e’dir.

Tip 12 dış duvar detayının U-değeri 0,402 W/m²K olarak hesaplanmıştır. Buna göre 5m*5m*3m boyutlarındaki sabit hacmin ısıtılması için gerekli enerji miktarı yıllık 1186,98 kWh, soğutulması için gerekli enerji miktarı yıllık 238,68 kWh ve kullanım evresinde harcanan toplam enerji miktarı yıllık 1425,66 kWh olarak hesaplanmıştır.

Tip 12 detayının finansal maliyetleri incelendiğinde kullanılan alçı panel levhaların malzeme maliyeti 585,2 TL, kullanılan yapııştırma alçısının malzeme maliyeti 1,614 TL yapım maliyeti ise 690,9 TL olarak tespit edilmiştir. Tip 12 duvar detayında kullanılan tüm malzemelerin maliyetleri hesaba katıldığında toplam malzeme maliyeti 2252,417 TL, toplam yapım maliyeti ise 3257,967 TL'dir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12 : Tip 12 dış duvar detayı maliyetleri.

Dış Ortam

İç Ortam

U-değeri
W/m².K

0,402

Kesit

		Maliyet Miktarı	TOPLAM
Gömülü CO ₂ miktarı	kg.CO ₂ -e	660,114	660,114
Isıtma yükü	kWh	1186,98	
Soğutma yükü	kWh	238,68	1425,66
Malzeme maliyeti	TL	2252,417	
Yapım maliyeti	TL	3257,967	3257,967

4.7 Mevcut Dış Duvar Detaylarının Çok Boyutlu Maliyet Etkinliklerinin Karşılaştırılması

İstanbul'daki 23 ilçe belediyesine başvurularak, elde edilen 70 adet konut yapısına ait mimari projelere, ısı yalıtım projelerine ve belediye yetkilileri ile yapılan yarı yapılandırılmış görüşme çalışmaları sonucunda elde edilen verilere göre belirlenen ve yeni konut yapılarının dış duvarlarında sıklıkla kullanıldığı tespit edilen 12 adet tip dış duvar detayının yapım evresinde gömülü CO₂ miktarları, kullanım evresinde ısıtma ve soğutma amacıyla harcanan enerji miktarları ve üretimi için gerekli finansal maliyetleri incelenmiştir. Bu inceleme 5m*5m*3m boyutlarında bir hacmin 5m*3m boyutlarındaki dış duvarı için yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar toplam gömülü CO₂ miktarları, U-değerleri, toplam kullanım enerjisi miktarları ve toplam finansal maliyetler açısından karşılaştırılmıştır.

Gömülü CO₂ miktarları açısından yapılan hesaplamalarda Tip 8 detayının 1176,93 kgCO₂-e ile en yüksek oranda, Tip 3 detayının ise 628,53 kgCO₂-e ile en düşük oranda eşdeğer karbondioksit açığa çıkmasına neden olduğu belirlenmiştir.

Isıl geçirgenlik katsayıları açısından tip detaylar incelendiğinde en yüksek U-değerinin 0,459 W/m²K ile Tip 6 dış duvar detayına ait olduğu, en düşük U-değerinin ise 0,312 W/m²K ile Tip 3 dış duvar detayına ait olduğu tespit edilmiştir.

Kullanım evresinde harcanan enerji miktarları değerlendirildiğinde 5m*5m*3m boyutlarındaki hacmin ısıtılması ve soğutulması için harcanan yıllık ısıtma ve soğutma yükü toplamalarına göre en yüksek miktarda enerji harcanmasına neden olan dış duvar detayının 1473,37 kWh ile Tip 6, en düşük miktarda enerji harcanmasını gerektiren dış duvar detayının ise 1354,30 kWh ile Tip 3 olduğu tespit edilmiştir.

Finansal maliyetler açısından yapılan değerlendirmede 14 m² opak yüzey alanına sahip dış duvarın üretilebilmesi için toplam malzeme ve yapım maliyetleri belirlenmiş ve yapım maliyetlerine göre değerlendirme yapılmıştır. Buna göre en yüksek maliyete sahip dış duvar detayı 8798,351 TL ile Tip 10, en düşük maliyete sahip dış duvar detayı ise 2937,937 TL ile Tip 4 olarak belirlenmiştir.

Yapılan hesaplamalar sonucunda belirlenen dış duvar detay tiplerinin çok boyutlu maliyet etkinliklerinin karşılaştırılabilmesi amacıyla her ne kadar gömülü CO₂ miktarları, kullanım enerjisi ve finansal maliyetlerinin çevresel etki değerleri eşit olmasa da yapılan çalışmada optimum değerdeki dış duvar tipinin belirlenebilmesi amacıyla her biri eşit önemde kabul edilmiş ve çok boyutlu maliyet etkinliği optimum değerde olan dış duvar tipi buna göre belirlenmiştir. Bu amaçla ilk olarak 12 adet dış duvar detayına ait sonuçlar, gömülü CO₂, kullanım enerjisi ve finansal maliyetler olmak üzere üç ana başlık altında sıralanmış ve elde edilen sonuçlara göre detay tiplerinin maliyet etkinlikleri 100 puan üzerinden puanlandırılmıştır. Puanlandırmanın yapılmasında her ana başlık altında maliyet etkiliği en yüksek olan detay tipine ilişkin puan 100 kabul edilmiş ve diğer detay tipleri için elde edilen sonuçlar ile orantılanarak her bir detayın yüzdelik puanı belirlenmiştir. Ardından, elde edilen gömülü CO₂, kullanım enerjisi ve finansal maliyet puanlarının aritmetik ortalaması alınarak mevcut dış duvar detay tiplerinin her biri için ortalama yüzdelik puanları hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar EK F'de ayrıntılı olarak verilmektedir.

Buna göre, çok boyutlu maliyet etkinliği en düşük olan dış duvar detayının % 62,32'lik ortalama puanı ile Tip 8, çok boyutlu maliyet etkinliği en yüksek olan dış duvar detayı ise % 97,17'lik ortalama puanı ile Tip 3 dış duvar detayının olduğu saptanmıştır.



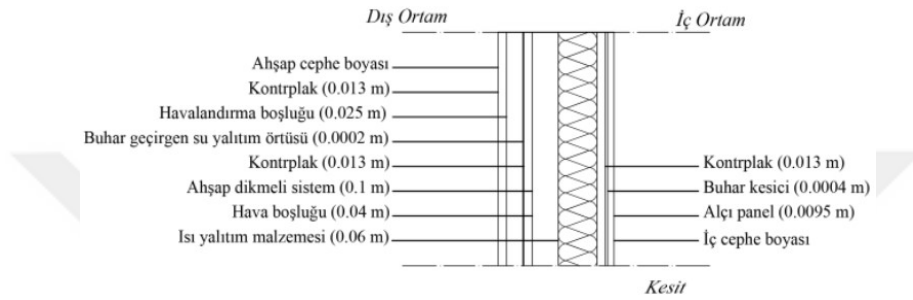
5. ÇOK BOYUTLU MALİYET ETKİN DİŞ DUVAR DETAY MODELLERİ

Bu bölümde, dış duvarların çok boyutlu maliyet etkinliğinin arttırılabilmesi için geliştirilen alternatif dış duvar detay tipleri incelenecektir. Bu amaçla Mevcut Dış Duvar Detaylarının Çok Boyutlu Maliyet Etkinliği bölümünde ortalama çevresel etki değeri diğer detay tiplerine kıyasla daha düşük olduğu tespit edilen Tip 3 dış duvar detayı esas alınarak inceleme yapılacaktır. Yapılacak incelemede ilk aşamada alan çalışması sonucu elde edilen projelerde kullanılan örme duvar sistemi yerine ahşap dikmeli duvar sisteminin kullanılması önerilmektedir. İkinci aşamada kullanılan ısı yalıtım malzemelerine alternatif olarak selüloz, saman levha, mantar levha, ahşap yünü ve koyunyünü ısı yalıtım malzemelerinin kullanımı önerilmektedir. Öneri detay tiplerine ilişkin gömülü CO₂ miktarları, U-değerleri, kullanım enerjisi miktarları ve finansal maliyetler hesaplanacaktır.

5.1 Alternatif Ahşap Dikmeli Dış Duvar Sisteminin Çok Boyutlu Maliyet Etkinliğinin Değerlendirilmesi

Yapılan alan çalışmasında elde edilen veriler doğrultusunda yeni konut yapılarının dış duvarlarının alışlagelmiş bir tasarım yaklaşımıyla örme duvar sistemi ile yapıldığı görülmüştür. Çok boyutlu maliyet etkinliğinin arttırılması amacıyla mevcut dış duvar tiplerine alternatif olarak geliştirilen dış duvar detaylarından ilkinde sıklıkla kullanıldığı tespit edilen örme duvar yapı malzemelerinin gerek gömülü CO₂ miktarlarının fazla olması, gerek maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle çevresel etki değeri daha düşük olan ahşap dikmeli duvar sisteminin Şekil 5.1’de görüldüğü gibi kullanılması önerilmektedir. Yapılan çalışmada duvar gövdesi, iç ve dış kaplamalar ve ısı yalıtımı katmanlarından oluşan mevcut duvar sistemlerinde ısı yalıtımında kullanılan malzemeler ve ısıl geçirgenlik katsayıları (U-değerleri) sabit tutularak, duvar gövdesinde 5 cm/10 cm boyutlarda ahşap dikmelerden oluşan duvar sistemi kullanılmaktadır. Ahşap dikmelerin her iki yüzeyi 13 mm kalınlıkta kontrplak ile kaplanarak dikmeler arasına ısı yalıtım malzemesi yerleştirilmiştir. Isı yalıtım malzemesi ile kontrplak arasında hava boşluğu bulunmaktadır. İç cephe

kaplamasında kontrplak üzerine buhar kesici ve alçı panel uygulanmış ve iç cephe boyası ile iç kaplama bitirilmiştir. Dış cephe kaplamasında kontrplak üzerine buhar geçirgen su yalıtım örtüsü uygulanmış, ardından 2,5 cm havalandırma boşluğu bırakılarak 13 mm kontrplak ile kaplanmış ve ahşap cephe boyası ile dış katman sonlandırılmıştır. Tip 3 duvar detayı esas alınarak geliştirilen alternatif dış duvar detayında gömülü CO₂ miktarı, kullanım evresi ısıtma ve soğutma yükleri ve finansal maliyetler aşağıda incelenmiştir. Diğer tip detaylara dair yapılan hesaplamaların sonuçlarına ise EK F’de yer verilmiştir.



Şekil 5.1 : Ahşap dikmeli dış duvar detayı.

Gömülü CO₂ miktarının belirlenebilmesi için öncelikli olarak alternatif duvar detayında kullanılan malzemelerin miktarları malzemelerin kalınlıkları, kullanım alanları ve EK E’de verilen yoğunluklarına göre hesaplanmıştır. Buna göre, dış cephe kaplamasında 4,8 kg ahşap cephe boyası, 294,84 kg kontrplak, 0,94 kg buhar geçirgen su yalıtım örtüsü, 2,086 kg buhar kesici, 106,4 kg alçı panel, 1,862 kg iç cephe boyası kullanılmaktadır. 2,7425 m² yüzey alanına sahip ahşap dikmeler 139,87 kg ağırlığındadır. Kullanılan XPS ısı yalıtım malzemesi 8,33 cm kalınlıkta ve 34,98 kg ağırlığındadır. Buna göre yapılan gömülü CO₂ hesabında, ahşap dış cephe boyası için 10,282 kgCO₂-e, havalandırma boşluğu ahşap çıtalar için 2,23 kgCO₂-e, buhar geçirgen su yalıtım örtüsü için 0,46 kgCO₂-e, buhar kesici için 4,46 kgCO₂-e, kontrplak için toplam 324,324 kgCO₂-e, alçı panel için 41,496 kgCO₂-e, iç cephe boyası için 6,033 kgCO₂-e, ahşap dikmeler için 100,70 kgCO₂-e ve XPS ısı yalıtım malzemesi için 115,10 kgCO₂-e eşdeğer karbondioksit miktarının açığa çıktığı tespit edilmiştir. Toplam açığa çıkan eşdeğer karbondioksit miktarı ise 605,10 kgCO₂-e olarak hesaplanmıştır.

Alternatif dış duvar detayına ait U-değeri Tip 3 dış duvar detayı ile aynı kabul edilmiş ve 0,312 W/m²K olarak alınmıştır. Belirlenen U-değerine göre, toplam kalınlığı 10 cm olan duvar gövdesinde bulunan hava boşluğunun ve XPS ısı yalıtım

malzemesinin kalınlıkları hesaplanmıştır. Kullanılan XPS ısı yalıtım malzemesinin kalınlığı 8,33 cm, hava boşluğunun kalınlığı ise 1,67 cm'dir. U-değerine göre kullanım evresi yıllık ısıtma ve soğutma yükleri Design Builder simülasyon programı aracılığıyla hesaplanmıştır. 5m*5m*3m boyutlarındaki mekanın ısıtılması için gerekli yıllık ısıtma enerjisi miktarı 1124,24 kWh, soğutma enerjisi miktarı 243,96 kWh ve toplam gerekli enerji miktarı 1368,20 kWh olarak tespit edilmiştir.

Alternatif dış duvar detayının finansal maliyetleri Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve Kültür ve Turizm Bakanlığı 2019 yılı birim fiyat listelerinden elde edilen verilere ve kullanılan malzemelerin miktarlarına göre hesaplanmıştır. Buna göre, 14 m² opak yüzey alanına sahip dış duvarın ahşap dikmeli sistem ile inşa edilebilmesi için kullanılan malzemelerin toplam maliyeti 2579,323 TL, yapım maliyeti ise 5295,592 TL olarak tespit edilmiştir (Çizelge 5.1).

Çizelge 5.1 : Ahşap dikmeli dış duvar detayı maliyetleri.

Dış Ortam		İç Ortam		U-değeri W/m ² .K
Ahşap cephe boyası				
Kontrplak (0.013 m)		Kontrplak (0.013 m)		0,312
Havalandırma boşluğu (0.025 m)		Buhar kesici (0.0004 m)		
Buhar geçirgen su yalıtım örtüsü (0.0002 m)		Alçı panel (0.0095 m)		
Kontrplak (0.013 m)		İç cephe boyası		
Ahşap dikmeli sistem (0.1 m)				
Hava boşluğu (0.0167 m)				
Isı yalıtım malzemesi (0.0833 m)				
Kesit				
		Maliyet Miktarı	TOPLAM	
Gömülü CO ₂ miktarı	kg.CO ₂ -e	605,10	605,10	
Isıtma yükü	kWh	1124,24	1368,20	
Soğutma yükü	kWh	243,96		
Malzeme maliyeti	TL	2279,323	5295,592	
Yapım maliyeti	TL	5295,592		

5.2 Alternatif Isı Yalıtım Malzemelerinin Çok Boyutlu Maliyet Etkinliğinin Değerlendirilmesi

Günümüzde yeni konut yapılarında yapı malzemeleri seçilirken genellikle finansal maliyeti düşük olan malzemeler çok boyutlu maliyetleri hesaba katılmadan tercih edilmektedir. Bu nedenle, çok boyutlu maliyet etkinliğinin artırılabilmesi için mevcut dış duvar detay tiplerinde kullanılan ve dış duvarın çok boyutlu maliyet etkinliğini önemli derecede etkileyen ısı yalıtım malzemelerine alternatif olarak çevresel etki değeri daha düşük, ısıl iletkenlik değeri daha az olan ısı yalıtım malzemelerinin kullanımı önerilmektedir. Bu bölümde incelenecek olan ısı yalıtım malzemeleri selüloz, saman levha, mantar levha, ahşap yünü ve koyunyünüdür.

Yapılacak olan incelemede önerilen detay tiplerinin mevcut dış duvar detay tipleri ile kıyaslanabilmesi amacıyla, çok boyutlu maliyet etkinliği diğer dış duvar detay tiplerine oranla en yüksek olan Tip 3 duvar detayı esas alınmıştır. Buna göre, önerilen duvar detayları için dış kaplamada dış cephe boyası ve dış cephe sıvası kullanılmakta, iç kaplamada iç cephe boyası, alçı sıva ve iç cephe sıvası kullanılmaktadır. Duvar gövde malzemesi olarak 15 cm gaz beton kullanılmaktadır. Alternatif ısı yalıtım malzemelerine ait birim gömülü CO₂ miktarları, birim finansal maliyet miktarları ve U-değerleri ilgili firmaların EPD ve fiyatlandırma belgelerinden ve ICE v2.0 veri tabanından elde edilmiştir. Tip 3 detayı esas alınarak yapılan değerlendirmelere dair sonuçlar aşağıda incelenmektedir. Diğer tip detaylara dair yapılan alternatif ısı yalıtım malzemelerinin kullanımı ile ilgili hesaplamaların sonuçları ise EK F’de verilmiştir.

Selüloz ısı yalıtım malzemesinin önerildiği alternatif Tip 3.2.1. detay tipinde 14 m² opak yüzey alanına sahip dış duvar için, 6 cm kalınlıktaki ısı yalıtım malzemesinin miktarı 71,4 kg’dır ve buna göre gömülü CO₂ miktarı 39,734 kgCO₂-e’dir. Kullanılan dış cephe boyası için 3,83 kgCO₂-e, dış cephe ve iç cephede kullanılan çimento harcı için toplam 210,210 kgCO₂-e, iç cephe boyası için 6,033 kgCO₂-e, alçı sıva için 40,768 kgCO₂-e ve gaz beton için 263,76 kgCO₂-e eşdeğer karbondioksit açığa çıkmaktadır. Bu öneri detay tipinin toplam gömülü CO₂ miktarı ise 564,335 kgCO₂-e olarak hesaplanmıştır. Önerilen detay tipinin U-değeri Design Builder simülasyon programı aracılığıyla hesaplanmıştır ve 0,341 W/m²K’dır. 5m*5m*3m boyutlarındaki mekanın ısıtılması ve soğutulması için harcanan enerji miktarları sırasıyla 234,00 kWh ve 1145,70 kWh’dir. Yıllık toplam kullanım enerjisi miktarı ise 1379,70 kWh’dir. Finansal maliyetler incelendiğinde 14 m² selüloz ısı yalıtım malzemesinin malzeme ve yapım maliyeti eşit ve her biri için 490 TL’dir. Buna göre öneri detay tipinde kullanılan malzemelerin toplam malzeme maliyeti 2859,571 TL, yapım maliyeti ise 3151,987 TL olarak hesaplanmıştır (Çizelge 5.2).

Çizelge 5.2 : Selüloz ısı yalıtımlı dış duvar detayı maliyetleri.

Dış Ortam	İç Ortam	
Dış cephe boyası		U-değeri
Dış cephe sıvası (0.03 m)		W/m ² .K
Selüloz ısı yalıtımı (0.06 m)		
Gaz beton (0.15 m)		
İç cephe sıvası (0.02 m)		
Alçı sıva (0.02 m)		
İç cephe boyası		0,341
	Kesit	

Çizelge 5.2 (devam) : Selüloz ısı yalıtımlı dış duvar detayı maliyetleri.

		Maliyet Miktarı	TOPLAM
Gömülü CO ₂ miktarı	kg.CO ₂ -e	564,335	564,335
Isıtma yükü	kWh	1145,70	1379,70
Soğutma yükü	kWh	234,00	
Malzeme maliyeti	TL	2859,571	3151,987
Yapım maliyeti	TL	3151,987	

Saman levha ısı yalıtım malzemesinin 14 m² opak yüzey alanında 6 cm kalınlıkta uygulandığı öneri Tip 3.2.2 detay tipinde malzeme ağırlığı 252 kg ve gömülü CO₂ miktarı 622,44 kgCO₂-e olarak hesaplanmıştır. Toplam gömülü CO₂ miktarı ise 1147,04 kgCO₂-e'dir. Saman levha ısı yalıtım malzemesinin kullanılması durumunda duvar detayının U-değeri 0,492 W/m²K olarak hesaplanmıştır. Buna göre simülasyon programı aracılığıyla yapılan kullanım enerjisi miktarı yıllık ısıtma ve soğutma enerjisi için sırasıyla 1255,35 kWh ve 247,03 kWh'dir. Toplam kullanım enerjisi miktarı ise yıllık 1502,38 kWh olarak tespit edilmiştir. Finansal maliyetleri incelendiğinde bu detay tipinin kullanıldığı 14 m² opak yüzey alanına sahip bir duvarın yapımında kullanılan malzemelerin toplam maliyeti 2971,571 TL ve yapım maliyeti 3375,987 TL olarak hesaplanmıştır. Saman levhanın malzeme ve yapım işçilik birbirine eşit ve 602 TL'dir (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3 : Saman levha ısı yalıtımlı dış duvar detayı maliyetleri.

<i>Dış Ortam</i>		<i>İç Ortam</i>		
Dış cephe boyası				U-değeri W/m ² .K
Dış cephe sıvası (0.03 m)				
Saman ısı yalıtımı (0.06 m)				
Gaz beton (0.15 m)				
İç cephe sıvası (0.02 m)				
Alçı sıva (0.02 m)				
İç cephe boyası				0,492
		<i>Kesit</i>		
		Maliyet Miktarı	TOPLAM	
Gömülü CO ₂ miktarı	kg.CO ₂ -e	1147,04	1147,04	
Isıtma yükü	kWh	1255,35	1502,38	
Soğutma yükü	kWh	247,03		
Malzeme maliyeti	TL	2971,571	3375,987	
Yapım maliyeti	TL	3375,987		

Mantar ısı yalıtım malzemesinin kullanıldığı Tip 3.2.3 öneri duvar detayında malzemenin kullanım miktarı 134,4 kg olarak hesaplanmıştır ve buna bağlı olarak birim gömülü CO₂ miktarına göre kullanılan saman levha 25,536 kgCO₂-e eşdeğer karbondioksit açığa çıkmasına neden olmaktadır. Öneri duvar detayının toplam gömülü CO₂ miktarı ise 550,137 kgCO₂-e'dir. Mantar ısı yalıtım malzemesinin kullanıldığı dış duvar detayının U-değeri 0,341 W/m²K'dir. Kullanım evresinde

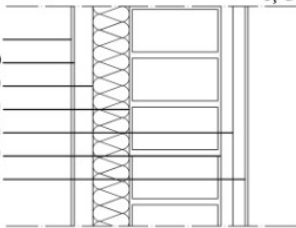
harcanan enerji miktarları 5m*5m*3m boyutlarındaki mekanın ısıtılması için yıllık 1145,40 kWh, soğutulması için yıllık 234,02 kWh ve toplam kullanım enerjisi miktarı 1379,42 kWh'dir. Finansal maliyetler incelendiğinde ise mantar ısı yalıtım levhasının malzeme ve işçilik maliyetleri eşit olarak alınmıştır ve 400,68 TL'dir. Öneri dış duvar detayının toplam malzeme maliyet 2770,251 TL, yapım maliyeti ise 2973,347 TL'dir (Çizelge 5.4).

Çizelge 5.4 : Mantar levha ısı yalıtımlı dış duvar detayı maliyetleri.

Dış Ortam		İç Ortam		U-değeri
Dış cephe boyası				W/m ² .K
Dış cephe sıvası (0.03 m)				
Mantar ısı yalıtımı (0.06 m)				
Gaz beton (0.15 m)				
İç cephe sıvası (0.02 m)				0,341
Alçı sıva (0.02 m)				
İç cephe boyası				
Kesit				
		Maliyet Miktarı	TOPLAM	
Gömülü CO ₂ miktarı	kg.CO ₂ -e	550,137	550,137	
Isıtma yükü	kWh	1145,40	1379,42	
Soğutma yükü	kWh	234,02		
Malzeme maliyeti	TL	2770,251	2973,347	
Yapım maliyeti	TL	2973,347		

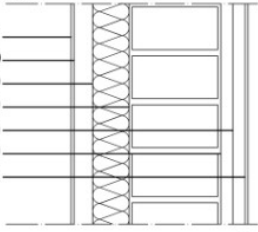
Ahşap yünü ısı yalıtım malzemesinin kullanımının önerildiği Tip 3.2.4 dış duvar detayında kullanılan ısı yalıtım malzemesi miktarı 420 kg ağırlıktadır ve gömülü CO₂ miktarı 1302 kgCO₂-e olarak hesaplanmıştır. Toplam gömülü CO₂ miktarı 1826,601 kgCO₂-e'dir. Bu detay tipine ait U-değeri 0,458 W/m²K'dir. Kullanım evresi yıllık enerji tüketimi Design Builder simülasyon programı ile hesaplanmıştır ve sonuçlar yıllık ısıtma enerjisi için 1231,11 kWh, soğutma enerjisi için 244,13 kWh ve toplam enerji tüketimi yıllık 1475,24 kWh olarak tespit edilmiştir. Finansal maliyetler incelendiğinde ahşap yünü ısı yalıtım malzemesinin malzeme maliyeti 630 TL, işçilik maliyeti 560 TL olarak hesaplanmıştır. 14m² opak yüzey alanına sahip duvarın yapılabilmesi için gerekli malzemelerin toplam maliyeti 2999,571 TL ve toplam yapım maliyeti 3361,987 TL olarak tespit edilmiştir (Çizelge 5.5).

Çizelge 5.5 : Ahşap yünü ısı yalıtımlı dış duvar detayı maliyetleri.

Dış Ortam		İç Ortam		U-değeri
				W/m ² .K
				0,458
		Maliyet Miktarı	TOPLAM	
Gömülü CO ₂ miktarı	kg.CO ₂ -e	1826,601	1826,601	
Isıtma yükü	kWh	1145,40	1379,42	
Soğutma yükü	kWh	234,02		
Malzeme maliyeti	TL	2770,251	3361,987	
Yapım maliyeti	TL	3361,987		

Koyunyünü ısı yalıtım malzemesinin 6 cm kalınlıkta uygulandığı Tip 3.2.5 öneri detay tipi için kullanılan yün miktarı 117,6 kg ve gömülü CO₂ miktarı 486,864 kgCO₂-e'dir. Dış duvarda kullanılan tüm malzemelerin toplam gömülü CO₂ miktarları 1011,465 kgCO₂-e olarak hesaplanmıştır. Dış duvar detayının U-değeri 0,341 w/m²K olarak hesaplanmıştır ve 5m*5m*3m boyutlarındaki hacmin ısıtılması ve soğutulması için harcanan toplam kullanım enerji miktarı yıllık 1379,60 kWh'dir. Isıtma için harcanan enerji miktarı 1145,54 kWh, soğutma için harcanan enerji miktarı 234,06 kWh'dir. Bu öneri detay tipinin kullanıldığı dış duvarın finansal maliyetleri incelendiğinde koyunyünü ısı yalıtım malzemesinin malzeme ve işçilik maliyetleri eşit olup 560 TL'dir. Dış duvarın toplam malzeme maliyeti 2929,571 TL, yapım maliyeti ise 3291,987 TL olarak hesaplanmıştır (Çizelge 5.6).

Çizelge 5.6 : Koyunyünü ısı yalıtımlı dış duvar detayı maliyetleri.

Dış Ortam		İç Ortam		U-değeri
				W/m ² .K
Dış cephe boyası				0,341
Dış cephe sıvası (0.03 m)				
Koyunyünü ısı yalıtımı (0.06 m)				
Gaz beton (0.15 m)				
İç cephe sıvası (0.02 m)				
Alçı sıva (0.02 m)				
İç cephe boyası				
		Kesit		
		Maliyet Miktarı	TOPLAM	
Gömülü CO ₂ miktarı	kg.CO ₂ -e	1011,465	1011,465	
Isıtma yükü	kWh	1145,54	1379,60	
Soğutma yükü	kWh	234,06		
Malzeme maliyeti	TL	2929,571	3291,987	
Yapım maliyeti	TL	3291,987		



6. DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Türkiye gelişen teknolojisi ve sanayisiyle, artan nüfusu ve temel ihtiyaçlarıyla ve büyüyen ekonomisiyle enerji ihtiyacı giderek artan bir ülkedir. Kullanılan enerjinin büyük kısmı fosil kaynaklardan elde edilmekte ve elektrik enerjisi üretiminde de yine yüksek miktarda fosil kaynaklar kullanılmaktadır. Konut yapılarının enerji tüketiminde büyük paya sahip olduğu bilinmektedir. Ülkede konut bina stokunun yetersiz, eski ve kısmen niteliksiz olması ve ülkenin deprem kuşakları üzerinde bulunması yeni konut üretim ihtiyacını arttırmakta, bu da enerji tüketim miktarını etkilemektedir. Türkiye'nin enerjide dışa bağımlı olması, doğal kaynaklarının sınırlı olması, enerji üretiminde yüksek miktarda CO₂ salımı ve sera gazı emisyonlarının oluşması, yeni konut üretimi ve mevcut yapılarının yenilenmesinin finansal maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle konutların çok boyutlu maliyet etkin tasarlanması enerji, ekonomik ve çevresel performansları açısından büyük önem taşımaktadır.

Türkiye'de yapı tasarımında sürdürülebilirlik ile ilgili pek çok akademik çalışma, özel sektör projesi ve mevzuat düzenlemeleri bulunmaktadır ancak tüm bunlar ortak bir platformda yürütülmediğinden ve sürdürülebilir tasarım yaklaşımları tercihe dayalı olduğundan gerçekleştirilebilen uygulama sayısı oldukça azdır. Bunun yanı sıra sürdürülebilir yapılar için ilk yatırım maliyetlerinin nispeten daha yüksek olması da sürdürülebilir tasarım yaklaşımlarının tercih edilirliliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Ancak bir yapının yaşam döngüsü evrelerinin tümü göz önünde bulundurularak çok boyutlu maliyet etkin tasarlanmasını o yapının çevresel ve finansal maliyetler açısından optimum düzeyde tasarlanması ile mümkün olacaktır.

Türkiye'de yeni konut yapılarının dış duvarlarının çok boyutlu maliyet etkinliğinin incelendiği bu tez çalışmasında, öncelikli olarak yeni konut yapılarında kullanılan mevcut dış duvar detaylarının tespit edilebilmesi için İstanbul ilinde bir alan çalışması yapılmış ve 39 ilçe belediyesinden 23'ünde İmar ve Şehircilik Müdürlükleri'ne başvurularak 2018 yılında yapımı tamamlanmış veya ruhsat almış konut yapılarının dış duvar detayları ile ilgili veriler elde edilmiştir. Bu amaçla

Çalışmanın ilk aşamasında söz konusu 23 belediyeye başvurularak elde edilen 70 adet konut yapısının mimari projeleri ve ısı yalıtım projeleri incelenmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında İmar ve Şehircilik Müdürlükleri'nin yapı kontrolü ve ruhsat birimlerindeki yetkililer ile uygulama aşamasında sıklıkla kullanılan yapım yöntemlerinin ve yapı malzemelerinin tespiti için yarı yapılandırılmış görüşme çalışması yapılmıştır. Alan alışması sonucunda elde edilen veriler doğrultusunda, yeni konut yapılarının dış duvarlarında en çok kullanılan yapım yöntemleri ve yapı malzemeleri tespit edilmiş, bunların çok boyutlu maliyet etkinliği incelenmiş ve çok boyutlu maliyet etkinliğinin arttırılabilmesi amacıyla alternatif öneri detay tipleri geliştirilmiştir.

Elde edilen mimari proje ve ısı yalıtım projeleri incelendiğinde dış duvarların yapımında yüksek oranda örme duvar sisteminin kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu sistemle yapılan duvarlarda gövde malzemesi olarak AB ve W sınıfı düşey delikli tuğla ya da gaz beton kullanıldığı, ısı yalıtımı için en fazla XPS ve taş yünü ısı yalıtım malzemelerinin tercih edildiği az sayıdaki projede ise EPS ve PUR ısı yalıtım malzemelerinin kullanıldığı görülmüştür. Duvar dış kaplama malzemesi olarak en fazla dış sıva ve boya tercih edilirken, bunun yanı sıra alüminyum kompozit kaplamalar, ahşap kaplamalar, seramik kaplamalar ve doğal taş (mermer) kaplamaların da kullanıldığı tespit edilmiştir. İç kaplama malzemesi olarak ise genellikle iç sıva, alçı sıva ve boya uygulandığı, nadiren de alçı panel kaplamaların tercih edildiği tespit edilmiştir.

Mimari projelerin ve ısı yalıtım projelerinin incelendiği bu aşamada her ne kadar çalışmanın yapılabilmesi için yapı malzemeleri ve yapım yöntemleri ile ilgili yeterli seviyede veri elde edilmiş olsa da elde edilen projeler arasında bazı uyumsuzlukların olduğu ve gerekli denetimlerin yasa ve yönetmeliklere uygun olarak nitelikli şekilde yapılmadığı tespit edilmiştir. Türkiye'de bina üretim sürecini kapsayan, binaların enerji tüketimlerini ve kullanılan yapı malzemelerini denetleyen çeşitli yasa, yönetmelik ve standartlar bulunmaktadır. Yapıların bu yasa, yönetmelik ve standartlara uygun olarak tasarlanması ve bağılı oldukları belediyelerdeki ilgili birimler tarafından denetlenmesi gerekmektedir. Mimari projelerin tüm yapı malzemelerini ve yapım yöntemlerini gösteren sistem detaylarını içermesi, ısı yalıtım projelerinin ise bu sistem detaylarına ve TS 825 standardına uygun olarak U-değerlerinin ve ısıtma yüklerinin doğru şekilde hesaplanmış ve eksiksiz şekilde

sunulmuş olması gerekmektedir. Ancak yapılan incelemelerde elde edilen projelerin bir kısmında bu verilerin bulunmadığı, bir kısmında eksik ve hatalı olduğu, bir kısmında projelere ait verilerin birbiriyle uyuşmadığı, az sayıdaki projede ise bilgilerin tam ve doğru şekilde verildiği tespit edilmiştir. Bu durum ruhsat sürecinde projelerin denetiminde eksiklikler olduğunu gerekli kontrollerin yeterli seviyede sağlanamadığını ve kontrollerin yalnızca kağıt üstünde sayısal verilerin yönetmeliklere uygunluğunun denetlenmesiyle sınırlı kaldığını göstermektedir. Çok sayıdaki yasa ve düzenlemeler zaten oldukça karmaşık olan bina üretim süreci daha da karmaşık bir hale getirdiğinden, konu ile ilgili kişi sayısını ve iş yükünü de arttırmaktadır. Bu karmaşık üretim sürecinin ortak bir çalışma ile yürütülmemesi, disiplinler arası koordinasyonun sağlanamaması, belediyelerdeki iş yükünün fazlalığı ve buna karşılık kişi sayısının yetersizliği ve sürece dahil olan kişilerin her birinin yeterli bilgi seviyesinde bulunmamaalarının amaçlanan nitelikte yapıların üretilmesine engel olduğu ve belgelere ilişkin ayrıntılı kontrollerin göz ardı edilmesine neden olduğu düşünülmektedir.

Bu nedenle mimari projeler ve ısı yalıtım projelerinden elde edilen verilerin doğrulanması ve uygulama aşamasında yeni konut yapılarının dış duvarlarında en çok karşılaşılan yapıım yöntemlerinin ve yapı malzemelerinin de tespit edilebilmesi amacıyla belediyelerin ruhsat ve yapı kontrol birimlerine başvurulmuş ve yetkili mimar ve makine mühendisleri ile görüşmeler yapılmıştır. Görüşmelere, başvuru alan belediyelerden 18'i katılım göstermiş, diğer 5 belediye ise çeşitli nedenlerle katılmayı reddetmiştir. Bu durumun temel nedenin belediyelerin ilgili birimlerindeki yetkililerin konu ile ilgili bilgi eksikliklerinden dolayı sorulan sorulara cevap vermekte zorlanmaları ve bu nedenle de görüşmeye katılmaktan kaçınmaları olduğu tespit edilmiştir. Buna karşılık her ne kadar bazı belediyelerde çalışmanın yapılmasında sorunlarla karşılaşmış olsa da diğer belediyeler ile yapılan görüşmeler sonucunda elde edilen bilgiler yeni konut yapılarında kullanılan dış duvar detayları ile ilgili kapsamlı bir veri kaynağı olmuştur.

Görüşmelerden elde edilen sonuçlara göre yeni konut yapılarında dış duvarlar genellikle taşıyıcı nitelikte olmayan ve örme duvar sistemiyle inşa edilen yapı elemanlarıdır. Çift katmanlı duvar tipine nadiren rastlanmaktadır ve genellikle tek katmanlı duvarlar kullanılmaktadır. Örme duvar gövde malzemesi olarak en çok tercih edilen yapı malzemesi tuğla, ardından gaz beton ve nispeten daha az oranda

bims blok duvar gövde malzemeleridir. Dış duvar dış kaplama malzemesi olarak en çok tercih edilen sıva ve boyadır. Bunun yanı sıra az sayıda yapıştırıcı ile tespit edilen seramik kaplamalar ve doğal ve yapay taşlar tercih edilirken mekanik tespit edilen doğal ve yapay taşlara daha yüksek oranda rastlanmaktadır. Ayrıca metal kompozit paneller (alüminyum), ahşap kompozit paneller, masif ahşap kaplamalar dış kaplamada kullanılmaktadır. İç kaplama malzemesi olarak genellikle iç sıva ve boya tercih edilmekte ve nadiren alçı pano ve ıslak mekanlar için seramik kaplamalar kullanılmaktadır. Isı yalıtım malzemeleri duvarın dış yüzeyine uygulanmaktadır ve taş yünü, XPS, EPS ve PUR ısı yalıtım malzemeleri kullanılmaktadır.

Yeni konut yapılarının dış duvarlarında kullanılan yapım yöntemlerine ve yapı malzemelerine ilişkin verilerin elde edilmesi amacıyla yapılan incelemelerde her ne kadar projeler arası uyumsuzluklarla, bilgi ve veri eksiklikleriyle, proje detaylarının paylaşılmasında ve görüşmelere katılımlarda sorunlarla karşılaşmış olsa da elde edilen veriler konut yapılarının dış duvarlarında sıklıkla kullanılan malzemeleri, yapım yöntemlerini ve detay tiplerini iyi şekilde yansıtmaktadır. Mimari projeler, ısı yalıtım projeleri ve görüşmelerden elde edilen verilerden yola çıkılarak dış duvarlarda en çok karşılaşılan yapım yöntemleri, kaplama malzemeleri, duvar gövde malzemeleri ve ısı yalıtım malzemeleri tespit edilmiş ve çok boyutlu maliyet etkinliklerinin incelenebilmesi için 12 adet tip dış duvar detayı belirlenmiştir. Belirlenen tip dış duvar detaylarının tamamında örme duvar sistemi kullanılmaktadır. Duvar gövde malzemesi olarak AB ve W sınıfı düşey delikli tuğla, gaz beton ve bims blok duvar gövde malzemeleri kullanılmaktadır. Isı yalıtım malzemesi olarak en fazla tercih edildiği belirlenen XPS ve taş yünü ve yanı sıra EPS ve PUR ısı yalıtım malzemeleri kullanılmaktadır. Dış kaplama malzemesi olarak dış sıva ve boya ve mekanik tespit edilen alüminyum kompozit kaplama, seramik kaplama, doğal taş (mermer) kaplama ve masif ahşap (çam) kaplama kullanılmaktadır. İç kaplama malzemesi olarak ise iç sıva ve boya ile alçı panel kaplama kullanılmaktadır.

Yeni Konut Yapılarında Kullanılan Mevcut Dış Duvar Detayları bölümünde ayrıntılı olarak açıklanan dış duvar detaylarından ilki, elde edilen verilerden en sık kullanıldığı tespit edilen dış sıva ve boya, XPS ısı yalıtımı, AB sınıfı düşey delikli tuğla, iç sıva, alçı sıva ve boya yapı malzemelerinden oluşan Tip 1 detayı olarak belirlenmiştir. Tip 1 detayı yapı malzemelerinin çok boyutlu maliyet etkinliklerinin karşılaştırılabilmesi için referans detay olarak kabul edilmiştir. Buna göre, Tip 2

detayında diğ er yapı malzemeleri sabit tutularak duvar gövde malzemesi yerine W sınıfı düşey delikli tuğla kullanılmaktadır. Tip 3 detayında gaz beton duvar gövde malzemesi kullanılmaktadır ve Tip 4 detayında bims blok duvar gövde malzemesi kullanılmaktadır. Tip 5 detayında Tip 1’deki ısı yalıtım malzemesi yerine taş yünü ısı yalıtım malzemesi kullanılmaktadır. Tip 6 detayında EPS ve Tip 7 detayında PUR ısı yalıtım malzemeleri kullanılmaktadır. Tip 8 detayına gelindiğinde dış kaplamada mekanik tespit edilen alüminyum kompozit panel ve taş yünü ısı yalıtım malzemesi kullanılmaktadır. Tip 9 detayında alüminyum kompozit panel yerine seramik kaplama, Tip 10 detayında mermer kaplama ve Tip 11 detayında ahşap kaplama kullanılmaktadır. Tip 12 detayında ise dış sıva ve boya, XPS ısı yalıtım malzemesi, AB sınıfı düşey delikli tuğla, alçı panel ve boya kullanılmaktadır.

Belirlenen detay tiplerinin çok boyutlu maliyet etkinlikleri üç ana başlık altında incelenmiştir. Bunlar gömülü CO₂ miktarlarının belirlenmesi, kullanım enerjisi miktarlarının belirlenmesi ve finansal maliyetlerinin belirlenmesidir. Gömülü CO₂ miktarlarının hesaplanmasında Türkiye’de malzemelerin birim gömülü CO₂ miktarlarını içeren ulusal bir veri tabanı bulunmamaktadır. Üretici firmaların çevresel ürün beyanı (EPD) sunmaları kendi inisiyatiflerinde olduğundan her malzeme için gömülü CO₂ miktarına ulaşılan bir EPD belgesi bulunmamaktadır. Dolayısıyla, Türkiye’de malzeme üretici firmaların EPD belgeleri bir detayın tümünün değerlendirilmesinde yetersiz kaldığından, detaylar arasında doğru bir karşılaştırmanın yapılabilmesi için gömülü CO₂ miktarlarının hesaplanmasında Bath Üniversitesi Sürdürülebilir Enerji Araştırma Ekibi tarafından hazırlanan ICE (Inventory of Carbon and Energy) v2.0 veri tabanından yararlanılmıştır. Ancak bu değerler, İngiltere kaynaklı bir veri tabanından alındığından ve Türkiye’de üretilen yapı malzemeleri için yerel kaynaklar, kullanılan enerji kaynakları, taşıma mesafeleri ve yöntemleri, kullanılan ekipmanlar gibi üretimde harcanan enerjiyi ve açığa çıkan karbondioksit miktarını etkileyen faktörlerdeki farklılıklar nedeniyle doğru sonuçları vermemektedir. Türkiye’de EPD belgelerini zorunlu hale getiren yasal bir düzenleme de bulunmadığından bu alanda yapılacak çalışmalarda kesin sonuçların elde edilmesi ulusal bir veri tabanı hazırlanmadığı sürece mümkün değildir.

Türkiye’de binalarda enerji tüketimini sınırlandırmak, denetlemek ve enerji tasarrufu sağlayabilmek amacıyla TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” standardı kullanılmaktadır. Isı yalıtım projeleri TS 825 standardına uygun olarak

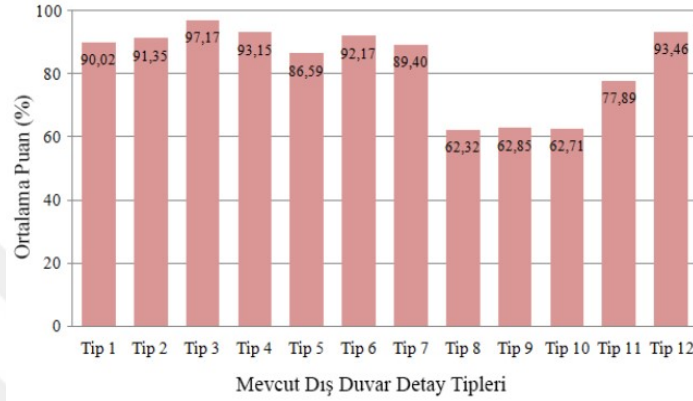
hazırlanmakta ve belediyeler tarafından denetlenmektedir. Ancak TS 825 standardı kullanım evresinde yalnızca ısıtma amacıyla harcanan enerji miktarını kapsamakta ve soğutma amacıyla harcanan enerji miktarı göz ardı edilmektedir. Bu nedenle, dış duvar detay tiplerinin U-değerlerinin ve kullanım evresinde ısıtma ve soğutma amacıyla harcanan enerji miktarlarının bir arada hesaplanabilmesi için Design Builder simülasyon programından yararlanılmıştır.

Finansal maliyetlerin hesaplanmasında ise T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın belirlediği “2019 Yılı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları” listesinden elde edilen malzeme ve yapım birim maliyetlerinden yararlanılmıştır. Buradan elde edilen veriler piyasaya göre farklılık gösterebilse de maliyetler arasında anlamlı bir karşılaştırmanın yapılabilmesini sağlayacaktır. “Birim Fiyat Listesi”nde yer almayan malzemelerin maliyetleri için öncelikli olarak T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı “2019 Yılı Birim Fiyat Listesi” ile PTT Yapı Daire Başkanlığı “2019 yılı Birim Fiyat Listesi” incelenmiş ve veri bulunamaması durumunda piyasa pazar araştırmaları elde edilen malzeme ve yapım maliyetlerinin ortalaması alınarak hesaplama yapılmıştır.

Yapılan hesaplamalar sonucunda her bir detay tipinin çok boyutlu maliyet etkinlikleri yüzde olarak hesaplanmış ve birbiri ile karşılaştırılmıştır (Şekil 6.1). Buna göre çok boyutlu maliyet etkinliği en yüksek olan dış duvar detayı Tip 3, en düşük olan dış duvar detayı ise Tip 8 olarak belirlenmiştir. Ancak Tip 9 ve Tip 10 dış duvar detayları da yaklaşık olarak Tip 8 ile aynı çok boyutlu maliyet etkinliğine sahiptir. Ayrıntılı detayı “4.4 Yeni Konut Yapılarında Kullanılan Mevcut Dış Duvar Detayları” bölümünde verilen Tip 3 dış duvar detayında gaz beton duvar gövde malzemesi ve XPS ısı yalıtım malzemesi kullanılmaktadır, dış kaplama malzemesi olarak dış sıva ve boya kullanılmaktadır. Tip 8 dış duvar detayında duvar gövde malzemesi olarak AB sınıfı düşey delikli tuğla, ısı yalıtım malzemesi olarak taş yünü ve dış kaplama malzemesi olarak alüminyum kompozit panel kullanılmaktadır. Tip 9 dış duvar detayında seramik kaplama, Tip 10 dış duvar detayında ise mermer kaplama kullanılmaktadır.

Tip 1, Tip 2, Tip 3 ve Tip 4 detayları arasında yapılan karşılaştırmada çok boyutlu maliyet etkinliği en yüksek olan duvar gövde malzemesi gaz beton, en düşük olan duvar gövde malzemesi AB sınıfı düşey delikli tuğla olarak belirlenmiştir. Tip 1, Tip 5, Tip 6, Tip 7 detayları arasında yapılan karşılaştırmada çok boyutlu maliyet etkinliği en yüksek olan ısı yalıtım malzemesi EPS, en düşük olan ısı yalıtım

malzemesi taş yünü olarak belirlenmiştir. Tip 5, Tip 8, Tip 9, Tip 10 ve Tip 11 detayları arasında çok boyutlu maliyet etkinliği en yüksek olan dış kaplama malzemesi dış sıva ve boya, en düşük olan dış kaplama malzemesi alüminyum kompozit panel kaplama başta olmak üzere seramik ve mermer kaplamalar olarak belirlenmiştir. Son olarak Tip 1 ve Tip 12 detayları arasında ise çok boyutlu maliyet etkinliği yüksek olan iç kaplama malzemesinin alçı panel kaplama, düşük olanın ise iç sıva ve boya olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 6.1 : Mevcut dış duvar detaylarının ortalama yüzdelik puanları.

Dış duvarların çok boyutlu maliyet etkinliklerinin artırılabilmesi için mevcut dış duvar detaylarına alternatif detay tipleri geliştirilmiş ve gömülü CO₂, kullanım enerjisi ve finansal maliyetleri hesaplanmıştır. Geliştirilen alternatif detay tiplerinden ilki örme duvar sistemi yerine ahşap dikmeli duvar sisteminin kullanılmasıdır. Bir diğeri ise mevcut dış duvar detaylarında kullanılan ısı yalıtım malzemeleri yerine çevresel etki değerleri ve ısıl geçirgenlik katsayıları daha düşük olan alternatif ısı yalıtım malzemelerinin kullanılmasıdır. Alternatif dış duvar detay tiplerinin mevcut dış duvar detay tipleri ile kıyaslanabilmesi amacıyla, yapılan incelemede çok boyutlu maliyet etkinliği diğer detaylara kıyasla daha yüksek olan Tip 3 dış duvar detayı esas alınmış ve değerlendirmeler buna göre yapılmıştır.

Alternatif ahşap dikmeli dış duvar detaylarında gömülü CO₂ ve finansal maliyetler arasında karşılaştırma yapılabilmesi için U-değerleri mevcut dış duvar detayları ile aynı değerde alınmış ve kullanılan ısı yalıtım malzemelerinin miktarları buna göre belirlenmiştir. Tip 3 dış duvar detayı esas alınarak yapılan incelemede, gaz beton kullanılan örme duvar sistemi yerine ahşap dikmeli sistem ve XPS ısı yalıtım malzemesi kullanılmaktadır. Önerilen Tip 3.1 detayının U-değeri 0,312 W/m²K alınmış toplam kullanım enerjisi miktarında %1’lik artış göz ardı edilerek eşit kabul

edilmiştir. Gömülü CO₂ miktarları karşılaştırıldığında ahşap dikmeli sistem ile toplam gömülü CO₂ miktarında %3,72'lik düşüş olduğu gözlenmiştir. Finansal maliyetlerde ise %64,95'lik artış meydana gelmiştir.

Diğer dış duvar detayları için önerilen alternatif ahşap dikmeli duvar detaylarının maliyet etkinlikleri incelendiğinde çok boyutlu maliyet etkinliği en yüksek olan dış duvar detayının Tip 6.1 olduğu görülmektedir. Tip 6.1 öneri detayında Tip 6'da kullanılan AB sınıfı düşey delikli tuğla duvar gövde malzemesi yerine ahşap dikmeli sistem ve EPS ısı yalıtım malzemesinin kullanılması önerilmiş ve U-değerleri eşit kabul edilmiştir. Bu nedenle kullanım enerjisi miktarında meydana gelen %1'lik artış göz ardı edilmektedir. Ancak toplam gömülü CO₂ miktarında meydana gelen farklılıklar incelendiğinde %24,45'lik bir düşüş sağlanmıştır. Finansal maliyetlerde ise %63,44'lük artış meydana gelmiştir.

Buradan yola çıkılarak, belirlenen 12 tip detay kullanılan malzemelere ait U-değerleri, gömülü CO₂ miktarları ve finansal maliyetleri arasında farklılıklar bulunduğundan mevcut duvarlardaki örme duvar sisteminin ahşap dikmeli duvar sistemine dönüştürülmesi durumunda her bir dış duvar detayı için çok boyutlu maliyet etkinliklerindeki artış ve azalışlarda farklı sonuçlar elde edilmektedir. Bu nedenle, ahşap dikmeli sistem ile mevcut dış duvar detaylarının kıyaslanabilmesi adına 12 tip detayın gömülü CO₂ miktarları, kullanım enerji miktarları ve finansal maliyetlerinin ortalaması alınarak karşılaştırılmıştır. Buna göre, U-değerleri sabit olduğundan kullanım enerjisinde meydana gelen %1'lik artış göz ardı edilmektedir. Gömülü CO₂ miktarları karşılaştırıldığında %13,81 oranında düşüş, finansal maliyetlerde ise %40,75 oranında artış meydana gelmektedir (Çizelge 6.1).

Çizelge 6.1 : Alternatif ahşap dikmeli dış duvar detaylarının mevcut dış duvar detayları ile çok boyutlu maliyet etkinliklerinin karşılaştırılması.

	Gömülü CO ₂ Miktarı (kg.CO ₂ -e)	Kullanım Enerjisi Miktarı (kWh)	Finansal Maliyet (TL)
Tip 3	628,53	1354,3	3210,507
Tip 3.1	605,10	1368,20	5295,592
Yüzdelik değişim	- % 3,72	+ % 1	+ %64,95
Tip 6	704,08	1473,37	3081,707
Tip 6.1	531,93	1483,56	5036,592
Yüzdelik değişim	- % 24,45	+ % 1	+ % 63,44
Ortalama	813,59	1432,106	4596,80
Alternatif ortalama	701,20	1449,188	6469,85
Yüzdelik değişim	- % 13,81	+ % 1	+ % 40,75

Önerilen selüloz, saman levha, mantar levha, ahşap yünü ve koyunyünü alternatif ısı yalıtım malzemelerinin değerlendirilmesinde Tip 3 dış duvar detayı esas alınarak değerlendirme yapılmış ve ısı yalıtım katmanları değiştirilerek diğer katmanlarda kullanılan yapı malzemeleri sabit tutulmuştur.

Selüloz ısı yalıtım malzemesinin kullanımı durumunda Tip 3.2.1 detayının çok boyutlu maliyet etkinliği incelendiğinde Tip 3 detayına kıyasla gömülü CO₂ miktarında %10,21 oranında azalma olduğu, finansal maliyetlerde %1,82 oranında azalma olduğu, kullanım enerjisi miktarında ise %1,87 oranında artış meydana geldiği tespit edilmiştir. Tüm mevcut dış duvar detaylarının ortalama değerleri ile selüloz ısı yalıtım malzemesinin kullanıldığı öneri detayların ortalama maliyetleri karşılaştırıldığında gömülü CO₂ miktarında %10,07 oranında azalma, finansal maliyetlerde %2,37 oranında azalma ve kullanım enerji miktarında %1,73 oranında artış olduğu görülmektedir (Çizelge 6.2).

Çizelge 6.2 : Selüloz ısı yalıtımlı dış duvar detaylarının mevcut dış duvar detayları ile çok boyutlu maliyet etkinliklerinin karşılaştırılması.

	Gömülü CO ₂ Miktarı (kg.CO ₂ -e)	Kullanım Enerjisi Miktarı (kWh)	Finansal Maliyet (TL)
Tip 3	628,53	1354,3	3210,507
Tip 3.2.1	564,335	1379,70	3151,987
Yüzdelik değişim	- % 10,21	+ % 1,87	- % 1,82
Ortalama	813,59	1432,106	4596,79
Alternatif ortalama	731,63	1456,9	4487,77
Yüzdelik değişim	- % 10,07	+ % 1,73	- % 2,37

Saman levha ısı yalıtım malzemesinin kullanıldığı Tip 3.2.2 dış duvar detayı incelendiğinde ve elde edilen sonuçlar Tip 3 dış duvar detayı ile karşılaştırıldığında XPS ısı yalıtım malzemesi yerine saman levha ısı yalıtım malzemesinin kullanılması durumunda, gömülü CO₂ miktarında %82,49 oranında artış meydana geldiği, toplam kullanım enerjisi miktarında ise %10,93'lük artış olduğu tespit edilmiştir. Finansal maliyetlerde ise %5,15 oranında artış meydana gelmiştir. Tüm dış duvarlarının ortalaması alınarak yapılan karşılaştırma sonuçlarına göre ise gömülü CO₂ miktarları %61,54 artmış, kullanım enerjisi miktarı %17,64 artmış ve finansal maliyetler ise %2,50 oranında artmıştır (Çizelge 6.3).

Çizelge 6.3 : Saman levha ısı yalıtımlı dış duvar detaylarının mevcut dış duvar detayları ile çok boyutlu maliyet etkinliklerinin karşılaştırılması.

	Gömülü CO ₂ Miktarı (kg.CO ₂ -e)	Kullanım Enerjisi Miktarı (kWh)	Finansal Maliyet (TL)
Tip 3	628,53	1354,3	3210,507
Tip 3.2.2	1147,041	1502,38	3375,99
Yüzdelik değişim	+ % 82,49	+ % 10,93	+ % 5,15
Ortalama	813,59	1432,106	4596,79
Alternatif ortalama	1314,338	1684,723	4711,77
Yüzdelik değişim	+ % 61,54	+ % 17,64	+ % 2,50

Mantar ısı yalıtım levhasının dış duvarda kullanılması durumunda Tip 3 dış duvar detayı ile karşılaştırıldığında elde edilen sonuçlara göre gömülü CO₂ miktarında %12,47, finansal maliyetlerde %7,39 oranlarında azalma meydana gelmiştir. Kullanım enerjisi miktarında ise %1,85’lik artış olmuştur. Tüm dış duvar detaylarının ortalaması alınarak yapılan karşılaştırmaya göre ise gömülü CO₂ miktarlarında %11,81 ve finansal maliyetlerde %6,26 oranlarında düşüş meydana gelmiştir. Kullanım evresinde harcanan enerji miktarlarında ise %1,72’lik artış olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 6.4).

Çizelge 6.4 : Mantar levha ısı yalıtımlı dış duvar detaylarının mevcut dış duvar detayları ile çok boyutlu maliyet etkinliklerinin karşılaştırılması.

	Gömülü CO ₂ Miktarı (kg.CO ₂ -e)	Kullanım Enerjisi Miktarı (kWh)	Finansal Maliyet (TL)
Tip 3	628,53	1354,3	3210,507
Tip 3.2.3	550,137	1379,42	2973,35
Yüzdelik değişim	- % 12,47	+ % 1,85	- % 7,39
Ortalama	813,59	1432,106	4596,79
Alternatif ortalama	717,43	1456,783	4309,13
Yüzdelik değişim	- % 11,81	+ % 1,72	- % 6,26

Ahşap yünü ısı yalıtım malzemesinin kullanıldığı Tip 3.2.4 dış duvar detayı ile çok boyutlu maliyet etkinliği en yüksek olan Tip 3 dış duvar detayı karşılaştırıldığında gömülü CO₂ miktarının ahşap yünü ısı yalıtım malzemesi ile % 190 arttığı görülmektedir. Finansal maliyetler %4,72’lik artış göstermekte ve kullanım enerjisi miktarı %8,93 artmaktadır. Tüm dış duvar detay tiplerinin ortalama değerleri alınarak yapılan mevcut dış duvar ve ahşap yünü ısı yalıtım malzemesinin kullanıldığı alternatif dış duvarlar arasında yapılan karşılaştırmada gömülü CO₂ miktarının %145 arttığı, kullanım enerjisi miktarının %13,67 arttığı ve finansal maliyetlerin %2,19 oranında arttığı tespit edilmiştir (Çizelge 6.5).

Çizelge 6.5 : Ahşap yünü ısı yalıtımlı dış duvar detaylarının mevcut dış duvar detayları ile çok boyutlu maliyet etkinliklerinin karşılaştırılması.

	Gömülü CO ₂ Miktarı (kg.CO ₂ -e)	Kullanım Enerjisi Miktarı (kWh)	Finansal Maliyet (TL)
Tip 3	628,53	1354,3	3210,507
Tip 3.2.4	1826,601	1475,24	3361,99
Yüzdelik değişim	+ % 190	+ % 8,93	+ % 4,72
Ortalama	813,59	1432,106	4596,79
Alternatif ortalama	1993,898	1627,964	4697,77
Yüzdelik değişim	+ % 145	+ % 13,67	+ % 2,19

Koyunyünü ısı yalıtım malzemesinin kullanıldığı alternatif dış duvar detayı için Tip 3 esas alınarak yapılan karşılaştırmada Tip 3.2.5 dış duvar detayında gömülü CO₂ miktarının %60,92 arttığı tespit edilmiştir. Kullanım enerjisi miktarı ve finansal maliyetler incelendiğinde kullanım enerjisini %1,87 oranında arttığı, finansal maliyetlerin %2,53 oranında azaldığı tespit edilmiştir. 12 adet tip dış duvar detayının koyunyünü ısı yalıtımlı alternatiflerinin ortalamaları alınarak yapılan karşılaştırma sonuçlarına göre gömülü CO₂ miktarı %44,88 oranında, finansal maliyetler %0,67 oranında azalma ile yaklaşık olarak aynı kalmakta, kullanım enerjisi miktarı ise %1,73 oranında artmaktadır (Çizelge 6.6).

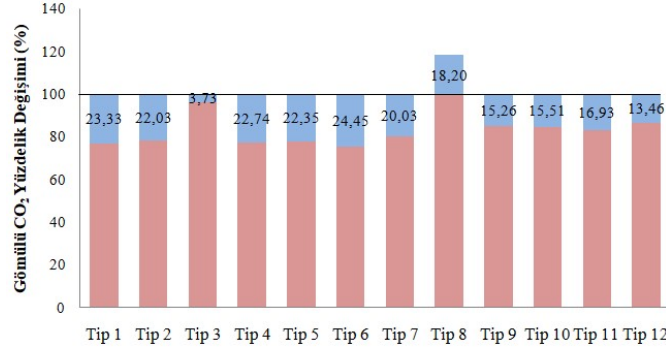
Çizelge 6.6 : Koyunyünü ısı yalıtımlı dış duvar detaylarının mevcut dış duvar detayları ile çok boyutlu maliyet etkinliklerinin karşılaştırılması.

	Gömülü CO ₂ Miktarı (kg.CO ₂ -e)	Kullanım Enerjisi Miktarı (kWh)	Finansal Maliyet (TL)
Tip 3	628,53	1354,3	3210,507
Tip 3.2.5	1011,465	1379,6	3291,99
Yüzdelik değişim	+ % 60,92	+ % 1,87	- % 2,53
Ortalama	813,59	1432,106	4596,79
Alternatif ortalama	1178,762	1456,888	4627,77
Yüzdelik değişim	+ % 44,88	+ % 1,73	- % 0,67

Sonuç olarak, yeni konut yapıların çok boyutlu maliyet etkiliğinin incelendiği bu tez çalışmasında yapılan alan çalışması sonuçlarına göre Türkiye’de konut yapıları alışlagelmiş bir tasarım yaklaşımıyla ve genellikle finansal maliyetler göz önünde bulundurularak tasarlanmaktadır. Bu durum düşük maliyetli ancak yapım ve kullanım aşamalarında enerji tüketimi oldukça yüksek binaların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Mevcut dış duvar detayları incelendiğinde finansal maliyeti en düşük olan Tip 4 detayının kullanım enerjisi ve gömülü CO₂ miktarlarına bakıldığında diğer dış duvar detaylarına kıyasla oldukça yüksek değerde olduğu görülmektedir. Buna karşılık Tip 3 detayına incelendiğinde finansal maliyetlerin

%0,60 oranında arttırılmasıyla gömülü CO₂ ve kullanım enerjisi açısından en etkin duvar detayına ulaşılmaktadır. Bu durum mevcut konut yapılarında gaz beton duvar gövde malzemesi kullanımının yaygınlaştırılması ile çok boyutlu maliyet etkinliğinin önemli derecede arttırılabileceğini göstermektedir. Ayrıca çok boyutlu maliyet etkinliği en yüksek olan ikinci mevcut dış duvar tipinin ise Tip 12 olduğu tespit edilmiştir. Tip 12 dış duvar detayında iç sıva ve boya yerine kullanılan alçı panel iç kaplama malzemesi ile finansal maliyetlerde meydana gelen yaklaşık %0,8'lik bir artış ile kullanım enerjisinin yaklaşık olarak aynı kalması sağlanırken, gömülü CO₂ miktarında yaklaşık %11'lik azalma sağlanabilmektedir. İç kaplama malzemesi olarak iç sıva yerine alçı panel levhaların kullanımı dış duvarların çok boyutlu maliyetinin arttırılmasında büyük katkı sağlayacaktır. Dış katmanda ise dış sıva ve boya haricinde bir kaplama malzemesinin kullanılacağı durumlarda alüminyum kompozit kaplama, mermer veya seramik kaplama kullanımı yerine masif ahşap kaplamaların tercih edilmesi çok boyutlu maliyet etkinliği açısından daha etkili olacaktır. Isı yalıtım malzemelerinde ise mevcut dış duvarlarda kullanılan taş yünü, XPS, EPS ve PUR ısı yalıtım malzemeleri arasında taş yünü yanmaz olması nedeniyle tercih edilmekteyken yangınlık özellikleri birbirine yakın olan XPS, EPS ve PUR arasından en sık kullanılan XPS ısı yalıtım malzemesidir. Ancak EPS ısı yalıtım malzemesinin kullanımı çok boyutlu maliyet etkinliğini yaklaşık %2 oranında arttıracak gömülü CO₂ ve finansal maliyetler açısından yaklaşık %5 oranında kazanç sağlayacaktır.

Sıklıkla kullanılan örme duvar sistemi yerine ahşap dikmeli sistemin kullanımı incelendiğinde Tip 6.1 detayının çok boyutlu maliyet etkinliği en yüksek olan dış duvar detayı olduğu tespit edilmiştir. Tip 6 ve Tip 6.1 detayları incelendiğinde finansal maliyetlerdeki yaklaşık % 63 oranındaki artışa karşılık gömülü CO₂ miktarı yaklaşık % 24 oranında düşmektedir. Finansal maliyetlerde yapılacak ortalama %40 oranında bir artış ile açığa çıkan gömülü CO₂ miktarında ortalama %13'lük bir düşüş sağlamak mümkün olmaktadır. Ahşap dikmeli dış duvar sistemin kullanımı ile meydana gelen değişimler Şekil 6.2 ve Şekil 6.3 ile aşağıda gösterilmektedir.



Şekil 6.2 : Ahşap dikmeli sistem gömülü CO₂ miktarı yüzdelik değişimleri.

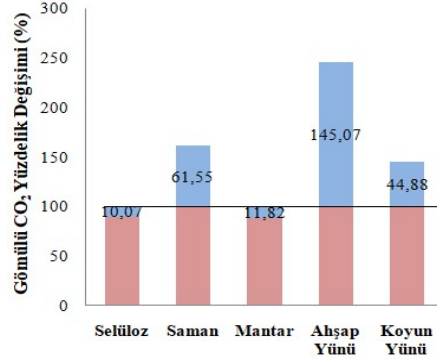


Şekil 6.3 : Ahşap dikmeli sistem finansal maliyet miktarı yüzdelik değişimleri.

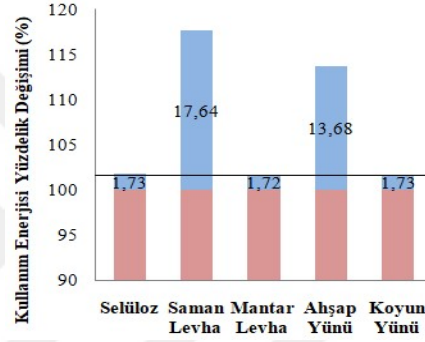
Öneri alternatif ısı yalıtım malzemeleri ilgili yapılan çalışmada selüloz ısı yalıtım malzemesi kullanımında tip detayların ortalama değerleri incelendiğinde Şekil 6.4, Şekil 6.5 ve Şekil 6.6’da gösterildiği üzere finansal maliyetler ve kullanım enerjisi miktarları %2’lik düşüş ile yaklaşık olarak aynı kalmaktayken ortalama gömülü CO₂ miktarında yaklaşık %10 oranında azalma sağlamaktadır. Benzer şekilde mantar levhaların ısı yalıtımında kullanılması durumunda ortalama finansal maliyetlerde yaklaşık %7, gömülü CO₂ miktarında yaklaşık % 12 oranında kazanç elde edilmektedir. Buna karşılık ahşap yünü ısı yalıtım malzemesi ortalama finansal maliyetlerde %4 oranında, gömülü CO₂ miktarında ise %145 oranında artışa neden olmaktadır. Koyunyünü ve saman levha ısı yalıtım malzemelerinin dış duvarlarda kullanımı ise gömülü CO₂ miktarlarında, kullanım enerjisi miktarlarında ve finansal maliyetlerde artışa neden olmaktadır.

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda mevcut dış duvarlarda kullanılan alışlagelmiş ısı yalıtım malzemeleri yerine selüloz ve mantar levha ısı yalıtım malzemelerinin kullanımı çok boyutlu maliyet etkinliğinin artırılmasını katkı sağlayacaktır. Ancak bu çalışma kapsamında malzemelerin yangın dayanımı, mekanik dayanımları,

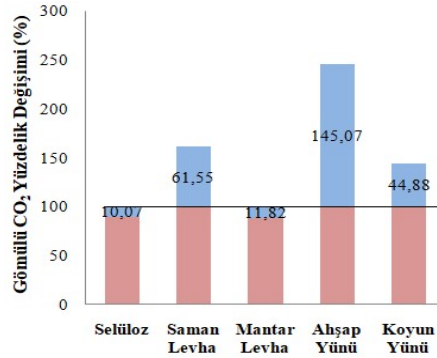
kimyasal etkilere karşı gösterdikleri davranışları gibi diğer performans özellikleri değerlendirmeye katılmamıştır.



Şekil 6.4 : Isı yalıtım malzemeleri gömülü CO₂ miktarları yüzdelik değişimleri.



Şekil 6.5 : Isı yalıtım malzemeleri kullanım enerjisi miktarları yüzdelik değişimleri.



Şekil 6.6 : Isı yalıtım malzemeleri finansal maliyet miktarları yüzdelik değişimleri.

Tüm bu değerlendirmeler ve sonuçlar göstermektedir ki, bir yapının ya da yapı elemanının tasarımında yalnızca finansal maliyetler göz önünde bulundurulmadan enerji, maliyet ve çevresel etkinliği bir arada ele alınarak çok boyutlu maliyet etkinliği değerlendirilmeli ve yapının kullanım amacı, kullanıcıları ve yapıyı etkileyen çevresel etmenler gibi diğer faktörlerle birlikte değerlendirilerek tasarım kararları bu doğrultuda belirlenmelidir.

KAYNAKLAR

- Agenda 21.** (1992). Birleşmiş milletler sürdürülebilir kalkınma eylem planı. *Unites Nations Conference on Environment & Development*. Rio de Jenerio, Brazil. Erişim: 23 Ekim 2019, <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf>
- Akınbingöl, M. & Gültekin, A.** (2005). Bina üretimi yapım evresinde maliyet planlama ve denetimine yönelik bir maliyet yönetim modeli önerisi. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi*. 20-4, 499-505.
- Alucobond.** (2014). *Çevresel ürün beyanı*. Erişim: 23 Ekim 2019, http://media.alucobond.com/pdf/alucobond/sustainability/ALUCOBOND-3A-Composites-GmbH_EPD_EN.pdf
- Bayram, M. & Yeşilata, B.** (2009). Isıtma ve soğutma derece gün sayılarının entegrasyonu. *IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*. (s.425-432). İzmir, Türkiye : 6-9 Mayıs.
- Bayram S., Öcal M. E., Oral L., Atış C. D.** (2016). Yapım maliyeti tahmininde birim fiyat yöntemi – Yapı yaklaşık maliyetleri kıyaslaması. *Politeknik Dergisi*, 19-2, 175-183.
- BEPD.** (2006). (2002/91/EC) Binalarda Enerji Performansı Direktifi. Ankara: Mimarlar Odası. Erişim: 23 Ekim 2019, <http://www.nemko.com.tr/direktif.pdf>
- Berge, B.** (2009). *The Ecology Of Building Materials. Second edition*. Oxford, UK.
- Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği.** (2008). T.C. Resmi Gazete, 27075, 5 Aralık 2008.
- Brock, L.** (2005). *Designing the Exterior Wall. An Architectural Guide to the Vertical Envelope*. New Jersey, Canada.
- Brookes, A.** (1998). *Cladding of Buildings. Third edition*. London, UK.
- BS ISO 15686-5.** (2008). *Buildings and constructed assets — Service-life planning — Part 5: Life-cycle costing*.
- Büyükmirza, K.** (2007). *Maliyet ve Yönetim Muhasebesi*. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Ching, F. & Adams, C.** (2013). *Çizimlerle Bina Yapım Rehberi*. (T. S. Tağmat Çev.). İstanbul : Yem Yayınları.
- Corscadden, K.W., Biggs, J.N., Stiles, D.K.** (2014). Sheep’s wool insulation: A sustainable alternative use for a renewable resource. *Resource, Conservation and Recycling*, 86 (2014), 9-15.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.** (2017). *Sektörlere göre toplam enerji tüketimi*. Erişim: 23 Ekim 2019,

<https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/sektorlere-gore-toplam-enerji-tuketimi-i-85800>

Deran, A., Arslan S., Köksal A. (2014). *İşletmelerde lojistik maliyetlerin hesaplanması : maden işletmesinde uygulama örneği*. Konya: Eğitim Yayınevi.

Design Builder. (Versiyon 4.5) [Bilgisayar yazılımı].

Dikici, A. & Kocagül, M. (2018). Isı yalıtımında kullanılan EPS, XPS ve taş yünü izolasyon malzemelerinin deneysel olarak karşılaştırılması. *Fırat Üniversitesi Müh. Bil. Dergisi*, 31 (1), 129-136.

Dikmen, Ç. B. (2011). Enerji etkin yapı tasarım ölçütlerinin örneklenmesi. *Politeknik Dergisi*, 14-2, 121-134.

Ducork. (2019). Kişisel görüşme. 15 Temmuz, İstanbul.

Dünya Çevre Kalkınma Komisyonu. (1987). *Report of the World Commision on Environment and Development (WCED): Our Common Future*. Oxford: Oxford University Press.

Eci. (2019). Kişisel görüşme. 15 Temmuz, İstanbul.

Ecopanel. (2019). Kişisel görüşme. 15 Temmuz, İstanbul.

EİGM. (2017). *Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Denge Tablosu 2017*. Erişim: 23 Ekim 2019, <https://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Denge-Tablolari/Denge-Tablolari>

Enerji Verimliliği Kanunu. (2007). *T.C. Resmi Gazete*, 26510, 2 Mayıs 2007.

EPBD. (2010). Directive 2010/31/EU of the European Parleмент and of the Council on the energy performance of buildings. (Report No. L 153/13). Official Journal of the European Union. Erişim: 23 Ekim 2019, <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:EN:PDF>

ETKB. (2016). Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımının Türkiye Ortamı Ve Koşullarına Uyarlama Raporu. Ankara: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü. Erişim: 23 Ekim 2019, <https://webdosya.csb.gov.tr/db/meslekihizmetler/ustmenu/ustmenu837.pdf>

Fay, R. & Iyer-Raniga, U. (2000). Life cycle energy analysis of buildings: a case study. *Building Research and Information*, 28(1), 31-41.

Fleming, E. (2005). *Construction Technology. An Illustrated Introduction*. Oxford, UK.

Foster, J. S. & Greeno, R. (2007). *Structure and Fabric. Part 1*. NewYork, USA.

Ghaffar, S.H. (2017). Straw fibre-based construction materials. *Advanced High Strength Natural Fibre Composites in Construction* (s. 257-283). United Kingdom.

Hammond, G. & Jones, C. (2011). *Invertory Carbon And Energy (ICE) version 2.0*. University of Bath, United Kingdom.

- Hasol, D.** (2012). *Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü* (12. bs.). İstanbul: YEM Yayınları.
- Hess-Kosa, K.** (2017). *Building materials : product emission and combustion health hazards*. Boca Raton, Florida.
- Heraklith.** (2017). *Çevresel ürün beyanı*. Erişim: 23 Ekim 2019. https://www.heraklith.com/sites/hera_com/files/2018-09/heraklith_homogeneous_board_R.pdf
- İMSAD.** (2014). Binalarda Enerji Verimliliği ve Finansmanı Raporu. İstanbul: Türkiye İnşaat Malzemesi Sanayicileri Derneği.
- İnşaat Genel Fiyat Analizleri.** (2019). 2019 Yılı İnşaat Genel Fiyat Analizleri. Ankara: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yüksek Fen Kurulu Başkanlığı. Erişim: 23 Ekim 2019. <https://yfk.csb.gov.tr/2019-yili-yayinlarimiz-i-91515>
- İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları.** (2019). 2019 Yılı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları. Ankara: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yüksek Fen Kurulu Başkanlığı. Erişim: 23 Ekim 2019. <https://yfk.csb.gov.tr/2019-yili-yayinlarimiz-i-91515>
- India Construction Materials Database.** (2017). India Construction Materials Database of Embodied Energy and Global Warming Potential - Methodology Report. International Finance Corporation, World Bank Group.
- ISO 14040.** (2006). *Environmental Management-Life Cycle Assessment Principles and Framework*. Geneva: International Standards Organisation.
- Keskin, T.** (2010). Türkiye'nin Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı'nı Geliştirmesi Projesi, Binalar Sektörü Mevcut Durum Değerlendirmesi Raporu. Ankara: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Erişim: 23 Ekim 2019, <http://iklim.cob.gov.tr/iklim/Files/Binalar%20Sektoru%20Mevcut%20Durum%20Değerlendirmesi%20Raporu.pdf>
- KHK/644.** (2011). **Kanun Hükmünde Kararname. T.C. Resmi Gazete, 27984, 4 Temmuz 2011.**
- Kızıldaş, S.** (1999). *Bileşen Düzeyinde Bina İç Bitirme Malzemelerinin Seçiminde Birim Fiyat Analizleri'nin Kullanım Olanaklarının Araştırılması* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kiper Yılmaz, G.** (2009). *Binalarda Dış Duvarlarda Kullanılan Isı Yalıtım Kaplamalarının Enerji Korunum Performansları Açısından İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Koçu, D. & Dereli, M.** (2010). Dış Duvarlarda Isı Yalıtımı ile Enerji Tasarrufu Sağlanması ve Detaylarda Karşılaşılan Sorunlar (Konya Kentinden Örnekler). 5. *Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu*. İzmir, Türkiye : 15-16 Nisan.
- Kültür ve Turizm Bakanlığı Birim Fiyatları.** (2019). 2019 Yılı Birim Fiyatları. Ankara: Kültür ve Turizm Bakanlığı Kültür ve Müzeler Genel Müdürlüğü. Erişim: 23 Ekim 2019, <https://kvmgm.ktb.gov.tr/TR-243093/2019-yili-birim-fiyat-listeleri-analizleri-tarifleri-ra-.html>

- Leca.** (2015). *Bims blok çevresel ürün beyanı*. Erişim: 23 Ekim 2019, https://leca.no/sites/default/files/Teknisk_info/EPD/Leca_Universalblok_25_cm_Lightweight_Concrete_Block.pdf
- Leca.** (2017). *Finblokk, bims blok çevresel ürün beyanı*. Erişim: 23 Ekim 2019, https://www.epd-norge.no/getfile.php/138635-1519238380/EPDer/Byggevarer/Betongvarer/NEPD-1460-486_Finblokk--_1_1.pdf
- Mangan, S.** (2015). *Yaşam Döngüsü Enerji Ve Maliyet Etkinliği Açısından Konut Binalarının Performanslarının Değerlendirilmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım* (Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Mendeş, F., Mendeş M., Aliefendioğlu, Y.** (2016). Rekabet ortamında birim fiyatın uygulanabilirliği: Yüksek Fen Kurulu örneği. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4-2016, 873-885.
- Morelli, J.** (2011). Environmental Sustainability: A Definition for Environmental Professionals. *Journal of Environmental Sustainability*, 1-2, 19-22.
- Montreal Protokolü.** (1987). Ozon Tabakasını İncelten Maddeler İlişkin Montreal Protokolü. Ankara: T. C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Erişim: 23 Ekim 2019, <https://iklim.csb.gov.tr/montreal-protokolu-i-4364>
- Mucuk, M. & Uysal D.** (2009). Türkiye Ekonomisinde Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme. *Maliye Dergisi*, 157.
- Nashed, F.** (1996). *Time Saver Details For Exterior Wall Design*. NewYork, USA.
- Orhon, A. V.** (2013). Akıllı Yapı Kabukları. 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi. (s. 1481-1487). İzmir, Türkiye: 17-20 Nisan. Erişim: 23 Ekim 2019, <http://mmoteskon.org/wp-content/uploads/2014/09/2013-96.pdf>
- Özçuhadar, T.** (2007). *Sürdürülebilir Çevre İçin Enerji Etkin Tasarımın Yaşam Döngüsü Sürecinde* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Petrović, K., Vale B., Zari M.** (2017). *Materials for a Healthy, Ecological and Sustainable Built Environment*. United Kingdom.
- Polisan.** (2015). *Çevresel ürün beyanı*. Erişim: 23 Ekim 2019, https://epdturkey.org/wp-content/uploads/polisan_elegans_extra_yarimat_epd_turkey_tr.pdf
- Polisan.** (2015). *Çevresel ürün beyanı*. Erişim: 23 Ekim 2019, https://epdturkey.org/wp-content/uploads/polisan_exelans_macro_epd_turkey_tr.pdf
- Polisan.** (2015). *Çevresel ürün beyanı*. Erişim: 23 Ekim 2019, https://epdturkey.org/wp-content/uploads/polisan_natura_a1_silikon_epd_turkey_tr.pdf
- Portney, Kent E.** (2015). *Sustainability*. USA: Massachusetts Institute of Technology Press.

- PTT İş Kalemi Fiyat Analizi.** (2019). 2019 Yılı PTT İş Kalemi Fiyat Analizi. Ankara: Posta ve Telgraf Teşkilatı Genel Müdürlüğü Yapı Daire Başkanlığı.
- Rashad, A. M.** (2019). Vermiculite as a construction material – a short guide for civil engineer. *Construction and Building Materials* 125, 53–62.
- Rich, P. & Dean, Y.** (1999). *Principles of Element Design*. London.
- Roseta, M. & dos Santos, C.P.** (2015). Study in real conditions and in laboratory of the application of expanded agglomerated cork as exterior wall covering. *Sustainable construction materials*, (s. 367-378). Switzerland: Trans Tech Publications.
- SETAC.** (1993). *Guidelines For Life Cycle Assessment: A Code of Practice*. Brussels: Society of Environmental Toxicology and Chemistry.
- Sev, A.** (2009). *Sürdürülebilir Mimarlık*. İstanbul: YEM Yayınları.
- Simonen, K.** (2014). *Life Cycle Assessment*. New York.
- Termowood.** (2019). *Ahşap cephe kaplama*. Erişim: 23 Ekim 2019, <http://www.termowood.net/termowood-ahsap-cephe-hesaplama>
- TMMOB.** (2012). Enerji Verimliliği Raporu. Ankara: TMMOB, Elektrik Mühendisleri Odası. Erişim: 23 Ekim 2019, http://www.emo.org.tr/ekler/db99a0f7088b168_ek.pdf
- Toydemir, N., Gürdal E., Tanaçan L.** (2011). *Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme*. İstanbul: Literatür Yayıncılık.
- TS 825.** (2013). *Binalarda Isı Yalıtım Kuralları*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- TS 1114.** (1986). *Hafif agregalar-Beton için*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- TS 2823.** (1986). *Bimsbetondan mamul yapı elemanları*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- TS 3234.** (1978). *Bimsbeton yapım kuralları, karışım hesabı ve deney metotları*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN 771-1.** (2005). *Kagir Birimler – Özellikler – Bölüm 1: Kil Kagir Birimler (Tuğlalar)*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN 12602.** (2016). *Ön yapımlı donatılı gaz beton yapı elemanları*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- Türkçü, H. Ç.** (2010). *Yapım İlkeler-Malzemeler-Yöntemler-Çözümler*. İstanbul: Birsan Yayınevi.
- TÜİK.** (2017). Enerji kaynaklarına göre elektrik enerjisi üretimi ve payları. Ankara: Türkiye İstatistik Kurumu. Erişim: 23 Ekim 2019, <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>
- Tyvek.** (2017). *Çevresel ürün beyanı*. Erişim: 23 Ekim 2019, <https://www.pinkbatts.co.nz/assets/resources/EPD-Dupont.pdf>
- UEVEP.** (2018). Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı. Ankara: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. Erişim: 23 Ekim 2019, <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ulusal-Enerji-Verimlilik-Eylem-Plani>

- UNCHE. (1972). United Nations Conference on the Human Environment. Stockholm Conference.
- Utkutuğ, G. S. (1999). Binayı oluşturan sistemler arasındaki etkileşim ve ekip çalışmasının önemi mimar tesisat mühendisi iş birliği. *IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi*. İzmir, Türkiye: 4-7 Kasım. Erişim: 23 Ekim 2019, <http://mmoteskon.org/wp-content/uploads/2014/12/1999-02.pdf>
- Yapı Malzemeleri Yönetmeliği. (2013). T.C. Resmi Gazete, 28703, 10 Temmuz 2013.
- Yücesoy, L. (1998). *Temeller - Duvarlar – Döşemeler*. İstanbul: YEM Yayınları.
- Ytong. (2015). *Çevresel ürün beyanı*. Erişim: 23 Ekim 2019, <https://ytong.com.tr/dosyalar/user/Turk%20Ytong%20EPD%20Brosur%20TR.pdf>
- WCED. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. Oxford: Oxford University Press.
- Wooley, T., Kimmins, S., Harrison, P., Harrison, P. (2005). *Green Building Handbook. Volume1-2*. New York.
- Zhao, Y., Yan., N., Feng, M. (2012). Thermal degradation characteristics of phenol–formaldehyde resins derived from beetle infested pine barks. *Thermochimica Acta*, 555 (2013), 46-52.
- Url-1 <<https://ytong.com.tr/dosyalar/user/Ytong-Donatisiz-Brosuru.pdf>>, erişim tarihi 23.10.2019.
- Url-2 <<https://ytong.com.tr/dosyalar/user/Turk%20Ytong%20Donatili%20Yapi%20Elemanlari%20Brosur.pdf>>, erişim tarihi 23.10.2019.
- Url-3 <<https://ytong.com.tr/dosyalar/user/Multipor-Mantolama.pdf>>, erişim tarihi 23.10.2019.
- Url-4 <https://www.byclb.com/Files/sektor_raporlari/Bims_Sektor_Raporu_2006.pdf>, erişim tarihi 23.10.2019.
- Url-5 <http://www.maden.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=115&tipi=5&sube=0>, erişim tarihi 23.10.2019.
- Url-6 <<https://www.guneyyapiizolasyon.com.tr/sayfalar.3903.mantar-isi-yalitim-malzemeleri.html>>, erişim tarihi 23.10.2019.
- Url-7 <http://www.mfa.gov.tr/dunya-surdurulebilir-kalkinma-zirvesi_johannesburg_-26-agustos---4-eylul-2002_.tr.mfa>, erişim tarihi 23.10.2019.
- Url-8 <<https://iklim.csb.gov.tr/kyoto-protokolu-i-4363>>, erişim tarihi 23.10.2019.
- Url-9 <<https://unfccc.int/process-and-meetings/the-kyoto-protocol/what-is-the-kyoto-protocol/kyoto-protocol-targets-for-the-first-commitment-period>>, erişim tarihi 23.10.2019.
- Url-10 <<https://www.fgould.com/uk-europe/articles/embodied-carbon-q-sean-lockie-director-carbon-and-/>>, erişim tarihi 23.10.2019.
- Url-11 <https://designbuilder.co.uk/helpv4.5/>, erişim tarihi 23.10.2019.

EKLER

EK A: Dış Duvarlarda Kullanılan Yapı Malzemeleri

EK B: Alan Çalışması Sonucu Mimari Proje ve Isı Yalıtım Projelerinden Elde Edilen Dış Duvar Detayları

EK C: Alan Çalışması Sonucu Mimari Proje ve Isı Yalıtım Projelerinde Tespit Edilen Hatalar

EK D: Yarı Yapılandırılmış Görüşme Çalışmasından Elde Edilen Veriler

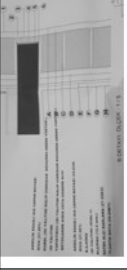
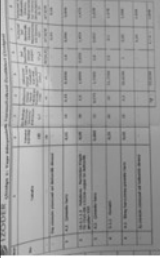
EK E: Yapı Malzemeleri U-değerleri, Yoğunlukları, Birim Gömülü CO₂ Miktarları, Birim Maliyetleri

EK F: Mevcut ve Öneri Dış Duvar Detaylarının Çok Boyutlu Maliyet Miktarları

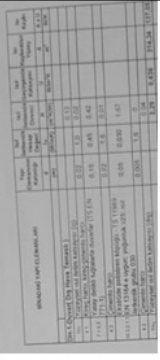
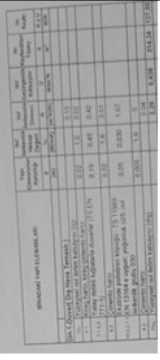
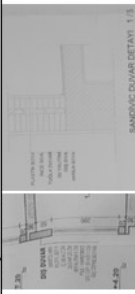
Çizelge A.1 : Dış duvarlarda kullanılan yapı malzemeleri.

DİŞ DUVARLAR	MALZEMELER			
	ÇEKİRDEK	Örme Duvarlar	Taş duvarlar	
			Tuğla duvarlar	
		Çerçevelevi duvarlar	Beton bloklar	Yoğun beton bloklar
				Gaz beton
				Bims blok
		Panel duvarlar	Ahşap dikmeli çerçeve	
			Metal dikmeli çerçeve	
			Beton paneller	Cam lifi takviyeli beton (CTB)
	DİŞ KAPLAMA	Dış sıvalar		Cam lifi takviyeli polyester (CTP)
				Kompozit metal paneller
		Yapıştırıcı ile tespit edilen kaplamalar	Metal paneller	Sandviç paneller
			Brüt beton duvarlar	
		Konstrüksiyon sistemi ile tespit edilen kaplamalar	Kireç sıvalar	
			Hidrolik kireç sıvalar	
			Kireçli çimento sıvalar	
	İÇ KAPLAMA	İç sıvalar	Çimento sıvalar	
			Alçı sıvalar	
			Doğal ve yapay taşlar	
		Boya-badana	Seramik kaplamalar	Plaket kaplamalar
			Cam kaplamalar	Prese kaplama tuğlaları
				Opak camlar
				Cam mozaikler
		Kağıt kaplamalar	Doğal ve yapay taş plaklar	
			Metal kaplamalar	Düz veya trapez levhalar
			Ahşap kaplamalar	Kompozit metal levhalar
	İÇ KAPLAMA	Pano kaplamalar		Masif ahşap kaplamalar
				Kompozit ahşap kaplamalar
		Rijit plaklar	Mineral sıvalar	
			Polimer sıvalar	
			Yağlı boyalar	
		Lambri kaplamalar	Selülozik boyalar	
			Sentetik boyalar	
			Kireç badanalar	
	İSİ YALITIMI	Doğada var olan ısı yalıtım malzemeleri	Selüloz kökenli kağıt kaplamalar	
			Polimer kökenli kağıt kaplamalar	
			Ahşap kökenli panolar	Polimer bağlayıcılı ahşap panolar
		Doğada var olmayan ısı yalıtım malzemeleri	Alçı panolar	Çimento bağlayıcılı ahşap panolar
			Seramik kaplamalar	
			Doğal ve yapay taşlar	
			Cam plaklar	
	SUYU VE BUHAR YALITIMI	Rijit su yalıtım malzemeleri	Ahşap lambriiler	
			Metal lambriiler	
			Polimer lambriiler	
		Esnek su yalıtım malzemeleri	Sandviç panolar	
		Buhar yalıtım malzemeleri		

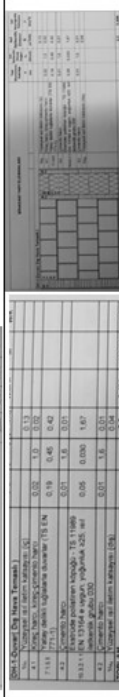
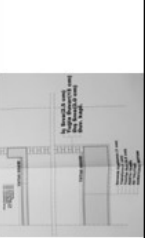
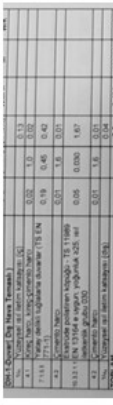
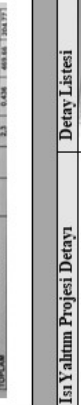
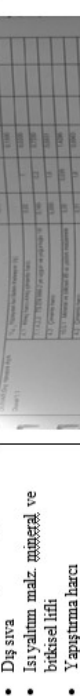
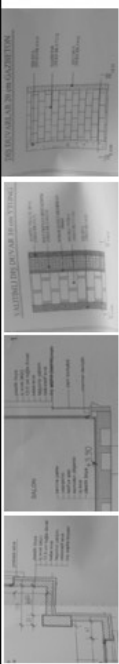
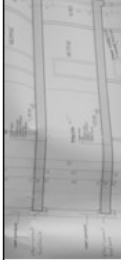
Çizelge B.1 : Alan çalışması sonucu mimari proje ve ısı yalıtım projelerinden elde edilen dış duvar detayları.

1- İİB (1)				
Mimari Proje Detayı	Detay Çizimleri	Isı Yalıtım Projesi Detayı	Detay Listesi	
P1 Mimari projede dış duvar katmanlarına ait veri bulunmamaktadır.		Isıyalıtım projesi bulunmamaktadır.		
P2 • Akırlık esashi dış cephe boyası • Sıva • Tuğla duvar • İçten ısı yalıtımı - XPS • Alçıpan • Saten alçı kaplama • Plastik boya		Isıyalıtım projesi bulunmamaktadır.		
P3 • Harç+ Rusluk tuğla kapl mineral sıva boya • Mantolama 5cm • Duvar gövde malz. • Alçı sıva		Isıyalıtım projesi bulunmamaktadır.		
P4 Mimari projede dış duvar katmanlarına ait veri bulunmamaktadır.		Isıyalıtım projesi bulunmamaktadır.		
P5 • Akırlık esashi dış cephe boyası • Sıva • Isıyalıtımı • Tuğla duvar • Saten alçı sıva • Saten boya		Isıyalıtım projesi bulunmamaktadır.		
2- İİB (2)				
Mimari Proje Detayı	Detay Çizimleri	Isı Yalıtım Projesi Detayı	Detay Listesi	
P1 Mimari projede dış duvar katmanlarına ait veri bulunmamaktadır.		- Dış sıva - Isıyalıtım malz. XPS / Taş Yünü - Tuğla duvar - İç sıva		
P2 • Dış cephe kaplaması pğış tuğla • Hazır sıva - akrilik reçine esashi • Isıyalıtım malz. XPS • Yapişıtma harcı • Dış sıva • Tuğla duvar 29 cm • Sıva • Seramik kaplama		- Dış sıva - Isıyalıtım malz. EPS - Yapişıtma harcı - Tuğla duvar - İç sıva		
3- İİB (3)				
Mimari Proje Detayı	Detay Çizimleri	Isı Yalıtım Projesi Detayı	Detay Listesi	
P1 Mimari projede dış duvar katmanlarına ait veri bulunmamaktadır.		- Dış sıva - Isıyalıtım malz. XPS - Yapişıtma harcı - Tuğla duvar - İç sıva		

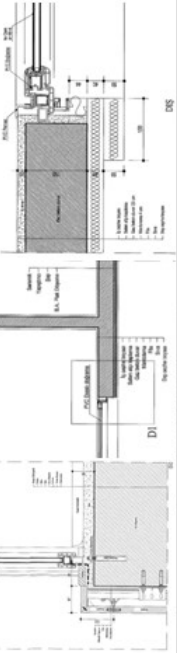
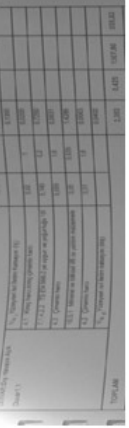
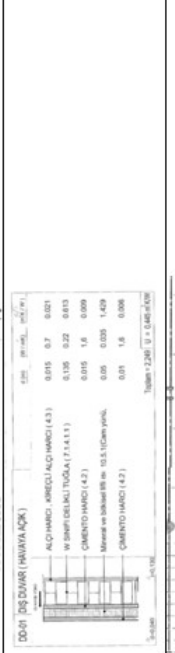
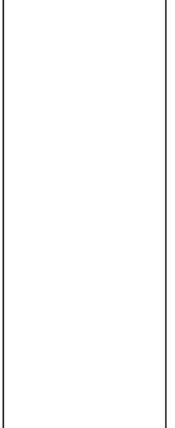
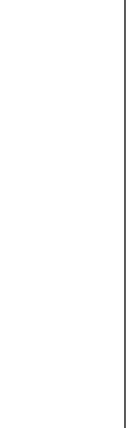
Çizelge B.1 (devam) : Alan çalışması sonucu mimari proje ve ısı yalıtım projelerinden elde edilen dış duvar detayları.

P 2	• Alışıp kaplama • Isı yalıtım malz. – taşıyıcı • Gazbeton duvar 20 cm • İç Sıva • Boya			Isı yalıtım projesi bulunmamaktadır.	
P 3	• Polistren XPS üzeri dekoratif boya • Mantolama kaplama • Dış sıva • Isı yalıtım malz. XPS • Dış sıva • Tuğla duvar • İç sıva • Saten boya			• Dış sıva • Isı yalıtım malz. XPS • Yapıştırma harcı • Tuğla duvar • İç sıva	
4- HİB (4)					
	Mimari Proje Detayı	Detay Çizimleri		Isı Yalıtım Projesi Detayı	Detay Listesi
P 1	• Dış cephe boyası • Dış sıva • Yapıştırma harcı • Isı yalıtım malz. • Duvar 20cm • İç sıva • Boya			• Dış sıva • Isı yalıtım malz. XPS • Yapıştırma harcı • Tuğla duvar • İç sıva	
P 2	• Boya • Dış sıva • Isı yalıtım malz. • Duvar 19 cm • İç sıva • Boya			• Dış sıva • Isı yalıtım malz. XPS • Yapıştırma harcı • Tuğla duvar • İç sıva	
P 3	• Dış cephe boyası • Dış sıva • Tuğla duvar 13,5 cm • Isı yalıtım • Tuğla duvar 8,5 cm • İç sıva • Boya			• Dış sıva • Isı yalıtım malz. XPS • Yapıştırma harcı • Tuğla duvar • İç sıva	
5- HİB (5)					
	Mimari Proje Detayı	Detay Çizimleri		Isı Yalıtım Projesi Detayı	Detay Listesi
P 1	Mimari projede dış duvar karnamlarına ait veri bulunmamaktadır.			• Dış sıva • Mineral veya birkisel lifli ısı yalıtım malz. • Yapıştırma harcı • Tuğla duvar • İç sıva • Dış sıva • Isı yalıtım malz. XPS • Tuğla duvar • İç sıva	
P 2	Mimari projede dış duvar karnamlarına ait veri bulunmamaktadır.			• Dış sıva • Isı yalıtım malz. XPS • Tuğla duvar • İç sıva	

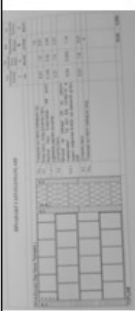
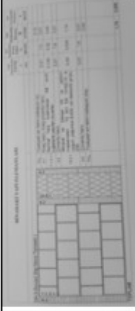
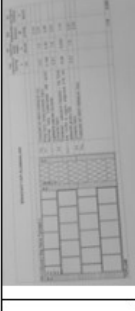
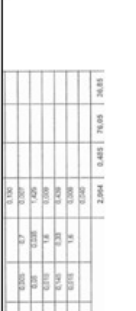
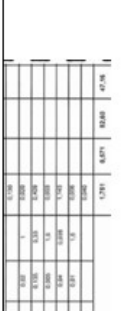
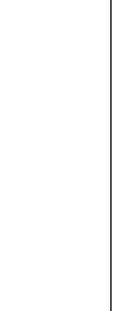
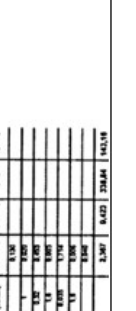
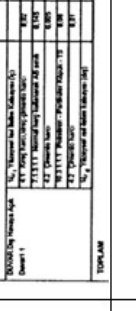
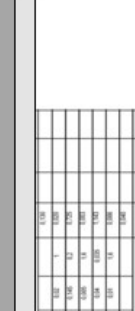
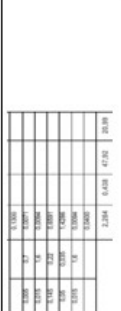
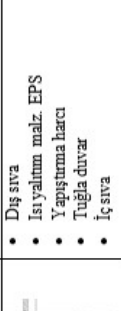
Çizelge B.1 (devam) : Alan çalışması sonucu mimari proje ve ısı yalıtım projelerinden elde edilen dış duvar detayları.

P 3	Mimari projede dış duvar katmanlarına ait veri bulunmamaktadır.		- Dış sıva - Isı yalıtım malz. XPS - Yapıştırma harcı - Tuğla duvar - İç sıva	
P 4	Mimari projede dış duvar katmanlarına ait veri bulunmamaktadır.		- Dış sıva - Isı yalıtım malz. XPS - Yapıştırma harcı - Tuğla duvar - İç sıva	
6- İİB (6)				
	Mimari Proje Detayı	Detay Çizimleri	Isı Yalıtım Projesi Detayı	Detay Listesi
P 1	- Boya - Dış sıva / Ahşap çeviz komp. kaplama - Isı yalıtım malz.		- Dış sıva - Isı yalıtım malz. duvarlarda EPS, pencere kenarlarında mineral ve birkisel lifli - Yapıştırma harcı - Tuğla duvar - İç sıva	  
P 2	- Duvar kaplama malz. - Dış sıva 3 cm - Tuğla duvar 13 cm - İç sıva 2.5 cm		- Dış sıva - Isı yalıtım malz. XPS - Yapıştırma harcı - Tuğla duvar - İç sıva	  
7- İİB (7)				
	Mimari Proje Detayı	Detay Çizimleri	Isı Yalıtım Projesi Detayı	Detay Listesi
P 1	- Dış sıva - Isı yalıtım malz. XPS - Yapıştırma harcı - Tuğla duvar - İç sıva		- Dış sıva - Isı yalıtım malz. mineral ve birkisel lifli - Yapıştırma harcı - Tuğla duvar - İç sıva	 
P 2	- Dış cephe boyası - Dekoratif sıva - Isı yalıt. malz. taş yünü - Kaba sıva - Tuğla duvar 13.5 cm - İç sıva alçı - Plastik boya		- Dış sıva - Isı yalıtım malz. mineral ve birkisel lifli - Yapıştırma harcı - Gaz beton duvar - İç sıva	 
P 3	Mimari projede dış duvar katmanlarına ait veri bulunmamaktadır.		- Dış sıva - Isı yalıtım malz. mineral ve birkisel lifli - Tuğla duvar - İç sıva	 

Çizelge B.1 (devam) : Alan çalışması sonucu mimari proje ve ısı yalıtım projelerinden elde edilen dış duvar detayları.

P4	Mimari projede dış duvar katmanlarına ait veri bulunmamaktadır.		Isıyalıtım projesi bulunmamaktadır.	
P5	- Dış cephe boyası - Sıva - Isıyalıtım malz. - Kaba sıva - Gaz beton duvar 20 - Saten alçı kaplama - İç cephe boyası	 	- Dış sıva - Isıyalıtım malz. mineral ve birkisel lifli - Yapıştırma harcı - Gaz beton duvar - İç sıva	
P6	- Boya - Dış sıva - Isıyalıtım malz. - Gaz beton duvar 20 - İç sıva	 	Isıyalıtım projesi bulunmamaktadır.	
P7	- Dış sıva - Isıyalıtım malz. - Mineral ve birkisel lifli (cam yünü) - Sıva - Tuğla duvar (w sınıfı delikli 13,5 cm) - Alçı sıva	 	Isıyalıtım projesi bulunmamaktadır.	
P8	- Mimari projede dış duvar katmanlarına ait veri bulunmamaktadır. - Beton prekast dış cephe GRC	 	Isıyalıtım projesi bulunmamaktadır.	
P9	Mimari projede dış duvar katmanlarına ait veri bulunmamaktadır.		Isıyalıtım projesi bulunmamaktadır.	
8- IIB (6)				
	Mimari Proje Detayı	Detay Çizimleri	Isı Yalıtım Projesi Detayı	Detay Listesi
P1	Mimari projede dış duvar katmanlarına ait veri bulunmamaktadır.		- Dış sıva - Isıyalıtım malz. PUR - Yapıştırma harcı - Tuğla duvar - İç sıva	 
P2	Mimari projede dış duvar katmanlarına ait veri bulunmamaktadır.		- Dış sıva - Isıyalıtım malz. EPS - Yapıştırma harcı - Tuğla duvar - İç sıva	 

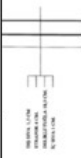
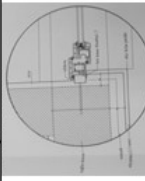
Çizelge B.1 (devam) : Alan çalışması sonucu mimari proje ve ısı yalıtım projelerinden elde edilen dış duvar detayları.

P 3	Mimari projede dış duvar karnanlarına ait veri bulunmamaktadır.	- Dış sıva - Isı yalıtım malz. EPS - Yapıştırma harcı - Tuğla duvar - İç sıva			
9- İHB (9)					
Mimari Proje Detayı					
P 1	Mimari projede dış duvar karnanlarına ait veri bulunmamaktadır.	Isı Yalıtım Projesi Detayı - Dış sıva - Isı yalıtım malz. dış duvarlarda EPS, pencere kenarlarında mineral ve bitkisel lifli - Yapıştırma harcı - Tuğla duvar - İç sıva			
P 2	Mimari projede dış duvar karnanlarına ait veri bulunmamaktadır.	- Dış sıva - Isı yalıtım malz. dış duvarlarda EPS, pencere kenarlarında mineral ve bitkisel lifli - Yapıştırma harcı - Tuğla duvar - İç sıva			
P 3	Mimari projede dış duvar karnanlarına ait veri bulunmamaktadır.	- Dış sıva - Isı yalıtım malz. EPS - Yapıştırma harcı - Tuğla duvar - İç sıva			
P 4	Mimari projede dış duvar karnanlarına ait veri bulunmamaktadır.	Isı yalıtım projesi bulunmamaktadır.			
10- İHB (10)					
Mimari Proje Detayı					
P 1	Mimari projede dış duvar karnanlarına ait veri bulunmamaktadır.	Isı Yalıtım Projesi Detayı - Dış sıva - Isı yalıtım malz. XPS - Yapıştırma harcı - Gaz beton duvar - İç sıva			
P 2	- Dış sıva - Isı yalıtım malz. PUR - Buhar Kesici membran - Isı yalıtımlı tuğla duvar - İç sıva				

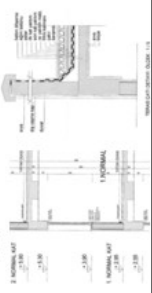
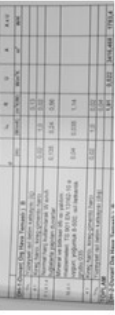
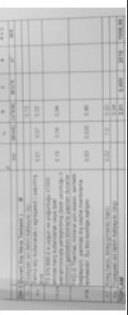
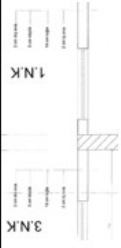
Çizelge B.1 (devam) : Alan çalışması sonucu mimari proje ve ısı yalıtım projelerinden elde edilen dış duvar detayları.

[illegible]

Çizelge B.1 (devam) : Alan çalışması sonucu mimari proje ve ısı yalıtım projelerinden elde edilen dış duvar detayları.

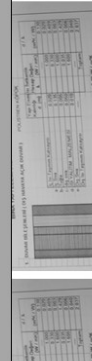
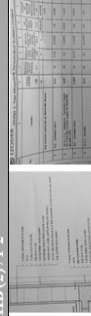
16- İHB (16)																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Mimari Proje Detayı	Detay Çizimleri	Isı Yalıtım Projesi Detayı	Detay Listesi																																																																																																																																																																																																																																																																																								
P 1		Isı yalıtım projesi bulunmamaktadır.																																																																																																																																																																																																																																																																																									
P 2	Mimari projede dış duvar karnamlarına ait veri bulunmamaktadır.	Isı yalıtım projesi bulunmamaktadır.																																																																																																																																																																																																																																																																																									
P 3	Mimari projede dış duvar karnamlarına ait veri bulunmamaktadır.	Isı yalıtım projesi bulunmamaktadır.																																																																																																																																																																																																																																																																																									
17- İHB (17)																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Mimari Proje Detayı	Detay Çizimleri	Isı Yalıtım Projesi Detayı	Detay Listesi																																																																																																																																																																																																																																																																																								
P 1	 - Akrilik esastlı dış cephe boyası - Sıva - Tuğla duvar - İçten ısı yalıtımı - XPS - Alçıpan - Saten alçı kaplama - Plastik boya	Isı yalıtım projesi bulunmamaktadır.																																																																																																																																																																																																																																																																																									
P 2	 - Akrilik esastlı dış cephe boyası - Sıva - Tuğla duvar - İçten ısı yalıtımı - XPS - Alçıpan - Saten alçı kaplama - Plastik boya	- Dış sıva - Isı yalıtım malz. XPS - Tuğla duvar - Alçı sıva	<table><tr><td colspan="2">Giriş Çeşitli Dış İHB (Tavanlı)</td></tr><tr><td>İHB</td><td>0,13</td></tr><tr><td>Açık hava sıcaklığı (T_h)</td><td>0,071</td></tr><tr><td>Açık hava sıcaklığı (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,136</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,41</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,08</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,030</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>1,07</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,07</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>1,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h)</td><td>0,02</td></tr><tr><td>İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T_h</td></tr></table>		Giriş Çeşitli Dış İHB (Tavanlı)		İHB	0,13	Açık hava sıcaklığı (T _h)	0,071	Açık hava sıcaklığı (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,136	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,41	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,08	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,030	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	1,07	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,07	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	1,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02	İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h
Giriş Çeşitli Dış İHB (Tavanlı)																																																																																																																																																																																																																																																																																											
İHB	0,13																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Açık hava sıcaklığı (T _h)	0,071																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Açık hava sıcaklığı (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,136																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,41																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,08																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,030																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	1,07																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,07																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	1,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h)	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																										
İçerideki ısı yalıtım malzemesi (T _h																																																																																																																																																																																																																																																																																											

Çizelge B.1 (devam) : Alan çalışması sonucu mimari proje ve ısı yalıtım projelerinden elde edilen dış duvar detayları.

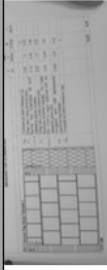
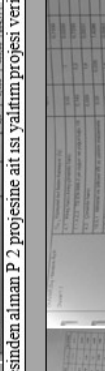
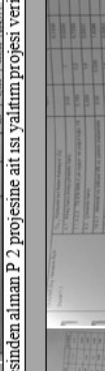
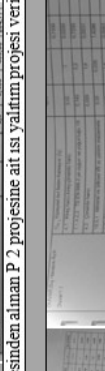
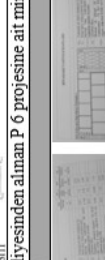
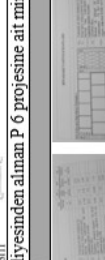
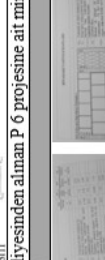
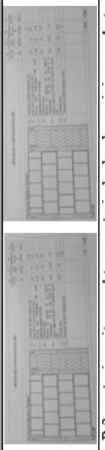
P 4	Mimari projede dış duvar karnamlarına ait veri bulunmamaktadır.		- Dış sıva - Isı yalıtım malz. EPS - Tuğla duvar - İç sıva	  
19- İİB (19)				
	Mimari Proje Detayı	Detay Çizimleri	Isı Yalıtım Projesi Detayı	Detay Listesi
P 1	- Dış sıva - Tuğla duvar - İç sıva		- Dış sıva - Isı yalıtım malz. mineral ve birkisel lifli - Yapıştırma harcı - Tuğla duvar - İç sıva	 
P 2	Mimari projede dış duvar karnamlarına ait veri bulunmamaktadır.		- Dış sıva - Isı yalıtım malz. mineral ve birkisel lifli - Yapıştırma harcı - Tuğla duvar - İç sıva	 
P 3	- Dış sıva - Tuğla duvar - İç sıva		- Dış sıva - Isı yalıtım malz. mineral ve birkisel lifli - Gaz beton duvar - İç sıva	 
P 4	- Boya - Dış sıva - Isı yalıtım malz. XPS - Tuğla duvar 13 cm - İç sıva - Boya		- Dış sıva - Isı yalıtım malz. XPS - Tuğla duvar - İç sıva	 
20- İİB (20)				
	Mimari Proje Detayı	Detay Çizimleri	Isı Yalıtım Projesi Detayı	Detay Listesi
P 1	- Püskürtme dış cephe boyası - Sıva - Donan filesi - Donan sıvası - Yalıtım levhası - Yapıştırıcı harç - Tuğla duvar			
P 2	- Dış sıva - Isı yalıtım malz. strafor - Tuğla duvar 19 cm - İç sıva			

Çizelge B.1 (devam) : Alan çalışması sonucu mimari proje ve ısı yalıtım projelerinden elde edilen dış duvar detayları.

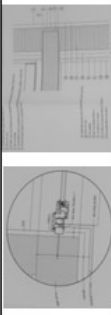
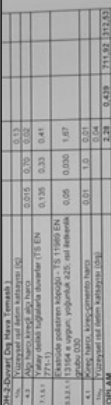
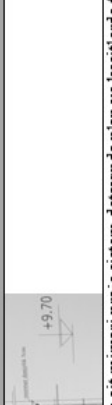
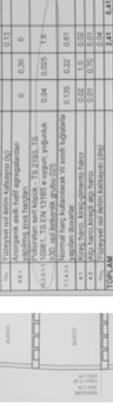
Çizelge C.1: Alan çalışması sonucu mimari proje ve ısı yalıtım projelerinde tespit edilen hatalar.

	İHB (1) / P 2	İHB (17) / P 1	İHB (17) / P 3
1)			
	İHB (1) ve İHB (17) belediyelerine başvurularak alınan 3 proje sistem detayında aynı çizimlerin değiştirilmeden kullanıldığı tespit edilmiştir.		
2)			
	İHB (7) ve İHB (22) belediyelerine başvurularak alınan 3 proje sistem detayında aynı çizimlerin değiştirilmeden kullanıldığı tespit edilmiştir.		
3)			
	İHB (19) belediyesine başvurularak alınan 2 proje sistem detayında aynı çizimlerin değiştirilmeden kullanıldığı tespit edilmiştir.		
4)			
	İHB (2) belediyesinde alınan P 1 projesine ait ısı yalıtım projesi ve dış duvar detayında 3 farklı katmanlaşma tipi verilmiştir ve kullanılan malzemeler ile dış duvarın U-değerleri birbiri ile uyusmamaktadır.		
5)			
	İHB (2) belediyesinde alınan P 2 projesine ait ısı yalıtım projesi verileri ve mimari proje sistem detayı verileri birbiriyle uyusmamakta ve farklı katmanlaşma tipleri içermektedir.		
6)			
	İHB (3) belediyesinde alınan P 3 projesine ait mimari proje sistem detayı plan, kesit ve görünüşlerinde 5 farklı katmanlaşma tipi bulunmaktadır ve birbiri ile uyusmamaktadır.		
7)			
	İHB (4) belediyesinde alınan P 1 projesine ait çizimlerde mimari proje sistem kesiti ve verilen nokta detayı birbiri ile uyusmamaktadır ve projeye ait olmayan nokta detayı kullanıldığı tespit edilmiştir.		

Çizelge C.1 (devam) : Alan çalışması sonucu mimari proje ve ısı yalıtım projelerinde tespit edilen hatalar.

8)	IIB (4) / P 3				
9)	IIB (6) / P 1				
10)	IIB (6) / P 2				
11)	IIB (7) / P 1				
12)	IIB (7) / P 3				
13)	IIB (7) / P 6				
14)	IIB (8) / P 3				

Çizelge C.1 (devam) : Alan çalışması sonucu mimari proje ve ısı yalıtım projelerinde tespit edilen hatalar.

	IIB (17) / P 2	
15)	 	IIB (17) belediyesinden alınan P 2 projesine ait ısı yalıtım projesi, mimari proje sistem kesiti ve verilen nokta detayı birbiri ile uyusmamaktadır ve projeye ait olmayan nokta detayı kullanıldığı tespit edilmiştir.
16)	 	IIB (18) belediyesinden alınan P 2 projesine ait ısı yalıtım projesi verileri ve mimari proje sistem detayı verileri birbiriyle uyusmamakta ve farklı katmanlaşma tipleri içermektedir.
17)	 	IIB (19) belediyesinden alınan P 1 projesine ait ısı yalıtım projesi verileri ve mimari proje sistem detayı verileri birbiriyle uyusmamakta ve farklı katmanlaşma tipleri içermektedir. Sistem detayı eksik veri içermektedir.
18)	 	IIB (19) belediyesinden alınan P 3 projesine ait ısı yalıtım projesi verileri ve mimari proje sistem detayı verileri birbiriyle uyusmamakta ve farklı katmanlaşma tipleri içermektedir. Sistem detayı eksik veri içermektedir.
19)	 	IIB (21) belediyesinden alınan P 1 projesine ait mimari proje sistem detayında plan ve kesitlerde farklı katmanlaşma tipleri bulunmakta ve birbiri ile uyusmamaktadır.
20)	 	IIB (21) belediyesinden alınan P 2 projesine ait mimari proje sistem detayında 3 farklı katmanlaşma tipi bulunmakta ve ısı yalıtım projesi ile uyusmamaktadır.

Çizelge D.1: Yarı yapılandırılmış görüşmeler sonucunda elde edilen veriler.

DIŞ DUVARLARDA KULLANILAN YAPI MALZEMELERİ				BELEDİYELER																							
Taşıyıcılık Göre	Taşıyıcı olan	Betonarme	İİB (1)	İİB (2)	İİB (3)	İİB (4)	İİB (5)	İİB (6)	İİB (7)	İİB (8)	İİB (9)	İİB (10)	İİB (11)	İİB (12)	İİB (13)	İİB (14)	İİB (15)	İİB (16)	İİB (17)	İİB (18)	İİB (19)	İİB (20)	İİB (21)	İİB (22)	İİB (23)		
	Taşıyıcı olmayan	Kagir																									
Katman Sayısına Göre	Tek Katmanlı	Dolgu	Harç																								
				Çift Katmanlı	Isı Yalıtım Malz. Havalandırmalı																						
		Boşluklu	Havalandırmaz																								
	Yapım Türlerine Göre	Örme	Tuğla																								
Gazbeton																											
Bims																											
Panel		Dğr.																									
		Kompozit																									
İskelet		Cam Lifi Tkı.																									
		Metal																									
Dış Kaplama Malzemesine Göre	Dış Sıva	Seraıık	Doğal ve Yapay Taşlar																								
				Cam Mozaık																							
					Doğal ve yapay Taşlar																						
	Mekanık Tespit Edilen		Çimento Levha Kapl.	Doğal ve yapay Taşlar																							
					Metal Kompozit Kapl.																						
						Kompozit Ahşap Kompozit Kapl.																					
					Metal Kapl.	Ahşap Çerçeve																					

* Ahşap lif takviyeli kompozit panel

** Cam lifli takviyeli beton kompozit panel

Çizelge D.1 (devam) : Yarı yapılandırılmış görüşme sonucu elde edilen veriler.

DİŞ DUVARLARDA KULLANILAN YAPI MALZEMELERİ			BELEDİVELER																																				
			İç Kaplama Malzemelerine Göre		İç Sıva-Boya	Kağıt Kapl.	Ahşap	Çimento	Alçı	Seramik	Doğal Taşlar	Çekirdeğin	İç Yüzeyinde	Dış Yüzeyinde	Bunyesinde	Bitkisel ve Hayvansal Saman Kökenli	Ahşap Lifi	Kullanılan Malz.	Mineral Kökenli	Taş Yünü	Cam Yünü	Cam köpüğü	EPS	XPS	PUR	Uygulama Tipine Göre	Yapıştırma	Mekanik Tespit	Rijit Su Yalıtım Malz. Beton Katkıları	Esnek Su Yalıtım Malz.	Serilerle Uygulanan								
Su Yalıtım Malzemesine Göre		İİB (1)	İİB (2)	İİB (3)	İİB (4)	İİB (5)	İİB (6)	İİB (7)	İİB (8)	İİB (9)	İİB (10)	İİB (11)	İİB (12)	İİB (13)	İİB (14)	İİB (15)	İİB (16)	İİB (17)	İİB (18)	İİB (19)	İİB (20)	İİB (21)	İİB (22)	İİB (23)															

Çizelge E.1: Yapı malzemeleri U-değerleri, yoğunlukları, birim gömülü CO₂ miktarları, birim maliyetleri.

DİŞ DUVARLAR							
ÇEKİRDEK	MALZEMELER	U-değerleri (W/m.K)	Yoğunluk (kg/m³)	Birim Gömülü CO ₂ Miktarı (kg CO ₂ /kg)	Birim Maliyet		
					Malzeme Maliyeti (TL)	Uygulama Maliyeti (TL)	
Örme duvarlar	Tuğla duvarlar	0,38 (TS 825) 0,25 (TS 825) 0,13 (Yröng)	750 (TS 825) 750 (TS 825) 400 (Yröng)	0,24 0,24 0,30	0,87 / adet 0,95 / adet 28,50 / m²	59,24 / m² 53,71 / m² 57,81 / m²	
	Beton bloklar	0,36 (TS 825)	750 (TS 825)	0,37 (india) 0,156 (leca) 0,161 (fmblokk)	10,80 / m²	38,34 / m²	
	Çerçevesi d.	Ahşap dihemli çerçeve	0,12	510	0,31 ₆₀ +0,41 ₈₀	1.800,00 / m²	2871,69 / m² (KITB)
DİŞ KAPLAMA	Dış cephe boyası	–	1540	1,33 (polisan)	13,00 / kg x2 10,00 / kg (Astar)	31,20 / kg	
	Dış sıvalar	–	1540	2,14 (polisan)	24,00 / kg x2 19,00 / kg (Astar)	36,00 / kg	
	Konstrüksiyon sistemi ile tespit edilen kaplamalar	Ahşap yüzey boyası	0,72	1650	0,182	1,45 / kg	40,20 / m²
		Seramik kaplamalar	1,30	2000	0,78	19,50 / m²	388,6 / m² (ortalama)
		Doğal ve yapay taş plaklar	3,5	2500	0,13	42,00 / m²	434,87 / m² (KITB)
		Kompozit metal kaplamalar	1,77 (alcubond) 230,0	1760 (alcubond) 2700	37,0 (alcubond) 9,16	185,00 / m²	336,39 / m² (PTT)
İÇ KAPLAMA	Ahşap kaplamalar	0,12 0,12	510	0,31 ₆₀ +0,41 ₈₀	156,00 / m² 1.800,00 / m²	114,51 / m² (KITB) 65,5 / m² (KITB)	
	İç sıvalar	0,15	540	0,45 ₆₀ +0,65 ₈₀	2.400,00 / m²	43,05 / m²	
	İç cephe boyası	0,72 0,51	1650 1120	0,182 0,13	1,45 / kg 0,33 / kg	36,23 / m² 11,16 / m²	
	Pano kaplamalar	–	1540(polisan)	3,24 (polisan)	13,00 / kg x2 5,50 / kg (Astar)	24,99 / kg	
İSİ YALITIMI	Doğada var olan ısı yalıtım malzemeleri	Alçı paneller	0,21	800	0,39	5,50 / m²	49,35 / m²
		Alçı panel yapıştırma alçısı	0,51	1120	0,13	0,30 / kg	–
		Setülöz	0,04	85	0,37 - 0,743	35,00 / m² (eci)	70,00 / m² (eci)
		Manrar levha	0,04	160	0,19	28,62 / m² (dücorök)	57,24 / m² (dücorök)
	Mineral kökenli ısı yalıtım malzemeleri	Ahşap yünü	0,08	500 (therakith)	3,10 (therakith)	45,00 / m² (therakith)	85,00 / m² (therakith)
		Saman levhalar	0,099	300	0,53	43,00 / m² (ecopanel)	86,00 / m² (ecopanel)
		Hayvansal yün	0,04	140	4,41(Dürra panel) 0,96 - 7,32	40,00 / m² (eci)	80,00 / m² (eci)
		Taş yünü	0,038	120	1,28	24,35 / m² (7 cm yalıtım) 20,25 / m² (6 cm yalıtım) 17,10 / m² (5 cm yalıtım)	89,01 / m² (7 cm yalıtım) 83,63 / m² (6 cm yalıtım) 79,50 / m² (5 cm yalıtım)
	Doğada var olmayan ısı yalıtım malzemeleri	Ekstrude polistren levhalar (XPS)	0,034	30	3,29	300,00 / m²	70,24 / m² (5 cm yalıtım) 74,18 / m² (6 cm yalıtım) 78,11 / m² (7 cm yalıtım) 82,05 / m² (8 cm yalıtım)
		Sentetik ısı yalıtım malzemeleri	0,04	16	3,29	165,00 / m²	61,38 / m² (5 cm yalıtım) 63,55 / m² (6 cm yalıtım) 65,71 / m² (7 cm yalıtım)
Poliüretan köpük (PUR)		0,028	35	4,26	15,00 / kg	38,5 / kg (ortalama)	
Isı yalıtımı yapıştırma harcı		0,72	1650	0,182	0,45 / kg	–	
SUT VE BUHAR YALITIMI	Buhar kesiciler	–	0,149 kg / m² (tyvek)	2,54	4,60 / m²	14,63 / m²	
	Buhar geçirgen su yalıtım örtüsü	–	0,0669 kg / m² (tyvek)	0,497	4,60 / m²	14,63 / m²	

Çizelge F.1: Mevcut dış duvar detaylarının çok boyutlu maliyet miktarları.

	U-değeri (W/m ² .K)	Gömülü CO ₂ Miktarı (kg.CO ₂ -e)		Kullanım Enerjisi Miktarı (kWh)				Maliyet (TL)			Ortalama Puan (%)
		Gömülü CO ₂	Puan (%)	Soğutma	Isıtma	Toplam	Puan (%)	Malzeme	Yapım	Puan (%)	
Tip 1	0,409	742,770	84,62	239,35	1193,86	1433,21	94,50	2468,901	3230,527	90,94	90,02
Tip 2	0,377	742,770	84,62	236,72	1170,40	1407,12	96,24	2518,493	3153,107	93,18	91,35
Tip 3	0,312	628,53	100	231,31	1122,99	1354,3	100	2631,546	3210,507	91,51	97,17
Tip 4	0,438	727,020	86,45	241,52	1214,75	1456,27	93,00	2395,746	2937,937	100	93,15
Tip 5	0,443	788,886	79,67	242,10	1218,30	1460,4	92,73	2470,491	3362,827	87,37	86,59
Tip 6	0,459	704,080	89,27	243,43	1229,94	1473,37	91,92	2325,591	3081,707	95,33	92,17
Tip 7	0,354	764,085	82,26	234,82	1153,53	1388,35	97,55	2582,016	3323,907	88,39	89,40
Tip 8	0,419	1176,930	53,40	240,24	1200,88	1441,12	93,98	3951,961	7423,831	39,57	62,32
Tip 9	0,433	1042,197	60,31	228,60	1240,62	1469,22	92,18	2560,493	8150,571	36,05	62,85
Tip 10	0,432	1023,997	61,38	239,55	1210,95	1450,5	93,37	2918,901	8798,351	33,39	62,71
Tip 11	0,404	761,746	82,51	238,54	1187,21	1425,75	94,99	3666,618	5230,311	56,17	77,89
Tip 12	0,402	660,114	95,21	238,68	1186,98	1425,66	95,00	2252,417	3257,967	90,18	93,46

Çizelge F.2: Ahşap dikmeli dış duvar detaylarının çok boyutlu maliyet miktarları.

	U-değeri (W/m ² .K)	Kalınlık (m)		Gömülü CO ₂ Miktarı (kg CO ₂ -e)		Kullanım Enerjisi Miktarı (kWh)			Maliyet (TL)			Ortalama Puan (%)
		Isı yalt.	Hava B.	Gömülü CO ₂	Puan (%)	Soğutma	İstina	Toplam	Malzeme	Yapım	Puan (%)	
Tip 1.1	0,409	0,0575	0,0425	569,45	93,41	255,04	1189,12	1444,16	2470,963	5185,412	97,13	95,09
Tip 2.1	0,377	0,0645	0,0355	579,12	91,85	251,35	1168,01	1419,36	2500,363	5240,432	96,11	94,79
Tip 3.1	0,312	0,0833	0,0167	605,10	87,91	243,96	1124,24	1368,20	2579,323	5295,592	95,11	94,34
Tip 4.1	0,438	0,0519	0,0481	561,71	94,70	258,60	1208,61	1467,21	2447,443	5130,252	98,17	95,37
Tip 5.1	0,443	0,057	0,043	612,57	86,84	258,79	1211,96	1470,75	2512,963	5317,712	94,71	91,53
Tip 6.1	0,459	0,0569	0,0431	531,93	100	261,12	1222,44	1483,56	2360,902	5036,592	100	97,41
Tip 7.1	0,354	0,058	0,042	611,07	87,05	248,71	1152,49	1401,20	2743,207	5241,032	96,10	93,60
Tip 8.1	0,419	0,0626	0,0374	1391,15	38,24	245,03	1222,64	1467,67	4610,263	9024,511	55,81	62,42
Tip 9.1	0,433	0,0622	0,0378	883,13	60,23	233,55	1266,79	1500,34	2293,263	9751,251	51,65	67,69
Tip 10.1	0,432	0,0623	0,0377	865,15	61,48	244,55	1231,97	1476,52	2608,263	10399,031	48,43	67,52
Tip 11.1	0,404	0,0622	0,0378	632,79	84,06	243,31	1208,65	1451,96	4709,803	6830,991	73,73	84,01
Tip 12.1	0,402	0,0588	0,0412	571,25	93,12	254,36	1184,96	1439,32	2476,423	5185,412	97,13	95,10

Çizelge F.3: Selüloz ısı yalıtımlı dış duvar detaylarının çok boyutlu maliyet miktarları.

Selüloz Isı Yalıtımı	U-değeri (W/m ² .K)	Gömülü CO ₂ Miktarı (kg.CO ₂ -e)		Kullanım Enerjisi Miktarı (kWh)			Maliyet (TL)			Ortalama Puan (%)
		Gömülü CO ₂	Puan (%)	Soğutma	İstina	Toplam	Malzeme	Yapım	Puan (%)	
Tip 1.2.1	0,459	678,575	83,16	243,46	1229,93	1473,39	2654,926	3172,007	90,78	89,19
Tip 2.2.1	0,419	678,575	83,16	240,24	1201,19	1441,43	2704,518	3094,587	93,05	90,64
Tip 3.2.1	0,341	564,335	100	234,00	1145,70	1379,70	2859,571	3151,987	91,35	97,12
Tip 4.2.1	0,454	662,825	85,14	242,86	1226,21	1469,07	2581,771	2879,417	100	93,02
Tip 5.2.1	0,459	678,575	83,16	243,46	1229,93	1473,39	2625,016	3172,007	90,78	89,19
Tip 6.2.1	0,459	678,575	83,16	243,46	1229,93	1473,39	2625,016	3172,007	90,78	89,19
Tip 7.2.1	0,459	678,575	83,16	243,46	1229,93	1473,39	2466,704	3172,007	90,78	89,19
Tip 8.2.1	0,433	1066,619	52,91	241,49	1211,27	1452,76	4106,486	7233,011	39,81	62,56
Tip 9.2.1	0,448	931,886	60,56	229,53	1252,85	1482,38	1789,486	7959,751	36,17	63,27
Tip 10.2.1	0,448	913,686	61,76	240,85	1222,17	1463,02	2104,486	8607,531	33,45	63,17
Tip 11.2.1	0,417	651,435	86,63	239,66	1197,03	1436,69	3821,143	5039,491	57,14	79,93
Tip 12.2.1	0,449	595,919	94,70	242,55	1221,64	1464,19	2438,442	3199,447	90,00	92,98

Çizelge F.4: Saman levha ısı yalıtımlı dış duvar detaylarının çok boyutlu maliyet miktarları.

Saman Levha Isı Yalıtımı	U-değeri (W/m ² .K)	Gömülü CO ₂ Miktarı (kg.CO ₂ -e)		Kullanım Enerjisi Miktarı (kWh)				Maliyet (TL)			Ortalama Puan (%)
		Gömülü CO ₂	Puan (%)	Soğutma	Istima	Toplam	Puan (%)	Malzeme	Yapım	Puan (%)	
Tip 1.2.2	0,781	1261,281	90,94	269,40	1455,48	1724,88	87,10	2766,926	3396,007	91,38	89,81
Tip 2.2.2	0,673	1261,281	90,94	260,89	1381,44	1642,33	91,48	2816,518	3318,587	93,52	91,98
Tip 3.2.2	0,492	1147,041	100	247,03	1255,35	1502,38	100	2971,571	3375,987	91,93	97,31
Tip 4.2.2	0,768	1245,531	92,09	268,31	1446,14	1714,45	87,63	2693,771	3103,417	100	93,24
Tip 5.2.2	0,781	1261,281	90,94	269,40	1455,48	1724,88	87,10	2737,016	3396,007	91,38	89,81
Tip 6.2.2	0,781	1261,281	90,94	269,40	1455,48	1724,88	87,10	2737,016	3396,007	91,38	89,81
Tip 7.2.2	0,781	1261,281	90,94	269,40	1455,48	1724,88	87,10	2578,704	3396,007	91,38	89,81
Tip 8.2.2	0,710	1649,325	69,55	264,01	1406,15	1670,16	89,95	4218,486	7457,011	41,62	67,04
Tip 9.2.2	0,750	1514,592	75,73	246,03	1485,29	1731,32	86,78	1901,486	8183,751	37,92	66,81
Tip 10.2.2	0,749	1496,392	76,65	264,43	1436,56	1700,99	88,32	2216,486	8831,531	35,14	66,70
Tip 11.2.2	0,669	1234,141	92,94	260,19	1374,60	1634,79	91,90	3933,143	5263,491	58,96	81,27
Tip 12.2.2	0,754	1178,625	97,32	267,37	1453,37	1720,74	87,31	2550,442	3423,447	90,65	91,76

Çizelge F.5: Mantar levha ısı yalıtımlı dış duvar detaylarının çok boyutlu maliyet miktarları.

Mantar Levha Isı Yalıtımı	U-değeri (W/m ² .K)	Gömülü CO ₂ Miktarı (kg.CO ₂ -e)		Kullanım Enerjisi Miktarı (kWh)				Maliyet (TL)			Ortalama Puan (%)
		Gömülü CO ₂	Puan (%)	Soğutma	Istima	Toplam	Puan (%)	Malzeme	Yapım	Puan (%)	
Tip 1.2.3	0,459	664,377	82,80	243,64	1229,72	1473,36	93,62	2565,606	2993,367	90,23	88,88
Tip 2.2.3	0,419	664,377	82,80	240,31	1200,86	1441,17	95,72	2615,198	2915,947	92,62	90,38
Tip 3.2.3	0,341	550,137	100	234,02	1145,40	1379,42	100	2770,251	2973,347	90,83	96,94
Tip 4.2.3	0,454	648,627	84,82	243,17	1225,93	1469,1	93,90	2492,451	2700,777	100	92,91
Tip 5.2.3	0,459	664,377	82,80	243,64	1229,72	1473,36	93,62	2535,696	2993,367	90,23	88,88
Tip 6.2.3	0,459	664,377	82,80	243,64	1229,72	1473,36	93,62	2535,696	2993,367	90,23	88,88
Tip 7.2.3	0,459	664,377	82,80	243,64	1229,72	1473,36	93,62	2377,384	2993,367	90,23	88,88
Tip 8.2.3	0,433	1052,421	52,27	241,34	1211,20	1452,54	94,97	4017,166	7054,371	38,29	61,84
Tip 9.2.3	0,448	917,688	59,95	229,40	1252,62	1482,02	93,08	1700,166	7781,111	34,71	62,58
Tip 10.2.3	0,448	899,488	61,16	241,06	1221,98	1463,04	94,28	2015,166	8428,891	32,04	62,49
Tip 11.2.3	0,417	637,237	86,33	239,77	1196,68	1436,45	96,03	3731,823	4860,851	55,56	79,31
Tip 12.2.3	0,449	581,721	94,57	242,79	1221,42	1464,21	94,21	2349,122	3020,807	89,41	92,73

Çizelge F.6: Ahşap yünü ısı yalıtımlı dış duvar detaylarının çok boyutlu maliyet miktarları.

Ahşap Yünü Isı Yalıtımı	U-değeri (W/m ² .K)	Gömülü CO ₂ Miktarı (kg.CO ₂ -e)		Kullanım Enerjisi Miktarı (kWh)				Maliyet (TL)			Ortalama Puan (%)
		Gömülü CO ₂	Puan (%)	Soğutma	Isıtma	Toplam	Puan (%)	Malzeme	Yapım	Puan (%)	
Tip 1.2.4	0,699	1940,841	94,11	262,92	1399,56	1662,48	88,74	2844,518	3382,007	91,35	91,40
Tip 2.2.4	0,611	1940,841	94,11	256,12	1338,37	1594,49	92,52	2844,518	3304,587	93,49	93,37
Tip 3.2.4	0,458	1826,601	100	244,13	1231,11	1475,24	100	2999,571	3361,987	91,89	97,30
Tip 4.2.4	0,689	1925,091	94,88	261,93	1391,81	1653,74	89,21	2721,771	3089,417	100	94,70
Tip 5.2.4	0,699	1940,841	94,11	262,92	1399,56	1662,48	88,74	2765,016	3382,007	91,35	91,40
Tip 6.2.4	0,699	1940,841	94,11	262,92	1399,56	1662,48	88,74	2765,016	3382,007	91,35	91,40
Tip 7.2.4	0,699	1940,841	94,11	262,92	1399,56	1662,48	88,74	2606,704	3382,007	91,35	91,40
Tip 8.2.4	0,642	2328,885	78,43	258,73	1359,04	1617,77	91,19	4246,486	7443,011	41,51	70,38
Tip 9.2.4	0,675	2194,152	83,25	242,09	1428,18	1670,27	88,32	1929,486	8169,751	37,82	69,80
Tip 10.2.4	0,674	2175,952	83,94	258,53	1383,88	1642,41	89,82	2244,486	8817,531	35,04	69,60
Tip 11.2.4	0,608	1913,701	95,45	255,45	1332,33	1587,78	92,91	3961,143	5249,491	58,85	82,40
Tip 12.2.4	0,678	1858,185	98,30	261,05	1382,90	1643,95	89,74	2578,442	3409,447	90,61	92,88

Çizelge F.7: Koyun yünü ısı yalıtımlı dış duvar detaylarının çok boyutlu maliyet miktarları.

Koyun Yünü Isı Yalıtımı	U-değeri (W/m ² .K)	Gömülü CO ₂ Miktarı (kg.CO ₂ -e)		Kullanım Enerjisi Miktarı (kWh)				Maliyet (TL)			Ortalama Puan (%)
		Gömülü CO ₂	Puan (%)	Soğutma	Isıtma	Toplam	Puan (%)	Malzeme	Yapım	Puan (%)	
Tip 1.2.5	0,459	1125,705	89,85	243,66	1229,81	1473,47	93,63	2724,926	3312,007	91,17	91,55
Tip 2.2.5	0,419	1125,705	89,85	240,32	1201,05	1441,37	95,71	2774,518	3234,587	93,35	92,97
Tip 3.2.5	0,341	1011,465	100	234,06	1145,54	1379,60	100	2929,571	3291,987	91,72	97,24
Tip 4.2.5	0,454	1109,955	91,13	243,17	1226,02	1469,19	93,90	2651,771	3019,417	100	95,01
Tip 5.2.5	0,459	1125,705	89,85	243,66	1229,81	1473,47	93,63	2695,016	3312,007	91,17	91,55
Tip 6.2.5	0,459	1125,705	89,85	243,66	1229,81	1473,47	93,63	2695,016	3312,007	91,17	91,55
Tip 7.2.5	0,459	1125,705	89,85	243,66	1229,81	1473,47	93,63	2536,704	3312,007	91,17	91,55
Tip 8.2.5	0,433	1513,749	66,82	241,33	1211,24	1452,57	94,98	4176,486	7373,011	40,95	67,58
Tip 9.2.5	0,448	1379,016	73,35	229,47	1252,74	1482,21	93,08	1859,486	8099,751	37,28	67,90
Tip 10.2.5	0,448	1360,816	74,33	240,86	1222,09	1462,95	94,30	2174,486	8747,531	34,52	67,72
Tip 11.2.5	0,417	1098,565	92,07	239,65	1196,89	1436,54	96,04	3891,143	5179,491	58,30	82,14
Tip 12.2.5	0,449	1043,049	96,97	242,84	1221,50	1464,34	94,21	2508,442	3339,447	90,42	93,87

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Sinem Büyükkardaşlar
Doğum Tarihi ve Yeri : 26.07.1993, Bursa
E-posta : sinembk23@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2017, Anadolu Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü
- **Yüksek lisans** : 2019, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı, Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

YÜKSEK LİSANS TEZİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Büyükkardaşlar, S., Yazıcıoğlu F.,** 2019. The Energy Performance Of The Residential Building Envelopes In Turkey A Case Study From Bursa. *International Civil Engineering & Architecture Conference, April 17-20, 2019* Trabzon, Turkey.