

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ISI YALITIM MALZEMELERİNİN
ÖZELLİKLERİNİN UYGULAMAYA ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimar Selen ÜLKER

Anabilim Dalı : MİMARLIK

Programı : ÇEVRE KONTROLÜ VE YAPI TEKNOLOJİSİ

OCAK 2009

**ISI YALITIM MALZEMELERİNİN ÖZELLİKLERİNİN
UYGULAMAYA ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mimar Selen ÜLKER
(502061739)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 29 Aralık 2008

Tezin Savunulduğu Tarih : 22 Ocak 2009

Tez Danışmanı : Doç Dr. Leyla TANAÇAN (İ.T.Ü.)

Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Ashhan TAVİL (İ.T.Ü.)
Prof. Dr. Canan TAŞDEMİR (İ.T.Ü.)

OCAK 2009

ÖNSÖZ

Türü ne olursa olsun yapılarda tüketilen enerjinin, toplam enerji tüketiminin dörtte birini oluşturması gerçeğinden yola çıkarak, ısı yalıtım konusunun herkes tarafından bir gereklilikten çok bir zorunluluk olarak kabul edilmesi gerekmektedir.

Bu anlamda biz mimarlara düşen en büyük görev, tasarladığımız yapıların gelecek nesillere -mevcut koşullar farklı da olsa- az enerji tüketerek aynı konfor şartlarıyla hizmet sunabilmesini mümkün kılmak için seçeceğimiz malzemelerin tüm özelliklerini değerlendirerek olası sistemlerin en idealine karar vermektir.

Bu çalışmayla, mimarların ısı korunumu ve ısı yalıtımı konusu çerçevesinde malzeme odaklı düşünmelerini sağlamak ve kurgulayacakları sistemlerin yapının ömrü boyunca kullanıcı ve ülke yararına hizmet eden sistemler olmasını sağlamak hedeflenmiştir.

Çalışmam süresince engin bilgileriyle yolumu aydınlatan değerli hocam sayın Doç. Dr. Leyla Tanaçan'a, yapıcı eleştirilerinden ötürü jüri komitesi üyelerinden sayın Doç. Dr. Aslıhan Tavil ve Prof. Dr. Canan Taşdemir'e, her anlamda desteklerini bir an olsun esirgemediğim yanımda olan canım aileme ve verdikleri enerjiyle motivasyonumu yüksek tutmamı sağlayan çok sevgili arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimle...

Ocak 2009

Selen ÜLKER

Mimar

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ŞEKİL LİSTESİ	xii
SEMBOL LİSTESİ	xvi
ÖZET	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı ve Kapsamı	2
2. ENERJİ ve YAPI SEKTÖRÜYLE İLİŞKİSİ	5
2.1. Enerjinin Önemi ve Enerji Yoğunluğu Kavramı	5
2.2. Türkiye'de Enerji Üretimi ve Tüketimi	6
2.3. Enerji Verimliliği ve Yapı Sektörüyle İlişkisi	10
3. ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI	11
3.1. Enerji Etkin İklimlendirme Sistemi Tasarım Süreci	12
3.2. Enerji Etkin Aydınlatma Sistemi Tasarım Süreci	13
3.3. Bina Enerji Tasarrufunda Pasif Solar Akıllı Bina Kavramı	13
3.3.1. Pasif solar akıllı binalar için tasarım parametreleri	14
3.3.1.1. Çevresel faktörler (iklim)	14
3.3.1.2. Binanın yönü	15
3.3.1.3. Yerleşme alanının planlanması	15
3.3.1.4. Binanın formu	16
3.3.1.5. Bina kabuğu	16
Opak bileşenler	16
Şeffaf bileşenler	17
Pasif kontrol sistemler	19
3.4. Bina Enerji Tasarrufunda Isı Yalıtımı	19
3.4.1. Isı akımları	22
3.4.1.1. Isı iletimi - kondüksiyon (conduction)	22
3.4.1.2. Isı taşınımı - konveksiyon (convection)	23
3.4.1.3. Isı ışıınımı - radyasyon (radiation)	24
3.4.2. Isı yalıtımının mekanizması ve ısı yalıtım çeşitleri	24
3.4.2.1. Dirençli yalıtım (resistive insulation)	26
3.4.2.2. Sığal yalıtım (capacitive insulation)	27
3.4.2.3. Yansıtıcı yalıtım (reflective insulation)	29
3.4.3. Yapıda ısı kazanç ve kayıplar	31
3.4.4. Yapıda ısı yalıtımı gerektiren yerler	32
3.4.5. Isı yalıtımında buhar ve nem kontrolü	34

4. ISI YALITIM MALZEMELERİ ve ÖZELLİKLERİ	37
4.1. Malzeme Özelliklerini Etkileyen İçyapı Özellikleri	37
4.1.1. Atomlar arası bağlara göre malzemeler	38
4.1.1.1. Metaller	38
4.1.1.2. Seramikler	39
4.1.1.3. Plastikler	39
4.1.2. Isı yalıtım özelliğinde etkili olan yapısal özellikler	40
4.1.2.1. Gözeneklerin etkisi	41
4.1.2.2. Birim hacim ağırlığın etkisi	43
4.1.2.3. Kimyasal bileşimin etkisi	43
Yalıtkanın katı kısmının kimyasal bileşiminin etkisi	44
Boşluklardaki gazın etkisi	44
4.1.2.4. Sıcaklığın etkisi	44
4.1.2.5. Nem etkisi	44
4.1.2.6. Yüzey özelliklerinin etkisi	45
4.2. Isı Yalıtım Malzemelerinde Aranılan Performans Gereklilikleri	46
4.2.1. Fiziksel işlevsellik	47
4.2.1.1. Yüksek ısı tutuculuk	47
4.2.1.2. Düşük birim ağırlık	48
4.2.1.3. Koşullara uygun buhar geçirimsizliği	48
4.2.1.4. Yeterli basınç dayanımı	49
4.2.1.5. Yeterli çekme dayanımı	49
4.2.1.6. Boyutsal kararlılık	50
4.2.2. Dayanıklılık	50
4.2.2.1. Su ve neme dayanıklılık	50
4.2.2.2. Kimyasal etkilere dayanıklılık	51
4.2.2.3. Biyolojik etkilere dayanıklılık	51
4.2.2.4. Yüksek sıcaklığa dayanıklılık - yangın emniyeti	51
4.2.2.5. Çürümezlik	52
4.2.2.6. Uzun ömürlülük	53
4.2.3. Ekolojik açıdan uygunluk	53
4.2.3.1. Çevre ve ekosistem açısından zararsızlık	53
4.2.3.2. Sağlık açısından zararsızlık	53
4.2.3.3. Az enerji tüketimi	54
4.2.3.4. Bakım gerektirmezlik ve kullanım sonrası değerlendirilebilirlik	54
4.2.4. Uygulama kolaylığı	54
4.2.4.1. Kolay işlenebilirlik	54
4.2.4.2. Üzerine uygun katmanların uygulanmasına olanaklılık	54
4.2.5. Ekonomiklik	55
4.2.5.1. Ucuzluk ve kolay temin edilebilirlik	55
4.3. Isı Yalıtım Malzemelerinin Sınıflandırılması	55
4.3.1. Isı yalıtım malzemelerinin sınıflandırılmasında kullanılan farklı yaklaşımlar	55
4.3.2. Değerlendirme ve öneri sınıflandırma	59
4.4. Isı Yalıtım Malzemeleri ve Özellikleri	60
4.4.1. İletime karşı koyan malzemeler	60
4.4.1.1. Dirençli yalıtım malzemeleri	61
Bitkisel ve hayvansal lifler	63
Mantar	64
Cam yünü	65

Taş yünü	67
Genleştirilmiş polistiren	68
Ekstrude polistiren	69
Poliüretan köpük	70
Fenol köpük	72
Cam köpüğü	72
Genleştirilmiş perlit	73
Genleştirilmiş mika	74
4.4.1.2. Yalıtımlı cam ünitesi	76
4.4.2. Taşınım karşı koyan malzemeler	77
4.4.2.1. Sıgıal yalıtım sistemleri	79
Doğrudan kazanç	80
Isı depolama duvarı	81
Güneş odası	82
4.4.2.2. Saydam yalıtım malzemeleri	83
Optik özellikleri değişen saydam yalıtım malzemeleri	84
Optik özellikleri değişmeyen saydam yalıtım malzemeleri	85
4.4.2.3. Faz değiştiren malzemeler	88
4.4.3. Işınım karşı koyan malzemeler	90
4.4.3.1. Yansıtıcı yalıtım malzemeleri	90
4.4.3.2. Işın bariyeri	91
4.4.3.3. Işınım kontrol astarları	91
4.4.3.4. Low-e film kaplamalı cam	92
5. TÜRKİYE'DE SIK KULLANILAN DİRENÇLİ ISI YALITIM MALZEMELERİ ve UYGULAMAYA ETKİLERİ	95
5.1. Avrupa'da ve Türkiye'de Isı Yalıtım Sektörü	97
5.2. Türkiye'de Kullanılan Dirençli Isı Yalıtım Malzemelerinin Karşılaştırılması	101
5.2.1. Fiziksel özellikler yönünden karşılaştırma	102
5.2.2. Ekolojik özellikler yönünden karşılaştırma	105
5.3. Farklı Duvar Tiplerinde Isıl Performansın ve Yoğuşma Riskinin Değerlendirilmesi	109
5.4. Türkiye Sık Kullanılan Malzemelerle Oluşturulan Duvar Kompozisyonlarının Derece-Gün Bölgelerine Göre Değerlendirilmesi	112
5.4.1. Oluşturulan duvar kompozisyonlarında malzeme seçimi	114
5.4.2. Oluşturulan duvar kompozisyonlarında katmanlaşma seçimi	117
5.4.3. Oluşturulan duvar kompozisyonlarında kullanılan hesap yöntemi	119
5.4.4. Oluşturulan duvar kompozisyonlarında katmanlaşma tiplerine göre değerlendirilmesi	120
5.4.4.1. Oluşturulan yalın duvar kompozisyonlarının değerlendirilmesi	121
5.4.4.2. Oluşturulan dıştan yalıtımlı duvar kompozisyonlarının değerlendirilmesi	125
5.4.4.3. Oluşturulan içten yalıtımlı duvar kompozisyonlarının değerlendirilmesi	130
5.4.4.4. Oluşturulan ortadan yalıtımlı duvar kompozisyonlarının değerlendirilmesi	134
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	139
KAYNAKLAR	145

EKLER	151
EK A - Birinci Derece-Gün Bölgesi Duvar Kompozisyonları	153
EK B - İkinci Derece-Gün Bölgesi Duvar Kompozisyonları	163
EK C - Üçüncü Derece-Gün Bölgesi Duvar Kompozisyonları	173
EK D - Dördüncü Derece-Gün Bölgesi Duvar Kompozisyonları	183
EK E - Yoğuşma Görülen Kesitlerde Aylık Değerlendirme	193
EK F - Yoğuşma Görülen Kesitlere Ait Grafik Örnekleri	199
EK G - Mevzuata Uygun Yalıtım Katmanlaşması	207
ÖZGEÇMİŞ	223

KISALTMALAR

GSMH	: Gayrı Safı Milli Hasıla
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
TUİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
IEA	: International Energy Agency
GIKK	: Güneş Isı Kazanım Katsayısı
IHVİ	: Isıtma Havalandırma Ve İklimlendirme
FKHK	: Flüor Klor Hidrokarbon
ISO	: International Organization for Standardization
CEN	: European Committee for Standardization
LCA	: Life Cycle Analysis
WO₃	: Tungsten Trioksit
MoO₃	: Mobilden Trioksit
IrO_x	: İridyum (x)oksit
NiO_x	: Nikel (x)oksit
Perm	: Permeability

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 2.1	Dünya Geneline Enerji Yoğunluğu Verileri-2004..... 6
Çizelge 2.2	Birincil Enerji Kaynakları Üretimi-BİN TEP..... 6
Çizelge 2.3	Birincil Enerji Kaynakları Tüketimi-BİN TEP..... 7
Çizelge 2.4	Sektörel Enerji Tüketimi-BİN TEP..... 8
Çizelge 2.5	Konut Sektörü Enerji Tüketimi-Orijinal Birimler..... 9
Çizelge 2.6	Sektörel Enerji Talebi / 2010-2020 Yılları-BİN TEP..... 9
Çizelge 3.1	Konutlarda Aydınlatma ve Isıtma Amaçlı Yakıt Tüketimi-1998..... 11
Çizelge 3.2	Yalıtım Etkinliğinin Malzeme Nemine Bağlı Olarak Azalması..... 34
Çizelge 4.1	Bazı Metallerde Malzeme Özellikleri..... 39
Çizelge 4.2	Bazı Seramiklerde Malzeme Özellikleri..... 39
Çizelge 4.3	Bazı Plastiklerde Malzeme Özellikleri..... 40
Çizelge 4.4	Tip ve Renklerine Göre Yüzeylerin Kısa Dalga Emicilik / Uzun Dalga Yayıncılık Değerleri..... 46
Çizelge 4.5	Isı Yalıtım Malzemelerinden Beklenen Performans Gereklilikleri.. 47
Çizelge 4.6	Bazı Malzemelere Ait Isıl Değerler..... 78
Çizelge 4.7	Bazı Malzemelere Ait Isı Depolama Değerleri..... 82
	Geciktirilmiş Isı Depolama Yeteneği Olan Bir Malzemede Olması
Çizelge 4.8	Gereken Özellikler..... 88
Çizelge 5.1	Türkiye ve Bazı Avrupa Ülkelerinde Zorunlu U-Değerleri..... 95
Çizelge 5.2	Kişi Başı Isı Yalıtım Malzemesi Tüketim Değerleri..... 97
Çizelge 5.3	Türkiye’de Sık Kullanılan Isı Yalıtım Malzemesi Özellikler Tablosu..... 99
Çizelge 5.4	Yalıtım Malzemelerinin Üretim Enerjileri..... 107
Çizelge 5.5	İllere Göre Derece-Gün Bölgeleri..... 113
Çizelge 5.6	Derece-Gün Bölgelerinde Zorunlu U-değerleri..... 114
Çizelge 5.7	Kullanılan Malzemelerin Isı İletkenliği Hesap Değerleri ve Su Buharı Difüzyon Direnç Faktörleri..... 114
Çizelge 5.8	“n” Katmanlı Bir Duvarda Gereken Minimum Isı Geçirgenlik Direnci..... 120
Çizelge 5.9	Yalın Duvarlarda İklim Bölgelerine Göre Gereken Düşey Delikli veya Dolu Tuğla Gövde Malzemesi Kalınlığı ve Yoğuşma Durumu..... 123
Çizelge 5.10	Yalın Duvarlarda İklim Bölgelerine Göre Gereken W Sınıfı Düşey Delikli İzotuğla Gövde Malzemesi Kalınlığı ve Yoğuşma Durumu..... 124
Çizelge 5.11	Yalın Duvarlarda İklim Bölgelerine Göre Gereken İnce Derzli Özel Yapıştırıcıyla Uygulanan Gaz Beton Gövde Malzemesi Kalınlığı ve Yoğuşma Durumu..... 125
Çizelge 5.12	Dıştan Yalıtımlı Duvarlarda İklim Bölgelerine Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı ve Yoğuşma Durumu..... 127

Çizelge 5.13	İçten Yalıtımlı Duvarlarda İklim Bölgelerine Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı ve Yoğuşma Durumu.....	132
Çizelge 5.14	Ortadan Yalıtımlı Duvarlarda İklim Bölgelerine Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı ve Yoğuşma Durumu.....	136
Çizelge A.1	Derece Gün Bölgesi 1-Yalın Duvar Kompozisyonları.....	153
Çizelge A.2	Derece Gün Bölgesi 1-Dıştan Yalıtımlı Duvar Kompozisyonları....	155
Çizelge A.3	Derece Gün Bölgesi 1-İçten Yalıtımlı Duvar Kompozisyonları.....	157
Çizelge A.4	Derece Gün Bölgesi 1-Ortadan Yalıtımlı Duvar Kompozisyonları	159
Çizelge B.1	Derece Gün Bölgesi 2-Yalın Duvar Kompozisyonları.....	163
Çizelge B.2	Derece Gün Bölgesi 2-Dıştan Yalıtımlı Duvar Kompozisyonları....	165
Çizelge B.3	Derece Gün Bölgesi 2-İçten Yalıtımlı Duvar Kompozisyonları.....	167
Çizelge B.4	Derece Gün Bölgesi 2-Ortadan Yalıtımlı Duvar Kompozisyonları	169
Çizelge D.1	Derece Gün Bölgesi 3-Yalın Duvar Kompozisyonları.....	173
Çizelge D.2	Derece Gün Bölgesi 3-Dıştan Yalıtımlı Duvar Kompozisyonları....	175
Çizelge D.3	Derece Gün Bölgesi 3-İçten Yalıtımlı Duvar Kompozisyonları.....	177
Çizelge D.4	Derece Gün Bölgesi 3-Ortadan Yalıtımlı Duvar Kompozisyonları	179
Çizelge D.1	Derece Gün Bölgesi 4-Yalın Duvar Kompozisyonları.....	183
Çizelge D.2	Derece Gün Bölgesi 4-Dıştan Yalıtımlı Duvar Kompozisyonları....	185
Çizelge D.3	Derece Gün Bölgesi 4-İçten Yalıtımlı Duvar Kompozisyonları.....	187
Çizelge D.4	Derece Gün Bölgesi 4-Ortadan Yalıtımlı Duvar Kompozisyonları	189
Çizelge E.1	Yalın Duvarlarda Yoğuşma Görülen Kesitlerde Aylık Değerlendirme.....	193
Çizelge E.2	Dıştan Yalıtımlı Duvarlarda Yoğuşma Görülen Kesitlerde Aylık Değerlendirme.....	195
Çizelge E.3	İçten Yalıtımlı Duvarlarda Yoğuşma Görülen Kesitlerde Aylık Değerlendirme.....	196
Çizelge E.4	Ortadan Yalıtımlı Duvarlarda Yoğuşma Görülen Kesitlerde Aylık Değerlendirme.....	197
Çizelge F.1	(3 _{Y-7}) Yalın Duvarına Ait Yoğuşma Analizi.....	199
Çizelge F.2	(3 _{D-15}) Dıştan Yalıtımlı Duvarına Ait Yoğuşma Analizi.....	201
Çizelge F.3	(3 _{I-2}) İçten Yalıtımlı Duvarına Ait Yoğuşma Analizi.....	203
Çizelge F.4	(3 _{O-3}) Ortadan Yalıtımlı Duvarına Ait Yoğuşma Analizi.....	205

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Tüketilen Enerjinin Dağılımı, 1996.....	7
Şekil 2.2 : Tüketilen Enerjinin Dağılımı, 2006.....	7
Şekil 2.3 : Sektörel Enerji Tüketimi Dağılımı, 2006.....	8
Şekil 3.1 : Isı Akımlarının Şematik Gösterimi.....	22
Şekil 3.2 : Isı İletiminin Şematik Gösterimi.....	23
Şekil 3.3 : Isı Taşınımının Şematik Gösterimi.....	23
Şekil 3.4 : Isı Işınımının Şematik Gösterimi.....	24
Şekil 3.5 : Dirençli Yalıtım Malzemesinin Etkin Konumlandırılması.....	27
Şekil 3.6 : Saydam Yalıtım Malzemesinin Etkin Konumlandırılması (Trombe duvarı).....	28
Şekil 3.7 : Yansıtıcı Yalıtım Malzemesinin Etkin Konumlandırılması.....	30
Şekil 3.8 : Bir Yapıda Isıl Kazanç ve Kayıplar.....	31
Şekil 3.9 : Bir Yapıda Isı Yalıtımı Gerektiren Yerler.....	32
Şekil 3.10 : Yapıda Isı Yalıtım Yapılması Gereken Yerlerin Çeşitli Kombinasyonları.....	33
Şekil 4.1 : Kapalı Gözenek.....	42
Şekil 4.2 : Açık Gözenek.....	42
Şekil 4.3 : Köpük Malzemelerde Yoğunluğun Etkisi.....	43
Şekil 4.4 : Tavan Arasında Kullanılmış Serbest Selüloz Yalıtım.....	63
Şekil 4.5 : Rulo Şeklinde Mantar Yalıtım Şiltesi.....	65
Şekil 4.6 : Rulo Şeklindeki Cam Yünü Yalıtım Şiltesi.....	66
Şekil 4.7 : Rulo Şeklindeki Taş Yünü Yalıtım Şiltesi.....	67
Şekil 4.8 : Levha Şeklindeki Genleştirilmiş Polistiren (EPS).....	68
Şekil 4.9 : Levha Şeklindeki Ekstrude Polistiren (XPS).....	69
Şekil 4.10 : Poliüretan Köpük (PUR).....	71
Şekil 4.11 : Cam Köpüğü Levha (CG).....	73
Şekil 4.12 : Genleştirilmiş Perlit.....	74
Şekil 4.13 : Genleştirilmiş Mika.....	75
Şekil 4.14 : Genleştirilmiş Mika Yalıtım Levhası.....	75
Şekil 4.15 : Çift Tabakalı Yalıtım Camı.....	76
Şekil 4.16 : Doğrudan Kazanç.....	81
Şekil 4.17 : Isı Depolama Duvarı.....	81
Şekil 4.18 : Güneş Odası (Kış Bahçesi).....	83
Şekil 4.19 : Elektrokromik Camla Kurgulanmış Çatı Uygulaması.....	85
Şekil 4.20 : Optik Özellikleri Sabit Saydam Yalıtım Malzemeleri.....	86
Şekil 4.21 : Faz Değiştiren Malzemeyle Solar Duvar.....	89
Şekil 4.22 : Low-e Kaplamalı Çift Cam.....	92
Şekil 4.23 : Tek Kaplamalı Çok Amaçlı Çift Cam.....	93
Şekil 4.24 : Çift Kaplamalı Çok Amaçlı Çift Cam.....	94
Şekil 5.1 : Çatı Yalıtım Kalınlıklarındaki Gelişim.....	96
Şekil 5.2 : Duvar Yalıtım Kalınlıklarındaki Gelişim.....	96

Şekil 5.3	: Doğu Avrupa Yalıtım Pazarı, 2002.....	97
Şekil 5.4	: Batı Avrupa Yalıtım Pazarı, 2002.....	98
Şekil 5.5	: Türkiye Yalıtım Pazarı, 2006.....	98
Şekil 5.6	: Farklı Duvar Tiplerinde Sıcaklık Gradyanları.....	110
Şekil 5.7	: Farklı Duvar Tiplerinde Buhar Gradyanları.....	111
Şekil 5.8	: Oluşturulan Yalın Duvar Kompozisyonlarında Malzeme Katmanlaşması.....	118
Şekil 5.9	: Oluşturulan Dıştan Yalıtımlı Duvar Kompozisyonlarında Malzeme Katmanlaşması.....	118
Şekil 5.10	: Oluşturulan İçten Yalıtımlı Duvar Kompozisyonlarında Malzeme Katmanlaşması.....	118
Şekil 5.11	: Oluşturulan Ortadan Yalıtımlı Duvar Kompozisyonlarında Malzeme Katmanlaşması.....	119
Şekil 5.12	: Yalın Duvarlarda Düşey Delikli veya Dolu Tuğla Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Bölgelere Göre Gereken Malzeme Kalınlığı.....	122
Şekil 5.13	: Yalın Duvarlarda W Sınıfı Düşey Delikli İzotuğla Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Bölgelere Göre Gereken Malzeme Kalınlığı.....	122
Şekil 5.14	: Yalın Duvarlarda İnce Derzli Özel Yapıştırıcıyla Uygulanan Gaz Beton Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Bölgelere Göre Gereken Malzeme Kalınlığı.....	122
Şekil 5.15	: Dıştan Yalıtımlı Duvarlarda Düşey Delikli veya Dolu Tuğla Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Bölgelere Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı.....	126
Şekil 5.16	: Dıştan Yalıtımlı Duvarlarda W Sınıfı Düşey Delikli İzotuğla Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Bölgelere Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı.....	126
Şekil 5.17	: Dıştan Yalıtımlı Duvarlarda İnce Derzli Özel Yapıştırıcılı Gaz Beton Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Bölgelere Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı.....	127
Şekil 5.18	: Dıştan Yalıtımlı Duvarlarda Düşey Delikli veya Dolu Tuğla Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Yoğuşma Görülmeyen Kesitlerde Bölgelere Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı.....	128
Şekil 5.19	: Dıştan Yalıtımlı Duvarlarda W Sınıfı Düşey Delikli İzotuğla Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Yoğuşma Görülmeyen Kesitlerde Bölgelere Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı.....	128
Şekil 5.20	: Dıştan Yalıtımlı Duvarlarda Derzli Özel Yapıştırıcılı Gaz Beton Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Yoğuşma Görülmeyen Kesitlerde Bölgelere Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı.....	129
Şekil 5.21	: İçten Yalıtımlı Duvarlarda Düşey Delikli veya Dolu Tuğla Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Bölgelere Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı.....	130
Şekil 5.22	: İçten Yalıtımlı Duvarlarda W Sınıfı Düşey Delikli İzotuğla Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Bölgelere Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı.....	131

Şekil 5.23	: İçten Yalıtımlı Duvarlarda İnce Derzli Özel Yapıştırıcılı Gaz Beton Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Bölgelere Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı.....	131
Şekil 5.24	: İçten Yalıtımlı Duvarlarda Düşey Delikli veya Dolu Tuğla Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Yoğuşma Görülmeyen Kesitlerde Bölgelere Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı.....	132
Şekil 5.25	: İçten Yalıtımlı Duvarlarda W Sınıfı Düşey Delikli İzotuğla Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Yoğuşma Görülmeyen Kesitlerde Bölgelere Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı.....	133
Şekil 5.26	: İçten Yalıtımlı Duvarlarda Derzli Özel Yapıştırıcılı Gaz Beton Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Yoğuşma Görülmeyen Kesitlerde Bölgelere Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı.....	133
Şekil 5.27	: Ortadan Yalıtımlı Duvarlarda Düşey Delikli veya Dolu Tuğla Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Bölgelere Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı.....	135
Şekil 5.28	: Ortadan Yalıtımlı Duvarlarda W Sınıfı Düşey Delikli İzotuğla Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Bölgelere Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı.....	135
Şekil 5.29	: Ortadan Yalıtımlı Duvarlarda İnce Derzli Özel Yapıştırıcılı Gaz Beton Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Bölgelere Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı.....	135
Şekil 5.30	: Ortadan Yalıtımlı Duvarlarda Düşey Delikli veya Dolu Tuğla Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Yoğuşma Görülmeyen Kesitlerde Bölgelere Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı.....	136
Şekil 5.31	: İçten Yalıtımlı Duvarlarda W Sınıfı Düşey Delikli İzotuğla Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Yoğuşma Görülmeyen Kesitlerde Bölgelere Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı.....	137
Şekil 5.32	: Ortadan Yalıtımlı Duvarlarda Derzli Özel Yapıştırıcılı Gaz Beton Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Yoğuşma Görülmeyen Kesitlerde Bölgelere Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı.....	137
Şekil G.1	: Dıştan Yalıtımlı Duvar - Detay A1.....	207
Şekil G.2	: İçten Yalıtımlı Duvar - Detay A2.....	207
Şekil G.3	: Ortadan Yalıtımlı Duvar - Detay A3.....	208
Şekil G.4	: Ortadan Yalıtımlı Duvar - Detay A4.....	209
Şekil G.5	: Betonarme Kolon-Perde Duvar - Detay A5.....	210
Şekil G.6	: Toprak Temaslı Betonarme Perde Duvar - Detay A6.....	211
Şekil G.7	: Yürünen Teras Çatılar - Detay B1.....	212
Şekil G.8	: Yürünen Ters Teras Çatılar - Detay B2.....	212
Şekil G.9	: Yürünen Bahçe Teras Çatılar - Detay B3.....	213
Şekil G.10	: Yürünen Otopark Çatılar - Detay B4.....	213
Şekil G.11	: Yürünmeyen Teras Çatılar - Detay B5.....	214
Şekil G.12	: Yürünmeyen Ters Teras Çatılar - Detay B6.....	214
Şekil G.13	: Çatı Arası Kullanılmayan Tek Yönlü Kıрма Çatılar - Detay C1..	215
Şekil G.14	: Çatı Arası Kullanılmayan Çift Yönlü Kıрма Çatılar - Detay C2..	216

Şekil G.15 : Çatı Arası Kullanılan Çift Yönlü Kıрма Çatılar - Detay C3.....	217
Şekil G.16 : Çatı Arası Kullanılan Isı Yalıtımı Mertek-Çatı Tahtası Üzerinde Yer Alan Çatılar - Detay C4.....	217
Şekil G.17 : Çatı Arası Kullanılan – Isı Yalıtımı Çatı Paneli Üzerinde Yer Alan Çatılar - Detay C5.....	218
Şekil G.18 : Eğimli Metal Çatılar - Detay D1.....	219
Şekil G.19 : Eğimli – Isı Yalıtımlı Hazır Sandviç Panel Çatılar - Detay D2....	219
Şekil G.20 : Düşük Eğimli – Düz Metal Çatılar - Detay D3.....	220
Şekil G.21 : Zemine Oturan Döşemeler - Detay E1.....	221
Şekil G.22 : Konsol Döşemeler - Detay E2.....	222
Şekil G.23 : Isıtılmayan Kat Üzeri Döşemeler - Detay E3.....	222

SEMBOL LİSTESİ

U	: Isıl geçirgenlik katsayısı
T_{vis}	: Güneş ışığı geçirgenliği
λ, k	: Isı iletkenlik katsayısı (tek malzeme)
$1/\lambda, R, \Lambda$	: Isı geçirgenlik direnci (bileşen)
α	: Yüzey emilim katsayısı
r	: Yüzey yansıtıcılık katsayısı
ϵ	: Yüzey yayılım katsayısı
ρ	: Homojen malzemenin yoğunluğu
c	: Özgül ısı
t	: Zaman
d	: Isının bileşen içinde ulaştığı derinlik, malzeme kalınlığı
Q	: Depolanan ısı
p	: Çevrim periyodu
S_p	: Isı biriktirme kapasitesi
λ_h	: Isı iletkenlik hesap katsayısı
U_D	: Duvarın ısı geçirgenlik değeri
$1/\alpha_i$	: İç yüzey ısı iletim direnci
$1/\alpha_d$	: Dış yüzey ısı iletim direnci

ISI YALITIM MALZEMELERİNİN ÖZELLİKLERİNİN UYGULAMAYA ETKİLERİ

ÖZET

Mevcut birincil enerji kaynaklarının giderek azalması ve tüm dünyanın sera gazı salınımlarının artışıyla paralel olarak gelişen küresel ısınma gerçeğiyle tanışması enerjinin etkin kullanımı ve korunumu kavramlarının önem kazanmasına sebep olmuştur. Aşırı enerji tüketiminin büyük bölümü ise yapılardaki ısıtma, soğutma ve iklimlendirme ihtiyaçlarından kaynaklanmaktadır. Isıl konforun mekanik sistemlerin en az kullanılarak sağlanmasını hedefleyen ısı yalıtımı ile sağlanması mümkündür.

Yapılmış mevcut sınıflandırmalar ele alındığında, malzemenin veya içinde bulunduğu sistemin karşı koyduğu ısı akımına yönelik bir sınıflandırmanın yapılmadığı görülmektedir. Oysaki yapı bileşeni bünyesinde oluşan ısı akımı türü, malzeme ve sistemin hangi türde olması gerektiğine karar verirken büyük önem taşımaktadır. İletim, taşınım ve ışıınım ısı akımları genellikle bir arada gözlemlendiğinden değerlendirme sadece malzeme bazında değil, bir sistem bütünü olarak ele alınmalıdır.

Karşı koyduğu ısı akımına göre ısı yalıtım malzeme ve sistemler:

- İletime karşı koyan malzeme ve sistemler
 - Dirençli Yalıtım Malzemeleri: Bitkisel ve hayvansal lifler, Mantar, Cam yünü, Taş yünü, Genleştirilmiş polistiren, Ekstrude polistiren, Poliüretan köpük, Fenol köpük, Cam köpüğü, Genleştirilmiş perlit, Genleştirilmiş mika
 - Hava Tabakalı Yalıtımlı Cam
- Taşınım karşı koyan malzeme ve sistemler
 - Sıgı Yalıtım Sistemleri: Doğrudan kazanç, Isı depolama duvarı, Güneş odası
 - Saydam Yalıtım Malzemeleri: Optik özellikleri değişen malzemeler, Optik özellikleri değişmeyen malzemeler
 - Faz Değiştiren Malzemeler
- Işıınım karşı koyan malzeme ve sistemler
 - Yansıtıcı Yalıtım Malzemeleri
 - Işın Bariyeri
 - Işıınım Kontrol Astarları
 - Low-e Cam

Bir yalıtım malzemesinin sağlaması beklenen birçok özellik olmasına rağmen, beklenen tüm özelliklerin tek bir malzeme bünyesinde toplanması mümkün değildir. Dolayısıyla kullanılan yalıtım malzemesinden en iyi performansı alabilmek için, kullanım yeri ve özelliklerine en uygun olan malzemenin seçilmesi önem kazanmaktadır. Bu nedenle, ısı yalıtım malzemelerinin sahip olduğu özellikler bilinmeli ve uygulanacağı sistem bütünü içinde değerlendirme yapılmalıdır.

Yapının tasarlanması aşamasında gerekli önlemlerin alınması, yapının ömrü boyunca sağlıklı bir şekilde hizmet edebilmesini mümkün kılmaktadır. Bu nedenle yapıları oluşturan konstrüktif bileşenlerin ısı performansları yüksek olanlar arasından

seçilmesi ve buna rağmen yetersiz kalacağı durumlarda ısı yalıtımı yapılması gerekmektedir. Isı yalıtımının, yapının bulunduğu iklim bölgesinin gerektirdiği şartları karşılayacak en doğru sistemle kurgulanabilmesi amacıyla, kullanılacak malzemenin tüm niteliklerinin değerlendirilmesi büyük önem taşır. Bu anlamda ısı yalıtım malzemesini sadece ısıl performansı bakımından değerlendirmek yanlış bir yaklaşımdır. Çünkü ısı yalıtım performansı oldukça yüksek olan bir malzeme, buhar geçirgenliği, yangın dayanımı, durabilite, çevresel etkiler, vb. diğer özellikleri bakımından ele alındığında beklenen performansı karşılayamayabilir.

Avrupa ve Türkiye’de tüketilen ısı yalıtım malzemesi değerleri, yapı bileşenlerinde sağlanması zorunlu olan U değerleri, çatı ve duvarlarda uygulanan yalıtım kalınlıkları gibi birtakım değerler karşılaştırıldığında Türkiye’de yalıtım bilincinin henüz tam olarak oturmadığı gözlenmektedir. TS 825 ısı yalıtım yönetmeliği Ocak 2009 tarihinde yapılan bir revizyon ile yeni tasarlanan yapılarda ısı yalıtım yapılması zorunlu hale getirilmiştir. Ancak yaygın olarak uygulanan yalıtım sistemi; mevsim koşulları, yapının kullanım amacı ve şekli, malzemenin karşılaması beklenen performans özellikleri, vb. gibi unsurlar göz önünde bulundurulmadan polistiren ısı yalıtım malzemeleriyle yapılan dış cephe mantolama sistemidir.

Ancak hakim iklim koşulları göz önünde bulundurularak yapılacak en uygun yalıtım şeklinin kış etkileri baskın bölgelerde içten, yaz etkileri baskın bölgelerde dıştan yapılan yalıtımlar olduğu gözlenmektedir. Ayrıca kullanılan mantolama sistemleri paket halinde satılmakta ve polistiren malzemenin dış yüzeyde kullanılması halinde i yüzeyde uygulanması gerekli olan buhar kesici dikkate alınmamaktadır. Bu da kesit içinde yoğuşmaya sebep olarak ısı yalıtım etkinliğinin azalmasına neden olmaktadır.

Bu amaçla yalıtım malzemesi tüketim değerleri baz alınarak belirlenmiş en çok kullanım oranına sahip beş yalıtım malzemesi (cam yünü, taş yünü, genleştirilmiş polistiren, ekstrude polistiren ve poliüretan köpük) ile TS 825 tarafından belirtilmiş dört iklim bölgesinde hangi malzemelerle ne tür bir katmanlaşma yapılırsa en etkin çözümün elde edileceği araştırılmıştır.

Yapılan hesaplamalar sonucunda en etkin çözümün derece-gün bölgelerine ve farklı malzeme katmanlaşmalarına göre değişkenlik gösterdiği ve her iklim bölgesinde aynı performansla kullanılacak genel geçer tek bir yalıtım sisteminin olmadığı grlmştr. Gerek polimer esaslı köpük malzemelerin gerek mineral lifli malzemelerin kullanıldığı iklim bölgesi ve duvar kesitinde kullanıldığı diğer malzemelerle birlikte değerlendirilmesi gerektiği ve koşullara göre olumlu ve olumsuz özellikleri bir arada barındırmalarından yola çıkılarak alınması gereken önlemler önerilmiştir.

Ayrıca her bölge için gereken ısı yalıtım malzemesi kalınlığının değişken olması ve kullanıldığı sistem bünyesine göre gerek duyulan malzeme kalınlığının farklı olması sebebiyle paket sistemlerin ezbere kullanımlarının yapı-kullanıcı sağlığını ve ülke ekonomisini olumsuz etkileyebileceği vurgulanmıştır.

EFFECTS OF THE THERMAL INSULATION MATERIALS' PROPERTIES TO THE APPLICATION

SUMMARY

Due to the scarcity of primary energy sources and the increase in global warming effects depending on greenhouse emissions, the efficient use and conservation of energy has become vitally important. Because of the excessive amounts of energy consumption resulting from domestic heating and cooling in buildings, these studies have focused in thermal insulation levels of buildings is the easiest and most economic solution for excessive amount of thermal insulation has lately been understood and even today, it has not yet reached the necessary levels. This situation can be seen clearly when thermal insulation levels of buildings and consumption of these materials are considered.

By considering the existing classifications of thermal insulation materials, there is a fact that an important classification about occurring heat flow has forgotten. However, when deciding the proper material and system selection the occurring heat flow type in a building component is consequential. This can be as conduction, convection or radiation. It is also an important point of view that the heat flow usually actualizes in a combination of two or three of them. So the exact assessment can be done by approaching the whole system base, not only the material.

The classification of materials and systems about the resisting heat flow type is:

- Materials and systems resisting to conduction
 - Resistant Insulation Materials: Vegetal and Animal fibers, Corrugated cork , Glass wool, Rock wool, Expanded Polystyrene, Extruded Polystyrene, Polyurethane foam, Phenol foam, Cellular glass, Expanded perlite, Vermiculite
 - Air Layered Insulating Window System
- Materials and systems resisting to convection
 - Capacitive Insulation Systems: Direct gain, Heat storage wall, Sun space
 - Transparent Insulation Materials: Materials which have changeable optical properties, Materials which have unchangeable optical properties
 - Phase-Change Materials
- Materials and systems resisting to radiation
 - Reflective Insulation Materials
 - Radiant Barriers
 - Radiation Control Coatings
 - Low-e Glass

Despite there are numerous properties of a thermal insulation material wished to be obtained, it is not possible to gather these properties all in one. Therefore, to get the best performance, it is important to make the best choice according to using space and its characteristics. For this reason, general characteristics of thermal insulation materials should be known and the total estimation should be done by considering the whole system that the material used in.

It is feasible that accommodation of existing comfort conditions during the service life of a building only by making the right decision while designing it. For that reason, building materials should be chosen from performing the best thermal properties. If it is defective for some circumstance, using thermal insulation is necessary.

In accordance with Turkish standard TS 825 revision dated January 2009, it has been compulsory to design new buildings insulated. Merely, commonly used exterior thermal sheathing system with polystyrene is not suitable for when considering the seasonal conditions, the function and operating system of the building, the properties that the insulation material wished to be obtained, etc. Also because of the high vapor diffusivity resistance of polystyrene foam, condensation problem can occur by placement it on the exterior side of a wall.

The best performance can be achieved by placing the insulating material close to the point of the entry of heat flow. This means placement of insulation to the inside for climatic regions where winter heating is dominant and to the outside where the summer cooling is dominant. However, for practicality it is common to use insulation to the outside in the form of exterior insulation sheathing systems in Turkey.

In that sense, most commonly used insulation materials (glass wool, rock wool, expanded polystyrene, extruded polystyrene and polyurethane foam) combined with gas concrete, insulation brick and vertically perforated brick having the same interior and exterior coatings in three different types of wall insulation (insulation placement to the outside, insulation placement to the inside, insulation placement in the middle) for each zone of Turkey.

After the calculations, it has been seen that the most effective result varies according to the climatic regions and different placements of the materials. So it is a fact that there is no generally accepted “an exact insulation system” which performs equally effective for all conditions. Whether polymer based foamy or mineral fiber insulation materials must be evaluated by considering in which climatic region it is used and what are the other materials characteristics that used together. It is suggested to take some precautions because of all the insulation materials can be favorable or not for an existing condition according to their characteristics.

Furthermore, for each zone, because of the required insulation material thickness varies and each system of different construction type requires specific insulation material use, applying the consuetudinary exterior thermal sheathing system with polystyrene with the same insulation thickness will cause negative effects about country's economy and the health and welfare of the building and dwellers.

1. GİRİŞ

Günümüzde yaşadığımız ve gelecekte de yaşamaya devam edeceğimiz öngörülen enerji kaynakları sıkıntısı ve bundan doğan tasarruf gereksinmesi, her alanda olduğu gibi inşaat sektöründe de uygulamaya yönelik birtakım politikalar geliştirmeyi zorunlu kılmaktadır. Bunun en büyük sebebi, yaşamak dahil olmak üzere neredeyse tüm etkinliklerimizin yapma çevreler içinde gelişmesidir. Yapılarda konfor şartlarından ödün vermeden gerek üretimleri sırasında gerek servis süreleri boyunca minimum enerji tüketimi-maksimum fayda çerçevesinde hem kullanıcı hem de çevre sağlığına dost ilkeler benimsemek, özellikle mimarların ve daha birçok meslek insanının hedefi olmalıdır.

Dünya genelinde enerji tüketimi son 25 yılda kişi başına sadece %5 kadar artmış olmakla beraber, gelişmekte olan ülkemizde son 25 yıldaki artış oranı %100'ün üzerindedir. Ülkemizin kendi enerji üretimi 1996 yılında toplam ihtiyacın %39'unu kendi imkânlarıyla karşılayabiliyorken, 2006 yılında bu oran %27'ye düşmüştür. Bütün bunlar göz önüne alındığında, hem enerji üretimini arttırmak hem de enerjiyi verimli kullanmak zorunluluğu ortaya çıkmaktadır.

Worldwatch Enstitüsü verilerine göre yapılaşma faaliyetleri, her yıl küresel olarak tüketilen enerjinin %40'ını kapsamaktadır. Yapılan çeşitli araştırmalar, yapılarda tüketilen enerjinin en çok kullanım aşamasında olduğunu ortaya koymaktadır. Çünkü bu aşama uzundur ve bu sırada iç ortamlarda insan sağlığı için gerekli olan ısıtma, havalandırma, aydınlatma gibi konfor koşullarının doğal yöntemler yerine mekanik sistemlerle karşılanması ise enerji tüketimini arttırmaktadır[1].

Yapı tasarım aşamasında, enerji kullanımına yönelik bazı kararların alınmasıyla yapının yaşam süresi boyunca tüketilecek enerjiden tasarruf yapabilmek mümkündür. Yapıda enerjinin etkin kullanımı söz konusu olduğunda iki durumdan söz edilebilir. Bunlardan birincisi, yeni tasarlanacak yapıların enerji etkin pasif sistem şeklinde kurgulanması (enerji etkin bina tasarımı); ikincisi ise mevcut yapıların yeni düzenlemelerle (ısı yalıtımı ve aktif sistemler) enerji etkin yapı haline getirilmesidir.

Yapının ömrü boyunca gerek duyulacak enerjiden tasarruf edebilmek adına, yapının yer alacağı arsa, yerel koşullar, yapının formu, işlevi, vb. birtakım ölçütlerin ve uygulama olanaklarının elverdiği durumlarda yapıyı enerji etkin pasif sistemler ile kurgulamak en ideal durumdur. Ancak özellikle şehirleşmiş bölgelerde, arsa maliyetlerinin fazla olması, buna bağlı olarak çok katlı yapılaşmanın artması ve yapım sistemlerinin farklılığı gibi durumlar pasif sistemlerin kurgulanmasına olanak vermeyerek farklı yöntemlerle enerji etkin yapı tasarlamayı gerektirebilmektedir. Böyle durumlarda yapılarda tüketilen enerji miktarının büyük bir oranından sorumlu olduğu düşünüldüğünde ısı yalıtımı iklimlendirme faaliyetlerinden elde edilecek enerji tasarrufunda önemli bir role sahiptir.

1.1. Tezin Amacı ve Kapsamı

Bu çalışma, ülkemizde gereken önemi henüz yeni kazanmakta olan ısı yalıtımının doğru katmanlaşma ve uygun malzeme seçimiyle tasarlanmasının önemine dikkat çekebilmek amacıyla ele alınmıştır.

Hakim iklim koşullarının bölgelere göre farklılık göstermesi, ısı akımlarının farklı şekillerde meydana gelmesi, yalıtım malzemelerinin sahip oldukları özelliklerin farklı olması ve bunun sonucunda da karşılaması beklenen performans ölçütlerinin farklılıklar göstermesi sebebiyle “doğru katmanlaşma ve uygun malzeme” seçimi önem kazanmakta, her koşul için aynı sistemin kurgulanması ısı yalıtımının etkinliğini ve de yapı/kullanıcı sağlığını riske atarak olumsuz sonuçlara yol açabilmektedir.

Bu nedenle bu çalışmada, ısı performansın sağlanabilmesi amacıyla malzemeyi tek başına ve sadece sahip olduğu ısı direnç özelliğine göre değerlendirmenin yetersiz olduğu, özellikle yoğunlaşma gerçekleşmesi durumunda ısı yalıtım etkinliğinin giderek azalmasına sebep olarak başta ısı konfor kaybı olmak üzere birçok yapı fiziki sorununa yol açacağı gerçeğinden yola çıkılarak katmanlaşmanın önemi vurgulanmaktadır. Ayrıca yangın halinde gösterdiği davranış ve kullanıcı sağlığı yönünden malzemelerin sahip oldukları özelliklerin önemine dikkat çekilerek farklı iklim bölgelerinde dış duvar katmanlaşma tipinin ne olacağına karar verebilmek ve uygun ısı yalıtım malzemesini seçebilmek amacıyla tasarımcıya ve uygulamacıya yol göstermek hedeflenmiştir.

Bu nedenle ısı yalıtımı konusuyla ilgili geniş bir literatür çalışması yapılarak konu farklı açılımlarla irdelenmiştir. Isı yalıtım malzemeleri sahip oldukları özellikler doğrultusunda incelenerek Türkiye’de sıklıkla kullanılan ısı yalıtım malzemelerinin dış duvarda farklı katmanlaşmalarla uygulanması halinde ortaya çıkabilecek durumları değerlendirmek amacıyla çeşitli kompozisyonlar oluşturulmuş ve sonuç olarak da farklı iklim bölgelerine göre önerilerde bulunulmuştur.

2. bölümde, enerji tüketim verileri ve yapı sektörüyle ilişkisi incelenerek, enerji verimliliği konusunda yapı sektörünün büyük önem taşıdığına ve enerji etkin yapı tasarımının gerekliliğine dikkat çekilmiştir.

3. bölümde, yeni tasarlanacak binalar ve mevcut binalar olarak iki yaklaşımla ele alınan enerji etkin yapı tasarım ölçütleri açıklanmış, hem yeni tasarlanacak binalarda hem de mevcut binalarda enerji tasarrufu için büyük önem taşıyan ısı yalıtımı konusu irdelenmiştir. Bu amaçla ısı akımlarının çeşitlerine göre gelişen ısı yalıtım türleri incelenerek yapıda ısı yalıtım yapılması gereken yerler vurgulanmıştır.

4. bölümde, genel olarak malzemelerin özelliklerini etkileyen içyapı özellikleri irdelenerek, ısı yalıtım malzemelerinin ısıl performanslarını etkileyen özellikler ortaya konmuştur. Farklı yaklaşımlarla günümüze kadar yapılmış ısı yalıtım malzemesi sınıflandırmaları incelenmiş, daha güncel bir yaklaşımla ele alınarak malzeme ve sistemlerin yaptığı yalıtımın türüne göre yeni bir sınıflandırma yapılmıştır. Isı yalıtım malzemelerinde aranan performans gereklilikleri ele alınarak, yapılan sınıflandırmalar doğrultusunda ısı yalıtım malzemelerinin özellikleri incelenmiştir.

5. bölümde, ısı yalıtım malzemelerinin tüketim değerlerinden yola çıkılarak Türkiye’de kullanılan dirençli ısı yalıtım malzemeleri ile TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Yönetmeliği[2] ile belirlenmiş 4 iklim bölgesi için çeşitli duvar kombinasyonları oluşturulmuş ve buna göre ulaşılması hedeflenen optimum duruma, ısı yalıtım malzemelerinden hangilerinin, ne tür bir sistemle kesit içinde yoğunlaşma meydana gelmeden yanıt verebileceği incelenerek vurgulanmaya çalışılmıştır. Oluşturulan kesitlerin gereken ısı direnci sağlayıp sağlamadığı ve kesit içinde yoğunlaşma oluşup oluşmadığı İzoder TS 825 Hesap Programı[3] ile denetlenerek ortaya çıkan sonuçlara ait çizelgeler ekler kısmında verilmiştir.

6. bölümde, oluşturulan dış duvar yalıtım sistemlerinin ve malzeme kombinasyonlarının bölgelere göre değerlendirmeleri yapılmış, malzemelerin fiziksel özelliklerinin yanısıra ekolojik özellikleriyle de değerlendirilerek kullanıldığı sistem bütününde alınması gereken önlemler ve iklim bölgelerine göre kurgulanması gereken yalıtım sistemine doğru karar verebilmeyi sağlayacak önerilerde bulunulmuştur.

Sonuç olarak bu çalışmanın, ısı yalıtım malzemelerinin özelliklerinin uygulamaya etkilerini vurgulayarak, özellikle mimarlar için, yapı dış kabuğu tasarımında dış duvarların karşılaması beklenen gereksinimlere göre en iyi sonucu veren doğru malzeme ve doğru yalıtım türüne karar vermeyi sağlayacak yol gösterici bir rehber olması hedeflenmektedir.

2. ENERJİ VE YAPI SEKTÖRÜYLE İLİŞKİSİ

2.1. Enerjinin Önemi Ve Enerji Yoğunluğu Kavramı

Enerji, iş yapma kapasitesi olarak tanımlanmaktadır ve değişik formlarda karşımıza çıkmaktadır (ısı enerjisi, elektrik enerjisi, mekanik enerji, kimyasal enerji ve nükleer enerji gibi). Enerji kaynakları genelde iki grup altında toplanırlar: yenilenebilir ve tükenebilir (yenilenemeyen).

Yenilenebilir enerji, pratik olarak sınırsız varsayılan, sürekli ve tekrar kullanılabilen enerji olarak tanımlanır. Örneğin güneşten gelen güneş enerjisi, yerküreden gelen jeotermal enerji, bitki ve hayvan artıklarından üretilen biokütle, sudan elde edilen hidrolik enerji bu gruba girerler. Yenilenebilir enerji, kısa sürede yerine konulan enerjidir.

Tükenebilir enerji ise, kullanılan ve fakat kısa zaman aralığında yeniden oluşmayan enerji olarak tanımlanır. Örneğin petrol, doğalgaz ve kömür gibi fosil yakıtlar bu gruba girerler. Bu tür enerjiler, yaşamları milyonlarca yıl önce sona ermiş hayvan ve bitki gibi organik kalıntıların yerkürenin içinden gelen ısı ve bu kalıntıların üzerinde bulunan kayaçlardan kaynaklanan basınç altında oluşmuş fosillerinden kaynaklanmaktadır.

Enerjiye, gelişmiş ülkelerle birlikte gelişmek isteyen tüm ülkelerin gereksinimi vardır. Sanayileşmede geri kalmış bir mirası devralmış olan Türkiye Cumhuriyeti'nde gerçekleşen sanayileşme atılımları, çağdaş medeniyetleri yakalama hedefi ve sürdürülebilir bir gelişme ve büyüme politikaları doğal olarak enerjiye olan talebi arttırmakta, bütün bunların yanısıra artan nüfus ve şehirleşme hareketleri enerjiyi olmazsa olmaz bir stratejik kaynak haline getirmektedir. Kişi başına enerji tüketimi dünya ortalamasının altında olan Türkiye, hem daha fazla enerji tüketerek gelişimini hızlandırmak hem de gelişmiş ülkelerde çağdaş bir parametre olarak gündemde olan enerji yoğunluğu (birim GSMH⁽¹⁾ başına tüketilen enerji miktarı)

⁽¹⁾ GMSH: Gayrı Safi Milli Hâsıla - Bir ulusal ekonomide belirli bir dönem içinde (genellikle bir takvim yılında), üretilen mal ve hizmet değerlerinin toplamıdır.

değerini yakalamak için enerjiyi verimli şekilde kullanmak zorundadır[4].

Çizelge 2.1’de bazı ülkelerin enerji yoğunlukları gösterilmektedir. Türkiye için dünya ortalamasının üstünde 0.38’lik bir değer olarak belirlenen enerji yoğunluğunun, gelişmiş-sanayileşmiş ülkeler arasında Amerika Birleşik Devletleri’nin 0.25 ile en yüksek değerde, Japonya’da ise 0.09 ile en düşük değerde gerçekleştiği gözlemlenmektedir. Başka bir deyişle Türkiye enerjiyi ABD’ye göre yaklaşık 1.5, Japonya’ya göre ise yaklaşık 3 kat daha az verimli kullanmaktadır[5].

Çizelge 2.1: Dünya Geneline Enerji Yoğunluğu Verileri-2004 (Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı-ETKB)

Ülke	GSMH milyar \$	Tüketim milyon TEP	Enerji Yoğunluğu (tüketim/GSMH) TEP/1000 \$
Türkiye	190.3	72.5	0.38
Japonya	5648	520.7	0.09
ABD	8977.9	2281.5	0.25
Yunanistan	144.8	28.7	0.20
Dünya	34399.8	10029	0.29

2.2. Türkiye’de Enerji Üretimi ve Tüketimi

Türkiye’de birincil enerji kaynakları üretimi, taşkömürü, linyit, asfaltit, petrol, doğalgaz, hidrolik+jeotermal, jeotermal ısı, rüzgâr, güneş, odun, hayvan ve bitki artıkları ve biyoyakıt ile gerçekleşirken; birincil enerji kaynakları tüketimi, -özellikle petrol, doğalgaz ve kömürde- ihtiyaç olunan ve mevcut durum arasında oluşan ciddi farklar karşısında, ithalat yoluyla takviye edilerek gerçekleşmektedir.

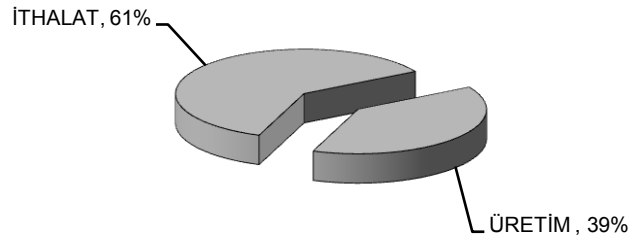
Çizelge 2.2: Birincil Enerji Kaynakları Üretimi-BİN TEP (Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı-ETKB)

Yıllar	Taşkömürü	Linyit	Asfaltit	Petrol	Doğalgaz	Hidrolik + Jeotermal	Jeotermal Isı	Rüzgar	Güneş	Odun	Hayvan ve Bitki Art.	Biyo yakıt	Toplam
1996	1382	10899	15	3675	187	3553	471		159	5512	1533		27386
1997	1347	11759	12	3630	230	3496	531		179	5512	1512		28209
1998	1143	12792	10	3385	514	3705	582	1	210	5512	1471		29324
1999	1030	12242	12	3087	665	3052	618	2	236	5293	1422		27659
2000	1060	11418	9	2886	581	2721	648	3	262	5081	1376		26047
2001	1145	11124	13	2679	284	2142	687	5	287	4879	1332		24576
2002	1047	10311	2	2564	344	2987	730	4	318	4684	1290		24282
2003	1132	9501	144	2494	511	3115	784	5	350	4497	1251		23783
2004	1081	9141	310	2390	644	4043	811	5	375	4318	1214		24332
2005	1184	9648	382	2395	816	3483	926	5	385	4146	1179		24549
2006	1348	11545	195	2284	839	3886	1081	11	403	4023	1146	2	26763

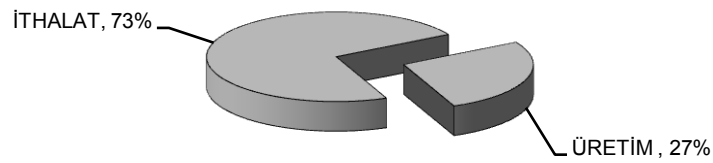
Çizelge 2.3: Birincil Enerji Kaynakları Tüketimi-BİN TEP (Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı-ETKB)

Yıllar	Taşkömürü	Linyit	Asfaltit	Petrol	Doğalgaz	Hidrolik + Jeotermal	Jeotermal Isı	Rüzgar	Güneş	Odu	Hayvan ve Bitki Art.	Biyo yakıt	Net Elekt. İthalatı	Toplam
1996	7401	11187	15	30939	7384	3553	471		159	5512	1533		-6	69862
1997	8452	12317	13	30515	9165	3496	531		179	5512	1512		191	73779
1998	8921	12631	10	30349	9690	3705	582	1	210	5512	1471		258	74709
1999	7708	12314	12	30138	11741	3052	618	2	236	5293	1422		176	74275
2000	9933	12519	9	32297	13728	2721	648	3	262	5081	1376		288	80500
2001	7011	11429	13	30936	14868	2142	687	5	287	4879	1332		357	75402
2002	8836	10435	2	30932	16102	2987	730	4	318	4684	1290		271	78331
2003	11201	9471	144	31806	19450	3115	784	5	350	4497	1251		49	83826
2004	12326	9450	310	32922	20426	4043	811	5	375	4318	1214		-58	87818
2005	12514	9326	317	32192	24726	3483	926	5	385	4146	1179		-100	91074
2006	14721	11188	259	32551	28867	3886	1081	11	403	4023	1146	2	-143	99825

Çizelge 2.2 ve Çizelge 2.3'te bahsi geçen değerler göz önüne alınarak 2006 yılı birincil enerji kaynakları üretim ve tüketim verileri değerlendirildiğinde, kullandığımız toplam enerjinin sadece %27'lik kısmını kendi kaynaklarımızla karşılayabilmişken, %73'lük büyük bir kısmını ise ithal ettiğimiz anlaşılmaktadır (Şekil 2.1 ve Şekil 2.2).



Şekil 2.1: Tüketilen Enerjinin Dağılımı, 1996



Şekil 2.2: Tüketilen Enerjinin Dağılımı, 2006

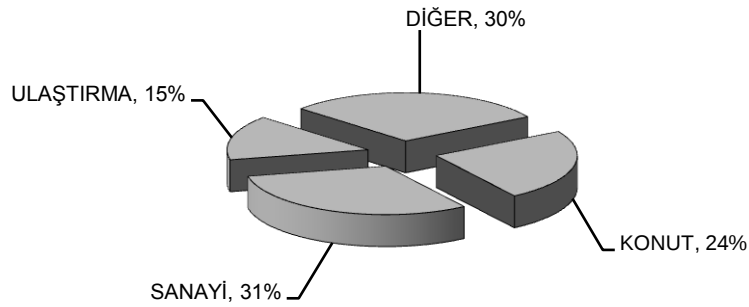
Çizelge 2.4'te de görüldüğü üzere, ülkemizin sahip olduğu enerji kaynakları, sürekli artan enerji ihtiyacına cevap verememektedir. Nüfus artışı ve teknolojinin enerji bağımlı olarak gelişerek hayatımıza girmesi, bu enerji ihtiyacının artmasına katkıda

bulunmaktadır. Ülkemizdeki enerji tüketimi yönüyle bakıldığında konut sektörünün önemli bir payı olduğu görülmektedir[1].

Çizelge 2.4: Sektörel Enerji Tüketimi-BİN TEP (Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı-ETKB)

Yıllar	Konut	Sanayi	Ulaştırma	Tarım	Enerji Dışı	Nihai Enerji Tüketimi	Çevrim Sektörü	Toplam
1996	18466	20050	11778	2713	1644	54650	15212	69862
1997	19704	21790	11339	2823	1788	57444	16335	73779
1998	19278	21555	10760	2827	2272	56692	18017	74709
1999	18978	19873	11351	2923	1881	55006	19269	74275
2000	20058	24501	12008	3073	1915	61555	18945	80500
2001	18122	21324	12000	2964	1638	56048	19354	75402
2002	18463	24782	11405	3030	1806	59488	18845	78331
2003	19634	27777	12395	3086	2098	64990	18836	83826
2004	20252	29358	13907	3314	2174	69005	18814	87818
2005	22923	28084	13849	3359	3296	71510	19564	91074
2006	23860	30996	14994	3610	4163	77623	22201	99825

2006 yılı Sektörel enerji tüketimi değerleri göz önüne alındığında, konut sektörünün %24, sanayi sektörünün %31, ulaştırma sektörünün %15, tarım ve enerji dışı sektörlerinin %0.4'er, çevrim sektörünün %22 olarak pay aldığı görülmektedir. Geriye kalan %7.2'lik kısım ise nihai enerji tüketimi olarak gerçekleşmiştir (Şekil 2.3). Konut sektöründe tüketilen enerjiye ait değerler ise Çizelge 2.5'te belirtilmiştir.



Şekil 2.3: Sektörel Enerji Tüketimi Dağılımı, 2006

Çizelge 2.5: Konut Sektörü Enerji Tüketimi-Orijinal Birimler (Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı-ETKB)

Yıllar	Taşkömürü (Bin Ton)	Linyit (Bin Ton)	Asfaltit (Bin Ton)	Kok (Bin Ton)	Briket (Bin Ton)	Petrol (Bin Ton)	Doğalgaz (10 ⁶ m ³)	Güneş (Bin Tep)	Odun (Bin Ton)	Hayvan ve Bitki Art. (Bin Ton)	Jeotermal Isı (Bin Ton)	Elektrik (GWh)	Toplam (Bin Tep)
1996	973	6362	33	136	2	3509	1886	113	18374	6666	471	31155	18466
1997	1317	6737	28	157	2	3437	2459	121	18374	6575	531	35777	19704
1998	740	5727	11	108	2	3244	2662	141	18374	6396	582	38567	19278
1999	606	4907	28	27	2	3093	2876	160	17642	6184	618	41433	18978
2000	714	4926	8	47	2	3354	3274	165	16938	5981	648	45664	20058
2001	796	2583	30	22	2	2713	2890	169	16263	5790	687	46058	18122
2002	859	3582		43	2	2639	2910	199	15614	5609	730	48336	18463
2003	984	4131		159	47	2495	3873	231	14991	5439	784	52120	19634
2004	904	5399		75	159	1970	4383	254	14393	5278	811	57637	20252
2005	935	4807	600	68	120	2652	5739	264	13819	5127	926	65833	22923
2006	865	5309	482	36	155	1809	7112	281	13268	4984	1081	69813	23860

Çizelge 2.6’da belirtilen Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından öngörülen 10 yıllık sektörel enerji talebi değerleri göz önüne alındığında, 2006 yılında 99825 bin TEP olarak gerçekleşen toplam enerji tüketiminin 2010 yılında 126274 bin TEP (%26’lık artış), 2015 yılında 170154 bin TEP (%70’lik artış), 2020 yılında ise 222424 bin TEP (%223’lük artış) olarak gerçekleşmesi beklenmektedir.

Çizelge 2.6: Sektörel Enerji Talebi / 2010-2020 Yılları-BİN TEP (Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı-ETKB)

Yıllar	Konut	Sanayi	Ulaştırma	Tarım	Enerji Dışı	Nihai Enerji Talebi	Çevrim Sektörü	Toplam Birincil Enerji Talebi	Kişi Başı Tüketim kep/kişi
2010	29019	43585	19915	4370	2513	99402	26872	126274	1609
2011	30800	46353	21100	4571	2576	105400	28582	133982	1687
2012	32650	49270	22370	4775	2640	111705	31156	142861	1777
2013	34500	52056	23700	4988	2706	117950	32940	150890	1855
2014	36450	54766	25100	5210	2774	124300	35911	160211	1946
2015	38507	57633	26541	5443	2844	130968	39186	170154	2042
2016	40400	60991	28000	5690	2915	137996	40459	178455	2119
2017	42150	64842	29480	5943	2988	145403	42520	187923	2209
2018	43900	69144	31000	6203	3063	153310	45601	198911	2314
2019	45700	73795	32500	6475	3140	161610	48626	210236	2420
2020	47549	78732	34039	6753	3219	170292	52132	222424	2534

2.3. Enerji Verimliliği ve Yapı Sektörüyle İlişkisi

Enerjinin etkin kullanımı, genel olarak, istenilen performans düzeyi, kalite ve konfor koşullarından ödün verilmeksizin, bir hizmet elde etmek için gerekli olan enerji miktarının azaltılması olarak tanımlanabilir. Enerjinin verimli olarak kullanımı ile sağlanacak enerji tasarrufu daha ucuza elde edilebilen bir enerji kaynağıdır.

Dünyada teknolojik ilerlemelere paralel olarak artan enerji ihtiyacı buna karşın ihtiyacının büyük bir bölümünü karşılayan fosil yakıtların giderek azalması, enerji korunumu ve enerji verimliliği konusundaki çalışmalara hız kazandırmıştır. Temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına yönelik teknolojiler geliştirilirken, enerjinin verimli kullanımını sağlayarak, enerji tüketimini azaltacak yöntemler araştırılmaktadır. Ulusal ve uluslar arası bu tür çalışmaların gelişmesinde, iklim değişikliği ve küresel ısınma, çevresel kirlenme gibi kaygılar büyük rol oynamaktadır.

Bina sektörü enerji tüketiminin önemli bir payını oluşturduğundan, bina sektöründe enerjinin verimli kullanımına yönelik teknolojilerin geliştirilmesi ve uygulanmasının sağlanması, diğer sektörlerle de bir kazanç olarak yansımaktadır. Diğer taraftan, ülkemizde enerjinin verimli kullanılmamasına bağlı olarak hizmetlerin enerji yoğun sağlandığı bir gerçektir. Kısa dönemde sonuçların kolaylıkla alınabileceği bir alan olan enerjinin verimli kullanımı ülkece üzerinde çözüm üretilmesi gereken bir konudur. Ayrıca bu konu, enerji politikasının benimsenmesi gereken öncelikli bir ilke olmalıdır[6].

Uluslar arası enerji ajansı (IEA-International Energy Agency) ülkeleri arasında yapılan bir çalışmaya göre binalar en önemli enerji tüketen kaynaklardan biri olarak toplamda kullanılan elektriğin yarısını, doğalgazın üçte birini tüketmektedirler ve oluşan sera gazlarının üçte birinden sorumludurlar[7].

Yapıda enerjinin etkin kullanımı söz konusu olduğunda iki durumdan söz edilebilir. Bunlardan birincisi, yeni tasarlanacak yapıların enerji etkin pasif sistem şeklinde kurgulanması (enerji etkin bina tasarımı); ikincisi ise mevcut yapıların yeni düzenlemelerle (ısı yalıtımı ve aktif sistemler) enerji etkin yapı haline getirilmesidir.

3. ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI

Binalarda enerji verimliliğinin sağlanmasında en etkili yol başlangıç aşamasında binaların enerji etkin pasif sistemler olarak tasarlanmasıdır[6].

Yaşadığımız yapma çevrelerde konforluluk duyumu içinde, herhangi bir eylemi yerine getirebilmek için enerjinin, daha çok iklimlendirme ve aydınlatma sistemlerinde kullanıldığı bilinmektedir[8].

Çizelge 3.1: Konutlarda Aydınlatma ve Isıtma Amaçlı Yakıt Tüketimi, 1998 (Kaynak Türkiye İstatistik Kurumu-TÜİK)

Yakıt Türü	Gaz			Katı Yakıtlar						Sıvı Yakıtlar			Bit. ve Hay. atıklar	
	Elektrik	Doğalgaz	LPG	Taşkömürü	İthal Kömür	Kok	Linyit	Odun	Talaş	Fuel-oil	Gazyağı	Mazot	Kabuk	Tezek
	kWh x100000	m ³ x100000	ton x1000							ton x1000			Ton x1000	
Toplam	18641	1545	43	4077	5290	984	2868	12493	262	1043	6.786	150	337	191

Enerji etkin tasarımları diğer yaklaşımlardan ayıran özellik yapıyı oluşturan malzeme ve bileşenlerin üretimi, yapının tasarımı yanında iklimlendirme sistemlerinin seçimi, bakımı, işletimi ve yönetimine kadar geniş bir alanda yapının standardını düşürmeden enerji tüketimini minimize etmeyi hedeflemesidir. Diğer bir ifade ile bu yaklaşım bir yandan yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmaya, diğer yandan da kullanılan enerjiyi korumaya yönelik tedbirleri almayı hedeflemektedir.

Enerji etkin bina tasarımında kabaca üç aşamadan söz edilebilir:

Birinci aşama: enerjinin korunumunu hedeflemekte olup, kışın ısıtma, yazın soğutma yükünü minimize edecek, doğal havalandırma ve aydınlatma etkinliğini arttıracak şekilde tasarım yapılmasıdır. Bu adımda alınan her tasarım kararı, söz konusu yükü etkilemekte olup, başarısız tasarım kararı, ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma gibi unsurların sistem boyutlarını ve harcanacak enerjiyi iki hatta üç katına çıkarabilmektedir. Çünkü iç ortam koşullarının konfor sınırlarından sapma miktarı arttıkça konfor sınırlarına çekmeye yönelik olarak harcanacak enerji miktarı artacak, mekanik ve elektrik tesisat sistemlerinin boyutları da büyüyebilecektir.

İkinci aşama: bina tipi ve çevreye uygun pasif ısıtma, mekanik soğutma, havalandırma, doğal aydınlatma tekniklerinin uygulanması ve yenilenebilir enerji

kaynaklarının kullanılmasının sağlanmasıdır. İlk aşamada doğru bir biçimde tasarıma aktarılan enerji korunumuna ilişkin kararlar, enerji yüklerinin ciddi biçimde azaltmaktadır. Yani geriye kalan yükler ikinci aşamada “oluşan ısı kaynak ve yutucularından optimum yarar sağlanması, yani zararlı etkiler minimize edilirken yararlı etkilerin maksimize edilmesi” anlamındaki pasif iklimlendirme teknikleri ile biraz daha hafifletilmiş olmaktadır. Bu iki aşamanın ortak amacı, iç ortam konfor koşullarının doğal yollardan sağlandığı periyodu mümkün olduğunca uzatabilmektir.

Üçüncü aşama: ilk iki aşamadaki tasarım kararlarından artan yükler, mekanik tesisat sistemleri ile karşılanması gereken (aktif) iklimlendirme yükleridir. İç konfor koşullarının işlevi gereği veya kullanıcıların tercihi sonucu, yüksek düzeyde konfor beklentisi olan ve doğal çevre girdilerinin yararlanılamayan (örneğin nemlendirme ihtiyacı, gürültü, hava kirliliği vb. nedeniyle doğal havalandırma yapılamayan) koşullarda, mekanik sistemler ile konfor sağlanması önemli bir rol oynamaktadır. Ancak bu durumda bile binanın konfor koşullarının sağlanması, tek başına mekanik sistemlere bırakılmamalıdır[9].

3.1. Enerji Etkin İklimlendirme Sistemi Tasarım Süreci

Kullanıcının iklimsel konfor koşullarını sağlamada doğal kaynaklardan maksimum yararlanarak minimum yapma enerji tüketecek, diğer bir deyişle enerji etkin sürdürülebilir bir çevre oluşturmada etkili olan tasarım parametreleri şunlardır:

- Yer seçimi,
- Yönlendirme,
- Bina biçimi,
- Binaların konumlandırılması,
- Bina kabuğunun termofiziksel özellikleri.

Bu değişkenlerin alacağı optimum performans değerleri kombinezonu ile tasarlanan çevre, yerel doğal olanaklardan bir pasif sistem olarak maksimum yararlanırken, aktif iklimlendirme sistemlerinin gerek ilk kuruluş yükü ve gerekse kullanım süreleri minimize edilmiş olacaktır.

Yer seçimine ilişkin optimum tasar değişkenlerinin belirlenmesini izleyen süreçte, yerleşme ünitesi ve binaların gene yörenin iklimsel karakteristiklerine ve verilerine

bağlı olarak özellikle güneş ve rüzgar etkilerine göre doğal iklimlendirme sistemi olarak optimum performans gösterebilecek şekilde bina biçimlerinin belirlenmesi, yönlendirilmesi ve birbirlerine göre konumlandırılması gerekmektedir[10].

3.2. Enerji Etkin Aydınlatma Sistemi Tasarım Süreci

Yaşadığımız çevrelerin iklimsel konfor koşullarının sağlanmasında kullanılan enerjinin yanında, görsel konfor koşullarının sağlanması amacıyla da küçümsenmeyecek miktarda enerji tüketilmektedir. Aynı yaklaşımla, görsel konfor gereksinmelerini karşılamak koşuluyla tüketilen elektrik enerjisini minimize edebilecek, başka bir deyişle aydınlatmada enerji etkin bir yapma çevre oluşturulmasında etkili olan tasarım parametreleri şunlardır:

- Dış aydınlık düzeyi,
- Bina dışı doğal ya da yapay engeller,
- Binanın yönü,
- Binaların konumlandırılması,
- Hacmin fiziksel özellikleri,
- Pencereilerin boyutsal ve optik özellikleri,
- Yapma aydınlatma sistemini oluşturan bileşenlerin özellikleri.

Enerji etkin iklimlendirme sistemlerinin tasarımında olduğu gibi, sürdürülebilir çevrede enerji etkin aydınlatma sistemlerinin tasarımında da doğal olanaklardan, yani günışığından maksimum yararlanmak hedeflenmektedir. Böylelikle özellikle enerji tüketen yapma aydınlatma sistemlerinin kullanım süreleri minimize edilebilecektir. Bu nedenle, yerleşme ölçeğinden başlamak üzere tüm aşamalarda alınacak kararlar son derece önemlidir. Ancak yerleşme birimine ilişkin kararların alınması her zaman tasarım süreci kapsamında olmayabilir[10].

3.3. Bina Enerji Tasarrufunda Pasif Solar Akıllı Bina Kavramı

İlerleyen teknolojiyle birlikte, “akıllı bina” kavramı da günlük hayatın bir parçası haline gelmiştir ve pek çok kişi ileri denetim sistemleriyle donatılmış binaları akıllı binalar olarak görmektedir. Wigginton ve Harris’e göre ileri teknolojilerle donatılmış

günümüzün pek çok binası sanıldığı gibi akıllı değildir[11]. Bunun sebebi ısıtma, soğutma, aydınlatma gibi mekanik sistemlerin bina tamamlandıktan sonra tasarlanması, kendisi de aslında bir sistem olan binayla sonradan tasarlanan bu sistemler arasında gerçek anlamda bir entegrasyonun sağlanamamasıdır. Wigginton ve Harris akıllı binanın doğal ve yapay zekâyla yakın ilişki içinde olması gerektiğini vurgulamaktadır. Binanın kendisi ve tüm sistemleri iç ve dış ortam koşulları göz önüne alınarak tasarlanmalıdır. Binalar değişen çevresel koşullardan sürekli olarak haberdar olmalı, tepki verebilmeli ve yeni koşullara uyum sağlayabilmelidir.

Akıllılık öncelikle pasif güneş mimarlığı kavramının tasarımıyla uygulanmasıyla başlamalıdır. Pasif güneş mimarisi, binada gerekli olan ısıtma ve aydınlatma ihtiyacının temel bir enerji kaynağı olan güneş vasıtasıyla sağlanması; soğutma ihtiyacının ise doğal havalandırma teknikleriyle desteklenmesi ilkesine dayanan bir yaklaşımdır. Pasif güneş mimarlığı, her ne kadar bir tasarım süreci de olsa, pencereler, güneş kontrol araçları ve atriyum gibi binanın bileşenleri de bu teknolojinin bir parçası olarak kabul edilebilir.

3.3.1. Pasif solar akıllı binalar için tasarım parametreleri

Binanın kendisi ve tüm sistemleri, kendisini çevreleyen ortamı göz önünde tutmalı ve onunla uyum içinde çalışmalıdır. Pasif solar akıllı binalar, istenen iç hava sıcaklıklarının sağlanabilmesi ve dış enerji kaynaklarına bağımlılığın azaltılabilmesi için, mikro ve makro iklim koşulları, binanın yeri ve konumu, bina bileşenlerinin ısı ve optik özellikleri gibi parametreleri bütünsel bir yaklaşımla ele almalıdır[12].

3.3.1.1. Çevresel faktörler (iklim)

Binayı çevreleyen iklim iki şekilde tanımlanabilir: makro iklim ve mikro iklim. Makro iklim, belirli bir alan veya bölgenin karakteristik iklimini tanımlayan iklimsel veriler olarak tarif edilebilir. Sıcaklık, nem, yağış miktarı, rüzgâr hızı ve yönü, güneşlenme süresi, güneş ışıınım verileri, atmosferik kirlilik, önemli iklim parametreleridir. Mikro iklim ise binanın çevresinin iklimidir. Bina çevresinde komşu binalar (güneş ve rüzgârın engellenmesi), arazi durumu (nehir, vadi, tepeler) gibi nedenlerle pek çok mikro iklim oluşabilir. Ayrıca binanın farklı cephelerinde farklı mikro iklimler de meydana gelebilir: örneğin hâkim rüzgâr doğrultusundaki cepheler, güneye ve kuzeye bakan cepheler, diğerlerine göre farklı mikro iklimlere sahip olacaklardır[13].

3.3.1.2. Binanın yönü

Binanın yönü, binaya ulaşan doğrudan güneş ışınlam miktarı, dolayısıyla ısı kaybı ve kazançlarını etkilemektedir. Güneşin konumu, binanın yerküre üzerindeki yeri ve binanın yönü gibi diğer veriler ile belli bir zamandaki binanın herhangi bir yüzeyine ulaşan güneş ışınlamı veya yıllık toplam değerler hesaplanabilir. Bir yüzeye düşen güneş radyasyonu iki bileşenden oluşmaktadır: doğrudan güneş ışınlamı ve yaygın güneş ışınlamı. Yaygın güneş ışınlamında yönler, doğrudan güneş ışınlamının aksine, atmosferik kirlilik, bulutlar ve topraktan yansıyan ışınlar nedeniyle homojen değildir[13].

Yaz ve kış güneşinin yükseliş açısına bağlı olarak, kışın en fazla yazın ise en az doğrudan gün ışınlamı alan cephe güney cephesidir. Bu nedenle sık kullanılan mekânlar güney cepheye yerleştirildiği zaman binalar güneşten en fazla kazanımı sağlarlar (güney yarımküre için kuzey cephe). Tabii ki binanın her zaman tam güney yönüne bakması şart değildir fakat ana cephenin +/-30 derece aralığında güneye bakması faydalı olacaktır[14].

3.3.1.3. Yerleşme alanının planlanması

Bir başka önemli adım binanın yapımı planlanan alanın analiz edilmesi ve alan içindeki en uygun yerin belirlenmesidir. Pasif solar akıllı bina tasarımı doğal kaynaklardan faydalanmayı gerektirir. Seçilen alanda binanın yerleşimi ve özellikle aralıkların belirlenmesi oldukça kritik bir tasarım parametresidir. Pasif solar akıllı binalar için ideal bir alan, gün ışığına erişimi kışın engellenmeyen yazın ise engelleyebilen alanlardır. Ayrıca ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarına göre soğuk kış rüzgârlarından korunaklı veya rüzgâra açık alanlar olmalıdır. İstenen performansı yakalayabilmek için, etraftaki engeller göz önünde bulundurularak bölgenin ikliminin gerektirdiklerine en uygun alan seçilmelidir. Alan planlamayı etkileyen en önemli özellikler şöyle sıralanabilir: alanın topografyası, alan üzerindeki ve çevresindeki bitki örtüsü ve komşu binalar. Binaya ulaşan güneş radyasyonu miktarının etkiledikleri ve hâkim rüzgârları kestikleri veya yönünü değiştirdikleri için performansı doğrudan etkilerler[15].

3.3.1.4. Binanın formu

Bina formu enerji tüketiminde önemli bir role sahiptir. Kompakt bir form bina kabuğundan iletimle meydana gelen ısı transferini en aza indirir ve doğal aydınlatmaya, doğal havalandırmaya ve ısı kazanımlarına olanak sağlar. Küp şeklindeki bir yapının ısı kayıpları en az olmasına rağmen, iyi bir pasif solar bina – güneş enerjisini daha fazla toplayabilmek için- uzun kenarlarından biri güneye yönelmiş, kuzeye bakan kenarı ise iyi yalıtılmış dikdörtgen biçimindedir. Bina bileşenlerinin güneşe göre ayarlanması binanın ısıtma ve soğutma yüklerini azaltır. Ayrıca bina içindeki mekânlar en uygun enerji zon konfigürasyonu oluşturacak şekilde gruplanmalıdırlar. Sık kullanılan yaşama mekânları ısıtma ve aydınlatma ihtiyaçları yüksek olduğu için güneye yönelmelidir. Koridorlar, banyolar, depolar gibi gün ışığı ihtiyacı daha düşük olan mekânlar tampon vazifesi görmesi için kuzeye yönlendirilmelidir ve küçük pencerelere sahip olmalıdırlar. Mutfak gibi yüksek içsel ısı kazanımı olan mekânlarda güney pencerelerden kaçınılmalıdır. Bunun dışında soğutma ihtiyacının yüksek olduğu sıcak kuru iklim bölgelerinde avlulardan faydalanılabilir. Sık kullanılan odalar avluya yönlendirilmelidir[16].

3.3.1.5. Bina kabuğu

Bina kabuğu duvar, tavan, zemin, pencere, kapı, vs. gibi binayı (koşullandırılmış mekânı) dış ortamdan ayıran ve ısı enerjisinin içeri veya dışarı transferine izin veren bileşenlerdir. İç ve dış ortam ayırıcı olarak enerji tüketimi üzerinde çok büyük etkisi vardır[17]. Bina kabuğunun yapım maliyeti toplam inşaat maliyetinin %15-40'ına karşılık gelirken, yaşam dönemi maliyetlerine katkısı –özellikle enerji maliyetine- %60 civarındadır[16]. Bina kabuğu her zaman tasarımcının kontrolündedir ve bu nedenle pasif solar akıllı bina tasarımında çok önemli bir role sahiptir.

Sabit olmayan, binanın enerji maliyetlerini düşürmek için değişen ortam koşullarına uyum sağlayabilen kabuklar akıllı kabuk olarak adlandırılmaktadır. Bina kabuğunun, ısı davranışları birbirinden çok farklı olan şeffaf ve opak bileşenleri binanın enerji ihtiyacını ve ısısal konforu belirler.

Opak bileşenler

Opak bileşenler binanın duvarlar, çatı, zemin, vb. gibi kısımlarıdır. Soğuk iklim bölgelerinde ısıtma dönemlerinde, ısı geçişini azaltmaya yönelik yalıtım seviyesini arttırmak opak bileşen açısından en sık uygulanan yöntemlerden biridir. Bu yöntem

ayrıca sıcak iklim bölgelerinde iletimle ısı geçişi nedeniyle meydana gelen aşırı ısınmayı önlemek için de kullanılabilir.

Öncelikle, pasif solar akıllı bina iletim kayıplarını önlemek için iklimin özellikleri göz önünde bulundurularak iyi yalıtılmalıdır. Isı kayıpları azaltıldıktan sonra kalan ısıtma ve soğutma yükleri pasif yöntemlerle karşılanabilir.

Isıtma ve soğutma yüklerini azaltmaya yönelik yaklaşımlar ayrıca yalıtım uygulamasının da doğru yapılmasını, tavsiye edilen kalınlıkların uygulanmasını gerektirir. Bir binanın ısı kaybı miktarı, birim yüzeyin alanı, iç ve dış hava sıcaklığı değeri ve U katsayısına bağlıdır[18]. U katsayısı bir bina bileşeninin iki tarafı arasında 1°C sıcaklık farkı olduğunda birim alandan, bu alana dik doğrultuda birim zamanda iletimle, taşınım ve ışımayla geçen ısı enerjisidir. Birimi W/m^2K 'dir. U katsayısı büyüdükçe ısı kayıplar veya kazançlar da artar.

Kabukta meydana gelen ısı kayıplarını azaltmak için yalıtım dışında birkaç yol daha vardır. Isıl kütle, ısı enerjisini uzun süre depolayabilen su veya taş gibi malzemeleri ifade etmektedir. Güneşli günlerde ısı kütle güneş enerjisini emer ve depolar ve gündüz saatlerinde aşırı ısınmayı önler. Geceleyin ise depolanan enerji iç veya dış ortama geri verilir. Bunun dışında ısı kütle iç ortamdaki ani sıcaklık değişimlerini engeller ve zaman geciktirmesiyle beraber sıcaklığı düzenler[16].

Opak bileşenin yüzey rengi binanın davranışı üzerinde etkisi olan bir diğer parametredir. Opak bileşenin yansıtıcılık ve yutuculuk gibi optik özellikleri yüzey renginin bir fonksiyonudur. En basit şekliyle duvarlar, çatı gibi bina bileşenlerinin dış yüzey rengi sıcak iklim bölgelerinde açık renkli, soğuk iklim bölgelerinde koyu renkli seçilmelidir[15].

Şeffaf bileşenler

Pencere sistemleri, binalarda şeffaf bileşenler olarak adlandırılırlar ve güneş ışıının iç ortama alınmasını sağlarlar. Yüzeye gelen güneş ışıının %80'inden fazlasını iç ortama taşıdıkları için pasif güneş tasarımında önemli bir role sahiptirler fakat diğer taraftan yüksek ısı geçirgenlik değerlerine sahip oldukları için de bina kabuğun ısı konfor açısından en zayıf noktalarından biridirler. Cam, doğal özelliğinden dolayı güneşten gelen kısa dalga boylu ışıını diğer tarafa geçirir fakat uzun dalga boylu ışıını içeride hapsederek iç ortamın ısınmasını sağlar (sera etkisi).

Bu durum camın geçirgenlik, yutuculuk ve yansıtıcılık olarak adlandırılan optik özelliklerinin sonucudur[16].

Pencerelerden sağlanan güneş kaynaklı ısı kazanımı kontrol edebilme yeteneği camın bir özelliği olan Güneş Isı Kazanım Katsayısı (GIKK) ile ölçülür. Mekâna cam yüzey vasıtasıyla gelen ısı kazancının yüzeye gelen güneş ışınlamına oranıdır. Güneşten ısı kazanımı hem doğrudan geçirilir hem de önce emilip sonra ışımayla, iletimle veya taşınım ile mekâna geri verilir[19]. GIKK şeffaf yüzeye gelen güneş enerjisinin ne kadarının pencere yoluyla içeriye iletildiğini gösterir. GIKK kırılma açısına ve spektral dağılıma bağlıdır.

Günlüğü geçirgenliği (T_{vis}) şeffaf bir bileşenin üzerine gelen güneş ışınlamından güneş spektrumunun görülebilir dalga boylarının ne kadarını iç mekâna iletebildiğinin ölçüsüdür.

Binalardaki enerji tüketimini etkileyen önemli sebeplerinden biri camın yani şeffaf bileşenin büyüklüğü ve yeridir. Isıtma ihtiyacı durumunda genel bir kural olarak binadaki camların çoğunluğu güney cepheye yerleştirilmelidir. Doğu ve batıya bakan pencereler kışın az yazın ise çok fazla güneş enerjisi topladığından doğal aydınlatmayı da ihmal etmeyecek şekilde fakat mümkün olduğunca az kullanılmalıdırlar. Pencereler yeterli doğal aydınlatma sağlayacak büyüklükte tasarlanmalıdırlar. Örneğin pencere büyüklüğü odanın zemin alanının en az %15'i olmalıdır.

Tek cam tabakalı pencereler taşınım ve ısıma yoluyla oldukça önemli miktarlarda ısı kaybına sebep olurlar. Pencerelerdeki cam katmanlarının sayısı artırılarak ısı kayıpları azaltılabilir fakat hava ve cam yüzeyinin temas ettiği her bir noktadaki yüzeyin yansıtıcılığı ve cam malzemenin yutuculuğu güneş radyasyonunun içeriye ulaşmasını azaltır. Çift camlar genel olarak pek çok iklim bölgesi için uygundur. Taşınım kayıpları vakumlanarak veya camlar arasına plastik bir ısı kapanı ilave edilerek azaltılabilir. Işınım kayıpları ise camlar üzerine uygulanan ince film kaplamalarla azaltılabilir[18].

Tasarımdaki en büyük zorluklardan biri, güneye bakan pencerelerin alanlarını ısı kazanım ve kayıp değerlerini özellikle de uygun bir gece yalıtımı veya gölgeleme bileşeninin olmadığı durumlarda dengeleyerek aşırı ısınmaya sebep olmadan

ayarlayabilmektir. Cam alanını arttırmak ısı kayıplarını da arttıracaktır. Günümüzde geliştirilen yeni pencere sistemleri ile bu duruma çeşitli çözümler sunulmaktadır[14].

Pasif kontrol sistemleri

Bina kabuğundaki en önemli pasif kontrol sistemlerinden biri gölgeleme bileşenleri vasıtasıyla günün ve yılın belli zamanlarında doğrudan güneş ışıının penceden içeri girmesini engelleyen güneş kontrol sistemleridir. Gölgeleme bileşenleri doğal aydınlatmayı, havalandırmayı, güneş kazanımını ve dolayısıyla binanın toplam performansını etkiler. Yaz güneşi kış güneşine göre daha fazla yükselir. Uygun olarak boyutlandırılmış pencere üzerine monte edilen yatay gölgeleme bileşenleri güneyden kazanılan güneş ışıını optimize etmek için iyi bir yoldur. Yaz güneşinin pencereye ulaşmasını engellerken kış güneşinin içeri alınmasına izin verirler. Etkin bir gölgeleme bileşeninin tasarımı, binanın gölgeleme bileşeninin bulunacağı cephesinin güneşe yönelmesine bağlıdır. Dikkatlice uygulanan güneş kontrolü mekanik soğutma ihtiyacını azaltarak maliyeti düşürür ve yıl boyunca konfor sağlar.

Bina kabuğundaki bir diğer kontrol sistemi genellikle pencere açıklıklarından sağlanan doğal havalandırmadır. Doğal havalandırma sistemleri isminden de anlaşılacağı üzere binaya taze hava ve soğutma sağlamak için doğal kuvvetlerden yararlanır. Rüzgâr etkisi ve sıcaklığa bağlı basınç farkı iki temel kuvvettir. Doğal havalandırma tümünden bir bina tasarım konseptidir[16].

Sonuç olarak pasif güneş mimarisi konseptine uygun olarak tasarlanan gerçek akıllı binalar yüksek enerji verimliliği ve kullanıcı konforunu bir arada sunması sebebiyle, özellikle enerji sorunu yaşanması beklenen gelecekte çok önemli bir rol oynayacaktır[20].

Isıtma enerjisi tasarrufu açısından bütün bu parametrelerin birbiriyle ilişkili optimum değerleri belirlenmiş olmalıdır. Bugüne değin, ısıtma enerjisi tasarrufuna yönelik yönetmelik ve standartlarda en etkili tasarım parametresi olması nedeniyle bina kabuğu ısı yalıtım değerinin belirlenmesi öncelikli olarak ele alınmalıdır[6].

3.4. Bina Enerji Tasarrufunda Isı Yalıtımı

Türkiye’de enerji kayıplarının önemli bir bölümünün, standart dışı yapılaşma ve mevcut binalardaki eksik ve yanlış uygulamalardan kaynaklandığı bilinmektedir. Bu

nedenle mevcut binaların enerji etkin amaçlı olarak iyileştirilmesi enerji tasarrufunun sağlanmasında önemli bir etkindir. Bu kapsamda yapılabilecek çalışmalara ilişkin öneriler aşağıda özetlenmiştir:

- Binalara ilişkin enerji mevzuatı, mevcut binaların bu mevzuata uygunluğu denetlenmesine olanak sağlayacak şekilde düzenlenmeli, uygun olmayan binalar için enerji tasarrufu sağlayan bina ve yalıtım malzemelerini optimum kullanacak şekilde detaylandırılmasına olanak sağlamalıdır.
- Binalarda enerji tasarrufu sağlayan malzeme ve teknolojilerin kullanımının arttırılması için kullanıcılara uygun teşvikler sağlanmalıdır.
- Enerji tasarrufu sağlayan tesisat sistemleri, akıllı elektronik denetim teknolojilerinin kullanılması sağlanmalı, yanma sistemleri iyileştirilmeli veya değiştirilmeli, yüksek verimli kazan teknolojileri kullanılmalı, istenen verim ve kalitede olmayan kazanların kullanımı engellenmelidir. Kullanılan yakıt özellikleri iyileştirilmeli, düşük kaliteli yakıtların kullanımı yasaklanmalı, fosil yakıtların daha az emisyonu yol açacak yakıtlarla veya yenilenebilir enerji kaynakları ile ikamesi sağlanmalıdır.
- Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelini göz önüne alarak, binalarda güneş enerjisi sistemleri ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı teşvik edilmelidir.

Konutlarda tüketilen enerjinin yaklaşık %80'lik bölümü ısıtma amaçlı kullanılmaktadır[19]. Başta konutlarda olmak üzere binalarda; kaybedilen enerjinin büyüklüğü, ısıtma amacı ile tüketilen enerji miktarını belirlediğinden, enerji tasarrufu sağlamak için ısıtmanın istendiği dönemde binalarda ısı kaybının azaltılması gerekir. Binalarda ısıtma enerjisi korunumunda etkin yollardan biri de kuşkusuz binalarda ısı yalıtım ve nem kontrol sistemlerinin bilinçli olarak uygulanmasıdır.

Worldwatch Enstitüsü verilerine göre yapılaşma faaliyetleri, her yıl küresel olarak tüketilen enerjinin %40'ını kapsamaktadır. Yapılan çeşitli araştırmalar, yapılarda tüketilen enerjinin en çok kullanım aşamasında olduğunu ortaya koymaktadır. Çünkü bu aşama uzundur ve bu sırada iç ortamlarda insan sağlığı için gerekli olan ısıtma, havalandırma, aydınlatma gibi konfor koşullarının doğal yöntemler yerine mekanik sistemlerle karşılanması ise enerji tüketimini arttırmaktadır[1].

Michigan Üniversitesi yapılarıyla ilgili yapılan bir çalışmada bu yapıların 75 yıllık yaşam döngüsü boyunca birincil enerji yoğunluğu yaklaşık 8700 kWh/m² olarak hesaplanmıştır. Bu enerjinin %94.4ünü ise kullanım aşamasında IHVİ (ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme) sistemleri kapsamaktadır[22].

İsviçre’de 1996 yılında çok katlı yapılar üzerinde yapılan araştırmaya göre, yapıların 50 yıllık yaşam döngüsü boyunca yaklaşık 6200-8500 kWh/m² enerji tüketileceği, bunun %85inin kullanım aşamasında gerçekleşeceği tahmin edilmektedir[23].

Amerikan evlerinde de tüketilen toplam enerjinin %50-70ini ısıtma-soğutma için kullanılan enerji kapsamaktadır[24].

Türkiye’deki yapılarda ise sadece ısıtma için tüketilen yıllık enerji miktarı 200 kWh/m²’nin üzerinde bir değere ulaşmaktadır[25].

Bu konular incelendiğinde, yeni yapıları bütün olasılıkları göz önünde bulundurarak tasarlamak ve mevcut olanları gerekli önlemlerle donatmak gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Isı yalıtımının, hem yapının kendisi, hem kullanıcıları, hem de büyük ölçekte enerji ve atık tasarrufu ile dünyayı daha sağlıklı bir hale getirmeyi hedeflediği söylenebilir.

Bu noktada bir binanın çeşitli bölgelerine farklı yöntemler, malzemeler ve detaylandırmalarla yapılacak ısı yalıtımı kombinasyonlarından hangisinin uygun karar olduğuna karar vermek gerekliliği önem kazanmaktadır.

Bina yapımındaki gelişmelerle birlikte, yapılardaki kalın boyutlu ve ağır malzemeler yerini narin ve ince boyutlu hafif malzemelere bırakmıştır. Bu durum, sağladığı birçok avantajın yanında yapı fiziği ve ısı yalıtımı konularında daha dikkatli tasarımlar yaratmak ve önlemler almak yolunda bir gereklilik ortaya koymuştur.

Binanın ısı etkilerine karşı yalıtılmasındaki amaç, yapının hem yaz hem de kış koşullarında maruz kalacağı zararlı boyutta ısı hareketleri ve buhar yoğunlaşması sonucu zamanla ortaya çıkabilecek yapı hasarlarının (don, nem, küflenme, bozulma, paslanma, korozyon, ...) önlenmesidir.

Yapılan araştırmalar sonucu, binalarda iç ortam sıcaklığının 18–20 °C, yapı bileşeni sıcaklığının ise 16–18 °C olması gerektiği belirlenmiştir. Bu değerlerin yaz ve kış iklim şartlarında 3–4 °C’lik bir farkla kabul edilmesi yeterli görülmektedir. Ancak bu

şartlarda kullanıcılar için istenilen konfor şartları sağlanabilmekte ve yapı bileşenleriyle birlikte bir bütün olarak yapının sağlığı korunabilmektedir[26].

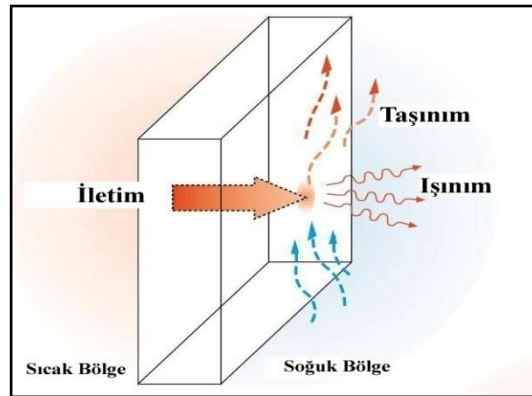
Isı yalıtımının ne şekilde yapılması gerektiğine karar verebilmek için öncelikle ısı akımlarının nasıl gerçekleştiğini kavramak ve yapı bileşenine uygun ısı yalıtım mekanizmasının hangisi olduğuna karar vermek gerekir.

3.4.1. Isı Akımları

Termodinamiğin 2. yasasına göre, eğer iki ortam arasında sıcaklık farkı varsa, ısı yüksek sıcaklıktaki ortamdan düşük sıcaklıktaki ortama geçer. Isının geçişi ortam sıcaklıklarındaki farka bağlı olduğu kadar, ortamın ve yüzeylerin özelliklerine de bağlıdır.

Bu nedenle ısı akımı mekanizmasını birbirinden farklı üç temel başlık altında incelemek gerekir[28]. Bunlar;

- Isı İletimi – Kondüksiyon (Conduction)
- Isı Taşınımı – Konveksiyon (Convection)
- Isı Işınımı – Radyasyon (Radiation)



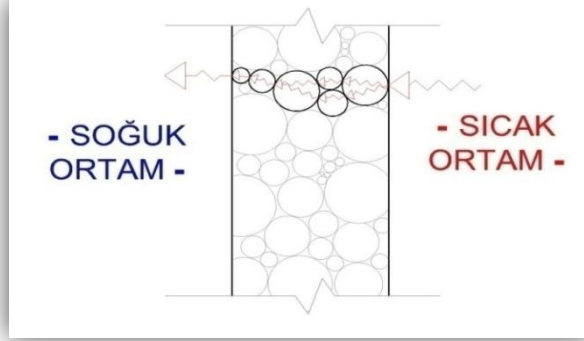
Şekil 3.1: Isı Akımlarının Şematik Gösterimi [29]

3.4.1.1. Isı İletimi – Kondüksiyon (Conduction)

Sıcaklığı artan katı cisimlerdeki ısı akımıdır. İletim, malzemenin ısınan moleküllerinde görülen titreşim hareketlerinin temas halinde olduğu diğer moleküllere iletilmesi yoluyla gerçekleşir(Şekil 3.2).

Malzeme tekil olarak düşünüldüğünde moleküllerinin, yapı bileşeni bir sistem olarak düşünüldüğünde malzemelerinin birbiriyle temas etmesi gerekir.

Isı iletiminin gerçekleşmesi, malzemenin ısı iletkenlik katsayısı ile doğrudan; kalınlığı, birim hacim ağırlığı, gözenek çapı, nemi ve ısıyla dolaylı olarak ilişkilidir.



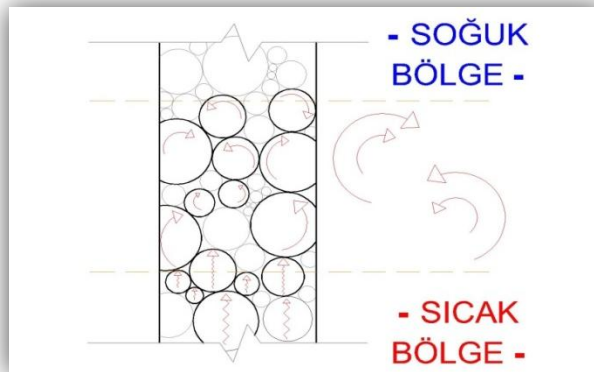
Şekil 3.2: Isı İletiminin Şematik Gösterimi

3.4.1.2. Isı Taşınımı – Konveksiyon (Convection)

Isınan havanın hareketinden kaynaklanan ısı akımıdır. Taşınım, ısınan malzemenin bünyesindeki boşluk çeperleri veya yüzeyinden iletim etkisiyle ısınan havanın yükselmesi ve soğuk havayla yer değiştirmesiyle gerçekleşir(Şekil 3.3).

Sıcaklığı yüksek bir katı cisme temas eden gaz moleküllerinin titreşimleri, bu yüzeyden enerji alarak artar. Bunun sonucunda katı cisme temas eden moleküllerin kapladıkları hacim büyür ve ortama göre daha hafif olduğundan yükselmeye başlar. Böylece onların yerine geçen benzer moleküller de yüzeyden enerji alarak taşınım hareketini başlatır ve devam ettirir[30].

Isı taşınımının gerçekleşmesi, ortamdaki havanın ve malzeme yüzeyinin sıcaklığı ile doğrudan; malzemenin ısı iletkenlik katsayısı ile dolaylı olarak ilişkilidir.



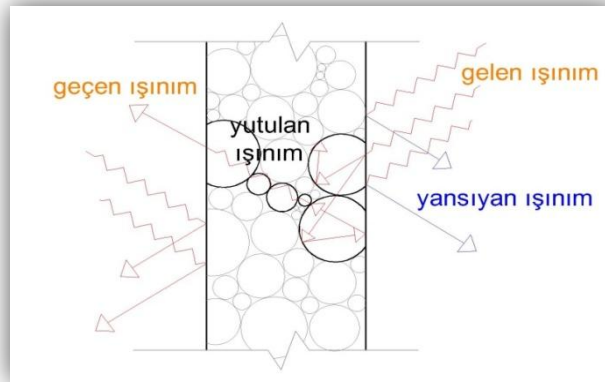
Şekil 3.3: Isı Taşınımının Şematik Gösterimi

3.4.1.3. Isı Işınımı – Radyasyon (Radiation)

Isınan bir yüzeyden gelen kızılötesi ışınların ısıtıcı özellikteki enerjisinden kaynaklanan ısı akımıdır(Şekil 3.4).

Katı ve sıvı cisimlerin yüzey özelliklerine ve sıcaklıklarına bağlı olarak değişebilen, yüzeylerinden ısı ışınımı yaymasıdır. Çevredeki nesnelerden bağımsızdır ve herhangi bir taşıyıcıya gerek yoktur[30].

Isı ışınımının gerçekleşmesi, yüzey emiciliği ve yüzey yansıtıcılığı ile doğrudan; malzemenin sıcaklığı ile dolaylı olarak ilişkilidir.



Şekil 3.4: Isı Işınımının Şematik Gösterimi

3.4.2. Isı Yalıtımının Mekanizması ve Isı Yalıtım Çeşitleri

Yapı bileşenleri üzerinden farklı sıcaklıktaki iç ve dış ortam arasındaki ısı kaybını veya ısı kazancını azaltmak için yapılan işlemlerin tümüne ısı yalıtımı denir. Kışın ısı kaybını, yazın ise ısı kazancını azaltmak ısı yalıtımının esas amacıdır[28].

Farklı açılardan değerlendirildiğinde ısı yalıtımının sağladığı kazançlar şu şekilde sıralanabilir[27];

- Prensip olarak; bina konfor koşullarının elde edilebilmesi için mekanik ve elektrik sistemlerin kurulmasını en aza indirgeyerek doğal kaynak kullanımına bağlı enerji korunumuna yardım eder.
- Ekonomik kazanç olarak; toplam bina yapım maliyetinin sadece %5'i ilk yatırım için harcanarak, ısıtma-havalandırma-iklimlendirme donanımları ile binada kullanılan işletme enerjisinden %50-70 oranında tasarruf edilmesini sağlar.

- Çevresel kazanç olarak; işletme enerjisinden tasarruf edilmesi dolayısıyla, işletme sistemlerinden doğacak hava kirliliğini azaltır.
- Kullanıcı memnuniyeti olarak; ısıtma-havalandırma-iklimlendirme masraflarını azaltır, enerjinin daha verimli kullanılmasına bağlı olarak enerji kesintileri azalır, kısıtlı enerji kaynaklarının daha uzun süre kullanılabilmesini sağlayarak gelecek nesillere korunmuş kaynaklar bırakmayı mümkün kılar.
- Isıl konfor olarak; mevsim değişikliklerinde iç hava kalitesini sürekli kılar.
- İşitsel konfor olarak; dış ortamdan ve komşu birimlerden gelen gürültüyü engelleyerek akustik yalıtım sağlanmasına yardımcı olur.
- Yapı strüktürüne katkı olarak; sıcaklık değişimlerinin ve kontrolsüz buharlaşmanın yaratacağı etkilerin, yapı bileşenlerine zarar vermesini önleyerek binanın ömrünü uzatır.
- Yangın emniyeti olarak; uygun malzemenin gereken detaylandırma ile kurgulanmasıyla yangının geciktirilmesini sağlar ve büyümesine engel olur.

Isı yalıtım tasarım sürecinde izlenecek bir prosedürden bahsedecek olursak şu basamakları izlemek gerekmektedir[27]:

- Gereken uygulamaya karar vermek (bina tipi, yerleşimi ve ısıl sorunların niteliğine göre)
- Seçim ölçütlerinin önceliğini belirlemek (maliyet, yangın korunumu, yüksek ısıl direnç gibi)
- Ulaşılabilir malzemeleri belirlemek
- Uygun olmayan malzemeleri elemek
- Yalıtım kalınlığını belirlemek
- İlgili maliyetleri belirlemek (ilk yatırım, nakliye, işleme, uygulama gibi)
- Potansiyel sistemlerle ekonomik gelişimi sağlamak
- En uygun sistemi seçmek.

Isı yalıtım malzemeleri, çok sayıda mikroskobik ölü hava gözeneklerine sahiptir ve bu sıkışmış hareketsiz hava taşınım-konveksiyon şeklindeki ısı transferine karşı

koyar. Isıyı esas yalıtan gözeneklerin kendisi değil, gözeneklerde hapsolmuş hareketsiz havadır.

Isıl farklılıkların çok olmadığı durumlarda bu gözenekler ısınım-radyasyon şeklindeki ısı transferine karşı koyar. Bunun nedeni kızıl ötesi-uzun dalga ışınlarının ısınım yolunun küçük mesafelere bölünerek, ışınların kırılıp dağılmalarını sağlamalarıdır.

Isıl farklılıkların çok olduğu bölgelerde, tasarımın ve imkânların elverdiği ölçüde yapı bileşenlerinin kalınlığını arttırarak ısı depolama yeteneğinden faydalanmak veya ısı iletim direnci yüksek malzemeler kullanmak yoluyla iletim-kondüksiyon şeklindeki ısı transferine karşı önlem alınır[27].

3.4.2.1. Dirençli Yalıtım (Resistive Insulation)

Malzemenin ısı iletkenlik direnci özelliği ile iletim, boşluk yapısı özelliğiyle taşınım şeklinde gerçekleşen ısı akımını “engellemek amacıyla” yapılır.

Metaller gibi serbest elektron içeren cisimlerde özellikler serbest elektronlar ısı iletimine önemli ölçüde yardımcı olurlar. Mikro yapıdaki bu özelliğe karşılık cismin makro yapısındaki gözeneklilik, boşluk içerme gibi düzensiz bünye yapısına ilişkin özellikler ısı iletimi açısından olumsuz bir ortam oluşturur ve cisim ısıyı daha az iletir hale gelir. Bölüm 4’te açıklanacağı gibi gözenekli, boşluklu veya serbest elektron içermeyen metaller dışındaki cisimlerde bu özellik, ısı yalıtkanlığının makro düzeydeki karakteristik bir ifadesidir. Bu nedenlerden dolayı, bir katı cisim bu biçimde bir yapı gösterdiği takdirde ısı iletkenlik özelliği azalır.

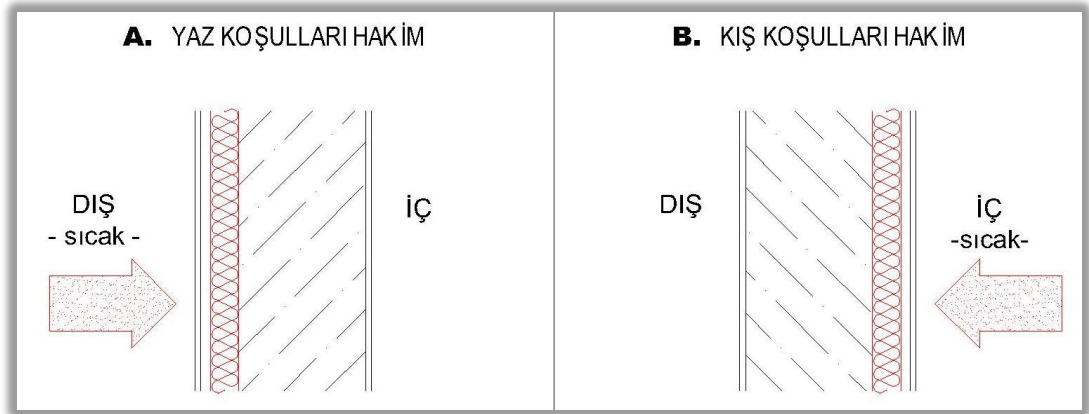
Isı iletkenlik değeri çok düşük olan tüm malzemeler dirençli yalıtım malzemeleridir. Hava doldurulmuş bir boşlukta iletim yoluyla gerçekleşen ısı transferi önemsiz derecede azdır, esas ısı transferi taşınım ve ısınım yoluyla gerçekleşir. Bu nedenle ısı yalıtım malzemeleri, fonksiyon olarak taşınım yoluyla gerçekleşen ısı transferini önlemek hedefindedir. Bu amaçla lifli ve gözenekli malzemeler kullanılır. Bu bağlamda en iyi verimi sağlayanlar ise düşük yoğunluklu, kapalı hava kabarcıkları bulunan rijit köpük strüktürde olanlarıdır (polistiren veya poliüretan gibi)[31].

Tek malzemenin ısı yalıtım özelliği ısı iletkenlik katsayısı (k) ile değerlendirilirken, bir bütün olarak ele alınan yapı bileşeninin ısı yalıtım özelliği kalınlıklarına bağlı ısı geçirgenlik direnci (R) ile değerlendirilir.

Bu yalıtım türünde malzeme özellikleri ve katmanlaşması önem kazanmaktadır. Malzeme seçerken, ısı iletkenlik değerine dair şu parametreler göz önünde bulundurulmalıdır:

- Malzeme kalınlığı azalır, ısı iletkenliği artar.
- Hacim ağırlığı artarsa, ısı iletkenliği artar.
- Gözenek çapı azalır, ısı iletkenliği artar.
- Malzemenin nemi artarsa, ısı iletkenliği artar.
- Malzemenin ısısı artarsa, ısı iletkenliği artar.

Katmanlaşmada, yalıtım malzemesini ısı girişinin olduğu tarafa yakın yerleştirmek genel yaklaşımdır. Baskın iklim koşullarının değerlendirilmesine bağlı olarak yaz-kış, (sıcak-soğuk) yalıtımı şeklinde uygulanabilir(Şekil 3.5).



Şekil 3.5: Dirençli Yalıtım Malzemesinin Etkin Konumlandırılması

3.4.2.2. Sığal Yalıtım (Capacitive Insulation)

Malzemenin ısı iletkenlik direnci, kalınlık, yoğunluk ve özgül ısı özelliği ile iletim şeklinde gerçekleşen ısı akımını “faydalı şekilde geciktirmek amacıyla” yapılır.

Isıl kütle ile yapıya, güneş batana kadar gerçekleşen ısı girişinin geciktirilmesi ve güneş battıktan sonra güneşten ve mekânın ısıtmasından depolanan ısı hapsedilmesi esastır[26].

Malzemenin ısı iletkenlik değeriyle etkileşim halindedir ancak esas faktör bileşeninin ısı sığası yani ısı biriktirme kapasitesidir. Kabuğu oluşturan malzemenin yoğunluğu (kg/m^3), ısı iletkenlik katsayısı ($\text{W/m}^2\text{K}$) ve özgül ısıya (J/kg K) bağlıdır.

Farklı malzemelerle, farklı kalınlıklarda oluşturulmuş aynı U değerine sahip iki kabuk oluşumunun, sıcaklık sabitken ısı transfer özelliklerinin aynı olduğu görülür.

Ancak kayda değer değişiklikler periyodik ısı akışı etkileri altında gözlenir. Bu anlamda faz farkı ve sönüm kavramları önem kazanır[31].

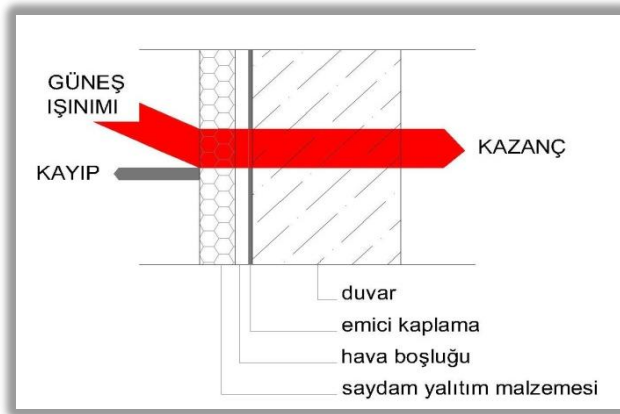
Sönüm, iç ve dıştaki sıcaklık değişim genliklerinin oranıdır. Diğer bir deyişle, kabuğun dıştaki sıcaklık değişikliklerini içeriye iletmede gösterdiği ısı eylemsizliktir. Bu değer ne kadar büyükse o bileşen ısı yönünden o kadar iyi özellikte demektir.

Faz farkı ise, yapı kabuğunun dıştaki ısı değişiklikleri içeri aktarmada kabuğun gösterdiği ısı gecikmeyi zaman olarak ifade eden bir kavramdır. Bu fark ne kadar uzun sürede oluşuyorsa o bileşen ısı yönünden o kadar iyi özellikte demektir[30].

Isıl kazanç en az olduğundan kuzey, faz farkının en az olduğu yöndür. Güneyde ise öğle saatlerinde elde edilen ısı kazancı, güneş batana kadar (8 saat) ertelemek mümkündür. Doğuda sabah kazancının öğleden sonraya ertelenmemesine dikkat edilmelidir. Batıda ise güneşin etkin olduğu en üst seviye ile gün batımı arasında kısa bir süre olduğundan 8 saatlik gecikme uygun sayılmaktadır[27].

Isıl kütle, gece-gündüz sıcaklık farkının fazla olduğu günlük ve yazlık değerler oldukça yüksek olduğundan kuru ve sıcak iklim bölgelerinde ve ısıtılmayan binalarda etkili olmaktadır. Isıtma sistemiyle ısıtılan binalarda ısı kütle, yapı kabuğunun ısınmasını geciktirerek istenmeyen bir olumsuzluk yaratacaktır.

Isıl kütle, opak malzemelerle oluşturulmuş yapı bileşenlerinde ısı kazancı arttırmak şeklinde geliştirilmiş bir yalıtım çeşididir. Ancak son zamanlarda bina cephelerinde saydamlığın ön plana çıkmasıyla birlikte güneş enerjisinden kazanç elde etmek söz konusu olduğunda, saydam yalıtım malzemeleri ile sıgıal yalıtım yapmak mümkün hale gelmiştir.



Şekil 3.6: Saydam Yalıtım Malzemesinin Etkin Konumlandırılması (Trombe duvarı)

Saydam yalıtım, bina cephelerinde kullanıldığı gibi kış bahçeleri ve seralarda ısı kayıplarını azaltmak amacıyla da kullanılmaktadır. Saydam yalıtım sisteminin ilk ve en basit uygulaması Şekil 3.6’da görüldüğü gibi koyu renkli (siyah) bir duvar önüne cam tabakası koymaktır (Trombe duvarı). Bu sayede güneş ışınımı emilip ısıya dönüştürülmekte ve taşınım sebebiyle oluşan ana kayıplar azaltılmış olmaktadır[32].

Saydam yalıtım, ısı kazançlarının yanında nemli iklimlerde nem problemlerinin de azaltılmasını sağlamaktadır. Yapılan çalışmalar, güneye bakan cephelerden kaynaklanan ısı kayıplarındaki net azaltımın %75 oranında olduğunu göstermektedir[33,34].

3.4.2.3. Yansıtıcı Yalıtım (Reflective Insulation)

Malzeme yüzeyinin emilim, salınım ve renk özelliğiyle ısıtım şeklinde gerçekleşen ısı akımını “durdurmak amacıyla” yapılır. ısıtım yoluyla ısı akımı oluşan durumlarda, hava boşlukları yaratmak veya mevcut boşlukların bir veya iki yüzünün yansıtıcı, yüzey salınım ve emilim özelliği çok düşük malzemelerle kaplanmasıyla uygulanır.

Bir veya daha çok yansıtıcı yalıtım katmanı ile sağlanır. Birden çok yansıtıcı katmanlı malzemelerde, bir katmanın yansıtıcı yüzeyi boşluğa bakacak şekilde olduğunda ısı bariyeri olarak adlandırılır. Sıcak yüzeylerden soğuk yüzeylere ısı akışının düz bir hat şeklinde oluşu, bu durumlarda ısı bariyerinin etkili olmasının sebebidir. Performans bakımından incelendiğinde:

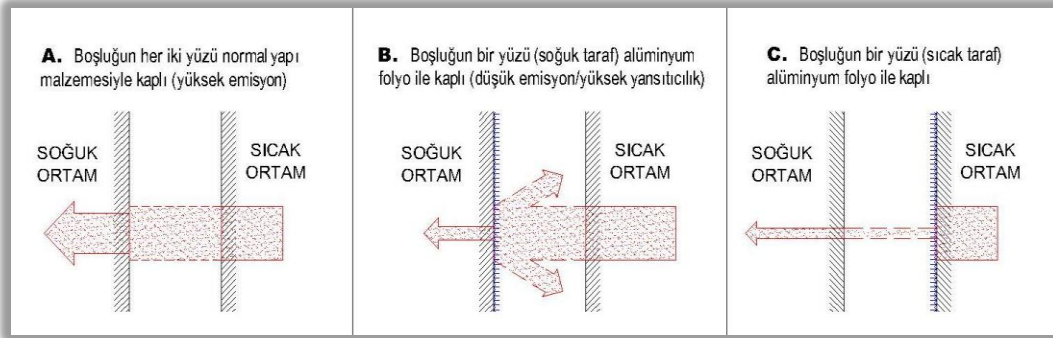
- Işınlardan geliş açısı, yansıtıcı yüzeye dik oluşu,
- Bırakılan boşluğun iki yanındaki ısı farkının fazla oluşu,
- Malzemenin ısı yayılımının az, yansıtıcılığının fazla oluşu,
- Hava boşluğunun kalınlığı / yansıtıcı yalıtımın en az bir tarafında boşluk oluşu,
- Hava boşluğunun yönlendirmesi,
- Isı akışının yönü, yansıtıcı yalıtımda önemli ölçütler olarak göze çarpmaktadır.

Yansıtıcı yalıtımda ilk katman %95 oranında ısıtım yoluyla oluşan ısı akışını durdurucu özelliğe sahiptir. Diğer katman ise taşınım yoluyla oluşan ısı akışını önlemektedir. ısıtım, yönlendirilmeden etkilenmese de taşınım için hava boşluğunun yönlendirilmesi ve ısı akışının yönü önemlidir[27].

İşinimsal ısı akımının engellenmesinde etkili olan malzeme özellikleri bölüm 4.1.2.6.'da ayrıntılı şekilde ele alınacak olan emicilik, yansıtıcılık, yayıcılık gibi yüzey özellikleridir.

Yansıtıcı yalıtım en çok soğutma gerekliliği yaşanan sıcak iklimlerde etkilidir.

- Sıcak iklimlerde çatı altları ve batı duvarları gibi doğrudan güneş ışığına maruz kalan yerlerde yansıtıcı yalıtım kullanmak oldukça kazançlıdır.
- Isıtma gerekliliği yaşanan soğuk iklimlerde yansıtıcı yalıtım kullanmak ekonomik olmamaktadır. Örneğin çatıda kullanılacak yansıtıcı yalıtım, kışın güneş ısı kazancını engelleyerek çatı arasının soğuk kalmasına ve altındaki ısıtılan mekândan daha fazla ısı kaybı gerçekleşmesine yol açacaktır.
- Yansıtıcı yalıtım malzemesi tozdan korunmalıdır.
- Çatı yalıtımlarında en üstte yer almamalıdır. Soğuk havalarda buhar bariyeri gibi davranıp yoğuşmaya neden olarak ısı yalıtımına zarar verebilmektedir.
- Elektriği ilettiğinden elektrik aksamına çıplak teması önlenmelidir.
- Yansıtıcı folyolar özelliklerinin iyileştirilebilmesi için farklı işlemlere tabii tutulurlar, Bu nedenle dayanım, yanıcılık, ulaşılabilirlik ve maliyet gibi unsurlar göz önünde tutulmalıdır[27].

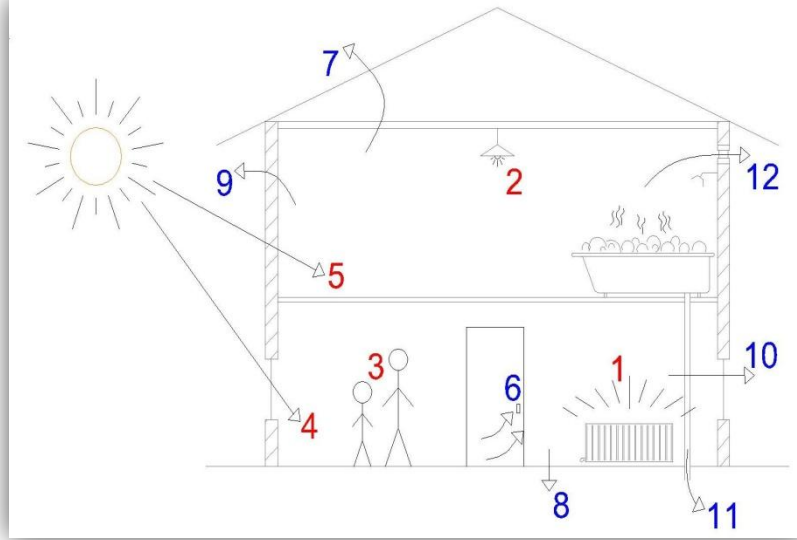


Şekil 3.7: Yansıtıcı Yalıtım Malzemesinin Etkin Konumlandırılması [35]

Yansıtıcı yalıtım malzemelerinin kesitteki yerine karar verirken (Şekil 3.7), ısıyla ısı akışının hangi yönde olduğu ve ısıнын mekânın içinde mi dışında mı tutulmak istendiğine karar verilmelidir. Buna göre kış ve yaz yalıtımı kavramları da önem kazanmaktadır. Yapılan yalıtımın her türlü mevsim koşulları göz önünde tutularak, değişikliklere cevap verebilmesi, mevsimsel ısı sorunlar yaşanmaması açısından önemli bir unsurdur.

3.4.3. Yapıda Isıl Kazanç ve Kayıplar

Yapıda ısıl konforu sağlayabilmek için ısı kazançlarını ve ısı kayıplarını dengeleyebilmek gerekir. Şekil 3.8’de bir yapıdaki ısı kazançlar ve kayıplar şematik olarak gösterilmektedir.



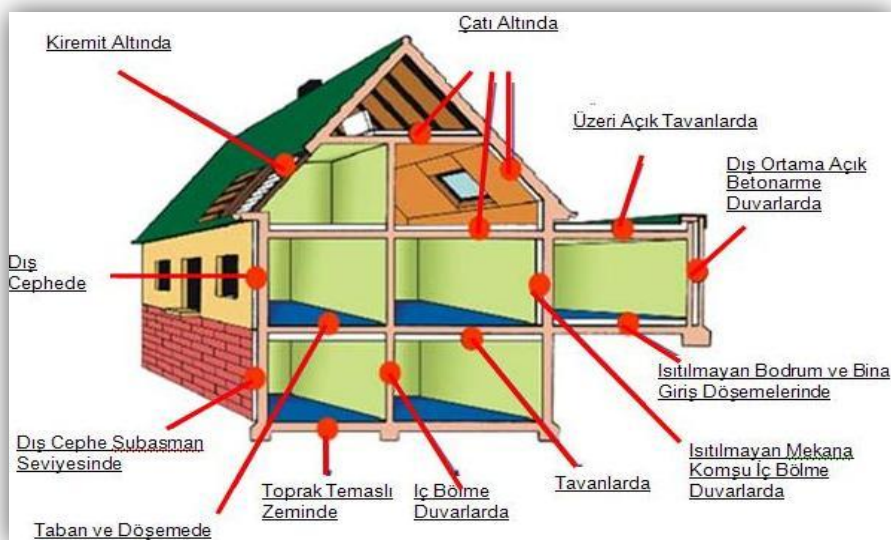
Şekil 3.8: Bir Yapıda Isıl Kazanç ve Kayıplar[36]

1. Isıtma sisteminden elde edilen faydalı ısı,
2. Elektrik ışıklarından, fırından, su ısıtıcılardan, bulaşık makinesi ve buzdolabı gibi motorlu ev makinelerinden dağılan ısı,
3. Kullanıcıların yaydığı ısı,
4. Pencere yüzeylerinden yayılan ısı,
5. Duvar yüzeylerinden yayılan ısı (dış yüzeyden ışınlama emilim, iç yüzeye iletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı akımı),
6. Havalandırma yoluyla kapı ve pencere altındaki boşluklardan, açık camlardan, anahtar deliklerinden ve bacalardan kaybedilen ısı,
7. Çatıdan taşınım yoluyla kaybedilen ısı,
8. Döşemeden taşınım yoluyla kaybedilen ısı,
9. Duvarlardan iletim yoluyla kaybedilen ısı,
10. Pencere kenarlarından iletim ve ışınlama yoluyla kaybedilen ısı,

12. Mekândaki suyun buharlaşmasıyla ve dışarıya kaçmasıyla kaybedilen ısı[36].

Yapılarda ısı kayıpları; pencerelerden %10-15, tavandan %25, ısı köprülerinden %20-25, duvarlardan %15-25 ve döşemelerden %10 oranında gerçekleşmektedir. Yapılarda meydana gelen ısı kayıplarını engellemek amacıyla ısı yalıtımı uygulanan alanlar, Şekil 3.9’da ayrıntılı bir şekilde ifade edilmiş olmakla birlikte, başlıca şu başlıklar altında toplanabilir;

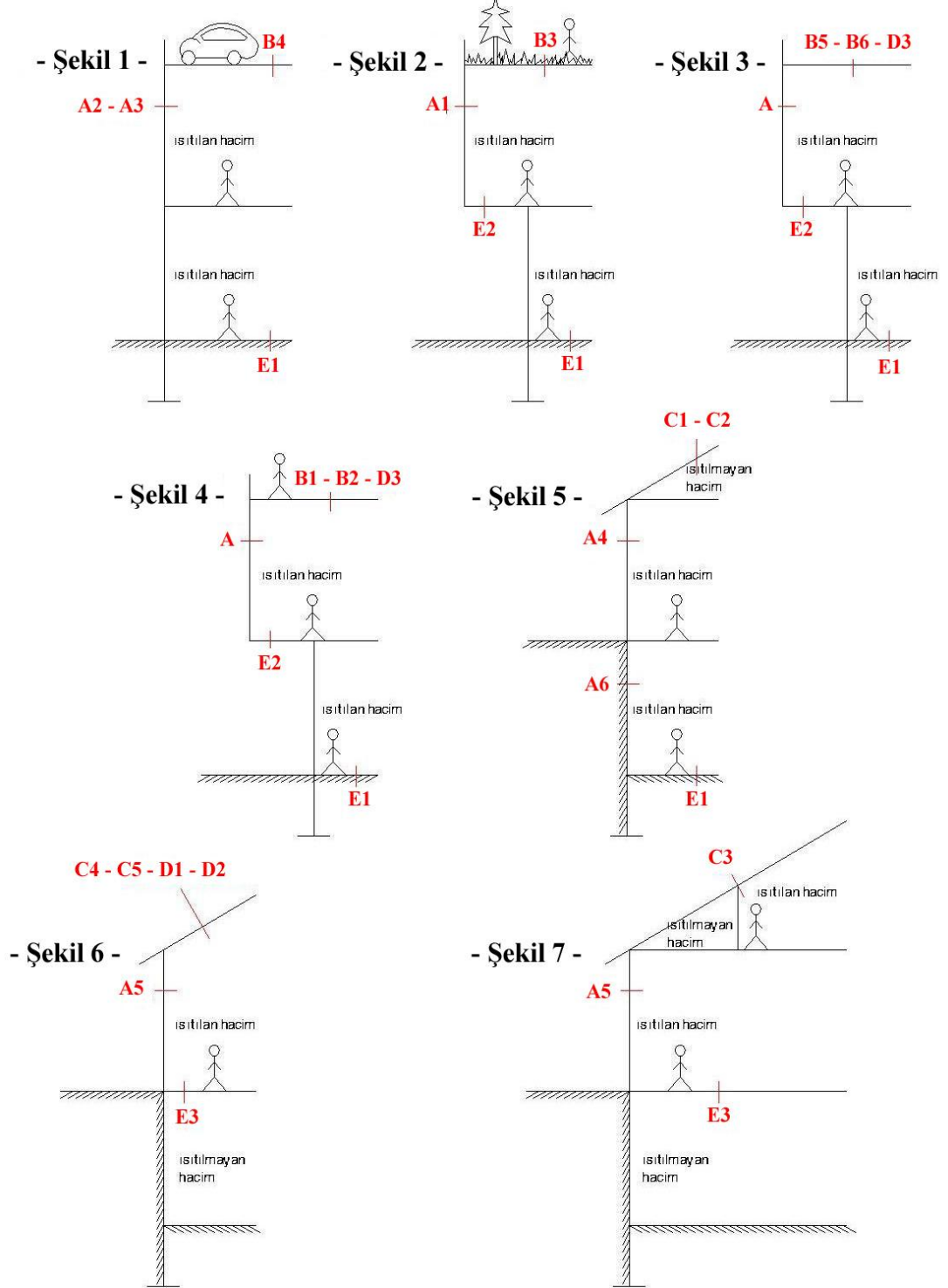
- Çatılar
- Duvarlar
- Toprak temaslı mahaller
- Katları ayıran döşemeler
- Tesisat boruları ve havalandırma kanalları
- Garaj, depo gibi ısıtılmayan mekânlara komşu duvarlar



Şekil 3.9: Bir Yapıda Isı Yalıtımı Gerektiren Yerler

Yapıda mekânların ısıtılan-ısıtılmayan olarak ayrılması ve çatı, duvar, döşeme bileşenlerinin yapı türüne göre çeşitlilik göstermesi farklı detaylar gerektirmektedir. Buna göre bir yapıda ısıtılan-ısıtılmayan hacimlerin bir arada bulunması, çatısının eğimli/düz veya üzerinde gezilen/gezilemeyen olması, duvarlarının içten/dıştan/ortadan yalıtımlı veya cephe kaplamalı olması, döşemelerinin zemine

oturan veya konsol olması, vs. gibi çeşitliliklere göre olası kombinasyonlar Şekil 3.10'da gösterildiği üzere 7 farklı şekilde ele alınmıştır.



Şekil 3.10: Yapıda Isı Yalıtım Yapılması Gereken Yerlerin Çeşitli Kombinasyonları

Ele alınan çeşitli yapı bileşenleri için ısı yalıtım mevzuatı çerçevesince belirlenmiş uygun detaylandırma ve malzeme katmanlaşması ise EK G'de belirtilmiştir.

3.4.5. Isı Yalıtımında Buhar ve Nem Kontrolü

Buhar yüksek basınç düzeyinden alçak basınç düzeyine doğru hareket eder. Buhar, akım sırasında yapı bileşeninin soğuk katmanıyla karşılaşır ve bu katman buharın geçmesine izin vermezse yoğuşma gerçekleşerek yüzeyde veya katman bünyesinde nem oluşumuna neden olur. Bu da başta yalıtım kabiliyeti olmak üzere çoğu fiziksel özelliği etkiler(Çizelge 3.2.).

Çizelge 3.2. Yalıtım Etkinliğinin Malzeme Nemine Bağlı Olarak Azalması

Malzeme neminin % olarak artışı	Yalıtım etkinliğinin % olarak azalışı
% 2	% 9
% 4	% 20
% 6	% 30
% 8	% 39
% 10	% 48
% 15	% 60

Yapılarda nem kontrolü sağlamak için tasarlanan yapının bulunduğu iklim koşullarını kavramak, uygun malzeme ve yapım sistemlerini kullanmak büyük önem taşır. Sıcak hava, soğuk havaya oranla daha fazla nem içerir. Bu nedenle soğuk kış iklimlerinde iç ortam havasının, sıcak yaz iklimlerinde ise dış ortam havasının sıcak, diğer bir deyişle, nemli olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.

Buhar akımıyla oluşabilecek yoğuşmanın zararlarından korunabilmek için, yapı bileşeni katmanlarını buharın geçişine izin verecek şekilde düzenlemek veya sıcak ortam yüzeyinde buhar geciktirici/buhar kesici kullanmak gerekmektedir. Buhar geciktiriciler, su buharı geçişini kısıtlayan işlenmiş kâğıt, boya, plastik levha ve metalik folyolar gibi özel malzemelerdir. Malzemeler sahip oldukları buhar geçirgenlik (perm) değerine bağlı olarak 3'e ayrılır;

- Buhar bariyeri, ≤ 1 perm değerine sahip oldukça geçirimsiz malzemelerdir. Bunlar polietilen filmler, alüminyum folyolar, yağ bazlı boyalar, vinil duvar kaplamaları,

tabaka metaller, folyo kaplamalı yalıtım malzemeleri, cam, kauçuk ve membranlardır.

- Buhar geciktiriciler, $1 < 10$ perm değerine sahip yarı geçirgen malzemelerdir. Bunlar kontrplak, kaplamasız genişletilmiş polistiren, kâğıt ve bitüm kaplamalı camyünü ve kauçuk hammaddeli boyalardır.
- Nefes alan malzemeler, ≥ 10 perm değerine sahip su buharı geçirgen malzemelerdir. Bunlar, alçı levhalar, kaplamasız cam yünü, selüloz yalıtımlar, çimento ve benzeri yapı malzemeleridir.

Yapıda kullanılacak buhar kesicinin türü ve konumu belirlenirken, yapının bulunduğu iklim koşulları ve havanın nemi gibi parametreler önem kazanır.

- Soğuk iklimlerde buhar, yapı kabuğunda daha sıcak ve nemli olan iç mekândan daha soğuk ve kuru olan dış ortama doğru ilerleme eğilimindedir. Bu nedenle buhar kesici, yalıtım katmanının iç mekâna bakan sıcak tarafına yerleştirilmelidir.
- Sıcak ve nemli iklimlerde buhar, daha sıcak ve nemli olan dış ortamdan daha soğuk ve kuru olan iç mekâna doğru ilerleme eğilimindedir. Bu nedenle buhar kesici, yalıtım katmanının dış ortama bakan soğuk tarafına yerleştirilmelidir.
- Karma iklimlerde buharın her iki yönde de ilerleme eğilimi gösterebileceği durumlar söz konusu olduğunda buhar kesici kullanmamak ve bileşenin nefes almasını sağlayacak konstrüktif önlemler almak en iyi çözümdür[27].

4. ISI YALITIM MALZEMELERİ ve ÖZELLİKLERİ

Tüm malzemelerde olduğu gibi ısı yalıtım malzemelerinde de, çeşitli özelliklerin anlaşılıp değerlendirilebilmesi için bu özelliklerin çeşitliliğini sağlayan atomik yapı niteliklerinin göz önünde bulundurulması ve genel malzeme sınıflandırması içinde hangi kategoriye girdiklerinin anlaşılması gerekmektedir. Böylece karşılanması beklenen performans özelliklerinin ne tür malzemelerle sağlanacağı konusunda genel bir yargıya varmak mümkün olmaktadır.

Bu sebeple ısı yalıtım malzemelerinin özelliklerini değerlendirmeden önce, genel olarak malzemelerin özelliklerinin hangi içyapı özellikleriyle değiştiğini açıklamak gerekir.

4.1. Malzeme Özelliklerini Etkileyen İçyapı Özellikleri

Malzemelerin özellikleri içyapıya büyük ölçüde bağlıdır. Koşullardaki değişiklikler sonucu malzeme özelliklerinde meydana gelen değişimlerin nedeni ancak içyapı göz önüne alınarak açıklanabilir.

İçyapılar, atomlar arası bağ kuvvetleri etkisinde üç boyutlu uzayda dizilmeleri sonucu oluşur. Atomlar arası bağların (kuvvetli bağlar-iyonik, kovalent, metalik ve zayıf bağlar) oluşmasında ana etken elektron yapılarıdır. Özellikle en dış yörüngede bulunan valans elektronları cisimlerin mekanik, fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlerler.

Ergime ve buharlaşma sıcaklığı: Katılarda kuvvetli bağlar, sıvılarda zayıf bağlar egemendir. Katı halden sıvı hale geçerken kuvvetli bağlar, sıvı halden gaz hale geçerken zayıf bağlar kopar. Buna göre bileşenlerin bağ enerjisi (bağların kopması için gereken enerji) arttıkça ergime sıcaklıkları da artar.

Isıl genleşme: Malzemelerin ısıl genleşmesi ergime sıcaklıkları ile ters yönde değişir. Ergime sıcaklığı yüksek malzemelerde bağ enerjisi daha büyüktür. Sıcaklık yükselirken atomlar arası ortalama uzaklık minimumdan geçen düşeye göre daha az sapar, bu nedenle ısıl genleşme daha küçük olur.

Mukavemet: Mukavemet genel anlamda bir malzemeyi koparmak için birim alana uygulanan kuvvet olarak tanımlanır. Mukavemetin kaynağı atomlar arası bağ kuvvetleridir. Bağları kuvvetli olan malzemelerin ergime sıcaklıkları yüksektir buna bağlı olarak da ısı genleşmeleri düşüktür, bu nedenle sertliklerini koruyarak mukavemet gösterirler.

Isıl iletkenlik: Isıl iletkenlik elektronların kütle içinde sıcaklık farkı ile çok kolay hareket edebilmelerini gerektirir. Bu da ancak serbest elektronlarla sağlanabilir.

Isıl enerji malzemelerde serbest elektron hareketi ve atomların ısı titreşimleri ile iletilir. Serbest elektronlar, ısı enerjisi ısı titreşimlere göre 10-100 kat daha fazla iletilirler, bu nedenle metallerin ısı iletkenliği çok yüksektir. İyonik ve kovalent bağlı malzemelerde ısı enerji yalnız atomların ısı titreşimi ile iletilir, bu nedenle ısı iletkenlik çok düşüktür. Uygulamada bu tür malzemeler ısı yönden yalıtkan sayılırlar.

Optik özellikler: Bir maddede serbest elektronların oluşturduğu bulut, ışık dalgalarının yansıtılmasına sebep olur, bu nedenle metaller opaktır ve ışığı yansıtırlar. İyonik ve kovalent bağlı maddelerde ise serbest elektron bulunmadığından ışık yansıtılmadan kolayca geçer.

Kimyasal özellikler: Kimyasal reaksiyonlar atomlar arası bağların kopması ve bağ oluşması ile ilişkilidir, bu olay da büyük ölçüde valans elektron yapısına bağlıdır. Metallerde az sayıdaki valans elektronları kolaylıkla ana atomdan ayrılırlar ve geriye artı yüklü metal iyonları kalır. Metal iyonları da çevrenin elektro-kimyasal etkilerine karşı duyarlıdır ve bu nedenle korozyona uğrarlar. İyonik ve kovalent bağlı malzemeler ise dış etkilere karşı çok dayanıklıdır[37].

4.1.1. Atomlar Arası Bağlara Göre Malzemeler

Atomlar arası bağ türlerine göre bir sınıflandırma yapıldığında, malzemeler metaller, seramikler ve plastikler (polimerler) olmak üzere üçe ayrılırlar.

4.1.1.1. Metaller

Metalik bağlara sahip metallerde aynı veya benzer tür atomlar düzenli biçimde dizilerek kristal yapı oluştururlar. Hacimsel atom yoğunlukları yüksek olması sebebiyle özgül ağırlıkları da yoğunlukla 7 gr/ cm³ üzerinde büyük değerlerdedir.

Metaller serbest elektron içerdiklerinden ısı ve elektriksel iletkenleri yüksektir, opaktırlar ve parlatılarak yansıtıcı olarak kullanılmaya elverişlidirler.

Metallerin elastisite modülleri ve mukavemetleri yüksektir. Çoğunlukla sünekler ve plastik şekil vermeye elverişlidirler[37].

Çizelge 4.1: Bazı metallerde malzeme özellikleri[38]

Malzeme	Özgöl ağırlık gr/cm ³	Isıl iletkenlik Cal.cm/°C.cm ² .sn	Isıl genleşme cm/cm/°C
Alüminyum	2.7	0.53	22.5x10 ⁻⁶
Bronz	8.8	0.2	18x10 ⁻⁶
Bakır	8.9	0.95	16.2x10 ⁻⁶
Demir	7.87	0.18	11.75x10 ⁻⁶
Kurşun	11.34	0.08	28.8x10 ⁻⁶
Gümüş	10.4	1.0	18x10 ⁻⁶
Çelik	7.86	0.12	11.7x10 ⁻⁶

4.1.1.2. Seramikler

Seramikler metal ve metal olmayan bileşenlerin oluşturduğu iyonik bileşiklerdir ve çoğunlukla kristalli ve kısmen amorf yapıda bulunurlar. Özgöl ağırlıkları çoğunlukla 2-3 gr/cm³ arasında olup metallerle plastikler arasında sıralanırlar.

Seramikler plastik şekil değiştiremez, sert ve gevreklerdir. Ergime ısıları yüksek, ısı ve elektriksel iletkenlikleri düşüktür. Yüksek sıcaklıklarda refrakter malzeme olarak yalıtım işlevi görürler. Opak olabildikleri gibi saydam da olabilirler.

Çekme mukavemetleri düşük olsa da basınç mukavemetleri yüksektir. Beton, tuğla, taş ve cam gibi yapı malzemeleri bu sınıfa girerler[37].

Çizelge 4.2: Bazı seramiklerde malzeme özellikleri[38]

Malzeme	Özgöl ağırlık gr/cm ³	Isıl iletkenlik Cal.cm/°C.cm ² .sn	Isıl genleşme cm/cm/°C
Tuğla	2.3	0.0015	9x10 ⁻⁶
Beton	2.4	0.002	4.5x10 ⁻⁶
Cam	2.5	0.0018	4.5x10 ⁻⁶

4.1.1.3. Plastikler

Genellikle metal olmayan bileşenlerden oluşan kovalent bağlı malzemelerdir. Plastikler kovalent bağın sürekliliğine ve atomların dizilişine göre iki tür moleküler yapıya sahiptirler. Böylece lineer polimer ve uzay ağı polimerleri olmak üzere iki şekilde ele alınır.

Lineer polimerlerde kovalent bağlar bir zincir şeklinde dizilerek zayıf bağ özellikleri gösterirler. Isıtılınca zayıf bağlar koptuğundan kolayca yumuşarlar, soğuyunca sertleşirler ve tekrar kullanılabilirler. Polietilen, polivinilklorür ve polistiren termoplastik olarak adlandırılan bu sınıfa girerler.

Uzay ağı polimerlerinde ise kovalent bağlar üç boyutlu dizilerek daha kararlı bir bağ özeliği gösterirler. Isıtılmayla yumuşamazlar, aşırı sıcaklıklarda bağları koparak parçalanır ve tekrar kullanılamazlar. Bakalit, epoksi ve polyester termoset olarak adlandırılan bu sınıfa girerler.

Polimerlerin özgül ağırlıkları 2 gr/cm^3 altında olup hafiftirler. Isıl ve elektriksel iletkenlikleri düşüktür, ısı yalıtım malzemesi olarak kullanılmaya elverişlidirler. Saf halde genellikle saydamdırlar ve ışığı yansıtımazlar.

Mukavemetleri ve elastisite modülleri düşüktür[37].

Çizelge 4.3: Bazı plastiklerde malzeme özellikleri[38]

Malzeme	Özgül ağırlık gr/cm^3	Isıl iletkenlik $\text{Cal.cm/}^\circ\text{C.cm}^2.\text{sn}$	Isıl genleşme $\text{cm/cm/}^\circ\text{C}$
Melamin-formaldehit	1.5	0.0007	27×10^{-6}
Fenol-formaldehit	1.3	0.0004	72×10^{-6}
Üre-formaldehit	1.5	0.0007	27×10^{-6}
Polietilen	0.9	0.0008	118×10^{-6}
Polistiren	1.05	0.0002	63×10^{-6}
Polivinilklorür	1.7	0.0003	189×10^{-6}
Kauçuk	1.5	0.0003	-

4.1.2. Isı Yalıtım Özelliğinde Etkili Olan Yapısal Özellikler

Yapılarına göre değerlendirildiğinde ısı yalıtım malzemeleri temel olarak;

- Lifsel,
- Hücresel, olmak üzere ikiye ayrılır.

Malzemelere ısı yalıtım özelliğini bünyesindeki boşluklu yapısı vermektedir. Çünkü bu boşluklar, havayı veya ısı iletkenlik katsayısı düşük olan gazları hapsederek taşınım yoluyla gerçekleşen ısı akımına karşı direnç oluştururlar.

Lifsel malzemelerde, ısı iletkenliği düşük ve esnek bitkisel, hayvansal veya mineral kökenli liflerin boşluklu yapı oluşturacak şekilde bir bağlayıcı matris içinde dağılmasıyla ve bu liflerin birbirine bağlanmasıyla ısı yalıtım malzemesi oluşur.

Hücresel malzemelerde, mineral veya plastik kökenli maddeler şişirilerek hücre çeperlerinin içinde ısı iletkenliği düşük gazların hapsedilmesiyle ve bu hücrelerin birbirine bağlanmasıyla ısı yalıtım malzemesi oluşur. Genel olarak ele alındığında

Lifsel malzemelerin,

- Birim hacim ağırlıkları yüksek,
- Dayanımları düşük ve değişken,
- Buhar geçirgenlik dirençleri düşük,
- Isıl genleşme katsayıları düşük,
- Birim maliyeti düşük,
- Yüksek sıcaklıklara ve yangına dayanımlı,
- Ses yutuculukları yüksek,
- Bağlayıcı madde boşluk özelliğine göre sudan etkilenir oldukları söylenebilir.

Hücresel malzemelerin ise,

- Birim hacim ağırlıkları düşük,
- Dayanımları yüksek ve kararlı,
- Buhar geçirgenlik dirençleri yüksek,
- Isıl genleşme katsayıları yüksek,
- Birim maliyeti yüksek,
- Yüksek sıcaklıklara ve yangına dayanımsız,
- Ses yutuculukları düşük,
- Kapalı gözenek özelliğine göre sudan etkilenmez oldukları söylenebilir[29].

4.1.2.1. Gözeneklerin Etkisi

Yalıtkan malzemenin katı kısmına oranla hava boşluğu veya hava hücrelerinin çokluğu, yalıtkanlık değerini artırır. Yalıtkanın katı kısmının bir faz, boşlukların da ayrı bir faz olarak kabul edilmesi durumunda malzeme, kompozit malzeme olarak düşünülebilir. Fazlardaki porozitenin izotrop olduğu (boşlukların düzgün dağıldığı) durumda en iyi sonuç elde edilmektedir.

Mineral lifli ısı yalıtım malzemelerinde gözenek çapına göre yapılan deneylerde ortalama ısı iletkenlik değeri şu şekilde bulunmuştur:

Gözenek Çapı (mm)	0.5	1.0	5.0	10.0	20.0	50.0
Isı İletkenlik W/mK	0.256	0.028	0.044	0.069	0.116	0.302

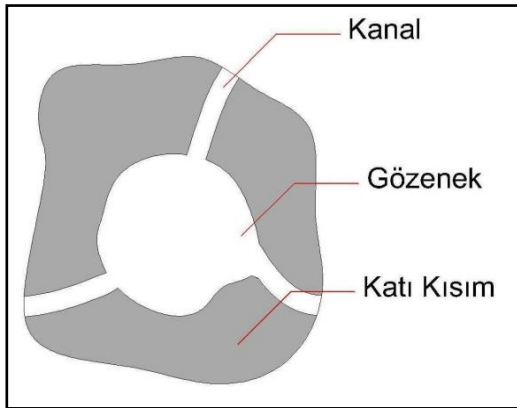
Gözeneklerin şekli ve liflerin yönü benzer olmak şartıyla benzer sonuçlar diğer lifli malzemelerde de elde edilir[39].

Bilindiği gibi gözenekli bir malzeme bünyesinde ısı akımı iletim, taşınım ve ışıınım ısı akımlarının farklı birleşimleri şeklinde gerçekleşir. Bu kombinasyonlar;

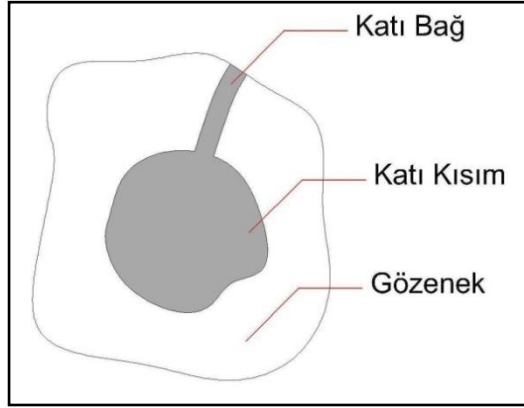
1. Katı kısımda gerçekleşen ısı iletimi
2. Gözenek içindeki sıvı veya gaz akışkanda gerçekleşen ısı iletimi
3. Gözenek içindeki sıvı veya gaz akışkanda gerçekleşen ısı taşınımı
4. Gözenek çeperlerinden gerçekleşen ısı ışıınımı, şeklinde olabilmektedir.

Normal koşullar altında boşluk çapının 3mm'den küçük olduğu durumlarda, gözenekler içinde taşınım ve ışıınım ısı akımlarının etkisi göz ardı edilir. Böylece iletim ısı akımı, ısı akışının mekanizmasında baskın role sahip olur.

Şekil özellikleri bakımından gözenekler açık gözenek ve kapalı gözenek olmak üzere ikiye ayrılır.



Şekil 4.1: Kapalı Gözenek[40]



Şekil 4.2: Açık Gözenek[40]

Kapalı gözeneklerde boşluk, dar kanallar yardımıyla geniş hacmin içine açılır ve diğer boşlukları birbirine bağlar. Boşlukların çevresi katı cisim tarafından kuşatılmıştır(Şekil 4.1). Açık gözeneklerde ise katı kısım, katı bağlar yardımıyla

birbirine bağlanır. Katı cismin çevresi boşluklar tarafından her yönde birbirlerine bağlanmasıyla kuşatılmıştır(Şekil 4.2).

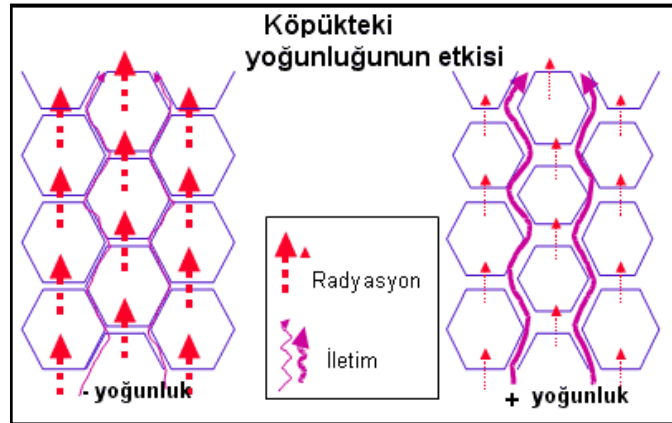
Kapalı gözenekli cisimlerde ısı akımı katı cisim boyunca gerçekleşir. Burada boşluğun görevi ısı akış yönünü kesintiye uğratmaktır. Açık gözenekli cisimlerde ise ısı akımı boşluklar içindeki sıvı veya gaz akışkanlar bünyesinde gerçekleşir. Burada boşluğun görevi ısı akışını kararlı bir şekilde azaltmaktır[40].

Kapalı gözeneklerin malzemede su geçirimsizlik direnci yarattığı bir gerçektir ancak ses yalıtımının istendiği durumlarda açık gözenekli malzemeler tercih edilmelidir.

4.1.2.2. Birim Hacim Ağırlığın Etkisi

Bir malzemenin birim hacim değeri, malzemenin boşluk miktarıyla yani porozitesinin artmasıyla azalır. Birim hacim ağırlığı azaldıkça ısı iletkenlik de azalır.

Hareketsiz hava çok iyi bir ısı iletkenlik değerine sahiptir. Ortam sıcaklığında 0,023 W/m°K seviyesinde olan ısı iletkenliği, malzeme içindeki miktarı ile etkili olmaktadır[39].



Şekil 4.3: Köpük Malzemelerde Yoğunluğun Etkisi[41]

Ancak Şekil 4.3'te ifade edildiği gibi, köpük yalıtım malzemelerinde yoğunluğun 25 kg/m³ 'ün altına düşmesi halinde hücreler arasındaki zarın incelmesi sonucunda ışınlı iletim artacağından ısı iletkenlik değeri kötüleşmektedir[41].

4.1.2.3. Kimyasal Bileşimin Etkisi

Bir yalıtkanın ısı iletkenlik katsayısı üzerinde bir taraftan ısı yalıtkanın katı kısmının, diğer taraftan boşlukları dolduran gazın bileşiminin önemli etkisi vardır.

Yalıtkanın Katı Kısımının Kimyasal Bileşimin Etkisi

Metallerin ve alaşımların ısıyı çok iyi bir şekilde ilettikleri bilinmektedir. Isıl iletim metallerde sadece metal atomlarında ısıl salınımların aktarılması ile değil, aynı zamanda, serbest elektronların bu enerjiyi taşıması ile açıklanmaktadır.

Serbest elektron içermeyen seramiklerde, camlarda ve plastiklerde ısı iletkenlik katsayısı, metallere oranla, çok küçük olmaktadır. Bunların strüktürü yani bileşenlerin birbirine göre durumu ve şekli, kristal veya amorf oluşu ısı iletkenlik katsayısını büyük ölçüde etkiler. Kristalize cisimlerin ısı iletkenliği, gerçekte aynı malzemenin amorf durumuna göre daha fazladır ve sıcaklığın yükselmesi ile azalmaktadır.

Boşluklardaki Gazın Etkisi

Malzemenin boşluklarında havadan başka bir gaz bulunduğu zaman, malzemenin ısı iletkenlik katsayısının bu gazın cinsine göre farklılıklar gösterdiği gözlenmiştir. Gerçekte gazların da türlerine göre farklı ısı iletkenlik katsayıları vardır.

Poliüretan köpüklerde boşlukların freon gazı ile doldurulmasıyla ısı iletkenlik katsayısının 0,018 W/m²K seviyesine kadar indiği görülür, oysa aynı koşullarda boşluklarında hava olan poliüretan köpüğün ısı iletkenlik katsayısı 0,033 W/m²K'dır[39].

4.1.2.4. Sıcaklığın Etkisi

Yalıtım malzemelerinde sıcaklık yükseldikçe, genelde, ısı iletkenlik katsayısı da artar. Bunun nedeni, başlıca, ısıl enerjinin bir kısmının ısıl ışınlamaya dönüşmesidir. Bu kayıp ise bilindiği gibi, °K ile ifade edilen mutlak sıcaklık derecesinin dördüncü kuvveti ile orantılı olmaktadır. Bu yoldan hareketle, yalıtkanın gözeneklilik boyutu ve sıcaklığın fonksiyonuna bağlı olarak ısı iletkenlik katsayısının değişimi arasında bir bağlantı bulunmuştur[39].

4.1.2.5. Nem Etkisi

Boşluklu malzemelerin ısıl iletkenlik katsayısı değeri üzerine nemin büyük etkisi vardır. Isı iletkenlik katsayısı 0,023 W/m²K olan kuru havanın yerine boşluklarda ısı iletkenlik katsayısı 0,0163 W/m²K olan kuru buharın yer alması ile ısı iletkenlik değerinin azalması gereği, başlangıçta, eski deney ve bilgilere ters düşmektedir.

Yapılan araştırmalarda, yalıtıkandaki nem oranının %2'ye kadar artması halinde ısı iletkenlik katsayısının oldukça düştüğü fakat bu değerden sonra şiddetle arttığı görölmüştür.

Nem bir yalıtıkana nüfuz ettiğı zaman, su buharı gaz halindedir. Sıcak taraftan soğuk tarafa geçtiğinde, su buharı yüzdesi artar ve yoğuşma sıcaklığının altında da yoğuşur ve yalıtıkani nemlendirir. Nem oranı arttıkça, su boşlukları doldurmaya başlar, bu durumdan sonra su oranı kadar ısı iletkenlik değeri de artmaya başlar. Bunun nedeni de suyun ısı iletkenlik katsayısının 0,587 W/m°K olmasıdır. Bu değeri havanın yaklaşık 25 katıdır ve boşluklar tamamen su ile dolunca, ıslanmış yalıtıkani yalıtım özelliğı oldukça düşer[39].

4.1.2.6. Yüzey Özelliklerinin Etkisi

Opak malzemelerde ışınlama ilgili olan davranışı belirleyen üç özellik vardır; emicilik(α), yansıtıcılık(r), yayıcılık(ϵ). Işınım opak yüzeylerde emicilik ve yansıtıcılıkla ilgilidir. Çoğu yüzey ışınlama bir kısmını emerken diğeri kısmını yansıtır. Bu nedenle formüle edildiğinde ($r = 1 - \alpha$) bağıntısı elde edilir. Yayıcılık ise malzemenin ışınlama enerjisi yaymasını ifade eden bağıl bir güçtür. Belirli dalga boylarında emicilik ve yayıcılık eşittir ($\alpha = \epsilon$), ancak çoğunlukla değışiklik gösterir.

Her yüzey ışınlama yayar ve yoğunluğu sıcaklığa bağıl olarak değışir. Normal sıcaklıklarda yayınım uzun dalga boyuna sahip kızılötesi ışınlama şeklinde olur. Tümüyle siyah bir yüzeyin yayınım değeri 1'dir, oldukça parlak metal yüzeylerde bu değeri 0.05 olabilir. Genellikle yapı malzemelerinde bu değeri 0.95'tir.

Işınım, dalga boyuna bağıl olarak yüzeyde seçilimle emilir. Beyaz badanalı bir yüzey kısa dalga güneş ışınlamını 0.12 değeriyle emerken, diğeri yüzeylerden gelen uzun dalga ışınlamlarını 0.95 civarında bir değeriyle emer. Bu nedenle bu yüzey, uzun dalga ışınlamları için 0.95 yayıcılıkla iyi bir yayıcıdır ve soğuk yüzeye kolayca ısı geçişi olur. Ama aynı zamanda güneş ışınlamları için oldukça iyi bir yansıtıcıdır.

Öte yandan cilalı metal bir yüzeyin hem kısa hem de uzun dalga boyları için hem emicilik hem de yayıcılık değeri oldukça düşüktür. Bu nedenle iyi bir yansıtıcı olması sebebiyle ışınlama ısı kaybı oldukça zor olur.

Yüzey rengi, güneş ışınlamı konusunda belirgin ipuçları verir. Renk ne kadar açıksa emicilik o kadar düşük ve yayıcılık o kadar yüksektir. Ancak renk, yüzeyin uzun

dalga ışınlamalarındaki davranışlarını etkilemez. Bu nedenle siyah ve beyaz boya oldukça farklı güneş ışınlamı emiciliğine sahiptir ve siyah yüzey güneş ışınlarına maruz kaldığında daha çok ısınır. Ancak iki rengin de uzun dalga ışınlamaları eşittir ve gece boyunca eşit şekilde soğurlar[44].

Çizelge 4.4: Tip ve Renklerine Göre Yüzeylerin Kısa Dalga Emicilik / Uzun Dalga Yayıcılık Değerleri (Kaynak: Man, Climate and Architecture, Barush Givoni, 1969)

Malzeme veya renk	Kısa Dalga Emicilik	Uzun Dalga Yayıcılık
Parlak alüminyum folyo	0.05	0.05
Okside alüminyum folyo	0.15	0.12
Parlak galvanize çelik	0.25	0.25
Alüminyum boya	0.50	0.50
Yeni beyaz badana	0.12	0.90
Beyaz yağlı boya	0.20	0.90
Açık gri renk	0.40	0.90
Koyu gri renk	0.70	0.90
Açık yeşil renk	0.40	0.90
Koyu yeşil renk	0.70	0.90
Siyah renk	0.85	0.90

4.2. Isı Yalıtım Malzemelerinde Aranılan Performans Gereklilikleri

Isı yalıtım malzemeleri olarak adlandırılan yapı malzemelerinde kullanımlarına ilişkin bir takım özelliklerin bulunması gerekir. Ancak bu özelliklerin tümünün bir malzemede bulunması da mümkün değildir. Bu nedenle, içinde bulunan koşullara göre ısı yalıtım sistemleri optimum çözümleri gerçekleştirmelidir.

Isı yalıtım malzemelerinin kimi özellikleri, kullanılacağı yapı bileşeninin gerekliliklerine göre bazen olumlu bazen de olumsuz koşullar yaratacaktır. Bu nedenle performans olarak değerlendirilirken sadece ısı yalıtım malzemesi olarak değil, bütün halinde yapı bileşeni değerlendirmeye alınmalıdır.

Ancak her ısı yalıtım malzemesinin sahip olması gereken bir takım performans gereklilikleri vardır. Bunlar Çizelge 4.5'te listelenmiştir. Tüm özellikleri listelenen bir yalıtım malzemesinin hangi detayda kullanılacağına karar vermek daha kolaydır ve uygun çözüm için ipuçları içermektedir.

Çizelge 4.5: Isı Yalıtım Malzemelerinden Beklenen Performans Gereklilikleri

Fiziksel işlevsellik	-Yüksek ısı tutuculuk -Düşük birim ağırlık -Koşullara uygun buhar geçirimsizliği -Yeterli basınç dayanımı -Yeterli çekme dayanımı -Boyutsal kararlılık
Dayanıklılık	-Su ve neme dayanıklılık -Kimyasal etmenlere dayanıklılık -Biyolojik etkilere dayanıklılık -Yüksek sıcaklığa dayanıklılık-yangın emniyeti -Çürümezlik -Uzun ömürlülük
Ekolojik Açıdan Uygunluk	-Çevre ve ekosistem açısından zararsızlık -Sağlık açısından zararsızlık -Az enerji tüketimi -Bakım gerektirmezlik ve kullanım sonrası değerlendirilebilirlik
Uygulama Kolaylığı	-Kolay işlenebilirlik -Üzerine uygun katmanların uygulanmasına olanaklılık
Ekonomiklik	-Ucuzluk ve kolay temin edilebilirlik

4.2.1. Fiziksel İşlevsellik

4.2.1.1. Yüksek ısı tutuculuk

Isı tutuculuk malzemenin ısı yayılma gücü, ısı iletkenlik ve buna bağlı olarak ısı direnciyle ilişkilidir. Malzemenin kalınlığı artırılarak ısı tutuculuğu arttırmak mümkündür ancak bu yapıya gereğinden fazla yük taşıtılmasına ve yer kaybına sebep olur.

Isı yalıtım malzemelerinin genelde yüksek düzeyde ısı tutuculuğa sahip olmaları istenir. Düşük sıcaklıkların yalıtılmasında kullanılan malzemeler ile yüksek sıcaklıkların yalıtılmasında kullanılan malzemelerin cinsleri önemli farklılıklar gösterir.

Yüksek sıcaklık söz konusu olduğunda malzemenin yanmazlığı önem kazanırken, düşük sıcaklıklarda (örneğin bina dış duvarında) yanmazlık önemini yitirir. Bu nedenle ısı yalıtım malzemelerinin ısı tutuculuk seviyesinin hangi düzeyde olması gerektiği kullanım yerinin koşulları ile belirlenir.

Binalarda genel olarak 0,1 W/mK ve altındaki değerlerde olan ve yer kaybını azaltmaya yönelik malzemeler kullanılır[30].

ISO ve CEN standartlarına göre ise ısı yalıtım malzemeleri, ısı iletkenlik katsayıları 0,065 W/mK'den düşük olan malzemeler olarak tanımlanmaktadır.

4.2.1.2. Düşük Birim Ağırlık

Isı yalıtım malzemenin bünyesel boşluklu yapıları gereği birim hacim ağırlığının düşük olması gerekmektedir. Bazı ısı yalıtım malzemeleri rijit, bazıları ise gevşek yapıdadır. Ancak, bu malzemelerin yalıtım görevini yerine getirebilmeleri için hafif olmaları zorunludur[30].

Isı yalıtım malzemelerinde, birim hacim ağırlığın az olması boşluk oranının yani ısı yalıtım özelliğini yaratan hareketsiz hava boşluklarının fazla olduğunu gösterir. Isı yalıtım malzemelerinde birim hacim ağırlık 10 – 500 kg/m³ arasında değişmektedir.

4.2.1.3. Koşullara Uygun Buhar Geçirimsizliği

Buhar difüzyon direncinin hangi seviyede olacağı ısı yalıtım malzemesinin kullanılacağı yerin koşullarına bağlı olarak belirlenir. Bazı koşullarda ısı yalıtım malzemesinin su buharını tamamen geçirmesi istenebileceği gibi, bazı koşullarda hiç geçirmemesi istenebilir. Bu durum o yapı bileşeninin çevrelediği mekanın koşullarından ve yapı bileşeninin konstrüksiyon tipinden kaynaklanır[30].

Su buharı difüzyon direnci, yapı tabakasındaki su buharı geçişinin havaya göre direncinin kaç kat fazla olduğunu tanımlar. Isı yalıtım malzemesinin sahip olduğu buhar geçirgenlik direncinin kullanılması tasarlanan yapı bileşeni kesiti ile bir bütün halinde ele alınarak gereken yoğunlaşma denetimlerinin yapılması gerekir. Çünkü malzeme ister yüksek, ister düşük buhar geçirgenlik direncine sahip olsun kullanıldığı iklim şartları ve malzeme katmanlaşması dâhilinde değerlendirilmediğinde yapı fiziği açısından olumsuz koşullar oluşabilecektir.

Yapı bileşeninin havalandırılma durumu ve diğer malzemelerin buhar geçirim özellikleri göz önünde tutularak uygun yalıtım malzemesine karar verilmelidir. Buharın yoğunlaşması sonucu oluşacak nemlenme, malzemenin yalıtım özelliklerini yitirmesine sebep olur. Isı yalıtım malzemelerinde buhar geçirgenlik direnci 1 – 300 değerleri arasında değişmektedir.

4.2.1.4. Yeterli Basınç Dayanımı

Basınç dayanımı, yalıtımın servis süresi boyunca göstereceği etkinliği belirleyen bir özelliktir. Malzemenin sahip olması beklenen basınç dayanımı düşük veya yüksek olabilir. Yalıtım malzemesinin zarar görmeden yükleri karşılaması gereken durumlarda yüksek basınç dayanımına sahip olması beklenir. Ancak bazı malzemeler basınç yükleri karşısında gösterdikleri boyutsal değişiklikler(esneme kabiliyeti) sayesinde yapısını koruyarak yalıtım özelliklerini kaybetmez; bu durumda da yüksek basınç dayanımı beklenmez[45].

Binalarda özellikle yatay ya da az eğimli yapı elamanlarının (döşeme ve çatı gibi) oluşturulmasında yeterli basınç dayanımına sahip ısı yalıtım malzemesine gereksinim vardır. Döşeme üzerinde bulunan statik ve dinamik yüklerin etkilerine karşı ısı yalıtım malzemesinde belirli bir direncin bulunması yapılan konstrüksiyonun sürekliliği açısından şarttır.

Mukavemetin yetersiz olduğu durumlarda, ya malzemenin basınç mukavemetini arttırmaya yönelik önlemler alınmalı (bakalitle güçlendirmek gibi) ya da yayılı ve noktasal yüklerin ısı yalıtım malzemesini ezmesine karşı belirli kalınlıkta rijit katmanlar (koruyucu şap gibi) uygulanmalıdır. Bazı durumlarda bu iki uygulamanın bir arada yapılması gerekebilir. Düşey yapı bileşenlerinde ısı yalıtım malzemelerinin kullanılmasında bu anlamda önlemlere genelde gerek yoktur[30].

Basınç dayanımı, malzemenin basınç yükleri altında kalınlığında azalma olup olmayacağı konusunda fikir verir. Kalınlığın yükler altında belirlenen sınır değerler dışında değişmesi ise ısı direnci olumsuz yönde etkileyeceğinden, ısı yalıtım malzemesinin basınç dayanımı bulunduğu kesit bütünü göz önüne alınarak değerlendirilmelidir. Isı yalıtım malzemelerinde basınç dayanımı 0,0005 – 1,7 N/mm² değerleri arasında değişmektedir.

4.2.1.5.Yeterli Çekme Dayanımı

Çekme dayanımı, yalıtımın servis süresi boyunca göstereceği etkinliği belirleyen bir diğer özelliktir. Özellikle düşey yapı bileşenlerinde yalıtım malzemelerinin üzerlerine çeşitli katmanların uygulanması söz konusu olduğunda çekme dayanımı önem kazanır.

Genleşmeye karşı dayanıklılık ve özellikle eğilmeden kaynaklanan çekilme gerilmelerinin karşılanabilmesi için ısı yalıtım malzemesinin yeterli bir çekme mukavemetine sahip olması gereklidir[30].

4.2.1.6. Boyutsal Kararlılık

Boyutsal kararlılık, hem uygulama hem de servis süresi boyunca etkili olabilecek bir özelliktir. Malzemenin şekil verildikten sonra kesilmesi ve uygulanması; uygulandıktan sonra da ısı ve nem etkilerine bağlı olarak boyutsal değişikliklere uğramadan servis süresince etkinliğini sürdürmesi beklenir[45].

Isı yalıtım malzemelerinin değişik dış etkenlerle hacim ve şekil değiştirmemesi beklenir. Islandığı zaman şişen ve üzerine basıldığı zaman ezilen bir ısı yalıtım malzemesi özelliğini yitirecektir. Bu durumda konstrüktif önlemler alınması gerekecek, bu ise maliyeti arttıracaktır[30].

Isı yalıtım malzemelerinde boyutsal kararlılık yüzdece ifade edilmekte olup ilgili standartlarla belirlenmektedir.

4.2.2. Dayanıklılık

4.2.2.1. Su ve Neme Dayanıklılık

Isı yalıtım malzemelerinin işlevlerini yerine getirebilmeleri ve de sürdürebilmeleri için nemlenmemeleri ve ıslanmamaları gerekir. Aksi takdirde malzemenin kuru hareketsiz hava içeren boşlukları su ile dolduğu ya da nemlendiği için malzeme kendisinden beklenen yalıtım görevini yerine getiremez hale gelir. Bu durumdan kaçınmak için malzemenin uygun bünye yapısında ve cinsten olması, bunlar sağlanamadığı takdirde ısı tutucu malzemenin su ve nemden kesinlikle korunması gereklidir[30].

Malzemenin su ve neme dayanıklılığının belirlenebilmesinde standartlarca belirlenen bir takım ölçütler vardır. Su buharı geçirgenlik direnci malzemenin yoğunlaşma ile nemlenmesinin değerlendirilmesinde kullanılırken, doğrudan su etkisinde gösterdiği davranışı incelemek amacıyla bir takım deneylerin yapılması gerekmektedir. Bu nedenle yapılan kısa süreli ve uzun süreli su absorpsiyonu deneyleri sonucunda elde edilen değerler her malzeme ve koşul için belirlenen değer aralığında olmalıdır. Aksi

takdirde malzeme su ve nemlenme etkisi altında ısı iletkenlik özelliğini yitirebilecektir.

4.2.2.2. Kimyasal Etkilere Dayanıklılık

Diğer bütün malzemelerde olduğu gibi ısı yalıtım malzemelerinde de kimyasal etkilere açık olması malzemenin zamanla niteliğini yitirmesi nedeniyle önemlidir. Bu nedenle malzemelerin asitler, çözücüler ve yakıcı maddeler gibi kimyasal etkilere maruz kalabileceği durumlara göre gereken testler ve değerlendirmeler yapılmalıdır.

4.2.2.3. Biyolojik Etkilere Dayanıklılık

Isı yalıtım malzemelerinin gerek türlerine gerekse bünye yapılarına bağlı olarak çeşitli hayvan, böcek, vb. parazitleri barındırmaması, küf oluşumuna izin vermemesi ve bunların etkisiyle özelliklerini kaybetmemeleri beklenmektedir[30].

Bu nedenle, özellikle organik yapıdaki malzemeler üretim sırasında çeşitli işlemlerden geçirilmeli veya uygulama sırasında bu tür etkilere karşı koruyucu bir takım önlemler alınmalıdır.

4.2.2.4. Yüksek Sıcaklığa Dayanıklılık – Yangın Emniyeti

Isı yalıtım malzemeleri değişik kökenli malzemelerden oluşmaktadır. Organik, anorganik veya sentetik oluşlarına göre bu tür malzemeler yanıcı ya da yanmaz olabilirler. Genelde bu tür malzemelerin yanmaz oluşu ideal bir durum olmakla birlikte, kullanma yerinin gerektirdiği alt ve üst sıcaklık limitlerine uygun olmak koşuluyla değişik ısı tutucular kullanılabilir[30].

Yapılan araştırmalara göre yangın sırasındaki ölümlerin büyük bir bölümü yoğun duman ve zehirli gazlar nedeniyle olduğundan, yalıtım malzemelerinin yangın sırasında yaydığı koyu duman ve gaz miktarı da önem taşımaktadır. Bu nedenle yalıtım malzemelerinin yangına dayanıklılığının yanı sıra koyu duman çıkarmama ve zehirli gaz yaymama özelliklerine de sahip olmaları beklenir[21].

Yalıtkanların yanması sırasında ortaya çıkan azot oksitleri, kükürtdioksit, siyanidrik asit, hidroklorik asit ve karbon monoksit bileşimli gazların, canlılar üzerinde çok tehlikeli oldukları bilinmektedir. Dumanın bileşiminde bulunan su buharı ve hidrokarbürler daha az tehlikeli veya zararsızdır. Her bir malzeme deney koşullarında yakılarak çıkan en zehirli ürünlerden herhangi birinin derişliğini belirleyerek, yalıtım

malzemesinin zehirlilik seviyesini(toksisite) iyi bir şekilde elde etmek mümkündür. Bir yalıtım malzemesinin kaplama ile korunması, zehirli ürünlerin yayılmasını önemli ölçüde azaltabilir. Örneğin, plastik köpükle yalıtılmış bir hacimde yapılan yangın deneylerinde yalıtım malzemesinin 6 mm kalınlıkta bir kontrplakla korunması halinde yangın başlangıcından 20 dakika sonra malzemenin zehirli dumanlar yaymaya başladığı ve çıplak halde gösterdiği davranışa göre daha korunaklı olduğu gözlenmiştir.

Isı yalıtım malzemeleri yangın davranışlarına göre incelenmek üzere kökenlerine göre üç farklı sınıfta ele alındığında; hayvansal ve bitkisel kökenli malzemeler yanma sıcaklıklarına eriştiklerinde yanabilmektedirler. Mineral kökenli yalıtım malzemeleri 250 °C'ye kadar dayanabilmekte ancak bağlayıcıları yüksek sıcaklıklarda bozulabilmektedirler. Çoğu mineral kökenli malzemeler 600-700 °C'de erirler. Genel olarak yüksek sıcaklıklara dayanıklıdır, yangın halinde yapılarının bozulmasına rağmen yanıcı değildir. Polimer kökenli ısı yalıtım malzemeleri ise sürekli kullanım sıcaklıkları genellikle 60 °C seviyesinde olan, 120 °C'den sonra ayrışmaya, sonrasında zehirli gaz çıkarmaya, daha sonra da yanmaya başlayan malzemelerdir[42].

Yanıcılık sınıflarına göre gösterdikleri davranışlar bakımından değerlendirdiğinde;

A1 sınıfı malzemeler: Hiç yanmaz; alevlenmez, yanmaz, ısıldamaz, kömürleşmez.

A2 sınıfı malzemeler: Zor yanıcı; yalnız alev kaynağının değdiği sürece yanar, ısıldamaz, kısmen tahrip olur, ateşi iletmez ve yangın yüküne katkısı olmaz.

B sınıfı malzemeler: Yanıcı; alev kaynağı ortadan kalktıktan sonra da yanmaya devam eder, yoğun duman ve zehirli gaz oluşur. B sınıfı malzemeler “B1-zor alevlenici, B2-normal alevlenici ve B3-kolay alevlenici malzemeler” olmak üzere gruplandırılır[43].

4.2.2.5. Çürümezlik

Isı tutucu malzemenin uzun yıllar hizmet verebilmesi için çeşitli elementlerin etkisi altında çürümemesi ya da çözülmemesi gerekmektedir[30].

Bazı yalıtım malzemeleri metallere temas etmesi durumunda paslanmaya sebep olabilir. Böyle durumlarda ya temas etmeleri önlenmeli ya da uygun bir kaplamayla korunmalıdır[45].

4.2.2.6. Uzun Ömürlülük

Isı tutucu malzeme seçimi yaparken malzemenin bina ömrüyle bağdaşacak, uzun zaman bozulmadan görevini yerine getirecek nitelikte olmasına özellikle dikkat edilmelidir[30].

Çünkü ısı yalıtımı ile yapılması öngörülen ısı korunumu yapı ömrü tamamlanmadan önce işlevini yitirirse çevresel ve ekonomik anlamda büyük olumsuzluklar yaratabilecektir.

4.2.3. Ekolojik Açıdan Uygunluk

4.2.3.1. Çevre ve Ekosistem Açısından Zararsızlık

Isı yalıtım malzemelerinde kullanılan hammadde, katkı malzemesi, şişirici gaz vs. etkisi ve üretim sürecine bağlı olarak çevre ve ekosistem açısından zararlı etkiler yaratmaması gerekmektedir. Isı yalıtımı yapılmasındaki temel ölçütün ısı korunumu sağlanması yoluyla çevresel zararların en aza indirgenmesi olması sebebiyle, çevre ve ekosistem açısından zararlı bir malzemenin kullanılması büyük bir tezat oluşturacaktır.

Malzeme hammadde kaynak tüketimi olarak ele alındığında tükenebilir türden hammadde kullanımı olmaması, gerektiğinde içerik olarak geri dönüştürülmüş malzeme kullanımına izin vermesi olumlu özelliklerdir. Gerek hammadde madenciliği gerek üretimde uygulanan işlemler sonucu hava/atmosfer, arazi/toprak ve su kalitesi olumsuz etkilenmemeli, çeşitlilik/habitat kaybına yol açmamalıdır.

4.2.3.2. Sağlık Açısından Zararsızlık

Isı yalıtım malzemelerinin yapının ömrü boyunca hizmet edeceği öngörüldüğünden insan sağlığına zarar verici etkilerinin bulunmaması gerekmektedir. Lifli malzemelerden kopan partiküllerin solunması, polimer malzemelerin genişletilmesinde kullanılan şişirici gazların serbest kalması ve toksik özellikteki malzemelerin temas edilmesi veya solunması halinde kanser etkisine varabilen sağlık sorunları meydana gelebilmektedir.

Isı yalıtım malzemeleri üretim ve uygulama aşamalarında işçilerin, uygulandıktan sonra kullanım aşamasında kullanıcıların ve daha büyük ölçekte ele alındığında toplumun sağlığını olumsuz yönde etkileyecek özelliklere sahip olmamalıdır.

4.2.3.3. Az Enerji Tüketimi

Isı yalıtım malzemelerinin üretim ve işleme, nakliye ve kullanım gibi aşamalarda az enerji tüketimi gerektirmesi beklenir. Ancak asıl önemli olan malzemenin yapının ömrü boyunca ısı korunumu yoluyla enerji tüketiminden tasarruf sağlamak olduğundan, malzemenin kullanım aşamasında sağlayacağı enerji tasarrufu esastır ve üretim, işleme, nakliye gibi süreçlerdeki tüketilecek enerji gereksinimi arka planda kalmaktadır.

4.2.3.4. Bakım Gerektirmezlik ve Kullanım Sonrası Değerlendirilebilirlik

Malzemenin güneş etkisi, nem, vb. diğer etkiler altında özelliklerini yitirmemesi için uygulandığı sistem içinde birtakım önlemler alınması ve periyodik bakımların yapılması gerekebilir. Bu nedenle ısı yalıtım malzemesi olabildiğince durabil ve bakım gerektirmeyen türden olmalıdır.

Kullanım ve servis süresi sonunda malzemenin değerlendirilebilirliği konusunda, hammadde kaynaklarının kısıtlı olması, yeniden üretimdeki enerji tüketiminden tasarruf ve atık oluşumunun azalması gibi katkıları olduğu düşünüldüğünde geri dönüştürülebilirlik, yeniden kullanılabilirlik ve yok edilebilirlik özellikleri ekolojik açıdan önemlidir ve bu nedenle malzemenin kullanım sonrası değerlendirilebilir veya sorunsuz şekilde yok edilebilir olması beklenir.

4.2.4. Uygulama Kolaylığı

4.2.4.1. Kolay İşlenebilirlik

Bir ısı tutucu malzemenin kullanma yerine uygulanabilmesi için değişik aletlerle kesilebilmesi, delinebilmesi, çakılabilmesi, yapıştırılabilmesi, oyulabilmesi, vb. işlemlerin kolaylıkla yapılabilmesine elverişli olması istenir. Güç işlenen malzemeler işçilik maliyetini arttıracığı için işlenebilirlik ısı tutucu malzemelerde aranan önemli bir özelliktir[30].

4.2.4.2. Üzerine Uygun Katmanların Uygulanmasına Olanaklılık

Bünye yapıları gereği kullanıldığı yerlerde mekanik etkilere açık olmaları ve bitirme malzemeleri olmadıkları için, birçok ısı tutucu malzemenin başka bir malzeme ile korunmaları gerekmektedir. Sıva tutuculuk özelliği çoğu ısı tutucu malzemede

bulunmakla birlikte son yıllardaki gelişmeler sonucunda gevşek ve yumuşak malzemelerin üzerlerine de sıva yapılması olanağını sağlamıştır[30].

4.2.5. Ekonomiklik

4.2.5.1. Ucuzluk ve Kolay Temin Edilebilirlik

Isı tutucu malzemelerde bulunması gereken yukarıda sayılan özelliklerin tek bir malzemede bulunması pratik olarak mümkün olmamasına rağmen, bu özelliklerin birçoğunu barındıran malzemeler fiyatları nedeniyle yaygın olarak kullanılmamaktadır. Bu nedenle ucuzluk da ısı tutucu malzeme seçiminde önemli bir ölçüt olmaktadır[30].

Bu nedenle ısı yalıtım malzemeleri arasında ekonomik değerlendirmeler yapıldığında, gerek hammaddeleri ve işleme süreçleri gerekse ulaşım maliyetleri bakımından karşılaştırmalar yapmak gerekmektedir.

4.3. Isı Yalıtım Malzemelerinin Sınıflandırılması

Isı yalıtım malzemelerini farklı yönlerine göre çeşitli şekillerde sınıflandırmak mümkündür. Örneğin, kökenlerine, yapısal özelliklerine, form çeşitlerine ve yaptığı yalıtım türüne göre, vs. gibi.

4.3.1. Isı Yalıtım Malzemelerinin Sınıflandırılmasında Kullanılan Farklı Yaklaşımlar

Isı yalıtım malzemeleri sınıflandırmalarında ele alınan yaklaşımlar çeşitli yönlerden farklılıklar göstermektedir. Kimi zaman aynı malzemenin başka kişiler tarafından farklı alt başlıklar altında irdelendiği görülmektedir.

- N. Toydemir, L. Tanaçan, E. Gürdal'a göre ısı yalıtım malzemeleri doğada varoluşlarına ve bünyesel yapılarına göre olmak üzere iki başlık altında sınıflandırılmıştır[30].

DOĞADA VAROLUŞLARINA GÖRE	BÜNYESEL YAPILARINA GÖRE
Doğada varolan malzemelerden üretilen ısı yalıtım malzemeleri	Lifsel yapıda olan ısı yalıtım malzemeleri
Doğada varolmayan ve yapay olarak üretilen ısı yalıtım malzemeleri	Daneli yapıda olan ısı yalıtım malzemeleri
	Köpük ya da sünger yapıda olan ısı yalıtım malzemeleri
	Kompozit yapıda olan ısı yalıtım malzemeleri

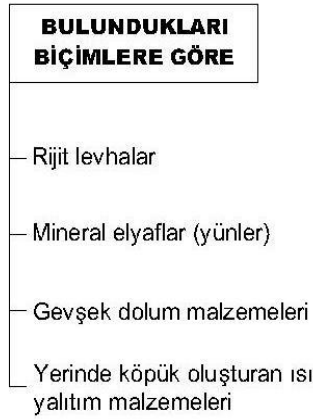
- T. Ilgaz'a göre ısı yalıtım malzemeleri bünye yapılarına, piyasada bulunuş şekillerine, fiziksel yapı yönlerine ve yapıda uygulanış yerine göre olmak üzere dört başlık altında sınıflandırılmıştır[46,47].

BÜNYE YAPILARINA GÖRE	PİYASADA BULUNUŞ ŞEKİLLERİNE GÖRE	FİZİKSEL YAPI YÖNLERİNE GÖRE	YAPIDA UYGULANIŞ YERİNE GÖRE
Anorganik ısı yalıtım malzemeleri	Hasır şeklinde ısı yalıtım malzemeleri	Nem kabul edenler (higroskopik)	Taşıyıcı yapı üstünde
Organik ısı yalıtım malzemeleri	Masif yaygı şeklinde ısı yalıtım malzemeleri	Nem kabul etmeyenler	Taşıyıcı yapı altında
Yapay sert köpükler	Plak şeklinde ısı yalıtım malzemeleri		Bizzat taşıyıcı yapı bünyesinde

- T. Neğiş'e göre ısı yalıtım malzemeleri, malzemenin yapısına ve malzemenin yapıldığı esas maddeye göre olmak üzere iki başlık altında sınıflandırılmıştır[48].

MALZEMENİN YAPISINA GÖRE	MALZEMENİN YAPILDIĞI ESAS MADDEYE GÖRE
Sert ısı yalıtım malzemeleri	Organik ısı yalıtım malzemeleri
Esnek ısı yalıtım malzemeleri	Anorganik ısı yalıtım malzemeleri
Serbest ısı yalıtım malzemeleri	Birleşik ısı yalıtım malzemeleri

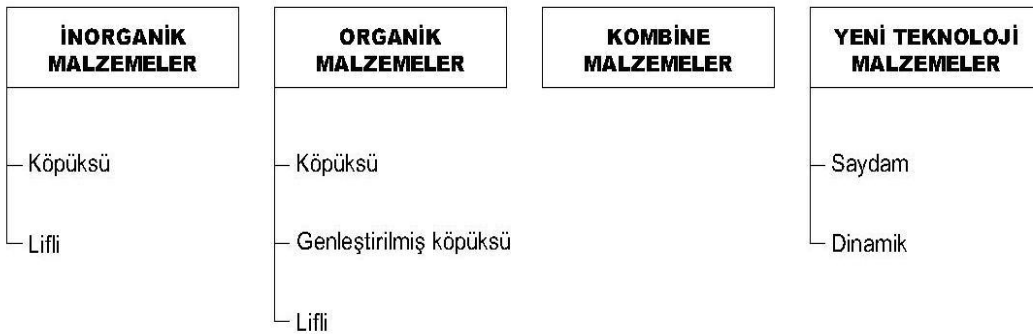
- C. Hornbostel’a göre ısı yalıtım malzemeleri sadece bulundukları biçimlere göre sınıflandırılmıştır[49].



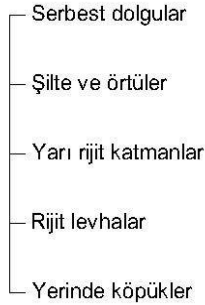
- T. Crone’a göre ısı yalıtım malzemeleri düşük yoğunluklu düşük iletkenlikli ve yansıtıcı ısı yalıtım malzemeleri olmak üzere iki başlık altında sınıflandırılmıştır[50].



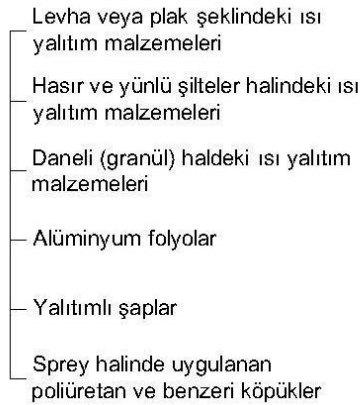
- A. M. Papadopoulos’a göre ısı yalıtım malzemeleri inorganik, organik, kombine ve yeni teknoloji malzemeler olmak üzere dört başlık altında sınıflandırılmıştır[51].



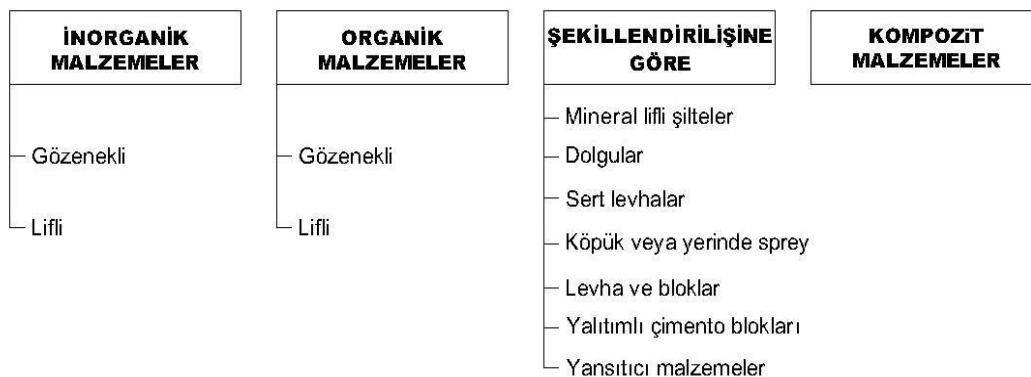
- H. Cowan’a göre ısı yalıtım malzemeleri serbest dolgular, şilte ve örtüler, yarı rijit katmanlar, rijit katmanlar ve yerinde köpükler olmak üzere beş grupta sınıflandırılmıştır[31].



- I. H. Seeley’e göre ısı yalıtım malzemeleri levha veya plak, hasır veya yünlü şilteler, daneli (granül) şeklinde ısı yalıtım malzemelerinin yanı sıra alüminyum folyolar, yalıtımlı şaplar, spre  halinde uygulanan köpükler olmak üzere altı grupta ele alınmıştır[52].



- M. S. Al-Homoud’a göre ısı yalıtım malzemeleri inorganik, organik, şekillendirilişine göre ve kompozit malzemeler olmak üzere dört başlık altında sınıflandırılmıştır[27].



Mevcut olan tüm bu sınıflandırmalar irdelendiğinde ve birbiriyle kıyaslandığında kimi zaman aynı özelliğin farklı kavramlar ile nitelendirilmiş olduğu görülmektedir ve bazı malzemelerin tam olarak hangi grup altında sınıflandırılması gerektiği konusunda bir takım tereddütler oluşmaktadır.

Örneğin T. Ilgaz açısından piyasada bulunuş şekillerine göre sınıflandırılmış malzemelerin, T. Neğiş'e göre malzemenin yapısına, M. S. Homoud'a göre ise şekillendirilişine göre sınıflandırıldığı görülmektedir.

Her zaman diliminde, herkes tarafından kabul görececek bir sınıflandırma yapılmasına gereksinim vardır. Bu nedenle bölüm 4.3.2.'de malzemeler karşı koyduğu ısı akımı türüne göre sınıflandırılmıştır.

4.3.2. Değerlendirme ve Öneri Sınıflandırma

Malzemenin karşı koyduğu ısı akımlarına göre bir sınıflandırma yapıldığında ve de malzemeler ve sistemler şeklinde anıldığında daha doğru bir yaklaşım elde edilecektir.

Bu nedenle malzemeler iletme karşı koyan malzemeler ve sistemler, taşınım karşı koyan malzemeler ve sistemler, ışıma karşı koyan malzemeler ve sistemler olmak üzere üç başlık altında ele alınmıştır.

Böylece verdiği hizmetin ısı kontrolü sağlamak olması sebebiyle, güneşten maksimum yarar ilkesiyle ısı yalıtımı yapan sıgal yalıtım sistemleri, gizli ısı kazancı yaratan ısı ışıınımına karşı ısı yalıtımı yapan yansıtıcı yalıtım malzemeleri ve yalıtım camları da ısı yalıtım malzemeleri başlığı altında bir araya toplanabilmiştir.



4.4. Isı Yalıtın Malzemeler ve Özellikleri

Isı akışı sırasında, ısı akımı şekil değiştirebilir. Örneğin güneş enerjisi, duvar yüzeyine ışınlama ulaşır, dış yüzey tarafından emilir ve duvar malzemesi içinde iletimle ilerler. Eğer duvarda havalandırma boşluğu varsa taşınım ve ışınlım şeklinde devam eder. İç yüzeye ulaştığında ise iletime dönüşür. Sonuç olarak mekân içerisinde yine taşınım ve ışınlıma dönüşerek transfer olur[44].

Isı yalıtın malzemeler baskın olan ısı akımının türüne göre sınıflandırıldığında, en doğru malzeme seçimi ancak malzemenin sahip olduğu ve taşıması beklenen özelliklerinin değerlendirilmesiyle mümkündür.

4.4.1. İletime Karşı Koyan Malzemeler

Isı yalıtım malzemelerinin en temel özelliği, ısı iletim katsayısıdır(λ). Isı iletim katsayısı bir malzemenin birbirine paralel iki yüzeyinin sıcaklıkları arasındaki fark 1 °C olduğunda, yüzeyin, birim alanından (1 m²) ve bu alana dik yöndeki birim kalınlıktan (1 m), 1 saatte geçen ısı miktarıdır. Bu özellik malzemenin ısı yalıtım özelliğini belirler. Isı iletim katsayısı yükseldikçe malzemenin ısı yalıtım özelliği azalır. ISO ve CEN Standardına göre ısı iletim katsayısı 0,065 W/mK değerinden küçük olan malzemeler ısı yalıtım malzemesi olarak tanımlanır. Diğer malzemeler yapı malzemesi olarak kabul edilir.

4.4.1.1. Dirençli Yalıtım Malzemeleri

Dirençli yalıtım, lifli, tabakalı, taneli veya hücreli yapıda hava boşluklu katı cisimlerle yapılır. Boşluklarda genellikle hava olmasının yanında ısı iletkenliği düşük gazlar da kullanılmaktadır. Kullanıldığı yere göre gerektirdiği özelliklere bağlı olarak çeşitli formlar tercih edilebilir. En çok kullanılan ısı yalıtım malzemesi formları;

- Rijit levhalar, bloklar, plakalar
- Esnek plakalar,
- Esnek örtüler, şilteler
- Gevşek dolgular,
- Köpükler,

olmak üzere beş grupta ele alınabilirler.

Örneğin, gevşek formda olup boşluklara dökülerek, sert levha formda olup yükleri karşılayan döşeme altında, şilte formda olup dikmeler arasında, vb. gibi sahip oldukları ve sağlaması beklenen özelliklere göre farklı formlarda kullanılabilirler[45].

Polistiren, poliüretan gibi hücreli malzemeler; genleştirilmiş perlit, genleştirilmiş mika gibi taneli malzemeler; cam yünü, taş yünü gibi lifli malzemeler rijit levhalar şeklinde üretilmektedirler. Rijit levhalar genellikle dış duvarlarda ve temellerde kullanılan, diğer formlara göre daha pahalı olan malzemelerdir. Rijit levha malzemeler, ısı yalıtımının yanı sıra ses yalıtımı ve strüktürel dayanım da sağlamaktadırlar. Daha az bir kalınlık içinde daha yüksek ısı direnç gösterebildiklerinden yüksek ısı direnç istenen yerler için kullanıma uygundur.

Hücreli ve lifli malzemeler, esnek plakalar olarak imal edilebilmekte ve ayrıca lifli malzemeler esnek örtü formunda uygulanabilmektedirler. Köpük formlar, dökme ya da püskürtme köpüklerden elde edilmektedirler. Gevşek dolgular ise genellikle taneli ve lifli malzemelerin serbest olarak boşluklar içine dökülmesi şeklinde kullanıma uygundur.

Isı yalıtım malzemelerinin özellikleri birtakım standartlar ile sınırlandırılmıştır. Isı yalıtım yeteneği, yoğunluk, mekanik dayanım, nem ve yangın dayanımı, ses yutuculuk gibi fiziksel özellikler bakımından malzeme seçimi söz konusu olduğunda

ilgili standartlara başvurmak yeterli olabilmektedir. Ancak konu, malzemenin çevre ve insan sağlığı etkilerine özellikleri bakımından ele alındığında daha geniş araştırmaların yapılması gerekliliği ve ekolojik özelliklerin de tercih yaparken göz önünde bulundurulması gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Bu bölümde malzemeye ilgili standartlarca belirlenmiş fiziksel özelliklerin yanı sıra, ISO 14025:2006[53] bağlantılı Life Cycle Analysis-LCA (Yaşam Döngüsü Analizi) değerlendirmesi kapsamında ekolojik özellikler de incelenecektir. Ekolojik olarak yapılan değerlendirmeler;

- Çevre ve Ekosistem Açısından Özellikleri
 - Hava kalitesi / atmosferik etkiler
 - Su kalitesi
 - Arazi ve toprak kalitesi
 - Hammadde kaynak tüketimi
 - Çeşitlilik / habitat kaybı
 - Sağlık Açısından Özellikleri
 - İşçi sağlığı
 - Kullanıcı sağlığı
 - Toplum sağlığı
 - Enerji Kullanımı Açısından Özellikleri
 - Üretim ve İşleme enerjisi
 - Nakliye enerjisi
 - Kullanım enerjisi
 - Bakım Gerekliliği ve İşletme Açısından Özellikleri
 - Durabilite
 - Bakım gerekliliği
 - Yeniden kullanılabilirlik / Geri dönüştürülebilirlik,
- bakış açılarından ele alınmıştır.

Bitkisel ve Hayvansal Lifler

Turb, saz ve kamış gibi bitkisel liflerin basınç altında preslenerek tabakalar ve levhalar haline getirilmesiyle; saman ve çeltik kapçığı gibi bitkisel liflerin çimento ile karıştırılmasıyla veya beton bloklar olarak üretilmesiyle, hindistan cevizi kabuğu ve palmye liflerinin bitümlü örtü veya tel örgü üzerine dikilmesiyle ısı yalıtım malzemesi olarak kullanılması mümkündür.

Yün, keçi kılı ve tiftik gibi hayvansal liflerin ise ıslatılarak keçe haline getirilmesiyle ısı yalıtım malzemesi olarak kullanılması mümkündür.

Kullanım oranı gün geçtikçe artan iki önemli malzeme olan pamuk ve selüloz ürünler de orijin olarak düşünüldüğünde bu başlık altında ele alınabilirler. Pamuk yalıtım malzemeleri, doğal pamuk liflerine ek olarak, özellikle tekstil ve pamuk imalathanelerinden elde edilen atık pamukların özel karışımından oluşur. Pamuk, mekanik bir yıkama işleminden geçirilir ve türlerine göre sınıflandırılarak ayrılır. İnce koyun postu gibi katmanlar elde edebilmek için işlemlerden geçirilir ve yine mekanik yöntemlerle örülür. Selüloz yalıtım malzemeleri de büyük oranda geri dönüştürülmüş atık kâğıtlardan elde edilir. Atık kâğıtlar ince şeritler haline getirilerek borik tuzlarla karıştırılır. Öğütme işleminden geçirilen malzemeler iyice karıştırılarak üç boyutlu talaş benzeri yapıda bir malzeme elde edilir. Selüloz talaşı çatı, duvar ve döşeme boşluklarında mekanik olarak şişirmek suretiyle de uygulanabilir. Her iki malzemenin de biyolojik etkilere ve yangına dayanıklılığı boraks gibi katkı malzemeleriyle sağlanır.

Yüzer şap altında, yükseltilmiş döşemelerde, asma tavanlarda, havalandırmalı çatılarda ve boşluklu duvar konstrüksiyonlarında kullanılabilirler.

Şekil 4.4'te serbest döküm selüloz yalıtım uygulanmış bir çatı arası görülmektedir.



Şekil 4.4: Tavan Arasında Kullanılmış Serbest Selüloz Yalıtım

Fiziksel Özellikler: Yoğunlukları 150-200 kg/m³, ısı iletim katsayıları ise 0,040-0,060 W/mK arasında değişmektedir. Organik oluşları nedeniyle nemden etkilenebilirler, bu nedenle su geçirimsizliklerinin çeşitli katkı malzemeleriyle arttırılması gerekir. Buhar geçirgenlik dirençleri 1-2'dir ve yoğuşma oluşması olası durumlarda kullanımları risklidir; ancak nefes alan konstrüksiyonlar için kullanımları idealdir.

Basınç dayanımlarının düşük olması sebebiyle (0,5-0,020 N/mm²) basınç etkisi altındaki kullanımlarında zarar görebilirler, bu nedenle de detaylandırmada çeşitli önlemlerin alınması gerekir.

Yangın dayanımları açısından sınıflandırıldığında, B (normal yanıcı) ve B3 (kolay alevlenici) olabilirler. Bu nedenle katkı maddeleriyle bu özellikleri iyileştirilmeli ve detaylandırmada çeşitli önlemlerin alınması gerekir.

Ekolojik Özellikler[54]: Yün malzemeler toksik veya kanserojen etkileri olmayan doğal ürünlerdir. Ancak koyunyünlerine parazitleri öldürmesi için uygulanan organosfosfat bileşimler yeryüzü suyuna karışarak çeşitliliği olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Liflerin solunan havaya karışması durumunda sağlık açısından riskli olabilirler. Hammadde kaynak kullanımı olarak tamamen yenilenebilir malzemelerdir. Üreticiler tarafından verilen bilgilere göre üretim ve işleme enerjileri düşüktür ancak nakliye enerjileri yüksek olabilmektedir. Doğal malzemeler oldukları için genellikle geri dönüştürülebilirler. Bazı durumlarda firesiz şekilde yeniden kullanılabilirler.

Mantar

Meşe mantarı ağacı kabuklarının öğütülerek yüksek sıcaklıklarda fırınlanmasıyla elde edilir. Bazı ağaç türlerinden elde edilen mantar granülleri yüksek sıcaklık ve basınç etkisi altında kendi reçineleri ile birbirine birbirlerine bağlanırlar (aglomere mantar), bazı türler için de çeşitli katkı maddeleri ve bağlayıcılar kullanmak gerekebilir (emprenye mantar). Açık hücreli yapıdadırlar.

Yüzer şap ve ahşap döşemelerin altında, yumuşak ve esnek olmasından ötürü çatılarda özellikle ısı ve ses yalıtımının birlikte çözülmesi beklenen durumlarda kullanılabilirler.



Şekil 4.5: Rulo Şeklinde Mantar Yalıtım Şiltesi

Fiziksel Özellikler: Yoğunlukları $120-190 \text{ kg/m}^3$, ısı iletim katsayıları ise $0,040-0,060 \text{ W/mK}$ arasında değişmektedir. Zor yanan bir malzeme olmasına karşın, alev alınca sonuna kadar yanmaktadır. 130°C ' den fazla sıcaklıklar karşısında deforme olur. Buhar geçirgenlik dirençleri 5-10'dur.

Basınç ($0,10-0,20 \text{ N/mm}^2$), çekme ve kopma dayanımı yoğunluğuna göre değişmekle birlikte, darbesel etkilere dayanımları yüksektir.

Higroskopiktirler ama bünyelerine su almazlar. Kimyasal olarak halojenlere, amonyağa ve eter yağlarına dayanıksızdır. Organik oluşları sebebiyle biyolojik etkilere açıktır ve çürüyebilirler. Yangın dayanımları açısından sınıflandırıldığında, B2 sınıfı normal alevlenicidirler. Bu nedenle katkı maddeleriyle bu özellikleri iyileştirilmeli ve detaylandırmada çeşitli önlemlerin alınması gerekir.

Ekolojik Özellikler[54]: Mantar malzemeler toksik veya kanserojen etkileri olmayan doğal ürünlerdir. Hammadde kaynak kullanımı olarak tamamen yenilenebilir malzemelerdir ancak dış kabuğu zarar görürse ağaç enfekte olabilir. Üreticiler tarafından verilen bilgilere göre üretim ve işleme enerjileri bakımından bir miktar enerji kullanımı söz konusudur. Genellikle Portekiz, İspanya, Cezayir ve Korsika'da yetiştirilebilen bir meşe ağacı türünden elde edilebildiği için nakliye enerjileri yüksek olabilmektedir.

Cam Yünü

Hammadde olarak silis kumu, kireçtaşı, rafine boraks, sodyum karbonat ve sodyum sülfatın yüksek sıcaklıklarda eritilip santrifüjlerde veya üfleçlerde elde edilen liflerin fenol formaldehit reçine (bakalit) sayesinde birbirlerine yapışmasıyla elde edilir. Açık hücreli yapıdadır.

Çatı kirişleri arasında ve etrafında kullanılmaya elverişli olduğundan eğimli çatılarda, düz çatılarda, havalandırmalı duvar ve çift duvar arası boşluklarda, yüzer şap ve asma kat döşemeleri altında kullanılabilirler. Şilte olarak kullanımları yaygın olsa da günümüzde özel sistemlerle yerinde sprey olarak da uygulanabilmektedirler.



Şekil 4.6: Rulo Şeklinde Cam Yünü Yalıtım Şiltesi

Fiziksel Özellikler: Yoğunlukları $10-120 \text{ kg/m}^3$ arasında değişmektedir. Isı iletim katsayıları $0,040 \text{ W/mK}$ 'dır. Cam lifleri yanmaz olmasına karşın, bağlayıcı bakalit sebebiyle 250°C ' den fazla sıcaklıklar karşısında deforme olur.

Basınç, çekme ve kopma dayanımı yoğunluğuna göre değişmekle birlikte, liflerin yüzeye paralel olarak yer alması sebebiyle genel olarak düşüktür. Dış kuvvetlerin etkisiyle kolayca boyutsal değişikliğe uğrayabilmektedir.

Buhar geçirgenlik direnci 1,2 ile neredeyse havaya eşdeğerdir. İçeriğindeki hava boşluklarının gerek buhar yoğunlaşması gerekse doğrudan su etkisiyle ıslanmaması gerekmektedir. Aksi takdirde ısı iletkenlik özelliği artacak ve bakalit çözülerek malzeme bünyesi bozulmaya başlayacaktır.

Kimyasal olarak nötr olup hidroflorik asit dışında asitlerden etkilenmemektedir. Higroskopik değildir ve çürümemektedir.

Yangın dayanımları açısından sınıflandırıldığında, A1 (yanmaz) ve A2 (zor yanıcı) olabilirler.

Ekolojik Özellikler[54]: Hammaddelerin yüksek sıcaklıklarda eritilmesi söz konusu olduğundan orta derecede enerji kullanımı söz konusudur. Cam lifi üretimine bağlı olarak oluşan toz ve partiküller etrafa saçılarak deri, gırtlak ve göğüs rahatsızlıkları yaratabilmektedir. Her ne kadar Alman ve Kanada hükümeti tarafından kanserojen etkisi olmadığı açıklanmış olsa da özellikle imalat sektöründe çalışan 30 yıllık işçilerin %25'inde akciğer kanseri gözlenmektedir. Buna sebep olan cam yünü

liflerinin, malzeme bünyesinden kopması ve iç ortam havasına karışması söz konusu olabileceğinden kullanıcıların etkilenmemesi açısından önlemler alınmalıdır. Cam üretimine bağlı olarak sülfür ve nitrojen oksidasyonundan asit yağmuru oluşturabilecek salınımlar gerçekleşebilmektedir. Kalker ve silis çıkarmaya bağlı olarak yerel toprak kalitesine olumsuz etkileri olabilir. Biyolojik olarak parçalanmaz ve henüz 50 yıldır kullanılıyor olması sebebiyle geri dönüştürülebilmesi konusunda da bir çalışma olmamıştır ancak hava kalitesine etkileri olabileceğinden sağlıksız olacağı düşünülmektedir. Büyük oranda yeniden kullanılabilirler veya zemin dolgusu olarak kullanılabilirler.

Taş Yünü

Ham madde olarak bazik magmatik taş karakterli bazalt, dolomit, kalker, kum gibi maddelerin yüksek sıcaklıklarda eritilip santrifüjlerde veya üfleçlerde elde edilen liflerin fenol formaldehit reçine (bakalit) sayesinde birbirlerine yapışmasıyla elde edilir. Açık hücreli yapıdadır.

Çatı kirişleri arasında ve etrafında kullanılmaya elverişli olduğundan eğimli çatılarda, düz çatılarda, havalandırılmalı duvar ve çift duvar arası boşluklarda, yüzer şap ve asma kat döşemeleri altında kullanılabilirler. Şilte olarak kullanımları yaygın olsa da günümüzde özel sistemlerle yerinde püskürtme olarak da uygulanabilmektedirler.



Şekil 4.7: Rulo Şeklinde Taş Yünü Yalıtım Şiltesi

Fiziksel Özellikler: Yoğunlukları $20-200 \text{ kg/m}^3$ arasında değişmektedir. Isı iletim katsayıları ise $0,040 \text{ W/mK}$ 'dır. Taş yünü yanmaz olmasına karşın, bağlayıcı bakalit ve kaplama malzemesi olan mukavva, bitümlü karton gibi malzemelerin etkisiyle sıcaklık dayanımı azalır, 250°C ' den fazla sıcaklıklar karşısında deforme olur.

Basınç, çekme ve kopma dayanımı yoğunluğuna göre değişmekle birlikte, liflerin her yönde dağılması sebebiyle cam yününe göre daha yüksektir. Isıl değişiklikler etkisiyle boyutsal değişikliğe uğramamaktadır.

Buhar geçirgenlik direnci 1,1-1,4 ile neredeyse cam yününe eşdeğerdir. İçeriğindeki hava boşluklarının gerek buhar yoğunlaşması gerekse doğrudan su etkisiyle ıslanmaması gerekmektedir. Aksi takdirde ısı iletkenlik özelliği artacak ve bakalit çözülerek malzeme bünyesi bozulmaya başlayacaktır.

Kimyasal olarak cam yününe göre daha dayanıksızdır. Bileşiminde kalsiyum varsa sert asitlerden kolayca etkilenir, kükürt varsa metaller üzerinde korozyona sebep olabilir. Higroskopik değildir ve çürümemektedir. Genel olarak yanmaz özelliğe sahip olduğundan ateş kesici olarak ve ses yutucu olarak da kullanılmaktadır.

Yangın dayanımları açısından sınıflandırıldığında, A1 (yanmaz) ve A2 (zor yanıcı) olabilirler.

Ekolojik Özellikler[54]: Cam yünü malzeme özellikleriyle benzer özellikler gösterirler.

Genleştirilmiş Polistiren

Polimerlerin çeşitli reaksiyonlarıyla elde edilen polistirenin pentan gazıyla genleştirilmesiyle elde edilir. Kapalı hücreli yapıdadır.

Levha formda veya su bazlı katkı maddeleriyle zamanla oturma yapması önlenmek suretiyle boşluklarda şişirilerek de kullanılabilir. Boşluk içinde kullanıldığında nem etkisinden korunması amacıyla mutlaka havalandırılması sağlanmalıdır.



Şekil 4.8: Levha Şeklinde Genleştirilmiş Polistiren (EPS)

Fiziksel Özellikler: Yoğunlukları 15-30 kg/m³, ısı iletim katsayıları ise 0,037-0,032 W/mK arasında değişmektedir. Kolayca alev alıp yangın halinde yoğun duman

oluşumuna sebep olabilir, bu nedenle özel katkı maddelerinin kullanılmasını gerektirir. 80°C' den fazla sıcaklıklar karşısında yanarak özelliğini yitirir.

Basınç (0,012-0,062 N/mm²), çekme ve kopma dayanımı yoğunluğuna, hücre şekillerine ve dizilimlerine göre değişmekle birlikte, düşük yoğunluğuna rağmen yüksektir. Dış kuvvetlerin etkisiyle boyutsal değişikliğe uğramamaktadır. Belirli bir kullanım süresi sonunda içeriğindeki hapsolmuş gazın havayla etkileşimi halinde ısı yalıtım özelliğini yitirebilir.

Buhar geçirgenlik direnci 15-100 ile oldukça geçirimsizdir. Kapiler ve higroskopik olmadığından bünyesine su almaz ve buna bağlı olarak ısı yalıtım özelliğini yitirmez.

Kimyasal olarak çeşitli çözücülere dayanıksızdır ve güneş ışınlarından etkilenir. Biyolojik etkilere dayanıklıdır ve çürümemektedir.

Yangın dayanımları açısından sınıflandırıldığında, B1 (zor alevlenici) ve B2 (normal alevlenici) olabilirler.

Ekolojik Özellikler[54]: Hammadde olarak petrokimyasallar, dolayısıyla yağ ve gaz kullanılması sebebiyle üretimde oldukça yüksek enerji kullanımına neden olurlar. Dünyadaki yağ tüketiminin %4'ü plastik üretimi için kullanılmakta olup dünyadaki yağ rezervleri sadece 40 yıl daha kullanılabilecektir. Petrokimyasal üretimine bağlı olarak partikül, yağ, fenol ve ağır metaller gibi atıklar oluşmakta, bu da dünya üzerindeki toksik emisyonların yaklaşık yarısını oluşturmaktadır. Petrokimyasal rafinerileri sülfür ve nitrojen oksidasyonundan asit yağmuru oluşturabilecek salınımların ve hidrokarbonlar gibi fotokimyasal aşındırıcıların açığa çıkmasında büyük rol sahibidirler. İşlenmemiş yağ çıkarımı ve nakliyesi yerel anlamda olumsuz etkilere neden olabilmektedir. Yangın halinde, CO (karbon monoksit) ve CO₂ (karbon dioksit) dumanı ve buharı oluşturarak sağlık açısından büyük tehditler oluşturabilmektedirler.

Ekstrude Polistiren

Polimerlerin çeşitli reaksiyonlarıyla elde edilen polistirenin banttan çekilmesiyle elde edilir. Kapalı hücreli yapıdadır.



Şekil 4.9: Levha Şeklinde Ekstrude Polistiren (XPS)

Fiziksel Özellikler: Yoğunlukları $25-50 \text{ kg/m}^3$, ısı iletim katsayıları ise $0,028-0,036 \text{ W/mK}$ arasında değişmektedir. Kolayca alev alıp yangın halinde yoğun duman oluşumuna sebep olabilir, bu nedenle özel katkı maddelerinin kullanılmasını gerektirir. 80°C ' den fazla sıcaklıklar karşısında yanarak özelliğini yitirir.

Basınç ($0,20-0,70 \text{ N/mm}^2$), çekme ve kopma dayanımı yoğunluğuna, hücre şekillerine ve dizilimlerine göre değişmekle birlikte, genleştirilmiş polistirene kıyasla daha yüksektir. Dış kuvvetlerin etkisiyle boyutsal değişikliğe uğramamaktadır. Belirli bir kullanım süresi sonunda içeriğindeki hapsolmuş gazın havayla etkileşimi halinde ısı yalıtım özelliğini yitirebilir.

Buhar geçirgenlik direnci $80-220$ ile neredeyse geçirimsizdir. Kapiler ve higroskopik olmadığından bünyesine su almaz ve buna bağlı olarak ısı yalıtım özelliğini yitirmez.

Kimyasal olarak çeşitli çözücülere dayanıksızdır ve güneş ışınlarından etkilenir. Biyolojik etkilere dayanıklıdır ve çürümemektedir.

Yangın dayanımları açısından sınıflandırıldığında, B1 (zor alevlenici) ve B2 (normal alevlenici) olabilirler.

Ekolojik Özellikler[54]: Genleştirilmiş polistiren malzeme özellikleriyle benzer özellikler gösterir. Genleştirilmiş polistirende pentan yerine genellikle HFC (hidro floro karbon) ve CO_2 (karbon dioksit) gazı kullanılır. HFC'ler CO_2 'ye göre küresel ısınmaya sebep oluş bakımından 3200 kat daha etkilidir.

Poliüretan Köpük

Poliol ve izosiyanürat denen iki kimyasal malzemenin karıştırılarak hava yardımıyla köpürüp sertleşmesiyle elde edilir. Karma (kapalı ve açık) hücreli yapıdadır.

Özellikle boşluğun sınırlı olduğu ancak yüksek ısı yalıtımı istenen yerlerde olmak üzere, bina iç ve dış duvarlarında, çatılarda ve yüzer şapların altında kullanılabilirler.



Şekil 4.10: Poliüretan Köpük (PUR)

Fiziksel Özellikler: Yoğunlukları $30-150 \text{ kg/m}^3$, ısı iletim katsayıları ise $0,021-0,030 \text{ W/mK}$ arasında değişmektedir. Kolayca alev alıp yangın halinde yoğun duman oluşumuna sebep olabilir, bu nedenle özel katkı maddelerinin kullanılmasını gerektirir. 120°C ' den fazla sıcaklıklar karşısında deforme olarak özelliğini yitirir.

Basınç ($0,10-0,90 \text{ N/mm}^2$), çekme ve kopma dayanımı yoğunluğuna, hücre şekillerine ve dizilimlerine göre değişmekle birlikte, yüksektir. Dış kuvvetlerin etkisiyle boyutsal değişikliğe uğramamaktadır. Ancak tek taraflı ısıtılması sonucu deformasyona uğrar, bu nedenle levha halinde üretildiğinde iki yüzeyinin de kaplanması gerekir.

Buhar geçirgenlik direnci levha halinde üretilenlerde 40-50, yerinde püskürtülenlerde 3-8'dir. Kapiler ve higroskopik olmadığından bünyesine su almaz ve buna bağlı olarak ısı yalıtım özelliğini yitirmez.

Kimyasal olarak hafif asitlere, alkalilere ve deniz suyuna karşı dayanıklıdır. Güneş ışınlarından etkilenir. Biyolojik etkilere dayanıklıdır ve çürümemektedir.

Yangın dayanımları açısından sınıflandırıldığında, B1 (zor alevlenici) ve B2 (normal alevlenici) olabilirler.

Ekolojik Özellikler[54]: Rijit poliüretan köpük üretiminde halen, ozon tabakasına zararı yüksek olan CFC (kloro flor karbon) kullanılmaktadır. Kurulum işçilerinin yerinde köpük uygulamalar sırasında, uçucu poliizosiyanata maruz kalması sonucunda nefes darlığı ve çeşitli alerjik reaksiyonlar geçirme olasılığı vardır. Yangın sırasında hidrojen siyanür gazı açığa çıkarabilmesi –1989 yılında mobilya yapımında kullanımı yasaklanmış olmasına rağmen yapıda kullanımı serbesttir– ve formaldehit yüzdesi oldukça yüksek olması sebebiyle sağlık açısından büyük tehditler oluşturabilmektedir. Termoset bir plastik olduğundan geri dönüştürülemez, yeniden şekil verilemez ve yeniden kullanılamaz.

Fenol Köpük

Fenolformaldehit bakalitine şişirici ve sertleştirici maddelerin katılmasıyla elde edilir. Açık ve kapalı hücre yapısında olabilir.

Fiziksel Özellikler: Yoğunlukları 30-60 kg/m³ ile düşük, 80-120 kg/m³ ile yüksek olabilir. Isı iletim katsayıları ise düşük yoğunluklu olanlarda 0,018-0,031 W/mK, yüksek yoğunluklu olanlarda 0,024-0,032 W/mK arasında değişmektedir. Zor alev alıp yangın halinde duman ve zehirli gaz oluşumu çok azdır. 150 °C'den fazla sıcaklıklar karşısında deforme olarak özelliğini yitirir.

Basınç, çekme ve kopma dayanımı açık ve kapalı gözenekli olması durumuna göre değişiklik göstermektedir. İçeriğindeki freon gazı sayesinde ısı yalıtım değerini zamana bağlı olarak yitirmez.

Buhar geçirgenlik direnci 3-40'dir (levha ve yerinde köpük oluşuna göre değişiklik gösterir). Açık gözenekli olanlar kapilerdir ve nem etkisiyle özelliklerini yitirebilmektedir.

Kimyasal olarak potasyum ve yoğun asitlere dayanıksızdır. Güneş ışınlarından etkilenir. Biyolojik etkilere dayanıklıdır ve çürümemektedir.

Yangın dayanımları açısından sınıflandırıldığında, B1 (zor alevlenici) olmak üzere plastik yalıtım malzemeleri arasında en yüksek yangın dayanımı gösteren malzemelerdir.

Ekolojik Özellikler[54]: Diğer plastik yalıtım malzemelerin özellikleriyle benzer özellikler gösterirler. Yapı ömrü boyunca kullanılacak kadar durabiliteleri yüksektir. İçeriğindeki bulunan fenol oldukça toksik bir malzemedir ve kurulum işçilerinin yerinde köpük uygulamalar sırasında, kimyasal bileşenlerin buharına maruz kalabilme riskleri olduğundan önlemler alınması gereklidir.

Cam Köpüğü

Toz camın karbonla ergitilerek genişletilmesiyle elde edilir. Açık hücreli yapıdadır. Buhar difüzyonun olmadığı ve yüksek boyutsal kararlılık gerektiren, başta düz çatı olmak üzere; duvar, döşeme, yer altı yapı bileşenleri ve yeşil çatılarda kullanılabilirler.



Şekil 4.11: Cam Köpüğü Levha (CG)

Fiziksel Özellikler: Yoğunlukları $120-150 \text{ kg/m}^3$, ısı iletim katsayıları ise $0,052-0,079 \text{ W/mK}$ arasında değişmektedir. Yanmaz ve yangın halinde alev geçirmez, toksik değildir. 500°C ' ye kadar özelliklerini yitirmeden kullanılabilir.

Basınç ($0,50-1,70 \text{ N/mm}^2$), çekme ve kopma dayanımı yüksektir, ancak sürtünme etkisine dayanıksızdır ve kolay kırılabilir. Isıl genleşme katsayısının düşük oluşu sebebiyle boyutsal kararlılığa sahiptir. Beton ve çelik malzemenin ısı genleşme katsayısına gösterdiği yakınlık sebebiyle bu sistemlerle uyumlu bir kullanım sağlar.

Buhar geçirgenlik direnci neredeyse sonsuzdur. Kapiler ve higroskopik olmadığından bünyesine su almaz ve buna bağlı olarak ısı yalıtım özelliğini yitirmez.

Kimyasal olarak hidroflorik asit dışında asitlerden etkilenmez. Güneş ışınlarından etkilenmez. Biyolojik etkilere dayanıklıdır ve çürümemektedir.

Yangın dayanımları açısından sınıflandırıldığında, A1 (yanmaz) malzemelerdir.

Ekolojik Özellikler[54]: Cam yününe oranla üretim enerjisi tüketimi fazladır ancak diğer çoğu malzemeye göre düşüktür. Cam üretimine bağlı olarak oluşan toz, partiküller, florür ve klorür salınımına bağlı toksik etkiler mevcuttur. Cam yününde olduğu gibi sülfür ve nitrojen oksidasyonundan asit yağmuru oluşturabilecek ve fotokimyasal aşındırıcıların meydana çıkmasına neden olabilecek salınımlar gerçekleşebilmektedir. Kalker ve silis çıkarmaya bağlı olarak yerel toprak kalitesine olumsuz etkileri olabilir. Zarar görmediyse yeniden kullanılabilir, geri dönüştürülebilir veya zemin dolgusu olarak kullanılabilir.

Genleştirilmiş Perlit

Sülfatlı organik bir taş olan perlitin genleştirilmesiyle ve alçı, bitüm veya parafin gibi reçinelerle bağlanmasıyla elde edilir. Karma (açık ve kapalı) hücreli yapıdadır.

Gevşek dolgu yalıtım olarak veya sıva, kompozit panel ve beton gibi çeşitli malzemelerin bünyesine katılarak kullanılabilirler.



Şekil 4.12: Genleştirilmiş Perlit

Fiziksel Özellikler: Yoğunlukları $32-200 \text{ kg/m}^3$, ısı iletim katsayıları ise $0,039-0,052 \text{ W/mK}$ arasında değişmektedir. Yanmaz ve yangın halinde alev geçirmez, toksik değildir. 1000°C ' ye kadar özelliklerini yitirmeden kullanılabilir.

Basınç ($0,15-1,00 \text{ N/mm}^2$), çekme ve kopma yoğunluğuna bağlı olarak değişiklik gösterir. Ses yutuculuğu yüksektir.

Buhar geçirgenlik direnci $1,8$ 'dir. Katkı maddesi içermiyorsa kapiler bir malzemedir, buna bağlı olarak ısı yalıtım özelliğini yitirebilir.

Kimyasal olarak nötr olduğundan asitler ve bazlardan etkilenmez. Güneş ışınlarından etkilenmez. Biyolojik etkilere dayanıklıdır ve çürümemektedir.

Ekolojik Özellikler[54]: Hammadde olarak perlit filizi çıkarımına bağlı toprak kalitesine ve zemin suyuna olumsuz etkiler yaratabilir. Yeniden kullanılabilir, alçı ve çimento sıva katkısı olarak kullanılmak üzere geri dönüştürülebilir.

Genleştirilmiş Mika

Mika mineralinin genleştirilmesiyle elde edilir. Açık hücreli yapıdadır.

Gevşek dolgu yalıtım olarak veya sıva, kompozit panel ve beton gibi çeşitli malzemelerin bünyesine katılarak kullanılabilirler. Levha olarak kullanılmaları da mümkündür.

Fiziksel Özellikler: Yoğunlukları $50-130 \text{ kg/m}^3$, ısı iletim katsayıları ise $0,044-0,047 \text{ W/mK}$ arasında değişmektedir. Yanmaz ve yangın halinde alev geçirmez, toksik değildir. 1370°C ' ye kadar özelliklerini yitirmeden kullanılabilir.



Şekil 4.13: Genleştirilmiş Mika

Buhar geçirgenliği yüksektir ve bünyesine aldığı nemi uzun süre kurumayan bir malzemedir, buna bağlı olarak ısı yalıtım özelliğini yitirebilir.

Kimyasal olarak nötr olduğundan asitler ve bazlardan etkilenmez. Güneş ışınlarından etkilenmez. Biyolojik etkilere dayanıklıdır ve çürümemektedir.



Şekil 4.14: Genleştirilmiş Mika Yalıtım Levhası

Ekolojik Özellikler[54]: Hammadde olarak çıkarılan mika minerali tükenebilir bir kaynaktır ve genleştirme işlemi sırasında toz ve partikül salınımına bağlı olarak sağlık etkileri bakımından olumsuz olabilmektedir. Mika madenciliğine bağlı olarak yerel toprak kalitesine olumsuz etkileri olabilir. Sadece Güney Afrika'dan çıkarılan mikada akciğer kanseri oluşumunda etkili olan asbest veya asbest lifleri bulunmamaktadır. Bunun dışında çıkarılan minerallerin bünyesinde asbest bulunabilir, elektron mikroskobuyla kontrol edilmelidir.

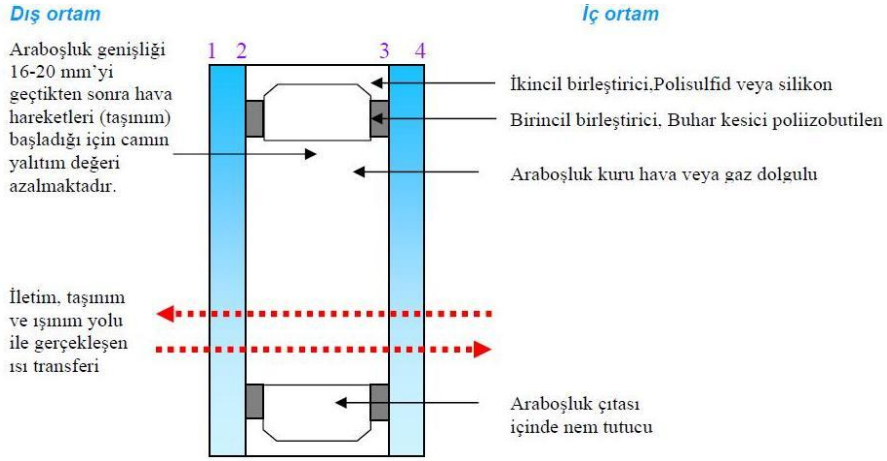
4.4.1.2. Yalıtımlı Cam Ünitesi

Çok katmanlı cam ünitelerinde ısı transferi, iletim, taşınım ve ışıyım yoluyla gerçekleşen iletimlerin toplamıdır.

Optimum hava boşluğu kalınlığı 16-20 mm arasındadır. Taşınım ile ısı iletimini azaltmak için akışkan hareketin azaltılması (yüksek viskozite), taşınım ile ısı iletimini

azaltmak için ise, düşük $\lambda_{\text{taşınm}}$ değerinde gazların kullanılması gerekir. Işınım ile olan ısı transferi ise cam yüzeyine düşük yayımlı kaplamalar uygulanarak azaltılabilir[55,56].

İç ortamdan dışarıya ısı kaybı; klasik çift camlarda %70 oranında ışınlama, %30 oranında iletimle olmaktadır. Çift camlı pencerelerin avantajı sadece U-değerinin azaltılması değil aynı zamanda bu değer hava şartlarından bağımsız biçimde sabit kalmasıdır[57].



Şekil 4.15: Çift Tabakalı Yalıtım Camı Kesiti[58]

Tek camların $5,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ U değerlerine karşılık çok katmanlı cam üniteleri 6 mm ara boşluklu ise $3,25 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, 12 mm ara boşluklu ise $2,90 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ U değerlerini sağlayabilmektedirler[59].

Çok katmanlı camlar ülkemizde sadece çift cam üniteleri şeklinde kullanılmaktayken yurt dışında üç katmanlı camların da yaygın bir biçimde kullanıldıkları görülmektedir. Ayrıca, çift camların ara boşluğuna kuru hava yerine havadan daha ağır gazların (Argon, Xenon, Kripton gibi λ değeri daha düşük gazlar) doldurulması ile ısı iletkenliğinin azaltılması amaçlanmıştır. Bu durumda doldurulacak gazın özellikleri çok önemlidir. Cam üzerine düşen sıcaklığa bağlı olarak gaz ısınırken sıcak yüzeylerde çoğu durumda yükselir, soğuk yüzeylerde ise düşer. Teorik ve deneysel çalışmalarla araştırılmış olan bu taşınımsal hareket, gaz tabakasının kalınlığından etkilenmektedir[60].

4.4.2. Taşınım Karşı Koyan Malzemeler

Yapı kabuğu niteliğindeki bir yapı bileşenlerinin yönetmeliklerce belirlenen bir ısı yalıtımı sağlaması her zaman için gerekliyse de tek başına bu özellik yeterli değildir. Yapı bileşeninin, ısıl konforu sağlaması yönünden, tanımlanmış belirli bir sıcaklığın altına düşmemesi yani bünyesinde bir miktar ısı enerjisi biriktirmesi beklenir. Bu özelliğe ısıl eylemsizlik (termik atalet) denir. Isıl eylemsizliği belirleyen üç parametre vardır. Bunlar; sönüm, faz farkı ve ısı biriktirmedir.

Sönüm; iç ve dıştaki sıcaklık değişim genliklerinin oranıdır. Diğer bir deyişle, kabuğun dıştaki sıcaklık değişikliklerini içeriye iletmede gösterdiği ısıl eylemsizliktir. Bu değer ne kadar büyükse o bileşen ısıl yönden o kadar iyi demektir.

Faz farkı ise, yapı kabuğunun dışındaki sıcaklık düşüşünün içeriye yansımalarının geciktirilmesi olarak tanımlar. Başka bir deyişle, kabuk dışındaki ısıl değişiklikleri içeri aktarmada kabuğun gösterdiği ısıl gecikmeyi zaman olarak ifade eden kavramdır. Örneğin, bir dış kabukta sıcaklık +15°C' den -5 °C' ye saat 21.00' da düşüyorsa; içteki sıcaklığın da +22°C' den +16°C' ye düşmesi sabah saat 4.00' te oluşuyorsa yedi saatlik bir faz farkı var demektir. Bu fark ne kadar uzun sürede oluşuyorsa duvar ısıl davranış bakımından o kadar iyi demektir.

Yapı bileşeninin ısı biriktirmesi ve faz farkı oluşturulmasında ısıl difüzyon katsayısı (a) da önemlidir. Bu katsayı, ısı enerjisinin yapı bileşeninde hangi derinliğe kadar yayılabildiğini gösterir.

λ : ısı iletkenlik katsayısı (W/m°C),

δ : homojen malzemenin yoğunluğu (g/cm³),

c: özgül ısı (kJoule/kg) olmak üzere

$$a = \frac{\lambda}{\delta c} \quad [\text{cm}^2/\text{sn}] \quad (4.1)$$

bağıntısıyla elde edilir. Yapı bileşeninin tek katmanlı basit hali için bağıntı,

$$d^2 = at \quad (4.2)$$

şeklinde yazılır. Denklem (4.2)de, t geçen zamanı, d ise bu zaman sonunda ısı enerjisinin bileşeninin içinde ulaşabildiği derinliği göstermektedir.

Isı biriktirme kapasitesi (ısıl sığa), kabuğu oluşturan malzemenin yoğunluğu, ısı iletkenlik katsayısı ve özgül ısısına bağlı olarak ifade edilen bir kavramdır. Q, depolanan ısı miktarını belirlemek üzere,

$$Q = 2S_p T \quad (4.3)$$

bağıntısıyla gösterilir. Denklem (4.3)'te S_p ısı biriktirme kapasitesi, T sıcaklık değişim aralığı (°C) olmak üzere, S_p ısı biriktirme kapasitesi ise,

$$S_p = \sqrt{2\pi\rho c\lambda/p} \quad [\text{Wh/m}^2\text{°C}] \quad (4.4)$$

bağıntısıyla ifade edilir. Denklem (4.4)'te, p: çevrim periyodunu, c: özgül ısı, λ : ısı iletkenlik katsayısı, ρ : homojen malzemenin yoğunluğunu göstermektedir. Çevrim periyodunun 24 saat olarak alındığı durumlarda, günlük ısı biriktirme kapasitesi olarak adlandırılır ve S_{24} olarak ifade edilir[30].

Isıl kapasite, bir bileşenin birim hacim/birim yüzey sıcaklığını 1°C arttırabilmek için gerekli olan ısıyı tanımlar. Aynı miktarda ısıtılan iki malzemenin farklı sıcaklıklarda olması, özgül ısılarına ve hacimlerine bağlı olarak açıklanabilir. Çizelge 4.6'da bazı yapı malzemelerine ait ısı değerler gösterilmektedir.

Çizelge 4.6: Bazı Malzemelere Ait Isıl Değerler (Kaynak: Tennent, 1976)

Malzeme	Yoğunluk (ρ) kg/m	Özgül ısı (c) Wh/kg°C	Isı iletkenlik katsayısı (λ) W/°K	Isı difüzyon katsayısı (α) cm ² /h	Isı biriktirme kapasitesi (S ₂₄) W/m ² K
Beton	2400	0.29	1.80	26	18
Gaz beton	600	0.29	0.17	9.8	2.8
Harç	1900	0.29	1.00	18	12
Karo mozaik	1200	0.29	0.70	20	8
Alçı	1200	0.23	0.58	21	6.5
Delikli tuğla	1100	0.26	0.44	15	5.7
Çelik	7850	0.23	58.0	320	165
Alüminyum	2750	0.23	204	322	20
Cam	2500	0.20	0.81	16.2	10
Ahşap (çam)	500	0.70	0.15	4.3	3.7
Cam yünü – Taş yünü	100	0.26	0.036	14	0.49
Sabit hava	1.293	0.28	0.026	718	0.05

Malzemelerin ısı kapasiteleri sıcaklık koşullarının dalgalı bir seyir izlediği durumlarda önem kazanır. Mekân ısıtma veya soğutmasının sürekli olduğu

durumlarda iç ve dış hava sıcaklıkları arasında büyük farklar olduğunda, ısı kapasite iç hava koşullarında oldukça küçük bir etkiye sahiptir. Bu durumda ısı akımı ve sıcaklık dağılımı yapı kabuğunun ısı iletim değerine ve ısıtma miktarına bağlıdır.

Sıcaklıkların inip çıktığı ve strüktürün periyodik olarak ısıtılıp soğutulduğu (dış sıcaklık farklılıkları ve solar ışıma bağlı) durumlarda ısı kapasitesi iç hava koşullarında oldukça büyük bir etkiye sahiptir.

4.4.2.1. Sıgal Yalıtım Sistemleri

Özgül ısı ve yoğunluk, ısı kapasitesinde etkin iki faktördür. Yapı malzemeleri arasında ahşap ve plastik (0.4-0.5 değeri ile) en yüksek, çelik (0.11 değeri ile) en düşük özgül ısıya sahip malzemelerdir. Özgül ısı değerleri küçük aralıklıdır. Ancak yoğunluk değerleri büyük aralıklarla değerlendirilir. Yapıda kullanılan malzemeler arasında en düşük yoğunluk genişletilmiş polistirende 0.02 değeri ile gözlenirken betonda bu değer 2.4' tür. Bundan hareketle yapı malzemesi veya bileşeninde ısıl kapasitenin ağırlıkla yakından ilişkili olduğu söylenebilir.

Yapı kabuğunun farklı katmanlardan oluşması, ısı akımının dış yüzeyden iç yüzeye kadar ilerleyişinde önemli bir rol oynar. Isının her katman içinde ilerleyişi, katmanlar arasında depolanmasına ve iç yüzeye ulaşana kadar oldukça azalmasına yol açar. Dış yüzey en yüksek sıcaklığa ulaşır soğumaya başladığında bu işleyiş tersine döner. Öncelikle duvar içinde biriken ısı hem iç hem dış olmak üzere iki yönde ilerler, sonra tüm ilerleyiş dışa doğru gerçekleşir.

Bu şekilde duvarın her düzleminde ısıtma ve soğutma dalgalı devirlerle gerçekleşir. İç yüzeyde oluşan dalga, dış yüzeydekinden daha küçüktür. Bu da dış yüzeyden etki eden ısı akımının iç yüzeye ulaşana kadar ertelendiğini gösterir. Bu erteleniş malzemenin termofiziksel özelliklerine ve strüktürün kalınlığına göre değişir. Kalınlık ve ısı biriktirme kapasitesi arttıkça malzemenin ısı iletkenliği azalır, iç yüzeyde oluşan dalga boyutu küçülür ve en düşük-en yüksek sıcaklık arasındaki zaman geciktirilir[44].

Bütün bu açıklamalar göz önüne alındığında hafif bir yapı bileşeninin ısı iletkenlik yönünden ekonomik olduğunu, ancak yeterli ısıl eylemsizlik sağlamadığını belirtmekte yarar vardır. Bir duvarın yüksek miktarda ısı biriktirebilmesi için, kütlesinin büyük olması gerekmektedir; kütlesi büyük bir malzemenin yoğunluğu fazla olacağından ısı iletkenlik katsayısı da büyüyecek, sonuçta bu malzemenin

yapılmış duvar fazla ısı depolayacak ve ileticektir. O halde, duvarın ısı biriktirme kapasitesi ve duvarın ısıyı iletmesi olgusu karşıt kavramlardır.

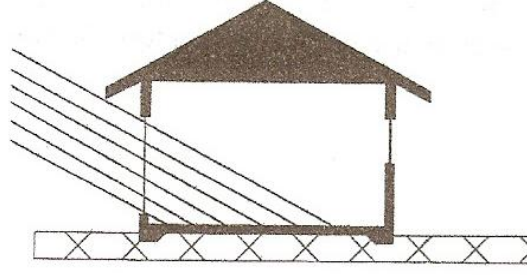
Tasarımda bu özellik göz önüne alınarak iyi bir duvar için değişik katmanlardan oluşan ve optimum çözüm olabilecek bir kabuk kompozisyonu oluşturulması hedef alınmalıdır[30]. Genellikle güneşten maksimum kazanç sağlamak amacıyla geliştirilen bu kompozisyonlar doğrudan kazanç, ısı depolama duvarı ve sera gibi pasif solar sistemler olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle sıralı malzemeleri bu sistemlerle ilintili olarak irdelemek doğru bir yaklaşım olacaktır.

Doğrudan Kazanç

Doğrudan kazanç sistemleri, güneş ışınlarının camlar yardımıyla yaşam mekânına doğrudan ulaşabilmesi ve mekân içindeki malzemeler tarafından emilebilmesiyle ortamın sıcaklığını bir süre korumasını sağlayan sistemlerdir.

Doğrudan kazanç cam alanı, iklim bölgesinin karakteristiklerine ve iç mekânda bulunan ısı depolama malzemelerinin alanına bağlıdır. Sıcak iklimlerde, ısıtmanın çok az olduğu durumlarda bu sistem oldukça etkilidir. Ancak soğuk iklimlerde, cam yüzey alanının sınırlandırılması gerektiğinden ötürü solar kazanç da azalacaktır. Bu nedenle ısı depolama duvarı veya güneş odası gibi diğer sistemlerle kombine etmek daha uygun olabilmektedir.

Bu sistemde gün ışığının doğrudan etkisi, iç mekândaki döşemelerin solması ve kullanıcılar için göz kamaştırıcı etki gibi bir takım problemler yaratabilmektedir. Bu nedenle uygun gölgeleme bileşenlerinin kullanımı önem kazanmakta, aynı zamanda ısı kayıplarının minimize edilmesine de yardımcı olmaktadır. Doğrudan kazanç sistemlerinde genellikle zemin döşemeleri ana ısı depolama aracıdır çünkü ağır depolama malzemelerinin (taş, beton, vs.) konumlandırılması için en ekonomik yerdir. Mekân duvarlarının ısı depolama için yetersiz kaldığı durumlarda zemin malzemesi yüksek ısı girişine izin verecek türde olmalı ve kabul ettiği ısıyı geri vermemesi için direnç oluşturacak bir malzemeyle (halı, mantar karo, vb.) kaplanmalıdır. Yüzey mümkün oldukça düşük yansıtıcılık özelliğine sahip olmalıdır. Duvar bileşenlerinin ısı depolama niteliğinin iyi olduğu durumlarda döşemelerin bir miktar yansıtıcı olması, güneş enerjisini diğer depolama yüzeylerine etkin biçimde dağıtabilmesi için daha uygun olabilmektedir[31].

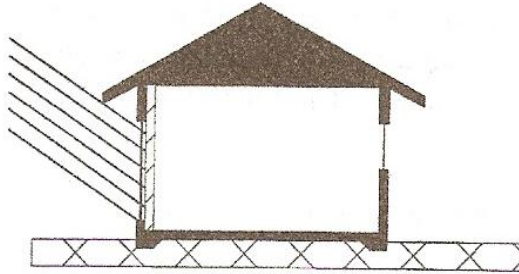


Şekil 4.16: Doğrudan Kazanç[31]

Isı Depolama Duvarı

Isı depolama duvarı (trombe duvarı), genellikle koyu renkli ağır (kerpiç, beton, tuğla, vb.) bir duvar, duvar yüzeyinin önünde bırakılmış 20-30 mm boşluk ve boşluğu örten bir çift cam sisteminden oluşur. Güneş ışınımı, camdan geçerek tercihen yüksek emicilik-düşük yayıcılık özelliğine sahip koyu duvar yüzeyi tarafından soğurulur.

Duvar tarafından emilen güneş enerjisi, gün boyunca yavaş bir şekilde duvarın sıcaklığını yükseltir. Gece olduğunda iç yüzeye işleyen ısı oda içindeki sıcaklığı ısıtım ile artırır. Isının iç yüzeye ulaşmasına kadar geçen zaman, duvar malzemesinin ısı özellikleri ve kalınlığına bağlı olarak değişir. Yaklaşık 30 cm kalınlıktaki kerpiç duvarda geciktirme süresi 10 saattir.



Şekil 4.17: Isı Depolama Duvarı[31]

Yazın güneş ışınımından korunmak için cam üzerine bazı kaplamalar uygulanır. Doğrudan kazançta istenmeyen solar ısı doğal havalandırmayla giderilebilirken, ısı depolama duvarında solar ısıtım duvar bünyesinden emilerek istenmediği durumlarda bile mekânın sıcaklığının artmasına neden olacaktır. Çizelge 4.7’de ısı depolama özelliklerine göre ısı depolamaya uygun olan ve olmayan yapı malzemeleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.7: Bazı Malzemelere Ait Isı Depolama Değerleri (Kaynak: John A. Ballinger, Passive Solar Energy-Efficient Building Design, 1991)

Malzeme	Yoğunluk kg/m ³	Isı biriktirme kapasitesi J/m ³ °C
Isı depolamaya uygun malzemeler		
Su	1000	4186
Beton	2100	1764
Tuğla	1700	1360
Taş (mermer)	2500	2250
Isı depolamaya uygun olmayan malzemeler		
Alçı levha	950	798
Kereste	610	866
Cam yünü şilte	25	25

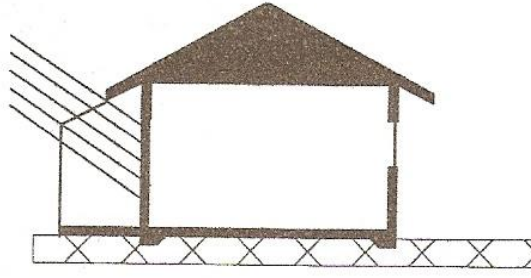
Isı depolama malzemesi olarak bazı durumlarda suyun kullanıldığı da olur. Bu teknik, birkaç nokta dışında trombe duvarına benzer özellikler gösterir. Suyun ısı depolama kapasitesi tuğladan yaklaşık üç kat daha fazladır. Ucuz olmasına rağmen depolanması söz konusu olduğu için daha pahalı ve zor uygulanabilir olmaktadır. Suyun sıvı olmasından dolayı zaman geciktirmesi kerpice oranla daha kısadır. Günlük kullanım suyu, koyu renkli veya uygun diğer malzemelerle kaplanmış dikey silindirler içinde tutularak, birbirleri arasında boşluklar yaratılmak suretiyle konumlandırılır. Böylece güneş ışıınımı ve gün ışığı doğrudan olarak mekâna kazandırılır.

Su depolama duvarı, ısı depolama duvarına göre (trombe duvarı) daha iyi performans gösterir. Çünkü suyun içinde oluşan taşınım hareketi yüzey sıcaklığının düşük olmasına ve enerjinin düzgün dağılmasına sebep olur. Isı depolama duvarı için geliştirilmiş tüm sistemler su depolama duvarı için de kullanılabilir[31].

Güneş Odası (Kış Bahçesi)

Yapının güneş ışınlarına en açık tarafında, genellikle tüm yüzeyleri cam olan bir odanın eklenmesi ile oluşur. Oluşturulan bu mekân, yapının iç kısımlarından daha yüksek sıcaklıklara ve aydınlık düzeyine sahiptir ve bu özelliklerin gerekli olduğu uygulamalar için kullanılabilir.

Şekil olarak ise, sadece yapının bir bölümüne ya da tüm kabuğu saracak şekilde kurgulanabilir. Bir odaya eklenmiş bir güneş odası, cam alanı oranının döşeme alanı oranından oldukça büyük olduğu mekânlardır.



Şekil 4.18: Güneş Odası (Kış Bahçesi)[31]

Güneş odalarının kritik bileşenleri, genellikle zemin bağlantılı olan döşemeler, güneş odasını yapıdan ayıran duvar ve alanı oluşturan camdır. Ayırıcı duvar ısı depolama duvarına benzer. Bu durumda cam binanın dışına ötelenerek kullanılabilir bir hacim oluşturulmuştur. Ayırıcı duvar aynı zamanda sade katı bir kütle, yalıtımsız-içten yalıtımlı-dıştan yalıtımlı bir duvar da olabilir. Eğer ek bir dirençli yalıtım uygulanmışsa elde edilen ısıyı yapı içine taşınabilmesi için bir havalandırma sistemi kurulması gerekir. Güneş odaları içinde ısı kapasiteli malzemelerin kullanılması, gün boyunca görülebilecek ısı dalgalanmalarının etkilerine karşı bir önlem olacaktır.

Yazların oldukça soğuk olduğu coğrafyalar haricinde, yapının fazla ısınması halinde gereken kısmının uzaklaştırılması için havalandırma koşullarının sağlanması çok önemlidir. Havalandırma alanı, toplam cam alanının en az %10'u olmalıdır. Yaz koşullarının oldukça sıcak olduğu durumlarda, fazla ısınmayı engellemek ve mekân içindeki malzemelerin bozulmasını önlemek amacıyla gölgeleme bileşenlerinin kullanılması gerekmektedir.

Önerilen tasarım, sadece duvarların cam, çatının ise opak olmasıdır. Çünkü soğuk iklimlerde bile, özellikle henüz hava sıcaklıklarının düşmeye başlamadığı ve güneşin gökyüzündeki geçişini yavaşça tamamladığı sonbahar mevsiminde bina istenilenden fazla ısınabilir[31].

4.4.2.2. Saydam Yalıtım Malzemeleri

Bina dış duvarlarında genellikle opak malzemeler kullanılmakta olup, ısı yalıtım uygulamalarındaki hedef ısı kayıplarının azaltılmasına yöneliktir. Ancak saydamlığın ön plana çıktığı bina cephelerinde ısı kazançlarını arttırmaya yönelik kullanılabilecek saydam yalıtım malzemeleri geliştirilmiştir.

Bu amaçla ilk kullanılan malzeme camdır. 1960'ların başında Giovanni Francia, camdan üretilmiş bal peteği yapıda saydam yapı malzemesini güneş

kolektörlerindeki verimliliği arttırmak amacıyla kullanmıştır. 1980'lerin başında ise Adolf Goetzberger, camın yerine plastik kullanarak üretilen bal peteği yapıda saydam malzemeleri binalara uygulamıştır[33].

Saydam yalıtım malzemeleri, farklı şekillerde (pencereler, seralar, trombe duvarları) farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Saydam yalıtım malzemelerinin bütün çeşitleri havayı, belirli ölçüleri ve şekilleri olan hücreler ile çevrelemek esasına dayanmaktadır. Bu hücrelerin içinde, sıcaklık yoluyla oluşan hava hareketi minimuma düşürülmektedir[61].

Optik Özellikleri Değişen Saydam Yalıtım Malzemeleri

Optik özelliklerin değişimi sonucu, güneş ışınımı spektrumunun tümü veya belli bir bölümü için yüksek geçirgenlik, kısmen yansıtıcılık ve hatta emici olma özellikleri aynı bileşende görülebilir.

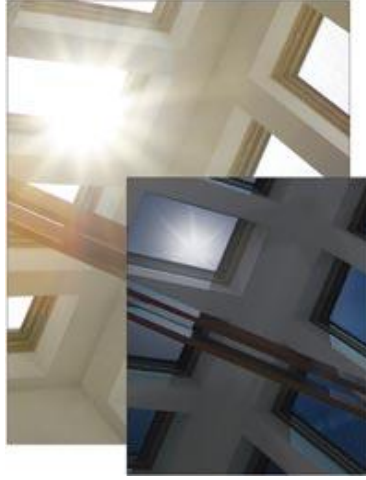
Optik geçirgenlikleri değişken camlar üzerine yapılan araştırmalar, ısı performanslardaki iyileşmeler kadar görsel performans ve fonksiyonlarını da dikkate almaktadır. Geçirgenliği değişebilir camlarda optik özellikler değişir ve bu değişiklik geri dönüşümlüdür. Olay, kromojenik karakter taşır. Termokromik, fotokromik ve elektrokromik metotlar kromojenik metotların örnekleridir.

Termokromik saydam malzemeler, güneş enerjisini önlemek için tasarlanırlar. Sıcaklık değiştiğinde tepki olarak optik özelliklerini değiştirirler. Bu malzemeler cam tabakaları arasında sıkıştırılmış sıvı veya jellerden oluşur. Bu sistemlerin eksik yanı görülebilir ışığın geçişini azaltmaları ve uzun süreli kararlılığını etkileyecek şekilde sıvı fazın pencere ünitesinden sızma ihtimalidir[56]. Termokromik camların bağımsız olarak kontrol edilmeleri zordur.

Fotokromik saydam malzemeler, güneş gözlükleri ve dürbünler gibi ışığa cevap olarak optik özelliklerini değiştirirler. Geçirgenliklerini değiştirdiklerinde ısı emme oranı artar. Güneşli soğuk günlerde güneş ısı ve oda kaynak ısını emen ve sonra bir miktar ısıyı tekrar çevresine yayarlar. Güneşli sıcak günlerde, yansıtıcı camlar kadar güneş enerjisini yansıtmazlar[57]. Bunlar otomatik olarak reaksiyon gösterirler ve bağımsız kontrole izin vermezler. Bazı teknik problemler nedeniyle fotokromik camlar henüz pencere boyutlarında üretilmemektedir[57,62].

Elektrokromik saydam malzemeler, ünite içinden bir elektrik akımı geçtiğinde optik özelliklerini değiştirir. İnce bir metalik film, low-e camların üretimine benzer bir

süreçle cam üzerine yerleştirilir. Amorf veya kristal yapıdaki WO_3 , MoO_3 , IrO_x ve NiO_x filmleri en sık karşılaşılan elektrokromik malzemelerdir. Sistem olarak saydam iletken, elektrolit ve elektrokromik tabaka olmak üzere en az 3 tabakadan oluşurlar. Diğer bir teknik de camın iki paneli arasında sıkıştırılmış sıvı kuvars filminin konulmasıdır[63]. En kontrollü sistemdir. İsteğe bağlı olarak küçük bir elektrik sinyalinin verilmesiyle, elektrokromik tabakanın optik ve güneş enerjisi ile ilgili özellikleri değişir[57]. Saydam yalıtım malzemelerinin optik geçirgenlikleri ise 0,70-0,95 arasında değişir[62,64].



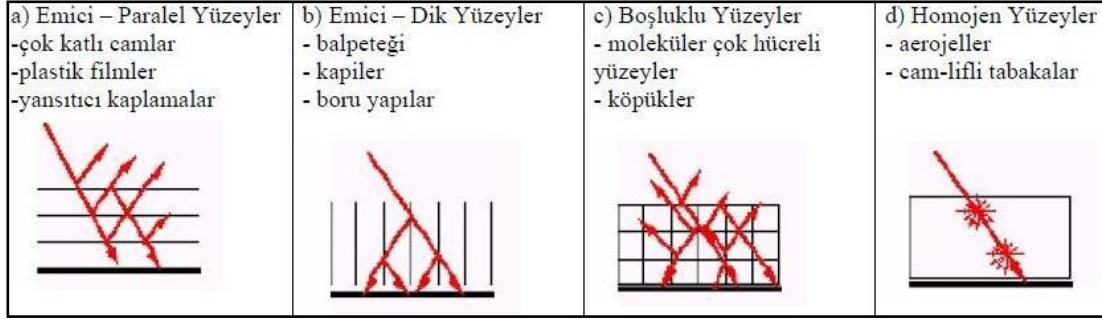
Şekil 4.19: Elektrokromik Camla Kurgulanmış Çatı Uygulaması

Optik Özellikleri Değişmeyen Saydam Yalıtım Malzemeleri

Yalıtım özelliklerinin yanı sıra güneş enerjisinin kullanımına da imkân tanıdıkları için opak yalıtıma göre çok daha fazla enerji tasarrufu potansiyeline sahiptir. Ancak binalarda ısıtmanın istenmediği dönemde aşırı ısınmaya sebep olabilmektedir. Bu problemler de saydam yalıtım malzemesi önüne konan gölgeleme bileşenleri ile çözülebilmektedir.

Optik geçirgenliği sabit saydam yalıtım malzemeleri balpeteği, kapiler yapılar ve arojellerdir. Balpeteği yapılar hem iyi yalıtımı olan hem de güneşe karşı yüksek geçirgenliği olan, kalın katmanların yapımına izin verir. Balpeteğinin yalıtım özellikleri, ancak balpeteği hücre büyüklüğünün taşınım ve radyasyonla ısı transferini engelleyecek yeterlilikte küçük olması ile sağlanır[65].

Şekil 4.20’de yapılarına göre optik özellikleri sabit saydam yalıtım malzemeleri türleri gösterilmektedir.



Şekil 4.20: Optik Özellikleri Sabit Saydam Yalıtım Malzemeleri

Emici Yüzeye Paralel Düzenlenen Malzemeler: Emici yüzeye paralel düzenlenen lamine camlar iki veya daha fazla katmandan oluşmakta ve yapay folyolar (polivinil butiral) ile birbirlerine bağlanmaktadır. Polivinil butiralın dağılmayı önleyici özelliği sebebiyle güvenlik camı olarak da kullanılırlar.

Cam yüzeylerinin kaplamalı olması durumunda ışıma karşı koyarken, cam tabaklar arasındaki hava boşluklarının soy gazlar ile doldurulmasına bağlı olarak taşınım yoluyla gerçekleşen ısı akımına karşı koyarlar.

Kullanıldığı sistemde elde edilen toplam ısı geçirgenlik direnci $0,7 \text{ W/m}^2\text{°C}$ gibi bir değere sahip olabilmektedir.

Emici Yüzeye Dik Düzenlenen Malzemeler: Emici yüzeye dik düzenlenen saydam yalıtım malzemeleri kapiler ve balpeteği hücrelerden oluşmaktadır. Yansıma daima emici yüzeye dik olur ve güneş ışımasını geri yansımadan duvar yüzeyine ulaşır. Bu malzemelerin üretiminde genel olarak polimetilmetakrilat ve polikarbonat kullanılır.

Saydam yalıtım malzemelerinden optik geçirgenliği sabit olan balpeteği ve kapiler yapılar yansıyan ışığı yönlendirerek emici yüzeye doğru gitmesini sağlarlar. Böylece optik kayıplar çok küçük olmaktadır. Sadece iç ve dış strüktürel yüzeyler arasındaki bazı saçılma ve emme sebebiyle toplam geçiş azalır. Balpeteğinin yüksek geçirgenliği, balpeteği yapılarındaki ön yansımadan anlaşılabilir[65].

Hücresel Yapıda Malzemeler: Selüloz filmlerinden yarı saydam olarak üretilen saydam yalıtım malzemelerinde filmler V şeklinde katlanır ve katmanlar her seferinde 90° döndürülerek iki cam tabakası arasına yerleştirilerek kullanılır. İki cam arasında 6 cm kalınlıktaki katmanın kurgulanmasıyla sistemin ısı geçirgenlik direnci $0,9 \text{ W/m}^2\text{°C}$ gibi bir değere sahip olabilmektedir.

Bir başka yaklaşım ise akrilik yarı saydam köpüklerin kullanımıdır. İki cam tabakası arasına sıkıştırılmış 2 cm kalınlıktaki katmanın kurgulanmasıyla sistemin ısı geçirgenlik direnci $1,7 \text{ W/m}^2\text{°C}$ gibi bir değere sahip olabilmektedir.

Yarı Homojen Malzemeler: Cam elyaf ve silika aerogel homojen maddelerinin iki cam tabakası arasındaki hava boşluğuna doldurulmasıyla elde edilir. Homojen özellikteki bu dolgu malzemeleri düşük ısı iletkenlik değerleri ile sistemin toplam ısı geçirgenlik direncinin düşürülmesine yardımcı olurlar.

Aerogel, tabakalı camların arasındaki boşluğa doldurulur[61]. Boşluk çapı 100 nm olan mikro yapıda boşluklu, açık hücreli bir malzemedir. Boşluk çapının böyle küçük oluşu konveksiyonla olan iletkenliği sınırlar[64]. Aerogeller hareketsiz havadan daha düşük bir ısı iletkenliğe sahiptirler. Çünkü küçük gözenekler içerisinde hacimlerinin % 97'si havadır ve direnci hava moleküllerinden daha küçüktür[63]. Isıl performans gaz doldurulmuş cam ile birlikteliği sayesinde bekleneni vermektedir[57]. Aerogellerin katı bölümü boyunca ısı iletimi parçacıklar arasındaki küçük bağlantılarla sınırlandırılmıştır. Radyasyonla ısı iletimi ise, aerogellerin küçük kütle, büyük yüzey alanına sahip olmaları nedeniyle düşüktür[66,67].

Aerogellerin ısı iletkenliği 300 K ve 1 atm'de $0,020 - 0,013 \text{ W/mK}$ aralığında ölçülmüştür. Organik aerogeller tabiatıyla silika aerojelden daha düşük ısı iletimine ve modifiye olmamış silika aerogellerinden 4 kat yüksek kızıl ötesi sönüm katsayısına sahiptirler. Silika aerogeller yanmazdır, zehirli değildir, hafiftir, saydamdır ve ısı dayanıklılığı 650°C 'dir[66]. Aerogeller en iyi içgösterir olma özellikleri ile tanımlanır. Bunun sebebi de aerogelin cam ile aynı malzemeden yapılmış olmasıdır. Buna rağmen durum bu kıyaslama kadar basit değildir. Aerogellerin birkaç cm içerisinden uzak nesneler görülebilmesine rağmen, aydınlatılmış bir parça karanlık bir fonda bakıldığında hafif mavimsi bir renk gösterir ve gönderilen ışığı hafifçe kırmızılaştırır[68]. Aerogelin en önemli kusuru, kırılma oluşu ve suya karşı dayanıksızlığıdır. Ayrıca, yansıyan ışınların bir bölümünün emici yüzeyden uzaklaşması da bir başka problemdir. Bununla beraber kırılma indisinin 1'e çok yakın olması çok net bir görüntü sağlanır. Isı iletkenliği (Λ) balpeteği ve kapiler yapılardan çok daha düşüktür. 10 cm kalınlığındaki silika aerogel bileşenin yaygın güneş ışınımı geçirgenliği 0,77 olarak verilmektedir[64].

4.4.2.3. Faz Değiştiren Malzemeler

Isı biriktirme yapının enerji korunumunda, yapı bileşenlerinde gizli bir şekilde gerçekleşen ısı depolama özelliği ile önemli bir role sahiptir. Faz değiştiren malzemelerde gizli ısı depolama, küçük sıcaklık dalgalanmalarında bile büyük ısı biriktirme yeteneği olduğundan oldukça ilgi gören bir konudur.

Beton, alçı levha, vb. yapı malzemelerinin bünyesine katılmasıyla veya yüzeylerinde uygun faz değiştiren malzemelerin kullanılmasıyla, duvar, tavan ve döşemelerde ısı depolama özelliği arttırılabilmektedir. Bu malzemeler doğrudan güneş enerjisini hapsedebildikleri gibi doğal taşınım ile oluşan ısı enerjisini de hapsedebilirler.

Erime sıcaklığı ve geciktirilmiş kaynama ısısı bakış açısından ele alındığında, organik, inorganik ve ötektik (maksimum erime yeteneği olan) birçok malzeme vardır. Ancak her özelliğin tek bir malzeme bünyesinde bulunması neredeyse imkânsızdır, bu durumda zayıf özelliklerin katkı maddeleriyle güçlendirilmesi gerekir. Örneğin metal pulcuk katkısıyla ısı iletkenlik özelliği arttırılabilir, çekirdekleştirme ajanlarıyla aşırı donma özellikleri iyileştirilebilir, uygunsuz erime özelliği ise uygun kalınlık seçimiyle çözülebilir. Çizelge 4.8’de geciktirilmiş ısı depolama yeteneği olan bir malzemede bulunması gereken özellikler listelenmiştir.

Çizelge 4.8: Geciktirilmiş Isı Depolama Yeteneği Olan Bir Malzemede Olması Gereken Özellikler

Termodinamik özellikler	Erime ısısı kullanım sıcaklığında olmalı
	Birim hacim için geciktirilmiş kaynama ısısı yüksek olmalı
	Özgül ısısı, yoğunluğu ve ısı iletim katsayısı yüksek olmalı
	Faz değişimlerinde hacim değişiklikleri küçük olmalı
	Yoğuşma problemlerinden etkilenmemesi için kullanım sıcaklığında düşük buhar basıncı olmalı
Kinetik özellikler	Likit fazda aşırı donma olmaması için yüksek çekirdekleşme değeri olmalı
	Isı depolama yeterliliği için kristal filiz miktarı yüksek olmalı
Kimyasal özellikler	Kimyasal kararlılığa sahip olmalı
	Donma-erime döngüsü kusursuz olmalı
	Donma-erime döngüsünden sonra bozulmamalı
	Aşındırıcı, toksik, yanıcı ve yakıcı olmamalı
Ekonomik özellikler	Düşük maliyetli olmalı
	Geniş kullanım olanakları olmalı

Faz değiştiren malzemeler, organik ve inorganik olmak üzere,

- Organik;

Parafin (C_nH_{2n+2}) ve Yağ asitleri ($CH_3(CH_2)_{2n}COOH$)

- İnorganik;

Tuz hidratları (M_nH_2O)

- Ötektik;

şeklinde sınıflandırılırlar.

Faz değiştiren malzemelerin duvar malzemesi bünyesine katılmasının yanı sıra, alçı levha, döşeme ve tavan kaplamaları gibi daha hafif yapı malzemelerinin üretilmesi de gündemde olan bir konudur.



şekil 4.21: Faz Değiştiren Malzemeyle Solar Duvar

Solar duvar, faz değiştiren malzemelerin duvar içine gömölerek güneş ışıınımını emdiği ve duvar bünyesinde depoladığı sistemlerdir(şekil 4.21).

Kısa dalga güneş ışıınımı; camdan, sonrasında taşınım ve ısı ışıınımını engelleyen saydam yalıtım malzemesinden geçer. Faz değiştiren siyah parafin mumu saydam bir polikarbonat plastik kılıf içinde bulunur ve ısı enerjisini geciktirilmiş ısı olarak depolar. Havalandırma boşluğu kanalıyla ısınan hava mekânı ısıtmak için bina içine verilir. Isı yalıtım malzemesi ise sağlanan ısının korunumu için uygulanır.

Solar duvar uygulamasının tercih edilemeyeceği durumlar da karşımıza çıkabilmektedir. Böyle durumlarda faz değiştiren malzemeler, beton bloklar, alçı paneller, vb. yapı bileşenlerinin üretim aşamasında içlerine emdirilerek kullanılır. Böylece ısı depolama kapasitesi yüksek ama daha hafif yapı bileşenleri elde edilebilmektedir. Çeşitli teknik ve malzemelerle yapılan çalışmalar sonucu beton bloklardaki faz değiştiren malzeme katkısıyla ısı depolama yeteneğinin %300 oranında arttığı gözlemlenmiştir[69].

4.4.3. Işınlma Karşı Koyan Malzemeler

Yansıtıcı yalıtım, ince, paralel folyoların yüksek yansıtıcı özelliğiyle, bırakılan boşlukta maruz kalınan ısı ışınımını kaynağına geri göndermek suretiyle yapılır. Boşluk, hareketsiz havayı hapsederek taşınım ısı ışınımını kesecek boyutlarda bırakılır (genellikle 5 cm).

Bırakılan boşluk, ısı akışının yönü ve kurulum metoduna göre toplam ısı akışı etkilenir. Tek bir homojen malzemedan ziyade bir sistem olarak düşünülmesi ve bu sistemi oluşturan her bir bileşenin özelliklerine göre değerlendirilmesi gerekir[45].

Eğer yansıtıcı özellikteki malzeme boşluk bırakılmadan malzemelerle temas ederse, yüksek iletim özelliklerinden ötürü ısı geçişinde olumsuz bir rol üstlenecektir.

4.4.3.1. Yansıtıcı Yalıtım Malzemeleri

Yansıtıcı yalıtım, ışınım ısı akımı engelleyen alüminyum tabakaların yanı sıra, hapsedtiği hava sayesinde taşınımı da önleyen kâğıt ve plastik gibi malzeme tabakalarının bir arada kullanıldığı sistemlerdir. Yansıtıcı yalıtımda genellikle alüminyum kullanılmaktadır ve bu kompakt sistem ışınım ısı akımı %97 oranında kesebilmektedir. Alüminyum folyo tabakaları dışında kullanılan kâğıt ve plastik gibi diğer malzemeler küçük hava odacıkları oluşturarak taşınım ısı akımını engeller[70].

Yansıtıcı yalıtım malzemelerinin bünyesinde bulunan hava katmanlarının kalınlığı az olduğunda iletim ısı akımına karşı, fazla olduğunda ise taşınım ısı akımına karşı direnç oluşamayacağından optimum hava katmanı kalınlığı yaklaşık 2 cm olmalıdır[27].

Malzemenin yansıtıcı özelliği, düşük emicilik - yüksek yansıtıcılıkla ölçülebilmektedir. Çoğu yalıtım malzemesinin yayıcılık değeri (ϵ) 0.70 iken yansıtıcı yalıtım malzemelerinde bu değeri 0.03' tür. Bu anlamda, diğer yalıtım malzemelerine kıyasla ışınım ısı akımını engellemekte üstün özelliklere sahiptirler.

Yansıtıcı yalıtım malzemeleri;

- Bir veya daha fazla balonlu naylon veya köpük malzeme katmanı arasında, bir veya daha fazla alüminyum folyodan oluşan malzeme
- Çok sayıda alüminyum folyo, kraft kâğıdı ve/veya plastik katmandan oluşan malzeme

- Kraft kâğıdı veya plastik malzemeyle lamine edilmiş tek alüminyum folyodan oluşan malzeme, olmak üzere sınıflandırılır.

Yansıtıcı yalıtım malzemeleri, toksik olmayışı, uygulayıcı - kullanıcı sağlığına ve çevreye olumsuz etkilerinin olmayışı, servis süresinin uzun oluşu ve geri dönüştürülebilir oluşu gibi birçok olumlu özelliğe sahiptir. Ancak buhar geçirimsiz oluşu, yapı bileşeni içindeki yerine karar verirken göz önünde bulundurulmalıdır[70].

4.4.3.2. Işın Bariyeri

Yayıcılık değeri 0.01 veya daha az olan yüksek yansıtıcılık - düşük emicilik özelliğine sahip bir yüzeyin, bir yapı bileşeni içinde bırakılmış boşluğa bakacak şekilde kurgulandığı sistemlerdir. Tek başına yansıtıcı bir yansıtıcı malzeme değildir, etkisi ancak yönlendirildiği boşluk ile değerlendirilir.

Işın bariyerleri;

- Lamine alüminyum folyolar (kraft kağıdına, plastik filme, ahşap yonga levhaya veya kontraplağa lamine edilmiş)
- Alüminize edilmiş plastik filmler (vakum işlemiyle film yüzeyine alüminyum partiküller emdirilmiş), olmak üzere sınıflandırılır[70].

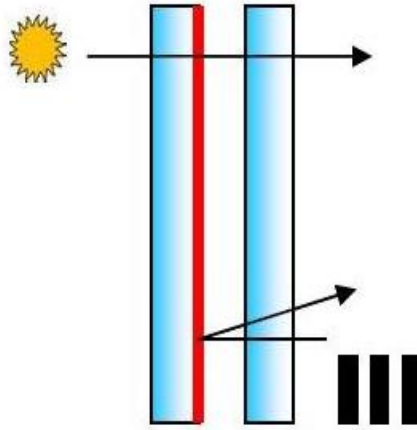
4.4.3.3. Işınım Kontrol Astarları

Kalınlığı ihmal edilen, düşük yayıcılık özelliğine sahip, sürüldüğü iç yüzeylerin yayıcılık değerini düşüren malzemelerdir. Ahşap yonga levha, kontraplak, metal yalı baskısı ve alçı levha gibi gözeneksiz malzeme yüzeylerine uygulandığında, malzemenin sahip olduğu yüzey yayıcılık değerini 0.24 veya daha altına indirebilmektedir.

Sadece ışınlımla gerçekleşen ısı geçişinin durdurulmasında etkilidir, iletim ve taşınım ile gerçekleşen ısı geçişlerine etkisi yoktur. Işın bariyeri ile benzerdir ancak daha az etkilidir, çünkü yayıcılık değeri daha yüksektir. Folyo ya da film şeklindeki ışın bariyerinin veya yansıtıcı malzeme sistemlerinin uygulanamayacağı durumlarda, sprey halinde ve kısa sürede uygulanabilmesi, bir kıyaslama söz konusu olduğunda avantaj olarak sayılabilir özellikleridir[70].

4.4.3.4. Low-e Film Kaplamalı Cam

Cam tabakaları arasında 9-16 mm arasında bırakılan boşluk ve bu boşluğun ısı iletkenliği düşük gaz yardımıyla iletim ve taşınım ile gerçekleşen ısı iletimini engellemek mümkündür. Işınım ile ısı iletimini engellemek için dış taraftaki camın iç yüzüne düşük yayınlı (low-e) bir kaplama uygulanır. Böylesi bir yüzey aynı dalga boylu ısı ışınları da daha fazla yansıtır. Yani iç ortamdan gelen ısı ışınları (infrared - kızıl ötesi ışınları) tekrar iç ortama vererek (yaklaşık %80 yansıtma sağlayarak) iç ortamın soğumasını engelleyecektir.



Şekil 4.22: Low-e Kaplamalı Çift Cam[58]

Low-e ısı kontrol kaplamalı çift cam üniteleri oda ısını görünmez bir ayna gibi tekrar içe yansıtarak bina sıcaklığının dışa kaçışını klasik çift cama göre yarıya yakın bir düzeye indirebilmektedir. Bu da tek cama göre yaklaşık 3-4 kat iyileştirme demektir. İç ortamdan dışa ısı kaybı; klasik çift camlarda %70 oranında ışınlama, %30 oranında iletimle olmaktadır. Low-e kaplamalar ısı kaçışının bu %70'lik büyük bölümünü denetleyebildiği için ısı kontrolünde bu derecede etkili olabilmektedir.

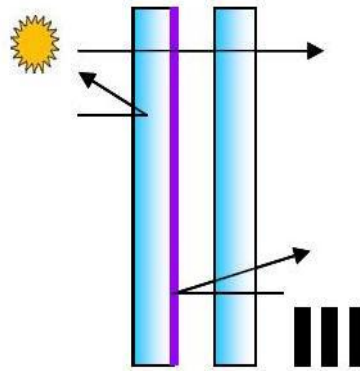
Metal oksitler, düşük yayınlı kaplamaların kaynağıdır. Low-e kaplamalı ürünler sert ve yumuşak kaplamalar olarak iki kategoriye ayrılır[71]. Sert kaplamalar, temelinde kalay-oksit dayalıdır ve float hattı ile doğrudan bağlantılı olan üretim süreci yüzünden hat-üstü kaplama olarak tanımlanır[72]. Yumuşak kaplamalar dielektrik koruyucu tabakalar tarafından çevrilen ince bir bakır kaplamaya bağlıdır. Yumuşak kaplamalar camın yüzdürme tekniğiyle üretilmesinden sonra, ikincil üretim işlemleri ile üretilir[73,74]. Yumuşak kaplamalar dış hava şartlarına karşı dayanıklı olmadıkları için çift cam ünitesinin iç taraftaki yüzeylerinden birine kaplanır ve yerleştirme sırasında bu yüzeyin iç tarafa bakması sağlanır[55,57]. Bu kaplamaların

kendisi düşük ısı ışı yaydığı gibi, iç ortamdan üzerlerine gelen ısı ışıların da önemli bir bölümünü geri yansıtır. Böylece ışıınımla ısı kaybı da önemli ölçüde azaltılır ve cam ünitesinin U-değeri aşağıya çekilir ($2,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$)[56]. Genellikle tabakaları arasında gaz dolu üniteler low-e kaplamaya da sahiptir. Argon gazının yalıtkanlığı havanın $2/3$ 'ü kadardır ve tüm U-değerinde %15 azalma mümkündür. Örneğin, sadece 3,6 cm kalınlığında ve 30 kg/m^2 ağırlığında olan 4 mm kalınlıkta cam tabakaları ve 12 mm boşluklu low-e kaplamalı, argon dolgulu bir üçlü ünitenin U-değeri $0,84 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ 'dır. Yalıtım değeri yaklaşık 46 cm düşey delikli tuğla duvar veya 5 cm polistiren sert köpük levha ile karşılaştırılabilir düzeydedir[60].

Güneş ısıısının iç mekâna kontrollü olarak girmesine izin verildiğinde soğutma giderleri de azaltılmış, bina içi rahatlık düzeyi sağlanmış olur. Ancak konutlar, vitrinler ve gece manzarasının önemli olduğu yerler için güneş kontrol camı seçilirken, yansıtıcı (aynamsı) camlardan kaçınılmalıdır. Bu tip camlar ışıgın kuvvetli olduğu tarafta ayna görüntüsü sergiler. Bu durum, gündüz saatlerinde dışarıdan bakıldığında bina içinin görünmesini engelleyebilirken, gece aydınlık dengesi değiştiğinde; yani dışarısı karanlık, içerisi aydınlık olduğunda bina içi dışarıdan görünürken iç taraftan dışarıyı görmek mümkün olmamaktadır[58].

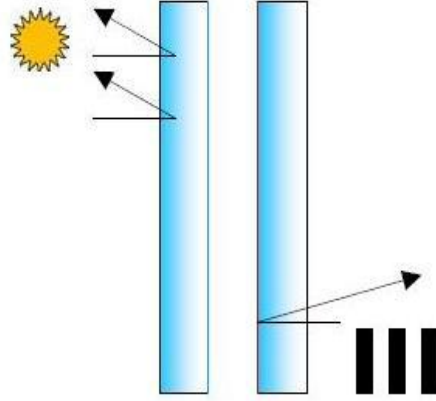
Tek kaplamalı çok amaçlı çözümlerin özellikleri; yüksek ışı geçirgenliği; iyi bir güneş kontrolü, düşük ısı geçirgenliği ve düşük ışı yansıtma katsayılarıdır. Tüm bu özellikler tek bir kaplama ile sağlanabilmektedir.

Çok amaçlı nötral kaplamalar yüksek bir seçicilik indeksine (ışı geçirgenliği/güneş ısıısı geçirgenliği) sahip olduğu için aydınlıktan ödün vermeden hem güneş hem ısı kontrolü sağlayabilmektedir.



Şekil 4.23: Tek Kaplamalı Çok Amaçlı Çift Cam[58]

Çift kaplamalı çok amaçlı çözümler giydirme cephelerde yaygınlıkla kullanılmaktadır. Çift cam ünitelerinin 2. yüzeyindeki yansıtıcı güneş kontrol kaplamaları etkin bir güneş kontrolü sağlarken (Şekil 4.23), 3. yüzeyindeki low-E kaplamalar bina ısısının içte tutulmasında etkilidir (Şekil 4.24). Kışın bina ısısının içte tutulmasında başrolü oynayan low-E kaplamalar yazın soğutma yüklerinin azaltılmasına da katkı sağlarlar.



Şekil 4.24: Çift Kaplamalı Çok Amaçlı Çift Cam[58]

Ülkemizde yaşam kalitesini ve verimliliği artırmak için ısı yalıtımı tek başına yeterli değildir. Türkiye'nin yarısından daha büyük bir bölümü ısınmaya ek olarak yazın soğutma da gerektirecek bir iklime sahiptir. Bu nedenle, aynı camlamanın kombinasyonunun hem yaz hem de kış koşullarında faydalı olması en uygun çözümdür.

Türkiye dört mevsimi bir arada yaşayan bir iklime sahiptir. Birçok bölgemizde hem kış hem de yaz koşulları geçerlidir. Pencere camları mevsimlere göre değiştirilemeyeceğine göre cam seçiminde on iki ay, dört mevsimlik bütün bir yılın ortalama kazançları dikkate alınmalıdır. Bu amaçla her iki camı da kaplamalı olan çift cam veya cam plakalarından sadece birinde özel çok amaçlı bir kaplama içeren çift cam kullanılması önerilmektedir[58].

5. TÜRKİYE’DE SIK KULLANILAN DİRENÇLİ ISI YALITIM MALZEMELERİ VE UYGULAMAYA ETKİLERİ

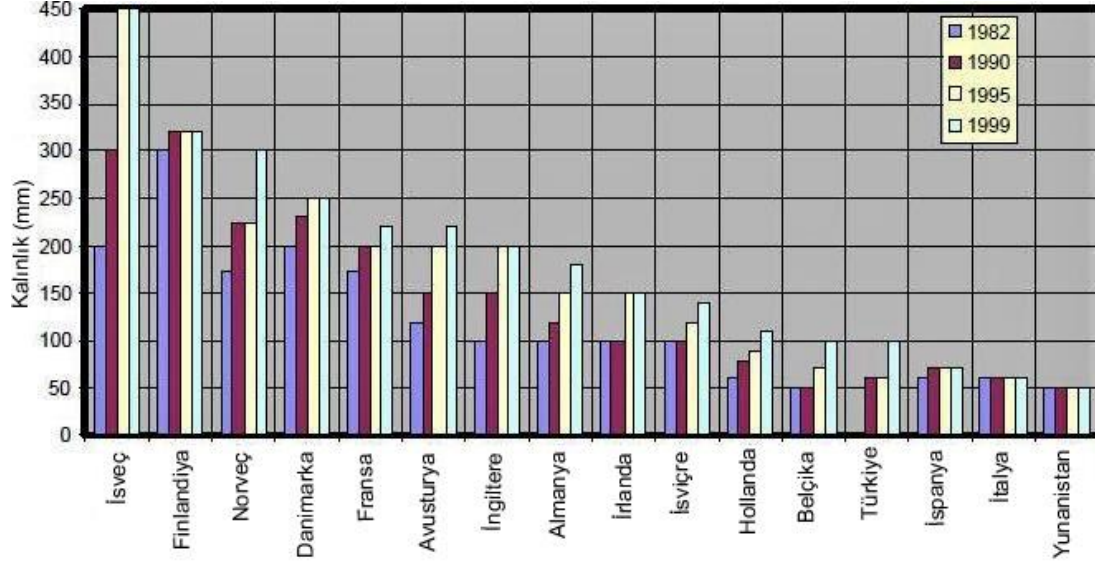
Yaklaşık otuz yıl önce ısı yalıtımının tüm Avrupa’da zorunlu hale gelmesiyle birlikte ısı yalıtım malzemeleri, bir yapının enerji davranışını geliştiren en etkin araçlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Yalıtım malzemelerinin kullanımı, ulusal standartların gerektirdiği miktarlara bağlı olarak yapıların yalıtılması ile artış göstermektedir. Gerekli yalıtım malzemesi miktarının hesaplanabilmesi için yapı kabuğunda sağlanması beklenen U-değerlerinin göz önüne alınması gerekmektedir. Çizelge 5.1’de bazı Avrupa ülkeleri ve Türkiye’de yapı bileşenlerine ait sağlanması zorunlu ısı geçirgenlik dirençleri listelenmiştir.

Çizelge 5.1: Türkiye ve Bazı Avrupa Ülkelerinde Zorunlu U-Değerleri

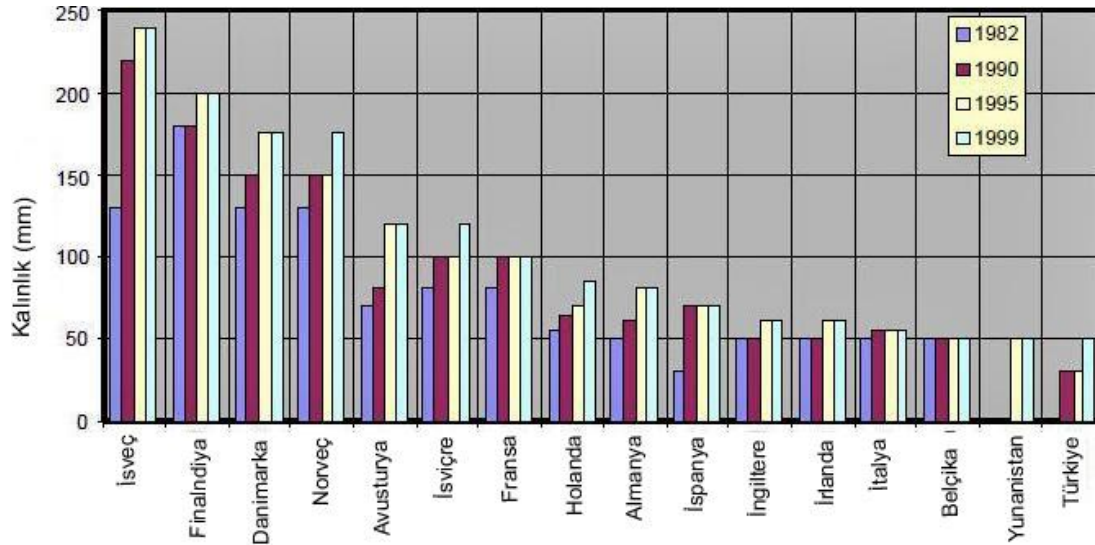
Ülke	Çatı (W/m ² K)	Duvar (W/m ² K)	Döşeme (W/m ² K)	Pencere (W/m ² K)
Avusturya	0,2 – 0,3	0,3 – 0,4	0,4 – 0,5	1,0 – 1,5
Belçika	0,4 – 0,5	0,5 – 0,6	0,6	1,5 – 2,5
Danimarka	0,1 – 0,2	0,2 – 0,3	0,1 – 0,2	1,5 – 2,5
Finlandiya	0,1 – 0,2	0,2 – 0,3	0,2 – 0,3	1,5 – 2,0
Fransa	0,2 – 0,3	0,4 – 0,5	0,3 – 0,4	1,5 – 2,5
Almanya	0,2 – 0,3	0,5 – 0,6	0,4 – 0,5	1,0 – 1,5
Yunanistan	0,4 – 0,5	0,5 – 0,7	0,7 – 1,9	2,5 – 3,5
İrlanda	0,1 – 0,2	0,2 – 0,3	0,2 – 0,3	1,5 – 2,5
İtalya	0,3 – 0,4	0,4 – 0,5	0,4 – 0,5	2,5 – 3,5
Litvanya	0,1 – 0,2	0,2 – 0,3	0,2 – 0,3	1,5 – 2,5
Norveç	0,1 – 0,2	0,2 – 0,3	0,1 – 0,2	1,0 – 1,5
Portekiz	0,6	0,6	0,6	2,0 – 3,0
Rusya	0,1 – 0,4	0,1 – 0,2	0,1 – 0,4	1,5 – 3,5
İspanya	0,6	0,6	0,6	2,5 – 3,5
İsveç	1,0 – 0,2	1,0 – 0,2	1,0 – 0,2	1,0 – 1,5
İsviçre	0,3 – 0,4	0,3 – 0,4	0,6	1,0 – 1,5
İngiltere	1,0 – 0,2	0,3 – 0,4	0,2 – 0,3	1,5 – 2,5
Hollanda	0,2 – 0,3	0,2 – 0,4	0,2 – 0,3	1,5 – 2,5
Türkiye	0,25 – 0,45	0,4 – 0,7	0,4 – 0,7	2,4

Standartlara bağlı olarak, yapı bileşenlerinde kullanılan ısı yalıtım malzemesi kalınlıklarında ülkelere göre tipik farklılıklar gözlenmektedir. Şekil 5.1 ve 5.2’de görüldüğü üzere, çeşitli düzenlemelerle gereken yalıtım ihtiyacına göre kalınlık

değerleri, bazı ülkelerde yaklaşık iki katına varan değişimlere uğramış olmasına rağmen (özellikle Kuzey Avrupa ülkelerinde), bazı ülkelerde standartların gerektiği şekilde revize edilmediği gözlenmektedir (Belçika, Yunanistan, vb.).



Şekil 5.1: Çatı Yalıtım Kalınlıklarındaki Gelişim[51]



Şekil 5.2: Duvar Yalıtım Kalınlıklarındaki Gelişim[51]

Standartlar geliştirildikçe ısı yalıtım malzemelerinin de özelliklerin geliştirilmesi konusu gündeme gelmektedir. Bu ise sadece ısı özellikler yönünden değil, iç hava kalitesi ve diğer çevresel etkiler olarak da geliştirilmesi anlamına gelmektedir. Ayrıca yalıtım malzemesinin kalitesi tüm bu özelliklerinin yanı sıra, ulusal, bölgesel ve yerel anlamda yapım yöntem ve tekniklerine uyumu ile de değerlendirilir. Bu nedenle kimi ısı yalıtım malzemeleri bir bölgede yaygın olarak kullanılırken, diğer

bölgelerde tercih edilmeyebilir ve yerine aynı özellikleri sağlayabilecek diğer malzemeler seçilir[51].

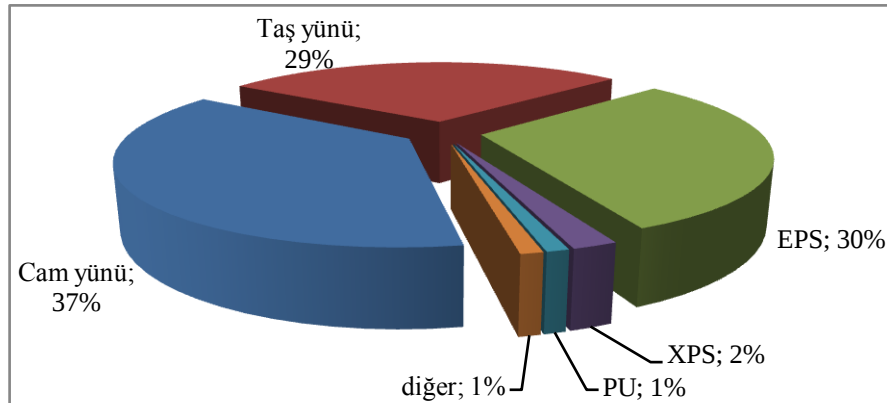
5.1. Avrupa’da ve Türkiye’de Isı Yalıtım Sektörü

Avrupa Birliği ülkeleriyle Türkiye’nin ısı yalıtım malzemesi kullanım miktarı karşılaştırıldığında yaklaşık olarak, Almanya’nın yirmi, Fransa’nın on kat gerisinde bulunduğumuz görülmektedir (Çizelge 5.2).

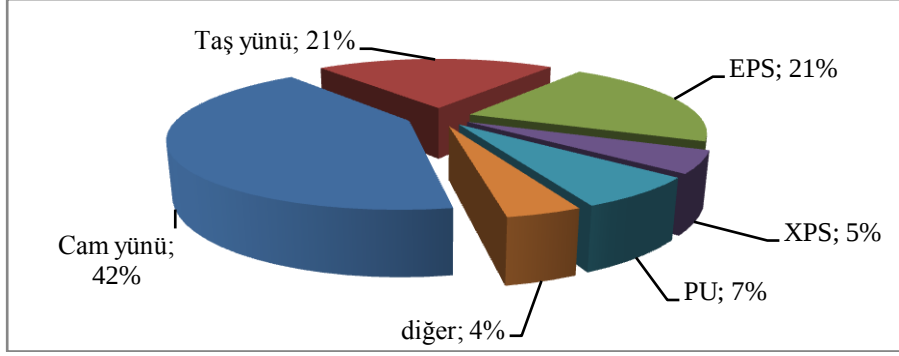
Çizelge 5.2: Kişi Başı Isı Yalıtım Malzemesi Tüketim Değerleri

Ülke	Malzeme Tüketimi (m ³)
Türkiye	0,07
İspanya	0,1
Fransa	0,4
İtalya	0,2
Almanya	0,8
Portekiz	0,2

Avrupa’da yalıtım malzemeleri iki ana grupta değerlendirildiğinde malzeme kullanımına yönelik genel eğilim, inorganik lifli malzemeler ve organik köpüksü malzemeler olmak üzere iki grup olarak göze çarpmaktadır[60]. Şekil 5.3 ve Şekil 5.4’te belirtildiği üzere 2002 yılı verilerine göre Doğu Avrupa’da kullanılan 31 milyon m³ ve Batı Avrupa’da kullanılan 116 milyon m³ ısı yalıtım malzemesi arasında inorganik lifli malzemeler (cam yünü ve taş yünü) yaklaşık %60’lık orana sahipken, geri kalan oran organik köpüksü malzemelere (Genleştirilmiş Polistiren, Ekstrude Polistiren ve Poliüretan) ve diğerlerine aittir[75].

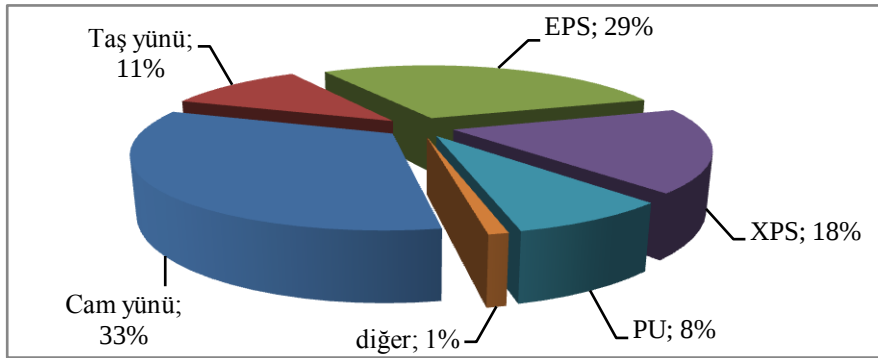


Şekil 5.3: Doğu Avrupa Yalıtım Pazarı, 2002[75]



Şekil 5.4: Batı Avrupa Yalıtım Pazarı, 2002[75]

Şekil 5.5'te belirtildiği üzere 2006 yılı verilerine göre, Türkiye'de kullanılan 6,1 milyon m³ yalıtım malzemesi arasında inorganik lifli malzemeler %44'lük (cam yünü 2 milyon m³, taş yünü 0,7 milyon m³) orana sahipken, geri kalan oran organik köpüksü malzemelere (genleştirilmiş polistiren 1,8 milyon m³, ekstrude polistiren 1,1 milyon m³, poliüretan 0,5 milyon m³) ve diğerlerine aittir[75].



Şekil 5.5: Türkiye Yalıtım Pazarı, 2006[75]

Tüketim verileri doğrultusunda sık kullanıldığı belirlenen yalıtım malzemeleri (cam yünü, taş yünü, genleştirilmiş polistiren, ekstrude polistiren, poliüretan köpük) ile Türkiye'de yapılan ısı yalıtımı uygulamalarının yapı fiziği açısından sorunsuz; kullanıcı sağlığı ve güvenliği açısından uygun olup olmadığını değerlendirebilmek amacıyla, bundan sonraki bölümlerde farklı duvar kompozisyonları oluşturulacak ve malzemelerin sahip oldukları özellikler doğrultusunda gösterdikleri davranışlar irdelenecektir. Böylece mevcut koşullar doğrultusunda uygun malzemelerin seçimine ve uygulama esaslarına dair öneriler getirilecektir.

Türkiye'de sık kullanılan dirençli ısı yalıtım malzemelerinin fiziksel ve ekolojik özellikleri Çizelge 5.3'te listelenmiştir.

Çizelge 5.3: Türkiye’de Sık Kullanılan Dirençli Isı Yalıtım Malzemeleri Özellikler Tablosu

STANDART NO	ÖZELLİKLER		MALZEME					
			CAM YÜNÜ TS 901-1 EN 13162[76]	TAŞ YÜNÜ TS 901-1 EN 13162[76]	GENLEŞTİRİLMİŞ POLİSTİREN TS 7316 EN 13163[77]	EKSTRUDE POLİSTİREN TS 11989 EN 13164[78]	POLİÜRETAN KÖPÜK TS EN 13164[79]	
TS EN 12667[80] TS 415 EN 12939[81]	FİZİKSEL ÖZELLİKLER	Isı İletkenlik	W/mK	0.035- 0.050	0.035- 0.050	0.035 - 0.040	0.030 - 0.040	0.025 - 0.040
TS EN 1602[82]		Yoğunluk	kg/m³	8 - 500	8 - 500	15 - 30	> 25	> 30
TS EN 1604[83]		Boyut Kararlılığı		< % 1	< % 1	< % 2 - % 5	< % 2 - % 5	< % 5
TS EN 1607[84]		Yüzeylere Dik Çekme Kuvveti	N/mm²	0.001 - 0.7	0.001 - 0.7	≥ 0.02 - 0.4	≥ 0.1 - 0.9	≥ 0.04 - 0.15
TS EN 1608[85]		Yüzeylere Paralel Çekme Kuvveti	N/mm²	-	-	-	-	-
TS EN 826[86]		Basınç Dayanımı	N/mm²	0.0005 - 0.5	0.0005 - 0.5	≥ 0.03 - 0.5	0.1 - 1	> 0.025 - 0.8
TS EN 13501-1[87]		Yangına Dayanım		A1 – A2 sınıfı	A1 – A2 sınıfı	B1 – B2 sınıfı	B1 – B2 sınıfı	B1 – B2 sınıfı
TS EN 1609[88]		Kısmi Daldırmayla Kısa Süreli Su Absorbsiyonu	kg/m²	≤ 1	≤ 1	-	-	-
TS EN 12087[89]		Tam Daldırmayla Uzun Süreli Su Absorbsiyonu	kg/m²	≤ 3	≤ 3	≤ 0.5	-	-
TS EN 12086[90]		Su Buharı Direnç Faktörü		1	1	20 - 100	50 - 300	3 - 40
ISO 14025-06[53]	EKOLOJİK ÖZELLİKLER	ÇEVRE ve EKOSİSTEM	Hava kalitesi / Atmosfer etkisi	Hammadde (kalker ve silis) çıkarımı ve nakliyesine bağlı olarak oluşan kirlilik minimum ve yereldir. Taş ve cürufun eritilmesinden ve bağlayıcı malzeme kürlenmesinden asit yağmurları oluşturabilecek salımlar oluşabilir.		EPS, şişirici ajanı sera gazı etkisi olmayan tek sert levha yalıtımdır. Pentan kullanımı ile yerel kirlilik oluşabilir ancak bunun %95'i yok edilebilir. Üretim sırasında fosil yakıt ve elektrik kullanımına bağlı salımlar oluşur.	Üretim sırasında sera gazı etkili CFC-12, fosil yakıt ve elektrik kullanımına bağlı salımlar oluşur.	Üretim sırasında sera gazı etkili CFC-11 kullanımına bağlı salımlar oluşur. Bazı malzemelerde ozon tabakasına zararı olmayan HFC veya CO ₂ kullanılabilir. HFC'lerin sera gazı etkisi büyüktür.
			Su kalitesi	Hammadde çıkarımı sırasında yüzey sularında çamurlaşma oluşabilir.		Klorlu organikler ve fenoller sebebiyle işletmede salımlar oluşabilir.		
			Arazi ve toprak kalitesi	Madencilikle arazi minimum zarar görür ancak atık malzemelerin yok edimi ile gerçekleşecek katı atık etkisi yükündür.		Atıklar geri dönüştürülmezse katı atık etkisi yükündür.		Kurulum sırasında minimum kayıp oluşur, oluşan kayıplar da zemin dolgusu olarak kullanılabilir.
			Hammadde kaynak tüketimi	Kullanılan malzeme kaynakları oldukça boldur. Demir endüstrisinde atık olan malzemelerin %80'i mineral yünler için kullanılabilir.		Petrokimyasallar, doğalgaz ve benzen ile üretilir. Geri dönüştürülmüş içerik kullanılabilir. Hammadde kullanımı azdır.		
			Çeşitlilik/habitat kaybı	Herhangi bir etki yaratmaz.		Petrokimyasal çıkarımı en büyük etkidir.		
		SAĞLIK	İşçi sağlığı	Serbest liflerin, oluşan toz ve partiküllerin solunması veya temas edilmesi halinde kanserojen etkiye sahiptir.		Benzen kullanımı kontrollü yapılmazsa kanserojen etkiye sahiptir.		Uçucu polizosiyanat nefes darlığı ve alerjik reaksiyon etkisine sahiptir, üretim ve kullanım sahasında kontrol edilmelidir.
			Kullanıcı sağlığı	Yaşama mekânı ile arasında bir bariyer olduğu sürece neredeyse etkisizdir. Yangın halinde yancıcı değildir ve toksik salımlar gözlenmez.		Akut kimyasal hassasiyeti olan insanlarda yarattığı alerjik reaksiyonlar haricinde bilinen bir sağlık etkisi yoktur. Ancak yangın halinde hidrojen siyanür gibi toksik gaz salınımı ve yoğun koyu duman oluşturmaları sebebiyle önlem alınmadan korunması sakıncalıdır.		
			Toplum sağlığı	Fabrikalarda, oluşacak toksik hava etkilerini minimuma indireyecek işlemler yapılır.		Üretim tesisi yakınlarda toksik salımlar oluşabilir.		
		ENERJİ	Üretim ve işleme	Hammadde eritilmesine bağlı olarak enerji kullanımı diğer malzemelere kıyasla orta derecededir.		Enerji kullanımı oldukça yüksektir. Ancak düşük yoğunluklarda elde edilebilir.	Yalıtım malzemeleri içinde enerji kullanımı en yüksek olandır.	Enerji kullanımı oldukça yüksektir.
			Nakliye	Yoğunluğuna bağlı olarak nakliye maliyeti artabilir.		Düşük yoğunluklu olmasının avantajı yanı sıra nakliyesi maliyetli olabilir.		Yerinde sprey uygulama olanağı olması sebebiyle nakliyesi düşük maliyetli olabilir.
			Kullanım	Uygun kullanıldığında yapının işletim enerjisinde tasarruf sağlar.				
		İŞLETME ve BAKIM	Durabilite	Kuru kalması sağlanırsa oldukça durabildir.		Düşük yoğunluklu EPS toprak altı uygulamalarında nemden etkilenebilir. İçeriğindeki gazın havayla yer değiştirmesine bağlı olarak ısı direnci azalabilir. Kimyasal çözütücü ve güneş ışınlarından etkilendir.	İçeriğindeki gazın havayla yer değiştirmesine bağlı olarak ısı direnci azalabilir. Kimyasal çözütücü ve güneş ışınlarından etkilendir.	Şişirici gaz kayıplarına bağlı olarak ısı direnci azalabilir. Güneş ışınlarından etkilendir ve açık hücreli olanlarda nemlenmeye bağlı olarak ısı direnç azalabilir.
			Bakım gerekliliği	Bakım gerektirmez.		Zemin üstü uygulamalarda güneş etkisinden korunması için periyodik sıva gerektirir.		Dış duvar ve çatılarda uygulanan koruyucu kaplama periyodik değişim gerektirir.
			Yeniden kullanılabilirlik / Geri dönüştürülebilirlik	Yeniden kullanılabilir. Geri dönüştürülebilir. Uygulama sırasında oluşan atıklar arazi dolgusu olarak kullanılabilir.		Yeniden kullanılabilir.		Yeniden kullanılamaz. Termoset plastik olduğundan geri dönüştürülemez. Dolgu malzemesi olarak kullanılabilir.

5.2. Türkiye’de Kullanılan Dirençli Isı Yalıtım Malzemelerinin Karşılaştırılması

Bölüm 4.4.1.1.’de fiziksel ve ekolojik özellikler bakımından, Türkiye’de sık kullanılan dirençli ısı yalıtım malzemeleri olan cam yünü, taş yünü, genleştirilmiş polistiren, ekstrude polistiren ve poliüretan köpük genel olarak incelenmiştir. Bu bölümde ise kıyaslanabilmeleri açısından malzemelerin standartlara göre belirlenmiş aralık değerleri ve özellikleri Çizelge 5.3’te bir arada incelenmiş ve kullanımlarına yönelik karşılaştırmalar yapılmıştır.

Bir yapı bileşeninde kullanılacak ısı yalıtım malzemesinin ne tür bir malzeme olması gerektiğine karar vermek için öncelikle yapılması gereken, yapının bulunduğu iklim koşullarına göre belirlenmiş yapı bileşeni ısı geçirgenlik katsayısı değerinin sağlanması için gerekli kalınlık hesabının yapılmasıdır. Aynı yapı bileşeni kesiti içinde farklı ısı iletkenliklerine sahip farklı ısı yalıtım malzemeleri, çeşitli kalınlıklarda uygulandığında hedeflenen ısı geçirgenlik katsayısını sayısal olarak sağlayabilirler.

Ancak hava koşullarının değişmesi, buhar basıncı ve nemlilik oranı, kesit katmanlaşmasında farklı ısı iletkenlik ve buhar difüzyon direnci özelliklerine sahip malzemelerin yoğunlaşma meydana getirecek şekilde dizilimi, hassas malzemelerin güneş ışığına maruz bırakılması gibi birtakım durumlar karşısında, yapı bileşeni her ne kadar sağlaması gereken ısı geçirgenlik katsayısına sayısal olarak sahip olsa da, ısı performans her zaman kalıcı olarak sağlanamayabilmektedir. Bu nedenle ısı yalıtım malzemesi seçiminde sadece ısı iletkenlik değerinin az oluşuna göre yapılacak değerlendirmeler yapı fiziği açısından sonradan düzeltilmesi mümkün olmayan sonuçlar doğurabileceği gibi kullanıcı sağlığını da etkileyebilecektir.

Öyle ki yapı fiziği açısından sorunsuz çalışan bir malzeme birlikteliğinin dahi, kullanılan malzeme özelliklerine bağlı olarak kullanıcı ve çevre sağlığına zararlı olabileceği durumlar da mevcuttur. Örneğin ısı performansını yapı fiziği kuralları çerçevesinde kusursuz bir şekilde sağlamış olan bir sistemde kullanılan yalıtım malzemesinin, yangın halinde gösterdiği olumsuz davranış veya yangın karşısında dayanıklı olan ancak iç mekan hava kalitesi üzerindeki olumsuz etkileri neticesinde kullanıcı sağlığına zararlı olan bir malzeme olması, kurulan sistemin başarısız olmasına neden olacaktır.

Bu nedenle bir malzeme, öncelikli olarak diğer malzemelerle bir arada düşünüldüğünde fiziksel ve ekolojik yönden üstün niteliklere sahip olmalı, ancak seçime dair son kararı verebilmek için mutlaka oluşturulan yapı bileşeni kesiti bütününde ve karşılaştırılması olası durumlar dahilinde değerlendirilmelidir.

5.2.1. Fiziksel Özellikler Yönünden Karşılaştırma

Mineral kökenli malzemeler olan cam yünü ve taş yünü, ısı iletkenlik katsayısı yönünden 0,035 - 0,050 W/mK ve yoğunluk yönünden 8 – 500 kg/m³ değer aralığıyla, polimer esaslı malzemeler olan genleştirilmiş polistiren, ekstrude polistiren ve poliüretan sert köpüklere oranla daha yüksek değerlere sahiptirler.

Malzemenin sıcaklık ve nem etkisi karşısında gösterdiği deformasyonun bir ölçütü olan boyut kararlılığı yönünden ise yine polimer esaslı malzemelere oranla yaklaşık beş kat daha az direnç gösterirler ve kurgulandıkları ortam koşulları düşünülerek uygulanmadıkça veya kesit içinde bir önlem alınmadıkça, boyutlarını koruyamayarak farklı oranlarda şekil değişikliklerine uğrayabilirler. Bu da malzemedan beklenen en önemli özellik olan yalıtım performansının sağlıklı bir şekilde alınamamasına ve kurgulanan sistemde çeşitli yapı fiziki sorunlarıyla karşılaşılmasına yol açar. Sahip olmaları gereken yüzde boyutsal değişiklik değeri %1'den az olmak zorundadır.

Yüzeylere dik yöndeki çekme kuvveti dayanımlarının 0,001 – 0,7 N/mm değer aralığında olması büyük ölçüde yoğunluk aralığının geniş oluşuna bağlı olup, malzemenin dik olarak yerleştirildiği kesitlerde, yüzeyine dik yönde uygulanacak bir kuvvet karşısında kopmaya karşı göstereceği direnci tarifler. Yoğunluğu, dolayısıyla ısı iletkenliği daha az olan mineral kökenli ısı yalıtım malzemesinin yüzeylere dik çekme dayanımı da düşük olacağından üzerlerine uygulanacak katmanların farklı çekme dayanımı değerine sahip olmaları sonucunda ayrışma, kopma ve sistem bütünlüğünün bozulması gibi durumlar gündeme gelebilecektir. Yüzeylere paralel çekme kuvvetinin standartlar tarafından belirlenmemiş, değer aralıklarının üreticiler tarafından beyan edilmesi zorunlu kılınmıştır.

Basınç dayanımlarının 0,0005 – 0,5 N/mm değer aralığında olması yine büyük ölçüde yoğunluk aralığının geniş oluşuna bağlı olup, malzemenin yatay olarak yerleştirildiği kesitlerde, yüzeyine dik yönde uygulanacak bir kuvvet karşısında malzemenin kararlılığını belirler. Üst sınır değeri polimer malzemelerin üst sınır değerlerine yaklaşık olmasının yanı sıra alt sınır değerlerinde oldukça düşüktür.

Yapılarının gevşek ve lifli olmasının bir fonksiyonu olan bu özellik nedeniyle basınç yükleri altında kalınlıklarında azalma gözlemlenmektedir. Bu da ısı yalıtım niteliklerinin azalmasına sebep olacağından gereken önlemlerin alınması gerekmektedir.

Liflerin kendisi su emmez özellikte olmalarına rağmen, liflerin boşluklu bir yapı oluşturacak şekilde bir araya gelişi ile malzeme bütününde su emme özelliği gözlenir. Malzeme standardı dâhilinde bu değer 1 – 3 kg/m² den fazla olmamak üzere sınırlandırılmıştır. Aksi takdirde malzeme bünyesindeki su ısı iletkenlik özelliğinin artmasına neden olacaktır.

Buhar difüzyon dirençleri bakımından ele alındıklarında cam yün ve taş yünü malzemeler sahip oldukları $\mu=1$ değeri ile havayla eşdeğer özellik göstermekte, bu nedenle özellikle nefes alan konstrüksiyonlarda tercih edilirler.

Polimer esaslı malzemeler ise ısı iletkenlik katsayısı ve yoğunluk yönünden, genel olarak mineral kökenli malzemelere oranla daha düşük değerlere sahiptirler. Genleştirilmiş polistiren köpük 0,035 – 0,040 W/mK ısı iletkenlik katsayısı ve 15 – 30 kg/m³ yoğunluk aralığı ile ekstrude polistiren ve poliüretan köpük malzemeye oranla yoğunluk yönünden daha düşük ama ısı iletkenlik katsayısı yönünden daha yüksek değerlere sahiptirler. Ekstrude polistiren köpük 0,030 – 0,040 W/mK ısı iletkenlik katsayısı ve >25 kg/m³ yoğunluk değerlerine, poliüretan köpük malzemeler ise 0,025 – 0,040 W/mK ısı iletkenlik katsayısı ve >30 kg/m³ yoğunluk değerlerine sahiptirler.

Boyut kararlılığı yönünden genleştirilmiş polistiren ve ekstrude polistiren köpüğün sahip olmaları gereken yüzdece boyutsal değişiklik değeri %2 - %5'den az olmak zorundadır. Poliüretan köpüğün sahip olması gereken yüzdece boyutsal değişiklik değeri ise %5'den az olmak zorundadır. Buna göre kendi sınıflarında bir değerlendirme yapıldığında poliüretan köpük malzemenin boyutsal kararlılığı genleştirilmiş polistiren ve ekstrude polistiren köpük malzemelere göre daha fazladır ve tüm polimer köpük malzemelerin boyutsal kararlılığı mineral lifli malzemelere oranla daha fazladır.

Yüzeylere dik çekme kuvveti dayanımı yönünden ele alındıklarında, genleştirilmiş polistiren köpük $\geq 0,02 - 0,4$ N/mm, ekstrude polistiren köpük $\geq 0,1 - 0,9$ N/mm ve poliüretan köpük $\geq 0,04 - 0,15$ N/mm değer aralığında olmak zorundadır. Buna göre

değerlendirildiklerinde yüzeylere dik çekme kuvveti yönünden en dayanımlı malzeme ekstrude polistiren olarak karşımıza çıkmaktadır ve tüm polimer köpük malzemelerin yüzeylere dik çekme kuvveti alt sınır değerleri mineral lifli malzemelere oranla daha yüksektir.

Basınç dayanımları yönünden ele alındıklarında, genişleştirilmiş polistiren köpük $\geq 0,03 - 0,5$ N/mm, ekstrude polistiren köpük $\geq 0,1 - 1$ N/mm ve poliüretan köpük $\geq 0,0025 - 0,8$ N/mm değer aralığında olmak zorundadır. Buna göre değerlendirildiklerinde basınç mukavemeti yönünden en dayanımlı malzeme sahip olduğu değer aralığı bakımından yine ekstrude polistiren olarak karşımıza çıkmaktadır ve tüm polimer köpük malzemelerin basınç mukavemeti değerleri mineral lifli malzemelere oranla daha yüksektir.

Hücrelerin boşluklu bir yapı oluşturacak şekilde bir araya gelişi ile ekstrude polistiren ve poliüretan köpük malzemelerde kısa ve uzun süreli daldırmayla su emme özelliği gözlenmez. Genleştirilmiş polistirende ise kısa süreli daldırmayla su emme gözlenmezken, uzun süreli daldırmayla gözlenebilecek su emme miktarı $\leq 0,5$ kg/m³ ile sınırlandırılmıştır. Polimer köpük malzemeler su emme özellikleri bakımından mineral yünlü malzemelere oranla daha yüksek performans gösterirler ve su altı yapılarında kullanılmaya uygunlardır.

Buhar difüzyon dirençleri bakımından ele alındıklarında mineral yünlü malzemelere oranla neredeyse geçirimsiz özelliklere sahiplerdir. Genleştirilmiş polistiren $\mu=20 - 100$, ekstrude polistiren $\mu=50 - 300$, poliüretan $\mu=3 - 40$ değeri ile havayla oldukça geçirimsiz özellik göstermekte, bu nedenle yoğunlaşmanın gözlenebileceği durumlarda sıcak yüzeyde buhar kesici ile kullanılmaları zorunludur.

Polistiren ve poliüretan gibi plastik kökenli köpük levhalar, yüksek su buharı geçirgenlik direncine sahip olduklarından daha çok içten yalıtılan duvarlarda kullanıma uygundur. Dıştan yapılan yalıtımlarda kullanılmaları durumunda, duvar konstrüksiyonunda yalıtım malzemesinin sıcak yüzeyinde yoğunlaşma ve buna bağlı olumsuz etkilerin oluşumunu engellemek için buhar kesici malzemeler kullanılmalıdır.

Taş yünü ve cam yünü gibi mineral kökenli levhalar, yüksek su buharı geçirgenlik değerlerine sahip olduklarından daha çok dıştan yalıtılan duvarlarda kullanıma uygundur. Genellikle çatılarda ve ses yalıtımı özelliğinden ötürü asma tavan

döşemeleri içinde kullanımları yaygındır. İçten yapılan yalıtımlarda kullanılmaları durumunda, duvar kesiti içinde yoğunlaşma ve buna bağlı olumsuz etkilerin oluşumunu engellemek amacıyla buhar kesici malzemeler kullanılmalıdır.

Kullanılacak ısı yalıtım malzemesinin seçimini belirleyen özelliklerden en önemlisi, yalıtılması düşünülen mekânın niteliğidir. Örneğin, bitmiş bir duvar konstrüksiyonu içindeki bir boşluğu yalıtım için dökme yalıtım malzemeleri uygun değildir. Bununla birlikte örtü, püskürtme veya levha ürünler ya da yansıtıcı sistemler kullanılabilir. Böyle bir boşluğu yalıtmanın en ekonomik yolu ise, yerinde köpürtülen poliüretan veya pnömatik ekipmanlarla yerinde püskürtme yalıtımların kullanılmasıdır.

Ayrıca farklı biçimlerdeki yalıtımların birlikte kullanılabilme özellikleri de malzeme seçiminde önemli bir ölçüttür. Mesela gevşek dolgulu bir ısı yalıtım malzemesinin üzerine örtü yalıtımlar ya da örtü yalıtımların üzerine gevşek dolgulu yalıtımlar eklenebilmektedir. Genellikle yoğunluğu fazla olan malzemeler, kolaylıkla ezilebilen yoğunluğu az olan yalıtımların üzerine yerleştirilmemelidirler. Aksi takdirde, sıkışan malzemenin kalınlığı azalacak ve bu da daha düşük ısı mukavemetlerin oluşmasına sebep olacaktır[91].

5.2.2. Ekolojik Özellikler Yönünden Karşılaştırma

- Çevre ve ekosistem etkileri:

Hava ve atmosfer üzerindeki etkileri yönünden cam yünü ve taş yünü, tüm polimer köpük malzemelere oranla daha az zararlı etki oluşturmaktadır. Çünkü atmosfer açısından zararlı olabilecek salınımların meydana gelmesi taş ve cüruf gibi hammaddenin işlenmesinden oluşur ve asit yağmuru etkisi gibi bu etkiler de yerel ölçekteki. Üretim tesislerinde çeşitli yöntemlerle oluşan bu etkiler giderilebilir. Ancak ekstrüde polistiren ve poliüretan köpük malzemelerin bünyesinde şişirici ajan olarak kullanılan gazların salınımı büyük ölçekte etkilidir ve sera gazı etkisine sahip olduklarından küresel ısınma etkilerinin önemli bir bölümünden sorumludurlar. Daha önceleri üretimlerinde kullanılan CFC(kloro flor karbon)'un oldukça büyük yıkıcı etkilerine karşı kullanılması önerilen HFC(hidro flor karbon) dahi ozon tabakasında büyük tahribata yol açmaktadır. Genleştirilmiş polistiren polimer malzemeler arasında sera gazı etkisi olmayan tek sert levha yalıtım malzemesidir. Üretimlerinde diğer köpüklerde kullanılan HFC yerine pentan ve CO₂ kullanılarak üretilirler

ancak bu gazların kullanımı da büyük ölçüde ozon tabakası tahribatına yol açmaktadır[53,54].

Su kalitesi üzerindeki etkileri yönünden, cam yünü ve taş yünü, tüm polimer köpük malzemelere oranla daha az zararlı etki oluşturmaktadır. Çünkü yüzey sularında oluşabilecek yerel ölçekteki zararlı etki çamurlaşma şeklindedir ve hammadde çıkarımına bağlı olarak gözlenir. Ancak tüm polimer köpük malzemelerin üretimlerinde klorlu organikler ve fenoller kullanılması sebebiyle fabrika atıkları yoluyla oluşacak su kalitesi etkisi daha büyük ölçekte ve zararlı etkiler yaratmaktadır[53,54].

Arazi ve toprak kalitesi yönünden, tüm yalıtım malzemeleri üretim sırasında oluşan katı atıkları yok edilmezse olumsuz etkiye sahiptir. Ancak bileşenlerinde bulunan kimyasallar sebebiyle polimer köpük malzemelerin katı atık etkisi daha yoğundur.

Hammadde kaynak tüketimi yönünden, cam yünü ve taş yünü için kullanılan hammadde kaynakları oldukça boldur ve daha da önemlisi demir endüstrisinde atık oluşturulan malzemelerin %80'i içerik olarak kullanılabilir. Polimer köpük malzemeler ise petrokimyasallar, doğalgaz ve benzen ile üretildiğinden hammadde kaynak kullanımları azdır[53,54].

Çeşitlilik / habitat kaybı etkileri yönünden, cam yünü ve taş yünü gerek hammadde çıkarımı gerek üretim süreçleri boyunca herhangi bir kayıp etkisi yaratmamaktadır ancak polimer köpük malzemeler, kullanılan petrokimyasalların çıkarımına bağlı olarak büyük oranda çeşitlilik kaybına neden olmaktadır[53,54].

- Sağlık etkileri:

İşçi sağlığı yönünden, kullanılan tüm malzemelerin farklı özelliklerine bağlı olarak gereken önlemlerin alınmaması durumunda işçi sağlığı yönünden yaratacağı çeşitli olumsuz etkiler vardır. Cam yünü ve taş yünü bünyesindeki liflerin serbest halde havaya karışabilme ve toz oluşturabilme özelliğinden ötürü solunması halinde akciğer çeperlerinde tutularak solunum yolu kanserlerine varan solunum rahatsızlıklarına neden olabilmektedirler. Özellikle cam yününe temas edilmesi halinde ise çeşitli deri ve göz reaksiyonları gözlenebilmektedir. Polimer malzemelerde kullanılan kimyasalların etkisine bağlı olarak uçucu gazların solunması ve oluşan buhara doğrudan maruz kalınması nedeniyle oluşacak kanserojen etkiler daha büyük olmaktadır[53,54].

Kullanıcı sağığı yönünden, cam yünü ve taş yünü malzemeler bünyesindeki liflerin iç ortam havasına karışması ve kullanıcılar tarafından teması bir bariyer oluşturmak gibi önlemlerle engellendiğı takdirde zararsızdır. Oluşabilecek yangın durumunda yanmaz ve toksik duman oluşturmaz oluşları nedeniyle olumludurlar. Polimer malzemeler ise akut kimyasal alerjisi olan kişiler üzerinde olumsuz etkiler yaratabilmektedir ve yangın oluşması halinde yanıcı ve toksik gaz oluşturuu özelliklerinden ötürü tehdit unsuru oluşturabilmektedirler. Bu nedenle olası yangın durumunda gereken önlemlerin alınması zorunludur[53,54].

Toplum sağığı yönünden, cam yünü ve taş yünü üretim alanları dolaylarında oluşabilecek atmosferik salınımlar çeşitli işlemlerle yok edilebilir ancak polimer malzemelerin oluşturduğu salınımlar toksik özellikler taşıyabilmektedirler[53,54].

- Enerji tüketimi:

Üretimde kullanılan enerji tüketimi yönünden, cam yünü ve taş yünü hammadde eritilmesine bağılı olarak enerji kullanımı göz önüne alındığında orta derecede enerji tüketimine sahiptir. Polimer köpük malzemelerin tümü oldukça yüksek enerji tüketimine sahiptir ve içlerinden ekstrude polistiren en yüksek derecede enerji tüketimine sahiptir[53,54].

Çizelge 5.4: Yalıtım Malzemelerinin Üretim Enerjileri[92,93]

Malzeme	MJ/kg
Selüloz	0.94 - 3.3
Mantar	4
Cam Yünü	28
Taş Yünü	16.8
Genleştirilmiş Polistiren	88.6
Ekstrude Polistiren	117
Poliüretan	72.1

Nakliyede kullanılan enerji bakımından, malzemeler hammadde çıkarılan bölgelere uzak ya da yakın oluşları ve yoğunluklarına bağılı olarak düşük ya da yüksek nakliye enerjisi gerektirebilirler. Yerinde köpük olarak uygulanan polistiren köpük malzeme bu özelliğı ile nakliyede daha az maliyetli olabilmektedir[53,54].

Kullanım süresince kullanılan enerji tüketimi yönünden, tüm yalıtım malzemeleri koşullara uygun kullanıldığında ısı korunumu sağlayacaklarından yapının işletim enerjisinden tasarruf sağlarlar.

- İşletme ve bakım gerekliliği:

Durabilite yönünden, cam yünü ve taş yünü kuru kalması sağlanır ve kaldırılabileceğinden fazla basınç yükü etkisinden korunursa diğer malzemelere oranla oldukça durabildir. Polimer köpük malzemelerde şişirici gaz ile havanın zamanla yer değiştirmesine bağlı olarak ve güneş ışınlarına, çeşitli kimyasal ve çözücülere maruz kalmaları halinde yapıları bozulabilmekte, yalıtım özelliklerinde azalma gözlelenebilmektedir. Bakım gerekliliği yönünden, cam yünü ve taş yünü bakım gerektirmeyen malzemelerdir. Polimer köpük malzemeler ise dış etkilere korumak amacıyla yapılan kaplama malzemelerinde koşullara bağlı olarak periyodik bakım ve yenileme gerektirebilir[53,54].

Yeniden kullanılabilirlik ve geri dönüştürülebilirlik yönünden, cam yünü ve taş yünü yeniden kullanılabilir ve geri dönüştürülebilirler. Ayrıca atık malzemeler zemin dolgusu olarak kullanılabilirler. Polimer köpüklerden genişletilmiş polistiren ve ekstrude polistiren yeniden kullanılabilir. Ancak poliüretan termoset bir plastik olduğundan geri dönüştürülemez ve yeniden kullanılamaz fakat zemin dolgusu olarak kullanılabilir[53,54].

Ekolojik özellikler yönünden malzemelerin olumsuz özellikler taşıması beklenen bir gereksinim olduğundan cam yünü ve taş yünü malzemeler, polimer köpüklere göre daha yüksek performansa sahiptirler.

Bu nedenle her ne kadar polimer malzemelerin, özellikle düşük yoğunlukta yüksek yalıtım niteliğine sahip olmaları gibi fiziksel özellikleri mineral lifli malzemelere göre daha çok tercih edilmelerine neden olsa da büyük ölçekteki etkileri ve ekolojik özellikleri değerlendirildiğinde, mineral lifli malzemelerin daha üstün özelliklere sahip olması bakımından, koşulların gerektirmesi halinde fiziksel anlamda iyileştirmeler yapılarak cam yünü ve taş yünü malzemelerin kullanılmaları tercih edilmelidir. Böylece beşikten mezara sağlıklı bir sistem yaratarak, sadece yapı enerjisinden tasarruf etmek ve yapı sağlığını geliştirmek değil, küresel ölçekte her açıdan yararlı olacak bir karar verilmiş olacaktır.

5.3. Farklı Duvar Tiplerinde Isıl Performansın ve Yoğuşma Riskinin Değerlendirilmesi

Yapılarda ısı kayıpları büyük oranda duvar, döşeme, çatı, pencere gibi kabuk bileşenlerinden gerçekleşmektedir. Bu bileşenlerde oluşan ısı kayıpları, yapının bulunduğu coğrafik konum itibariyle iklim koşullarına ve yapının mimarisi, ısı korunumu, kullanılan malzeme, vb. özelliklerine göre değişiklik göstermektedir.

Isı yalıtım malzemeleri sadece ısı performans bakımından değerlendirilmemeli; buhar geçirimsizliği, dayanıklılık gibi fiziksel özellikleri yanısıra çevre ve insan sağlığı etkileri de göz önünde bulundurulmalıdır. Konuya bu bakış açısıyla yaklaşıldığında, bir ısı yalıtım malzemesinin her yapı bileşeninde kullanıldığı sistemin de her iklim bölgesinde aynı detayla kullanılamayacağı anlaşılmaktadır. Bu nedenle bu bölümde, bir yapının ısı performansının sağlanmasında önemli bir etkiye sahip olan duvar bileşenleri üzerinde katmanlaşma farklılıklarının yarattığı etkiler üzerine genel anlamda irdelemeler yapılmıştır.

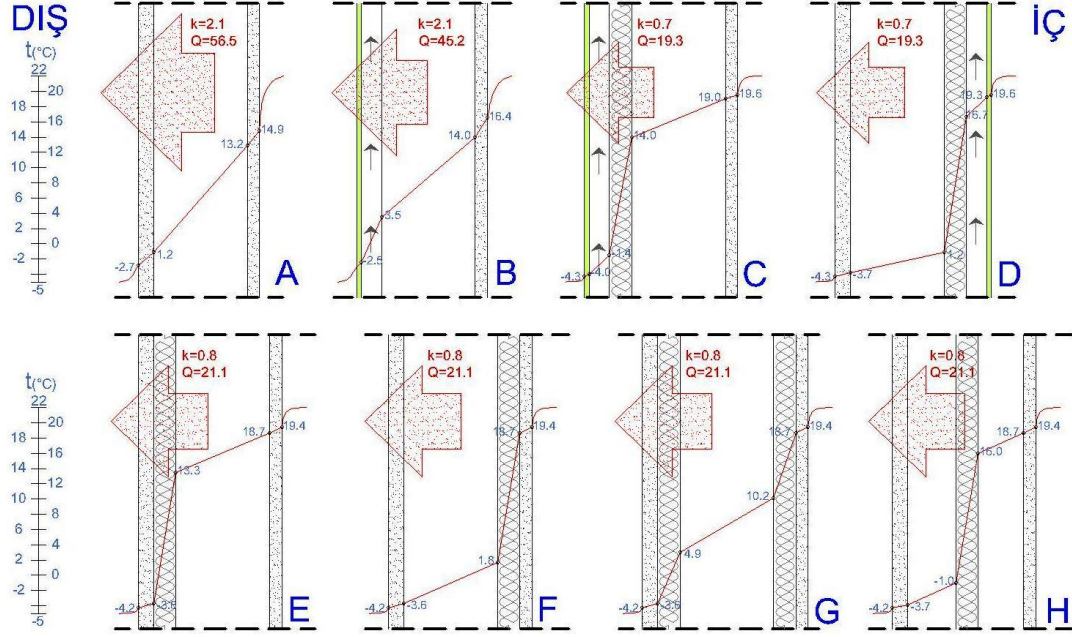
Bir duvarın ilke olarak dış kaplama, gövde, iç kaplama olmak üzere üç ana katmandan oluştuğu söylenebilir. Söz konusu bu katmanların varlığına bağlı olarak duvarlar;

- İki yüzü kaplamalı duvarlar,
- İç yüzü kaplamalı duvarlar,
- Dış yüzü kaplamalı duvarlar,
- Kaplamasız duvarlar, olmak üzere dört ayrı düzende kurgulanabilirler.

Bu dört farklı duvar kurgusu çerçevesinde yalıtımsız-yalıtımlı durumdaki genel ısı performanslarını değerlendirebilmek amacıyla Şekil 5.6'da görülen sekiz duvar kompozisyonu oluşturulmuştur. Kaplama malzemesi, gövde ve ısı yalıtım malzemelerinin aynı tür ve özellikte olduğu, sabit bir ısı rejimi uygulandığı ve iç ortam sıcaklığının kış mevsiminde daha yüksek olduğu kabul edilmiştir.

Bu durumda duvar tipleri ısı kaybı yönünden karşılaştırıldığında, (A) tipinde ısı tutucu olmadığı için ısı kaybının en yüksek olduğu, (B) tipinde ise havalandırma boşluğunun bulunmasının (A) tipine göre %25 oranında daha az ısı kaybına neden

olduğu görülmektedir. (C) ve (D) tiplerinde ısı kaybı birbirinin aynı; (E), (F), (G) ve (H) tiplerinde katmanların nicelik ve malzeme niteliklerinin aynı, sadece kesitteki yerlerinin değişik olması sebebiyle yine ısı kayıpları birbirine eşittir ve (C) ve (D) tiplerinden çok da farklı değildir. Aynı durumun yaz dönemi ısı kazancı için de geçerli olduğu söylenebilmektedir.



Şekil 5.6: Farklı Duvar Tiplerinde Sıcaklık Gradyanları[30]

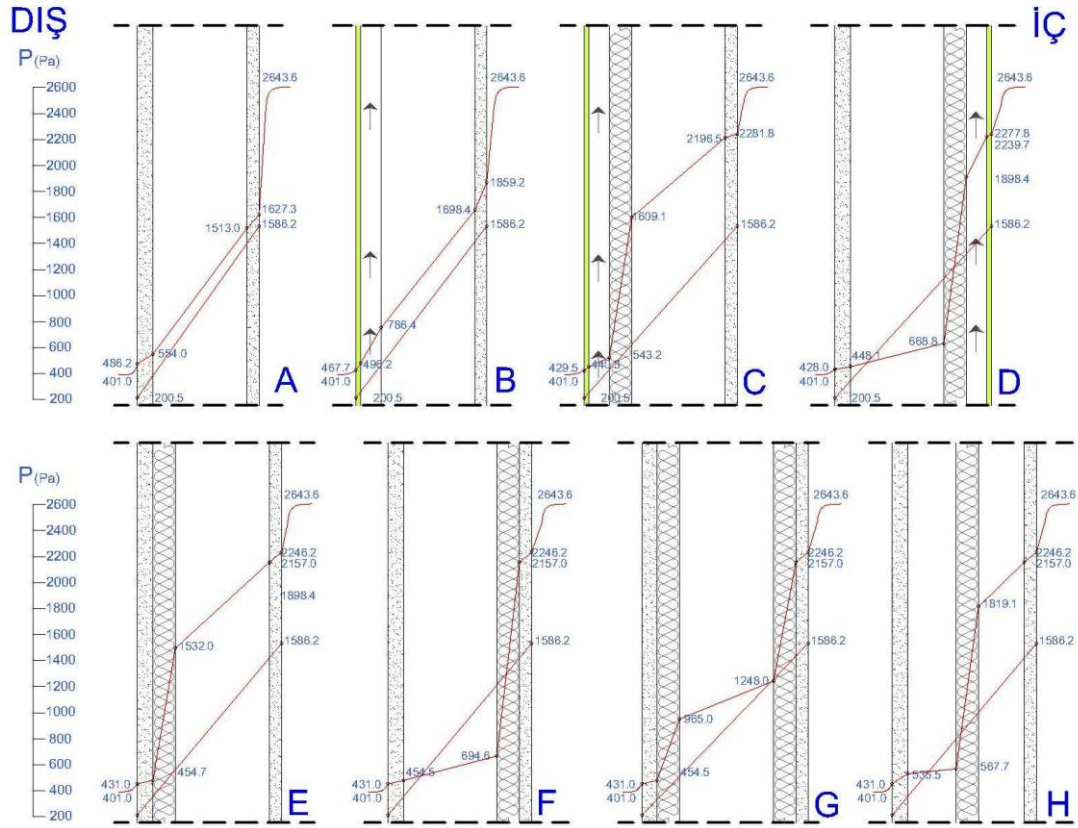
Duvar tipleri iç yüzey sıcaklığı yönünden karşılaştırıldığında, yine ısı kaybı en yüksek olan (A) tipinde iç yüzey sıcaklığının da en düşük olduğu; (B) tipinde dıştaki havalandırma boşluğunun iç yüzey sıcaklığını birkaç derece arttırdığı; bunun dışında kalan diğer duvarlarda ısı yalıtım katmanının varlığına bağlı olarak iç yüzey sıcaklığının iç ortam sıcaklığından yaklaşık 2-2,5 °C daha düşük olduğu ve bu değer de konfor koşullarını sağladığı görülmektedir.

Duvar tipleri dış yüzey sıcaklığı yönünden karşılaştırıldığında, ısı kaybı en çok olan (A) tipinde duvarın dış yüzey sıcaklığının ısı kaybının çokluğu nedeniyle en yüksek olduğu görülmektedir. (B) tipinde havalandırma boşluğu nedeniyle bu değer biraz daha düşmektedir. Isı yalıtım katmanı bulunan diğer tiplerde ise dış yüzey sıcaklığı hemen hemen eşittir ve doğal olarak da en düşük değerdedir.

Isı biriktirme kapasitesi açısından bir karşılaştırılma yapıldığında, iç yüzeyde ısı yalıtım katmanı bulunmayan duvar tiplerinin (örneğin C ve E) ısıyı bünyelerinde biriktirebileceği; dolayısıyla bu tiplerin çevrelediği mekânların ön ısıtma sürelerinin

uzayacağı, iç yüzeylerinde ısı yalıtım katmanı bulunan duvar tiplerinde ise (örneğin D ve F) bu sürelerin en aza inebileceği söylenebilir. Bu nedenle; uzun süreli olarak kullanılacak mekânları çevreleyen duvarlarda yalıtımın dıştan, kısa süreli ısıtılması gereken yerlerde ise yalıtımın içten uygulanması, konfor koşulları ve ekonomiklik yönlerinden doğru olacaktır.

Duvar tipleri ısıl genleşme bakımından karşılaştırıldığında, dış kaplamasında ısı tutucu katman bulunan duvar tiplerinin bu yalıtım malzemesinin varlığı nedeniyle yaz-kış ve gece-gündüz sıcaklık farklarından etkilenmediği ve aşırı bir genleşmeye uğramadığı, duvar çekirdeğinin dış sıcaklıktan korunmadığı hallerde ise (örneğin D, F ve H gibi) çekirdeğin dış sıcaklıktan ve değişimlerinden büyük ölçüde etkilenecek genleşip daralabileceği söylenebilir[30].



Şekil 5.7: Farklı Duvar Tiplerinde Buhar Gradyanları[30]

Aynı irdilemeyi nem yönünden de yapılabilmek amacıyla iç ortamdaki bağıl nemin %60, dış ortamdaki bağıl nemin ise %50 olduğu varsayımından yola çıkarak buhar akım hesapları yapıp Şekil 5.7’de görülen irdilemeye esas buhar gradyanları grafikleri çizilmiştir.

Buhar akımı yönünden karşılaştırıldığında, ısı yalıtımı olmayan (A) ve (B) tiplerinde

nem koşullarının artmasına bağlı olarak iç yüzeyde yoğuşma ve çığlenme olasılığının yüksek olduğu söylenebilir. Isı yalıtımı dışta olan (C) ve (E) tiplerinde yoğuşmanın olmadığı ve dış kaplamanın buhar geçirimsiz bir malzeme olması dışında bu iki tipte yoğuşma olması olasılığının düşük olduğu; ısı yalıtımının içte olduğu (D) ve (F) tiplerinde ısı tutucu malzeme kalınlığı içinde önemli ölçüde yoğuşma olduğu ve yine iç ortamdaki nem oranının artması halinde yoğuşmanın daha da artacağı öngörülmektedir. (G) tipinde ikiye ayrılan ısı tutucu katmanın iç yüzünde, (H) tipinde de ortada bulunan ısı tutucuda yoğuşma oluşabileceği söylenebilir.

Yapısal ve işlevsel gereksinimlerle iç yüzeyde ısı tutucu kullanılmasının zorunlu olduğu durumlarda, yoğuşmayı önlemek için ısı tutucunun sıcak tarafına buhar geçirmemek amacıyla buhar difüzyon direnci yüksek polimer ya da metal bir folyonun ek yerleri birbirine bindirilerek kaplanması uygundur. Bir yüzü folyo kaplı yalıtım malzemeleri zaten bu amaç için üretilmektedirler. Böyle bir uygulama yapıldığında malzemeyi koruyabilmek için önüne plaka ya da lambri şeklinde bir malzeme uygulanabilir[30]. Yansıtıcı folyonun sıcak tarafa bakacak şekilde uygulandığı durumlarda, mekân ısıtmasından kaynaklanan ısı ışıınımı akımı %95 oranında azaltılmış ve böylece enerji korunumuna büyük fayda sağlanmış olacaktır[27].

5.4. Türkiye’de Sık Kullanılan Malzemelerle Oluşturulan Duvar Kompozisyonlarının Derece-Gün Bölgelerine Göre Değerlendirilmesi

Bölüm 5.3’te farklı malzeme katmanlaşmasıyla oluşturulan duvar tiplerinin aynı hava sıcaklıkları ve ortam koşulları altında oldukları kabulüyle sergiledikleri ısı performans ve yoğuşma riski yönünden genel bir değerlendirilmesi yapılmıştır. Ancak hava sıcaklıklarının, sıcaklık dalgalanmalarının ve nemlilik oranlarının her iklim bölgesinde farklı olması sebebiyle, oluşturulan bu kesitlerin Türkiye için belirlenmiş dört derece-gün bölgesinde tek tek irdelenmesine gereksinim vardır.

Bu nedenle bu bölümde, duvarlarda en çok kullanılan yapı ve ısı yalıtım malzemeleri Türkiye derece-gün bölgeleri (Çizelge 5.5) için sağlanması gereken zorunlu U_{duvar} değerlerinin (Çizelge 5.6) elde edildiği farklı katmanlaşmalarla bir araya getirilerek, her iklim bölgesi için gereken malzeme kalınlıkları hesaplanmış ve kesit içinde yoğuşma meydana gelip gelmediği irdelenmiştir. Yapılan hesaplar sonucunda elde

edilen değerler ise 1. iklim bölgesi için EK A, 2. iklim bölgesi için EK B, 3. iklim bölgesi için EK C ve 4. iklim bölgesi için EK D’de çizelgeler şeklinde listelenmiştir.

Oluşturulan duvar kompozisyonlarının kodlamasına ilişkin olarak her bölge için,

- Y: yalın duvar olmak üzere 15 farklı katmanlaşma,
- D: dıştan yalıtımlı duvar olmak üzere 15 farklı katmanlaşma,
- O: ortadan yalıtımlı duvar olmak üzere 15 farklı katmanlaşma,
- İ: içten yalıtımlı duvar olmak üzere 15 farklı katmanlaşma, oluşturulmuştur.

Buna göre, 1_{Y-3} olarak ifade edilen duvarın, birinci derece gün bölgesindeki yalın duvar kompozisyonunun üçüncü katmanlaşma örneği; 3_{O-7} olarak ifade edilen duvarın ise üçüncü derece gün bölgesindeki ortadan yalıtımlı duvar kompozisyonunun yedinci katmanlaşma örneği olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 5.5: İllere Göre Derece-Gün Bölgeleri (Kaynak: TS 825 – Ek 4)

1. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ				
ADANA	AYDIN	MERSİN	OSMANİYE	
ANTALYA	HATAY	İZMİR		
İli 2. Bölgede olupda kendisi 1.Bölgede olan belediyeler				
AYVALIK (Balıkesir)	DALAMAN (Muğla)	FETHİYE (Muğla)	MARMARİS(Muğla)	
BODRUM (Muğla)	DATÇA (Muğla)	KÖYCEĞİZ (Muğla)	MİLAS (Muğla)	
GÖKOVA (Muğla)				
2. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ				
SAKARYA	ÇANAKKALE	KAHRAMAN MARAŞ	RİZE	TRABZON
ADİYAMAN	DENİZLİ	KİLİS	SAMSUN	YALOVA
AMASYA	DIYARBAKIR	KOCAELİ	SIİRT	ZONGULDAK
BALIKESİR	EDİRNE	MANİSA	SİNOP	DÜZCE
BARTIN	GAZİ ANTEP	MARDİN	ŞANLI URFA	
BATMAN	GİRESUN	MUĞLA	ŞIRNAK	
BURSA	İSTANBUL	ORDU	TEKİRDAĞ	
İli 3. Bölgede olupda kendisi 2.Bölgede olan belediyeler				
HOPA (Artvin)	ARHAVİ (Artvin)			
İli 4. Bölgede olupda kendisi 2.Bölgede olan belediyeler				
ABANA(Kastamonu)	BOZKURT (Kastamonu)	ÇATALZEYTİN (Kastamonu)		
İNEBOLU (Kastamonu)	CİDE (Kastamonu)	DOĞANYURT (Kastamonu)		
3. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ				
AFYON	BURDUR	KARABÜK	MALATYA	
AKSARAY	ÇANKIRI	KARAMAN	NEVŞEHİR	
ANKARA	ÇORUM	KIRIKKALE	NİĞDE	
ARTVİN	ELAZIĞ	KIRKLARELİ	TOKAT	
BİLECİK	ESKİŞEHİR	KIRŞEHİR	TUNCELİ	
BİNGÖL	İĞDIR	KONYA	UŞAK	
BOLU	ISPARTA	KÜTAHYA		
İli 1. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan belediyeler				
POZANTI (Adana)	KORKUTELİ (Antalya)			
İli 2. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan belediyeler				
MERZİFON (Amasya)	DURSUNBEY (Balıkesir)	ULUS (Bartın)		
İli 4. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan belediyeler				
TOSYA (Kastamonu)				
4. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ				
AĞRI	ERZURUM	KAYSERİ		
ARDAHAN	GÜMÜŞHANE	MUŞ		
BAYBURT	HAKKÂRİ	SİVAS		
BİTLİS	KARS	VAN		
ERZİNCAN	KASTAMONU	YOZGAT		
İli 2. Bölgede olupda kendisi 4.Bölgede olan belediyeler				
KELES (Bursa)	ŞEBİNKARAHİSAR (Giresun)	ELBİSTAN (K.Maraş)	MESUDIYE (Ordu)	
ULUDAĞ (Bursa)	AFŞİN (K.Maraş)	GÖKSUN (K.Maraş)		
İli 3. Bölgede olupda kendisi 4.Bölgede olan belediyeler				
KIĞI (Bingöl)	PÜLÜMÜR (Tunceli)	SOLHAN (Bingöl)		

Çizelge 5.6: Derece-Gün Bölgelerinde Zorunlu U-değerleri (Kaynak: TS 825 – Ek 1)

	U_{Duvar} (W/m ² K)	$U_{\text{Çatı}}$ (W/m ² K)	$U_{\text{Döşeme}}$ (W/m ² K)	U_{Pencere} (W/m ² K)
1. Bölge	0,70*	0,45*	0,70*	2,4*
2. Bölge	0,60	0,40	0,60	2,4*
3. Bölge	0,50	0,30	0,45	2,4*
4. Bölge	0,40	0,25	0,40	2,4*

(*): Ocak 2009 tarihli yenilemeye göre geliştirilmiş değerlerdir. U_{Pencere} değerinin kaplamalı camlar kullanılarak 1,8 W/m²K'e kadar düşürülecek şekilde tasarlanması tavsiye edilir.

5.4.1. Oluşturulan Duvar Kompozisyonlarında Malzeme Seçimi

Kullanılan malzemeler, TS 825 standardı[2] Ek 5'de belirtilmiş verilerle oluşturulan Çizelge 5.7'de birim hacim ağırlığı, ısı iletkenlik hesap katsayısı ve su buharı difüzyon direnci belirtilmiş malzemelerdir.

Çizelge 5.7: Bazı Malzemelerin Isı İletkenliği Hesap Değerleri ve Su Buharı Difüzyon Direnç Faktörleri (Kaynak: TS 825 - Ek 5)

MALZEME			Malzeme Kodu	Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)	Isı İletkenlik Hesap Katsayısı (W/mK) λ_h	Su Buharı Difüzyon Direnç Faktörü μ
GÖVDE	Tuğla (TS EN 771-1)	Düşey Delikli veya Dolu	G1	1400	0,58	5
		W Sınıfı Düşey Delikli	G2	700	0,24	5
	Gaz Beton (TS EN 771-4)	İnce Derzli ve Özel Yapıştırıcıyla Uygulanan	G3	600	0,19	5
KAPLAMA	Sıva	Alçı Sıva	S1	1400	0,70	10
		Çimento Sıva	S2	2000	1,60	15
	Duvar Levhası	Hava Tabakası (düşey 50 mm)	K1	-	0,278	1
		Kartonlu Alçı Levha (TS EN 520)	K2	800	0,25	8
		Elyaf Takviyeli Çimento Levha ⁽²⁾ (TS EN 12467)	K3	1300	0,18	250
ISI YALITIMI	Cam Yünü (TS 901-1 EN 13162)		Y1	8 - 500	0,040	1
	Taş Yünü (TS 901-1 EN 13162)		Y2	8 - 500	0,040	1
	Genleştirilmiş Polistiren Sert Köpük - EPS - (TS 7316 EN 13163)		Y3	20	0,035	30
	Ekstrude Polistiren Sert Köpük - XPS - (TS 11989 EN 13164)		Y4	>25	0,030	80
	Poliüretan Sert Köpük - PUR - (TS EN 13165)		Y5	>30	0,025	30

⁽²⁾ Hekimboard: Selüloz elyaf takviyeli çimento ve silikat esaslı otoklavlı levha. Hekim Yapı A.Ş. (bkz. www.hekimyapi.com)

Oluşturulan duvar kompozisyonlarının katmanlaşma kesitleri, Çizelge 5.7’de malzemelere verilmiş kodlarla şematik olarak bölüm 5.4.2’de belirtilmiştir.

Katmanlaşma tipi ne olursa olsun, oluşturulan tüm duvar kompozisyonlarında değerlendirmeler, gövde malzemesi olarak düşey delikli veya dolu tuğla, W sınıfı düşey delikli izotuğla ve ince derzli özel yapıştırıcıyla uygulanan gaz beton kullanılmak üzere üç farklı gövde malzemesine göre yapılmıştır.

Duvar gövde malzemelerinin, buhar difüzyon dirençlerinin aynı olması sebebiyle, hangi gövde malzemesinin tercih edileceği konusunda sahip oldukları farklı ısı iletkenlik katsayıları ve yoğunlukları bakımından karşılaştırmaların yapılabilmesi mümkün olmuştur. Böylece olanaklar dâhilinde, ısı iletkenlik katsayısı düşük olan malzemenin yoğunluğunun da düşük olması sebebiyle gereken ısıl performansı yapı fiziği yönünden sağlıklı bir şekilde sağlaması şartıyla, konstrüksiyonu karşılaması beklenen yükler bakımından rahatlatacağı için tercih edilebileceği göz önünde bulundurulmuştur. Ancak yoğunluğu ve ısı iletkenlik katsayısı düşük olan gövde malzemesinin kullanılan diğer malzemelerle katmanlaşması sonucu ısıl performansın sağlandığı fakat kesit içinde yoğuşmanın meydana gelebileceği durumlar da mevcuttur. Bu amaçla gövde malzemeleri, aynı malzeme katmanlaşmasında birbirlerine alternatif oluşturup oluşturamayacağını ortaya koyabilmek amacıyla değerlendirmeye alınmıştır.

Yalın duvarlarda, ısı yalıtım malzemesi kullanılmayacağından, sağlanması zorunlu U_{Duvar} değerinin elde edilebilmesi için gövde malzemesi kalınlığının ne olması gerektiğini belirleyebilmek amacıyla kompozisyonlar,

- “iç sıva + gövde + dış sıva”,
- “iç sıva + gövde + hava tabakası + iç duvar levhası”,
- “iç duvar levhası + hava tabakası + gövde + dış sıva”,
- “iç duvar levhası + hava tabakası + gövde + hava tabakası + dış duvar levhası”

şeklinde ele alınmıştır. Sıva malzemesi olarak tüm yalın duvar tiplerinde iç yüzeyde alçı sıva (2 cm), dış yüzeyde çimento sıva (3 cm) kullanılmıştır. Duvar levhası olarak kartonlu alçı (1,8 cm) ve elyaf takviyeli çimento levha (2 cm), yaygın kullanılmalarının yanısıra sahip oldukları farklı ısı iletkenlik ve buhar difüzyon direnci özelliklerinin kesit bünyesinde yaratacağı etkileri irdelemek amacıyla

seçilmiştir. Dış ortam etkilerine dayanıksız olmaları sebebiyle karton alçı levha iç duvar kaplaması olarak kullanılırken, elyaf takviyeli çimento levha hem iç duvar, hem dış duvar levhası olarak kullanılmıştır. Levhaların montajı için gereken konstrüksiyonun yer aldığı gövde malzemesi ile levha arasındaki boşluk, 5 cm hava tabakası kabul edilerek ısı iletkenlik direnci hesabına dâhil edilmiştir.

Elde edilen gövde malzemesi kalınlık değerleri, 1. iklim bölgesi için EK A Çizelge 1, 2. iklim bölgesi için EK B Çizelge 1, 3. iklim bölgesi için EK C Çizelge 1, 4. iklim bölgesi için EK D Çizelge 1’de belirtilmiştir.

Dıştan yalıtımlı duvarlarda, sağlanması zorunlu $U_{\text{Düvar}}$ değerinin elde edilebilmesi için gövde malzemesi kalınlığı (19 cm) sabit tutulup ısı yalıtım malzemesi kalınlığının ne olması gerektiğini belirleyebilmek amacıyla kompozisyonlar,

- “iç sıva + gövde + ısı yalıtım malzemesi + dış sıva” şeklinde ele alınmıştır.

İçten yalıtımlı duvarlarda, sağlanması zorunlu $U_{\text{Düvar}}$ değerinin elde edilebilmesi için gövde malzemesi kalınlığı (19 cm) sabit tutulup ısı yalıtım malzemesi kalınlığının ne olması gerektiğini belirleyebilmek amacıyla kompozisyonlar,

- “iç sıva + ısı yalıtım malzemesi + gövde + dış sıva” şeklinde ele alınmıştır.

Ortadan yalıtımlı duvarlarda, sağlanması zorunlu $U_{\text{Düvar}}$ değerinin elde edilebilmesi için, dış gövde (8,5 cm) ve iç gövde (13,5 cm) malzeme kalınlığı sabit tutulup ısı yalıtım malzemesi kalınlığının ne olması gerektiğini belirleyebilmek amacıyla kompozisyonlar,

- “iç sıva + iç gövde + ısı yalıtım malzemesi + dış gövde + dış sıva” şeklinde ele alınmıştır.

Sıva malzemesi olarak tüm yalıtımlı duvar tiplerinde iç yüzeyde alçı sıva (2 cm), dış yüzeyde çimento sıva (3 cm) kullanılmıştır. Isı yalıtım malzemesi olarak bölüm 5.1’de sayısal tüketim değerlerine göre Türkiye’de sıklıkla kullanıldığı belirlenmiş cam yünü, taş yünü, genleştirilmiş polistiren sert köpük, ekstrude polistiren sert köpük ve poliüretan sert köpük kullanılmıştır.

Cam yünü ve taş yünü yalıtım malzemeleri buhar difüzyon direnci, yoğunluğu ve ısı iletkenliği bakımından polimer esaslı diğer yalıtım malzemelerinden belirgin farklarla ayrılmakta olup kendi içlerinde aynı değerlere sahiptirler. Polimer malzemeler ise sahip oldukları yoğunluk değerlerine göre farklı ısı iletkenlik

dirençlerine sahip olabilmektedirler. Polimer malzemelerin hangi yoğunluk aralığından seçildiği konusunda benimsenen ilke, ısı iletkenlik ve buhar difüzyon dirençleri bakımından birbirleriyle kıyaslamanın yapılabilmesini sağlamaktır.

Bu nedenle ekstrude polistiren köpük tüm özellikler bakımından diğerlerinden farklı olması nedeniyle tüm polimer malzemeler arasında; poliüretan ve genleştirilmiş polistiren köpük ise aynı buhar difüzyon dirençlerine sahip olmalarına rağmen yoğunlukları ve ısı iletkenlik dirençlerinin farklı olması nedeniyle birbirleriyle kıyaslamanın yapılabilmesini mümkün kılmak açısından Çizelge 5.7’de belirtilen değer aralıklarında seçilmiştir.

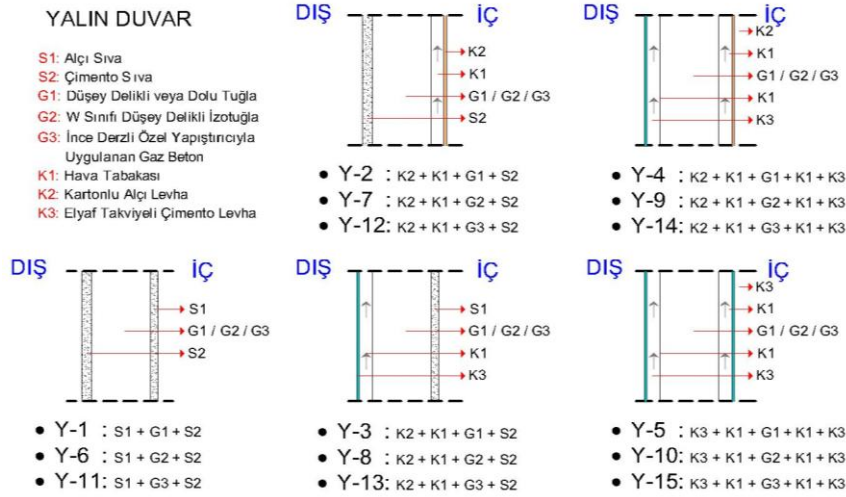
Elde edilen yalıtım malzemesi kalınlık değerleri; dıştan yalıtımlı duvarlarda 1. iklim bölgesi için EK A Çizelge 2, 2. iklim bölgesi için EK B Çizelge 2, 3. iklim bölgesi için EK C Çizelge 2, 4. iklim bölgesi için EK D Çizelge 2’de; içten yalıtımlı duvarlarda 1. iklim bölgesi için EK A Çizelge 3, 2. iklim bölgesi için EK B Çizelge 3, 3. iklim bölgesi için EK D Çizelge 3, 4. iklim bölgesi için EK E Çizelge 3’te; ortadan yalıtımlı duvarlarda, 1. iklim bölgesi için EK A Çizelge 4, 2. iklim bölgesi için EK B Çizelge 4, 3. iklim bölgesi için EK C Çizelge 4, 4. iklim bölgesi için EK D Çizelge 4’te belirtilmiştir.

5.4.2. Oluşturulan Duvar Kompozisyonlarında Katmanlaşma Seçimi

Malzeme seçimi ve kesit içindeki katmanlaşmalarına bağlı olarak gereken U_{Duvar} değeri sağlamış olan tüm duvar kompozisyonlarında, malzeme özellikleri ve dizilimlerine bağlı olarak gelişebilecek yoğuşma durumu irdelenmiştir.

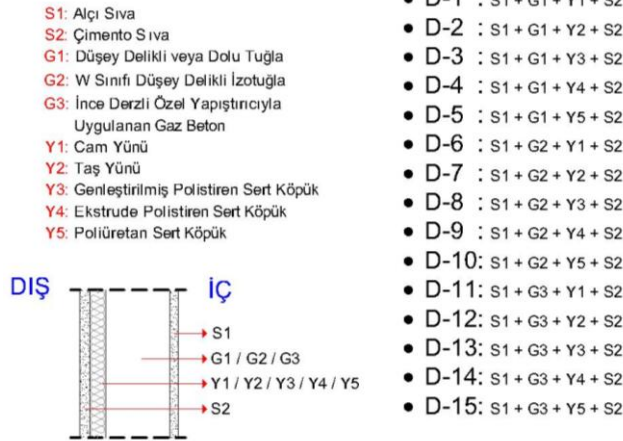
Oluşturulan duvar kompozisyonlarında kullanılan malzeme kodları, bölüm 5.4.1’deki Çizelge 5.7’de belirtilmiştir.

Yalın duvarlarda Şekil 5.8’de ifade edildiği gibi kullanılan malzeme katmanlaşmasına bağlı olarak her bölge için 15 farklı kompozisyon oluşturulmuştur. Dıştan yalıtımlı duvarlarda Şekil 5.9’da ifade edildiği gibi kullanılan malzeme katmanlaşmasına bağlı olarak her bölge için 15 farklı kompozisyon oluşturulmuştur. İçten yalıtımlı duvarlarda Şekil 5.10’da ifade edildiği gibi kullanılan malzeme katmanlaşmasına bağlı olarak her bölge için 15 farklı kompozisyon oluşturulmuştur. Ortadan yalıtımlı duvarlarda Şekil 5.11’de ifade edildiği gibi kullanılan malzeme katmanlaşmasına bağlı olarak her bölge için 15 farklı kompozisyon oluşturulmuştur.



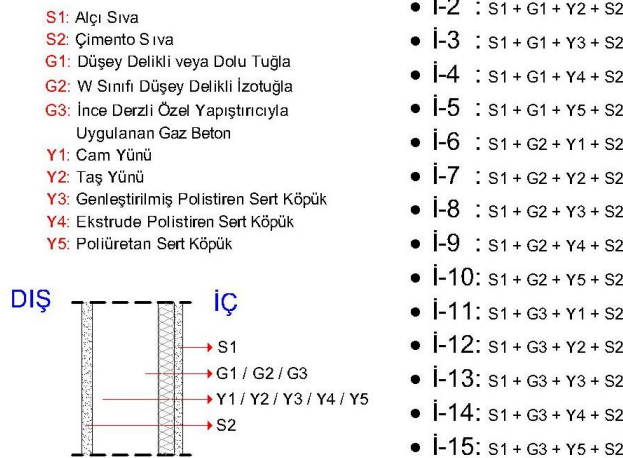
Şekil 5.8: Oluşturulan Yalın Duvar Kompozisyonlarında Malzeme Katmanlaşması

DIŞTAN YALITIMLI DUVAR



Şekil 5.9: Oluşturulan Dıştan Yalıtımlı Duvar Kompozisyonlarında Malzeme Katmanlaşması

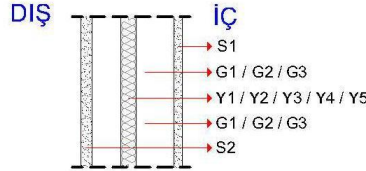
İÇTEN YALITIMLI DUVAR



Şekil 5.10: Oluşturulan İçten Yalıtımlı Duvar Kompozisyonlarında Malzeme Katmanlaşması

ORTADAN YALITIMLI DUVAR

- S1:** Alçı Sıva
S2: Çimento Sıva
G1: Düşey Delikli veya Dolu Tuğla
G2: W Sınıfı Düşey Delikli İzotuğla
G3: İnce Derzli Özel Yapıştırıcıyla Uygulanan Gaz Beton
Y1: Cam Yünü
Y2: Taş Yünü
Y3: Genleştirilmiş Polistiren Sert Köpük
Y4: Ekstrude Polistiren Sert Köpük
Y5: Poliüretan Sert Köpük



- O-1 : S1 + G1 + Y1 + G1 + S2
- O-2 : S1 + G1 + Y2 + G1 + S2
- O-3 : S1 + G1 + Y3 + G1 + S2
- O-4 : S1 + G1 + Y4 + G1 + S2
- O-5 : S1 + G1 + Y5 + G1 + S2
- O-6 : S1 + G2 + Y1 + G2 + S2
- O-7 : S1 + G2 + Y2 + G2 + S2
- O-8 : S1 + G2 + Y3 + G2 + S2
- O-9 : S1 + G2 + Y4 + G2 + S2
- O-10: S1 + G2 + Y5 + G2 + S2
- O-11: S1 + G3 + Y1 + G3 + S2
- O-12: S1 + G3 + Y2 + G3 + S2
- O-13: S1 + G3 + Y3 + G3 + S2
- O-14: S1 + G3 + Y4 + G3 + S2
- O-15: S1 + G3 + Y5 + G3 + S2

Şekil 5.11: Oluşturulan Ortadan Yalıtımlı Duvar Kompozisyonlarında Malzeme Katmanlaşması

5.4.3. Oluşturulan Duvar Kompozisyonlarında Kullanılan Hesap Yöntemi

Bütün hesaplamalarda, TS 825[2] standardına göre iç yüzey ısı iletim direnci ($1/\alpha_i$) $0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$ ve dış yüzey ısı iletim direnci ($1/\alpha_d$) $0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$; iç sıva kalınlığı 2 cm ve dış sıva kalınlığı ise 3 cm olarak kullanılmıştır.

d (m): Malzeme kalınlığı,

λ_h (W/mK): Isı İletkenlik Hesap Katsayısı,

U_D (W/m²K): Duvarın Isı Geçirgenlik Değeri,

olmak üzere “n” tane katmandan oluşan mevcut duvar konstrüksiyonunun ısı geçirgenlik direnci, denklem (5.1)’deki eşitlikle ifade edilir.

$$\frac{1}{\Lambda} = \frac{d_1}{\lambda_{h1}} + \frac{d_2}{\lambda_{h2}} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_{hn}} \quad [\text{m}^2\text{K/W}] \quad (5.1)$$

$1 / \alpha_i$ (m²K/W): İç yüzey ısı iletim direnci,

$1 / \alpha_d$ (m²K/W): Dış yüzey ısı iletim direnci,

olmak üzere mevcut duvar konstrüksiyonunun ısı geçirgenlik değeri, denklem (5.2)’deki eşitlikle ifade edilir.

$$U_D = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\Lambda} + \frac{1}{\alpha_d}} \quad [\text{W/m}^2\text{K}] \quad (5.2)$$

Çizelge 5.8: “n” Katmanlı Bir Duvarda Gereken Minimum Isı Geçirgenlik Direnci

Derece gün bölgesi	U_{Duvar} (W/m ² K)	min $1/\Lambda$ değeri (m ² K/W)
1. Bölge	0,70	1,26
2. Bölge	0,60	1,47
3. Bölge	0,50	1,77
4. Bölge	0,40	2,21

Denklem (5.2) kullanılarak her bölge için hesaplanan $1/\Lambda$ değeri Çizelge 5.8’de belirtilmiştir. Buna bağlı olarak farklı malzemelerle düzenlenen duvar konstrüksiyonları denklem (5.1) kullanılarak bu değerleri sağlayacak şekilde düzenlenmiştir.

Oluşturulan duvar kompozisyonlarında yoğuşmanın olup oluşmadığı “İzoder⁽³⁾ TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Hesap Programı[3]” ile değerlendirilmiş ve yoğuşma görülen kesitler 1. iklim bölgesi için EK A, 2. iklim bölgesi için EK B, 3. İklim bölgesi için EK C, ve 4. iklim bölgesi için EK D’de koyu renkle vurgulanarak belirtilmiştir.

Program, yoğuşma tahkiki hesaplamalarında yapı bileşenleri iç ve dış yüzeylerindeki yüzeysel ısı iletim direnç değerleri için $1 / \alpha_i = 0,25 \text{ m}^2\text{K/W}$ ve $1 / \alpha_d = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ değerlerini kullanmaktadır.

Program veritabanında, yapı bileşeni kesitinde meydana gelen buhar difüzyonu doğrusu ile yapı bileşeni kesitinde meydana gelen sıcaklık dağılımına göre belirlenen doyma basıncı eğrilerinin hiçbir ayda birbirini kesmemesi durumu “ideal durum” olarak tanımlanmaktadır. İki eğrinin herhangi bir ayda kesişmesi durumunda ise yoğuşma meydana gelmektedir[3].

5.4.4. Oluşturulan Duvar Kompozisyonlarının Katmanlaşma Tiplerine Göre Değerlendirilmesi

Genel olarak değerlendirildiğinde gövde malzemesi olarak yalıtım niteliği taşıyan malzemelerin kullanımı daha avantajlıdır ve bu anlamda gaz beton daha az kalınlıkla uygulanabilir oluşuyla öne çıkmaktadır.

Yalıtımlı duvar tiplerinde, üç farklı gövde malzemesi ile kullanıldığında da cam yünü ve taş yünü yalıtım malzemeleri aynı kalınlıkları gerektirmektedir ve bu kalınlıklar

⁽³⁾ İzoder: Isı Su Ses ve Yangın Yalıtımcıları Derneği

diğer yalıtım malzemelerinin gerektirdiklerine göre en yüksek değere sahiptir. Poliüretan köpük düşük ısı iletkenlik katsayısı sebebiyle en az kalınlık gerektiren yalıtım malzemesidir.

Ancak yapının yer aldığı iklim bölgesi, kurgulanan duvar tipi ve kesitte yer alan diğer malzemelerin niteliklerine bağılı olarak duvar kesiti içinde yoğuşma meydana gelebilmektedir.

Bu durumda ele alınan iklim bölgesinde ve kesit tipinde hangi malzemenin seçileceğı konusunda sadece ısıl direncin sağlanması yeterli olmayacağı vurgulanmış olmaktadır.

Özellikle ısı yalıtım malzemesi olmak üzere, hangi malzemenin seçileceğine kesit tipi ve bulunduğu bölge şartları göz önünde bulundurularak karar verilmelidir. Bu anlamda, toplam kesit kalınlığı, buhar difüzyon direnç faktörü, yanıcılık sınıfı ve uygulama kolaylığı gibi özellikler biz mimarlara ipucu verebilir nitelikler taşımaktadır.

5.4.4.1. Oluşturulan Yalın Duvar Kombinasyonlarının Değerlendirilmesi

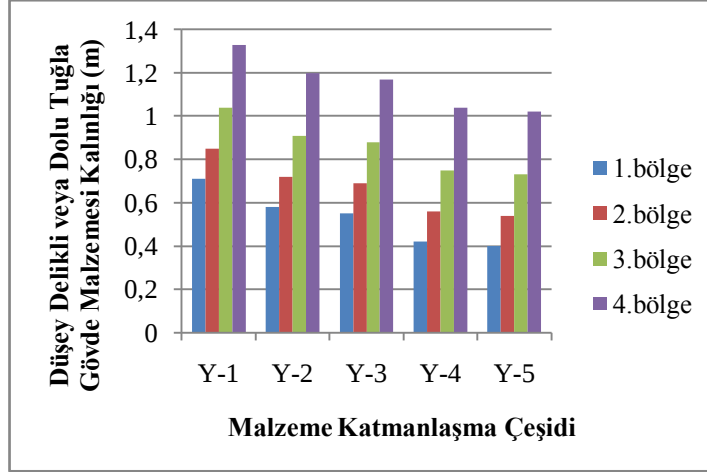
Yalın duvarlarda malzeme katmanlaşması beş farklı kombinasyonla oluşturularak seçilen üç farklı gövde malzemesi için bölgelere göre gereken malzeme kalınlığı hesaplanmış ve kesit içinde yoğuşma olup olmadığı irdelenmiştir(bkz. EK A Çizelge 1, EK B Çizelge 1, EK C Çizelge 1, EK D Çizelge 1).

Gövde malzemesi olarak kullanılan malzemelerin ısı geçirgenlik direncinin yüksek olmasına bağılı olarak gereken gövde malzemesi kalınlığı azalmaktadır.

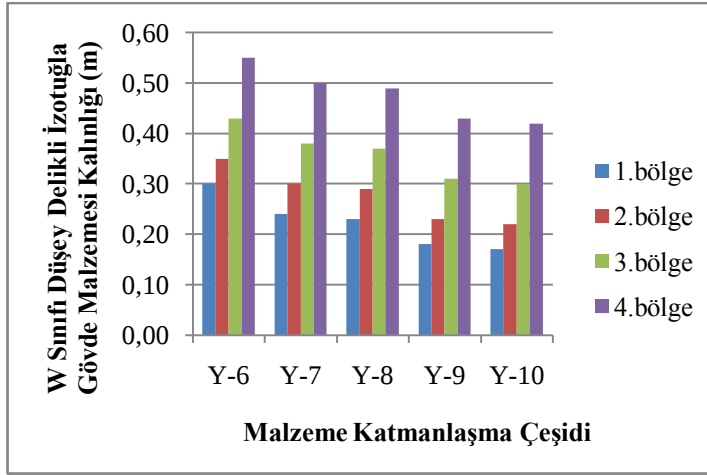
Bu durumda Şekil 5.12, Şekil 5.13 ve Şekil 5.14 incelendiğinde sayısal olarak ele alındığında, en az malzeme kalınlığı gerektiren duvar kombinasyonunun ısı geçirgenlik direnci en yüksek olan gaz beton gövde malzemesiyle sağlandığı açıktır.

Ancak kesit içinde meydana gelen yoğuşma durumu kontrol edildiğinde malzemelerin yüksek ısı direncine sahip olmalarının ısıl konforu başarılı bir şekilde sağlamaya yeterli olmadığı görülmektedir.

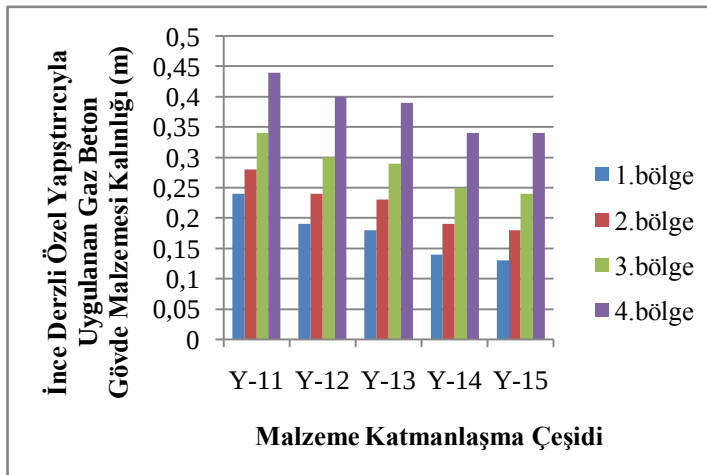
Gereken U_{duvar} değerinin sağlanabilmesi için düşey delikli veya dolu tuğla gövde malzemesi kullanıldığında uygulanması gereken minimum malzeme kalınlığı Çizelge 5.9'da görüldüğü gibi hesaplanmıştır.



Şekil 5.12: Yalın Duvarlarda Düşey Delikli veya Dolu Tuğla Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Bölgelere Göre Gereken Malzeme Kalınlığı(m)



Şekil 5.13: Yalın Duvarlarda W Sınıfı Düşey Delikli İzotuğla Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Bölgelere Göre Gereken Malzeme Kalınlığı(m)



Şekil 5.14: Yalın Duvarlarda İnce Derzli Özel Yapıştırıcıyla Uygulanan Gaz Beton Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Bölgelere Göre Gereken Malzeme Kalınlığı(m)

Buna göre düşey delikli veya dolu tuğla kullanılması halinde yalın duvar kesitlerinden 1. iklim bölgesindeki Y-3 ve Y-4’te; 2., 3. ve 4. iklim bölgesindeki Y-3, Y-4 ve Y-5’te kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir. Yoğuşma meydana gelmeyen bazı kesitler ise, ısı direncin sağlanması için gereken gövde malzemesi kalınlıkları oldukça fazla olduğundan uygulanabilirlikten uzaktır.

Çizelge 5.9: Yalın Duvarlarda İklim Bölgelerine Göre Gereken Düşey Delikli veya Dolu Tuğla Gövde Malzemesi Kalınlığı ve Yoğuşma Durumu

Duvar Tipi			Yalın Duvar			
Malzeme Katmanlaşması		Gövde Malzemesi	Gövde Malzemesi Kalınlığı (m)			
			1.bölge	2.bölge	3.bölge	4.bölge
Y-1	Alçı sıva Gövde Malzemesi Çimento sıva	Düşey Delikli veya Dolu Tuğla	0,71	0,85	1,04	1,33
Y-2	Kartonlu Alçı Levha Hava Tabakası Gövde Malzemesi Çimento sıva		0,58	0,72	0,91	1,20
Y-3	Alçı sıva Gövde Malzemesi Hava Tabakası Elyaf Tak. Çimento Levha		0,55*	0,69*	0,88*	1,17*
Y-4	Kartonlu Alçı Levha Hava Tabakası Gövde Malzemesi Hava Tabakası Elyaf Tak. Çimento Levha		0,42*	0,56*	0,75*	1,04*
Y-5	Elyaf Tak. Çimento Levha Hava Tabakası Gövde Malzemesi Hava Tabakası Elyaf Tak. Çimento Levha		0,40	0,54*	0,73*	1,02*

(*) Kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir.

Gereken U_{duvar} değerinin sağlanabilmesi için W sınıfı düşey delikli izotuğla gövde malzemesi kullanıldığında uygulanması gereken minimum malzeme kalınlığı Çizelge 5.10’da görüldüğü gibi hesaplanmıştır.

Buna göre W sınıfı düşey delikli izotuğla kullanılması halinde yalın duvar kesitlerinden 1. iklim bölgesindeki Y-8 ve Y-9’da; 2. iklim bölgesindeki Y-8, Y-9 ve Y-10’da; 3. ve 4. iklim bölgesindeki tüm kompozisyonlarda, kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir.

Çizelge 5.10: Yalın Duvarlarda İklim Bölgelerine Göre Gereken W Sınıfı Düşey Delikli İzotuğla Gövde Malzemesi Kalınlığı ve Yoğuşma Durumu

Duvar Tipi			Yalın Duvar			
Malzeme Katmanlaşması		Gövde Malzemesi	Gövde Malzemesi Kalınlığı (m)			
			1.bölge	2.bölge	3.bölge	4.bölge
Y-6	Alçı sıva Gövde Malzemesi Çimento sıva	W Sınıfı Düşey Delikli İzotuğla	0,30	0,35	0,43*	0,55*
Y-7	Kartonlu Alçı Levha Hava Tabakası Gövde Malzemesi Çimento sıva		0,24	0,30	0,38*	0,50*
Y-8	Alçı sıva Gövde Malzemesi Hava Tabakası Elyaf Tak. Çimento Levha		0,23*	0,29*	0,37*	0,49*
Y-9	Kartonlu Alçı Levha Hava Tabakası Gövde Malzemesi Hava Tabakası Elyaf Tak. Çimento Levha		0,18*	0,23*	0,31*	0,43*
Y-10	Elyaf Tak. Çimento Levha Hava Tabakası Gövde Malzemesi Hava Tabakası Elyaf Tak. Çimento Levha		0,17	0,22*	0,30*	0,42*

(*) Kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir.

Gereken U_{duvar} değerinin sağlanabilmesi için ince derzli özel yapıştırıcıyla uygulanan gaz beton gövde malzemesi kullanıldığında uygulanması gereken minimum malzeme kalınlığı Çizelge 5.11’de görüldüğü gibi hesaplanmıştır.

Buna göre ince derzli özel yapıştırıcıyla uygulanan gaz beton kullanılması halinde yalın duvar kesitlerinden 1. iklim bölgesindeki Y-13 ve Y-14’te; 2. iklim bölgesindeki Y-12, Y-13, Y-14 ve Y-15’te; 3. ve 4. iklim bölgesindeki tüm kompozisyonlarda, kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir.

Elde edilen bu sonuçlara göre değerlendirildiğinde, aynı buhar difüzyon direncine sahip bir gövde bileşeninin 4 farklı iklim bölgesinde gösterdiği performansın aynı olmadığı, diğer malzemelerle bir araya gelişindeki uyumun ortam koşullarına bağlı olarak değişeceği ve aynı şekilde değerlendirilemeyeceği açıktır.

Çizelge 5.11: Yalın Duvarlarda İklim Bölgelerine Göre Gereken İnce Derzli Özel Yapıştırıcıyla Uygulanan Gaz Beton Gövde Malzemesi Kalınlığı ve Yoğuşma Durumu

Duvar Tipi			Yalın Duvar			
Malzeme Katmanlaşması		Gövde Malzemesi	Gövde Malzemesi Kalınlığı (m)			
			1.bölge	2.bölge	3.bölge	4.bölge
Y-11	Alçı sıva Gövde Malzemesi Çimento sıva	İnce Derzli Özel Yapıştırıcıyla Uygulanan Gaz Beton	0,24	0,28	0,34*	0,44*
Y-12	Kartonlu Alçı Levha Hava Tabakası Gövde Malzemesi Çimento sıva		0,19	0,24*	0,30*	0,40*
Y-13	Alçı sıva Gövde Malzemesi Hava Tabakası Elyaf Tak. Çimento Levha		0,18*	0,23*	0,29*	0,39*
Y-14	Kartonlu Alçı Levha Hava Tabakası Gövde Malzemesi Hava Tabakası Elyaf Tak. Çimento Levha		0,14*	0,19*	0,25*	0,34*
Y-15	Elyaf Tak. Çimento Levha Hava Tabakası Gövde Malzemesi Hava Tabakası Elyaf Tak. Çimento Levha		0,13	0,18*	0,24*	0,34*

(*) Kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir.

Yalın duvarlarda yoğuşma görülen kesitlerde hangi aylarda yoğuşma oluştuğunu gösteren liste EK E Çizelge 1’de listelenmiştir. 3. bölgedeki bir kesite ait yoğuşma grafikleri ise örnek oluşturması bakımından EK F Çizelge 1’de belirtilmiştir.

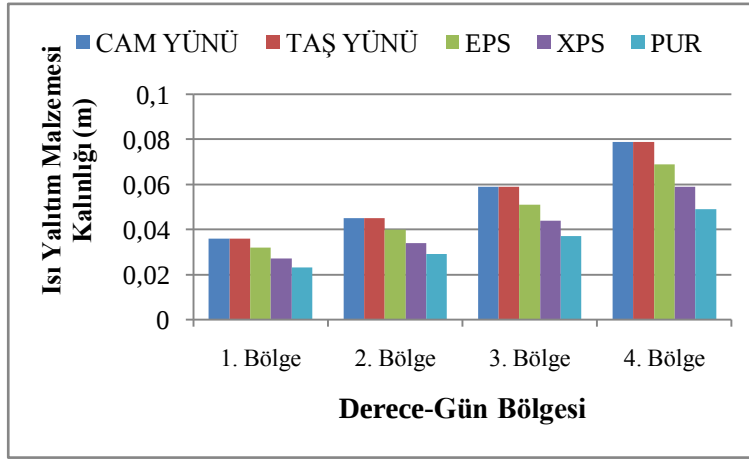
Kesit içinde, sadece bir ayda bile olsa, yoğuşma meydana gelirse ısı direnç her ne kadar sayısal olarak sağlanmış olursa olsun, zamanla nemliliğin etkisiyle ısı iletkenlik değerinde artış olacağından beklenen ısı performans sürekli bir şekilde elde edilemeyecek; bileşen bünyesinde küflenme, bozulma, çiçeklenme gibi fiziksel oluşumlar meydana gelmeye başlayacaktır.

5.4.4.2. Oluşturulan Dıştan Yalıtımlı Duvar Kombinasyonlarının Değerlendirilmesi

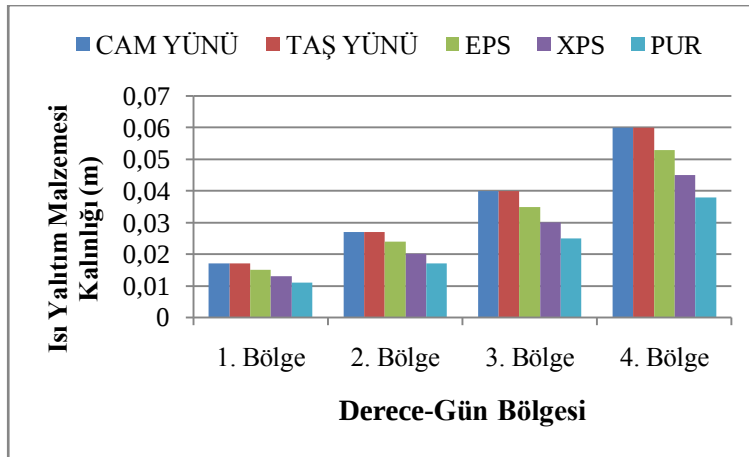
Dıştan yalıtımlı duvarlarda malzeme katmanlaşması beş farklı ısı yalıtım malzemesinin, seçilen 19 cm kalınlıkta üç farklı gövde malzemesi için

kombinasyonları oluşturularak bölgelere göre gereken ısı yalıtım malzemesi kalınlığı hesaplanmış ve kesit içinde yoğunlaşma olup olmadığı irdelenmiştir (bkz. EK A Çizelge 2, EK B Çizelge 2, EK C Çizelge 2, EK D Çizelge 2).

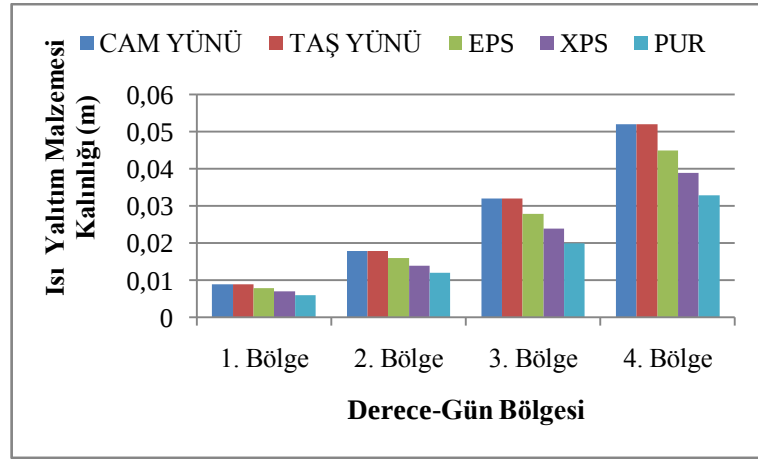
Gövde malzemesi olarak kullanılan malzemelerin ısı geçirgenlik direncinin yüksek olmasına bağlı olarak gereken ilave ısı yalıtım malzemesi kalınlığı azalmaktadır. Bu durumda Şekil 5.15, Şekil 5.16 ve Şekil 5.17 incelendiğinde en az ısı yalıtım malzemesi kalınlığı gerektiren duvar kombinasyonunun ısı geçirgenlik direnci en yüksek olan gaz beton gövde malzemesiyle sağlandığı açıktır.



Şekil 5.15: Dıştan Yalıtımlı Duvarlarda Düşey Delikli veya Dolu Tuğla Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Bölgelere Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı



Şekil 5.16: Dıştan Yalıtımlı Duvarlarda W Sınıfı Düşey Delikli İzotuğla Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Bölgelere Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı



Şekil 5.17: Dıştan Yalıtımlı Duvarlarda İnce Derzli Özel Yapıştırıcılı Gaz Beton Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Bölgelere Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı

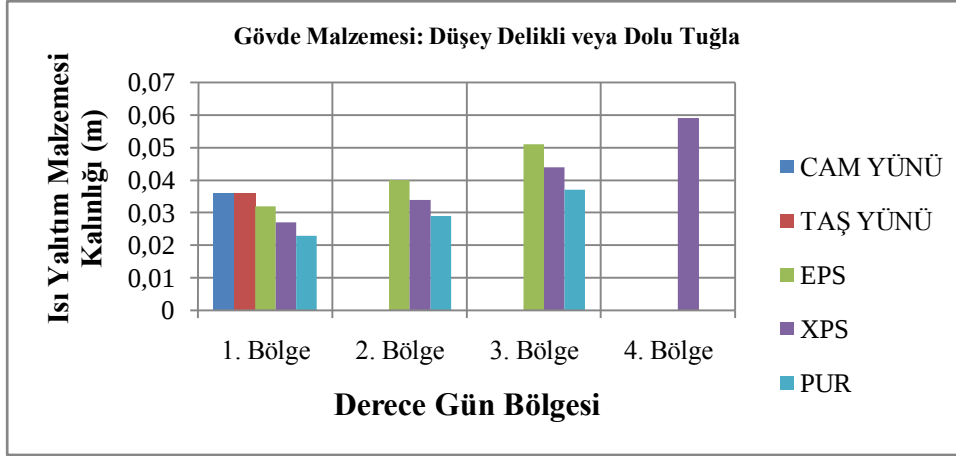
Gereken U_{duvar} değerinin sağlanabilmesi için üç farklı gövde malzemesi kullanıldığında gereken minimum ısı yalıtım malzemesi kalınlığı Çizelge 5.12’de görüldüğü gibi hesaplanmıştır.

Çizelge 5.12: Dıştan Yalıtımlı Duvarlarda İklim Bölgelerine Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı ve Yoğuşma Durumu

Duvar Tipi		Dıştan Yalıtımlı Duvar			
Gövde Malzemesi	Isı Yalıtım Malzemesi	Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı (m)			
		1.bölge	2.bölge	3.bölge	4.bölge
Düşey Delikli veya Dolu Tuğla	CAM YÜNÜ	0,036	0,045*	0,059*	0,079*
	TAŞ YÜNÜ	0,036	0,045*	0,059*	0,079*
	EPS	0,032	0,040	0,051	0,069*
	XPS	0,027	0,034	0,044	0,059
	PUR	0,023	0,029	0,037	0,049*
W Sınıfı Düşey Delikli İzotuğla	CAM YÜNÜ	0,017	0,027*	0,04*	0,06*
	TAŞ YÜNÜ	0,017	0,027*	0,04*	0,06*
	EPS	0,015	0,024	0,035	0,053*
	XPS	0,013	0,020	0,030	0,045*
	PUR	0,011	0,017	0,025	0,038*
İnce Derzli Özel Yapıştırıcıyla Uygulanan Gaz Beton	CAM YÜNÜ	0,009	0,018*	0,032*	0,052*
	TAŞ YÜNÜ	0,009	0,018*	0,032*	0,052*
	EPS	0,008	0,016	0,028	0,045*
	XPS	0,007	0,014*	0,024*	0,039*
	PUR	0,006	0,012	0,02*	0,033*

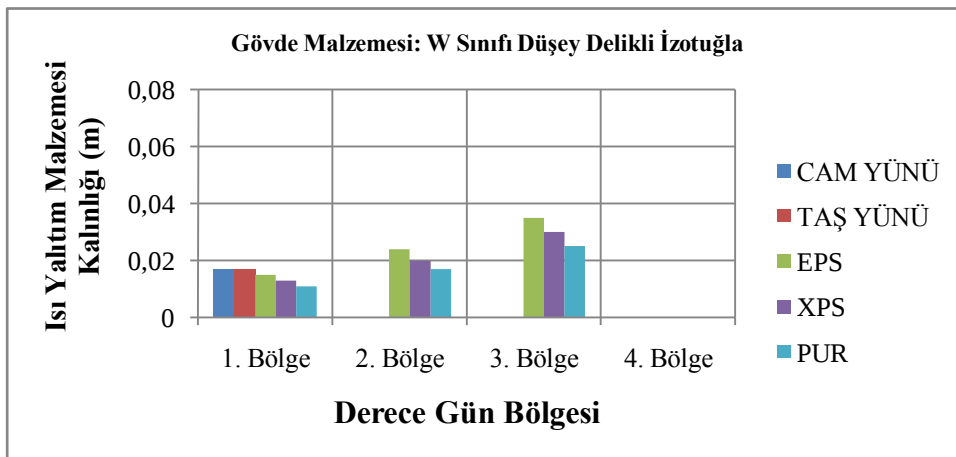
(*) Kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir.

Gövde malzemesinde düşey delikli veya dolu tuğla kullanılması halinde 1. iklim bölgesinde duvar kesitlerinde yoğuşma görülmemektedir. Ancak 2. ve 3. iklim bölgesinde cam yünü ve taş yünü kullanılan kesitlerde; 4. iklim bölgesinde ise XPS hariç tüm ısı yalıtım malzemelerinin kullanıldığı kesitlerde, kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir (Şekil 5.18).



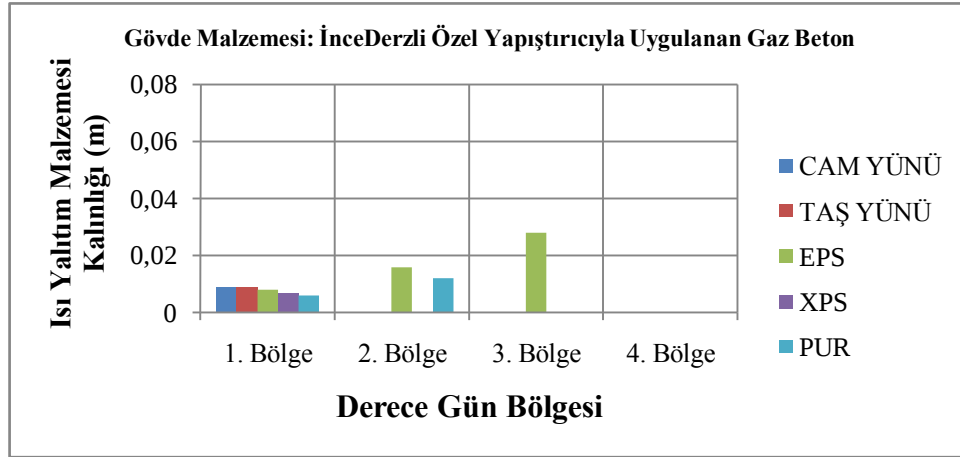
Şekil 5.18: Dıştan Yalıtımlı Duvarlarda Düşey Delikli veya Dolu Tuğla Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Yoğuşma Görülmeyen Kesitlerde Bölgelere Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı

Gövde malzemesinde W sınıfı düşey delikli izotuğla kullanılması halinde 1. iklim bölgesinde duvar kesitlerinde yoğuşma görülmemektedir. Ancak 2. ve 3. iklim bölgesinde cam yünü ve taş yünü kullanılan kesitlerde; 4. iklim bölgesinde ise tüm ısı yalıtım malzemelerinin kullanıldığı kesitlerde, kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir (Şekil 5.19).



Şekil 5.19: Dıştan Yalıtımlı Duvarlarda W Sınıfı Düşey Delikli İzotuğla Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Yoğuşma Görülmeyen Kesitlerde Bölgelere Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı

Gövde malzemesinde ince derzli özel yapıştırıcıyla uygulanan gaz beton kullanılması halinde 1. iklim bölgesinde duvar kesitlerinde yoğuşma görülmemektedir. Ancak 2. iklim bölgesinde cam yünü, taş yünü ve XPS kullanılan kesitlerde; 3. iklim bölgesinde EPS hariç tüm ısı yalıtım malzemelerinin kullanıldığı kesitlerde; 4. iklim bölgesinde ise tüm ısı yalıtım malzemelerinin kullanıldığı kesitlerde, kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir (Şekil 5.20).



Şekil 5.20: Dıştan Yalıtımlı Duvarlarda İnce Derzli Özel Yapıştırıcılı Gaz Beton Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Yoğuşma Görülmeyen Kesitlerde Bölgelere Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı

Elde edilen bu sonuçlara göre değerlendirildiğinde, aynı buhar difüzyon direncine sahip bir yalıtım malzemesinin 4 farklı iklim bölgesinde gösterdiği performansın aynı olmadığı, diğer malzemelerle bir araya gelişindeki uyumun ortam koşullarına bağlı olarak değişeceği ve aynı şekilde değerlendirilemeyeceği açıktır.

Dıştan yalıtımlı duvarlarda yoğuşma görülen kesitlerde hangi aylarda yoğuşma oluştuğunu gösteren liste EK E Çizelge 2’de listelenmiştir. 3. bölgedeki bir kesite ait yoğuşma grafikleri ise örnek oluşturması bakımından EK F Çizelge 2’de belirtilmiştir.

Kesit içinde, sadece bir ayda bile olsa, yoğuşma meydana gelirse ısı direnci her ne kadar sayısal olarak sağlanmış olursa olsun, zamanla nemliliğin etkisiyle ısı iletkenlik değerinde artış olacağından beklenen ısı performans sürekli bir şekilde elde edilemeyecek; bileşen bünyesinde küflenme, bozulma, çiçeklenme gibi fiziksel oluşumlar meydana gelmeye başlayacaktır.

Giydirme cephe gibi havalandırma boşluğu içeren detayların ısı geçirgenlik değerleri hesaplanırken; söz konusu boşluklarda dış ortam iklim koşullarının hüküm

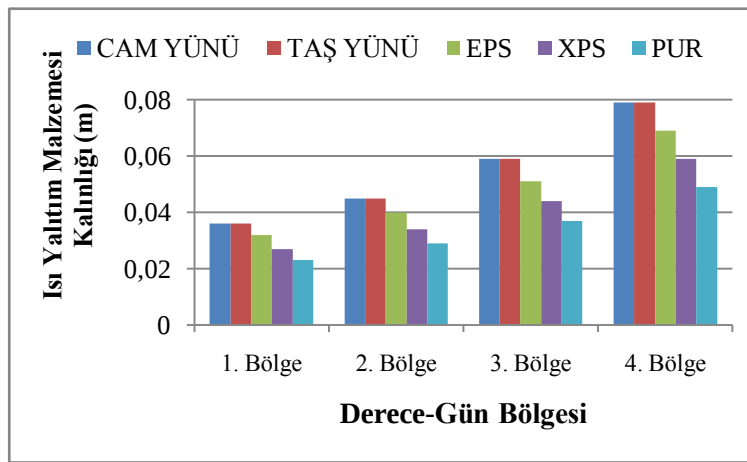
sürdüğü kabul edilmektedir.

Bu sebeple; havalandırma boşluğu ve bu boşluğun dış ortam tarafında bulunan yapı malzemeleri, ilgili detayın ısı geçirgenlik katsayısı hesaplamalarına dâhil edilmez. Hesaplamaya dâhil edilen kesit bileşenleri ele alındığında dıştan yalıtımlı duvar tipiyle aynı özellikleri gösterdiği söylenebilmektedir. Öte yandan havalandırılan detaylarda, boşluk içerisinde ve dış ortamdaki hava hareketleri birbirinden farklı olmaktadır. Bu sebeple havalandırılan detaylarda, dış ortamın ısı taşınım katsayısı (α_d); 25 W/m²K yerine 12,5 W/m²K alınarak yapı bileşeninin “U” değeri hesaplanır[2].

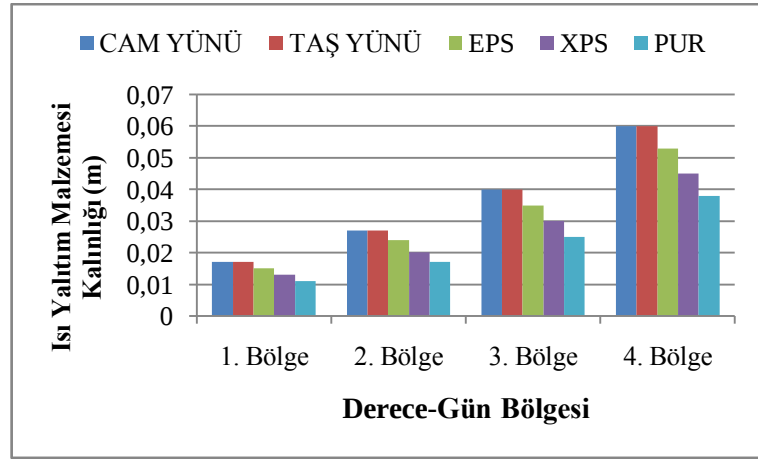
5.4.4.3. Oluşturulan İçten Yalıtımlı Duvar Kombinasyonlarının Değerlendirilmesi

İçten yalıtımlı duvarlarda malzeme katmanlaşması beş farklı ısı yalıtım malzemesinin, seçilen 19 cm kalınlıkta üç farklı gövde malzemesi için kombinasyonları oluşturularak bölgelere göre gereken ısı yalıtım malzemesi kalınlığı hesaplanmış ve kesit içinde yoğuşma olup olmadığı irdelenmiştir(bkz. EK A Çizelge 3, EK B Çizelge 3, EK C Çizelge 3, EK D Çizelge 3).

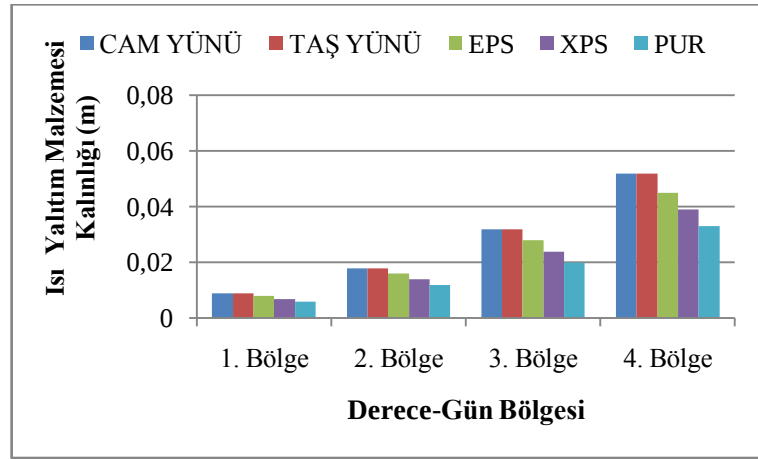
Gövde malzemesi olarak kullanılan malzemelerin ısı geçirgenlik direncinin yüksek olmasına bağlı olarak gereken ilave ısı yalıtım malzemesi kalınlığı azalmaktadır. Bu durumda Şekil 5.21, Şekil 5.22 ve Şekil 5.23 incelendiğinde en az ısı yalıtım malzemesi kalınlığı gerektiren duvar kombinasyonunun ısı geçirgenlik direnci en yüksek olan gaz beton gövde malzemesiyle sağlandığı açıktır.



Şekil 5.21: İçten Yalıtımlı Duvarlarda Düşey Delikli veya Dolu Tuğla Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Bölgelere Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı



Şekil 5.22: İçten Yalıtımlı Duvarlarda W Sınıfı Düşey Delikli İzotuğla Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Bölgelere Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı



Şekil 5.23: İçten Yalıtımlı Duvarlarda İnce Derzli Özel Yapıştırıcılı Gaz Beton Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Bölgelere Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı

Kullanılan malzemelerin niteliğinin aynı olması ısı performans ve gereken ısı yalıtım malzemesi kalınlığı bakımından dıştan yalıtımlı duvar kombinasyonlarından bir farklılık gözlenmemektedir. Ancak yoğunlaşma durumu bakımından incelendiğinde malzeme sıralaması önem kazanmaktadır ve durum dıştan yalıtımlı duvarlardan farklı değerlendirilmek zorundadır.

Gereken U_{duvar} değerinin sağlanabilmesi için üç farklı gövde malzemesi kullanıldığında gereken minimum ısı yalıtım malzemesi kalınlığı Çizelge 5.13’de görüldüğü gibi hesaplanmıştır.

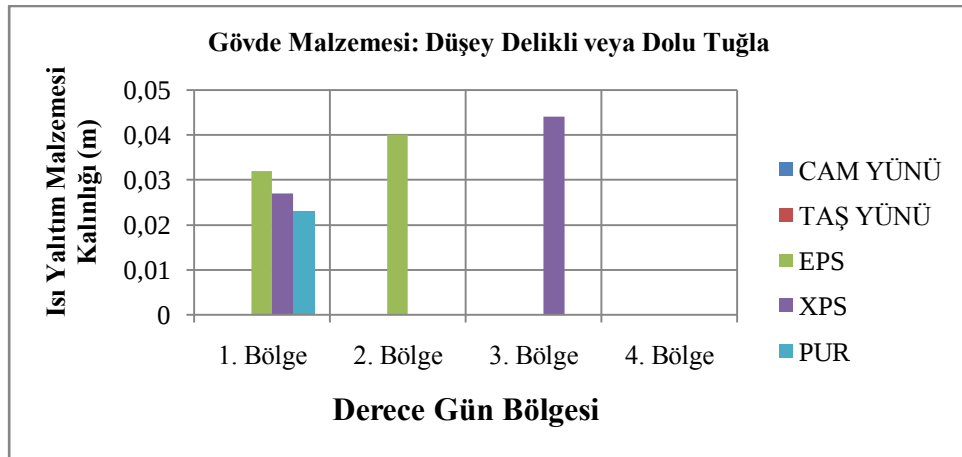
Gövde malzemesinde düşey delikli veya dolu tuğla kullanılması halinde 1. iklim bölgesinde cam yünü ve taş yünü kullanılan kesitlerde; 2. iklim bölgesinde EPS ve 3. iklim bölgesinde XPS hariç tüm ısı yalıtım malzemelerinin kullanıldığı kesitlerde; 4.

iklim bölgesinde ise tüm ısı yalıtım malzemelerinin kullanıldığı kesitlerde, kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir (Şekil 5.24).

Çizelge 5.13: İçten Yalıtımlı Duvarlarda İklim Bölgelerine Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı ve Yoğuşma Durumu

Duvar Tipi		İçten Yalıtımlı Duvar			
Gövde Malzemesi	Isı Yalıtım Malzemesi	Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı (m)			
		1.bölge	2.bölge	3.bölge	4.bölge
Düşey Delikli veya Dolu Tuğla	CAM YÜNÜ	0,036*	0,045*	0,059*	0,079*
	TAŞ YÜNÜ	0,036*	0,045*	0,059*	0,079*
	EPS	0,032	0,040	0,051*	0,069*
	XPS	0,027	0,034*	0,044	0,059*
	PUR	0,023	0,029*	0,037*	0,049*
W Sınıfı Düşey Delikli İzotuğla	CAM YÜNÜ	0,017	0,027*	0,04*	0,06*
	TAŞ YÜNÜ	0,017	0,027*	0,04*	0,06*
	EPS	0,015	0,024	0,035	0,053*
	XPS	0,013	0,020	0,030	0,045
	PUR	0,011	0,017	0,025*	0,038*
İnce Derzli Özel Yapıştırıcıyla Uygulanan Gaz Beton	CAM YÜNÜ	0,009	0,018*	0,032*	0,052*
	TAŞ YÜNÜ	0,009	0,018*	0,032*	0,052*
	EPS	0,008	0,016	0,028	0,045*
	XPS	0,007	0,014	0,024	0,039*
	PUR	0,006	0,012	0,02*	0,033*

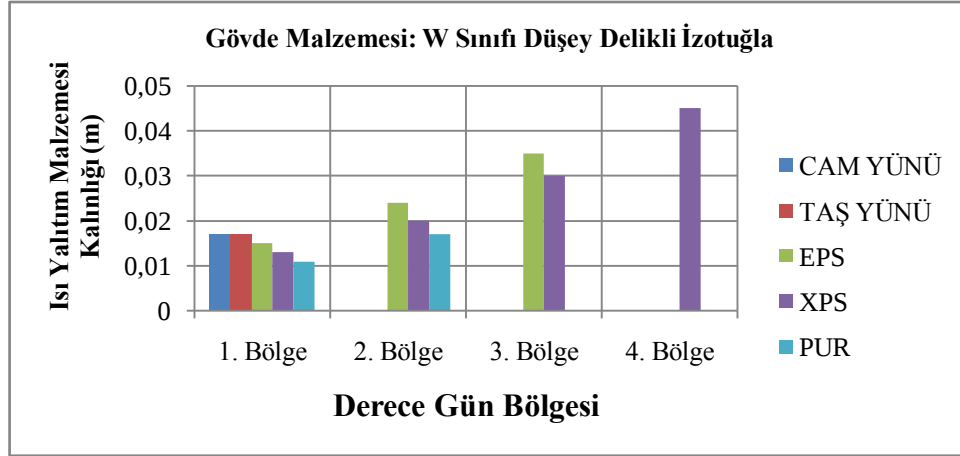
(*) Kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir.



Şekil 5.24: İçten Yalıtımlı Duvarlarda Düşey Delikli veya Dolu Tuğla Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Yoğuşma Görülmeyen Kesitlerde Bölgelere Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı

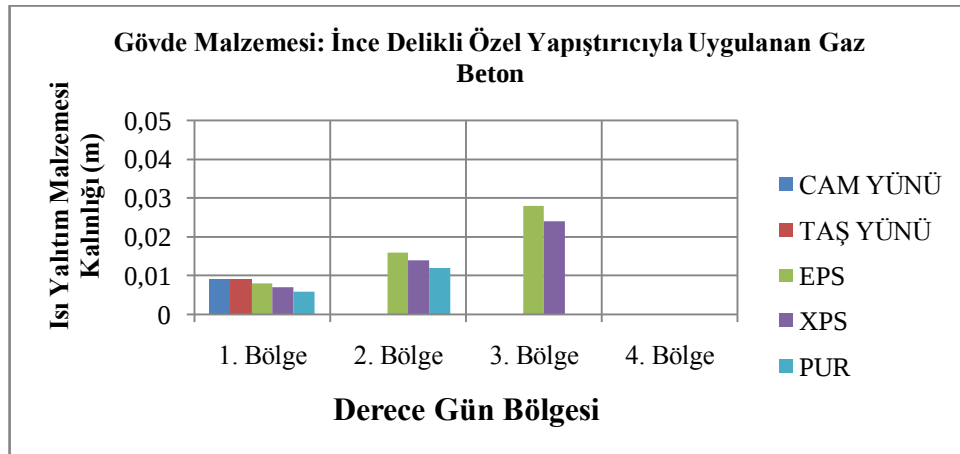
Gövde malzemesinde W sınıfı düşey delikli izotuğla kullanılması halinde 1. iklim bölgesinde duvar kesitlerinde yoğuşma görülmemektedir. Ancak 2. iklim bölgesinde

cam yünü ve taş yünü kullanılan kesitlerde; 3. iklim bölgesinde cam yünü, taş yünü ve poliüretan kullanılan kesitlerde; 4. iklim bölgesinde ise XPS hariç tüm ısı yalıtım malzemelerinin kullanıldığı kesitlerde, kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir (Şekil 5.25).



Şekil 5.25: İçten Yalıtımlı Duvarlarda W Sınıfı Düşey Delikli İzotuğla Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Yoğuşma Görülmeyen Kesitlerde Bölgelere Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı

Gövde malzemesinde ince derzli özel yapıştırıcıyla uygulanan gaz beton kullanılması halinde 1. iklim bölgesinde duvar kesitlerinde yoğuşma görülmemektedir. Ancak 2. iklim bölgesinde cam yünü ve taş yünü kullanılan kesitlerde; 3. iklim bölgesinde cam yünü, taş yünü ve poliüretan kullanılan kesitlerde; 4. İklim bölgesinde ise tüm ısı yalıtım malzemelerinin kullanıldığı kesitlerde, kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir (Şekil 5.26).



Şekil 5.26: İçten Yalıtımlı Duvarlarda İnce Derzli Özel Yapıştırıcıyla Gaz Beton Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Yoğuşma Görülmeyen Kesitlerde Bölgelere Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı

Elde edilen bu sonuçlara göre değerlendirildiğinde, aynı buhar difüzyon direncine sahip bir yalıtım malzemesinin 4 farklı iklim bölgesinde gösterdiği performansın aynı olmadığı, diğer malzemelerle bir araya gelişindeki uyumun ortam koşullarına bağlı olarak değişeceği ve aynı şekilde değerlendirilemeyeceği açıktır.

İçten yalıtımlı duvarlarda yoğuşma görülen kesitlerde hangi aylarda yoğuşma oluştuğunu gösteren liste EK E Çizelge 3'te listelenmiştir. 3. bölgedeki bir kesite ait yoğuşma grafikleri ise örnek oluşturması bakımından EK F Çizelge 3'te belirtilmiştir.

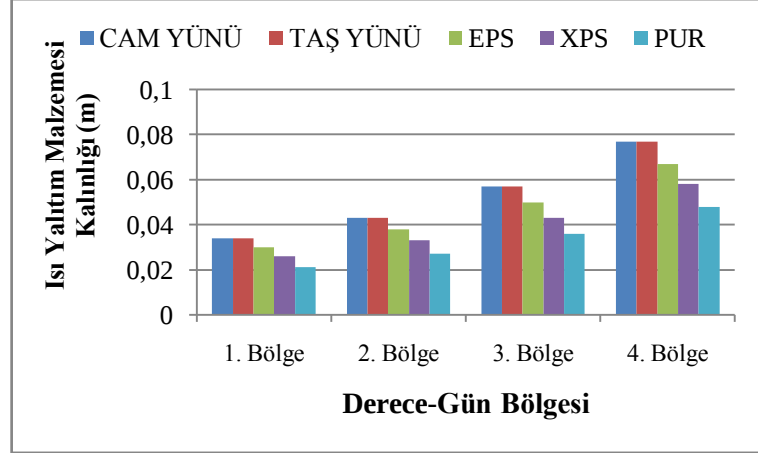
Kesit içinde, sadece bir ayda bile olsa, yoğuşma meydana gelirse ısı direnç her ne kadar sayısal olarak sağlanmış olursa olsun, zamanla nemliliğin etkisiyle ısı iletkenlik değerinde artış olacağından beklenen ısı performans sürekli bir şekilde elde edilemeyecek; bileşen bünyesinde küflenme, bozulma, çiçeklenme gibi fiziksel oluşumlar meydana gelmeye başlayacaktır.

5.4.4.4. Oluşturulan Ortadan Yalıtımlı Duvar Kombinasyonlarının Değerlendirilmesi

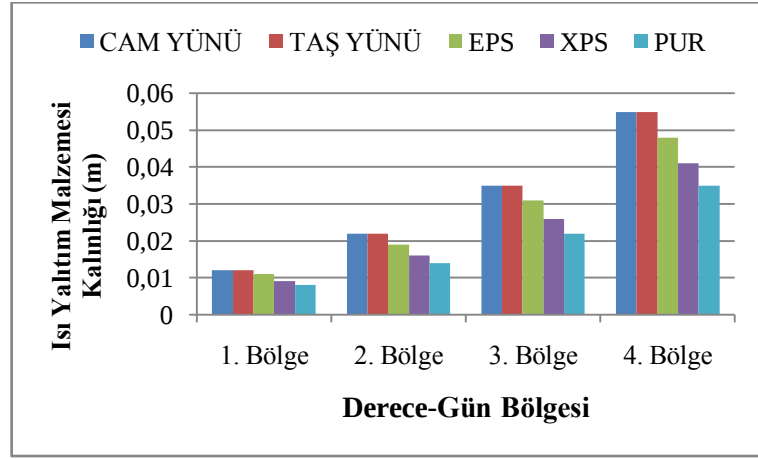
Ortadan yalıtımlı duvarlarda malzeme katmanlaşması beş farklı ısı yalıtım malzemesinin, seçilen dış yüzey: 8,5 cm-iç yüzey: 13,5 cm kalınlıkta üç farklı gövde malzemesi için kombinasyonları oluşturularak bölgelere göre gereken ısı yalıtım malzemesi kalınlığı hesaplanmış ve kesit içinde yoğuşma olup olmadığı irdelenmiştir (bkz. EK A Çizelge 4, EK B Çizelge 4, EK C Çizelge 4, EK D Çizelge 4).

Gövde malzemesi olarak kullanılan malzemelerin ısı geçirgenlik direncinin yüksek olmasına bağlı olarak gereken ilave ısı yalıtım malzemesi kalınlığı azalmaktadır. Bu durumda Şekil 5.27, Şekil 5.28 ve Şekil 5.29 incelendiğinde en az ısı yalıtım malzemesi kalınlığı gerektiren duvar kombinasyonunun ısı geçirgenlik direnci en yüksek olan gaz beton gövde malzemesiyle sağlandığı açıktır.

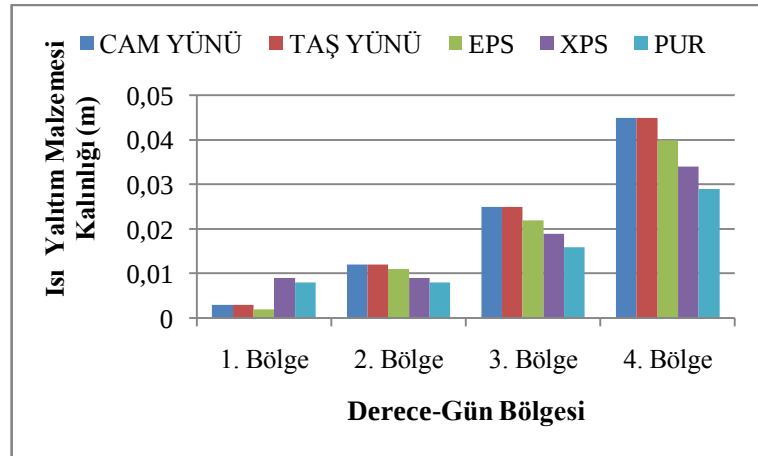
Gereken U_{duvar} değerinin sağlanabilmesi için üç farklı gövde malzemesi kullanıldığında gereken minimum ısı yalıtım malzemesi kalınlığı Çizelge 5.14'te görüldüğü gibi hesaplanmıştır.



Şekil 5.27: Ortadan Yalıtımlı Duvarlarda Düşey Delikli veya Dolu Tuğla Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Bölgelere Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı



Şekil 5.28: Ortadan Yalıtımlı Duvarlarda W Sınıfı Düşey Delikli İzotuğla Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Bölgelere Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı



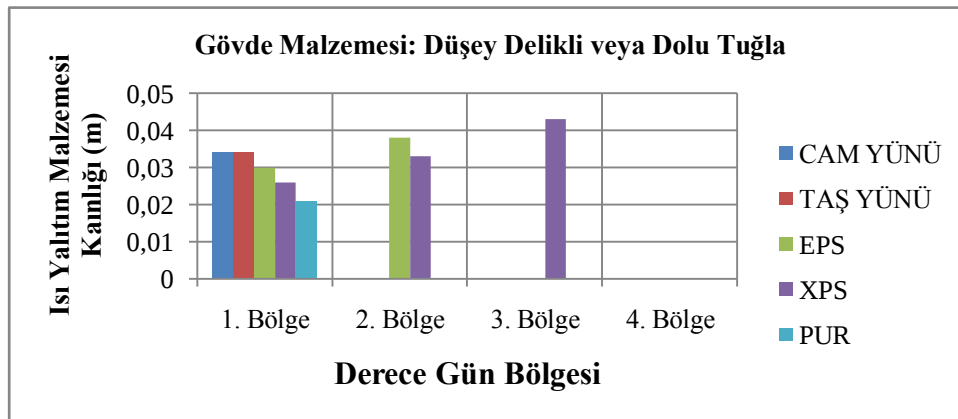
Şekil 5.29: Ortadan Yalıtımlı Duvarlarda İnce Derzli Özel Yapıştırıcılı Gaz Beton Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Bölgelere Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı

Çizelge 5.14: Ortadan Yalıtımlı Duvarlarda İklim Bölgelerine Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı ve Yoğuşma Durumu

Duvar Tipi		Ortadan Yalıtımlı Duvar			
Gövde Malzemesi	Isı Yalıtım Malzemesi	Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı (m)			
		1.bölge	2.bölge	3.bölge	4.bölge
Düşey Delikli veya Dolu Tuğla	CAM YÜNÜ	0,034	0,043*	0,057*	0,077*
	TAŞ YÜNÜ	0,034	0,043*	0,057*	0,077*
	EPS	0,030	0,038	0,050*	0,067*
	XPS	0,026	0,033	0,043	0,058*
	PUR	0,021	0,027*	0,036*	0,048*
W Sınıfı Düşey Delikli İzotuğla	CAM YÜNÜ	0,012	0,022*	0,035*	0,055*
	TAŞ YÜNÜ	0,012	0,022*	0,035*	0,055*
	EPS	0,011	0,019	0,031	0,048*
	XPS	0,009	0,016	0,026	0,041
	PUR	0,008	0,014	0,022*	0,035*
İnce Derzli Özel Yapıştırıcıyla Uygulanan Gaz Beton	CAM YÜNÜ	0,003	0,012*	0,025*	0,045*
	TAŞ YÜNÜ	0,003	0,012*	0,025*	0,045*
	EPS	0,002	0,011	0,022	0,040*
	XPS	0,002	0,009	0,019	0,034*
	PUR	0,002	0,008	0,016	0,029*

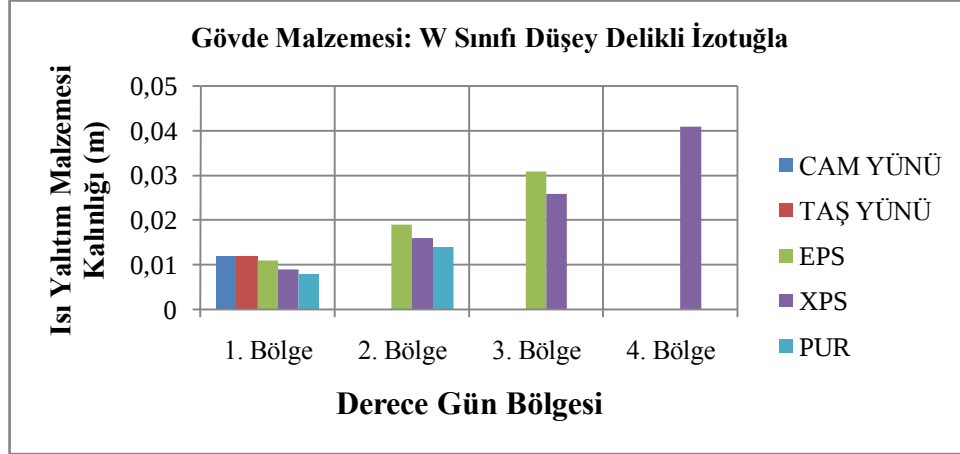
(*) Kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir.

Gövde malzemesinde düşey delikli veya dolu tuğla kullanılması halinde 1. iklim bölgesinde duvar kesitlerinde yoğuşma görülmemektedir. Ancak 2. iklim bölgesinde cam yünü, taş yünü ve poliüretan kullanılan kesitlerde; 3. iklim bölgesinde XPS hariç tüm ısı yalıtım malzemelerinin kullanıldığı kesitlerde; 4. iklim bölgesinde ise tüm ısı yalıtım malzemelerinin kullanıldığı kesitlerde, kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir (Şekil 5.30).



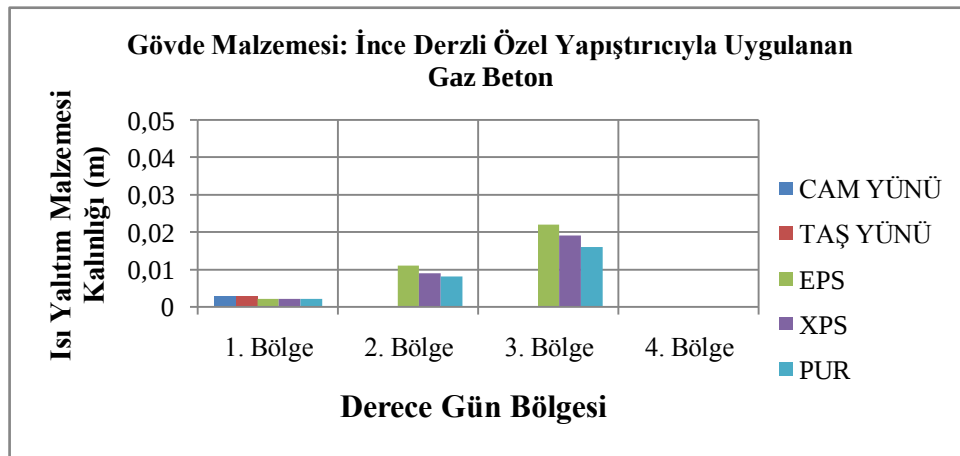
Şekil 5.30: Ortadan Yalıtımlı Duvarlarda Düşey Delikli veya Dolu Tuğla Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Yoğuşma Görülmemeyen Kesitlerde Bölgelere Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı

Gövde malzemesinde W sınıfı düşey delikli izotuğla kullanılması halinde 1. iklim bölgesinde duvar kesitlerinde yoğuşma görülmemektedir. Ancak 2. iklim bölgesinde cam yünü ve taş yünü kullanılan kesitlerde; 3. iklim bölgesinde cam yünü, taş yünü ve poliüretan kullanılan kesitlerde; 4. iklim bölgesinde ise XPS hariç tüm ısı yalıtım malzemelerinin kullanıldığı kesitlerde, kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir (Şekil 5.31).



Şekil 5.31: Ortadan Yalıtımlı Duvarlarda W Sınıfı Düşey Delikli İzotuğla Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Yoğuşma Görülmeyen Kesitlerde Bölgelere Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı

Gövde malzemesinde ince derzli özel yapıştırıcıyla uygulanan gaz beton kullanılması halinde 1. iklim bölgesinde duvar kesitlerinde yoğuşma görülmemektedir. Ancak 2. ve 3. iklim bölgesinde cam yünü ve taş yünü kullanılan kesitlerde; 4. İklim bölgesinde ise tüm ısı yalıtım malzemelerinin kullanıldığı kesitlerde, kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir (Şekil 5.32).



Şekil 5.32: Ortadan Yalıtımlı Duvarlarda İnce Derzli Özel Yapıştırıcılı Gaz Beton Gövde Malzemesi Kullanılması Halinde Yoğuşma Görülmeyen Kesitlerde Bölgelere Göre Gereken Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı

Elde edilen bu sonuçlara göre değerlendirildiğinde, aynı buhar difüzyon direncine sahip bir yalıtım malzemesinin 4 farklı iklim bölgesinde gösterdiği performansın aynı olmadığı, diğer malzemelerle bir araya gelişindeki uyumun ortam koşullarına bağlı olarak değişeceği ve aynı şekilde değerlendirilemeyeceği açıktır.

Ortadan yalıtımlı duvarlarda yoğuşma görülen kesitlerde hangi aylarda yoğuşma oluştuğunu gösteren liste EK E Çizelge 4'te listelenmiştir. 3. bölgedeki bir kesite ait yoğuşma grafikleri ise örnek oluşturması bakımından EK F Çizelge 4'te belirtilmiştir.

Kesit içinde, sadece bir ayda bile olsa, yoğuşma meydana gelirse ısı direnç her ne kadar sayısal olarak sağlanmış olursa olsun, zamanla nemliliğin etkisiyle ısı iletkenlik değerinde artış olacağından beklenen ısı performans sürekli bir şekilde elde edilemeyecek; bileşen bünyesinde küflenme, bozulma, çiçeklenme gibi fiziksel oluşumlar meydana gelmeye başlayacaktır.

6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Isı yalıtımı ile kış koşullarında ısı kayıplarının, yaz koşullarında ise ısı kazancının önlenmesi veya kontrol edilerek faydalı kazanç elde edilmesi hedeflenir. Dört mevsimin de yaşandığı bir coğrafyaya sahip olan ülkemizde, yeni tasarlanacak yapılar için genel geçer tek bir duvar yalıtım sisteminin varlığından söz etmek doğru değildir.

Bu durumda, her iklim bölgesi için en uygun malzeme birlikteliğinin ve katmanlaşma tipinin ne olduğuna karar vermek söz konusu olduğunda sistemi bir bütün halinde, mevcut koşulların varlığına bağlı olarak, ısı performansının yanı sıra yoğunlaşma, sağlık etkileri vb. diğer ölçütler açısından da değerlendirmek gerekmektedir.

Duvar yalıtım sistemlerinin malzeme katmanlaşmasına bağlı olarak genel bir değerlendirmesi yapıldığında her sistemin olumlu ve olumsuz özellikleri bir arada bulundukları gözlenir.

Dıştan uygulanan yalıtımlar olumlu ve olumsuz özellikleri ile incelendiğinde şu sonuçlar elde edilmektedir;

- Isı köprülerinin oluşmasına engel olacaktır.
- Yapı kütlelerinin yapı iç ısıtım kazançlarını depolamasına olanak sağlayacaktır.
- Isı yalıtım malzemesi dış ortam etkilerine maruz kalacağından durabilitesi olumsuz etkilenecektir.
- Yalıtım malzemesinin buhar difüzyon özelliği, sistem bütünüyle uyumlu olmak zorundadır. Kesit içinde buhar geçişinin sağlıklı bir şekilde gerçekleşmesi sağlanmalı; bunun mümkün olmadığı durumlarda, buhar basıncının yüksek olduğu ortam yüzeyinde mutlaka buhar kesici malzeme kullanılmalıdır.

Dıştan yalıtımlı duvarlar, yaz koşullarının hâkim olduğu bölgelerde uygulandığında en etkili çözümü vermektedir. Çünkü yapı kabuğu dış yüzeyde bulunan ısı yalıtım katmanı sayesinde aşırı ısınmamış böylece soğutma yükleri azaltılmış olacaktır[25].

İçten uygulanan yalıtımlar olumlu ve olumsuz özellikleri ile incelendiğinde şu sonuçlar elde edilmektedir;

- Yalıtım malzemesi dış ortam etkilerinden korunmuş olmakla birlikte bu kez yapı bileşenleri dış ortam etkilerine maruz kalacaktır.
- Yapı bileşenleri için genleşme ve büzülme kavramları gündeme gelecektir.
- Önlem alınmadığı takdirde ısı köprüleri oluşacaktır. Bu nedenle tüm boşluk ve girişler iyi bir şekilde kaplanmalıdır.
- Yapının kütlesinden elde edilecek potansiyel ısı kazancını minimize edecektir.
- Yangın dayanımı yüksek ve kullanıcı sağlığına zararı olmayan malzemeler kullanılmak zorundadır.
- Sonradan müdahale edilmesi söz konusu olduğunda diğer sistemlere göre daha avantajlıdır.

İçten yalıtımlı duvarlar, kış koşullarının hâkim olduğu bölgelerde uygulandığında en etkili çözümü vermektedir. Çünkü yapı kabuğu güneş ışınımından bir miktar kazanç elde edebilirken, iç yüzeyde bulunan ısı yalıtım katmanı sayesinde ısı ışınımının korunumuna bağlı olarak ısıtma yükleri azaltılmış olacaktır[25].

Ortadan uygulanan yalıtımlar olumlu ve olumsuz özellikleri ile incelendiğinde şu sonuçlar elde edilmektedir;

- Yapının taşıyıcı bileşenlerinin olduğu bölgelerde ısı köprüleri oluşacaktır.
- Buhar difüzyon direnci yüksek ısı yalıtım malzemelerinin kullanılması durumunda kesit içinde yoğuşma olacaktır.
- Isı köprüleri ve buhar difüzyon geçirgenliği konusunda önlemlerin alınması durumunda, hem yaz hem de kış koşullarında etkinliğini koruyan bir sistem olacaktır.

Ortadan yalıtımlı duvarlar hem kış hem de yaz koşullarının hâkim olduğu bölgelerde etkin bir şekilde uygulanabilir. Örneğin kış döneminde, duvarın dış gövdesi güneş ışınımından bir miktar kazanç elde edebilirken, ısı yalıtım katmanı ısı akımı oluşmasını engeller ve iç gövde bünyesinde mekânda elde edilen ısıyı muhafaza ederek ısıtma yüklerini azaltır. Yaz döneminde de bu durumun tersi görülmek suretiyle sistemin etkinliği geçerliliğini korumaktadır.

Bu çalışmada özellikle 1. iklim bölgesinde ısıl geçirgenlik direnci yüksek olan duvar gövde malzemelerinden W sınıfı düşey delikli izotuğla ve ince derzli özel yapıştırıcıyla uygulanan gaz beton malzemenin iç yüzeyde 5 cm hava tabakası ve kartonlu alçı levha ile birlikte kullanılması halinde gereken ısıl performansın kesit içinde yoğuşma meydana gelmeden makul gövde kalınlıkları ile sağlanabileceği (Çizelge 5.9, Çizelge 5.10); ayrıca bölüm 5.4'te belirtilen koşullar altında, Türkiye'de en çok kullanılan malzemelerle oluşturulan duvar kompozisyonlarının derece-gün bölgelerine göre yapılan değerlendirmelerinde, oluşturulan her ısı yalıtımlı kesitin gereken ısıl geçirgenlik direncini sağlayabildiği fakat bulunduğu iklim bölgesine ve yalıtım sistemine göre kesit içinde yoğuşma meydana gelebileceği (Çizelge 5.12, Çizelge 5.13, Çizelge 5.14) ortaya konmuştur.

Bu nedenle ısı yalıtımı yapılacak duvar bileşenlerinde hangi malzeme katmanlaşması ve malzemelerin kullanılması gerektiği konusunda ısı yalıtım malzemesinin sahip olduğu özelliklerin etkisini vurgulamak hedeflenmiştir.

Bu amaçla duvarlarda gövde malzemesinin 19 cm kalınlığında düşey delikli veya dolu tuğla / W sınıfı düşey delikli izotuğla / ince derzli özel yapıştırıcıyla uygulanan gaz beton olması ve ısı yalıtım malzemelerinin dıştan, ortadan ve içten olmak üzere üç yalıtım sistemiyle kurgulanması sonucunda her bölge için gereken malzeme kalınlıkları hesaplanmış ve yoğuşma oluşup oluşmadığı konusunda birtakım sonuçlar elde edilmiştir.

- İklim bölgelerindeki hâkim mevsim koşullarına göre değerlendirildiğinde, 1. iklim bölgesinin “sıcak” olarak nitelendirildiği ve yaz koşullarının hâkim olduğu düşünüldüğünde önerilen yalıtım sistemi dıştan yapılan yalıtımdır. Bu iklim bölgesinde dıştan belirtilen kalınlıklarda cam yünü, taş yünü, genişletilmiş polistiren, ekstrude polistiren ve poliüretan her üç gövde malzemesiyle kullanıldığında da yoğuşma meydana gelmemektedir. Ekolojik performansının daha yüksek oluşu nedeniyle cam yünü ve taş yünü malzemelerin kullanılmaları önerilmektedir. Ancak dıştan yalıtımlı sistemlerde özellikle su etkisinden korunmaları için bu malzemelerin bir sistemle korunmaları veya yüzeyi kaplı malzeme çeşitlerinin kullanılması gerekmektedir.

- İklim bölgelerindeki hâkim mevsim koşullarına göre değerlendirildiğinde, 2. iklim bölgesinin “ılık” olarak nitelendirildiği ve yaz-kış koşullarının eşit şekilde hâkim

olduğu düşünöldüğünde önerilen yalıtım sistemi ortadan yapılan yalıtımdır. 2. iklim bölgesinde ortadan yalıtımlı sistemde belirtilen kalınlıklarda cam yünü ve taş yünü her üç gövde malzemesiyle; belirtilen kalınlıkta poliüretan düşey delikli veya dolu tuğla gövde malzemesiyle kullanıldığında kesit içinde yoğuşma meydana gelmektedir. Ekolojik performansının daha yüksek oluşu nedeniyle cam yünü ve taş yünü malzemelerin kullanılmaları önerilmektedir ancak yoğuşma oluşmaması için mutlaka buhar kesici malzeme ile birlikte kullanılması ve zamanla yerleşme özelliklerinden dolayı özel ankraj sistemleriyle monte edilmeleri gerekmektedir.

- İklim bölgelerindeki hâkim mevsim koşullarına göre değeriendirildiğinde, 3. iklim bölgesinin “soğuk” olarak nitelendirildiği ve kış koşullarının hâkim olduğu düşünöldüğünde önerilen yalıtım sistemi içten yapılan yalıtımdır. 3. iklim bölgesinde içten yalıtımlı sistemde belirtilen kalınlıklarda cam yünü, taş yünü ve poliüretan her üç gövde malzemesiyle; belirtilen kalınlıkta genleştirilmiş polistiren düşey delikli veya dolu tuğla gövde malzemesiyle kullanıldığında kesit içinde yoğuşma meydana gelmektedir. Ekolojik performansının daha yüksek oluşu nedeniyle cam yünü ve taş yünü malzemelerin kullanılmaları önerilmektedir ancak yoğuşma oluşmaması için mutlaka buhar kesici malzeme ile birlikte kullanılması ve malzemenin iç yüzeyde yer alması nedeniyle ile iç hava koşullarının malzemelerin lifli yapılarından etkilememesi ve kullanıcıların solunması sağlık problemlerine yol açacak lif saçılmalarından korunması için iç mekândan bir sistemle ayrılması veya yüzeyi kaplı malzeme çeşitlerinin kullanılması gerekmektedir.

- İklim bölgelerindeki hâkim mevsim koşullarına göre değeriendirildiğinde, 4. iklim bölgesinin “çok soğuk” olarak nitelendirildiği ve kış koşullarının fazlasıyla hâkim olduğu düşünöldüğünde önerilen yalıtım sistemi içten yapılan yalıtımdır. 4. iklim bölgesinde içten yalıtımlı sistemlerde sadece ekstrude polistiren W sınıfı düşey delikli izotuğla gövde malzemesiyle kullanıldığında yoğuşma meydana gelmemektedir. Ekolojik performansının daha yüksek oluşu nedeniyle cam yünü ve taş yünü malzemelerin kullanılmaları önerilmektedir ancak yoğuşma oluşmaması için mutlaka buhar kesici malzeme ile birlikte kullanılması ve malzemenin iç yüzeyde yer alması nedeniyle ile iç hava koşullarının malzemelerin lifli yapılarından etkilememesi ve kullanıcıların solunması sağlık problemlerine yol açacak lif saçılmalarından korunması için iç mekândan bir sistemle ayrılması veya yüzeyi kaplı malzeme çeşitlerinin kullanılması gerekmektedir.

Bir yapıda ısı korunumu hangi sistemle ve ısı yalıtım malzemesiyle sağlanırsa sağlansın, tek başına malzemenin sahip olduğu fiziksel özelliklerin değerlendirilmesi sadece yapı fiziği açısından uygun koşulların elde edilmesine yardımcı olacaktır. Oysaki bir yapıda kullanılan tüm malzemeler gibi ısı yalıtım malzemeleri de çevre ve kullanıcı sağlığının devamlılığında büyük role sahiptirler ve malzeme seçimi yapılırken genellikle bu özellikleri göz ardı edilmektedir.

Özellikle iç yüzeyden uygulandıklarında polimer esaslı ısı yalıtım malzemelerinin yangın sırasında gösterdikleri yoğun duman ve zehirli gaz açığa çıkarma niteliklerinden ötürü tehlikeli olabilmektedirler. Bu nedenle iç yüzeyden uygulandıklarında yangın halinde sağlık tehdidi oluşturduğundan; dış yüzeyden uygulandıklarında güneşin mor ötesi ışınları gibi dış çevre koşullarına karşı dayanıksız olduklarından; buhar difüzyon geçirgenlik dirençlerinin yüksek olması nedeniyle kesit içinde yoğuşma görülebileceğinden dolayı gerekli konstrüktif önlemler alınmalıdır.

Yangına dayanıklı cam yünü ve taş yünü malzemelerle yapılan uygulamalarda ise zamanla dağılabilen liflerin solunması kullanıcı açısından büyük sağlık sorunları oluşturabileceğinden iç yüzeyden uygulandıklarında bir yüzü kaplı olan malzemelerin kullanılmaları veya alçı duvar levhası gibi özel konstrüksiyonların altında kullanılmaları; bünyelerine su alabilir özelliklerinden dolayı zamanla ısı yalıtım niteliklerinin azalması söz konusu olacağından dış yüzeyden uygulandıklarında dış ortam koşullarından iyi korunmaları; zamanla yerleşme özelliği göstermelerinden dolayı ortadan yalıtımlı duvar boşluklarında özel sabitleyici ankraj sistemleriyle kullanılmaları gerekmektedir.

Yapının karşılaması gereken beklentiler doğrultusunda hâkim iklim koşulları bir arada değerlendirilmeli, mümkünse sığal ve yansıtıcı yalıtımın uygulanmasına yönelik konstrüktif önlemlerle ısı korunumu sağlanmalı, ısı yalıtımı denildiğinde akla sadece kış ısı korunumu gelmemelidir. Yaz veya kış ısı korunumunun konstrüktif önlemlerle sağlanamadığı durumlarda ise ısı yalıtımının hangi sistem ve malzemelerle kurgulanması gerektiğine doğru karar verilmesi; bunun için de malzeme özelliklerinin sadece ısıl performans bakımından değil içinde bulunduğu bileşen sistemi ve yapı bütünü ile ve ekolojik özellikleriyle birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir.

Dış yüzeyden uygulanan ısı yalıtımının çoğunlukla yaz koşullarının hüküm sürdüğü iklim bölgelerinde etkin olduğu ve yapı dış yüzeyinde yalıtım kalkanının devamlılığını sağlayarak ısı köpülerinin oluşmasını engelleyeceği göz önünde bulundurulmalıdır. İç yüzeyden uygulanan ısı yalıtımının çoğunlukla kış koşullarının hüküm sürdüğü iklim bölgelerinde etkin olduğu ve yapı ısıtma sistemi devredeyken ısınmayı zorlaştıracığı unutulmamalı; kısa süreli kullanılan ve sürekli ısıtılmayan mekânlarda kesinlikle uygulanmamalıdır. Ortadan yalıtımın hem yaz hem de kış koşullarının hüküm sürdüğü iklim bölgelerinde etkin olduğu ancak gerekli önlemler alınmadığı takdirde ısı köprüleri oluşabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Yapı bileşeninde maksimum 5 cm kalınlıkta bırakılacak hava boşlukları içinde ısı ışımasını gerçekleştirecek yüzeye yönlendirilmiş yansıtıcı yalıtım malzemesinin kullanılması durumunda sıcak ortamda gerçekleştirecek ısı ışımasına bağlı ısı korunumunun %95 daha fazla olacağı unutulmamalıdır[25]. Yapı kabuğunun saydam bileşenleri olan pencerelerin TS 825 Ocak 2009 revizyonuyla gereken ısı direnç değerlerini sağlamaları zorunlu hale getirildiğinden, bütçenin elverdiği durumlarda kaplamalı Low-e cam sistemleriyle, elvermediği durumlarda ise hava tabakalı yalıtımlı cam sistemleriyle kurgulanması gerekmektedir.

Ayrıca bu çalışma, aynı ısı yalıtım malzemesinin kullanılması gereken minimum kalınlığının farklı iklim bölgeleri ve duvar katmanlaşmalarına göre değişkenlik gösterdiğini, dolayısıyla yaygın biçimde polistiren malzemelerle mantolama şeklinde uygulanan ısı yalıtım sistemlerinin her derece-gün bölgesinde ve her yapı konstrüksiyonunda aynı şekilde uygulanmaması gerektiğini vurgular niteliktedir. Örneğin; 2_{D-4} detayının gerektirdiği minimum ekstrude polistiren malzeme kalınlığı 3,4 cm (EK B Çizelge 2) iken 4_{D-4} detayının gerektirdiği minimum ekstrude polistiren malzeme kalınlığı 5,9 cm'dir (EK D Çizelge 2). Bu durumda her iki bölge için de 5 cm kalınlığında polistiren sert köpük kullanımının 2. bölgede gerekenden fazla, 4. bölgede ise gerekenden az olacağı, dolayısıyla ülke ekonomisini, yapı ve kullanıcı sağlığını zarara sokabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Sonuç olarak bu çalışma, ısı yalıtım malzemelerinin özelliklerinin uygulamaya etkilerini yapı fiziği ve ekolojik etkiler açısından incelemekte olup; ileride yapılacak çalışmalarda konunun ekonomiklik ve uygulanabilirlik bakımından araştırılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] **Esin, T.**, Sıcak Bölgelerdeki Yapılarda Soğutma Yükünü Azaltmaya Yönelik Enerji Etkin Yöntemler – Isı Yalıtımı, İzolasyon Dünyası, sayı **58**, s:69.
- [2] **TS 825**, Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Yönetmeliği, Tadil 1, 2009.
- [3] **İzoder TS 825 Hesap Programı**
- [4] **Türkiye’de Enerji ve Geleceği İTÜ Görüşü Raporu**, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2007.
- [5] **Atılğan, İ.**, Türkiye’nin Enerji Potansiyeline Bakış, Ankara, 2000.
- [6] **Koçlar Oral, G.**, Binalarda Isı Yalıtımı ve Enerji Verimliliği, İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- [7] **International Energy Agency**, 18.10.2008.
<http://www.iea.org/>
- [8] **Berköz, E., Küçükdoğu, M. Ş., vd.**, Enerji Etkin Konut ve Yerleşme Tasarımı, Tübitak, INTAG 201, 1995.
- [9] **Çakmanus, İ.**, Enerji Verimli Bina Tasarım Yaklaşımı, Tesisat Mühendisliği Dergisi, sayı:84, s:20-27, 2004.
- [10] **Küçükdoğu, M. Ş.**, Mühendislik ve Mimarlıkta Enerji Etkin Tasarım İlkeleri, İstanbul Kültür Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- [11] **Wigginton, M., Harris, J.**, Intelligent Skins, Butterworth-Heinemann, Oxford, 2002.
- [12] **Bayraktar, M., Yılmaz, Z.**, Bina Enerji Tasarrufunda Pasif Akıllılığın Önemi, VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Teknolojik Araştırma Bildirisi.
- [13] **Environmental Engineering Science**, 1-16293 Class Notes: Climate and Buildings, <http://www.esru.strath.ac.uk/Courseware/Class-16293/17>
- [14] **Passive Solar Estate Layout**, Online Source, DOE Energy Efficiency Best Practise Programme.
- [15] **GIR 27 Passive Solar Energy**, Breesch, H., Bossaer, A., and Janssens, A., Passive Cooling in a Lowenergy Office Building, 24th AIVC Conference, Washington DC, USA, October 12-14, 2003.
- [16] **Lechner, N.**, Heating, Cooling, Lighting Design Methods for Architects, John Wiley & Sons, Canada, 1991.
- [17] **Yılmaz, A. Z.**, Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji, TESKON Konferansı, İzmir, 2005.
- [18] **Naidj, J. S.**, A Comparative Study of Passive Solar Building Simulation Using Hot2000, TRNSYS14, NETSPEC, M. Sc. Thesis, Trent University, Peterborough, Ontario, 1998.

- [19] **Whole Building Design Guide**, Greening Federal Facilities
An Energy, Environmental, And Economic Resource Guide For Federal Facility
Managers And Designers
<http://www.wbdg.org/ccb/DOE/TECH/green.pdf>
- [20] **Yılmaz, Z., Koçlar Oral, G., Manioğlu, G.**, Isıtma Enerjisi Tasarrufu
Açısından Bina Kabuğu Isı Yalıtım Değerinin Bina Formuna Bağlı Olarak
Belirlenmesi, İTÜ Araştırma Fonu, Proje No: 985, İstanbul, 2000.
- [21] **Koçlar Oral, G., Altun, C.**, Binalarda Isıtma Enerjisi Korunumunda Isı
Yalıtımı ve Nem Kontrolü, İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi,
İstanbul.
- [22] **Scheuer, C., Gregory, A., Reppe, P.**, “Life Cycle Energy and Environmental
Performance of a new University Building: Modeling Challenges and Design
Implications”, Energy and Building, Volume 35, 2003.
- [23] **Adalberth, K.**, “Energy Use in Four Multi-Family Houses During Their Life
Cycle”, International Journal of Law and Sustainable Building, volume: 1, 1999.
- [24] **DOE/CE -0180, The US Department of Energy**, Insulation Fact Sheet with
Addendum on Moisture Control, USA, 2002.
- [25] **Dilmaç, Ş., Kesen, N.**, “A Comparison of New Turkish Thermal Insulation
Standard (TS825), ISO9164, EN832 and German Regulation”, Energy and Building,
Volume 35, 2003.
- [26] **Ekinci, C., E.**, Yalıtım Teknikleri, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul, 2003.
- [27] **Al-Homoud, M. S.**, “Performance Characteristics and Practical Applications of
Common Building Thermal Insulation Materials”, Building and Environment,
volume: 40, 2005.
- [28] **Altınışık, K.**, Isı Yalıtımı, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 2006.
- [29] **Insulation for Sustainability-a Guide**, xCO2 Conisbee LTD. Consulting Engineers,
London, February 2002.
- [30] **Toydemir, N., Gürdal, E., Tanaçan, L.**, Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme,
Literatür Yayınevi, İstanbul, 2004.
- [31] **Cowan, H. J.**, Handbook of Architectural Technology, Van Nostrand
Reinhold/co Wiley, 1991.
- [32] **Hausner, R.**, 1996. Transparent Insulation and Areas of Application, Society
for Renewable Energy, Austria,
<http://www.aee.at/verz/english/tin.html>
- [33] **Peuportier, B.**, 1993. Transparent Insulation for Solar and Green Buildings,
Centre for Energy Studies, Paris,
<http://cenerg.ensmp.fr/english/themes/cycle/html/16.html>
- [34] **Advanced Glazings and Transparent Insulation**, Education of Architects in
Solar Energy and Environment, Section 3.1.,
http://www-cenerg.ensmp.fr/ease/tech_main.html
- [35] **Nash, G. D., A.R.I.B.A., T. P. DIP.**, The Thermal Insulation of Buildings
Design Data and How to Use Them, London Her Majesty’s Stationery Office, 1955.

- [36] **Diamant, R. M. E.**, Insulation of Buildings: Thermal and Acoustic, London Iliffe Books Ltd., 1965.
- [37] **Onaran, K.**, Malzeme Bilimi, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul, 1993.
- [38] **Riba, A. E.**, Mitchell's Building Series: Materials, Fifth Edition, Longman, 1996.
- [39] **Gürdal, E.**, Isı İletkenlik Katsayısının Malzeme Özellikleri ile İlişkileri, Yapı, sayı:80, s:44-45-46, 1998.
- [40] **Bhattacharjee, B., Asce, M., Krishnamoorthy, S.**, "Permeable Porosity and Thermal Conductivity of Construction Materials", Journal of Materials in Civil Engineering, July-August, 2004.
- [41] **XPS Üreticileri Derneği**, Türkiye, 2009.
<http://www.xpsturkiye.org/xpsnedir.html>
- [42] **Gürdal, E.**, Yalıtım Malzemelerinin Yangın Güvenliğine Etkisi, Yapı Dergisi, sayı:79, s:47-49, 1998.
- [43] **Kocataşkın, F.**, Yapı Malzemesinin Yangın Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi, sayı:79, s:44-46, 1998.
- [44] **Givoni, B.**, Man, Climate and Architecture, Elsevier Publishing Company Limited, Amsterdam, 1969.
- [45] **Strother, E. F., Turner, W. C.**, Thermal Insulation Building Guide, Robert E. Krieger Publishing Company, Florida, 1990.
- [46] **İlgaz, T.**, Yapı Düşey Kabuklarının Isı Etkilerinden Korunması, s:20,23,29,30, 1979.
- [47] **İlgaz, T.**, Isısal ve Nemsal Olaylarla İlgili Koşullar Açısından Sızdırmaz Örtümlü Dam Yapılar Üzerine Bir Araştırma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 1969.
- [48] **Neğiş, T.**, "Binalarda Isı Tecridi ve Isı Yalıtım Malzemeleri", İnşaat Dergisi, sayı: 3, s:20,23, 1988.
- [49] **Hornbostel, C.**, Materials for Architecture, Reinhold Publishing Corporation, New York, p:243,274, 1961.
- [50] **Crone, T.**, Architectural Construction, Second Edition, Wiley, New York, p:177,178 1956.
- [51] **Papadopoulos, A. M.**, "State of the Art in Thermal Insulation Materials and Aims for Future Developments", Energy and Buildings, volume: 37, p:79, 2005.
- [52] **Seeley, I. H.**, Building Technology, Third Edition, Macmillan Education Ltd., London, p:133, 1986.
- [53] **ISO 14025:2006**, Environmental Labels and Declarations, Type III Environmental Declarations-Principles and Procedures.
- [54] **Woolley, T., Kimmins, S., Harrison, P., Harrison, R.**, Green Building Handbook, E & FN Spon, 1997.
- [55] **Brown, W. C., Ruberg, K.**, "Window Performance Factors" BSI-88-2
http://www.nrc.ca/irc/bsi/88-2_E.html

- [56] **Sasaki, J. R.**, CBD-129 “Potential for Thermal Breakage of Sealed Double-Glazing Units” Canadian Building Digest
<http://irc-cnrc.gc.ca/cbd/cbd129e.html>
- [57] **“Technologies and Techniques” Bioclimatic Design**, University of Sheffield, 1999. <http://www.shef.ac.uk/uni/academic/A-C/archst/eei/infopack/tech.html>
- [58] **Güreren, H.**, “Isı Yalıtımı ve Düzcam”, III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu Bildirisi, Mersin, 2005.
- [59] **Thorsen, R. S.**, “Description of Transparent Insulation”
<http://www.fis.edu/gr10/grade10/gr10proj98/Bazmodel/essay2.htm>
- [60] **Akyürek, Y.**, “Yetenekli Camlar ve Akıllı Çözümler”, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerji Tasarruf Koordinasyon Kurulu, Ulusal Enerji verimliliği Kongresi, 1999.
- [61] **Masutka, T.**, Solar Energy Transmittance of Transparent Insulations, CVUT STC, Prague, 2000.
<http://www.fsid.cvut.cz/ascii/en/U216/matuska.htm>
- [62] **Marko, A., Braun, P.O.**, “Thermal Use Of Solar Energy In Buildings” Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, Volume: **41-80**, p:113-178
- [63] **Elmahdy, A. H., Comick, S. M.**, “New Technology in the Window Industry” BSI-88-5
http://www.nrc.ca/irc/bsi/88-5_E.html
- [64] **Dilmaç, Ş., Tepehan, F., Eğrican, N.**, “Saydam Yalıtım Malzemelerinin Enerji Tasarrufuna Katkıları” 21. yüzyılda Enerji Korunumu Sempozyumu, İstanbul, 1994.
- [65] **H.Suehrcke, H., Idehög, D. D., Harris, J. A., Lowe, R.W.**, Heat transfer across corrugate sheets and honeycomb transparent insulation, Solar Energy, volume 76, 2003.
- [66] **“Highly efficient, lightweight, and transparent insulating materials” Aerogel for Thermal Insulation**, Lawrence Livermore National Laboratory, Berkeley University.
- [67] **“Technologies and Techniques” Bioclimatic Design**, University of Sheffield, 1999. <http://www.shef.ac.uk/uni/academic/A-C/archst/eei/infopack/tech.html>
- [68] **Hunt, A., Ayers, M.**, A Brief History of Silica Aerogels, Ernest Orlando Lawrence, Berkeley National Laboratory
- [69] **Pasupathy, A., Velraj, R., Seeniraj, R. V.**, “Phase Change Material-based Building Architecture for Thermal Management in Residential and Commercial Establishments”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 12, 2008.
- [70] **Understanding and Using Reflective Insulation, Radiant Barriers and Radiation Control Coatings Handbook**, RIBA (Reflective Insulation Manufacturers Association International), May 2002.
- [71] **Johnson, T. E.**, Low-e Glazing Design Guide, Butterworth - Heinemann, 1991.
- [72] **Gordon, R., Non, J.**, Cryst.Solids 218, p:81-91, 1997.
- [73] **Pfrommer, P., Lomas, K. J., Seale, C., Kupke, C.**, “The Radiation Transfer through Coated and Thinned Glazing”, Solar Energy, Volume 54, Issue 5, p:287-299, 1995.

- [74] **Granqvist, C. G., Al, J.**, Non-Cryst.Solids 218, 273-279, 1997.
- [75] **Kulaksızoğlu, Z.**, “Isı Yalıtım Sektör Araştırması”, Eylül 2006.
- [76] **TS 901-1 EN 13162, 2005.** Isı Yalıtım Mamulleri –Binalarda Kullanılan– Fabrika Yapımı Mineral Yün (MW) Mamuller - Özellikler
- [77] **TS 7316 EN 13163, 2003.** Isı Yalıtım Mamulleri –Binalar İçin– Fabrikasyon Olarak İmal Edilen – Genleştirilmiş Polistiren Köpük - Özellikler
- [78] **TS 11989 EN 13164, 2003.** Isı Yalıtım Mamulleri –Binalar İçin– Ekstrüzyonla Olarak İmal Edilen Polistiren Köpük (XPS) - Özellikler
- [79] **TS EN 13165, 2004.** Isı Yalıtım Mamulleri –Binalar İçin– Fabrikasyon Olarak İmal Edilen Sert Poliüretan Köpük (PUR) - Özellikler
- [80] **TS EN 12667, 2003.** Yapı Malzemeleri Ve Mamullerinin Isıl Performansı- Mahfazalı Sıcak Plaka Ve Isı Akış Sayacı Metotlarıyla Isıl Direncin Tayini-Yüksek Ve Orta Isıl Dirençli Mamuller
- [81] **TS 415 EN 12939, 2005.** Yapı Malzemelerinin Ve Mamullerinin Isıl Performansı-Mahfazalı Sıcak Plâka Cihazı Ve Isı Akış Sayacı Metotları İle Isıl Direncin Tayini-Yüksek Ve Orta Isıl Dirençli Kalın Mamuller
- [82] **TS EN 1602, 1998.** Isı Yalıtım Malzemeleri-Binalar İçin-Görünür Yoğunluk Tayini
- [83] **TS EN 1604, 2007.** Isı Yalıtım Malzemeleri-Binalar İçin-Belirli Sıcaklık ve Nem Şartları Altında Boyut Kararlılığının Tayini
- [84] **TS EN 1607, 2007.** Isı Yalıtım Malzemeleri-Binalar İçin-Yüzeylere Dik Çekme Dayanımının Tayini
- [85] **TS EN 1608, 2001.** Isı Yalıtım Malzemeleri - Binalar İçin - Yüzeylere Paralel Çekme Mukavemetinin Tayini
- [86] **TS EN 826, 1998.** Isı Yalıtım Malzemeleri - Binalar İçin - Basınç Dayanımının Tayini
- [87] **TS EN 13501-1, 2007.** Yapı Mamulleri ve Yapı Elemanları, Yangın Sınıflandırması Bölüm 1: Yangın Karşısındaki Davranış Deneylerinden Elde Edilen Veriler Kullanılarak Sınıflandırma
- [88] **TS EN 1609, 2001.** Isı Yalıtım Malzemeleri - Binalar İçin - Kısmi Daldırma İle Kısa Süreli Su Absorpsiyonunun Tayini
- [89] **TS EN 12087, 2002.** Isı Yalıtım Malzemeleri - Binalar İçin- Daldırma Metoduyla Uzun Süreli Su Absorpsiyonunun Tayini
- [90] **TS EN 12086, 2002.** Isı Yalıtım Malzemeleri - Isı Yalıtım Malzemeleri - Binalar İçin - Su Buharı Geçirgenlik Özelliklerinin Tayini
- [91] **Özkan, E., Tavil, A., Şahal, N.**, “Konutlarda Yapı Dış Kabuğunun Enerji Etkin Yenilenerek Geliştirilmesi”, Mevcut Binalarda Isı Yalıtım Semineri, Şubat 1997.
- [92] **Victoria University of Wellington**, 24.01.2009.
<http://www.victoria.ac.nz/cbpr/documents/pdfs/ee-coefficients.pdf>
- [93] **National Green Specification**, “Insulation Materials Compared” , 24.01.2009.
<http://www.greenspec.co.uk/html/materials/insulation.html>

EKLER

EK A Çizelge 1: Derece-Gün Bölgesi 1 - Yalın Duvar

1. Bölge Yalın Duvar Tipi (iç yüzeyden dış yüzeye doğru)		Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)	Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Katsayısı λ_h (W/mK)	d / λ değeri (m ² K/W)	1 / Λ değeri (W/m ² K) ≥ 1.26
Bütün hesaplarda $1/\alpha_i=0,13$ (m ² K/W) ve $1/\alpha_d=0,04$ (m ² K/W) alınmıştır.						
1 _{Y-1}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,273
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,710	0,580	1,224	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{Y-2}	Kartonlu Alçı Levha	800	0,018	0,250	0,072	1,269
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,580	0,580	1,000	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{Y-3*}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,266
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,550	0,580	0,948	
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	
1 _{Y-4*}	Kartonlu Alçı Levha	800	0,018	0,250	0,072	1,265
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,420	0,580	0,724	
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	
1 _{Y-5}	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	1,269
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,400	0,580	0,689	
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	
1 _{Y-6}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,296
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,300	0,240	1,250	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{Y-7}	Kartonlu Alçı Levha	800	0,018	0,250	0,072	1,269
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,240	0,240	1,000	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{Y-8*}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,276
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,230	0,240	0,958	
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	

(*) Kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir (bkz. EK E Çizelge 1).

EK A Çizelge 1 (Devam): Derece-Gün Bölgesi 1 - Yalın Duvar

1. Bölge Yalın Duvar Tipi (iç yüzeyden dış yüzeye doğru)		Birim Hacim Ağırlığı (kg/m³)	Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Katsayısı λ_p (W/mK)	d / λ değeri (m²K/W)	1 / Λ değeri (W/m²K) ≥ 1.26
Bütün hesaplarda 1/ α_i =0,13 (m²K/W) ve 1/ α_d =0,04 (m²K/W) alınmıştır.						
1 _{Y-9} *	Kartonlu Alçı Levha	800	0,018	0,250	0,072	1,291
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,180	0,240	0,750	
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	
1 _{Y-10}	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	1,288
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,170	0,240	0,708	
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	
1 _{Y-11}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,268
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,240	0,190	1,263	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{Y-12}	Kartonlu Alçı Levha	800	0,018	0,250	0,072	1,269
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{Y-13} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,265
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,180	0,190	0,947	
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	
1 _{Y-14} *	Kartonlu Alçı Levha	800	0,018	0,250	0,072	1,277
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,140	0,190	0,736	
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	
1 _{Y-15}	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	1,264
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,130	0,190	0,684	
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	

(*) Kesit içinde yoğunlaşma meydana gelmiştir (bkz. EK E Çizelge 1).

EK A Çizelge 2: Derece-Gün Bölgesi 1 – Dıştan Yalıtımlı Duvar

1. Bölge Dıştan Yalıtımlı Duvar Tipi (iç yüzeyden dış yüzeye doğru)		Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)	Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Katsayısı λ_h (W/mK)	d / λ değeri (m ² K/W)	1 / Λ değeri (W/m ² K) ≥ 1.26
Bütün hesaplarda $1/\alpha_i=0,13$ (m ² K/W) ve $1/\alpha_d=0,04$ (m ² K/W) alınmıştır.						
1 _{D-1}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,273
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,190	0,580	0,327	
	Cam Yünü	8 - 500	0,036	0,040	0,900	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{D-2}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,273
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,190	0,580	0,327	
	Taş Yünü	8 - 500	0,036	0,040	0,900	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{D-3}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,287
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,190	0,580	0,327	
	Polistiren Partiküler Köpük - EPS	20	0,032	0,035	0,914	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{D-4}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,273
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,190	0,580	0,327	
	Polistiren Sert Köpük - XPS	>25	0,027	0,030	0,900	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{D-5}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,293
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,190	0,580	0,327	
	Poliüretan Köpük	>30	0,023	0,025	0,920	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{D-6}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,262
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,190	0,240	0,791	
	Cam Yünü	8 - 500	0,017	0,040	0,425	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{D-7}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,262
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,190	0,240	0,791	
	Taş Yünü	8 - 500	0,017	0,040	0,425	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{D-8}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,265
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,190	0,240	0,791	
	Polistiren Partiküler Köpük - EPS	20	0,015	0,035	0,428	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{D-9}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,270
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,190	0,240	0,791	
	Polistiren Sert Köpük - XPS	>25	0,013	0,030	0,433	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	

EK A Çizelge 2 (Devam): Derece-Gün Bölgesi 1 – Dıştan Yalıtımlı Duvar

1. Bölge Dıştan Yalıtımlı Duvar Tipi (iç yüzeyden dış yüzeye doğru)		Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)	Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Katsayısı λ_p (W/mK)	d / λ değeri (m ² K/W)	1 / Λ değeri (W/m ² K) ≥ 1.26
Bütün hesaplarda $1/\alpha_i=0,13$ (m ² K/W) ve $1/\alpha_d=0,04$ (m ² K/W) alınmıştır.						
1 _{D-10}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,277
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,190	0,240	0,791	
	Poliüretan Köpük	>30	0,011	0,025	0,440	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{D-11}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,271
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Cam Yünü	8 - 500	0,009	0,040	0,225	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{D-12}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,271
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Taş Yünü	8 - 500	0,009	0,040	0,225	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{D-13}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,274
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Polistiren Partiküler Köpük - EPS	20	0,008	0,035	0,228	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{D-14}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,279
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Polistiren Sert Köpük - XPS	>25	0,007	0,030	0,233	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{D-15}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,286
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Poliüretan Köpük	>30	0,006	0,025	0,240	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	

EK A Çizelge 3: Derece-Gün Bölgesi 1 – İçten Yalıtımlı Duvar

1. Bölge İçten Yalıtımlı Duvar Tipi (iç yüzeyden dış yüzeye doğru)		Birim Hacim Ağırlığı (kg/m³)	Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Katsayısı λ_h (W/mK)	d / λ değeri (m²K/W)	1 / Λ değeri (W/m²K) ≥ 1.26
Bütün hesaplarda $1/\alpha_i=0,13$ (m²K/W) ve $1/\alpha_d=0,04$ (m²K/W) alınmıştır.						
1 _{i-1} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,273
	Cam Yünü	8 - 500	0,036	0,040	0,900	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,190	0,580	0,327	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{i-2} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,273
	Taş Yünü	8 - 500	0,036	0,040	0,900	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,190	0,580	0,327	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{i-3}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,287
	Polistiren Partiküler Köpük - EPS	20	0,032	0,035	0,914	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,190	0,580	0,327	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{i-4}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,273
	Polistiren Sert Köpük - XPS	>25	0,027	0,030	0,900	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,190	0,580	0,327	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{i-5}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,293
	Poliüretan Köpük	>30	0,023	0,025	0,920	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,190	0,580	0,327	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{i-6}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,262
	Cam Yünü	8 - 500	0,017	0,040	0,425	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,190	0,240	0,791	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{i-7}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,262
	Taş Yünü	8 - 500	0,017	0,040	0,425	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,190	0,240	0,791	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{i-8}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,265
	Polistiren Partiküler Köpük - EPS	20	0,015	0,035	0,428	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,190	0,240	0,791	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{i-9}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,270
	Polistiren Sert Köpük - XPS	>25	0,013	0,030	0,433	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,190	0,240	0,791	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	

(*) Kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir (bkz. EK E Çizelge 3).

EK A Çizelge 3 (Devam): Derece-Gün Bölgesi 1 – İçten Yalıtımlı Duvar

1. Bölge İçten Yalıtımlı Duvar Tipi (iç yüzeyden dış yüzeye doğru)		Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)	Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Katsayısı λ_p (W/mK)	d / λ değeri (m ² K/W)	1 / Λ değeri (W/m ² K) ≥ 1.26
Bütün hesaplarda $1/\alpha_i=0,13$ (m ² K/W) ve $1/\alpha_d=0,04$ (m ² K/W) alınmıştır.						
1 _{i-10}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,277
	Poliüretan Köpük	>30	0,011	0,025	0,440	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,190	0,240	0,791	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{i-11}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,271
	Cam Yünü	8 - 500	0,009	0,040	0,225	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{i-12}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,271
	Taş Yünü	8 - 500	0,009	0,040	0,225	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{i-13}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,274
	Polistiren Partiküler Köpük - EPS	20	0,008	0,035	0,228	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{i-14}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,279
	Polistiren Sert Köpük - XPS	>25	0,007	0,030	0,233	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{i-15}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,286
	Poliüretan Köpük	>30	0,006	0,025	0,240	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	

EK A Çizelge 4: Derece-Gün Bölgesi 1 – Ortadan Yalıtımlı Duvar

1. Bölge Ortadan Yalıtımlı Duvar Tipi (iç yüzeyden dış yüzeye doğru)		Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)	Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Katsayısı λ_h (W/mK)	d / λ değeri (m ² K/W)	1 / Λ değeri (W/m ² K) ≥ 1.26
Bütün hesaplarda $1/\alpha_i=0,13$ (m ² K/W) ve $1/\alpha_d=0,04$ (m ² K/W) alınmıştır.						
1 _{O-1}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,274
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,135	0,580	0,232	
	Cam Yünü	8 - 500	0,034	0,040	0,850	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,085	0,580	0,146	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{O-2}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,274
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,135	0,580	0,232	
	Taş Yünü	8 - 500	0,034	0,040	0,850	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,085	0,580	0,146	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{O-3}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,281
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,135	0,580	0,232	
	Polistiren Partiküler Köpük - EPS	20	0,030	0,035	0,857	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,085	0,580	0,146	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{O-4}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,290
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,135	0,580	0,232	
	Polistiren Sert Köpük - XPS	>25	0,026	0,030	0,866	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,085	0,580	0,146	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{O-5}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,264
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,135	0,580	0,232	
	Poliüretan Köpük	>30	0,021	0,025	0,840	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,085	0,580	0,146	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{O-6}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,262
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,135	0,240	0,562	
	Cam Yünü	8 - 500	0,012	0,040	0,300	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,085	0,240	0,354	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{O-7}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,262
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,135	0,240	0,562	
	Taş Yünü	8 - 500	0,012	0,040	0,300	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,085	0,240	0,354	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	

EK A Çizelge 4 (Devam): Derece-Gün Bölgesi 1 – Ortadan Yalıtımlı Duvar

1. Bölge Ortadan Yalıtımlı Duvar Tipi (iç yüzeyden dış yüzeye doğru)		Birim Hacim Ağırlığı (kg/m³)	Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Katsayısı λ_p (W/mK)	d / λ değeri (m²K/W)	1 / Λ değeri (W/m²K) ≥ 1.26
Bütün hesaplarda 1/ α_i =0,13 (m²K/W) ve 1/ α_d =0,04 (m²K/W) alınmıştır.						
1 _{O-8}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,276
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,135	0,240	0,562	
	Polistiren Partiküler Köpük - EPS	20	0,011	0,035	0,314	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,085	0,240	0,354	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{O-9}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,262
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,135	0,240	0,562	
	Polistiren Sert Köpük - XPS	>25	0,009	0,030	0,300	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,085	0,240	0,354	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{O-10}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,282
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,135	0,240	0,562	
	Poliüretan Köpük	>30	0,008	0,025	0,320	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,085	0,240	0,354	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{O-11}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,278
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,135	0,190	0,710	
	Cam Yünü	8 - 500	0,003	0,040	0,075	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,085	0,190	0,447	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{O-12}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,278
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,135	0,190	0,710	
	Taş Yünü	8 - 500	0,003	0,040	0,075	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,085	0,190	0,447	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{O-13}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,260
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,135	0,190	0,710	
	Polistiren Partiküler Köpük - EPS	20	0,002	0,035	0,057	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,085	0,190	0,447	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
1 _{O-14}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,269
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,135	0,190	0,710	
	Polistiren Sert Köpük - XPS	>25	0,002	0,030	0,066	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,085	0,190	0,447	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	

EK A Çizelge 4 (Devam): Derece-Gün Bölgesi 1 – Ortadan Yalıtımlı Duvar

1. Bölge Ortadan Yalıtımlı Duvar Tipi (iç yüzeyden dış yüzeye doğru)		Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)	Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Katsayısı λ_h (W/mK)	d / λ değeri (m ² K/W)	1 / Λ değeri (W/m ² K) ≥ 1.26
Bütün hesaplarda $1/\alpha_i=0,13$ (m ² K/W) ve $1/\alpha_d=0,04$ (m ² K/W) alınmıştır.						
1 _{O-15}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,283
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,135	0,190	0,710	
	Poliüretan Köpük	>30	0,002	0,025	0,080	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,085	0,190	0,447	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	

EK B Çizelge 1: Derece-Gün Bölgesi 2 - Yalın Duvar

2. Bölge Yalın Duvar Tipi (iç yüzeyden dış yüzeye doğru)		Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)	Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Katsayısı λ_h (W/mK)	d / λ değeri (m ² K/W)	1 / Λ değeri (W/m ² K) ≥ 1.47
Bütün hesaplarda $1/\alpha_i=0,13$ (m ² K/W) ve $1/\alpha_d=0,04$ (m ² K/W) alınmıştır.						
2 _{Y-1}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,511
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,850	0,580	1,465	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{Y-2}	Kartonlu Alçı Levha	800	0,018	0,250	0,072	1,510
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,720	0,580	1,241	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{Y-3*}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,507
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,690	0,580	1,189	
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	
2 _{Y-4*}	Kartonlu Alçı Levha	800	0,018	0,250	0,072	1,506
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,560	0,580	0,965	
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	
2 _{Y-5*}	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	1,511
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,540	0,580	0,931	
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	
2 _{Y-6}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,504
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,350	0,240	1,458	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{Y-7}	Kartonlu Alçı Levha	800	0,018	0,250	0,072	1,519
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,300	0,240	1,250	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{Y-8*}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,526
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,290	0,240	1,208	
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	

(*) Kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir (bkz. EK E Çizelge 1).

EK B Çizelge 1 (Devam): Derece-Gün Bölgesi 2 - Yalın Duvar

2. Bölge Yalın Duvar Tipi (iç yüzeyden dış yüzeye doğru)		Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)	Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Katsayısı λ_p (W/mK)	d / λ değeri (m ² K/W)	1 / Λ değeri (W/m ² K) ≥ 1.47
Bütün hesaplarda $1/\alpha_i=0,13$ (m ² K/W) ve $1/\alpha_d=0,04$ (m ² K/W) alınmıştır.						
2 _{Y-9} *	Kartonlu Alçı Levha	800	0,018	0,250	0,072	1,499
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,230	0,240	0,958	
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	
2 _{Y-10} *	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	1,496
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,220	0,240	0,916	
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	
2 _{Y-11}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,519
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,280	0,190	1,473	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{Y-12} *	Kartonlu Alçı Levha	800	0,018	0,250	0,072	1,532
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,240	0,190	1,263	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{Y-13} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,528
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,230	0,190	1,210	
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	
2 _{Y-14} *	Kartonlu Alçı Levha	800	0,018	0,250	0,072	1,541
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	
2 _{Y-15} *	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	1,527
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,180	0,190	0,947	
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	

(*) Kesit içinde yoğunlaşma meydana gelmiştir (bkz. EK E Çizelge 1).

EK B Çizelge 2: Derece-Gün Bölgesi 2 – Dıştan Yalıtımlı Duvar

2. Bölge Dıştan Yalıtımlı Duvar Tipi (iç yüzeyden dış yüzeye doğru)		Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)	Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Katsayısı λ_h (W/mK)	d / λ değeri (m ² K/W)	1 / Λ değeri (W/m ² K) ≥ 1.47
Bütün hesaplarda $1/\alpha_i=0,13$ (m ² K/W) ve $1/\alpha_d=0,04$ (m ² K/W) alınmıştır.						
2 _{D-1} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,498
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,190	0,580	0,327	
	Cam Yünü	8 - 500	0,045	0,040	1,125	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{D-2} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,498
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,190	0,580	0,327	
	Taş Yünü	8 - 500	0,045	0,040	1,125	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{D-3}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,515
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,190	0,580	0,327	
	Polistiren Partiküler Köpük - EPS	20	0,040	0,035	1,142	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{D-4}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,506
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,190	0,580	0,327	
	Polistiren Sert Köpük - XPS	>25	0,034	0,030	1,113	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{D-5}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,533
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,190	0,580	0,327	
	Poliüretan Köpük	>30	0,029	0,025	1,160	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{D-6} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,512
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,190	0,240	0,791	
	Cam Yünü	8 - 500	0,027	0,040	0,675	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{D-7} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,512
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,190	0,240	0,791	
	Taş Yünü	8 - 500	0,027	0,040	0,650	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{D-8}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,522
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,190	0,240	0,791	
	Polistiren Partiküler Köpük - EPS	20	0,024	0,035	0,685	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{D-9}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,503
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,190	0,240	0,791	
	Polistiren Sert Köpük - XPS	>25	0,020	0,030	0,666	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	

(*) Kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir (bkz. EK E Çizelge 2).

EK B Çizelge 2 (Devam): Derece-Gün Bölgesi 2 – Dıştan Yalıtımlı Duvar

2. Bölge Dıştan Yalıtımlı Duvar Tipi (iç yüzeyden dış yüzeye doğru)		Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)	Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Katsayısı λ_{η} (W/mK)	d / λ değeri (m ² K/W)	1 / Λ değeri (W/m ² K) ≥ 1.47
Bütün hesaplarda $1/\alpha_i=0,13$ (m ² K/W) ve $1/\alpha_d=0,04$ (m ² K/W) alınmıştır.						
2 _{D-10}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,517
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,190	0,240	0,791	
	Poliüretan Köpük	>30	0,017	0,025	0,680	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{D-11} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,496
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Cam Yünü	8 - 500	0,018	0,040	0,450	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{D-12} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,496
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Taş Yünü	8 - 500	0,018	0,040	0,450	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{D-13}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,503
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Polistiren Partiküler Köpük - EPS	20	0,016	0,035	0,457	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{D-14} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,512
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Polistiren Sert Köpük - XPS	>25	0,014	0,030	0,466	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{D-15}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,526
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Poliüretan Köpük	>30	0,012	0,025	0,480	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	

(*) Kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir (bkz. EK E Çizelge 2).

EK B Çizelge 3: Derece-Gün Bölgesi 2 – İçten Yalıtımlı Duvar

2. Bölge İçten Yalıtımlı Duvar Tipi (iç yüzeyden dış yüzeye doğru)		Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)	Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Katsayısı λ_h (W/mK)	d / λ değeri (m ² K/W)	1 / Λ değeri (W/m ² K) ≥ 1.47
Bütün hesaplarda $1/\alpha_i=0,13$ (m ² K/W) ve $1/\alpha_d=0,04$ (m ² K/W) alınmıştır.						
2 _{i-1} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,498
	Cam Yünü	8 - 500	0,045	0,040	1,125	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,190	0,580	0,327	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{i-2} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,498
	Taş Yünü	8 - 500	0,045	0,040	1,125	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,190	0,580	0,327	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{i-3} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,515
	Polistiren Partiküler Köpük - EPS	20	0,040	0,035	1,142	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,190	0,580	0,327	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{i-4}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,506
	Polistiren Sert Köpük - XPS	>25	0,034	0,030	1,113	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,190	0,580	0,327	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{i-5} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,533
	Poliüretan Köpük	>30	0,029	0,025	1,160	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,190	0,580	0,327	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{i-6} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,512
	Cam Yünü	8 - 500	0,027	0,040	0,675	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,190	0,240	0,791	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{i-7} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,512
	Taş Yünü	8 - 500	0,027	0,040	0,675	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,190	0,240	0,791	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{i-8}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,522
	Polistiren Partiküler Köpük - EPS	20	0,024	0,035	0,685	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,190	0,240	0,791	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{i-9}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,503
	Polistiren Sert Köpük - XPS	>25	0,020	0,030	0,666	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,190	0,240	0,791	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	

(*) Kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir (bkz. EK E Çizelge 3).

EK B Çizelge 3 (Devam): Derece-Gün Bölgesi 2 – İçten Yalıtımlı Duvar

2. Bölge İçten Yalıtımlı Duvar Tipi (iç yüzeyden dış yüzeye doğru)		Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)	Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Katsayısı λ_p (W/mK)	d / λ değeri (m ² K/W)	1 / Λ değeri (W/m ² K) ≥ 1.47
Bütün hesaplarda $1/\alpha_i=0,13$ (m ² K/W) ve $1/\alpha_d=0,04$ (m ² K/W) alınmıştır.						
2 _{i-10}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,517
	Poliüretan Köpük	>30	0,017	0,025	0,680	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,190	0,240	0,791	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{i-11} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,496
	Cam Yünü	8 - 500	0,018	0,040	0,450	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{i-12} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,496
	Taş Yünü	8 - 500	0,018	0,040	0,450	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{i-13}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,503
	Polistiren Partiküler Köpük - EPS	20	0,016	0,035	0,457	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{i-14}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,512
	Polistiren Sert Köpük - XPS	>25	0,014	0,030	0,466	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{i-15}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,526
	Poliüretan Köpük	>30	0,012	0,025	0,480	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	

(*) Kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir (bkz. EK E Çizelge 3).

EK B Çizelge 4: Derece-Gün Bölgesi 2 – Ortadan Yalıtımlı Duvar

2. Bölge Ortadan Yalıtımlı Duvar Tipi (iç yüzeyden dış yüzeye doğru)		Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)	Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Katsayısı λ_h (W/mK)	d / λ değeri (m ² K/W)	1 / Λ değeri (W/m ² K) ≥ 1.47
Bütün hesaplarda $1/\alpha_i=0,13$ (m ² K/W) ve $1/\alpha_d=0,04$ (m ² K/W) alınmıştır.						
2 _{O-1} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,499
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,135	0,580	0,232	
	Cam Yünü	8 - 500	0,043	0,040	1,075	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,085	0,580	0,146	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{O-2} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,499
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,135	0,580	0,232	
	Taş Yünü	8 - 500	0,043	0,040	1,075	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,085	0,580	0,146	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{O-3}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,509
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,135	0,580	0,232	
	Polistiren Partiküler Köpük - EPS	20	0,038	0,035	1,085	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,085	0,580	0,146	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{O-4}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,524
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,135	0,580	0,232	
	Polistiren Sert Köpük - XPS	>25	0,033	0,030	1,100	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,085	0,580	0,146	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{O-5} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,504
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,135	0,580	0,232	
	Poliüretan Köpük	>30	0,027	0,025	1,080	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,085	0,580	0,146	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{O-6} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,512
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,135	0,240	0,562	
	Cam Yünü	8 - 500	0,022	0,040	0,550	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,085	0,240	0,354	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{O-7} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,512
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,135	0,240	0,562	
	Taş Yünü	8 - 500	0,022	0,040	0,550	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,085	0,240	0,354	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	

(*) Kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir (bkz. EK E Çizelge 4).

EK B Çizelge 4 (Devam): Derece-Gün Bölgesi 2 – Ortadan Yalıtımlı Duvar

2. Bölge Ortadan Yalıtımlı Duvar Tipi (iç yüzeyden dış yüzeye doğru)		Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)	Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Katsayısı λ_p (W/mK)	d / λ değeri (m ² K/W)	1 / Λ değeri (W/m ² K) ≥ 1.47
Bütün hesaplarda $1/\alpha_i=0,13$ (m ² K/W) ve $1/\alpha_d=0,04$ (m ² K/W) alınmıştır.						
2 _{O-8}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,504
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,135	0,240	0,562	
	Polistiren Partiküler Köpük - EPS	20	0,019	0,035	0,542	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,085	0,240	0,354	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{O-9}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,495
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,135	0,240	0,562	
	Polistiren Sert Köpük - XPS	>25	0,016	0,030	0,533	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,085	0,240	0,354	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{O-10}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,522
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,135	0,240	0,562	
	Poliüretan Köpük	>30	0,014	0,025	0,560	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,085	0,240	0,354	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{O-11} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,503
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,135	0,190	0,710	
	Cam Yünü	8 - 500	0,012	0,040	0,300	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,085	0,190	0,447	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{O-12} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,503
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,135	0,190	0,710	
	Taş Yünü	8 - 500	0,012	0,040	0,300	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,085	0,190	0,447	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{O-13}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,517
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,135	0,190	0,710	
	Polistiren Partiküler Köpük - EPS	20	0,011	0,035	0,314	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,085	0,190	0,447	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
2 _{O-14}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,503
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,135	0,190	0,710	
	Polistiren Sert Köpük - XPS	>25	0,009	0,030	0,300	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,085	0,190	0,447	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	

(*) Kesit içinde yoğunlaşma meydana gelmiştir (bkz. EK E Çizelge 4).

EK B Çizelge 4 (Devam): Derece-Gün Bölgesi 2 – Ortadan Yalıtımlı Duvar

2. Bölge Ortadan Yalıtımlı Duvar Tipi (iç yüzeyden dış yüzeye doğru)		Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)	Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Katsayısı λ_p (W/mK)	d / λ değeri (m ² K/W)	1 / Λ değeri (W/m ² K) ≥ 1.47
Bütün hesaplarda $1/\alpha_i=0,13$ (m ² K/W) ve $1/\alpha_d=0,04$ (m ² K/W) alınmıştır.						
2 _{O-15}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,523
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,135	0,190	0,710	
	Poliüretan Köpük	>30	0,008	0,025	0,320	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,085	0,190	0,447	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	

EK C Çizelge 1: Derece-Gün Bölgesi 3 - Yalın Duvar

3. Bölge Yalın Duvar Tipi (iç yüzeyden dış yüzeye doğru)		Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)	Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Katsayısı λ_h (W/mK)	d / λ değeri (m ² K/W)	1 / Λ değeri (W/m ² K) ≥ 1.77
Bütün hesaplarda $1/\alpha_i=0,13$ (m ² K/W) ve $1/\alpha_d=0,04$ (m ² K/W) alınmıştır.						
3 _{Y-1}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,839
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	1,040	0,580	1,793	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{Y-2}	Kartonlu Alçı Levha	800	0,018	0,250	0,072	1,837
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,910	0,580	1,568	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{Y-3*}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,835
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,880	0,580	1,517	
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	
3 _{Y-4*}	Kartonlu Alçı Levha	800	0,018	0,250	0,072	1,834
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,750	0,580	1,293	
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	
3 _{Y-5*}	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	1,838
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,730	0,580	1,258	
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	
3 _{Y-6*}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,837
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,430	0,240	1,791	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{Y-7*}	Kartonlu Alçı Levha	800	0,018	0,250	0,072	1,852
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,380	0,240	1,583	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{Y-8*}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,859
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,370	0,240	1,541	
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	

(*) Kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir (bkz. EK E ve EK F Çizelge 1).

EK C Çizelge 1 (Devam): Derece-Gün Bölgesi 3 - Yalın Duvar

3. Bölge Yalın Duvar Tipi (iç yüzeyden dış yüzeye doğru)		Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)	Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Katsayısı λ_p (W/mK)	d / λ değeri (m ² K/W)	1 / Λ değeri (W/m ² K) ≥ 1.77
Bütün hesaplarda $1/\alpha_i=0,13$ (m ² K/W) ve $1/\alpha_d=0,04$ (m ² K/W) alınmıştır.						
3 _{Y-9} *	Kartonlu Alçı Levha	800	0,018	0,250	0,072	1,832
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,310	0,240	1,291	
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	
3 _{Y-10} *	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	1,830
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,300	0,240	1,250	
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	
3 _{Y-11} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,835
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,340	0,190	1,789	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{Y-12} *	Kartonlu Alçı Levha	800	0,018	0,250	0,072	1,847
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,300	0,190	1,578	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{Y-13} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,844
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,290	0,190	1,526	
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	
3 _{Y-14} *	Kartonlu Alçı Levha	800	0,018	0,250	0,072	1,856
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,250	0,190	1,315	
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	
3 _{Y-15} *	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	1,843
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,240	0,190	1,263	
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	

(*) Kesit içinde yoğunlaşma meydana gelmiştir (bkz. EK E ve EK F Çizelge 1).

EK C Çizelge 2: Derece-Gün Bölgesi 3 – Dıştan Yalıtımlı Duvar

3. Bölge Dıştan Yalıtımlı Duvar Tipi (iç yüzeyden dış yüzeye doğru)		Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)	Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Katsayısı λ_h (W/mK)	d / λ değeri (m ² K/W)	1 / Λ değeri (W/m ² K) ≥ 1.77
Bütün hesaplarda $1/\alpha_i=0,13$ (m ² K/W) ve $1/\alpha_d=0,04$ (m ² K/W) alınmıştır.						
3 _{D-1} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,848
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,190	0,580	0,327	
	Cam Yünü	8 - 500	0,059	0,040	1,475	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{D-2} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,848
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,190	0,580	0,327	
	Taş Yünü	8 - 500	0,059	0,040	1,475	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{D-3}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,830
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,190	0,580	0,327	
	Polistiren Partiküler Köpük - EPS	20	0,051	0,035	1,457	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{D-4}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,839
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,190	0,580	0,327	
	Polistiren Sert Köpük - XPS	>25	0,044	0,030	1,466	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{D-5}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,853
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,190	0,580	0,327	
	Poliüretan Köpük	>30	0,037	0,025	1,480	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{D-6} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,837
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,190	0,240	0,791	
	Cam Yünü	8 - 500	0,040	0,040	1,000	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{D-7} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,837
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,190	0,240	0,791	
	Taş Yünü	8 - 500	0,040	0,040	1,000	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{D-8}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,837
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,190	0,240	0,791	
	Polistiren Partiküler Köpük - EPS	20	0,035	0,035	1,000	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{D-9}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,837
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,190	0,240	0,791	
	Polistiren Sert Köpük - XPS	>25	0,030	0,030	1,000	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	

(*) Kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir (bkz. EK E ve EK F Çizelge 2).

EK C Çizelge 2 (Devam): Derece-Gün Bölgesi 3 – Dıştan Yalıtımlı Duvar

3. Bölge Dıştan Yalıtımlı Duvar Tipi (iç yüzeyden dış yüzeye doğru)		Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)	Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Katsayısı λ_p (W/mK)	d / λ değeri (m ² K/W)	1 / Λ değeri (W/m ² K) ≥ 1.77
Bütün hesaplarda $1/\alpha_i=0,13$ (m ² K/W) ve $1/\alpha_d=0,04$ (m ² K/W) alınmıştır.						
3 _{D-10}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,837
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,190	0,240	0,791	
	Poliüretan Köpük	>30	0,025	0,025	0,100	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{D-11} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,846
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Cam Yünü	8 - 500	0,032	0,040	0,800	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{D-12} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,846
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Taş Yünü	8 - 500	0,032	0,040	0,800	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{D-13}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,846
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Polistiren Partiküler Köpük - EPS	20	0,028	0,035	0,800	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{D-14} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,846
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Polistiren Sert Köpük - XPS	>25	0,024	0,030	0,800	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{D-15} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,846
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Poliüretan Köpük	>30	0,020	0,025	0,800	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	

(*) Kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir (bkz. EK E ve EK F Çizelge 2).

EK C Çizelge 3: Derece-Gün Bölgesi 3 – İçten Yalıtımlı Duvar

3. Bölge İçten Yalıtımlı Duvar Tipi (iç yüzeyden dış yüzeye doğru)		Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)	Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Katsayısı λ_h (W/mK)	d / λ değeri (m ² K/W)	1 / Λ değeri (W/m ² K) ≥ 1.77
Bütün hesaplarda $1/\alpha_i=0,13$ (m ² K/W) ve $1/\alpha_d=0,04$ (m ² K/W) alınmıştır.						
3 _{i-1} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,848
	Cam Yünü	8 - 500	0,059	0,040	1,475	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,190	0,580	0,327	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{i-2} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,848
	Taş Yünü	8 - 500	0,059	0,040	1,475	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,190	0,580	0,327	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{i-3} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,830
	Polistiren Partiküler Köpük - EPS	20	0,051	0,035	1,457	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,190	0,580	0,327	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{i-4}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,839
	Polistiren Sert Köpük - XPS	>25	0,044	0,030	1,466	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,190	0,580	0,327	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{i-5} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,853
	Poliüretan Köpük	>30	0,037	0,025	1,480	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,190	0,580	0,327	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{i-6} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,837
	Cam Yünü	8 - 500	0,040	0,040	1,000	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,190	0,240	0,791	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{i-7} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,837
	Taş Yünü	8 - 500	0,040	0,040	1,000	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,190	0,240	0,791	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{i-8}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,837
	Polistiren Partiküler Köpük - EPS	20	0,035	0,035	1,000	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,190	0,240	0,791	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{i-9}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,837
	Polistiren Sert Köpük - XPS	>25	0,030	0,030	1,000	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,190	0,240	0,791	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	

(*) Kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir (bkz. EK E ve EK F Çizelge 3).

EK C Çizelge 3 (Devam): Derece-Gün Bölgesi 3 – İçten Yalıtımlı Duvar

3. Bölge İçten Yalıtımlı Duvar Tipi (iç yüzeyden dış yüzeye doğru)		Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)	Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Katsayısı λ_p (W/mK)	d / λ değeri (m ² K/W)	1 / Λ değeri (W/m ² K) ≥ 1.77
Bütün hesaplarda $1/\alpha_i=0,13$ (m ² K/W) ve $1/\alpha_d=0,04$ (m ² K/W) alınmıştır.						
3 _{i-10} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,837
	Poliüretan Köpük	>30	0,025	0,025	1,000	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,190	0,240	0,791	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{i-11} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,846
	Cam Yünü	8 - 500	0,032	0,040	0,800	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{i-12} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,846
	Taş Yünü	8 - 500	0,032	0,040	0,800	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{i-13}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,846
	Polistiren Partiküler Köpük - EPS	20	0,028	0,035	0,800	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{i-14}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,846
	Polistiren Sert Köpük - XPS	>25	0,024	0,030	0,800	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{i-15} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,846
	Poliüretan Köpük	>30	0,020	0,025	0,800	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	

(*) Kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir (bkz. EK E ve EK F Çizelge 3).

EK C Çizelge 4: Derece-Gün Bölgesi 3 – Ortadan Yalıtımlı Duvar

3. Bölge Ortadan Yalıtımlı Duvar Tipi (iç yüzeyden dış yüzeye doğru)		Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)	Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Katsayısı λ_h (W/mK)	d / λ değeri (m ² K/W)	1 / Λ değeri (W/m ² K) ≥ 1.77
Bütün hesaplarda $1/\alpha_i=0,13$ (m ² K/W) ve $1/\alpha_d=0,04$ (m ² K/W) alınmıştır.						
3 _{O-1} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,849
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,135	0,580	0,232	
	Cam Yünü	8 - 500	0,057	0,040	1,425	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,085	0,580	0,146	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{O-2} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,849
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,135	0,580	0,232	
	Taş Yünü	8 - 500	0,057	0,040	1,425	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,085	0,580	0,146	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{O-3} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,852
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,135	0,580	0,232	
	Polistiren Partiküler Köpük - EPS	20	0,050	0,035	1,428	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,085	0,580	0,146	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{O-4}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,857
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,135	0,580	0,232	
	Polistiren Sert Köpük - XPS	>25	0,043	0,030	1,433	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,085	0,580	0,146	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{O-5} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,864
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,135	0,580	0,232	
	Poliüretan Köpük	>30	0,036	0,025	1,440	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,085	0,580	0,146	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{O-6} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,837
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,135	0,240	0,562	
	Cam Yünü	8 - 500	0,035	0,040	0,875	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,085	0,240	0,354	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{O-7} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,837
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,135	0,240	0,562	
	Taş Yünü	8 - 500	0,035	0,040	0,875	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,085	0,240	0,354	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	

(*) Kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir (bkz. EK E ve EK F Çizelge 4).

EK C Çizelge 4 (Devam): Derece-Gün Bölgesi 3 – Ortadan Yalıtımlı Duvar

3. Bölge Ortadan Yalıtımlı Duvar Tipi (iç yüzeyden dış yüzeye doğru)		Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)	Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Katsayısı λ_p (W/mK)	d / λ değeri (m ² K/W)	1 / Λ değeri (W/m ² K) ≥ 1.77
Bütün hesaplarda $1/\alpha_i=0,13$ (m ² K/W) ve $1/\alpha_d=0,04$ (m ² K/W) alınmıştır.						
3 _{O-8}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,847
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,135	0,240	0,562	
	Polistiren Partiküler Köpük - EPS	20	0,031	0,035	0,885	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,085	0,240	0,354	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{O-9}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,828
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,135	0,240	0,562	
	Polistiren Sert Köpük - XPS	>25	0,026	0,030	0,866	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,085	0,240	0,354	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{O-10} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,842
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,135	0,240	0,562	
	Poliüretan Köpük	>30	0,022	0,025	0,880	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,085	0,240	0,354	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{O-11} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,828
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,135	0,190	0,710	
	Cam Yünü	8 - 500	0,025	0,040	0,625	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,085	0,190	0,447	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{O-12} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,828
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,135	0,190	0,710	
	Taş Yünü	8 - 500	0,025	0,040	0,625	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,085	0,190	0,447	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{O-13}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,831
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,135	0,190	0,710	
	Polistiren Partiküler Köpük - EPS	20	0,022	0,035	0,628	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,085	0,190	0,447	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
3 _{O-14}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,836
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,135	0,190	0,710	
	Polistiren Sert Köpük - XPS	>25	0,019	0,030	0,633	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,085	0,190	0,447	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	

(*) Kesit içinde yoğunlaşma meydana gelmiştir (bkz. EK E ve EK F Çizelge 4).

EK C Çizelge 4 (Devam): Derece-Gün Bölgesi 3 – Ortadan Yalıtımlı Duvar

3. Bölge Ortadan Yalıtımlı Duvar Tipi (iç yüzeyden dış yüzeye doğru)		Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)	Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Katsayısı λ_h (W/mK)	d / λ değeri (m ² K/W)	1 / Λ değeri (W/m ² K) ≥ 1.77
Bütün hesaplarda $1/\alpha_i=0,13$ (m ² K/W) ve $1/\alpha_d=0,04$ (m ² K/W) alınmıştır.						
3 _{O-15}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	1,843
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,135	0,190	0,710	
	Poliüretan Köpük	>30	0,016	0,025	0,640	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,085	0,190	0,447	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	

EK D Çizelge 1: Derece-Gün Bölgesi 4 - Yalın Duvar

4. Bölge Yalın Duvar Tipi (iç yüzeyden dış yüzeye doğru)		Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)	Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Katsayısı λ_h (W/mK)	d / λ değeri (m ² K/W)	1 / Λ değeri (W/m ² K) ≥ 2.21
Bütün hesaplarda $1/\alpha_i=0,13$ (m ² K/W) ve $1/\alpha_d=0,04$ (m ² K/W) alınmıştır.						
4 _{Y-1}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,339
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	1,330	0,580	2,293	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4 _{Y-2}	Kartonlu Alçı Levha	800	0,018	0,250	0,072	2,337
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	1,200	0,580	2,068	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4 _{Y-3*}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,335
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	1,17	0,580	2,017	
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	
4 _{Y-4*}	Kartonlu Alçı Levha	800	0,018	0,250	0,072	2,334
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	1,040	0,580	1,793	
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	
4 _{Y-5*}	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	2,338
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	1,020	0,580	1,758	
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	
4 _{Y-6*}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,337
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,550	0,240	2,291	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4 _{Y-7*}	Kartonlu Alçı Levha	800	0,018	0,250	0,072	2,352
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,500	0,240	2,083	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4 _{Y-8*}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,359
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,490	0,240	2,041	
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	

(*) Kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir (bkz. EK E Çizelge 1).

EK D Çizelge 1 (Devam): Derece-Gün Bölgesi 4 - Yalın Duvar

4. Bölge Yalın Duvar Tipi (iç yüzeyden dış yüzeye doğru)		Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)	Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Katsayısı λ_p (W/mK)	d / λ değeri (m ² K/W)	1 / Λ değeri (W/m ² K) ≥ 2.21
Bütün hesaplarda $1/\alpha_i=0,13$ (m ² K/W) ve $1/\alpha_d=0,04$ (m ² K/W) alınmıştır.						
4 _{Y-9} *	Kartonlu Alçı Levha	800	0,018	0,250	0,072	2,332
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,430	0,240	1,791	
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	
4 _{Y-10} *	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	2,330
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,420	0,240	1,750	
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	
4 _{Y-11} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,361
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,440	0,190	2,315	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4 _{Y-12} *	Kartonlu Alçı Levha	800	0,018	0,250	0,072	2,374
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,400	0,190	2,105	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4 _{Y-13} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,370
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,390	0,190	2,052	
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	
4 _{Y-14} *	Kartonlu Alçı Levha	800	0,018	0,250	0,072	2,330
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,340	0,190	1,789	
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	
4 _{Y-15} *	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	2,369
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,340	0,190	1,789	
	Hava Tabakası	-	0,050	0,278	0,179	
	Elyaf Katkılı Çimento Levha	1300	0,020	0,180	0,111	

(*) Kesit içinde yoğunlaşma meydana gelmiştir (bkz. EK E Çizelge 1).

EK D Çizelge 2: Derece-Gün Bölgesi 4 – Dıştan Yalıtımlı Duvar

4. Bölge Dıştan Yalıtımlı Duvar Tipi (iç yüzeyden dış yüzeye doğru)		Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)	Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Katsayısı λ_h (W/mK)	d / λ değeri (m ² K/W)	1 / Λ değeri (W/m ² K) ≥ 2.21
Bütün hesaplarda $1/\alpha_i=0,13$ (m ² K/W) ve $1/\alpha_d=0,04$ (m ² K/W) alınmıştır.						
4 _{D-1} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,348
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,190	0,580	0,327	
	Cam Yünü	8 - 500	0,079	0,040	1,975	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4 _{D-2} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,348
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,190	0,580	0,327	
	Taş Yünü	8 - 500	0,079	0,040	1,975	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4 _{D-3} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,344
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,190	0,580	0,327	
	Polistiren Partiküler Köpük - EPS	20	0,069	0,035	1,971	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4 _{D-4}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,296
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,190	0,580	0,327	
	Polistiren Sert Köpük - XPS	>25	0,059	0,030	1,966	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4 _{D-5} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,333
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,190	0,580	0,327	
	Poliüretan Köpük	>30	0,049	0,025	1,960	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4 _{D-6} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,337
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,190	0,240	0,791	
	Cam Yünü	8 - 500	0,060	0,040	1,500	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4 _{D-7} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,337
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,190	0,240	0,791	
	Taş Yünü	8 - 500	0,060	0,040	1,500	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4 _{D-8} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,351
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,190	0,240	0,791	
	Polistiren Partiküler Köpük - EPS	20	0,053	0,035	1,514	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4 _{D-9} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,337
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,190	0,240	0,791	
	Polistiren Sert Köpük - XPS	>25	0,045	0,030	1,500	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	

(*) Kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir (bkz. EK E Çizelge 2).

EK D Çizelge 2 (Devam): Derece-Gün Bölgesi 4 – Dıştan Yalıtımlı Duvar

4. Bölge Dıştan Yalıtımlı Duvar Tipi (iç yüzeyden dış yüzeye doğru)		Birim Hacim Ağırlığı (kg/m³)	Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Katsayısı λ_p (W/mK)	d / λ değeri (m²K/W)	1 / Λ değeri (W/m²K) ≥ 2.21
Bütün hesaplarda $1/\alpha_i=0,13$ (m²K/W) ve $1/\alpha_d=0,04$ (m²K/W) alınmıştır.						
4 _{D-10} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,357
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,190	0,240	0,791	
	Poliüretan Köpük	>30	0,038	0,025	1,520	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4 _{D-11} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,346
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Cam Yünü	8 - 500	0,052	0,040	1,300	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4 _{D-12} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,346
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Taş Yünü	8 - 500	0,052	0,040	1,300	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4 _{D-13} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,331
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Polistiren Partiküler Köpük - EPS	20	0,045	0,035	1,285	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4 _{D-14} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,346
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Polistiren Sert Köpük - XPS	>25	0,039	0,030	1,300	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4 _{D-15} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,366
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Poliüretan Köpük	>30	0,033	0,025	1,320	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	

(*) Kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir (bkz. EK E Çizelge 2).

EK D Çizelge 3: Derece-Gün Bölgesi 4 – İçten Yalıtımlı Duvar

4. Bölge İçten Yalıtımlı Duvar Tipi (iç yüzeyden dış yüzeye doğru)		Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)	Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Katsayısı λ_h (W/mK)	d / λ değeri (m ² K/W)	1 / Λ değeri (W/m ² K) ≥ 2.21
Bütün hesaplarda $1/\alpha_i=0,13$ (m ² K/W) ve $1/\alpha_d=0,04$ (m ² K/W) alınmıştır.						
4 _{i-1} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,348
	Cam Yünü	8 - 500	0,079	0,040	1,975	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,190	0,580	0,327	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4 _{i-2} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,348
	Taş Yünü	8 - 500	0,079	0,040	1,975	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,190	0,580	0,327	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4 _{i-3} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,344
	Polistiren Partiküler Köpük - EPS	20	0,069	0,035	1,971	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,190	0,580	0,327	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4 _{i-4} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,296
	Polistiren Sert Köpük - XPS	>25	0,059	0,030	1,966	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,190	0,580	0,327	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4 _{i-5} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,333
	Poliüretan Köpük	>30	0,049	0,025	1,960	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,190	0,580	0,327	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4 _{i-6} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,212
	Cam Yünü	8 - 500	0,060	0,040	1,500	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,190	0,240	0,791	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4 _{i-7} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,337
	Taş Yünü	8 - 500	0,060	0,040	1,500	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,190	0,240	0,791	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4 _{i-8} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,337
	Polistiren Partiküler Köpük - EPS	20	0,053	0,035	1,514	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,190	0,240	0,791	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4 _{i-9}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,337
	Polistiren Sert Köpük - XPS	>25	0,045	0,030	1,500	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,190	0,240	0,791	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	

(*) Kesit içinde yoğunlaşma meydana gelmiştir (bkz. EK E Çizelge 3).

EK D Çizelge 3 (Devam): Derece-Gün Bölgesi 4 – İçten Yalıtımlı Duvar

4. Bölge İçten Yalıtımlı Duvar Tipi (iç yüzeyden dış yüzeye doğru)		Birim Hacim Ağırlığı (kg/m³)	Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Katsayısı λ_p (W/mK)	d / λ değeri (m²K/W)	1 / Λ değeri (W/m²K) ≥ 2.21
Bütün hesaplarda 1/ α_i =0,13 (m²K/W) ve 1/ α_d =0,04 (m²K/W) alınmıştır.						
4i-10*	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,357
	Poliüretan Köpük	>30	0,038	0,025	1,520	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,190	0,240	0,791	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4i-11*	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,346
	Cam Yünü	8 - 500	0,052	0,040	1,300	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4i-12*	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,346
	Taş Yünü	8 - 500	0,052	0,040	1,300	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4i-13*	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,331
	Polistiren Partiküler Köpük - EPS	20	0,045	0,035	1,285	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4i-14*	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,346
	Polistiren Sert Köpük - XPS	>25	0,039	0,030	1,300	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4i-15*	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,366
	Poliüretan Köpük	>30	0,033	0,025	1,320	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,190	0,190	1,000	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	

(*) Kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir (bkz. EK E Çizelge 3).

EK D Çizelge 4: Derece-Gün Bölgesi 4 – Ortadan Yalıtımlı Duvar

4. Bölge Ortadan Yalıtımlı Duvar Tipi (iç yüzeyden dış yüzeye doğru)		Birim Hacim Ağırlığı (kg/m³)	Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Katsayısı λ_h (W/mK)	d / λ değeri (m²K/W)	1 / Λ değeri (W/m²K) ≥ 2.21
Bütün hesaplarda $1/\alpha_i=0,13$ (m²K/W) ve $1/\alpha_d=0,04$ (m²K/W) alınmıştır.						
4 _{O-1} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,349
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,135	0,580	0,232	
	Cam Yünü	8 - 500	0,077	0,040	1,925	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,085	0,580	0,146	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4 _{O-2} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,349
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,135	0,580	0,232	
	Taş Yünü	8 - 500	0,077	0,040	1,925	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,085	0,580	0,146	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4 _{O-3} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,338
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,135	0,580	0,232	
	Polistiren Partiküler Köpük - EPS	20	0,067	0,035	1,914	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,085	0,580	0,146	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4 _{O-4} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,357
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,135	0,580	0,232	
	Polistiren Sert Köpük - XPS	>25	0,058	0,030	1,933	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,085	0,580	0,146	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4 _{O-5} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,344
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,135	0,580	0,232	
	Poliüretan Köpük	>30	0,048	0,025	1,920	
	Düş. Del. veya Dolu Tuğla	1400	0,085	0,580	0,146	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4 _{O-6} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,337
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,135	0,240	0,562	
	Cam Yünü	8 - 500	0,055	0,040	1,375	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,085	0,240	0,354	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4 _{O-7} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,337
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,135	0,240	0,562	
	Taş Yünü	8 - 500	0,055	0,040	1,375	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,085	0,240	0,354	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	

(*) Kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir (bkz. EK E Çizelge 4).

EK D Çizelge 4 (Devam): Derece-Gün Bölgesi 4 – Ortadan Yalıtımlı Duvar

4. Bölge Ortadan Yalıtımlı Duvar Tipi (iç yüzeyden dış yüzeye doğru)		Birim Hacim Ağırlığı (kg/m³)	Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Katsayısı λ_p (W/mK)	d / λ değeri (m²K/W)	1 / Λ değeri (W/m²K) ≥ 2.21
Bütün hesaplarda $1/\alpha_i=0,13$ (m²K/W) ve $1/\alpha_d=0,04$ (m²K/W) alınmıştır.						
4 _{O-8} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,333
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,135	0,240	0,562	
	Polistiren Partiküler Köpük - EPS	20	0,048	0,035	1,371	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,085	0,240	0,354	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4 _{O-9}	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,328
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,135	0,240	0,562	
	Polistiren Sert Köpük - XPS	>25	0,041	0,030	1,366	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,085	0,240	0,354	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4 _{O-10} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,362
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,135	0,240	0,562	
	Poliüretan Köpük	>30	0,035	0,025	1,400	
	W Sınıfı Düş. Del. İzotuğla	700	0,085	0,240	0,354	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4 _{O-11} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,328
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,135	0,190	0,710	
	Cam Yünü	8 - 500	0,045	0,040	1,125	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,085	0,190	0,447	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4 _{O-12} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,328
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,135	0,190	0,710	
	Taş Yünü	8 - 500	0,045	0,040	1,125	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,085	0,190	0,447	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4 _{O-13} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,345
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,135	0,190	0,710	
	Polistiren Partiküler Köpük - EPS	20	0,040	0,035	1,142	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,085	0,190	0,447	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	
4 _{O-14} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,336
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,135	0,190	0,710	
	Polistiren Sert Köpük - XPS	>25	0,034	0,030	1,133	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,085	0,190	0,447	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	

(*) Kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir (bkz. EK E Çizelge 4).

EK D Çizelge 4 (Devam): Derece-Gün Bölgesi 4 – Ortadan Yalıtımlı Duvar

4. Bölge Ortadan Yalıtımlı Duvar Tipi (iç yüzeyden dış yüzeye doğru)		Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)	Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Katsayısı λ_h (W/mK)	d / λ değeri (m ² K/W)	1 / Λ değeri (W/m ² K) ≥ 2.21
Bütün hesaplarda $1/\alpha_i=0,13$ (m ² K/W) ve $1/\alpha_d=0,04$ (m ² K/W) alınmıştır.						
4 _{O-15} *	Alçı Sıva	1400	0,020	0,700	0,028	2,363
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,135	0,190	0,710	
	Poliüretan Köpük	>30	0,029	0,025	1,160	
	İnce Derz. – Özel Yap. Gaz beton	500	0,085	0,190	0,447	
	Çimento Sıva	2000	0,030	1,600	0,018	

(*) Kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir (bkz. EK E Çizelge 4).

EK E: Yoğuşma Görülen Kesitlerde Aylık Değerlendirme [3]

Çizelge 1: Yalın Duvarlarda Yoğuşma Görülen Kesitlerde Aylık Değerlendirme

İklim Bölgesi	Duvar Tipi	AYLAR											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Y-3	x	x										x
	Y-4	x	x	x								x	x
	Y-8	x	x	x								x	x
	Y-9	x	x	x								x	x
	Y-13	x	x	x								x	x
	Y-14	x	x	x								x	x
2	Y-3	x	x	x	x						x	x	x
	Y-4	x	x	x	x						x	x	x
	Y-5	x	x	x								x	x
	Y-9	x	x	x	x						x	x	x
	Y-10	x	x	x	x						x	x	x
	Y-12	x	x									x	x
	Y-13	x	x	x	x						x	x	x
	Y-14	x	x	x	x						x	x	x
	Y-15	x	x	x								x	x
3	Y-3	x	x	x	x						x	x	x
	Y-4	x	x	x	x						x	x	x
	Y-5	x	x	x	x							x	x
	Y-6	x	x										x
	Y-7	x	x									x	x
	Y-8	x	x	x	x	x					x	x	x
	Y-9	x	x	x	x	x					x	x	x
	Y-10	x	x	x	x						x	x	x
	Y-11	x	x	x								x	x
	Y-12	x	x	x								x	x
	Y-13	x	x	x	x	x					x	x	x
	Y-14	x	x	x	x	x					x	x	x
	Y-15	x	x	x	x						x	x	x

(x) Kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir.

Çizelge 1(Devam): Yalın Duvarlarda Yoğuşma Görülen Kesitlerde Aylık Değerlendirme

İklim Bölgesi	Duvar Tipi	AYLAR											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	Y-3	x	x	x	x	x					x	x	x
	Y-4	x	x	x	x	x					x	x	x
	Y-5	x	x	x	x						x	x	x
	Y-6	x	x	x								x	x
	Y-7	x	x	x	x							x	x
	Y-8	x	x	x	x	x					x	x	x
	Y-9	x	x	x	x	x				x	x	x	x
	Y-10	x	x	x	x						x	x	x
	Y-11	x	x	x	x							x	x
	Y-12	x	x	x	x	x				x	x	x	x
	Y-13	x	x	x	x	x				x	x	x	x
	Y-14	x	x	x	x	x				x	x	x	x
	Y-15	x	x	x	x						x	x	x

(x) Kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir.

Çizelge 2: Dıştan Yalıtımlı Duvarlarda Yoğuşma Görülen Kesitlerde Aylık Değerlendirme

İklim Bölgesi	Duvar Tipi	AYLAR											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	D-1	x	x										x
	D-2	x	x										x
	D-6	x	x										x
	D-7	x	x										x
	D-11	x	x										x
	D-12	x	x										x
	D-14	x	x									x	x
3	D-1	x	x	x								x	x
	D-2	x	x	x								x	x
	D-6	x	x	x								x	x
	D-7	x	x	x								x	x
	D-11	x	x	x								x	x
	D-12	x	x	x								x	x
	D-14	x	x	x								x	x
	D-15	x	x										x
4	D-1	x	x	x	x						x	x	x
	D-2	x	x	x	x						x	x	x
	D-3	x	x	x								x	x
	D-5	x	x	x								x	x
	D-6	x	x	x	x						x	x	x
	D-7	x	x	x	x						x	x	x
	D-8	x	x	x								x	x
	D-9	x	x										x
	D-10	x	x	x								x	x
	D-11	x	x	x	x						x	x	x
	D-12	x	x	x	x						x	x	x
	D-13	x	x	x								x	x
	D-14	x	x	x								x	x
	D-15	x	x	x								x	x

(x) Kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir.

Çizelge 3: İçten Yalıtımlı Duvarlarda Yoğuşma Görülen Kesitlerde Aylık Değerlendirme

İklim Bölgesi	Duvar Tipi	AYLAR											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	İ-1	x	x	x								x	x
	İ-2	x	x	x								x	x
2	İ-1	x	x	x	x						x	x	x
	İ-2	x	x	x	x						x	x	x
	İ-3	x	x	x								x	x
	İ-5	x	x	x								x	x
	İ-6	x	x	x								x	x
	İ-7	x	x	x								x	x
	İ-11	x	x										x
	İ-12	x	x										x
3	İ-1	x	x	x	x						x	x	x
	İ-2	x	x	x	x						x	x	x
	İ-3	x	x	x								x	x
	İ-5	x	x	x								x	x
	İ-6	x	x	x	x						x	x	x
	İ-7	x	x	x	x						x	x	x
	İ-10	x	x										x
	İ-11	x	x	x								x	x
	İ-12	x	x	x								x	x
	İ-15	x	x										x
4	İ-1	x	x	x	x	x				x	x	x	x
	İ-2	x	x	x	x	x				x	x	x	x
	İ-3	x	x	x								x	x
	İ-4	x	x										x
	İ-5	x	x	x	x						x	x	x
	İ-6	x	x	x	x						x	x	x
	İ-7	x	x	x	x						x	x	x
	İ-8	x	x	x								x	x
	İ-10	x	x	x	x							x	x
	İ-11	x	x	x	x						x	x	x
	İ-12	x	x	x	x						x	x	x
	İ-13	x	x	x								x	x
	İ-14	x	x										x
	İ-15	x	x	x								x	x

(x) Kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir.

Çizelge 4: Ortadan Yalıtımlı Duvarlarda Yoğuşma Görülen Kesitlerde Aylık Değerlendirme

İklim Bölgesi	Duvar Tipi	AYLAR											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	O-1	x	x	x	x							x	x
	O-2	x	x	x	x							x	x
	O-5	x	x										x
	O-6	x	x										x
	O-7	x	x										x
	O-11	x	x										x
	O-12	x	x										x
3	O-1	x	x	x	x						x	x	x
	O-2	x	x	x	x						x	x	x
	O-3	x	x										x
	O-5	x	x	x								x	x
	O-6	x	x	x								x	x
	O-7	x	x	x								x	x
	O-10	x	x										x
	O-11	x	x	x								x	x
	O-12	x	x	x								x	x
4	O-1	x	x	x	x						x	x	x
	O-2	x	x	x	x						x	x	x
	O-3	x	x	x								x	x
	O-4	x	x										x
	O-5	x	x	x	x							x	x
	O-6	x	x	x	x						x	x	x
	O-7	x	x	x	x						x	x	x
	O-8	x	x	x								x	x
	O-10	x	x	x								x	x
	O-11	x	x	x	x						x	x	x
	O-12	x	x	x	x						x	x	x
	O-13	x	x	x								x	x
	O-14	x	x										x
	O-15	x	x	x								x	x

(x) Kesit içinde yoğuşma meydana gelmiştir.

EK F: Yoğuşma Görülen Kesitlere Ait Grafik Örnekleri [3]

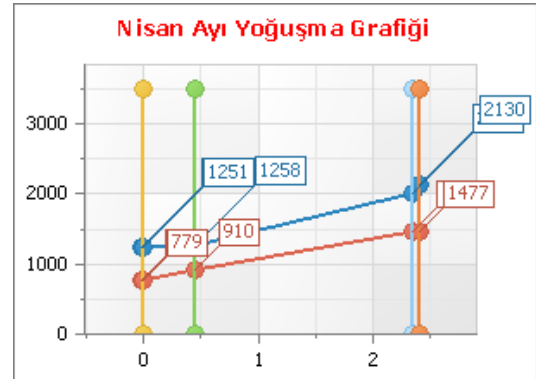
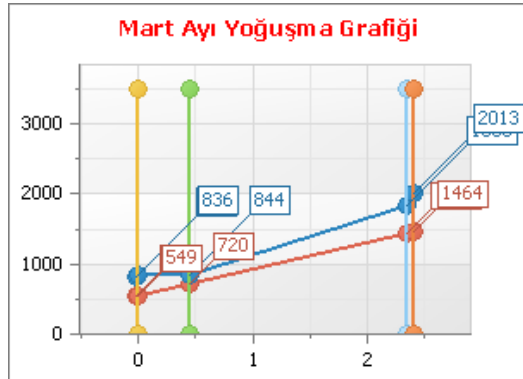
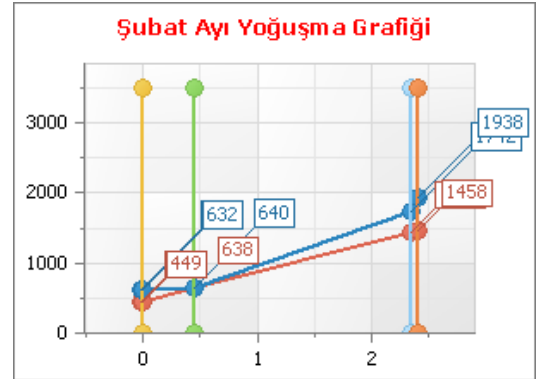
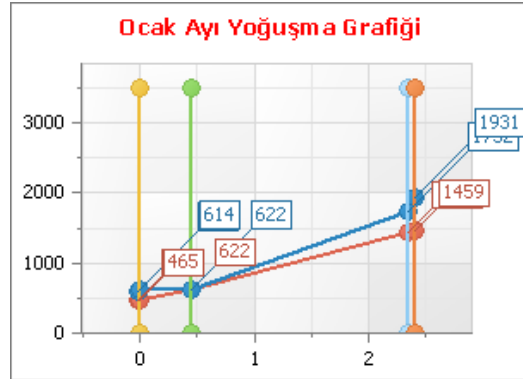
Çizelge 1: (3_{Y-7}) Yalın Duvarına Ait Yoğuşma Analizi

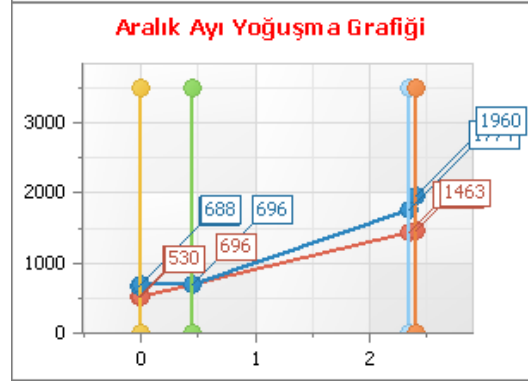
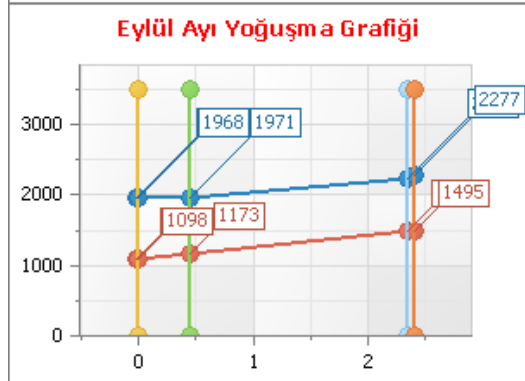
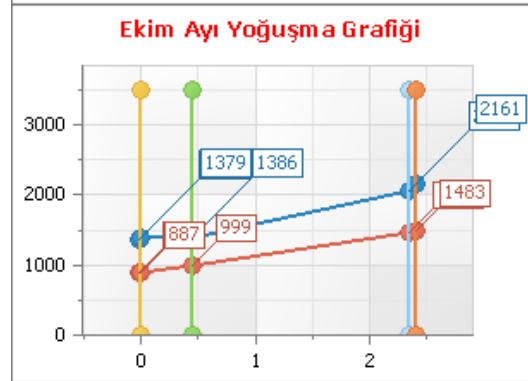
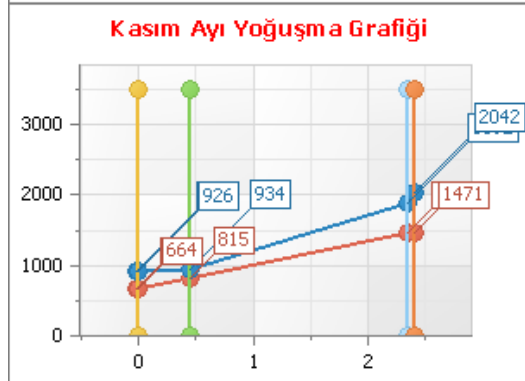
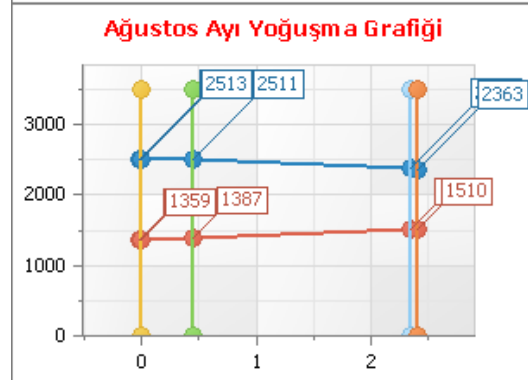
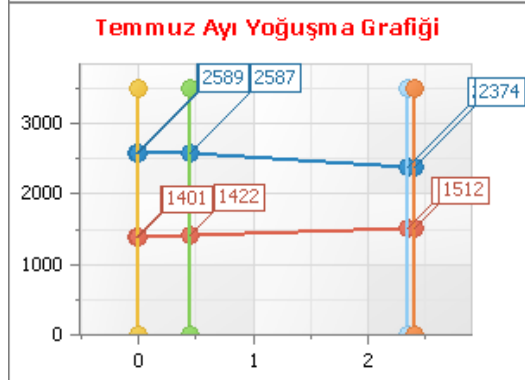
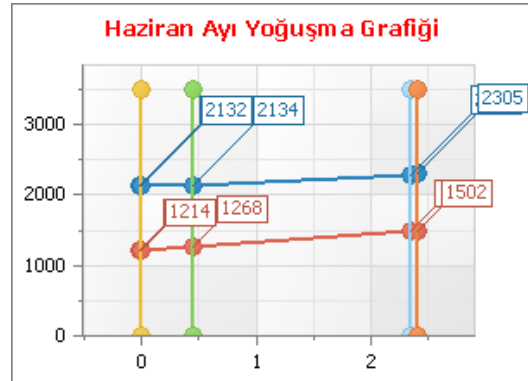
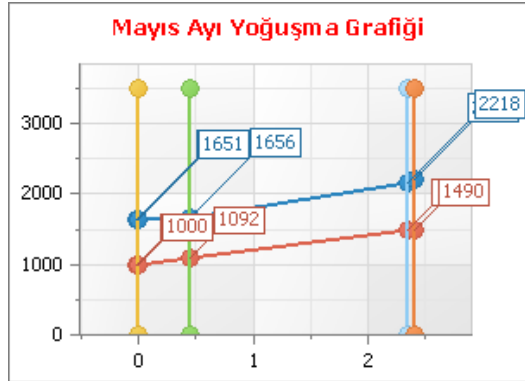
3_{Y-7} Duvar Kesitinin Basınç ve Sıcaklık Dağılımı Çizelgesi

	Kasım		Aralık		Ocak		Şubat	
	Sıcaklık Dağılımı (°C)	Basınç Dağılımı (Pa)	Sıcaklık Dağılımı (°C)	Basınç Dağılımı (Pa)	Sıcaklık Dağılımı (°C)	Basınç Dağılımı (Pa)	Sıcaklık Dağılımı (°C)	Basınç Dağılımı (Pa)
Dış Ortam	5,6	909	1,3	671	-0,3	596	0,1	615
Dış Yüzey	5,8	926	1,6	688	0,0	614	0,4	632
1.Yüzey (*)	5,9	934	1,8	696	0,2	622	0,6	640
2.Yüzey	16,6	1892	15,6	1774	15,2	1732	15,3	1742
3.Yüzey	17,8	2042	17,1	1960	16,9	1931	17,0	1938
İç Yüzey	18,3	2105	17,8	2040	17,6	2016	17,6	2022
İç Ortam	20	2337	20	2337	20	2337	20	2337

(*) Yoğuşmanın meydana geldiği yüzeyi göstermektedir.

* İç Yüzey Sıcaklığı 17°C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.





Kullanılan malzemeler (dıştan içe doğru):	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı(m):
1. Çimento Sıva	0 – 0,45
2. W Sınıfı Düşey Delikli İzotuğla	0,45 – 2,35
3. Hava Tabakası	2,35 – 2,4
4. Kartonlu Alçı Levha	2,4 – 2,544

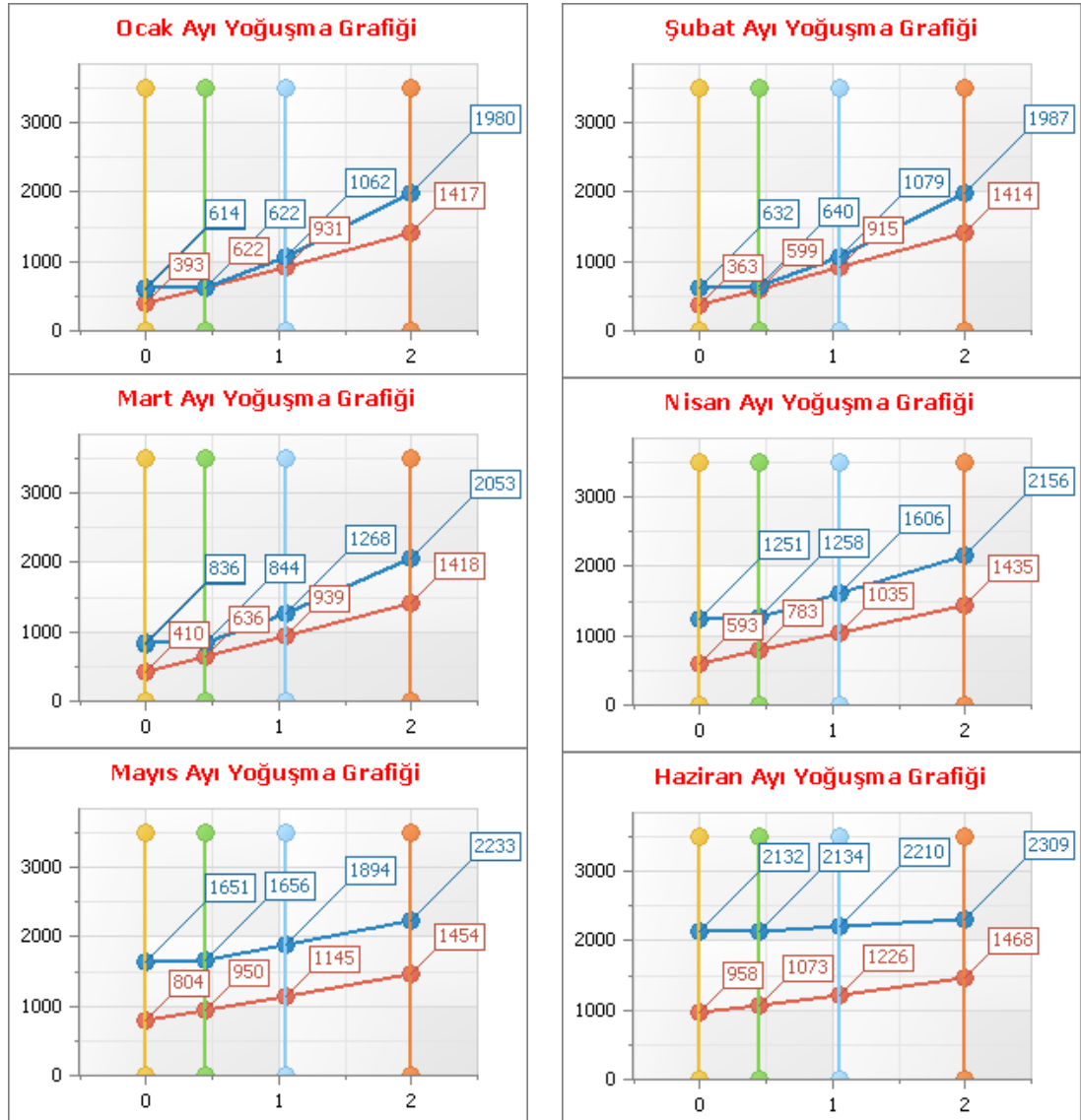
Çizelge 2: (3_{D-15}) Dıştan Yalıtımlı Duvarına Ait Yoğuşma Analizi

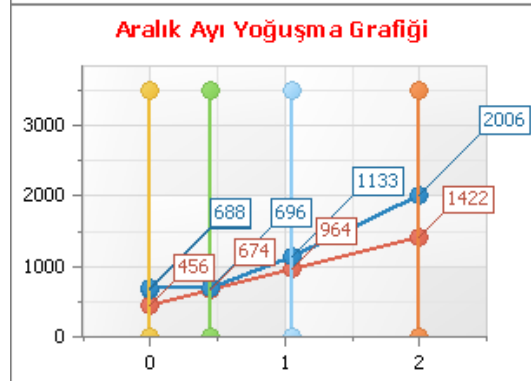
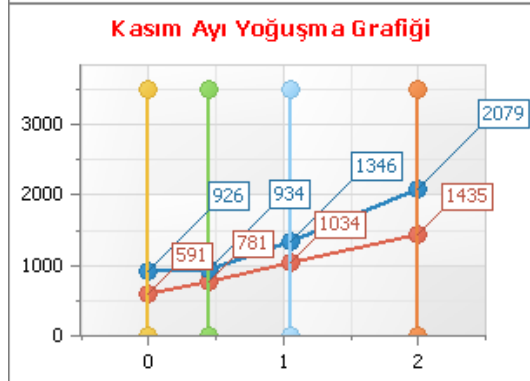
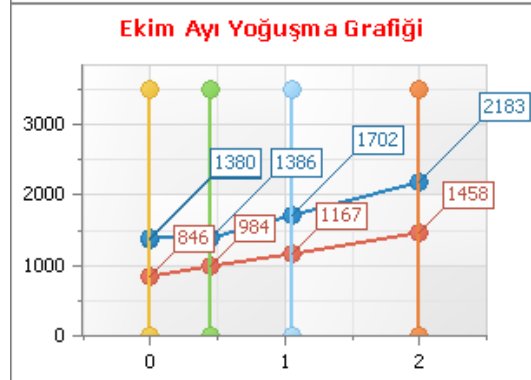
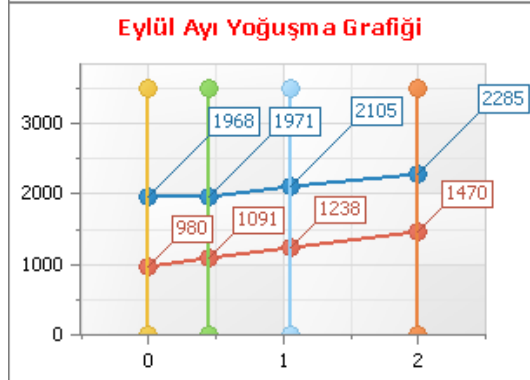
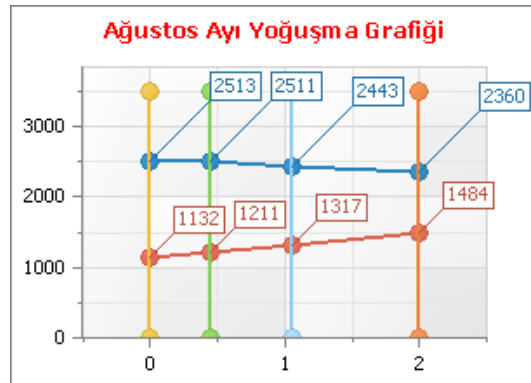
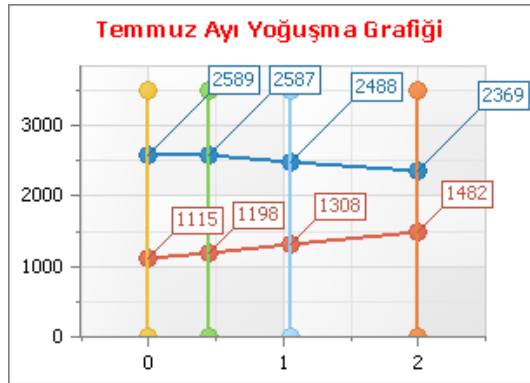
3_{D-15} Duvar Kesitinin Basınç ve Sıcaklık Dağılımı Çizelgesi

	Aralık		Ocak		Şubat	
	Sıcaklık Dağılımı (°C)	Basınç Dağılımı (Pa)	Sıcaklık Dağılımı (°C)	Basınç Dağılımı (Pa)	Sıcaklık Dağılımı (°C)	Basınç Dağılımı (Pa)
Dış Ortam	1,3	671	-0,3	596	0,1	615
Dış Yüzey	1,6	688	0,0	614	0,4	632
1.Yüzey (*)	1,8	696	0,2	622	0,6	640
2.Yüzey	8,8	1133	7,8	1062	8,0	1079
3.Yüzey	17,5	2006	17,3	1980	17,4	1987
İç Yüzey	17,8	2039	17,6	2015	17,6	2021
İç Ortam	20	2337	20	2337	20	2337

(*) Yoğuşmanın meydana geldiği yüzeyi göstermektedir.

*İç Yüzey Sıcaklığı 17°C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.





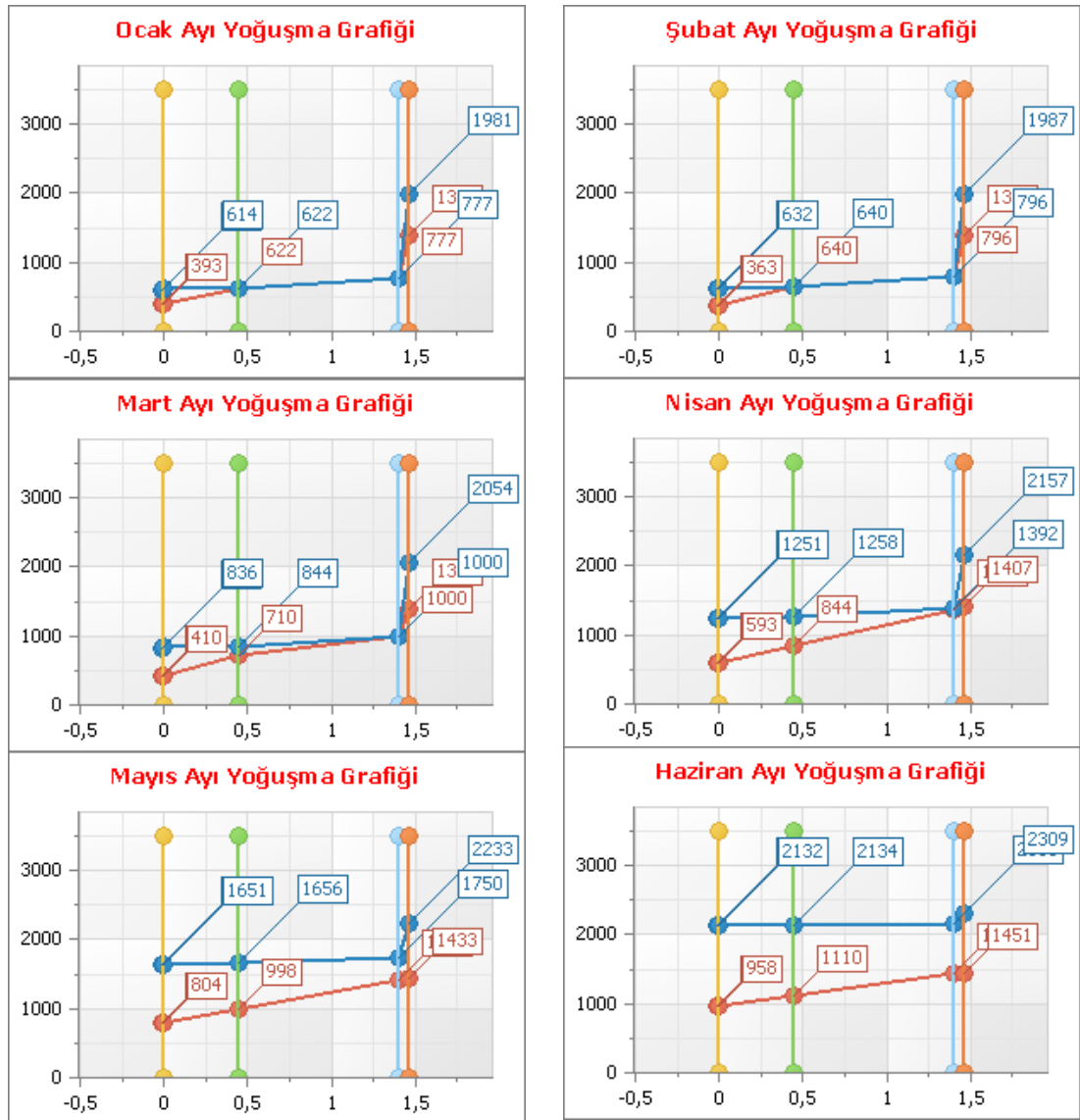
Kullanılan malzemeler (dıştan içe doğru):	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı(m):
1. Çimento Sıva	0 – 0,45
2. Poliüretan Köpük	0,45 – 1,05
3. İnce Derz.-Özel Yap. Uyg. Gaz beton	1,05 – 2
4. Alçı Sıva	2 – 2,2

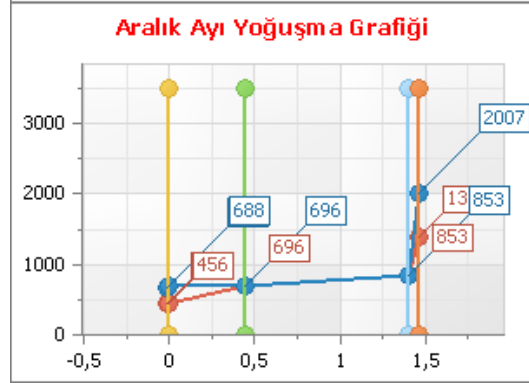
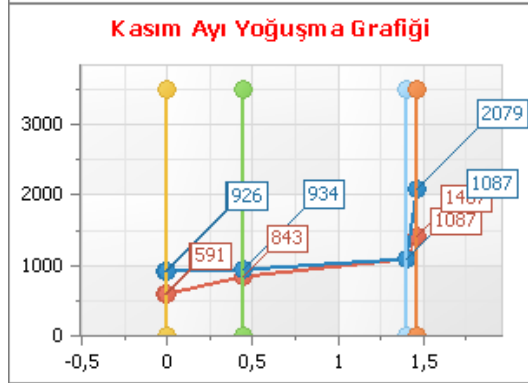
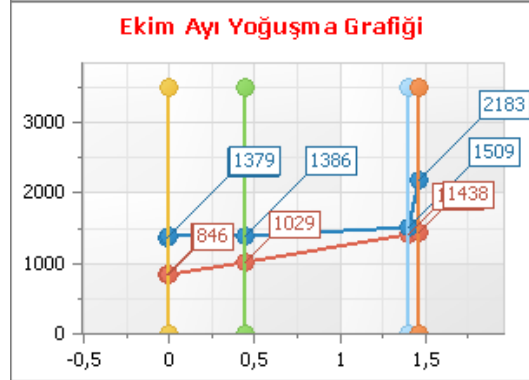
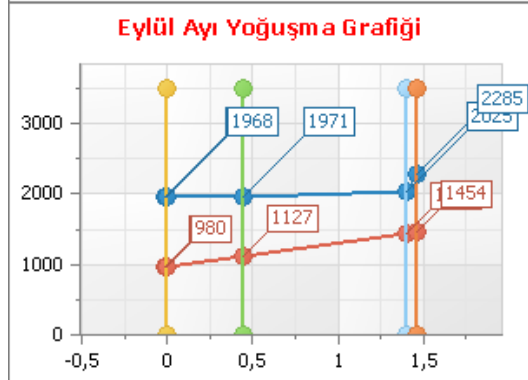
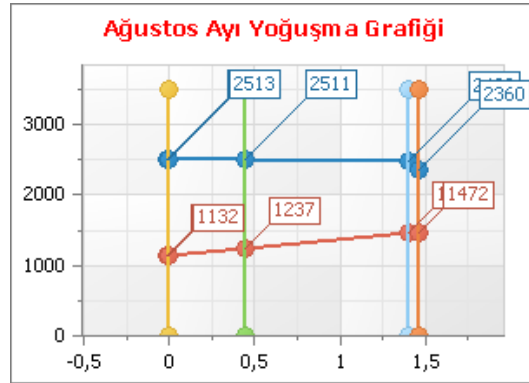
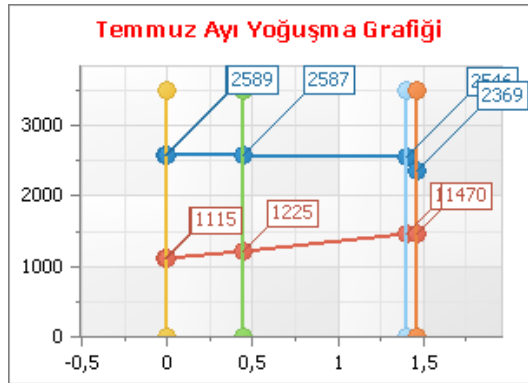
Çizelge 3: (3_{i-2}) İçten Yalıtımlı Duvarına Ait Yoğuşma Analizi

3 _{i-2} Duvar Kesitinin Basınç ve Sıcaklık Dağılımı Çizelgesi														
	Ekim		Kasım		Aralık		Ocak		Şubat		Mart		Nisan	
	Sıcaklık Dağılımı (°C)	Basınç Dağılımı (Pa)	Sıcaklık Dağılımı (°C)	Basınç Dağılımı (Pa)	Sıcaklık Dağılımı (°C)	Basınç Dağılımı (Pa)	Sıcaklık Dağılımı (°C)	Basınç Dağılımı (Pa)	Sıcaklık Dağılımı (°C)	Basınç Dağılımı (Pa)	Sıcaklık Dağılımı (°C)	Basınç Dağılımı (Pa)	Sıcaklık Dağılımı (°C)	Basınç Dağılımı (Pa)
Dış Ortam	11,6	1365	5,6	909	1,3	671	-0,3	596	0,1	615	4,1	819	10,1	1236
Dış Yüzey	11,7	1379	5,8	926	1,6	688	0,0	614	0,4	632	4,3	836	10,2	1251
1.Yüzey (*)	11,8	1386	5,9	934	1,8	696	0,2	622	0,6	640	4,5	844	10,3	1258
2.Yüzey (*)	13,1	1509	8,2	1087	4,6	853	3,3	777	3,6	796	6,9	1000	11,8	1392
3.Yüzey	18,9	2183	18,1	2079	17,5	2007	17,3	1981	17,4	1987	17,9	2054	18,7	2157
İç Yüzey	19,0	2199	18,3	2105	17,8	2039	17,6	2015	17,6	2021	18,1	2082	18,8	2175
İç Ortam	20	2337	20	2337	20	2337	20	2337	20	2337	20	2337	20	2337

* İç Yüzey Sıcaklığı 17°C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

(*) Yoğuşmanın meydana geldiği yüzeyi göstermektedir.





Kullanılan malzemeler (dıştan içe doğru):	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı(m):
1. Çimento Sıva	0 – 0,45
2. Poliüretan Köpük	0,45 – 1,05
3. İnce Derz.-Özel Yap. Uyg. Gaz beton	1,05 – 2

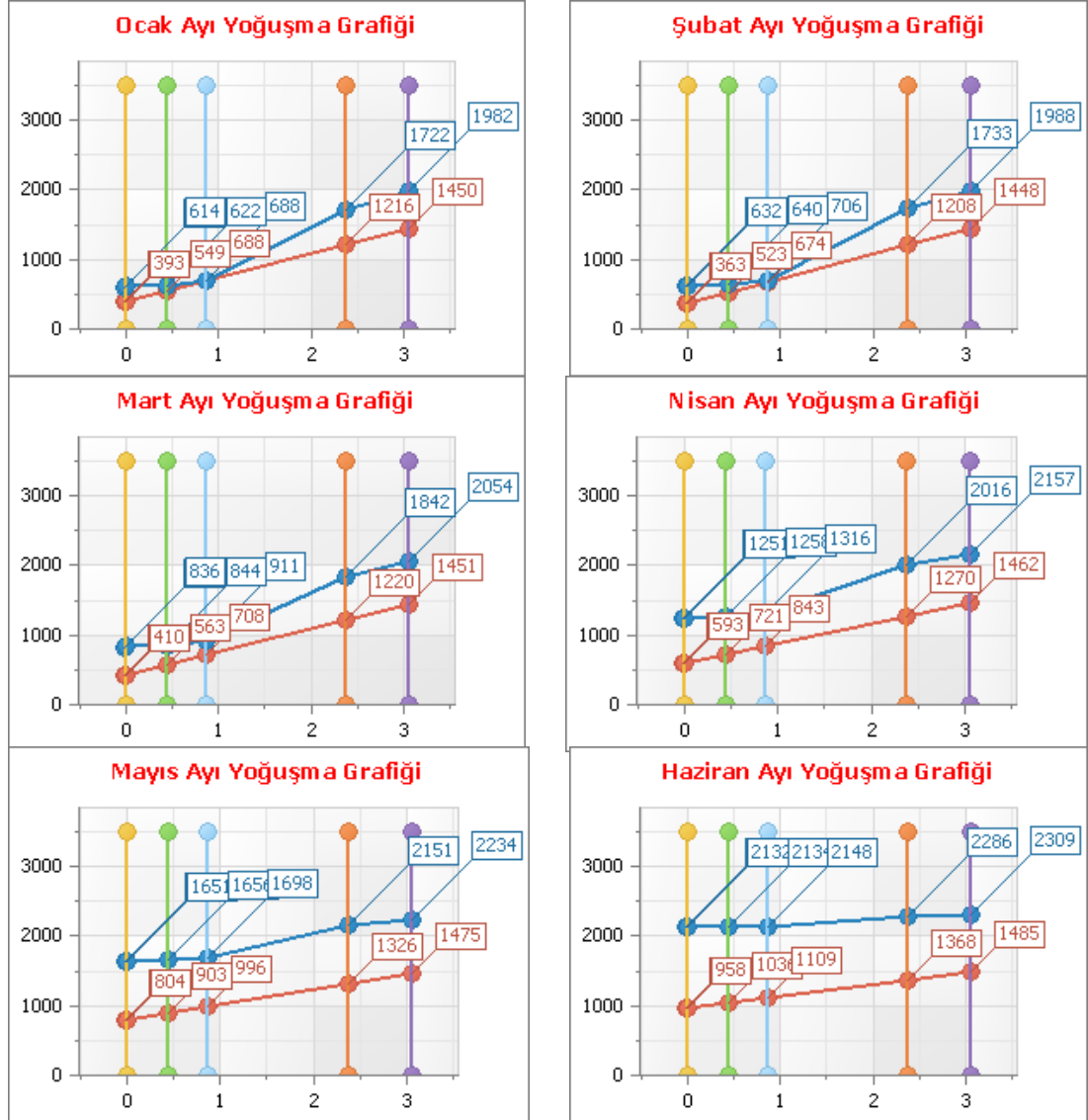
Çizelge 4: (3₀₋₃) Ortadan Yalıtımlı Duvarına Ait Yoğuşma Analizi

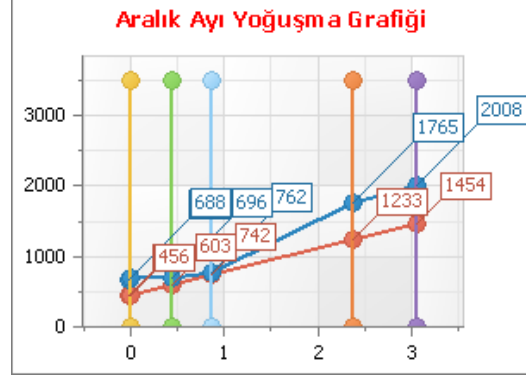
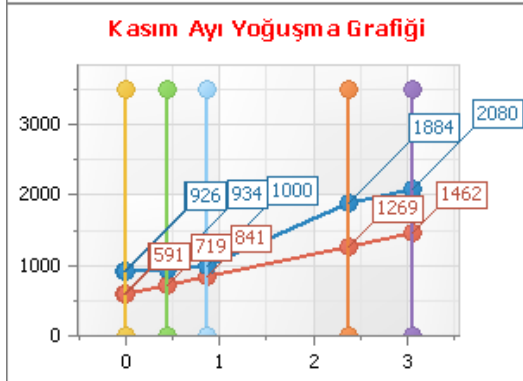
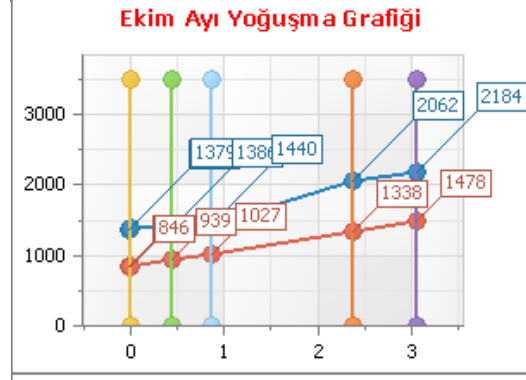
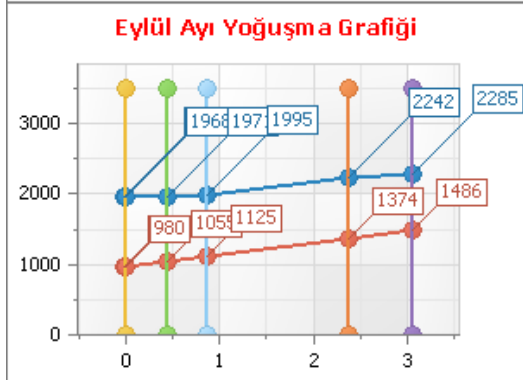
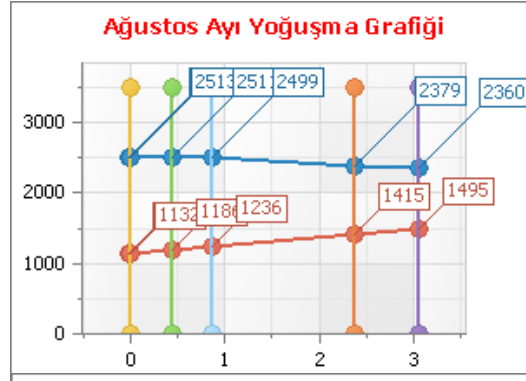
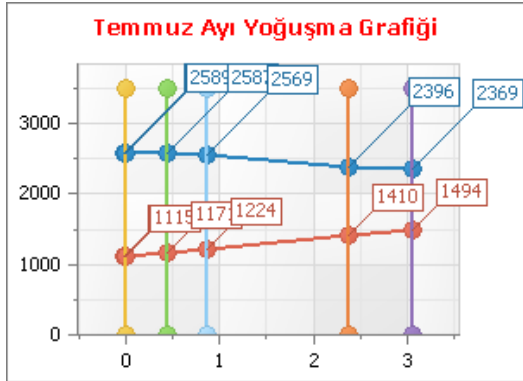
3₀₋₃ Duvar Kesitinin Basınç ve Sıcaklık Dağılımı Çizelgesi

	Aralık		Ocak		Şubat	
	Sıcaklık Dağılımı (°C)	Basınç Dağılımı (Pa)	Sıcaklık Dağılımı (°C)	Basınç Dağılımı (Pa)	Sıcaklık Dağılımı (°C)	Basınç Dağılımı (Pa)
Dış Ortam	1,3	671	-0,3	596	0,1	615
Dış Yüzey	1,6	688	0,0	614	0,4	632
1.Yüzey	1,8	696	0,2	622	0,6	640
2.Yüzey (*)	3,0	762	1,6	688	2,0	706
3.Yüzey	15,5	1765	15,1	1722	15,2	1733
4.Yüzey	17,5	2008	17,3	1982	17,4	1988
İç Yüzey	17,8	2040	17,6	2016	17,6	2022
İç Ortam	20	2337	20	2337	20	2337

(*) Yoğuşmanın meydana geldiği yüzeyi göstermektedir.

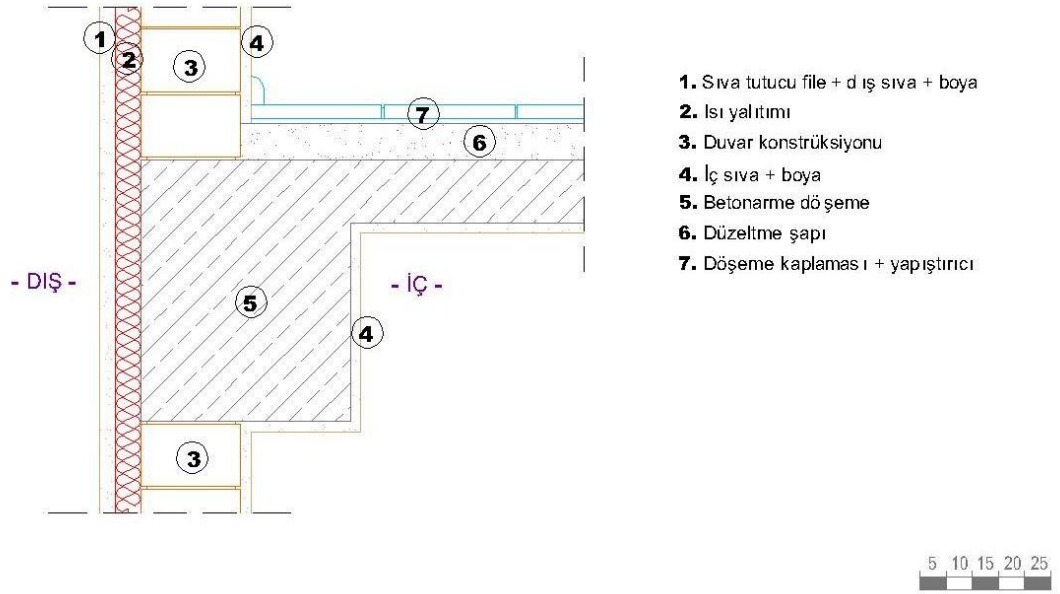
* İç Yüzey Sıcaklığı 17°C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.



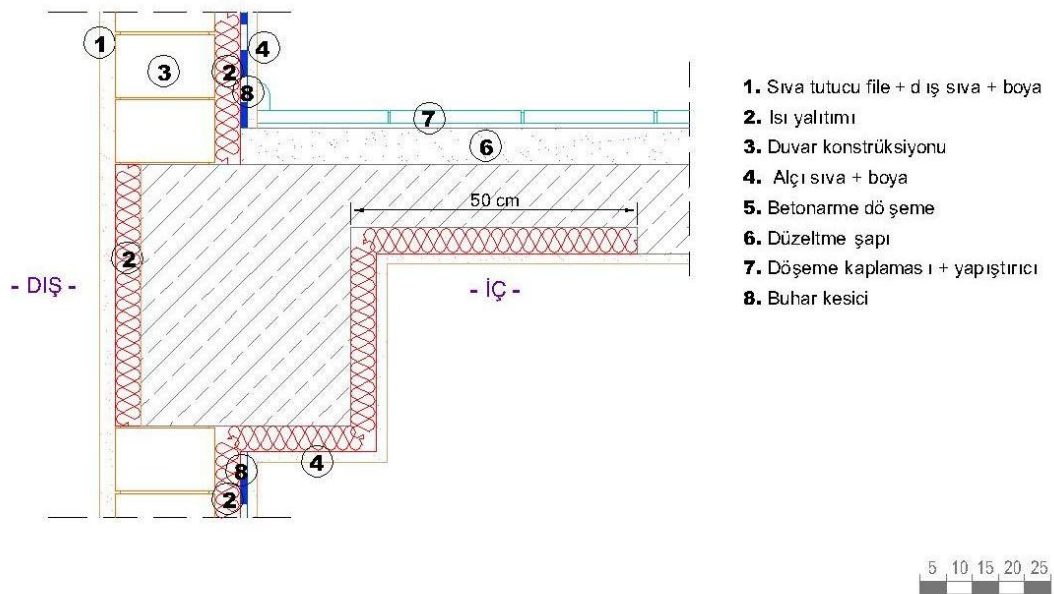


Kullanılan malzemeler (dıştan içe doğru):	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı(m):
1. Çimento Sıva	0 – 0,45
2. Dolu veya Düşey Delikli Tuğla	0,45 – 0,875
3. Genleştirilmiş Polistiren Köpük	0,875 – 2,375
4. Dolu veya Düşey Delikli Tuğla	2,375 – 3,05
5. Alçı Sıva	3,05 – 3,25

EK G: Mevzuata Uygun Yalıtım Katmanlaşması [2]

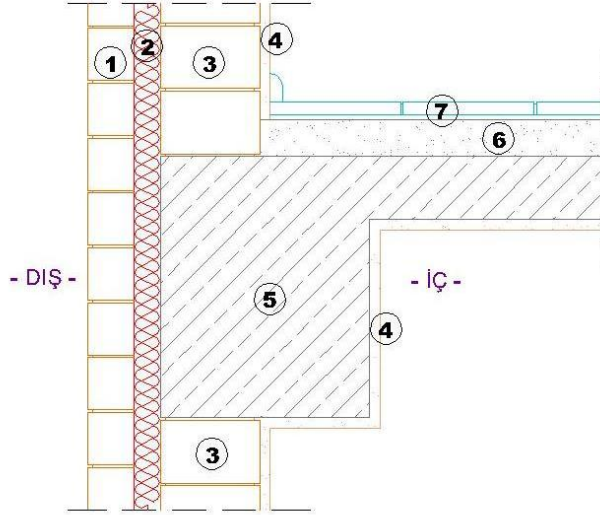


Şekil G.1: Dıştan Yalıtımlı Duvar - Detay A1



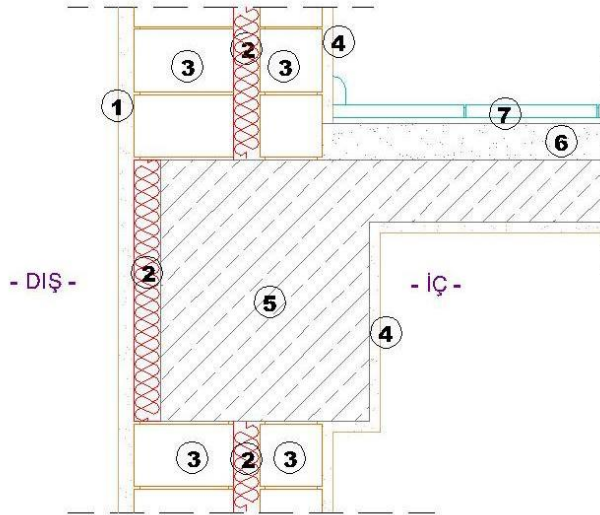
Şekil G.2: İçten Yalıtımlı Duvar - Detay A2

- BÜTÜN YALITIM -



1. Pres tuğla
2. Isı yalıtımı
3. Duvar konstrüksiyonu
4. İç sıva + boya
5. Betonarme döşeme
6. Düzeltme şapı
7. Döşeme kaplaması + yapıştırıcı

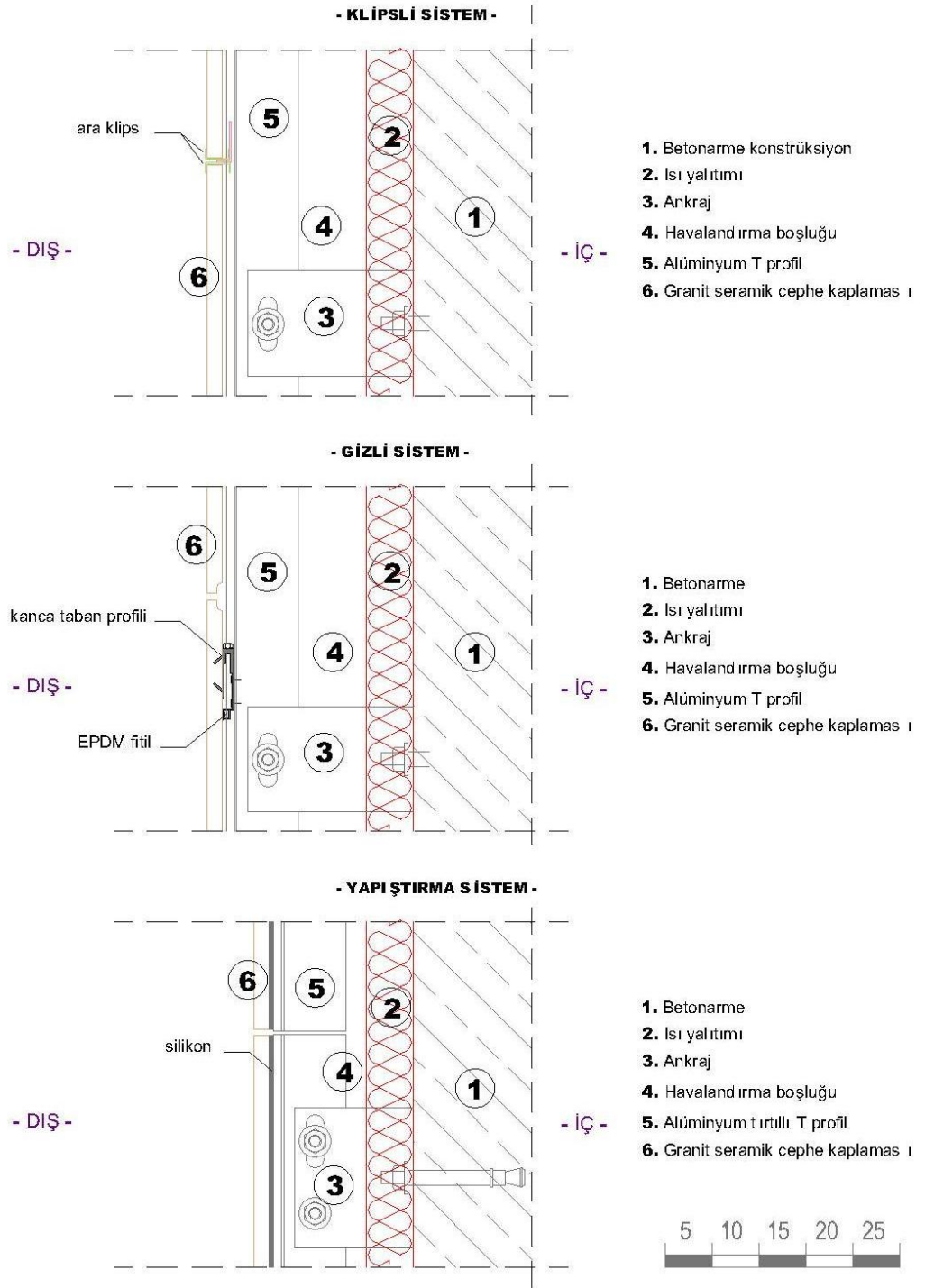
- PARÇALI YALITIM -



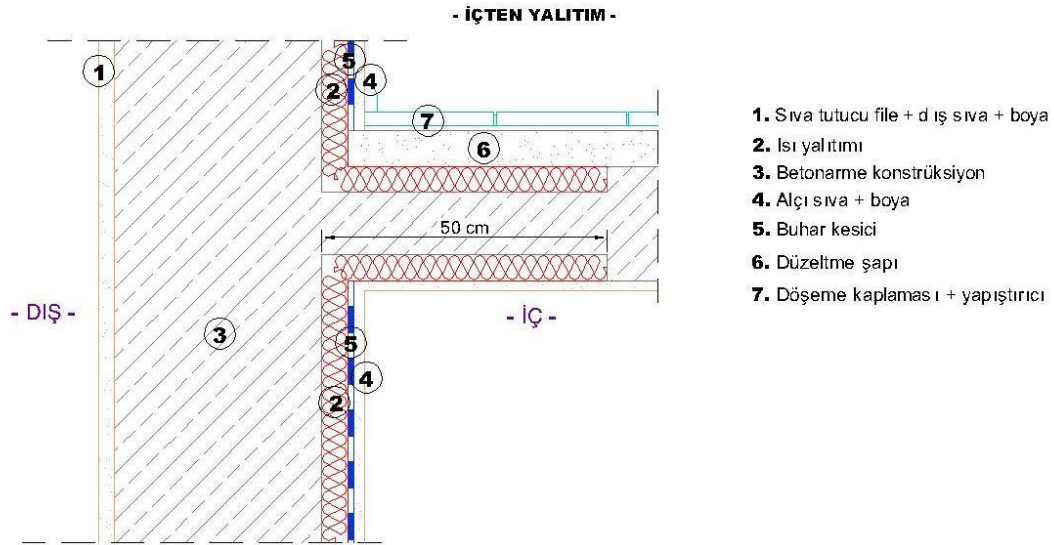
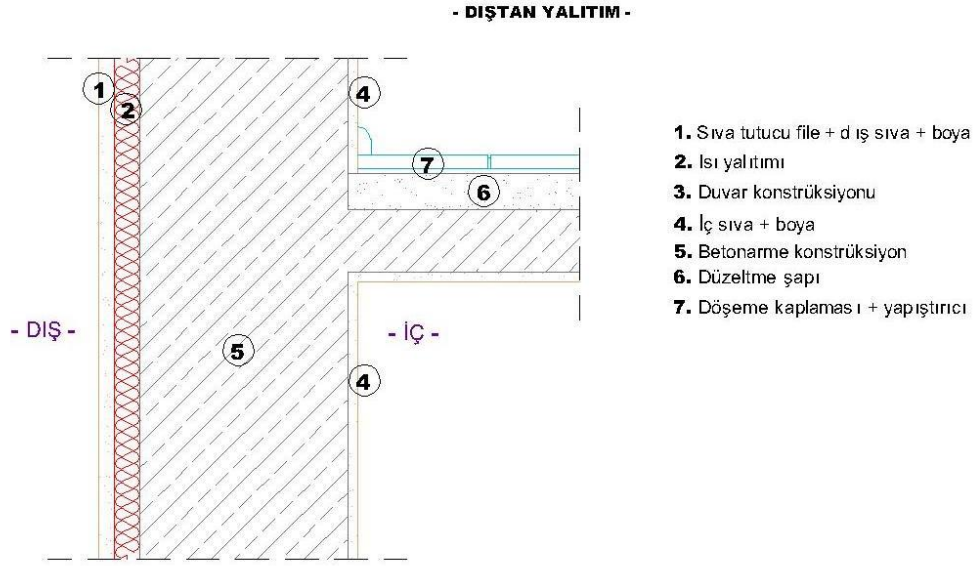
1. Sıva tutucu file + dış sıva + boya
2. Isı yalıtımı
3. Duvar konstrüksiyonu
4. İç sıva + boya
5. Betonarme döşeme
6. Düzeltme şapı
7. Döşeme kaplaması + yapıştırıcı



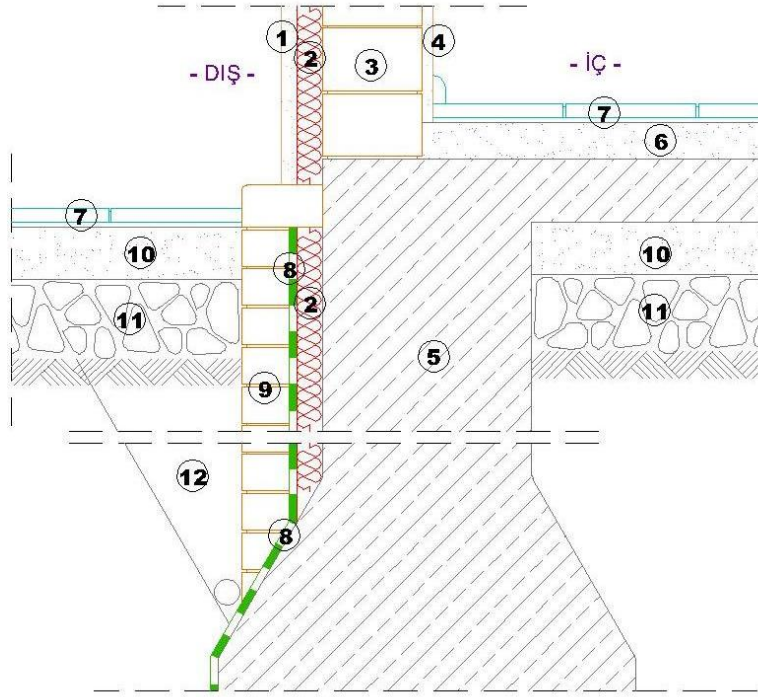
Şekil G.3: Ortadan Yalıtımlı Duvar - Detay A3



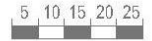
Şekil G.4: Ortadan Yalıtımlı Duvar - Detay A4



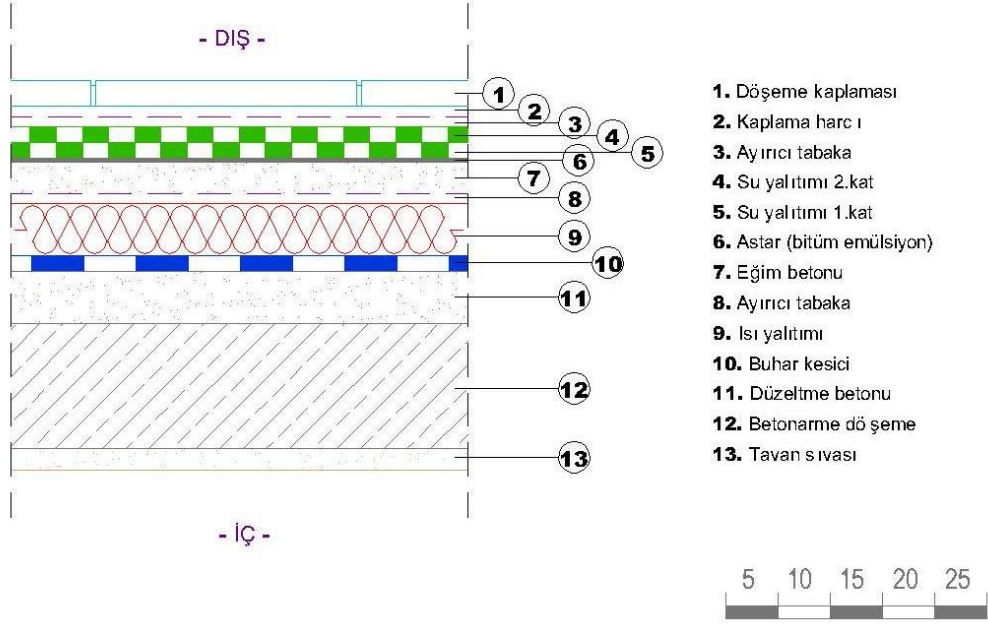
şekil G.5: Betonarme Kolon-Perde Duvar - Detay A5



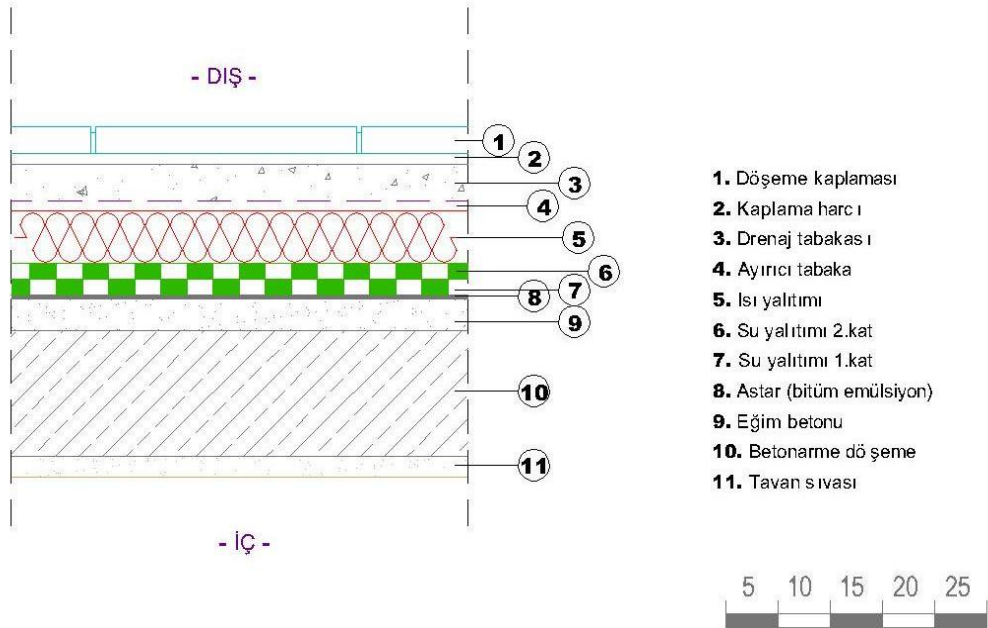
1. Sıva tutucu file + dış sıva + boya
2. Isı yalıtımı
3. Duvar konstrüksiyonu
4. İç sıva + boya
5. Betonarme konstrüksiyon - temel
6. Düzeltme şapı
7. Döşeme kaplaması + yapıştırıcı
8. Su yalıtımı
9. Baskı duvarı
10. Grobeton
11. Blokaj
12. Drenaj



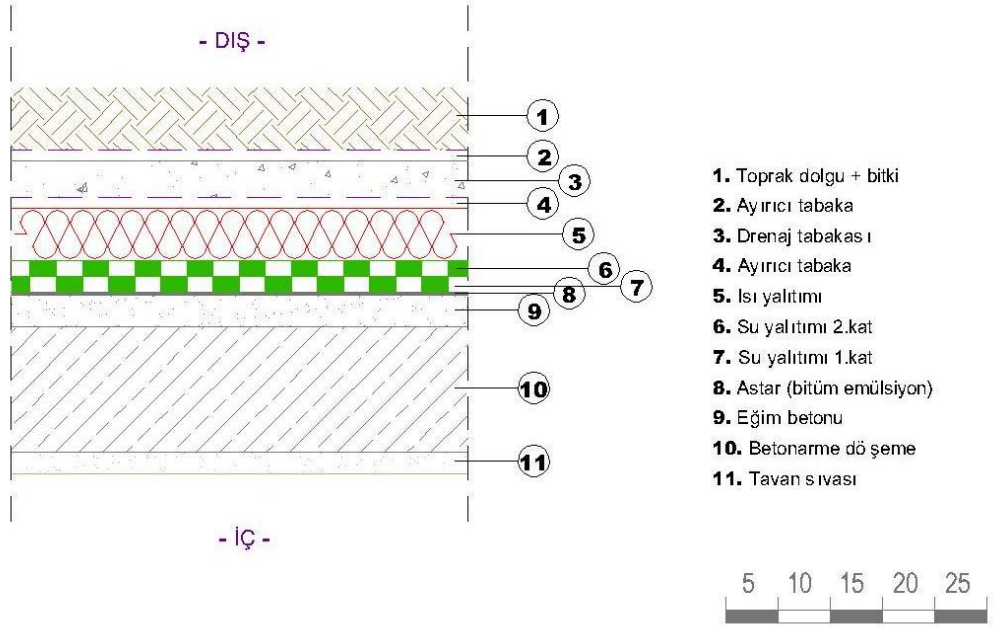
Şekil G.6: Toprak Temaslı Betonarme Perde Duvar - Detay A6



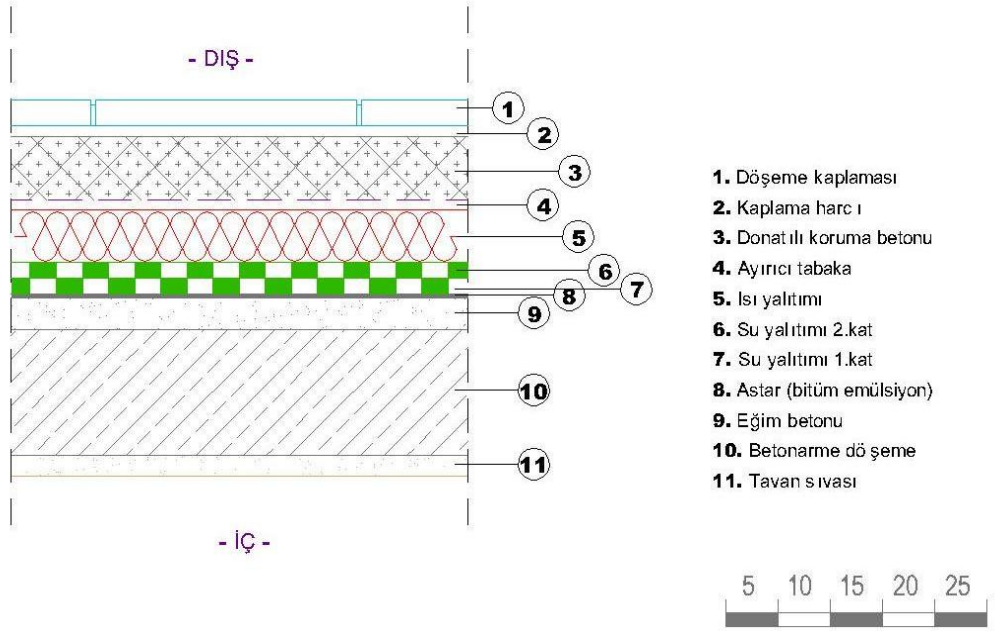
Şekil G.7: Yürünen Teras Çatılar - Detay B1



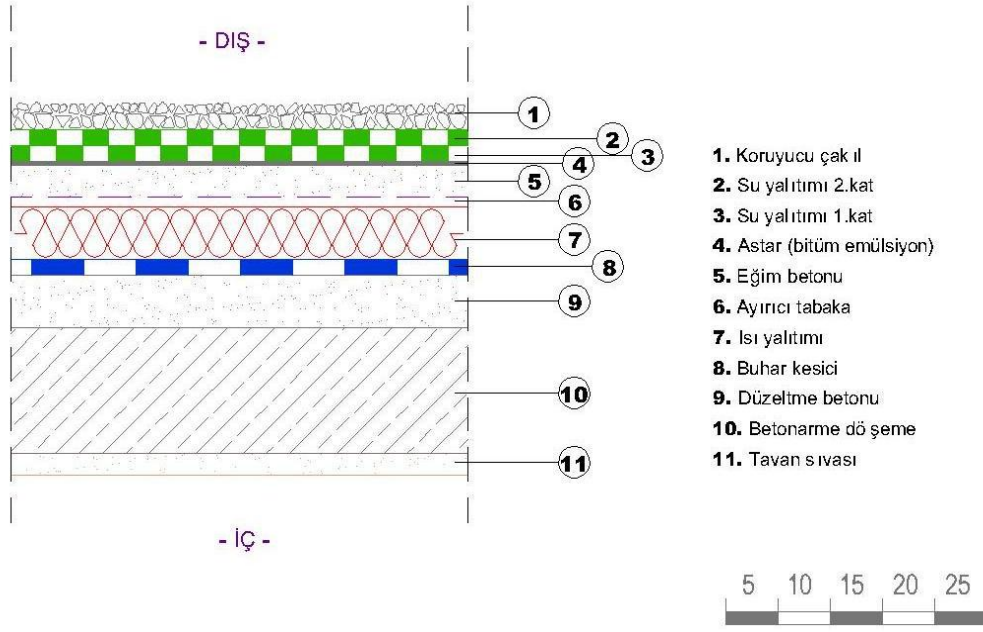
Şekil G.8: Yürünen Ters Teras Çatılar - Detay B2



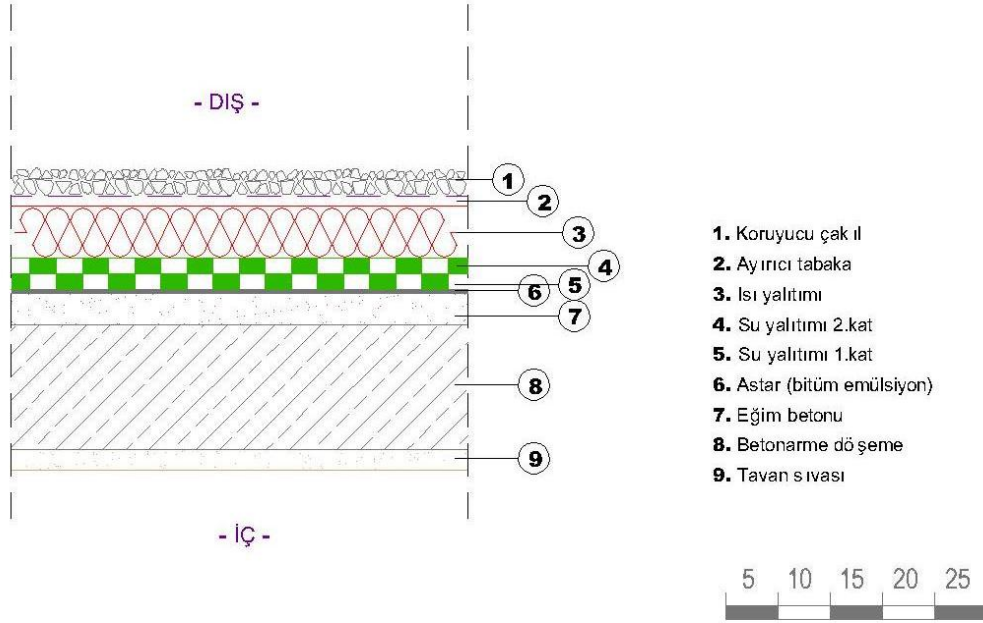
Şekil G.9: Yürünen Bahçe Teras Çatılar - Detay B3



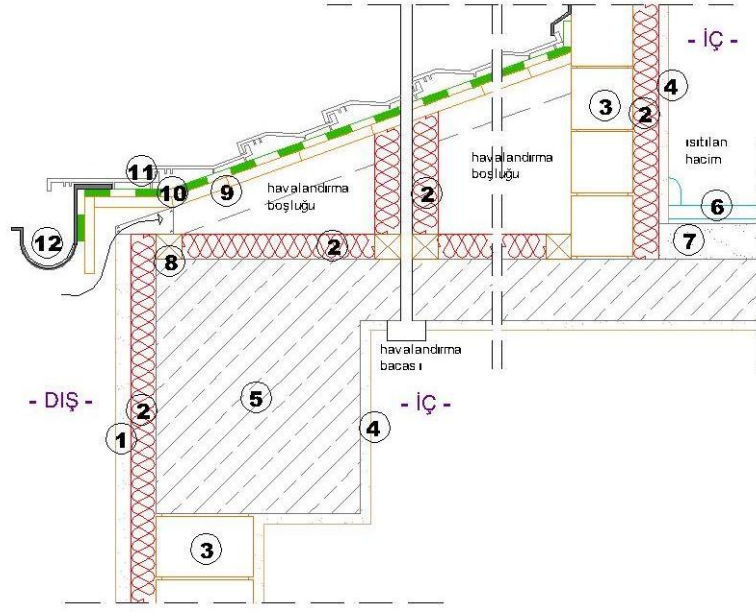
Şekil G.10: Yürünen Otopark Çatılar - Detay B4



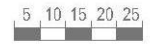
Şekil G.11: Yürünmeyen Teras Çatılar - Detay B5



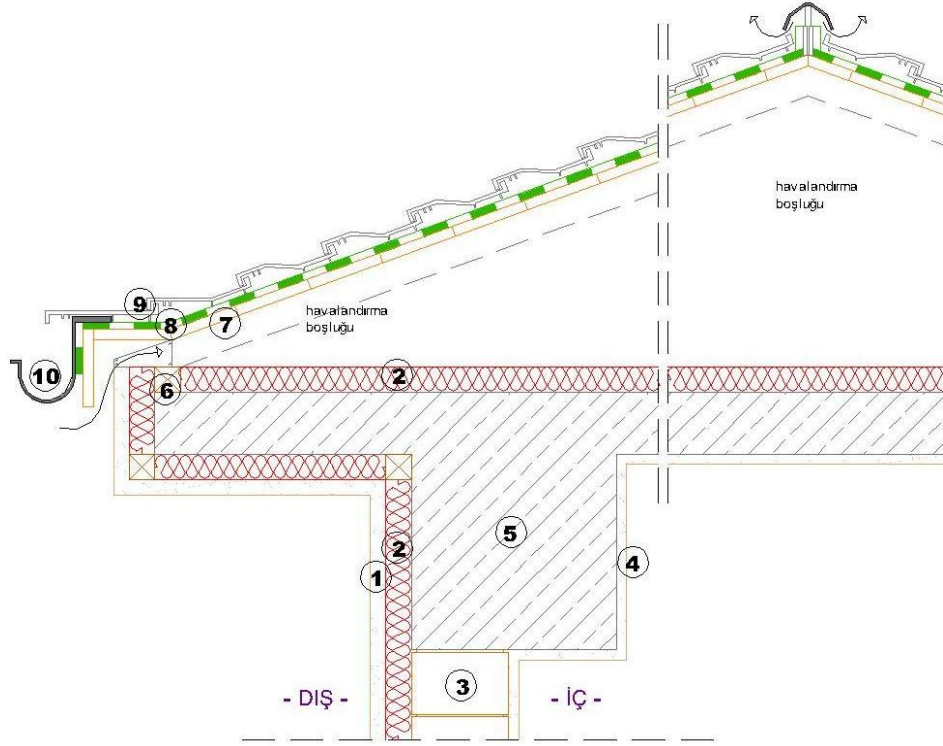
Şekil G.12: Yürünmeyen Ters Teras Çatılar - Detay B6



1. Sıva tutucu file + dış sıva + boya
2. Isı yalıtımı
3. Duvar konstrüksiyonu
4. İç sıva + boya
5. Betonarme döşeme
6. Döşeme kaplaması + yapıştırıcı
7. Düzeltme şapı
8. Yastık
9. Çatı tahtası
10. Su yalıtımı
11. Çatı örtüsü
12. Yağmur oluğu



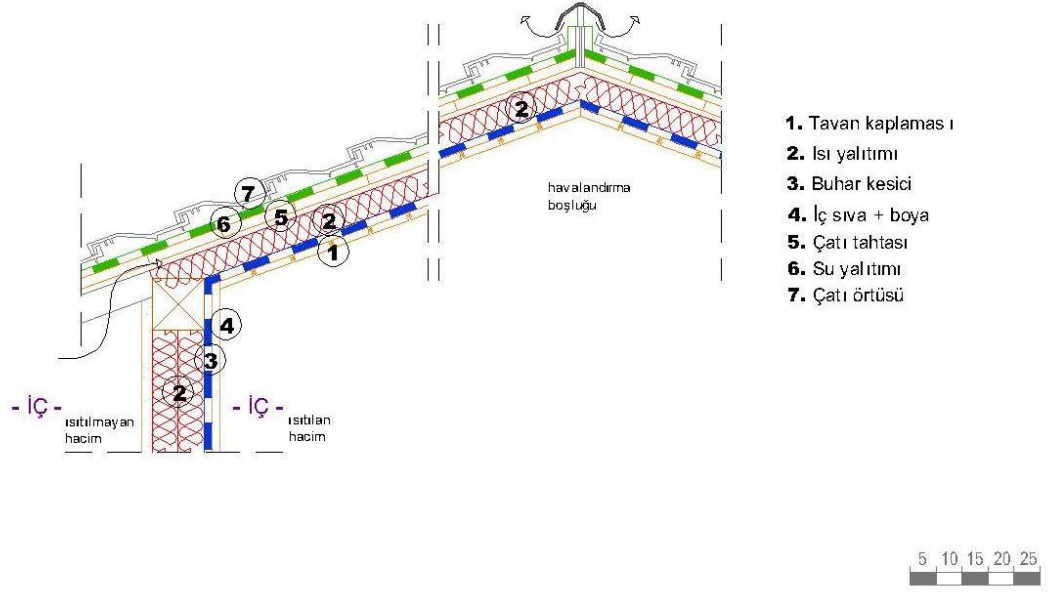
Şekil G.13: Çatı Arası Kullanılmayan Tek Yönlü Kıрма Çatılar - Detay C1



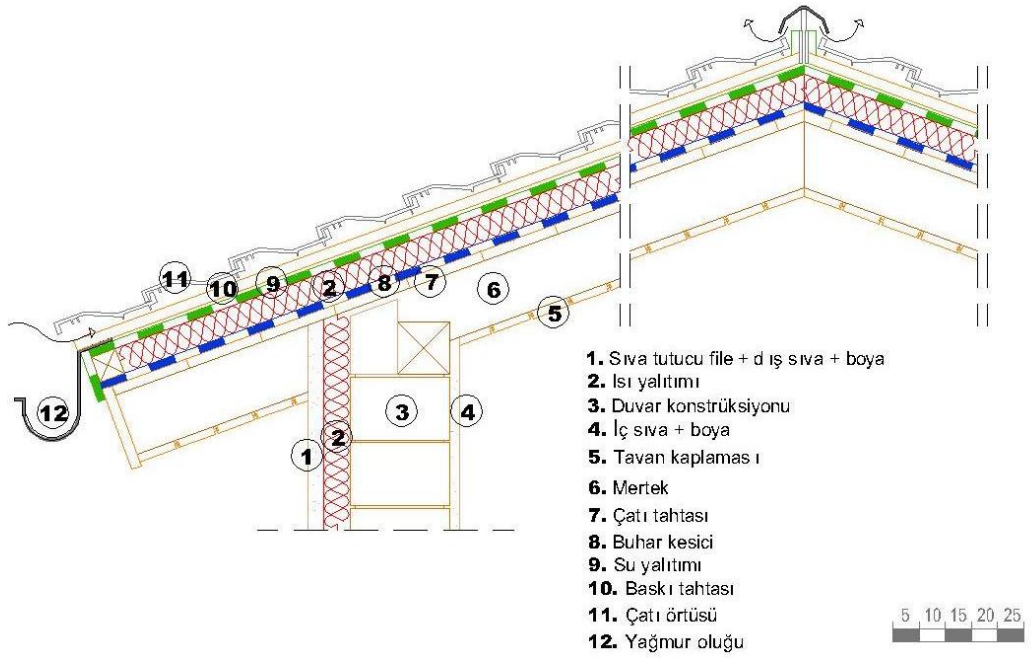
1. Sıva tutucu file + d iş sıva + boya
2. Isı yalıtımı
3. Duvar konstrüksiyonu
4. İç sıva + boya
5. Betonarme döşeme
6. Yastık
7. Çatı tahtası
8. Su yalıtımı
9. Çatı örtüsü
10. Yağmur oluğu



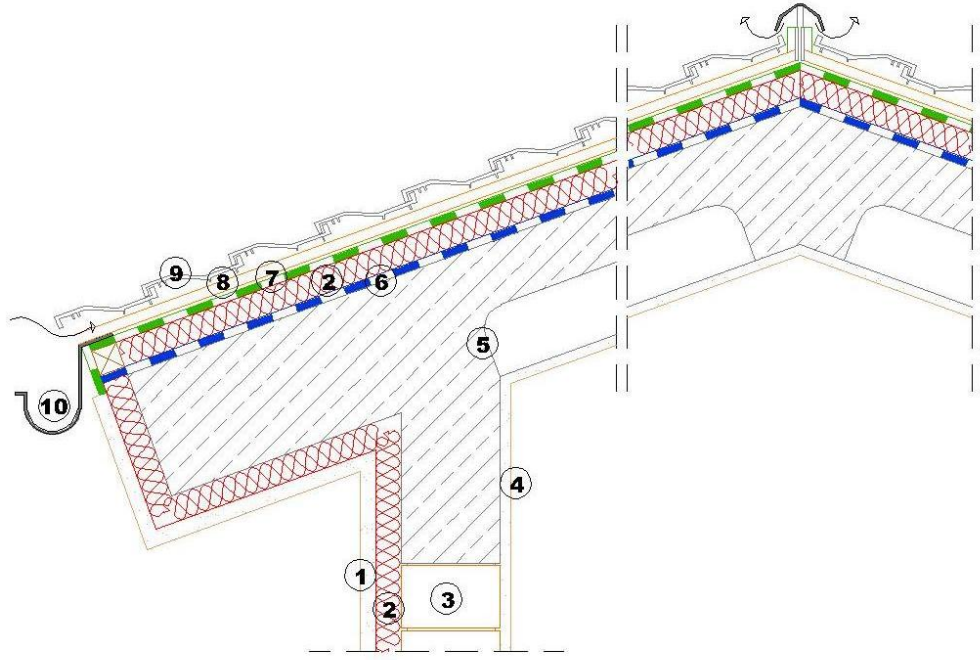
Şekil G.14: Çatı Arası Kullanılmayan Çift Yönlü Kıрма Çatılar - Detay C2



Şekil G.15: Çatı Arası Kullanılan Çift Yönlü Kıрма Çatılar - Detay C3



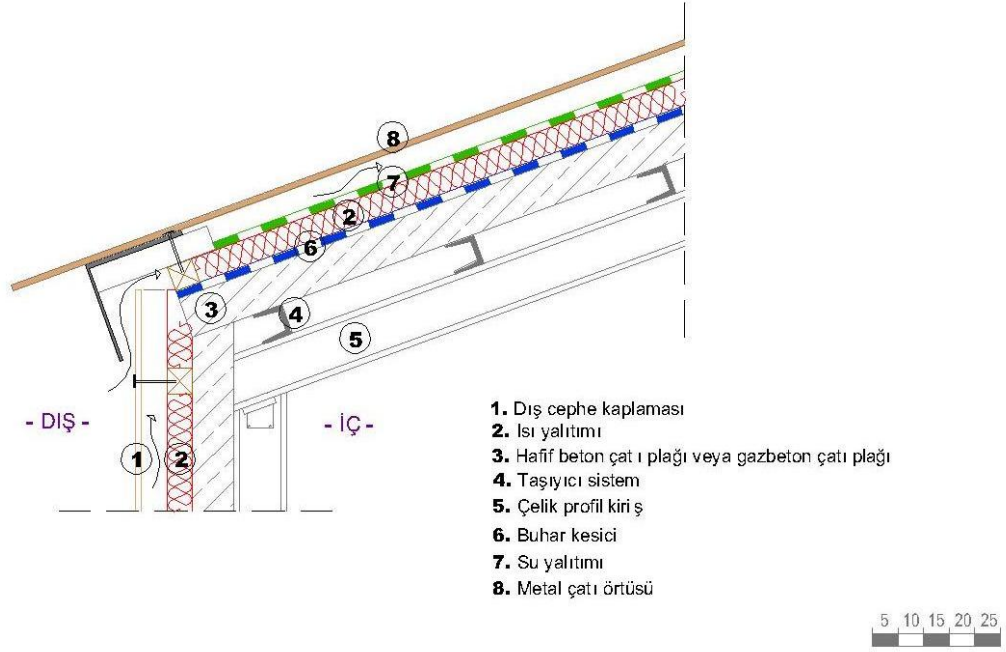
Şekil G.16: Çatı Arası Kullanılan Isı Yalıtımı Mertek-Çatı Tahtası Üzerinde Yer Alan Çatılar - Detay C4



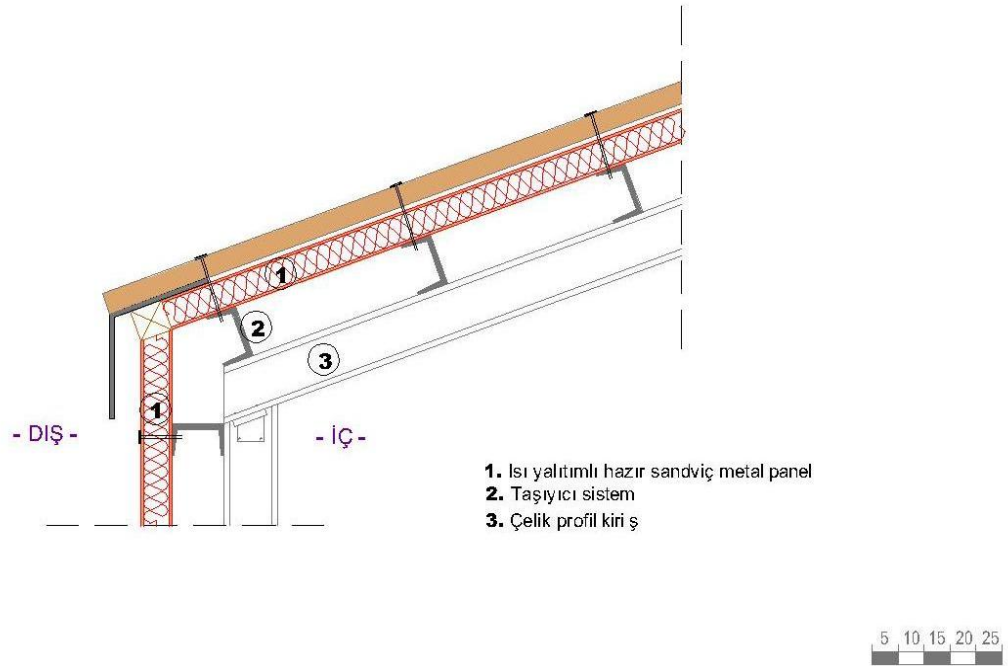
1. Sıva tutucu file + d iş sıva + boya
2. Isı yalıtımı
3. Duvar konstrüksiyonu
4. İç sıva + boya
5. Betonarme plak / asmolon döşeme / gazbeton çatı paneli
6. Buhar kesici
7. Su yalıtımı
8. Baskı tahtası
9. Çatı örtüsü
10. Yağmur oluğu

5 10 15 20 25

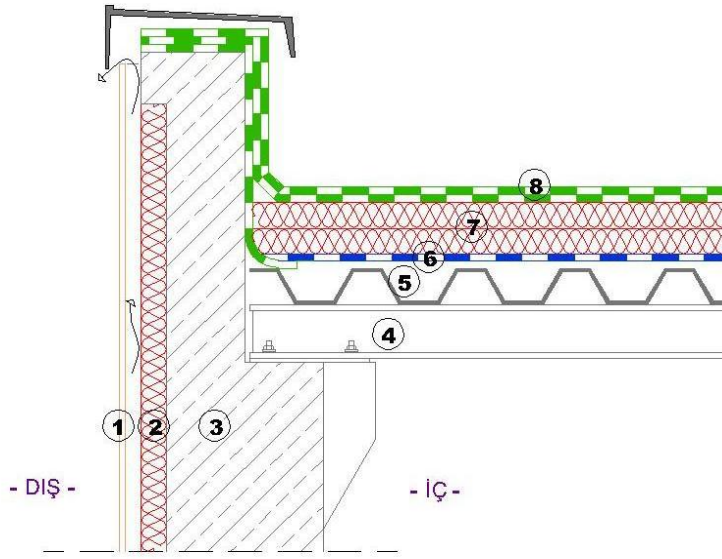
Şekil G.17: Çatı Arası Kullanılan – Isı Yalıtımı Çatı Paneli Üzerinde Yer Alan Çatılar - Detay C5



Şekil G.18: Eğimli Metal Çatılar - Detay D1



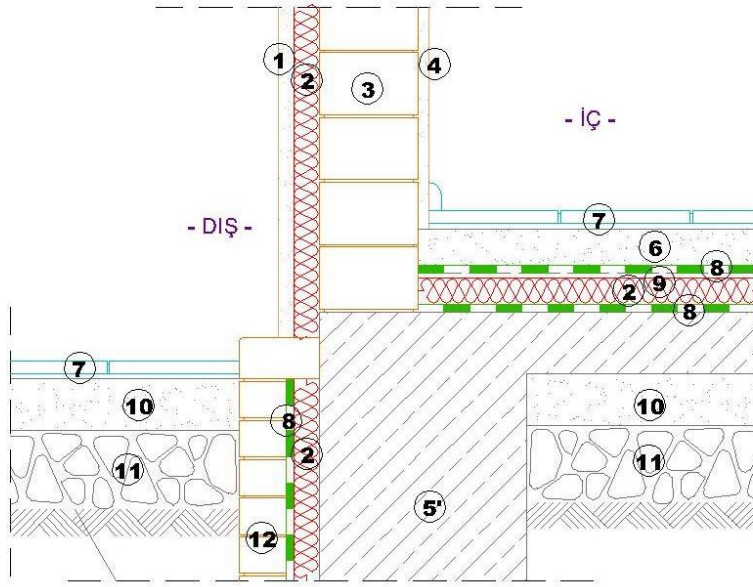
Şekil G.19: Eğimli – Isı Yalıtımlı Hazır Sandviç Panel Çatılar - Detay D2



1. Dış cephe kaplaması
2. Isı yalıtımı
3. Betonarme parapet duvar ı
4. Çelik profil kiriş
5. Trapez metal örtü
6. Buhar kesici
7. 2kat şaşırıtmalı ısı yalıtımı
8. Mineral kaplı veya UV dayanımlı su yalıtımı

5 10 15 20 25

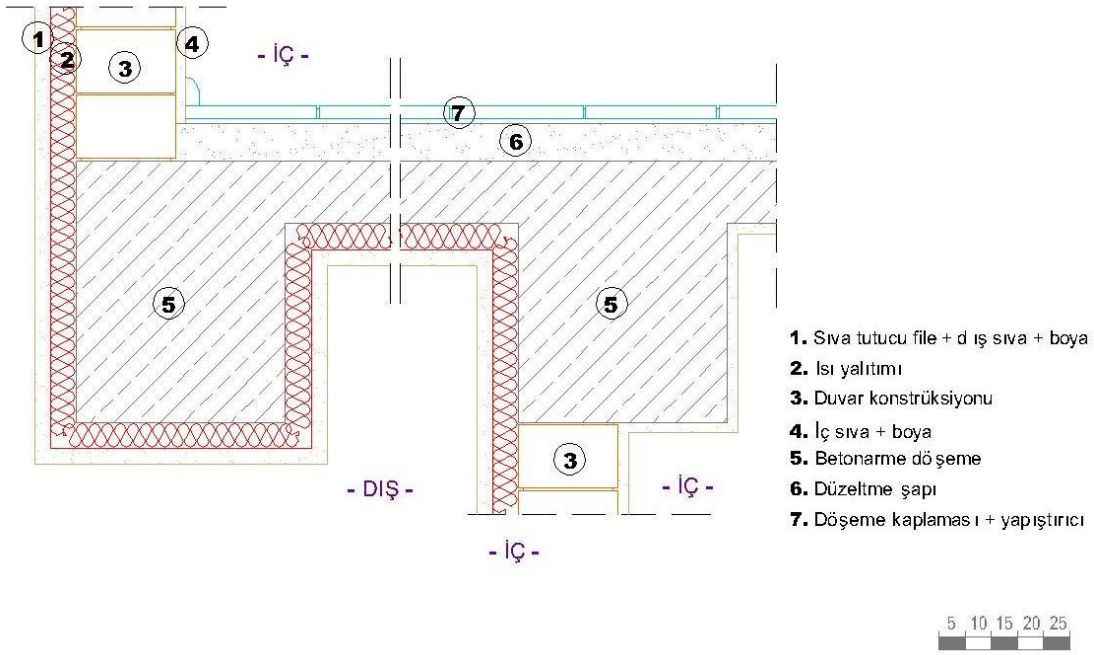
Şekil G.20: Düşük Eğimli – Düz Metal Çatılar - Detay D3



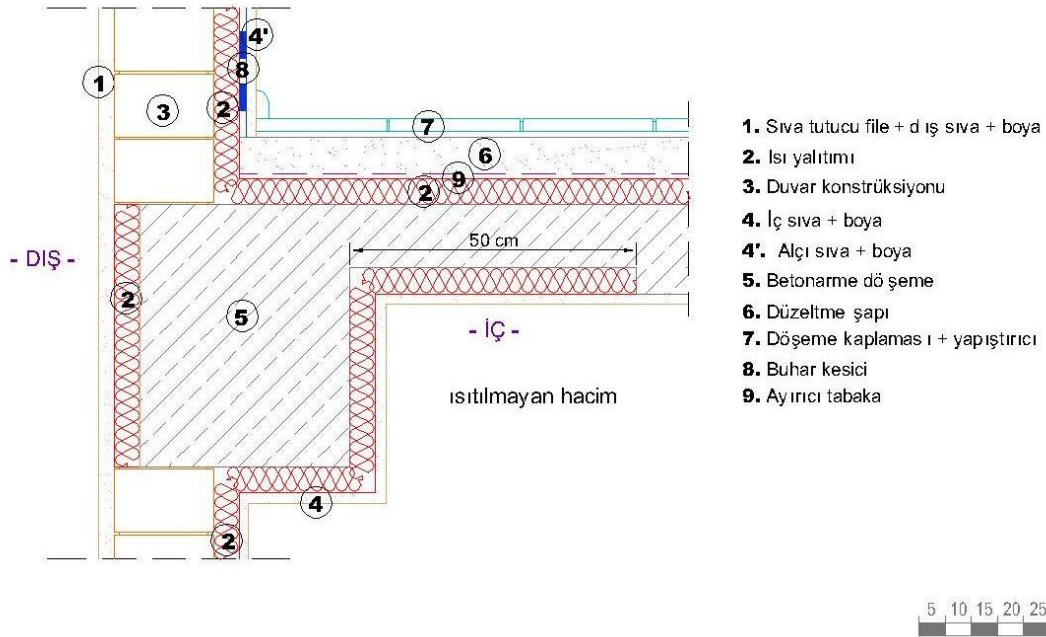
1. Sıva tutucu file + d iş sıva + boya
2. Isı yalıtımı
3. Duvar konstrüksiyonu
4. İç sıva + boya
- 5'. Betonarme konstrüksiyon - temel
6. Düzeltme şapı
7. Döşeme kaplaması + yapıştırıcı
8. Su yalıtımı
9. Ayırıcı tabaka
10. Grobeton
11. Blokaj
12. Baskı duvarı

5 10 15 20 25

Şekil G.21: Zemine Oturan Döşemeler - Detay E1

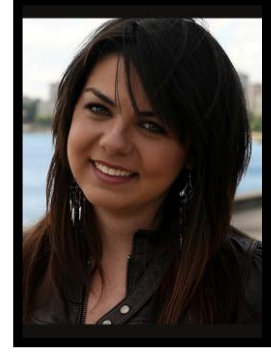


Şekil G.22: Konsol Döşemeler - Detay E2



Şekil G.23: Isıtılmayan Kat Üzeri Döşemeler - Detay E3

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Selen Ülker

Doğum Yeri ve Tarihi: İstanbul – 25.01.1984

Adres: Maltepe - İstanbul

Lisans Üniversitesi: Trakya Üniversitesi

