

SİVAS İÇİN FARKLI YALITIM
MALZEMELERİNİN ISI KAYBINA OLAN
ETKİLERİNİN DENEYSEL VE SAYISAL
OLARAK İNCELENMESİ

FERHAT KILINÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
2011

CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SİVAS İÇİN FARKLI YALITIM MALZEMELERİNİN
ISI KAYBINA OLAN ETKİLERİNİN DENEYSEL VE
SAYISAL OLARAK İNCELENMESİ

FERHAT KILINÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. ERTAN BUYRUK

SİVAS
2011

Bu alışma Cumhuriyet Üniversitesi Fen/Sağlık Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanmış ve jürimiz tarafından Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan Yrd. Doç. Dr. Hülya DOĞAN

Üye Yrd. Doç. Dr. Ahmet FERTELLİ

Üye (Danışman) Prof. Dr. Ertan BUYRUK

ONAY

Bu tez çalışması,/..../2011 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulu tarafından belirlenen ve yukarıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mustafa DEĞİRMENCİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 24.09.2008 tarihli ve 009 sayılı toplantısında kabul edilen Fen/Sağlık Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu adlı yönergeye göre hazırlanmıştır.

ÖZET

SİVAS İÇİN FARKLI YALITIM MALZEMELERİNİN ISI KAYBINA OLAN ETKİLERİNİN DENEYSEL VE SAYISAL OLARAK İNCELENMESİ

FERHAT KILINÇ

Yüksek Lisans Tezi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ertan BUYRUK

2011, 118 sayfa

Bu çalışmada, farklı ısı yalıtım malzemelerinin deneysel incelemeleri ve sayısal modelleme yapılarak hesaplamaları yapılmıştır. Yaklaşık 30 m² alana sahip bir bina inşa edilmiş ve farklı günlerde, farklı iç ve dış ortam sıcaklıklarında termal görüntüleri çekilmiştir. Binanın her bir duvarında farklı bir uygulama yapılmıştır. Elde edilen görüntüler, kullanılan programlarla analiz edilmiştir. Binanın sayısal incelemesi, Fluent programıyla 3 boyutlu modeli oluşturularak yapılmıştır. Farklı iç ve dış ortam sıcaklıklarının iç ve dış yüzey sıcaklıklarına etkileri, farklı ısı yalıtım malzemelerinin farklı ortam sıcaklıklarında davranışları, aynı yalıtım malzemesinin farklı duvar pozisyonlarında kullanılması, bims tuğlanın yalıtımlı yalıtımsız olarak karşılaştırılması, ısı yalıtımının ısı köprülerine etkisi, farklı pencere tiplerinin karşılaştırılması, içten, dıştan ve sandviç duvar uygulamalarının kıyaslanması bu çalışmanın temel konularındandır. Yapılan tüm bu çalışmalar sonucunda; Sivas ili için farklı yalıtım malzemelerinin ısı kaybına olan etkilerinin deneysel ve sayısal olarak incelenmesi amaçlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Isı yalıtımı, fluent, termal görüntüleme.

ABSTRACT

EXPERIMENTAL AND NUMERICAL INVESTIGATION OF EFFECTS FOR DIFFERENT INSULATION MATERIALS ON HEAT LOSS FOR SIVAS

FERHAT KILINÇ

Master of Science Thesis, Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ertan BUYRUK

2011, 118 pages

In the present study, experimental investigations and numerical modeling were made of different insulation materials. A building was constructed with an area of approximately 30 m², thermal images were taken on different days, at different internal and external ambient temperatures. Each walls of the building were constructed in a different application. The resulting images have been analyzed by using program. Numerical review of the building, were made by using Fluent program with creating 3-dimensional model. and The effects of internal and external surface temperatures at different indoor and outdoor temperatures, different behaviors of insulation materials at different ambient temperatures, using of insulation material at different positions on the wall, as a comparison of pumice bricks with and without insulation, effect of heat insulation to thermal bridges, comparison of different types of windows, comparison of internal, external and sandwich wall applications are the base subjects of this study. The results of all these studies were to aim experimental and numerical investigations of the effect on heat loss of different insulation materials for the province of Sivas.

Key words: Heat insulation, fluent, thermal imaging.

TEŞEKKÜR

Tezim başta olmak üzere yapmıŐ olduğum tüm çalışmalar boyunca her anlamda desteğini esirgemeyen, danıŐmanım saygıdeğer hocam Prof. Dr. Ertan BUYRUK 'a tez boyunca yaptığı katkıları, sabır ve anlayıŐı, bana inanıp, güvendiği ve her konuda, her zaman yanımda olduğu için sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

Bana inanan, güvenen, maddi ve manevi her zaman yanımda olan aileme ve bölüm hocalarıma da desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
TABLolar DİZİNİ	xii
SİMGELER DİZİNİ	xiii

1 GİRİŞ	1
1.1 Giriş	1
1.2 Literatür Taraması.....	3
2 ISI YALITIMI VE KONUTLARDAKİ UYGULAMALARI	9
2.1 Giriş	9
2.2 Isı Yalıtımı ve Önemi	11
2.3 Çevre, Sağlık ve Güvenlik Açısından Yalıtım.....	12
2.4 Isı Yalıtım Malzemeleri	15
2.4.1 Temel Özellikleri.....	15
2.5 Isı Yalıtım Malzemeleri	17
2.5.1 Camyünü	17
2.5.2 Taşyünü	18
2.5.3 Ekstrude Polistren Köpük (XPS).....	18
2.5.4 Ekspande Polistren Köpük (EPS).....	19
2.5.5 Poliüretan	19
2.5.6 Odun Talaşı Levhalar	19
2.5.7 Cam Köpüğü	20
2.6 Duvarlarda Isı Yalıtımı	20
2.6.1 Uygulama Prensipleri	20
2.6.2 Dıştan Isı Yalıtımı	22
2.6.2.1 Kolonlar Arası Duvar.....	24
2.6.2.2 Havalandırmasız Duvar.....	24
2.6.2.3 Isı Yalıtımsız Duvar	24
2.6.2.4 Kiriş Isı Yalıtımlı Duvar	25
2.6.2.5 Tam Isı Yalıtımlı Duvar.....	25
2.6.2.6 Havalandırmalı Duvar.....	25
2.6.2.7 Yığma Dış Kaplamalı Duvar.....	26
2.6.2.8 Izgaralı veya Profilli Levha Kaplamalı Duvar.....	26
2.6.2.9 Dış Kaplamalı Isı Yalıtımlı Duvar	26
2.6.2.10 Kolonlar Önü Duvar.....	26
2.6.2.11 Isı Yalıtımsız Duvar	27
2.6.2.12 Kenar Isı Yalıtımlı Duvar	27
2.6.2.13 Tam Isı Yalıtımlı Duvar	27
2.6.3 Dış Duvarlarda Ortadan (Sandviç) Isı Yalıtımı.....	27
2.6.4 İçten Isı Yalıtımı.....	31
2.6.5 Bodrum ve Temel Perdelerde Isı Yalıtımı	33
2.6.5.1 Isıtılan Bodrum	34
2.6.5.2 Isıtılmayan Bodrum	34

2.6.6 Döşemelerde Isı Yalıtımı	34
2.6.6.1 Zemine Oturan Döşemelerde Isı Yalıtımı	36
2.6.6.2 Zemine Oturmayan Döşeme	37
2.7 TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” Standardı ve Son Gelişmeler	38
2.7.1 Giriş	38
2.7.2 Standardın Amacı	39
2.7.3 Standardın Uygulama Alanı	39
2.7.4 Standardın Genel Esasları	40
2.7.5 Standardın Gelişim Süreci	41
2.7.6 Son Gelişmeler	42
3 KULLANILAN SAYISAL YÖNTEM VE ÖLÇÜM YÖNTEMİ	45
3.1 Kullanılan Sayısal Yöntem	45
3.1.1 Sonlu Hacimler Yöntemi	45
3.1.2 Sonlu Hacimler Formülasyonları	47
3.1.2.1 Kütleinin Korunumu	47
3.1.2.2 Momentumun Korunumu	48
3.1.2.3 Enerjinin Korunumu	48
3.1.2.4 Duvarlardaki Isı Transferi için Enerji Denklemi	49
3.2 Kullanılan Ölçüm Yöntemi	50
3.2.1 Kızılötesi	50
3.2.2 Termografi	50
3.2.2.1 Pasif ve Aktif Termografi	51
3.2.2.2 Kızılötesi Film ve Termografi Arasındaki Fark	52
3.2.2.3 Termografinin Avantajları	52
3.2.2.4 Uygulama Alanları	53
4 UYGULAMALI ISI YALITIM EVİ PROJESİ	54
4.1 Giriş	54
4.2 Binanın Tanıtılması	54
4.3 Kullanılan Malzemeler	58
4.4 Isıtma Sistemi ve Güneş Panelleri	60
5 SONUÇLAR	61
5.1 Deneysel Sonuçların Analizleri	61
5.1.1 Farklı Yalıtım Uygulamalarının IR Analizleri	64
5.2 Sayısal Sonuçların Analizleri	78
5.2.1 Farklı Yalıtım Uygulamalarının Fluent Analizleri	80
5.3 Deneysel ve Sayısal Sonuçların Karşılaştırılması	86
6 SONUÇLAR VE ÖNERİLER	91
KAYNAKLAR	95
ÖZGEÇMİŞ	98
EKLER	99

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 İç ortam ve iç yüzey sıcaklıkları ısıl konfor etkileşimi	9
Şekil 2.2 Konutlarda ısı yalıtımı yapılması gereken noktalar.....	10
Şekil 2.3 Atmosferdeki CO ₂ oranının yıllara göre değişimi	12
Şekil 2.4 Oda sıcaklığının çalışma verimine etkisi.....	13
Şekil 2.5 Noktasal yapıştırma metodu	21
Şekil 2.6 Dişi mala metodu.....	21
Şekil 2.7 Dübel şeması.....	22
Şekil 2.8 Dıştan ısı yalıtım detayı.....	22
Şekil 2.9 Kiriş önü ve sandviç ısı yalıtımlı detay	23
Şekil 2.10 İçten ısı yalıtımlı duvar ve köşe detayı.....	24
Şekil 2.11 Havalandırılmalı duvar detayı	25
Şekil 2.12 Sandviç duvar yalıtım detayı	27
Şekil 2.13 İçten ısı yalıtım detayı	32
Şekil 2.14 Bodrum ve temel perdelerde ısı yalıtımı detayı.....	33
Şekil 2.15 Döşemelerde ısı yalıtımı detayı	34
Şekil 2.16 Zemine oturan döşemelerde ısı yalıtımı detayı.....	36
Şekil 3.1 Problemin örnek yapı şekli ve sınır koşullarının gösterimi	49
Şekil 4.1 Binanın yapım aşamaları	55
Şekil 4.1 Binanın yapım aşamaları (Devamı).....	56
Şekil 4.2 Binanın tamamlanmış hali (Kuzey ve Güney Cephesi).....	57
Şekil 4.3 Binanın mimari planı	58
Şekil 4.4 Binada kullanılan yalıtım malzemeleri, duvar ve pencereler	58
Şekil 5.1 Binanın güney cephe termal görüntüsü ($T_{iç}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{dış}=-2\text{ }^{\circ}\text{C}$).....	62
Şekil 5.2 Binanın güney cephe termal görüntüsü ($T_{iç}=22\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{dış}=-4\text{ }^{\circ}\text{C}$).....	62
Şekil 5.3 Binanın kuzey cephe termal görüntüsü ($T_{iç}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{dış}=-2\text{ }^{\circ}\text{C}$).....	63
Şekil 5.4 Binanın kuzey cephe termal görüntüsü ($T_{iç}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{dış}=-6\text{ }^{\circ}\text{C}$).....	64
Şekil 5.5 Kuzey cephe 5 cm dıştan yalıtım uygulaması ($T_{iç}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{dış}=-6\text{ }^{\circ}\text{C}$).....	64
Şekil 5.6 Kuzey cephe 5 cm dıştan yalıtım uygulaması ($T_{iç}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{dış}=-6\text{ }^{\circ}\text{C}$).....	65
Şekil 5.7 Kuzey cephe 5 cm dıştan yalıtım uygulaması ($T_{iç}=25\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{dış}=-7\text{ }^{\circ}\text{C}$).....	65
Şekil 5.8 Kuzey cephe 5 cm dıştan yalıtım uygulaması ($T_{iç}=15\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{dış}=-5\text{ }^{\circ}\text{C}$).....	66
Şekil 5.9 Kuzey cephe 6 cm sandviç duvar yalıtım uygulaması ($T_{iç}=25\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{dış}=-7\text{ }^{\circ}\text{C}$).....	66

Şekil 5.10 Güney cephe 5 cm sandviç duvar yalıtım uygulaması ($T_{iç}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{dış}=-6\text{ }^{\circ}\text{C}$).....	67
Şekil 5.11 Güney cephe yalıtımsız ve yalıtımlı bims duvar yalıtım uygulaması ($T_{iç}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{dış}=-6\text{ }^{\circ}\text{C}$).....	68
Şekil 5.12 Kuzey cephe 5 cm dıştan yalıtım uygulaması ($T_{iç}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{dış}=-6\text{ }^{\circ}\text{C}$).....	68
Şekil 5.13 Kuzey cephe 5 cm dıştan yalıtım uygulaması ($T_{iç}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{dış}=-6\text{ }^{\circ}\text{C}$).....	69
Şekil 5.14 Kuzey cephe 8 cm dıştan yalıtım uygulaması ($T_{iç}=15\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{dış}=-8\text{ }^{\circ}\text{C}$).....	70
Şekil 5.15 Kuzey cephe 8 cm dıştan yalıtım uygulaması ($T_{iç}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{dış}=-2\text{ }^{\circ}\text{C}$).....	70
Şekil 5.16 Kuzey cephe 6 cm sandviç duvar yalıtım uygulaması ($T_{iç}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{dış}=-6\text{ }^{\circ}\text{C}$).....	71
Şekil 5.17 Batı cephe içten yalıtım uygulaması ($T_{iç}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{dış}=-6\text{ }^{\circ}\text{C}$).....	71
Şekil 5.18 Güneybatı cephe yalıtımsız ve yalıtımlı kolon uygulaması ($T_{iç}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{dış}=-6\text{ }^{\circ}\text{C}$).....	72
Şekil 5.19 Güney cephe yalıtımsız ve yalıtımlı bims duvar yalıtım uygulaması ($T_{iç}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{dış}=-6\text{ }^{\circ}\text{C}$).....	73
Şekil 5.20 Boya renginin yüzeysel sıcaklık dağılımlarına etkisi.....	74
Şekil 5.21 Yüzeysel sıcaklık dağılımları için model duvar görüntüsü.....	75
Şekil 5.22 Farklı iç ve dış ortam şartlarında 5 cm dıştan yalıtım için yüzeysel sıcaklık dağılımları.....	75
Şekil 5.23 Farklı iç ve dış ortam şartlarında 8 cm dıştan yalıtım için yüzeysel sıcaklık dağılımları.....	76
Şekil 5.24 Farklı iç ve dış ortam şartlarında 5 ve 8 cm dıştan yalıtım için yüzeysel sıcaklık dağılımları.....	77
Şekil 5.25 Farklı iç ve dış ortam şartlarında 3, 5 ve 8 cm dıştan yalıtım için yüzeysel sıcaklık dağılımları.....	77
Şekil 5.26 Binanın 3-boyutlu modeline ait ağ yapısı.....	78
Şekil 5.27 Düzlem duvarın dış yüzeyinde meydana gelen sıcaklık değişimleri.....	79
Şekil 5.28 Binanın 3-boyutlu modelinin güney-doğu cephesi sıcaklık dağılımları ($T_{iç}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{dış}=-6\text{ }^{\circ}\text{C}$).....	81
Şekil 5.29 Binanın 3-boyutlu modelinin güney-batı cephesi sıcaklık dağılımları ($T_{iç}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{dış}=-6\text{ }^{\circ}\text{C}$).....	81
Şekil 5.30 Binanın 3-boyutlu modelinin iç ve dış duvar sıcaklık dağılımları ($T_{iç}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{dış}=-6\text{ }^{\circ}\text{C}$).....	82

Şekil 5.31 Binanın 3-boyutlu modelinin iç ve dış duvar sıcaklık dağılımları ($T_{iç}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{dış}=-6\text{ }^{\circ}\text{C}$).....	83
Şekil 5.32 Yüzeysel sıcaklık dağılımları için model duvar görüntüsü	84
Şekil 5.33 Farklı iç ve dış ortam şartlarında 5 cm dıştan yalıtım için yüzeysel sıcaklık dağılımları.....	85
Şekil 5.34 Farklı iç ve dış ortam şartlarında 5 ve 8 cm dıştan yalıtım için yüzeysel sıcaklık dağılımları	85
Şekil 5.35 Farklı iç ve dış ortam şartlarında 5 cm dıştan yalıtım için yüzeysel sıcaklık Dağılımları.....	86
Şekil 5.36 Farklı iç ve dış ortam şartlarında 5 ve 8 cm dıştan yalıtım için yüzeysel sıcaklık dağılımları	87
Şekil 5.37 Binanın güney cephesine ait iç ve dış duvarlarının yüzeysel sıcaklık dağılımları.....	88
Şekil 5.38 Farklı iç ve dış ortam şartlarında binanın güney cephesi dış duvarı için yüzeysel sıcaklık dağılımları	89
Şekil 5.39 Farklı iç ve dış ortam şartlarında binanın güney cephesi dış duvarı için yüzeysel sıcaklık dağılımları	89
Şekil 5.40 Farklı iç ve dış ortam şartlarında binanın güney cephesi dış duvarı için yüzeysel sıcaklık dağılımları	90

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 2.1 Türkiye’de ve Bazı Ülkelerde Kişi Başına Yıllık Isı Yalıtım Malzemesi Tüketim Oranları.....	11
Tablo 4.1 Kullanılan duvar modelleri ve verilen numaralar.....	59
Tablo 4.2 Kullanılan malzemelerin özellikleri	59
Tablo 5.1 Kullanılan malzemelerin Fluent’teki adları ve özellikleri.....	80

SİMGELER DİZİNİ

$c_{p,i}$	Sabit basınç altındaki özgül ısı (J/kgK)
F_i	Cisim kuvvetleri (N)
g_i	Yerçekimi ivmesi (m/sn ²)
h	Duyulur entalpi (J/m ³)
J	Difüzyon akısı (mol/m ² s)
k	Isı iletim katsayısı, (W/m K)
h	Isı taşınım (konveksiyon) katsayısı (W/m ² K)
k_{eff}	Efektif kondüktivite (ısıl iletkenlik) (W/m K)
p	Statik basınç (Pa)
S_m	Dağınık faz tarafından sürekli faza eklenen kütleyi (kg)
S_h	Kimyasal reaksiyon ısısı (W)
S_y	Yalıtım kalınlığı (cm)
T	Sıcaklık (K)
t	Zaman (sn)
u_i	Hız vektörü (m/s)
\vec{v}	Hız vektörü (m/sn)
ρ	Yoğunluk (kg/ m ³)
τ_{ij}	Gerilme tensörü (N/m ²)
μ	Moleküler viskozite (Ns/m ²)
U	Toplam ısı geçiş katsayısı (W/m ² K)
x	Duvar yüzeyi boyunca uzunluk (m)
L	Duvar kalınlığı (m)
$h_{iç}$	İç ortam ısı taşınım katsayısı
$h_{dış}$	Dış ortam ısı taşınım katsayısı
$T_{iç}$	İç ortam sıcaklığı
$T_{dış}$	Dış ortam sıcaklığı

1. GİRİŞ

1.1 Giriş

Enerji tüketimi ülkelerin en önemli sorunlarından biridir. Enerji üretiminin az olması ve aynı zamanda enerji tüketiminin neden olduğu çevre kirliliği, enerji korunumunu zorunlu hale getirmiştir. Enerji korunumu, binalarda enerji tüketimini azaltarak sağlanabilir. Bunu sağlamanın yollarından biri de dış duvarlara optimum yalıtım kalınlığını uygulamaktır. Türkiye gibi enerji üretim ve tüketim oranları arasında büyük fark olan ülkeler için enerjinin etkili bir biçimde kullanılması çok önemlidir (Aytaç ve Aksoy, 2006).

Dünya genelinde enerji tüketimi son 25 yılda kişi başına sadece %5 kadar artmış olmakla beraber, Türkiye’de son 25 yıldaki artış oranı %100 rakamının üzerindedir. Türkiye’nin enerji üretimi resmi rakamlara göre 1990 yılında toplam ihtiyacının %50 kadarını karşılarken; günümüzde sadece %30’unu karşılayabilmektedir. Ülkemizde enerji tüketiminin ortalama %41’i konutlarda, %33’ü sanayide, %20’si ulaşımda, %5’i tarımda ve %1’i diğer alanlarda kullanılmaktadır. Tüketilen tüm bu enerjinin yaklaşık %85’i ısıtma amaçlı kullanılmaktadır. Görülmektedir ki, enerji kullanımının en yoğun olduğu binalar konutlardır. Bu nedenle ısıtmanın istendiği dönemde ısı kayıplarının minimize edilmesi; konutlarda ısı yalıtımı kullanarak enerji tasarrufunu gerçekleştirmek ile mümkündür (Sezer, 2005).

Tüketim miktarlarımız, Avrupa ve Amerika ile karşılaştırıldığında bu konuda oldukça geride olduğumuz ve bu sorumluluğu ulus olarak sahiplenmemiz gerektiği ortaya çıkmaktadır. Örneğin aynı metrekareye sahip Türkiye’deki bir konut, daha kuzey enlemlerde yer alan Almanya’daki ya da Amerika’daki bir konut ile karşılaştırıldığında 2,5 – 3 kat daha fazla enerji tüketiminin olduğu görülmektedir. Almanya’da 100 m²’lik bir konutun kışlık yakıt tüketimi 280 m³ doğalgaz iken, ülkemizde 1800 m³ doğalgazdır. Bu karşılaştırmalardan da görebileceğimiz gibi, konutlarımızda çok daha az enerji tüketerek konfor şartlarını sağlamamız mümkün iken, bize gerekli enerji miktarının yaklaşık 5 katını israf etmekteyiz. Aynı şey yazın soğutma giderlerimizi de kontrol edemememize yol açmakta ve çok fazla elektrik tüketimine neden olmaktadır (Aşkadar, 2006).

Yapıların uzun yıllar boyunca değerini koruması ancak, yapı iyi tasarlanmışsa, iç ve dış etkenlerden doğru biçimde korunmuşsa gerçekleşebilir. Yapıların iç ve dış etkenlerden doğru biçimde korunması; yalıtım ile sağlanabilir. Yalıtım sistemlerinin esas amacı; yapı bileşenleri ve taşıyıcı sistemi dış etkenlerden koruyarak; kullanım amacına uygun sağlık ve konfor şartlarının yapı içerisinde hüküm sürmesini sağlamaktır. Bina içerisinde konforlu yaşam koşullarının oluşturulması insan sağlığı için ne kadar önemli ise yapının dış etkenlere karşı korunması da; içerisinde yaşadığımız, sağlam ve uzun ömürlü olmasını beklediğimiz yapılar için aynı öneme sahiptir.

Isı yalıtımı yaparak binanın ömrünü uzatmak, kullanıcıya sağlıklı, konforlu mekânlar sunabilmek ve bina kullanım aşamasında yakıt ve soğutma giderlerinde büyük kazanım sağlamak mümkündür. Binaların ısıtılması amacıyla büyük oranda fosil yakıtlar kullanılır. Fosil yakıtların yakılması sonucu yanma ürünü olarak açığa çıkan gazlar, hava kirliliğine ve küresel ısınmaya neden olur. Isı yalıtımı uygulamaları ile konfor koşullarının oluşturulmasında kullanılan enerji miktarının azalması, küresel ısınma ve hava kirliliğinin artmasını önler. Yapılarda kurallara uygun şekilde gerçekleştirilen ısı yalıtımının bireyler ve ülkeler açısından pek çok yararı vardır. Bunların en önemlisi ısı yalıtımının enerji tasarrufuna olan katkısıdır (İzoder).

Binalarımızda ısı kayıpları her yönden olmaktadır. 4 katlı bir binayı incelediğimizde ısı kayıplarının yaklaşık %25'i çatıdan, %60'ı duvarlardan, %15'i de döşemeden kaçmaktadır. Binalarda kat yüksekliğinin artması, duvar yüzey alanını büyüteceğinden, duvardan kayıpları oran olarak arttırmaktadır. TS825'in yeni projelerde uygulanmaya başlanması, faydalarının yalıtımsız binalarda yaşayan kişilerin sıkıntı çektikleri konulara çözüm olduğunun görülmesi, ısı yalıtımının da kendisini 3-4 sene içinde amorti edeceğinin bilinmesi yaşanan konutlardaki yalıtım taleplerini her geçen gün arttırmaktadır (Rubacı, 2006).

Görüldüğü üzere binalarda ısı kayıplarının yarısından fazlasını duvarlar oluşturmaktadır. Bu nedenle Sivas ili için yapılan çalışmada; duvarlardaki ısı kayıplarını en aza indireyecek farklı yalıtım malzemelerinin uygulamaları yapılmıştır. Aynı yalıtım malzemelerinin farklı şekillerde uygulaması yapılarak en uygun yalıtım uygulamasının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Binanın her bir duvarı birbirinden farklı olarak dıştan, içten ve sandviç duvar olarak inşa edilmiştir. Ülkemizde kullanımı artış gösteren bims tuğla da; yalıtımlı ve yalıtımsız olarak bina duvarına uygulanmıştır. Binanın kış sezonu boyunca dış ve iç yüzey sıcaklık değerleri termal kamera

kullanılarak kayıt altına alınmıştır. Yapılan çalışmalarla meydana gelen ısı kayıpları belirlenerek doğru uygulama ve malzeme kullanımı amaçlanmıştır.

Ayrıca, inşa edilen binanın sonlu hacimler yöntemine dayalı bilgisayar programında üç boyutlu modeli oluşturulmuştur. Böylece aynı sınır koşulları zamandan bağımsız olarak sağlanmış ve etkileri deneysel yöntemle karşılaştırılmıştır. İç ve dış yüzey sıcaklık dağılımlarının zamandan bağımsız olarak nasıl değiştiği grafiklerle karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.

1.2 Literatür Taraması

Duvarlardan ısı kayıplarının temel konularından olan, optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesiyle ilgili literatürde ulusal ve uluslar arası birçok yayın mevcuttur. Aralarında Sivas 'ın da bulunduğu ülkemizdeki birçok il için yalıtım kalınlığıyla ilgili çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmaların çoğunda derece gün yöntemi ve ömür maliyet analizi başta olmak üzere sayısal yöntemler kullanılmıştır. Binalardaki ısı kayıplarının tespiti için termal kamera kullanımı ise ülkemizde çok yaygın olarak kullanılmamaktadır. Yapılan çalışmalarda ise ısı kayıplarının belirgin olduğu bölgelerde noktasal değerler üzerinde durulmakta ve histogram sıcaklık dağılımları kullanılmaktadır. Bu alandaki deneysel çalışmaların eksikliği ve Sivas'ta böyle bir uygulamanın bulunmayışı proje çalışmalarımızı bu yönde geliştirmiştir.

Özel ve Pıhtılı (2005), duvarlara uygulanan yalıtımın farklı konumlarının ısı kazanç ve kayıplarına etkisini sonlu farklar yöntemi ile çözümlenmişlerdir. 6 cm kalınlığa sahip yalıtım malzemesini duvara 5 farklı şekilde konumlandırarak; yaz ve kış şartlarında, hem ısı kazancı hem de ısı kaybı açısından en iyi konumlandırma durumunun üç parça yalıtım konumlandırma durumu olan birbirine eşit üç parça yalıtımın içte, ortada ve dışta olması durumunda olduğunu tespit etmişlerdir. İkinci olarak da iyi bir durumun, iki parça yalıtım konumlandırma durumu olan birbirine eşit iki parça yalıtımın yarısı dış yüzeyde diğer yarısı ise ortada yerleştirilmesi halinde elde edildiğini göstermişlerdir. En kötü durumların ise yalıtımın bir bütün olarak, ortada ve iç yüzeyde yerleştirilmesi durumunda elde edildiğini göstermişlerdir. Ayrıca, yalıtımı bir bütün olarak dış yüzeyde yerleştirme durumunun ortada ve iç yüzeyde yerleştirme durumuna göre daha iyi olduğunu da göstermişlerdir.

Özel ve Pıhtılı (2007), duvar yönünün yalıtım kalınlığına etkisini incelemiş ve özellikle dıştan yalıtımlı duvarlardaki bina yönünün yalıtım kalınlıklarına olan etkisi ısı

kazanç ve kaybı açısından üç il için detaylı olarak araştırmışlardır. Yapılan çalışmada, güneşin simetrik hareketinden dolayı ısı akısı grafiklerinde aynı değişimi gösteren doğu ve batıya bakan duvarların ısı kazanç ve kayıpları, güneye bakan duvarlarından fazla olduğu için bu yöndeki duvarlara (doğu ve batı) daha kalın yalıtım malzemesi yerleştirmek gerektiği ve bu durum özellikle doğu ve batı cephesinin geniş olduğu binalarda oldukça kazanç getireceği sonucuna varmışlardır.

Özel ve Duranay (2005), farklı yönlere bakan bina duvarlarında duvar kalınlığı ile yalıtım kalınlığı arasındaki ilişkinin ısı yük seviyesi açısından ilişkisini bilgisayar programı kullanarak matematiksel olarak incelemişlerdir. Sonuç olarak, farklı yönlere bakan tuğla duvarın dış yüzeyinden, iç yüzeyinden ve ortasından itibaren artan yalıtım oranlarına göre ısı yük seviye parametrelerinin değişimlerini sırasıyla incelemişlerdir. Bütün bunlar göz önüne alındığında, oldukça düşük yalıtım oranlarında ısı yük seviye parametresi üzerinde, yalıtım malzemelerinin ısı depolama kapasiteleri değil, sadece ısı iletkenlik katsayılarının etkin olduğu göstermişlerdir. Yani oldukça düşük yalıtım oranlarında minimum ısı yük seviye parametresi için minimum ısı iletkenlik katsayısı gereklidir. Yalıtım oranı arttıkça ısı iletkenliğinin yanı sıra ısı depolamanın da etkili olduğu, dolayısıyla yalıtım malzemelerinin ısı yayılım katsayılarının etkili olduğunu göstermişlerdir. Özellikle ısı iletim katsayısı ve ısı depolama kapasitesi düşük olan yalıtım malzemelerinin düşük yalıtım oranlarında kullanılması halinde daha iyi bir performans gösterdikleri, yalıtım oranları arttıkça durumun kötüleştiğini göstermişlerdir. Isı iletim katsayısı düşük, ısı depolama kapasitesi yüksek olan yalıtım malzemelerinin ise yalıtım oranları arttıkça yük seviyesi açısından daha iyi olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca yalıtımın dış yüzeyde olması iç yüzeyde ve ortada olmasından maksimum ısı yük seviyesi açısından daha iyi olduğunu da göstermişlerdir.

Ağra vd. (2009), optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesi için yaptıkları çalışmada; ömür maliyet analizi yöntemi kullanılarak, İstanbul ili için dıştan yalıtımlı bir duvar modelinin altı farklı yakıt türü (Soma kömür, doğalgaz, ithal kömür, LPG, fuel-oil, motorin) ve iki farklı yalıtım malzemesi (ekstrüde polistren ve taş yünü) için optimum yalıtım kalınlığını hesaplamışlardır. İstanbul ilinin büyük bir kısmında kullanılan doğalgaz yakıtı için geri ödeme süresini ekstrüde polistren yalıtım malzemesi için 1,62 yıl, taş yünü için 1,60 yıl olarak tespit etmişlerdir. Optimum yalıtım kalınlığı doğalgaz kullanılması durumunda ekstrüde polistren yalıtım malzemesi için 6 cm, taş yünü için 8 cm olarak tespit etmişlerdir. İthal kömür için de bu süreleri ekstrüde polistren için 1,53 yıl ve taş yünü için 1,51 yıl olarak bulmuşlardır. Optimum yalıtım

kalınlığını ithal kömür kullanılması durumunda ekstrüde polistren yalıtım malzemesi için 7 cm, taş yünü için 9 cm olarak tespit etmişlerdir.

Gölcü vd. (2006), Denizli için; binaların ısıtılmasında iki farklı enerji kaynağı ve yalıtım malzemesi taş yünü kullanılarak dış duvarlarda optimum yalıtım kalınlığı hesaplamışlardır. Hesaplamalarda ömür maliyet analizi (LCCA) kullanmışlardır. İthal kömür ve fuel-oil kullanıldığında; 10 yıllık ömür süresi için optimum yalıtım kalınlıklarını sırasıyla 0.048 m ve 0.082 m elde etmişlerdir. Benzer şekilde yıllık tasarruf ise sırasıyla 12 YTL/m² ve 38.91 YTL/m² ve geri ödeme sürelerini 2.4 yıl ve 1.6 yıl olarak hesaplamışlardır.

Kaynaklı (2008), ömür maliyet analizi kullanarak Bursa ili için optimum yalıtım kalınlığını, farklı yalıtım malzemeleri (camyünü, polistren, taşyünü) için belirlemiştir. Sonuç olarak; Bursa için optimum yalıtım kalınlığının farklı yakıt türlerine (LPG, elektrik, fuel-oil, kömür, doğalgaz) bağlı olarak 5.3 cm ve 12.4 cm arasında değiştiğini belirlemiştir.

Çomaklı ve Yüksel (2003), Türkiye'nin en soğuk şehirlerinden olan Erzurum, Kars ve Erzincan için optimum yalıtım kalınlıklarını araştırmışlardır. Yakıt türü olarak kömür ve yalıtım malzemesi olarak strafor kullanılmış; 10 yıllık ömür süresi için optimum yalıtım kalınlıklarını Erzurum, Kars ve Erzincan için sırasıyla 0.1049 m, 0.1074 m ve 0.0851 m elde etmişlerdir. Benzer şekilde yıllık tasarruf ise sırasıyla 12.14 \$/m², 12.72 \$/m² ve 7.99 \$/m² ve geri ödeme sürelerini 1.46 yıl, 1.45yıl ve 1.58 yıl olarak hesaplamışlardır.

Özel (2008), Elazığ ili için optimum yalıtım kalınlığını, enerji tasarrufunu ve geri ödeme süresini üç farklı yakıt türü için dinamik yaklaşım (implicit sonlu farklar metodunu) ile hesaplamıştır. Sonuç olarak doğal gaz, ithal kömür ve fuel-oil için optimum yalıtım kalınlıklarını ekstrüde polistren malzemesi kullanıldığında sırasıyla 0.04 m, 0.045 m ve 0.075 m olarak elde etmiş yıllık tasarrufu ise sırasıyla 21.98 YTL/m², 24.91 YTL/m² ve 71.15 YTL/m² ve geri ödeme sürelerini 1.89 yıl, 1.83 yıl ve 1.47 yıl olarak hesaplamıştır.

Aytaç ve Aksoy (2006), Elazığ ili için, beş farklı yakıt türü (kömür, doğalgaz, fuel oil, LPG, elektrik) ve iki farklı yalıtım malzemesi (genleştirilmiş polistren, taşyünü) için optimum yalıtım kalınlıklarını hesaplamışlardır. Bu hesaplamalar dıştan yalıtımlı ve sandviç duvar olmak üzere iki farklı duvar modeli üzerinde yapılmıştır. En iyi sonucun, yakıt olarak kömür ve yalıtım malzemesi olarak genleştirilmiş polistren kullanıldığında elde edildiğini tespit etmişlerdir. Dıştan yalıtımlı bir binada, geri dönüşüm süresini 4.6

yıl ve enerji tasarrufunu yılda 16.359 \$/m², sandviç duvarda ise bu değerleri, 4.2 yıl ve 20.188 \$/m² elde etmişlerdir.

Öztuna ve Dereli (2009), ömür maliyet analizi yöntemi kullanılarak, Edirne ilinde, 6 farklı yakıt (yerli ve ithal kömür, doğalgaz, LPG, elektrik, fuel-oil) için; bina dış duvarına genişletilmiş polistren (EPS) ve taş yünü yalıtım malzemesi ile sandviç duvar da EPS yalıtım malzemesinin uygulanması durumlarında yapılması gereken optimum yalıtım kalınlığını derece gün sayısı esas alınarak hesaplanmışlardır. Bu hesaplamalarla 5 farklı duvar modelinde, 2 farklı yalıtım maddesi uygulamalarını ve her bir yakıt için hesaplanan optimum yalıtım kalınlıklarının geri ödeme süreleri ile yıllık yakıt ve enerji tasarruflarını belirlemişlerdir. En iyi sonuç olarak; yerli kömürün yakıt, EPS yalıtım maddesinin uygulanmasında; optimum yalıtım kalınlığını 0,028–0.039 m, geri ödeme sürelerini 2,1–4,2 yıl, enerji tasarrufu %24-%47 elde etmişlerdir.

Uçar ve Balo (2009), Türkiye’de 4 farklı iklim bölgesinde bulunan 4 şehir (Ağrı, Aydın, Elazığ, Kocaeli) için 5 farklı yakıt türü ve 4 farklı yalıtım malzemesi için optimum yalıtım kalınlığını hesaplamışlardır. Sonuç olarak; optimum yalıtım kalınlığının 1.06 cm ve 7.64 cm arasında, enerji tasarrufunun 19 \$/m² ve 47 \$/m² arasında ve geri ödeme sürelerinin ise 1.8 yıl ve 3.7 yıl arasında değiştiğini elde etmişlerdir. En yüksek enerji tasarrufu değerine Ağrı ilinde LPG yakıt türü için, en düşük değere ise Aydın ilinde doğalgaz yakıt türü için ulaşıldığını elde etmişlerdir.

Bolattürk (2006), Türkiye’nin farklı kısımlarında bulunan 4 farklı iklim bölgesinden 16 şehir için optimum yalıtım kalınlığını ömür maliyet analizine göre hesaplamıştır. Kömür, doğalgaz, fuel oil, LPG ve elektrik olmak üzere 5 farklı yakıt türüne bağlı olarak, farklı şehirler için polistren yalıtım malzemesi kullanılarak; optimum yalıtım kalınlığının 2 cm ve 17 cm arasında, enerji tasarrufunun %22 ve %79 arasında ve geri ödeme sürelerinin 1.3 yıl ve 4.5 yıl arasında değiştiğini göstermiştir.

Balo ve Uçar (2009), dört farklı il (Mersin, Kocaeli, Elazığ ve Ağrı), beş farklı yakıt türü (kömür, doğalgaz, fuel oil, LPG, elektrik) ve iki farklı yalıtım malzemesi (genleştirilmiş polistren, poliüretan) için optimum yalıtım kalınlıklarını hesaplamışlardır. Bu hesaplamaları dıştan yalıtımlı ve sandviç duvar olmak üzere iki farklı duvar ve iki farklı yalıtılmış çatı modeli üzerinde yapmışlardır. Dıştan yalıtımlı bir binada, geri ödeme süresinin 1.85 yıl ile 2.59 yıl ve enerji tasarrufunun 5.14 TL/m² ile 10.22 TL/m² arasında, sandviç duvarda ise bu değerlerin, 1.75 yıl ile 2.6 yıl ve 5.08 TL/m² ile 9.01 TL/m² arasında değiştiğini bulmuşlardır. Yürünmeyen yalıtımlı bir teras çatıda, 1.06 yıl ile 2.05 yıl geri dönüşüm süresi ve yılda 8.4 TL/m² ile 26.62 TL/m²

arasında, yürünen yalıtımlı teras çatıda ise bu değerlerin, 1.15 yıl ile 2.24 yıl ve 8.34 TL/m² ile 26.45 TL/m² tasarruf elde edildiğini hesaplamışlardır.

Karabulut (2010), ısı köprüleri hakkında bilgi vererek, kirişlerden oluşan ısı köprüleri üzerinde farklı geometrilerin, dış ve iç ortam sıcaklığının ve yalıtım kalınlığının sıcaklık dağılımına etkisini incelemiş ve iç ve dış yüzey sıcaklık ve ısı akılarının değişimini kıyaslamıştır.

Erdabak (2011), Sivas'ta bulunan değişik binaların iç ve dış ortamlarından, termal kamera çekimleri yaparak, özellikle binalarda ısı kaybının gerçekleşebileceği kritik bölgeler üzerine yoğunlaşmıştır. Elde edilen görüntülerin bilgisayar ortamında analizinin yapılması sonucunda yüzey sıcaklık haritalarını elde etmiştir. Çalışmanın devamında; düzlem duvar, ısı köprüsü, lokal ve radyatör arkası yalıtımın, dolgu malzemesinin, pencerenin sıcaklık dağılımına etkisi sayısal olarak incelenmiştir.

Buyruk vd. (2011), Sivas ilindeki mevcut binalar için; kolon, kiriş, duvar köşeleri ve pencereler gibi farklı yapı elemanlarındaki ısı köprülerini incelemişlerdir. Çalışmanın deneysel kısmını termal görüntüleme ile sayısal kısmını ise Fluent programıyla gerçekleştirmişlerdir. Farklı yalıtım kalınlıkları için dıştan yalıtım uygulaması modellerini incelemişler ve uygun yalıtım kalınlığını araştırmışlardır.

Buyruk vd. (2011), yaptıkları çalışmada farklı yalıtım kalınlıklarını dıştan yalıtım ve sandviç duvar yalıtım uygulaması için incelemişlerdir. Çalışmalarında farklı iç ve dış ortam şartlarında farklı yalıtım uygulamalarının dış yüzey sıcaklıklarını deneysel ve sayısal olarak incelemişlerdir. Sandviç duvar uygulamasında belirgin olarak ısı köprülerinin ortaya çıktığını, dıştan yalıtım uygulaması ile bu durumun önlendiği sonucunu elde etmişlerdir.

Balo ve Uçar (2009), Sivas ilindeki binalarda yalıtım malzemesi olarak taşıyıcı ve değişik enerji kaynakları (kömür, fuel oil, doğal gaz) kullanarak, dış duvarlar için optimum yalıtım kalınlıklarını, enerji sürelerini ve geri ödeme sürelerini hesaplamışlardır. İthal kömür, fuel-oil ve doğal gaz kullanıldığında; 10 yıllık ömür süresi için optimum yalıtım kalınlıklarını sırasıyla 0.028 m, 0.026 m ve 0.048 m olarak elde etmişlerdir. Bu üç yakıt türü için yıllık tasarrufunun ise 28.5 TL/m² ve 35.5 TL/m² arasında ve 10 yıllık ömür süresi için geri ödeme sürelerinin yakıt türüne bağlı olarak, 2.58 yıl ile 2.22 yıl arasında değiştiğini hesaplamışlardır.

Karabulut vd. (2009), yalıtımın konumunun ve kalınlığının değiştirilmesinin normal ve balkon uzantılı ara kat kirişlerin oluşturduğu iki boyutlu ısı köprülerinde ısı kaybı üzerindeki etkilerini sayısal olarak araştırmışlardır.

Aksoy ve Bektaş (2006), yalıtımsız, 2.5, 5, 10 ve 15 cm ısı yalıtımlı ve farklı yönlerde bakan bina kabuğu alternatiflerinin ısı kayıp miktarlarını araştırmışlardır. Hesaplamaları Elazığ iline ait gerçek iklimsel verilerle Fortran programlama dilinde yazılmış olan bir bilgisayar programı ile gerçekleştirmişlerdir. Sonuç olarak 2.5, 5, 10 ve 15 cm kalınlıklarında yalıtım uygulaması yapıldığında, yalıtımsız bir duvara göre tüm yönler için ortalama olarak sırasıyla %21, %48, %69 ve %78 tasarruf sağlandığını tespit etmişlerdir. Yalıtım kalınlığının artırılması ile sağlanabilecek maksimum faydanın 5–10 cm aralığında olduğunu, bu kalınlığa kadar artan tasarruf miktarının bu aralıktan sonra düşüşe geçtiğini elde etmişler.

Buyruk vd. (2011), dıştan ve sandviç yalıtımlı balkon uzantılarının ve içten yalıtımlı ara kat döşemeleri için kirişlerden oluşan ısı köprülerinin binanın ısı performansı üzerindeki etkisini sayısal olarak incelemişlerdir.

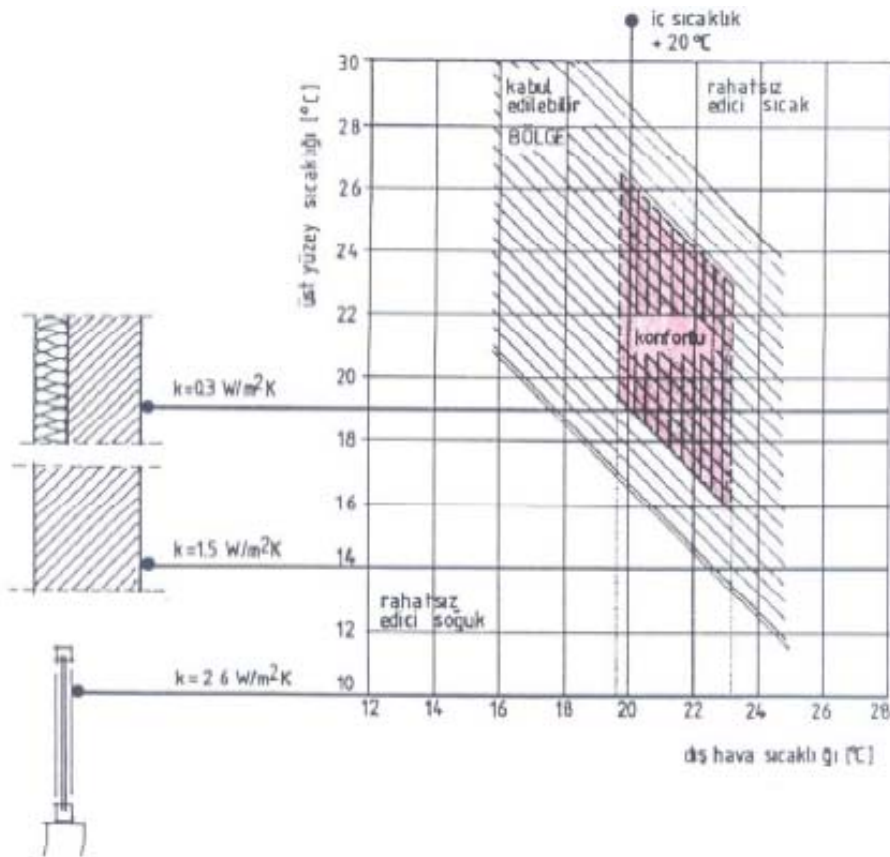
Çay (2011), Düzce ili için yaptığı çalışmada; bina dış duvarlarında yaygın olarak kullanılan iki yapı malzemesi olan yatay delikli tuğla ve gaz beton kullanmıştır. Beş farklı yakıtın (kömür, doğalgaz, fuel-oil, LPG ve elektrik) değerlendirildiği hesaplamalarda, yalıtım malzemesi olarak XPS (ekstrude polistren) kullanmıştır. Çalışmanın sonucunda, yapı malzemesi olarak yatay delikli tuğla kullanıldığında, en düşük optimum yalıtım kalınlığının 0.06 m olduğu belirlemiştir. Bu durumda enerji tasarrufunu %52 olarak belirlerken geri ödeme süresini 1.91 yıl olarak bulmuştur. Yapı malzemesi olarak gaz beton kullanıldığında bu değerleri sırasıyla 0.05m, %30 ve 3.39 yıl olarak hesaplamıştır.

Ülkemizdeki optimum yalıtım kalınlıklarına baktığımızda ise yaklaşık 2,8 cm ile 9,6 cm arasında oldukça geniş bir aralıkta değiştiği görülmektedir. Bu nedenle ülkemizde, enerji verimliliği ve binaların ısıtma-soğutma hesaplamalarında ilin yanı sıra ilçe bazında tek tek iklim koşulları belirlenmeli ve yerel çözümler sunulmalıdır. Yalıtım konusunda uygulamaya konulacak bir plan, ülkemize çok şey kazandıracaktır. İnsanlarımız daha sağlıklı, güvenli ve konforlu mekânlarda yaşayacaktır. Yalıtım, bütçeye, sağlığa, konfora ve çevreye yatırımdır. Kısaca yalıtım, karlı yatırımdır (Kaynaklı ve Yamankaradeniz, 2007).

2. ISI YALITIMI VE KONUTLARDAKİ UYGULAMALARI

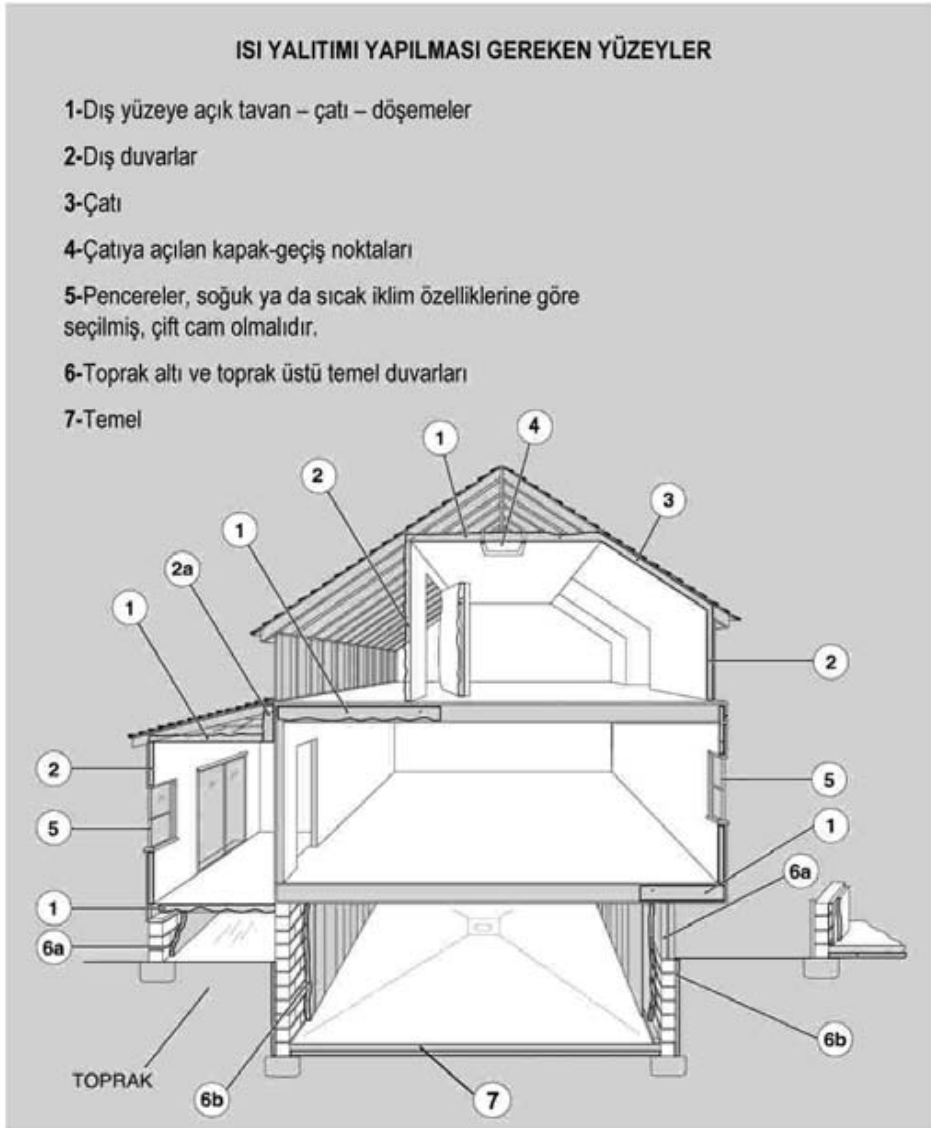
2.1 Giriş

Yaşadığımız mekânlarda istenen iklimsel konfor, bina kabuğunu oluşturan öğelerden biri olan dış duvar elemanlarının ısı depolama, ısı geçirgenlik, buhar geçirgenlik ve hava geçirimsizlik özellikleri ile doğrudan ilişkilidir. Konforlu bir ortam için iklimsel konfor koşulları olarak belirtilen parametre değerlerinin belli sınırlar içinde yer alması söz konusudur. Hava sıcaklığı, yapı elemanları iç yüzey sıcaklığı, hava nem ve hava hareket hızı değerlerinin birlikte etkileşimi sonucunda, kullanıcıların iklimsel çevreden hoşnut kalması ve insan sağlığı açısından fizyolojik tepkilerin optimal değerlerde olmasını olanaklı kılan ve kullanıcı performansının en üst düzeye ulaştığı iklimsel kombinezonlar, kullanıcı için optimal iklimsel girdiler olmaları nedeniyle iklimsel konfor koşulları olarak belirlenirler. Konfor koşullarının sağlanabilmesinde ısıtma ve soğutma enerji tüketimlerinin en alt düzeyde olması yaşanabilir, temiz ve sürdürülebilir bir çevre açısından önemlidir.



Şekil 2.1 İç ortam ve iç yüzey sıcaklıkları ısıl konfor etkileşimi (Özbalta, 2004)

Günümüzde binalardaki enerji tasarrufunun en önemli bölümünü ısı enerjisi tasarrufu oluşturmaktadır. Yapıların ısıtılmasında kullanılan yakıt miktarının azaltılmasını da amaçlayan ısı enerjisi tasarrufu, ancak doğru uygulanmış bir ısı yalıtımı ile sağlanabilmektedir. Yapılarda ısı yalıtımı; duvar, döşeme, çatı, pencere ve ısı köprüleri gibi elemanlardan ısı geçişlerini yavaşlatmak ve yapının sağlığını korumak amacıyla yapılmaktadır. Türkiye’de 1990’lı yılların başında kendini iyice göstermeye başlayan enerji tasarrufu bilincinin yapı sektöründeki ilk aşamalarının, konutların doğramalarındaki tek cam ünitelerinin çift cama dönüştürülmesi ile başladığını söylemek mümkündür. Bu süreçle birlikte, çeşitli ısı yalıtım malzemelerinin ithali ve ülkemizde üretilmeye başlanması, diğer yalıtım uygulamalarını da beraberinde getirmiştir.



Şekil 2.2 Konutlarda ısı yalıtımı yapılması gereken noktalar (Aşkadar, 2006)

1995 yılı itibariyle Türkiye’de tüketilen ısı yalıtım malzemeleri miktarı yaklaşık 1.500.000 m³ ’tür. Buna karşılık aynı yılda Almanya’da 30.200.000 m³, Fransa’da ise 20.100.000 m³ ısı yalıtım malzemesi tüketilmiştir. Tablo 1’de Türkiye’de ve bazı ülkelerde kişi başına düşen ısı yalıtım malzemelerinin tüketim oranları verilmiştir. Bu sıralamada Türkiye en az yalıtım kalınlığı uygulayan ülkeler arasında yer almaktadır.

ISI YALITIM MALZEMESİ TÜKETİMİ (m ³ /kişi/yıl)	TÜRKİYE	İSVEÇ	ALMANYA	FRANSA	İNGİLTERE	YUNANİSTAN
	0,02	1,03	0,33	0,28	0,16	0,05

Tablo 2.1 Türkiye’de ve Bazı Ülkelerde Kişi Başına Yıllık Isı Yalıtım Malzemesi Tüketim Oranları (Sezer, 2005)

2.2 Isı Yalıtımı ve Önemi

Binalarımız kışın soğur, yazın ise ısınır. Kışın kömür, doğalgaz gibi yakıtlar kullanarak evimizi soğumaması için ısıtır; yazın ise ısınan evimizi klimalarla soğuturuz. Isı yalıtımı, kışın ısınmak yazın da serinlemek için harcadığımız enerjiyi azaltmak ve daha rahat ortamlarda yaşamak amacıyla binaların dış cephe duvarları, cam ve doğramaları, çatıları, döşemeleri ve tesisatlarında, ısı geçişini azaltan önlemler almaktır (İzoder).

Enerjisinin büyük bir bölümünü ithal eden ülkemizde, konutlardaki enerji tasarrufu hem aile ekonomisine ve buna bağlı olarak ulusal ekonomiye katkıda sağlayacaktır. Yapı elemanlarındaki ısı kayıplarının azaltılması konutlardaki enerji tüketimini de azalacaktır.

Enerji tasarrufunun en iyi şekilde sağlanması için ısı yalıtım uygulamasının doğru yapılması ve uygun yalıtım kalınlığı gereklidir. Yalıtım kalınlığı artarken ısı kayıpları azalmaktadır. Isı kayıpları azaldığı için yakıt maliyeti de azalmaktadır. Diğer yandan yalıtım kalınlığı artarken yalıtım maliyeti de artmaktadır. Bunlara karşılık toplam maliyet optimum yalıtım kalınlığına kadar azalırken bu kalınlıktan sonra toplam maliyette artmaktadır. Bundan dolayı kullanılan yalıtım kalınlıkları o yöre için belirlenen optimum yalıtım kalınlığını geçmemelidir. Bu duruma, yalıtım malzemesi kullanılan dış duvar, tavan ve döşemelerde dikkat edilmelidir. Pencereerde ise iyi bir ısı yalıtımı sağlayan malzemelerin ve özel birleştirilmiş çift cam kullanılmasına özen gösterilmelidir. Yönetmeliklere uygun yapılacak ısı yalıtımı, ısınma veya serinleme amacıyla yapılan harcamalardan ortalama % 50 tasarruf ederek yazın serin kalmaya

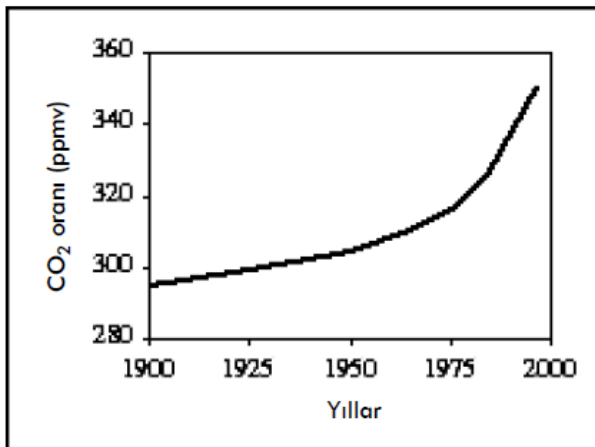
kışın daha iyi ısınmaya imkân sağlar. Hesaplamalar, tüm konutların standart ve yönetmeliklere uygun olarak yalıtılması durumunda, ülkemizin yılda yaklaşık 3 milyar dolar tasarruf yapacağını göstermiştir. Bu tasarrufun eğitim, sağlık vb. zorunlu ihtiyaçlarımıza aktarılacağını göz önüne aldığımızda, yalıtımın toplumsal refahımız için de önemli katkıların olacağı bir gerçektir (Çomaklı vd., 2005).

2.3 Çevre, Sağlık ve Güvenlik Açısından Yalıtım

Enerji kullanımından kaynaklanan çevre problemleri tüm dünyayı tehdit etmektedir. Fosil yakıtların sebep olduğu küresel ısınma, asit yağmurları, ozon tabakasındaki incelme, iklim değişiklikleri bu gün insanoğlunun en önemli sorunlarıdır. Sanayileşme ile birlikte fosil yakıtların kullanılması özellikle atmosferdeki CO₂ oranını artırmıştır.

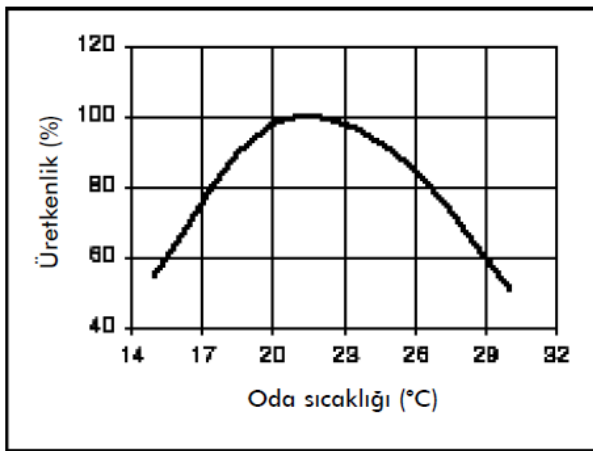
1997 yılında Japonya'nın Kyoto kentinde imzalanan "Kyoto protokolü" çerçevesinde sera gazı salınımlarının 2008–2012 yılları arasında 1990 yılı düzeyinin %5,2 altına çekilmesi hedeflenmektedir. Sera gazlarının %55 ini CO₂ gazı oluşturur. Genel olarak CO₂ 'in oluşumunda, güç santralleri %29, konutlar %26, endüstri %23 paya sahiptir.

Türkiye'de ısınma amaçlı tüketilen enerjinin toplam enerji içindeki payı dikkate alındığında konut kaynaklı çevre problemlerin önemi daha iyi anlaşılacaktır. Özellikle düşük kaliteli kömürlerin kullanılması yerel hava kirliliğini daha da artırmaktadır. Konutlarda ısınma maksadı ile kullanılan yakıtların ortaya çıkardığı CO₂ emisyonunun azaltılması yalıtım kullanılması ile mümkün olmaktadır. ABD de mevcut konutların yeni yönetmenliğe göre takviye edilmesi durumunda her yıl açığa çıkan CO₂ emisyonlarının %29 azalacağı düşünülmektedir (İzocam, 2005).



Şekil 2.3 Atmosferdeki CO₂ oranının yıllara göre değişimi (Çomaklı, 2004)

Değişken hava koşulları, mevsimlere göre aşırı sıcaklar, soğuklar, yağmurlar bina iç sıcaklıklarını etkileyen etkenlerdir. Dış ortamda gerçekleşen sıcaklık değişimleri oturan evlerin, çalışma bürolarının sıcaklıklarını değiştirir. Bu sıcaklık değişimleri insan fizyolojisi ve yaşam kalitesini de etkiler. İnsanın sıcaklık açısından sağlıklı bir ortamda yaşaması ısı konforuna bağlıdır. Isıl konfor, insanların bedensel ve zihinsel sağlığını etkilemektedir. Bir insanın yaşadığı veya çalıştığı ortam sıcaklığından dolayı sağlık sorunları ile karşı karşıya kalması iş verimini de etkiler. Şekil 2.4 'de çalışma ortam sıcaklığının üretkenliğe etkisi grafik olarak verilmiştir. Grafikten de görüldüğü gibi ısı konforu 20-23 °C arasında olmaktadır (Karakoç, 1997).



Şekil 2.4 Oda sıcaklığının çalışma verimine etkisi

Isıl konforu etkileyen en önemli faktörler ortam sıcaklığı ve duvar iç yüzey sıcaklığıdır. Oda içerisinde sıcaklık açısından sağlıklı bir ortamın sağlanması için ortam sıcaklığı ile duvar iç yüzey sıcaklığı arasında en fazla 2-3 °C 'lik bir sıcaklık farkı olmalıdır. Ortam sıcaklığının 20 °C olduğu düşünülürse duvar iç yüzey sıcaklığı 17 °C 'nin altına düşmemelidir. Sıcaklık farkının büyük olması durumunda içeride bir hava hareketi olacağından, bu hareket ile birlikte oda içerisinde gözle görülmeyen toz parçacıkları da hareket edecektir. Bu durum insan sağlığını etkileyecektir. Duvar iç yüzey sıcaklığının ortam sıcaklığına yakın tutmanın tek yolu ise ısı yalıtımıdır.

Fosil yakıtların yanması sonucu oluşan gazların atmosferdeki oranlarının artması, asit yağmurlarına, sera etkisine, ozon tabakasının incelmeye ve yerel hava kirliliğine sebep olduğu daha önce söylenmişti. Asit yağmurları içme sularının bozulmasına, hayvan ve bitkilerin zarar görmesine neden olmaktadır. Özellikle yerel hava kirlilikleri astım kronik bronşit v.s gibi solunum yolu hastalıklarına yol

açmaktadır. Bundan dolayı hava kirliliğın yoğun olarak yaşandığı şehirlerde, insanların solunum yolu hastalıklarına yakalanma oranı fazladır. Yalıtım ile çevre problemlerinde sağlanacak azalma sayesinde insanlar daha sağlıklı bir hava teneffüs edecektir. Dolayısıyla insanların sağlık harcamaları da azalacaktır.

Yalıtımın sağlık açısından bir başka boyutu, ses ve titreşimin sebep olduğu gürültüdür. Gürültü insanda, işitme bozukluğuna, kan basıncının artmasına, çalışma veriminin düşmesi, uykusuzluk ve sinirlilik gibi psikolojik etkilere neden olmaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte özellikle kentlerde gürültüde artmıştır. Gürültünün sebep olduğu bu etkileri azaltmak için gürültüye karşı önlem almak gerekir. Yapı elemanlarında alınacak önlemler ile bina içerisinde istenen ses seviyesinin sabit tutulması, ses veya gürültü yalıtımı olarak tanımlanabilir. Yaşanılan ortam, dışarıdaki gürültülere karşı yalıtılırsa sağlıklı bir ortam oluşturulur. Ayrıca çok katlı konutlarda katlar arasında ve iç duvarlar arasında yapılacak ses yalıtımı ise komşuluk ilişkilerinin sağlıklı yürütmesine ve böylece toplumun sağlıklı bir yapıya kavuşmasına yardımcı olacaktır (Çomaklı vd., 2005).

İçinde yaşadığımız binaların güvenli ve sağlam yapılar olması herkesin istek ve arzudur. Ancak bilinçsiz olarak bu durumu göz ardı edilmektedir. Binaların gerek betonarme açısından gerekse yangın açısından güvenli olması gerekir. Hem su yalıtımı hem de yangın yalıtımı bu açıdan önem arz etmektedir.

Ülkemizde, yaşanan depremler sonrası güvenli konut arayışı artmıştır. Binalar genellikle betonarme yapı tasarım ve imalatı ile yapılmaktadır. Bundan dolayı beton en önemli inşaat malzemesinden biridir. Bir diğeri ise beton içerisine konan demirdir. İki malzemenin birleşmesi ile binalarda taşıyıcı sistemleri oluşturan ve bina güvenliğinin temelini teşkil eden betonarme oluşur. Betonarmeye nüfuz eden su ve oluşan nem, içerideki demirlerin paslanmasına ve taşıma kapasitesinin düşmesine yol açar. Su, betonun içerisindeki demirin korozyonuna (paslanmasına) neden olur. Korozyona uğramış demir mukavemetini kaybeder. Bunun yanında, korozyon sonunda oluşan pas, demire göre hacmi fazla olacağından beton içerisinde gerilme meydana getirecek ve bu gerilme sonunda betonda çatlamlar meydana gelecektir (Yalçın ve Koç, 1995).

Böyle durumda betonarmenin taşıyıcı özelliği azalacak ve bina güvenliğinde önemli zaafklar oluşacaktır. Binalarda böyle durumların oluşmasını önlemek için su yalıtımı yapılır. Binalarda su yalıtımı, suyun girebileceği alanlara yapılır. Bunlar; temeller, su ve toprak ile temas eden duvarlar, bodrum katlar, balkonlar, çatılar, banyo,

lavabo, wc gibi ıslak hacimlerdir. Su yalıtımı, binanın güvenliğini sağlamasının yanı sıra bakteri ve küf oluşmasını, önleyerek sağlıklı ortamlar sağlar (İzoder).

Şehirlerde nüfusun giderek artması ve buna paralel olarak artan toplu yaşam bölgeleri bir takım riskleri de beraberinde getirmektedir. Bu risklerden biri de yangındır. Yangın, bina güvenliğini, can güvenliğini ve mal güvenliğini tehdit etmektedir. Şehirlerde yaşanan yangın olayları önemli ölçüde maddi ve manevi zararlara yol açmaktadır. Konutlarda ve çalışma yerlerinde kullanılan malzemelerin çoğu yanıcı özelliğe sahiptir. Binanın herhangi bir yerinde yangın çıkarsa, bu yangının kısa sürede diğer kısımlara yayılması kuvvetli muhtemeldir. Çıkacak yangının zararlarını aza indirmek için bina elemanlarında yapılan uygulamalara yangın yalıtım denmektedir. Yangın yalıtımı yangın sırasında oluşan yüksek ısı ve dumanın yayılmasını önleyerek insanların can güvenliğinin sağlanmasına yardımcı olur. Genellikle yanıcı olmayan ve alevi iletmeyen malzemelerden (taş yünü gibi), çatı, cepheler, patlama riski olan kazan daireleri, dumanın yayılmaması için havalandırma kanalları gibi yerlere yangın yalıtımı yapılır (Çomaklı vd. 2005).

2.4 Isı Yalıtım Malzemeleri

Isı kazancını veya kaybını minimuma indirmek için yüzeyler yalıtılır. Uygulanacak yalıtım çeşidinin seçilmesi, her şeyden önce bilgi isteyen bir husustur. Bu nedenle, yüzeylerin yalıtılmasında seçilen malzemelerin uygunluğu ve fiziksel şekilleri önemlidir.

Soğuk ve sıcak yüzeylerin yalıtılmasında malzeme seçimi yaparken dikkatli olmak gerekir. Özellikle sıcak yüzeylerin yalıtılmasında hiçbir malzemenin maksimum çalışma sıcaklığının üstünde bir sıcaklıkta çalıştırılmaması gerekir. Bu nedenle, kullanılacak yalıtım malzemesi maksimum yüzey sıcaklığından daha fazla bir sıcaklık limitine sahip olmalıdır. Bu tür malzemeler yüksek ısıl iletkenliğine sahiptir. Hafif olmaları nedeniyle pahalıdırlar (Altınışık, 2006).

2.4.1 Temel Özellikleri

Isı yalıtımında kullanılan malzemeler çeşitli şekillerde gruplandırılır. Yalıtımın uygulanacağı yere göre genel uygunluğu, gruplar içindeki bazı fiziksel faktörler dikkate

alınarak belirlenir. Aşağıda yalıtım malzemelerinin genel özellikleri ile uygulamada çok kullanılan bazı yalıtım malzemelerinin özellikleri ve uygulamaları verilecektir.

Isı yalıtımında kullanılan malzemelerin genel özellikleri aşağıdaki gibi verilebilir.

- a) Yalıtım malzemelerinin ısı iletim katsayıları küçük olmalıdır.
- b) Hafif olmalıdır.
- c) Kokusuz olmalıdır.
- d) Su ve nem absorbe etme özelliği olmamalıdır.
- e) Bakteri ve mikropların yuva yapmasına uygun olmamalıdır.
- f) Çürüme ve fermantasyona karşı dayanıklı olmalıdır.
- g) İlk özelliğini kaybedip toz haline gelmemelidir.
- h) Yanıcı olmamalıdır.
- i) Ömürleri uzun, gerektiğinde taşınmaya elverişli ve sağlığa zarar vermemelidir.
- j) Ucuz ve temin edilebilir olmalıdır.

Bir yalıtım malzemesinde, yukarıda istenen şartların bütününe bir arada bulunması çok zordur. Bu nedenle, yalıtım malzemesini seçerken, yalıtılacak ortama uygun ve maksimum ortak şartları sağlayan malzemenin seçilmesi gerekir (Altınışık, 2006).

Isı Yalıtım Malzemelerinde Aranması Gereken Temel Özellikler:

Isı İletkenlik Katsayısı k (W/mK): Bu özellik malzemenin ısı yalıtım değerini belirler. Birbirine paralel iki yüzeyin sıcaklıkları arasındaki fark $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ olduğunda birim zamanda (1 saat) birim alan (1 m^2) ve bu alana dik yöndeki birim kalınlıktan (1 m) geçen ısı miktarıdır.

ISO ve CEN Standartlarına göre ısı iletim katsayısı $0,065\text{ W/mK}$ 'den düşük olan malzemeler ısı yalıtım malzemesi olarak tanımlanır. Diğer malzemeler yapı malzemesi olarak tanımlanır.

Isıl Direnç R ($\text{m}^2\text{K/W}$): Isı yalıtım malzemeleri ısı geçişine yüksek direnç gösteren özel malzemelerdir. Boya gibi çok düşük kalınlıklarda uygulanan hiçbir malzeme ısı yalıtım etkisi oluşturmaz.

Mekanik Dayanım (kPa) - Basma Dayanımı: Isı yalıtım malzemelerinin basma dayanımlarının yayılı yük altında deformasyona uğramaması için yüksek olması

gerekir. Ayrıca ısı yalıtım malzemesinin yük altında ya da zamana bağılı olarak kalınlık kaybetmesi ısı direncinin de azalmasına neden olacağından detaya uygun basma dayanımına sahip malzeme seçilmesi önemlidir.

Su Buharı Direnci (μ): Su buharı difüzyon direnci; bir malzemenin belirli sıcaklık, nem ve kalınlık koşulları altında birim zamanda birim alandan geçen su buharı miktarını ifade eder. İki veya daha fazla gazdan oluşan bir gaz karışımı, birbiriyle irtibatlı iki ayrı ortamda bulunursa bu iki gaz arasında konsantrasyon eşit oluncaya kadar molekül alışverişi olur. Bu olaya difüzyon adı verilir. Yapıların duvarından gerçekleşen difüzyon (halk arasında nefes alma) bu mekanizma ile gerçekleşir.

Her yapı malzemesinin, μ (mü) değeri olarak tanımlanan buhar geçiş difüzyon katsayısı mevcuttur. Bu değer, malzemelerin havaya oranla buhar geçiş direncini tanımlamaktadır (Sipahioğlu, 2009).

Yanmaya Karşı Direnç: Uygulanacak ısı yalıtımında kullanılan malzemenin yanma özelliğinin olmaması gerekir. Yalıtım malzemesi hiçbir zaman maksimum çalışma sıcaklığının üstünde bir sıcaklıkta çalıştırılmamalıdır ve malzemenin sıcaklığa dayanama limiti, maksimum yüzey sıcaklığının daima üstünde olmalıdır.

Sağlık Tehlikesi: Yalıtımda kullanılan malzemelerden nefes alma yoluyla ciğerlere giden toz, insan sağlığına zarar verir. Özellikle bu malzemeler arasında asbest, insan sağlığına en fazla zarar veren malzemedir. Bazı yalıtım malzemelerinin kesim işlemi, yalıtımın uygulanacağı yerin dışında yapılırsa, sağlığa daha az zararlı olur. Ayrıca kesme işlemlerinden çıkan tozların, çevre kirliliği bakımından atmosfere atılmaması gerekir.

Bazı yalıtım malzemeleri elle tutulduğu zaman deriyi tahriş eder. Gerçi bu tahriş insanın hassasiyetine bağılı olmakla beraber, yinede taşınırken eldiven kullanmak faydalı olur. Fiber cinsi yalıtım malzemeleri hastalık bulaştırma riski nedeniyle, yiyecek endüstrisinin bazı branşlarında kullanılması tavsiye edilmez (Altınışık, 2006).

2.5 Isı Yalıtım Malzemeleri

2.5.1 Camyünü

Silis kumunun yüksek sıcaklıklarda ergitilerek elyaf haline getirilmesi ile elde edilen bir ısı yalıtım malzemesidir. Şilte ve levha halinde kullanılabilir.

Isı iletkenlik hesap değeri: 0.04 W/mK
Kullanım sıcaklığı: max. 250 °C
Yoğunluk: 14–100 kg/m³
Yanma sınıfı: DIN 4102 ‘ye gore A sınıfı yanmaz
Buhar difüzyon direnç katsayısı : 1
Su emme: hacimce %3–10
Mekanik dayanım: 1.5–6.5 ton/m² basma dayanımı

2.5.2 Taşyünü

Bazalt veya diabaz taşının yüksek sıcaklıklarda ergitilerek elyaf haline getirilmesi ile elde edilen bir ısı yalıtım malzemesidir.

- Isı iletkenlik hesap değeri: 0.04 W/mK
- Kullanım sıcaklığı: max.750 °C
- Yoğunluk: 30–200 kg/m³
- Yanma Sınıfı : DIN4102 'e gore A sınıfı yanmaz
- Buhar difüzyon direnç katsayısı: 1
- Su emme: hacimce % 2.5–10
- Mekanik dayanım: 1.5–6.5 ton/m² basma dayanımı

2.5.3 Ekstrude Polistren Köpük (XPS)

XPS levha, polistiren hammaddesinin ekstrüzyonla levha halinde çekilmesiyle üretilen bir ısı yalıtım malzemesidir. Üretim tekniği dolayısıyla kapalı gözenekli ve bünyesine su almayan bir ısı yalıtım malzemesidir.

- Isı iletkenlik hesap değeri: yüzeyi pürüzsüz iken 0.028 yüzeyi pürüzlü iken 0.031 W/mK
- Kullanım sıcaklığı: -50 ila +75/+80 °C
- Yanma sınıfı: B1 sınıfı zor alev alan
- Yoğunluk: 25–45 kg/m³
- Buhar difüzyon direnç katsayısı: 80–250
- Su emme: hacimce %0–0.5 max.
- Mekanik dayanım: 100–500 kPa (10–50 ton/m²) max. basma dayanımı

2.5.4 Ekspande Polistren Köpük (EPS)

EPS, polistren hammaddesinin geliştirilerek blok halinde ve kesilme suretiyle levha haline getirilen bir ısı yalıtım malzemesidir. Ayrıca levha şeklinde kalıp içinde geliştirilerek de üretilebilir.

- Isı iletkenlik hesap değeri: ortalama 0.04 W/mK
- Kullanım sıcaklığı: -180 / +75
- Yanma sınıfı: DIN 4102'e göre B1 sınıfı zor alev alan, B2 sınıfı normal alev alan
- Yoğunluk: 15–30 kg/m³
- Buhar difüzyon direnç katsayısı: 20–80
- Su emme: hacimce %0–5
- Mekanik dayanım: 50–150 kPa (5-15 ton/m²) max. basma dayanımı

2.5.5 Poliüretan

Poliüretan, iki ayrı kimyasal bileşenin bir araya getirilmesi ile üretilir. Levha, sandviç panel ve püskürtme yöntemiyle kullanılan bir ısı yalıtım malzemesidir.

- Isı iletkenlik hesap değeri: 0.035 W/mK
- Kullanım sıcaklığı: -200 / +110 °C
- Yanma sınıfı: B1 - B2 - B3 sınıfı zor, normal ve kolay alev alan
- Yoğunluk: 30–40 kg/m³
- Buhar difüzyon direnç katsayısı: 30–100
- Su emme: hacimce %3–5
- Mekanik dayanım: 100–400 kPa (10 - 40 ton/m²)

2.5.6 Odun Talaşı Levhalar

Ahşap talaşının bir bağlayıcı ile sıkıştırılarak levha halinde üretilen bir ısı yalıtım malzemesidir.

- Isı iletkenlik hesap değeri : 0.09 – 0.15 W/mK
- Kullanım sıcaklığı: max. +110 °C
- Yanma sınıfı: BS476 standardına göre Class1
- Yoğunluk: 360–570 kg/m³
- Buhar difüzyon direnç katsayısı: 2–5

- Su emme: hacimce %10
- Basma dayanımı: 200 kPa (20 ton/m²) basma dayanımı

2.5.7 Cam Köpüğü

- Isı iletkenlik hesap değeri: 0.052 W/mK
- Kullanım sıcaklığı: -260 / +430°C
- Yoğunluk: 100–200 kg/m³
- Yanma sınıfı: BS476 standardına göre Class0
- Buhar difüzyon direnç katsayısı: 10000
- Su emme: Su emmez
- Mekanik dayanım: 430–8800 kPa (48–880 ton/m²) basma dayanımı (Yalıtım)

2.6 Duvarlarda Isı Yalıtımı

Duvarlarda yapılacak ısı yalıtımı için malzeme seçimi ve seçilen malzemenin kalınlığı en önemli iki faktördür. Seçilecek olan malzemenin bünyesine kesinlikle su almaması, buhar difüzyon direncinin yüksek oluşu, üzerine doğrudan sıva uygulanabilirliği, basınç ve darbeye karşı dayanımın yüksek olması ve ısı iletim katsayısının çok düşük olması gerekmektedir. Ayrıca, ısı yalıtım kalınlığı seçilirken yoğuşma sorununun önlenmesi için gerekli hesapların mutlaka yapılması gerekir.

2.6.1 Uygulama Prensipleri

Başlangıç profilinin yerleştirilmesi: Başlangıç profilinin ölçüsü, tercih edilen yalıtım levhasının kalınlığına ve uygulanacak olan sisteme göre belirlenir. Profiller duvara özel dübelleri ile 50 cm aralıklarla tespit edilir. Ayrıca duvar ile başlangıç profili arasındaki girinti ve çıkıntıları gidermek amacıyla farklı kalınlıktaki gönye elemanları kullanılabilir. Köşe bağlantıları ise, başlangıç profili köşe elemanları ile veya profilin köşeye uygun olarak kesilmesiyle oluşturulur.

Yalıtım levhalarının yapıştırılması: Öncelikle uygulama yapılacak yüzeydeki eğrilikler, yapıştırmaya veya sıva ile veya yalıtım levhalarının uygun kalınlıklarda kullanılmasıyla

giderilir. Cephelerde ve köşelerde levhalar şaşırtmalı olarak yerleştirilmelidir. Yapıştırma farklı metotlar kullanılabilir.

Noktasal yapıştırma metodu: Yalıtım levhalarının kenarları boyunca yapıştırıcı sürülür. Orta kısımlara da noktasal olarak yapıştırıcı uygulanır. Yalıtım levhalarının dış kenarlarına yapıştırıcı sürülmemesine özen gösterilmelidir. Levha yüzeyi %40 oranında yüzeye yapışmış olmalıdır.



Şekil 2.5 Noktasal yapıştırma metodu



Şekil 2.6 Dişi mala metodu

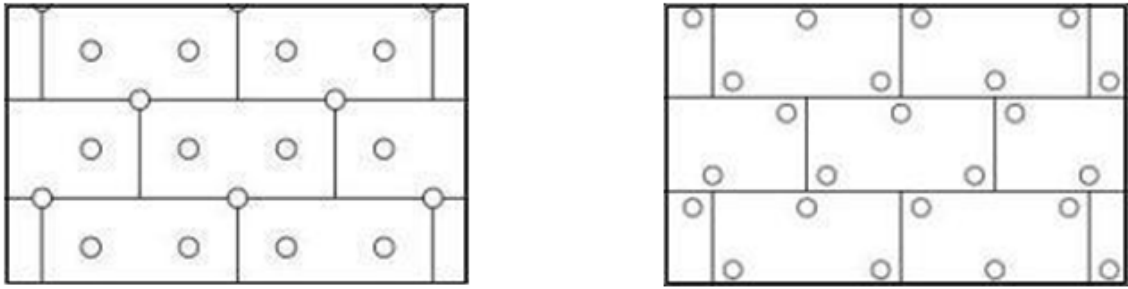
Dişi mala metodu: Uygulama yapılacak yüzeylerinde eğrilikler bulunmayan düzgün cephelerde bu metot uygulanabilmektedir. Yalıtım levhalarının yapıştırılacak yüzünü tamamen kaplayacak şekilde yapıştırıcı sürülür. Daha sonra bu yüzey dişi mala ile taranır. Yalıtım levhalarının dış kenarlarına yapıştırıcı sürülmemesine özen gösterilmelidir.

Yapıştırıcı sürüldükten hemen sonra yalıtım levhaları, duvar yüzeyine birbirlerine bitiştilerle yerleştirilir. Levhaların birleşim yerlerinde yüzeyin düzgün olması için törpüleme işlemi gerekebilir. Pencereler gibi cephedeki açık kısımlarda; levhalar bu kısımlara uygun olarak kesilerek uygulanır. Yalıtım levhaları arasında oluşabilecek aralıklar, aynı malzemedeki parçalar kesilerek kapatılmalıdır. Yapışmayı sağlamak için yalıtım levhalarına geniş yüzeyli düzgün bir tahta parçası ile vurulmalıdır.

Yalıtım levhalarının dübellenmesi: Dübellenmeye başlamadan önce, yapıştırıcının tamamen kurumaması beklenmelidir. Bu nedenle yalıtım plakalarının yüzeye yapıştırılmasından 24 saat sonra uygulamaya başlanmalıdır. Kullanılacak dübel ve açılacak derinlik seçimi, uygulanacak duvar özelliklerine uygun olarak yapılmalıdır. Örneğin dübel gazbeton duvarlara 7 cm, tuğla ve beton duvarlara 4 cm girmelidir.

Çakma dübel: Yalıtım levhaları üzerine uygun bir matkap ile delik açılarak dübel yerleştirilir ve çakılarak sabitleştirilir.

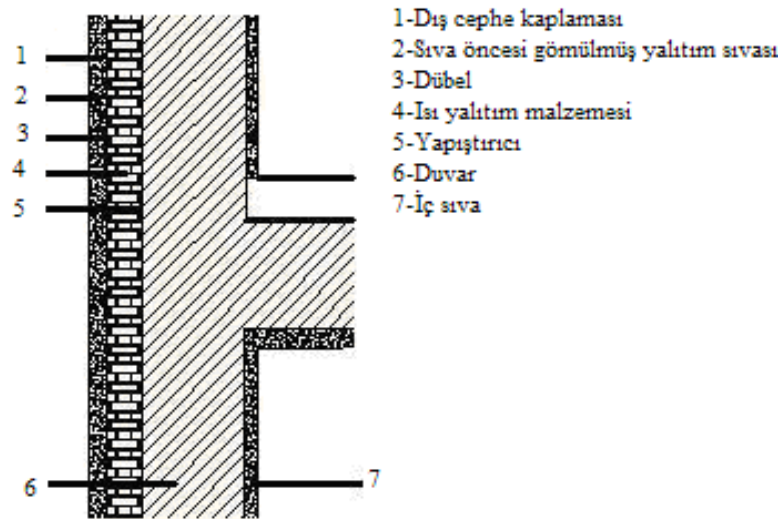
Patlatma dübel: Bazı yüzeylerde yalıtım plakasını patlatma dübel ile sabitleştirmek gerekebilir. Dübel, matkap ile yalıtım malzemesinin üzerinden patlatılarak sabitleştirilir. Fayans veya eskimiş sıvalardan oluşan yüzeyler, dübelleme işlemi için uygun değildir (Berkmen, 2001).



Şekil 2.7 Dübel şeması

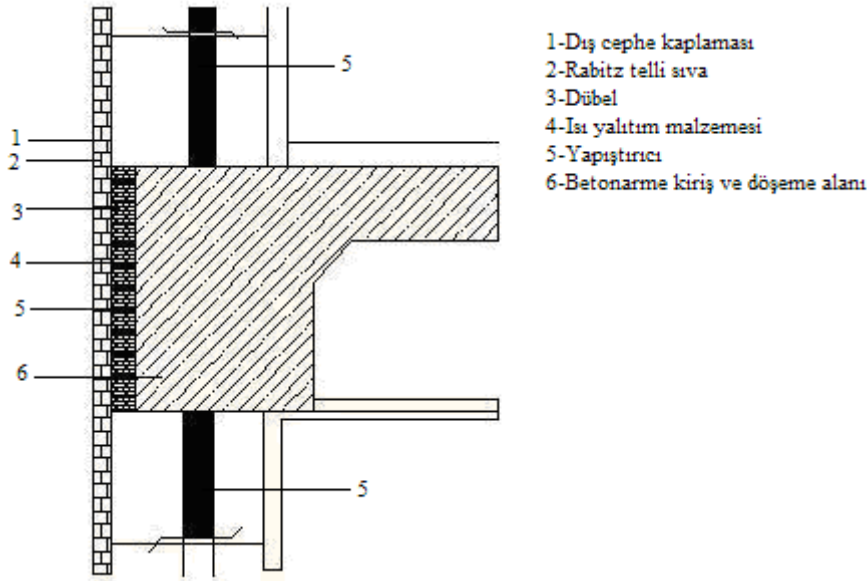
Dübelleri yerleştirilirken en çok tercih edilen yöntem, yalıtım levhasının ortasında ve tüm ek yerlerine gelecek şekilde dübelleri yerleştirilmesidir. Bir diğer yöntem ise her levhaya üçer dübel yerleştirilmesidir. Dübelleri yerleştirilirken levha kenarlarından 5'er cm. kadar mesafe bırakılmalıdır (Saint-Gobain Weber).

2.6.2 Dıştan Isı Yalıtımı



Şekil 2.8 Dıştan ısı yalıtım detayı (İzoder)

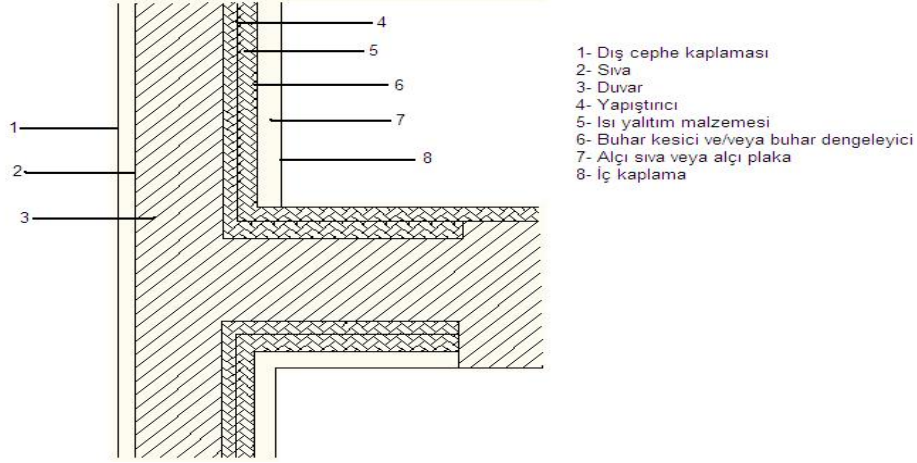
Isı yalıtımı, binayı çevreleyen kabuk yani dış duvarın dış yüzeyine uygulanır. Bina dış kabuğunu ısıl gerilimlerden koruyarak bina ömrünü uzatır ve ısıtma sistemi kapatıldıktan sonra özellikle konutlarda konfor şartlarının devamını sağlar.



Şekil 2.9 Kiriş öntü ve sandviç ısı yalıtımlı detay (İzoder)

Dıştan uygulamada, yalıtım levhaları, duvar yüzeyine reçine katkılı çimento esaslı harçlar ile yapıştırılır. Daha sonra, 1 m²'ye 6 adet gelecek şekilde plastik çivili yalıtım dubelleri ile mekanik tesbiti yapılır. Yapıştırmada kullanılan harç ile ince bir sıva yapılır. Bu sıvanın üzerine tüm duvar yüzeyini kaplayacak şekilde alkaliye dayanıklı cam elyafı file tatbik edilir. Daha sonra, üzeri tekrar sıvanır ve sıva kurduktan sonra boyanarak bitirilir. Bu uygulamada sıva kalınlığı asgari 5 mm olmalıdır.

Havalandırılmalı giydirme cephelerde, yanıcı ısı yalıtım malzemeleri kullanılıyorsa, her kat hizasındaki mineral yün yangın bariyerlerine ilave olarak her kat döşemesi hizasında metal yangın kesici bantlar kullanılması faydalı olacaktır. Geçirimsiz dış kaplama ile ısı yalıtım malzemeleri arasında mutlaka havalandırma boşluğu bulunmalı ve muhtemel yoğuşma suyu için drenaj imkanı sağlanmalıdır. Yanıcılık sınıfı A1, A2 ve B1 sınıfı ısı yalıtım malzemeleri kullanılmalıdır. Yangına dirençli tespit elemanları ve her kat hizasında 100 mm'lik bant halinde mineral yün yangın bariyerleri takviye edilmelidir. Yağmur suyu sızmasına karşı, kaplama arkasında bir membran kullanılıyorsa mutlaka buharı dışarı atan, suyu iç tarafa geçirmeyen (nefes alan su yalıtım membranı) bir membran kullanılmalıdır.



Şekil 2.10 İçten ısı yalıtımlı duvar ve köşe detayı (İzoder)

Oturulmakta olan binalarda dış duvarlara iç taraftan ısı yalıtımı yapılması daha kolay ve ekonomiktir. Bu uygulamalarda mineral yünler ekstrüde polistren uygundur. Dış duvarlarda radyatör arkasındaki ısı kayıpları da önemlidir. Radyatör arkalarına yansıtıcı ısı yalıtım levhaları konularak yaklaşık % 5 yakıt tasarrufu sağlanabilir.

2.6.2.1 Kolonlar Arası Duvar

Bina taşıyıcı iskeletini oluşturan dış kolon ve kirişlerin arasına duvarların yerleştirilmesi uygulama açısından kolaylık sağlamakla birlikte, önlem alınmaması durumunda fazla ısı köprüsü oluşması nedeniyle yetersiz bir çözümdür.

2.6.2.2 Havalandırmaz Duvar

Duvar gövdesi veya ısı yalıtımı üzerine boşluk bırakmadan doğrudan dış kaplama uygulaması havalandırmaz duvar olarak tanımlanabilir. Bu durumda geride sızıntı veya yoğuşma suyu uzaklaştırılacak veya kurummasını sağlayacak bir hava boşluğu bulunmaması nedeniyle, en dış katmanın tümüyle su geçirimsiz olması beklenir. Ayrıca, yoğuşmanın oluşmasını da engellemek gerekmektedir.

2.6.2.3 Isı Yalıtımsız Duvar

Kalınlığı ve katmanları açısından duvarın, su yalıtım özelliklerinin yeterli olmasının yanında taşıyıcı sistemin de aynı düzeyde yeterli olması gerekmektedir. Bu yönden dış kiriş ve kolonlar ısı köprüsü oluşturmakta ve yoğuşmaya neden olmaktadır.

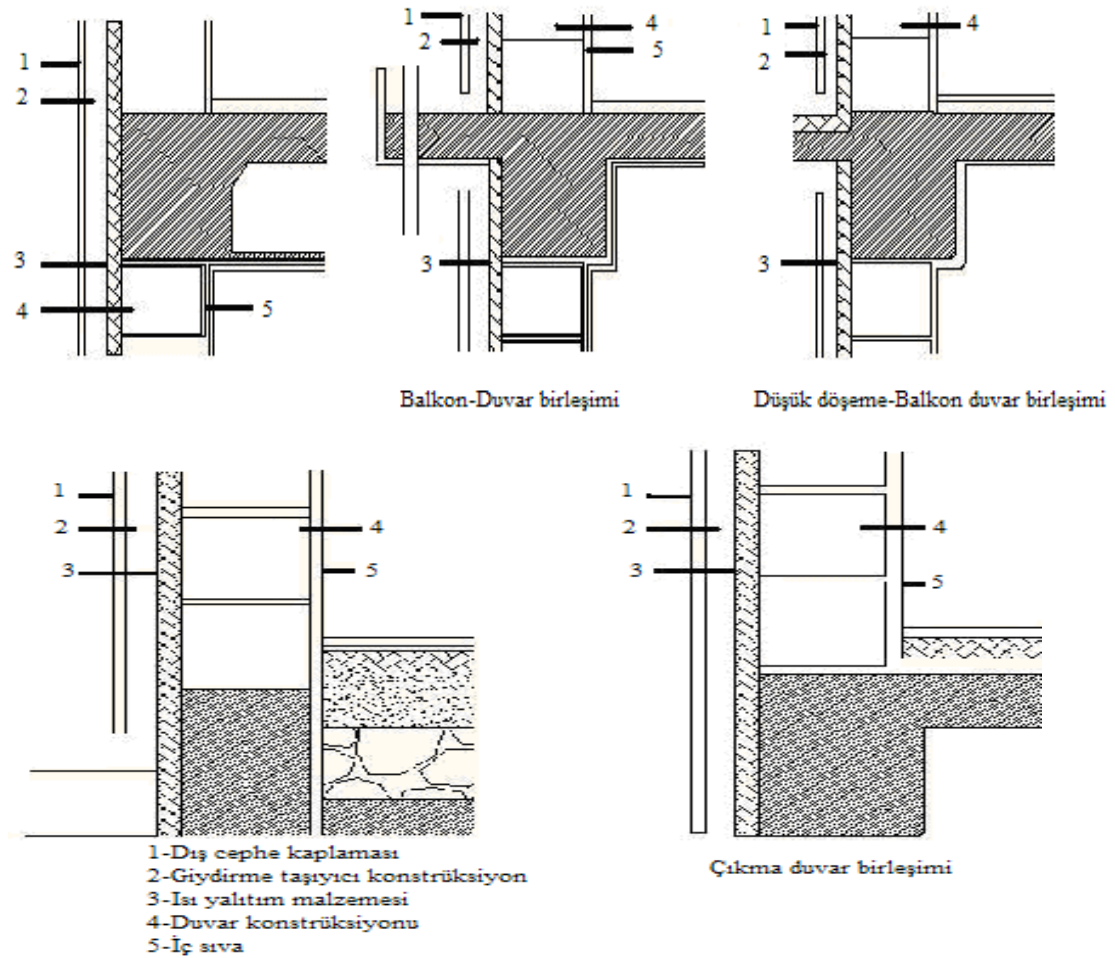
2.6.2.4 Kiriş Isı Yalıtımlı Duvar

Duvar gövdesi kendisinin ısı yalıtımı açısından yeterli olması durumunda yalnızca taşıyıcı elemanların dış yüzeyine yalıtım uygulamasıyla yetinmek mümkündür. Duvarın kiriş kenarından ısı yalıtımı kadar dışa taşırılmasıyla yapılır. Duvar kaplaması ve taşıyıcı eleman yalıtım malzemesi arasındaki derz üzerinde sıva donatısı kullanılması çatlakların önlenmesi açısından gereklidir.

2.6.2.5 Tam Isı Yalıtımlı Duvar

Isı köprüleri bu çözüm yoluyla tümüyle giderilir. Aynı zamanda duvar kalınlığı azaltılmış ve ısı depolama kapasitesinden yararlanılmış olur. Diğer taraftan kat kullanım alanı artar.

2.6.2.6 Havalandırmalı Duvar



Şekil 2.11 Havalandırmalı duvar detayı (İzoder)

Dış kaplamadan sızan yağış suları ile içeriden oluşan su buharının yoğuşması sonucu oluşan suların uzaklaştırılması, duvar içinde sürekli bir boşluk oluşturularak gerçekleştirilebilir. Duvarın tepesinde ve dibinde bırakılacak aralıklar veya delikler su çıkışını ve hava girişini sağlar. Bu boşluk aynı zamanda sıcak bölgelerde gölgeleme işlevini de yüklenir. Isı yalıtımı açısından boşluk içinde bir ısı yalıtım katmanı da bulunmalıdır.

2.6.2.7 Yığma Dış Kaplamalı Duvar

Her kat düzeyinde yatay çelik profiller yardımıyla taşınabilen cephe tuğlası gibi kagir kaplamalar belli aralıklarla plastik veya metal kenetlerle ısı yalıtımının arasından iç duvar örgüsü ile birleştirilebilir. Yine her kattaki en alt ve üst örgü sırasında su boşaltma ve havalandırma amacıyla tuğlalar arasında boş düşey derzler bırakılır.

2.6.2.8 Izgaralı veya Profilli Levha Kaplamalı Duvar

Taşıyıcı sistem önüne yerleştirilen bir cephe ızgarası üzerine kaplama yapılabilir veya trapez/ondüle levhalar kaplama olarak kullanılabilir. Isı yalıtımı ızgaranın dikme veya kayıtları arasında yer alır. Böylece cephe kalınlığı ile birlikte ağırlığı da yığma kaplamaya göre azalmış olur.

2.6.2.9 Dış Kaplamalı Isı Yalıtımlı Duvar

Önceki çözümlerden farklı olarak burada ısı yalıtımı dış kaplamaya bitişik ve hava boşluğunun dış tarafında bulunur. Sıcak bölgelerde boşluktaki havanın kaplama yoluyla ısınmasını engelleyerek serinlemeyi sağlama amaçlanır.

2.6.2.10 Kolonlar Önü Duvar

Kolonların duvar arasında kalarak ısı köprüsü oluşturmasını önlemek üzere, döşeme kenarı kirişten sonra dışa doğru uzatılarak, duvarlar kolonların önüne yerleştirilebilir. Böylece, yalnızca yatay doğrultuda söz konusu döşeme uzantısının alını ısı köprüsü durumunda kalır. Buna karşılık duvarlarla geride kalan kolonlar arasında kenetler yardımıyla yanal yükler açısından bağlantı sağlanmalıdır. Ayrıca belli aralıklarla duvarda hareket imkânı sağlayan düşey derzler bırakılmalıdır. Aşağıdaki çözümler ayrıca havalandırılmalı olarak da düzenlenebilir.

2.6.2.11 Isı Yalıtımsız Duvar

Isı köprüsünün alanı cephe üzerinde en aza indirgenmiş olması nedeniyle soğuk bölgeler dışında ek yalıtıma ihtiyaç duyulmayabilir.

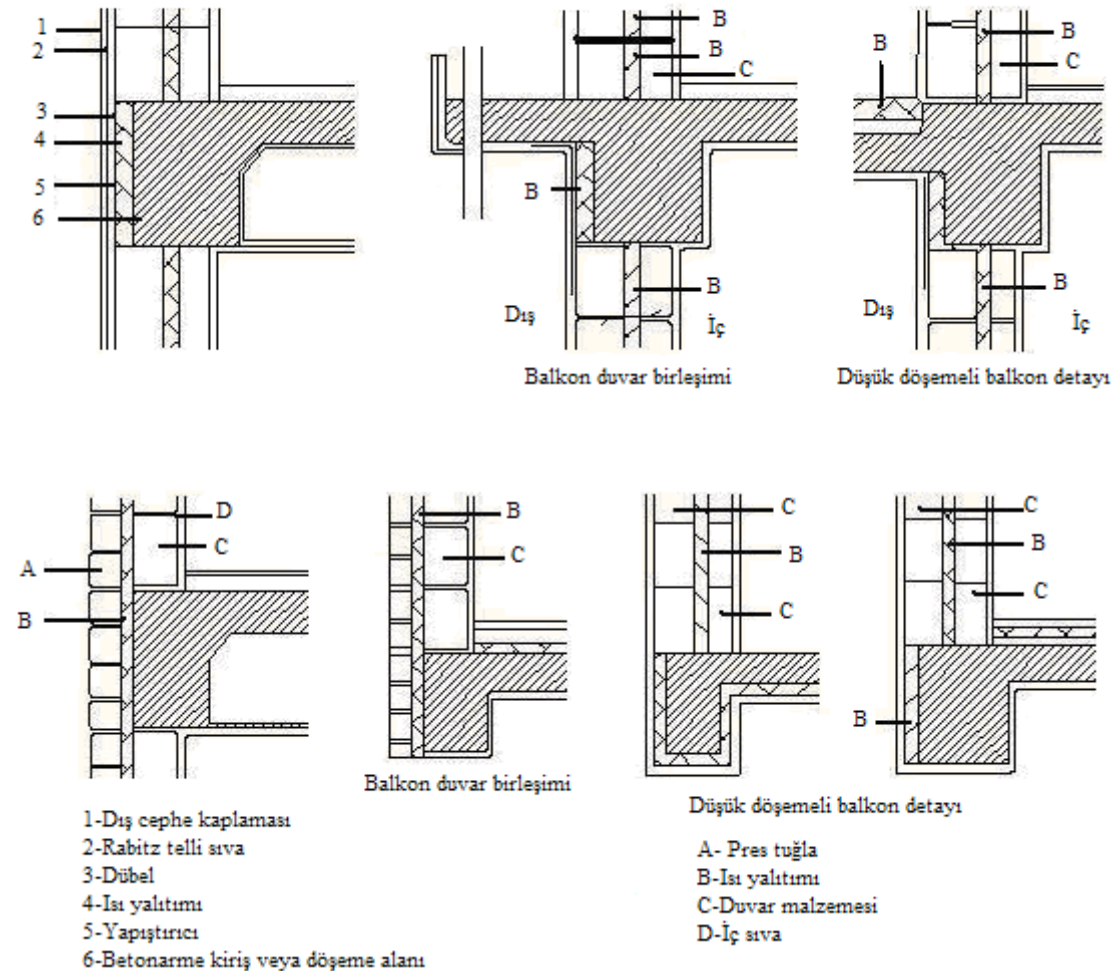
2.6.2.12 Kenar Isı Yalıtımlı Duvar

Döşeme uzantısının altına ısı yalıtımı yerleştirilmesiyle tüm ısı köprüleri giderilmiş olur. Duvar, daha önce olduğu gibi ısı yalıtım katmanı kalınlığı kadar döşeme kenarından dışa çekilir.

2.6.2.13 Tam Isı Yalıtımlı Duvar

Yukarıda açıklanan her iki çözümün birleştirilmesiyle yeni bir çözüm elde edilir. Böylece tam duvar kalınlığı azaltılmış hem de ısı köprüleri ortadan kalkmıştır.

2.6.3 Dış Duvarlarda Ortadan (Sandviç) Isı Yalıtımı



Şekil 2.12 Sandviç duvar yalıtım detayı (İzoder)

İki masif yapı kabuğu ve bunların arasında yer alan ısı yalıtım katmanının oluşturduğu çift kabuk dış duvar sistemi "ortadan ısı yalıtımlı dış duvar" olarak adlandırılabilir. Ortadan ısı yalıtımlı dış duvarlar iki değişik şekilde uygulanabilir. Bunlar, birbirinden düşey hareketli bir hava katmanı ile ayrılmış iki masif duvar ve ısı yalıtım tabakasından oluşan çift kabuk dış duvar sistemi (havalandırılmalı-soğuk) ve iki masif duvar ve ısı yalıtım tabakasından oluşan hava boşluğu içermeyen çift kabuk bir duvar sistemidir.

Her iki sistemde, dış ve iç kabuk aynı veya ayrı masif yapı malzemelerinden örülür veya yapılır. Genellikle beton blok ve briketler, dolu tuğla, pres tuğla, klinker tuğla vb ile doğal taş, beton gibi alışlagelmiş malzemeler kullanılır, iç ve dış kabuk yalnız tuğlalardan oluşturulabildiği gibi kabuklarda birisi, tuğla vb diğeri beton, briket vb olabilir veya her iki kabuk betondan yapılır.

Ortadan ısı yalıtımlı dış duvarlarda, camyünü, taş yünü, ahşap yünü, koyunyünü, mineral lifli plak ısı yalıtım malzemeleri, EPS ve XPS sert köpük, poliüretan sert köpük, genişletilmiş üre formaldehit köpük vb. plak üreten ısı yalıtım malzemeleri, cam köpüğü ya da genişletilmiş perlit veya verniküt, bims vb taneli yalıtkan dolgu malzemeleri ısı yalıtım malzemeleri olarak kullanılmaktadır. Ancak, taneli dolgu malzemeleri daha çok havalandırmasız dış duvarlar için uygun olan ısı yalıtım malzemesidir.

Ortadan ısı yalıtımlı dış duvarlarda, iç ve dış kabuk arasında yapısal bir bağlantı yoktur. Bununla beraber her iki kabuğun mekanik dayanım açısından birlikte çalışması gerekir. Bunun için, iç ve dış masif katman yeterli sıklıkta metal bağlarla birbirine bağlanır. Bağlanma, duvar örülürken, bağların bir ucu dış, diğeri iç katmana ve karşılıklı aynı düzlemdeki derzlere veya iç ve dış kabukta boşluklara sokularak yapılır. Bağlar için en uygun metal, bakır, bronz, galvanizli demir ve paslanmaz çeliktir. Bağlantı için çok değişik boyut ve biçimlerde paslanmaz çelik köşebentler ve özel bağlantı elemanları üretilmektedir.

Ortadan ısı yalıtımlı dış duvarlar hem iskelet ve hem de yığma yapılara uygulanmaktadır, iskelet yapılarda kabukların her ikisi ince olabileceği gibi biri kalın (iç kabuk), diğeri ince olabilir. Yığma yapılarda ise statik açıdan daha kalın duvarların yapımı gerektiğinden kabuklardan birisi özellikle iç kabuk diğeri daha kalın olarak inşa edilmektedir.

Havalandırılmalı çift kabuk dış duvar sistemlerinde yer alan katmanında herhangi bir hapsedilmişlik, durgunluk ve nem depolama niteliği olmayıp aksine bir serbestlik, sürekli bir hareket, dolayısıyla da nem taşıyıcılık ve yapıdan aldığı nemi beraberinde

yapıdan uzaklaştırıcılık gibi olumlu nitelikler söz konusudur. Burada yapı bileşeni hem konstrüksiyon hem de işlev yönünden hareketli hava katmanı tarafından ikiye bölünmüştür. İyi bir şekilde havalandırılan hava katmanının ısı şartları dış ortamla aynı kabul edilir.

Ortadan ısı yalıtımlı ve havalandırılmalı çift kabuk dış duvarlarda dış kabuk en az 9 cm, iç kabuk ise en az 11.5 cm kalınlığında olmalıdır, iki kabuk arası en fazla 15 cm 'dir. Hava tabakasının en az kalınlığı 4 cm 'dir. Isı yalıtım tabakası ise en fazla 11 cm kalınlığındadır.

Havalandırmasız dış duvarlarda, sistemi oluşturan tüm malzeme katmanlarına ait nemsel ve ısı dirençler birbiri arkasından kesintisiz sıralanmaktadır. Bu tür dış duvarlarda rüzgâr etkisi altındaki yağmur suyu geçirimli dış kabuk ve derzler yoluyla konstrüksiyona girebilir. Bu su, hem don hasarına ve hem de dış kabuğun iç yüzeyi ile temas halinde olan ısı yalıtım malzemesinin nemlenmesine neden olabilir.

Isıl konfor şartları sağlanmış bu duvarlarda soğuk dönemde iç kabuk sıcak, don bölgesinde bulunan dış kabuk ise soğuktur. İç kabuk yavaş, dış kabuk ise hızla soğur. Çiğ noktası ısı yalıtım tabakasının içindedir. Sıcak dönemde ise dış kabuk çok hızla ısınır. Taşıyıcı nitelikteki iç kabuk dış kabuk tarafından korunduğu için yüksek sıcaklıkların etkisi altında değildir. Sıcak dönemde ısı akımına paralel olarak gelişen buhar akımı sonucu, su buharı ısı yalıtım tabakasında yoğunlaşır ve yoğunlaşma genellikle düzlemseldir. Taşıyıcı duvar yıllık sıcaklık farkı nedeni ile çok az genişler. Dış kabuk, yüksek ısı genleşmelerinin etkisi altındadır ve iç kabuğun ısı depolama yeteneği yüksektir.

Havalandırılmalı sistemde dış kabuk için kullanılacak masif yapı taşlarının don etkisine dayanıklı olması ve su geçirmez (sıkı) nitelik taşıması, buna karşılık iyi bir kılcal emicilik gücüne sahip olması, yani iyi bir nem depolayıcı olması gerekir. Bu malzemeler, buhar kesicilik özelliği de taşıyabilir. Bu durumda, kapalı ortamdan difüzyon yoluyla gelen su buharı hareketli hava katmanına erişir erişmez buradaki hava akımı ile derhal uzaklaştırılacaktır. Havalandırılmalı dış duvar sistemi, her yerde kolayca kullanılmayan en hassas ısı yalıtım malzemelerinin (örneğin: son derece düşük yoğunluktaki camyünü vb) istenilen düzeyde ısı iletkenlik değerleri içinde ve sağlıklı olarak kullanılmasına imkân vermektedir. Burada kullanılacak ısı yalıtım malzemesinin tam anlamıyla buhar geçirgen olmasında hiç bir sakınca yoktur. Ancak, bu sistemde cam köpüğü vb difüzyon direnci yüksek ısı yalıtım malzemeleri kullanılacaksa, bunlar açık derzli olarak uygulanmalı ve iç kabuk iç yüzeyine yakın bir bölgede güçlü bir

buhar kesici katman ile birlikte yer almalıdır. Ortadan ısı yalıtımlı ve havalandırmalı dış duvarlarda boşluk tabanında, olası yoğuşma ve kabuktan sızabilecek yağmur sularının her iki kabuğa zarar vermeden serbestçe dışarı atılmasını sağlayan bir sızdırmazlık katmanı uygulanmalı ve bu katman hava giriş delikleri ile optimum düzeyde bağdaştırılmalıdır.

Havalandırmasız sistemde genel olarak su buharı difüzyon direnci yüksek yapı taşları dış kabukta kullanılmamalıdır. Buhar difüzyonuna imkân sağlayan bu yapı taşları suyu bünyesine almamaktadır. Isı yalıtım malzemeleri ise su buharı geçirgen özellikte olmalıdır. Bu tür dış duvarlarda, dış kabuk uygun nitelikte malzemeler ile oluşturulmamış ve derzler dâhil, dış yüzeyi su geçirimsiz kılacak önlemler alınmamış ve uygulama hataları yapılmışsa rüzgâr etkisi altındaki yağmur suyu geçirimli dış kabuk ve derzler yoluyla konstrüksiyona girebilir. Bu su, hem don hasarına yol açar hem de iç kabuğun iç yüzeyi ile temas halinde olan ısı yalıtım malzemesinin nemlenmesine neden olur.

Poliüretan, ekstrüde veya ekspanded polistren sert köpük vb gibi kapalı gözenekli ısı yalıtım malzemeleri kuvvetli yağmur etkisinde derzlerinin dışında pratik olarak bünyesine nem almaz. Taş yünü, camyünü vb mineral lifli plaklar, genişletilmiş üreformaldehit köpüğü veya hidrofob genişletilmiş perlit vb gibi açık gözenekli ısı yalıtım malzemeleri ise bünyesine dış kabuğa komşu yüzeylerinden nem alabilir. Isı yalıtım malzemesinin tamamen nemlenmesi durumunda nem bu tabakaya iç yüzünden komşu iç kabuğa da girebilir ve onun da nemlenmesine yol açabilir. Bu açıdan bakıldığında, havalandırmasız dış duvarda, pratik olarak, su emmeyen kapalı gözenekli sert köpükler veya hidrofob (su itici) özelliği ile su emiciliği azaltılmış olan ısı yalıtım malzemeleri kullanılmalıdır. Her iki durumda da duvar tabanında sağlıklı bir sızdırmazlık katmanı uygulanmalı ve bu katman hava giriş delikleri ile ilişkilendirilmelidir.

Ortadan ısı yalıtımlı ve havalandırmasız çift kabuk dış duvarlarda su buharı difüzyonu sonucu genellikle yoğuşma görülür. Isı iletim katsayısı aynı olan ısı yalıtım malzemelerinin yüksek buhar difüzyon direncine sahip olanlar, düşük dirençlilere göre daha az yoğuşma riski taşır. Yoğuşma sonucu oluşan nem miktarı, düşük buhar difüzyon dirençli mineral lifli plakalarda daha fazla, yüksek dirençli yapay sert köpük plaklarda ise daha azdır. Bu açıdan da, ısı yalıtım malzemesi olarak, duvar bünyesinde yoğuşmaya izin verilse bile, kapalı gözenekli sert köpük plaklar kullanılabilir.

Plak türünden ısı yalıtım malzemelerinin kullanıldığı durumlarda atmosferik yüklerden koruyucu dış kabuk için, nispeten düşük difüzyon dirençli bir malzeme (1/2 normal dolu tuğla vb) öngörülürken, ısı yalıtımının dökülerek veya doldurularak uygulandığı duvarlarda masif dış kabuğun difüzyon direnci nispeten yüksek malzemedan (1/2 dolu klinker tuğla vb) seçilmesi gerekir. Isı yalıtım katmanının dolgu malzemesinden oluşması, duvar tabanında sağlıklı bir sızdırmazlık ve sudan arınım sisteminin uygulanmasını zorunlu kılar.

Ortadan ısı yalıtımlı ve havalandırılmalı çift kabuk dış duvarlar, yağmur geçişinin önlenmesi ve yapı içindeki su buharının yoğunlaşmaya neden olmadan dışarı atılması yönünden uygun olan yapılardır. Bu sistem ısı geçirgenlik direnci yüksek, buhar geçirgenlik direnci düşük ısı yalıtım malzemeleri ile kullanılmalıdır. Yapım sırasında, hava giriş ve çıkış deliklerinin bırakılmış olması ve duvar diplerinin su geçirmezlik malzemeler ile donatılması gerekir.

Yağmur etkisi ve difüzyon tekniği açısından problemlili olan ortadan ısı yalıtımlı ve havalandırmasız çift kabuk dış duvarlar pratikte çok ancak, bilinçsizce uygulanan bir detaydır.

Bu sistemde yeterli performans ancak bir dizi önlem alınarak sağlanabilir. Hidrofor özellikteki dökme perlitli ısı yalıtım tabakasının kalınlığı en az 5 cm olmalıdır. Mineral lifli, yalıtım malzemeleri kullanılacaksa, konstrüksiyon, uygulama esnasında neme karşı korunmalıdır. Yağmur ve su buharı etkilerine karşı nem emmeyen kapalı gözenekli sert köpük plak veya su itici nitelikteki yalıtım malzemeleri kullanılmalıdır. Nemsel etkenlere açık dış kabuğun ısı geçirme değerinin hesaplanması ve bunun ısı korunumu açısından değerlendirilmesi gerekir.

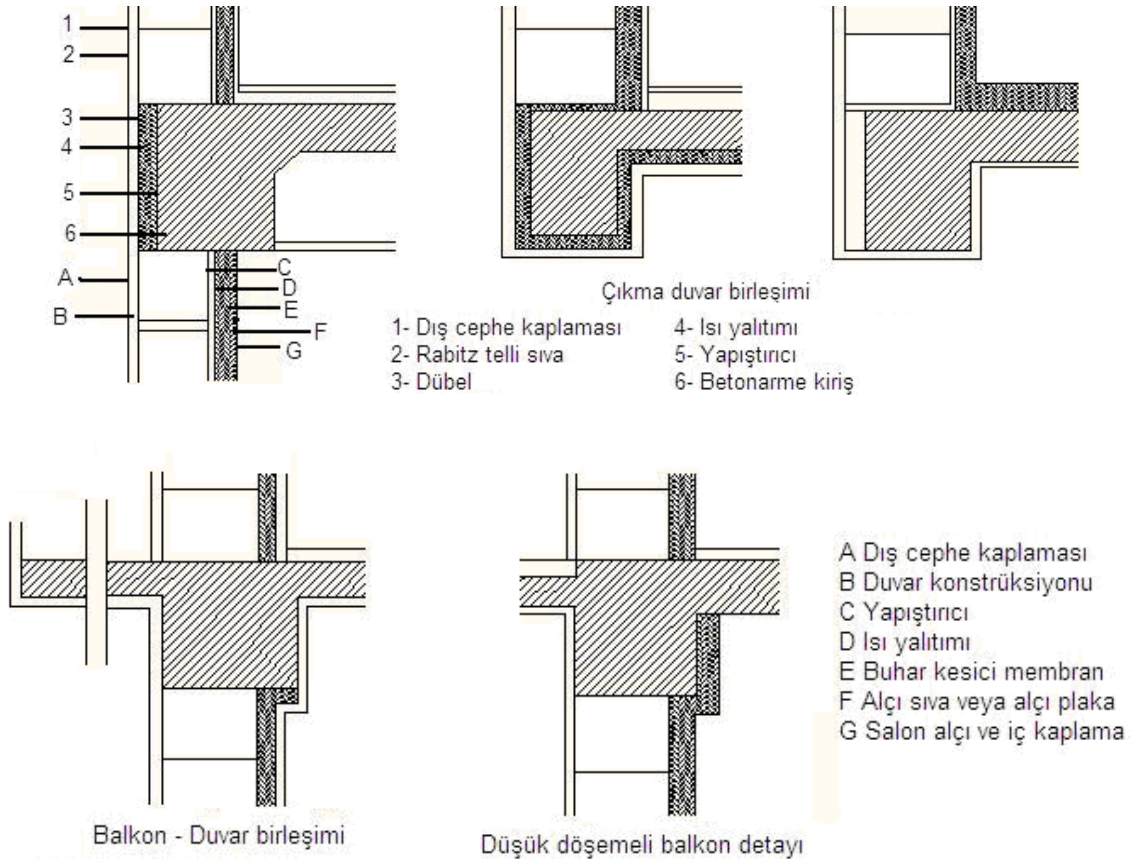
Yağmur suyu etkilerine karşı duvar diplerine sağlıklı bir sudan arınım sistemi oluşturulmalı ve bu bölgeye su geçirimsiz malzeme uygulanmalıdır. Havalandırmasız duvarların farklı iç ve dış kabuk ve farklı ısı yalıtım malzemesi seçenekleri ile difüzyon kontrolü yapılmalı ve alınan sonuçlara bağlı olarak kullanım açısından bir karara varılmalıdır.

2.6.4 İçten Isı Yalıtımı

Duvarların içten yalıtılması yoğunlaşma riskinin yüksek olduğu uygulamalar olup yoğunlaşma kontrolü yapılmalıdır. Isı yalıtımının sıcak tarafına buhar kesici uygulanmalıdır. Buhar

kesici tabakanın ek yerlerinde buhar kesici bantlar ile geçirimsizlik sağlanmalı, tespit elemanları ile delinmemelidir.

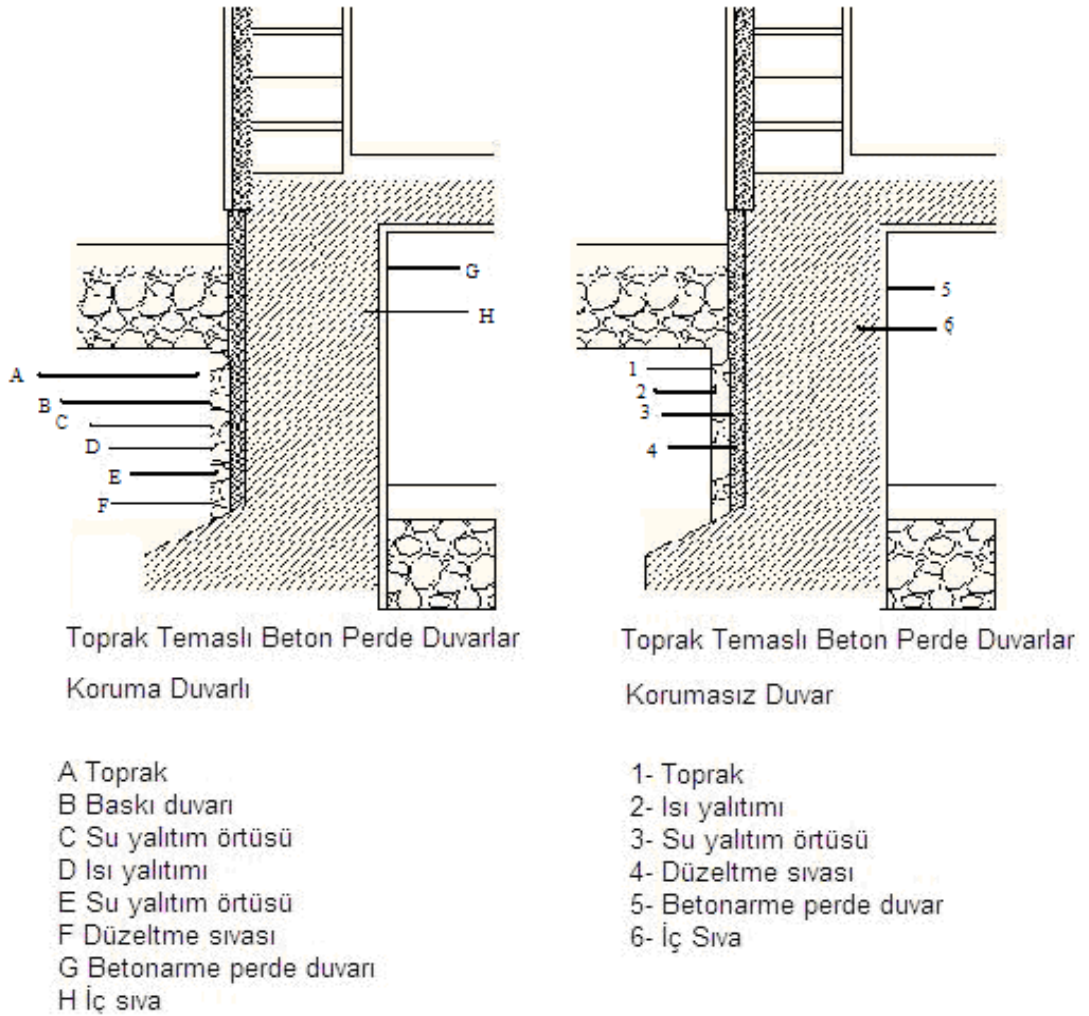
Isı yalıtım malzemesi sürekli olarak uygulanmalı, ısı köprüsü oluşturacak profil vb tespit elemanlarından kaçınılmalıdır. Kat döşemeleri ile birleşimlerde ısı köprüleri elimine edilecek şekilde ısı yalıtımı uygulanmalıdır. Duvar bünyesinde bulunan kolon, kiriş, hatıl vb tüm yapı elemanları dıştan ısı yalıtımı ile kaplanmalıdır. Buhar kesici tabakalar mümkünse tavan ve döşemelere döndürülmelidir. Isı yalıtım malzemesinin sıcak tarafında bulunan tabakaların, buhar difüzyon direnç katsayısı, soğuk tarafta bulunanlardan 5 kat daha yüksek olması durumunda yoğuşma önlenir ve buhar kesiciye gerek yoktur. Yalıtım tabakası arkasında hava hareketi önlenmelidir. Kompozit yalıtımlı paneller kullanılıyorsa, tavan ve döşeme ile birleşme noktalarında panel arklarına sürekli yapıştırıcı harç sürülmelidir. Ayrıca panel üzerinde yer alan priz vb elektrik çevreleri aynı şekilde kapatılmış olmalıdır. Mutfak ve banyo gibi yüksek buhar üreten hacimlerde yerlerde kaynağa yakın noktada su buharı pasif bir baca veya mekanik havalandırma ile dışarı atılması sağlanmalıdır.



Şekil 2.13 İçten ısı yalıtım detayı

İçten ısı yalıtım uygulamalarında, kat yüksekliğindeki ekstrüde polistren (boşluksuz) ısı yalıtım levhaları çimento bazlı yapıştırma harcı ile duvara yapıştırıldıktan sonra ek yerlerine file bant yapıştırılıp üzerine alçı sıva uygulanarak bitirilir. Plastik çivili yalıtım dübelleri ile fiksaj yöntemi, duvar yüzeyinin uygun olmaması veya kat yüksekliğinin 3 m 'yi aştığı durumlarda kullanılmalıdır, içten ısı yalıtım uygulamalarında genellikle bir yoğuşma sorunu yaşanır. Bu açıdan, yoğuşma sorununun çözülmesi durumunda uygulanmalıdır. Diğer taraftan, dıştan ısı yalıtım uygulamalarına oranla daha ekonomik olup ısıl tutuculuk açısından da dıştan uygulananlara oranla daha düşüktür.

2.6.5 Bodrum ve Temel Perdelerde Isı Yalıtımı



Şekil 2.14 Bodrum ve temel perdelerde ısı yalıtımı detayı (İzoder)

Su yalıtımı tamamlanmış olan perde veya duvara soğuk bitüm yapıştırılarak polistren ısı yalıtım levhaları hem ısı yalıtımı yapar hem de su yalıtım katmanlarını tahriplere karşı korur.

2.6.5.1 Isıtılan Bodrum

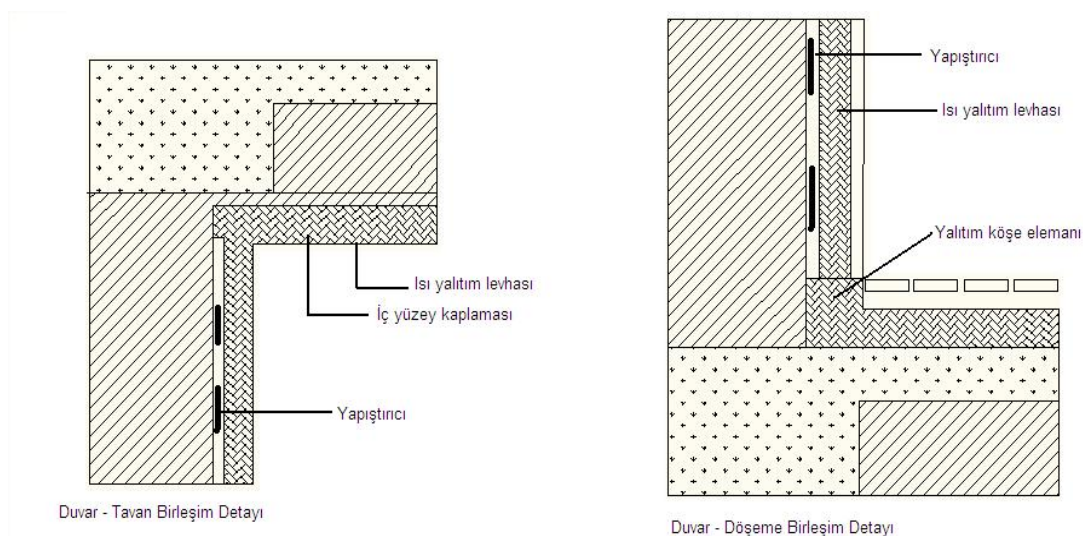
Isıtılan bodrumlarda ise, perde, duvar ve döşemede su ve ısı yalıtımları birlikte bulunur. Özellikle soğuk bölgelerde döşemede ısı yalıtımı büyük yarar sağlar.

2.6.5.2 Isıtılmayan Bodrum

Isıtılmayan bodrumdaki ısı yalıtımı için en etkili konu, dış duvar yalıtımı ile sürekliliğin sağlanabileceği zemin kat döşemesi üst yüzüdür. Yerden ısıtma imkânı da sağlar. Bu konumdaki yüklere karşı yeterli basınç ve darbe dayanımı olmalıdır. Dış duvardaki yalıtımın en az zemin donma derinliğine kadar indirilmesi gerekir. Isı yalıtımsız bodrumların perde ve döşemelerde yalnızca su yalıtımı yapılır ve drenaj ile desteklenir.

2.6.6 Döşemelerde Isı Yalıtımı

Zemin kat döşemelerindeki ısı kayıplarını azaltmak için kullanılan ısı yalıtım detaylarının çözümlenmesi, yapı kabuğunun diğer bölümlerinde uygulanan ısı yalıtım detaylarından farklılık arz etmektedir. Bunun başlıca nedeni, zemine oldukça yakın ya da doğrudan ilişkili olmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, zemin kat döşemelerindeki ısı yalıtımları incelenirken döşeme ve dış duvarlardaki su, buhar yalıtımları ile ilişkilerinin kurulması kaçınılmaz olmaktadır.



Şekil 2.15 Döşemelerde ısı yalıtımı detayı (İzoder)

Döşemelerin altından yapılan ısı yalıtımı genellikle döşeme elemanı boyunca yatay olarak uzanır. Burada kullanılacak yalıtım malzemesi yüksek nem direncine sahip ve basınca dayanıklı sert bir tabaka olmalıdır. Eğer nem geçirmeyen tabakanın altında yer alıyorsa, zemin ya da dolgunun zararlı olabilecek etkilerinden korunmalıdır. Bu uygulamada beton döşemeler yerinde yalıtılırlar ve iki yolla taşınırlar. Bunlar;

- Zemin ya da dolguya oturtulurlar,
- Çevre duvarlar vasıtası ile taşınırlar.

Nem geçirmez tabaka beton zeminin altında veya üstünde olabilir. Eğer betonun altında ise ısı yalıtımının altında veya üstünde de olabilir. Zeminin yüksek miktarda sülfata sahip olduğu alanlarda, nem geçirmez tabaka betonun üstünde ise, betonun zemindeki bileşenlerden etkilenmemesi için ek bir ayırıcı tabakaya ihtiyaç vardır. Bu grup uygulamada oluşabilecek sorunlar;

- Yapısal sağlamlığın ve ısı performansın azalması,
- Yapım sırasındaki zararlar,
- Isı köprülerindeki olası yoğunlaşma,
- Döşemedeki nemin zararı ve
- Tesisatlardaki olası sorunlardır.

Taşıyıcının üstünden yalıtılan zemin kat döşemelerindeki yalıtım uygulamaları, zemin döşemesi prekast kiriş ve blok döşemeler ile yerinde dökülen döşemelerde kullanılır. Isı yalıtım malzemesi sert ve üzerindeki yüke uygun olmalıdır. Yalıtım elemanı ahşap esaslı döşeme kaplaması veya şap altında yer alabilir. Bu tür uygulama yalıtılmış ahşap döşeme sistemleri için de uygundur. Bu grup uygulamada oluşabilecek sorunlar;

- Uygulamadaki hatalar ve yapım sırasındaki zararlar,
- Nemden oluşan zararlar,
- Isı köprülerindeki yoğunlaşma ve
- Tesisattaki olası sorunlardır.

Kenarından yalıtılan zemin kat döşemesi uygulamasında, ısı yalıtım tabakaları döşemenin kenarına, binanın boyut ve şekline ve de yalıtım kalınlığına bağlı olarak 2 m 'ye kadar yatay veya düşey olarak yerleştirilir. Isı yalıtım tabakası döşemenin çevresinde düşey olarak üç değişik şekilde yer alabilir. Bunlar;

Dış duvarın iç tarafına,

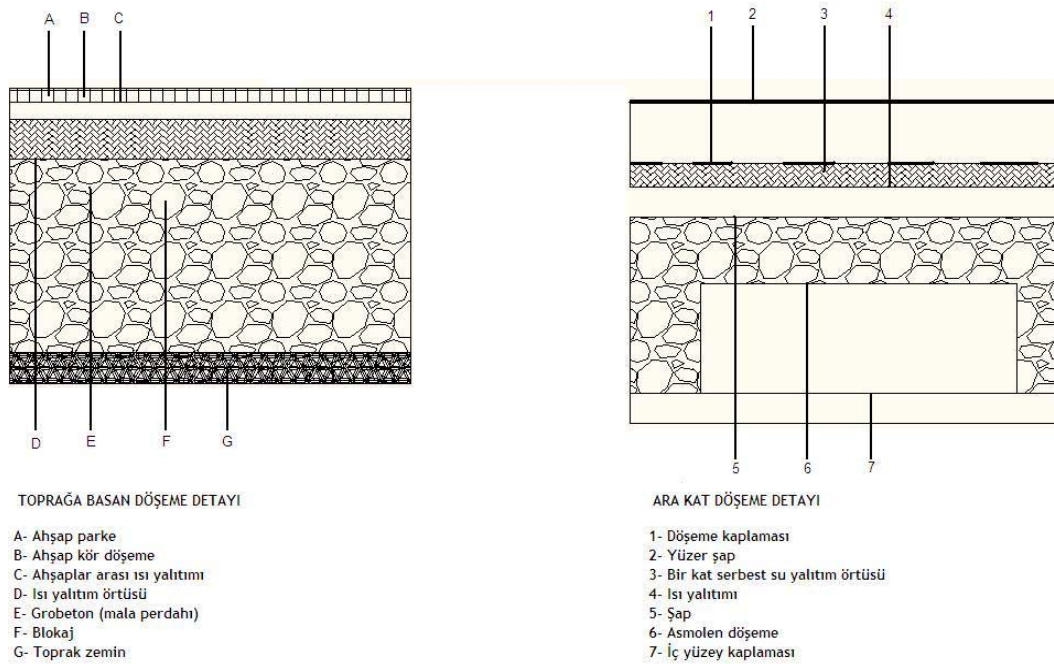
- Duvar tabakalarının arasındaki boşluğuna ve
- Dış duvarın dış taratmadır.

Temellerin derinlik ve tipine bağılı olarak, ısı yalıtımı duvarlarda olduğu gibi temelerde de yapılabilir. Düşey yalıtımın dış taraftan uygulanması, binanın içindeki döşemeye uygulanmasının uygun olmadığı yerlerde faydalı olabilir. Fakat temel derinliğinin yeterli olduğu durumlarda temel duvarlarının dış tarafına ısı yalıtımı eklenebilir. Bu uygulama özellikle yalıtım tabakasının dış duvar yalıtım tabakası ile devamlılığının sağlanması kolaylığı açısından faydalıdır. Aynı zamanda beton zemin döşemesindeki yüzey yoğuşmasına çare olarak kullanılabilir. Bu grup uygulamada oluşabilecek sorunlar;

- Zeminin altındaki ısı yalıtım malzemesinin ısıl performansının azalması,
- Yapım sırasındaki zararlar,
- Temellerdeki taşıyıcı hatalar ve
- Isı köprülerindeki yoğuşmadır.

2.6.6.1 Zemine Oturan Döşemelerde Isı Yalıtımı

Soğuk bölgelerde, binanın iç sıcaklığı zemin sıcaklığı arasındaki farkın büyük olması durumunda, zemin üzerine oturan döşemede ısı yalıtımı yapmak gerekir. Uygulamada, toprak üzerine 15-20 cm kalınlığında döşenen blokaj üzerine 10 cm kalınlığında grobeton dökülür. Daha sonra aşağıdan yukarıya doğru sırasıyla su ve nem yalıtımı, ısı yalıtımı, koruma harcı ve döşeme kaplaması uygulanır.



Şekil 2.16 Zemine oturan döşemelerde ısı yalıtımı detayı (İzoder)

Yalıtımsız Döşeme: Zemin katlarda ısı kaybı dış duvarlardan dış havaya olduğu kadar döşemeden zemine doğru da gerçekleşmektedir. Burada sürekli bir ısı tutucu olmaması durumunda birim alandaki kayıp miktarı önemsenecek miktardadır.

Tam Isı Yalıtımlı Döşeme: Isı yalıtımının döşeme betonunun altında olması, ısı yalıtımı kapasitesinden yararlanılmasını, üstünde bulunması ise hacmin daha çabuk ısınmasını ve yerden ısıtma yapılmasını sağlar. Ancak, bu durumda bir buhar kesici gerekir.

Kiriş Yalıtımlı Döşeme: Yalnızca dış kenar döşeme kirişlerinde ısı yalıtımı yapılması, ısı akışının bina altından yana doğru olacağı ve zeminin yüksek ısı depolama kapasitesine sahip olduğu düşüncesiyle soğuk olmayan bölgelerde yeterlidir denilebilir. Yalıtımın kabuğun dış kısmında olması duvar yalıtımı ile sürekliliği sağlar ve ısı köprülerinin giderilmesi açısından oldukça etkilidir.

Altı Açık Döşemede Isı Yalıtımı: Alt tarafı ısıtılmayan odalarda döşemedeki yalıtım üst veya alt taraftan yapılabilir. Yalıtımsız halde $U=2,31 \text{ W/m}^2\text{K}$ iken 6 cm alttan yalıtım yapıldığında söz konusu değer $U=0,42 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'ne kadar düşürülebileceği görülmektedir.

2.6.6.2 Zemine Oturmayan Döşeme

Isı Yalıtımsız Döşeme: Zemin döşemesi altındaki boşluğun, nem birikimini azaltmak üzere havalandırılması aynı zamanda yalıtımsız döşeme altında taşınım yoluyla ısı kaybını artırır. Dolayısıyla bu çözüm ancak sıcak bölgelerde uygulanır.

Üstü Isı Yalıtımlı Döşeme: Isı köprülerinin giderilmesi ve yerden ısıtma yapılması açısından ısı yalıtımının döşeme üst yüzünde bulunması yarar sağlar.

Tam Isı Yalıtımlı Döşeme: Dış duvarda yalıtım bulunması, bir önceki çözümdeki performansı sağlamakla birlikte duvar kalınlığını azaltmaktadır (İzoder).

2.7 TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” Standardı ve Son Gelişmeler

2.7.1 Giriş

Türkiye’de yalıtım uygulamaları ile ilgili yönetmelikler incelendiğinde; ilk olarak 1970 yılında TSE tarafından “TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları”nın hazırlanmış olduğu görülmektedir. Ancak o dönemde bu yönetmeliğin uygulanması konusunda bir zorunluluk getirilmemiştir.

1977 yılında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca çıkarılan “Isıtma ve Buhar Tesislerinin Yakıt Tüketiminde Ekonomi Sağlanması ve Hava Kirliliğinin Azaltılması Yönetmeliği” ile bu konuda önemli bir adım atılmıştır. 30.10.1981 tarihinde “Isı Yalıtım Yönetmeliği” yürürlüğe konmuş ve 16.01.1985 tarihinde üzerinde çeşitli değişiklikler yapılmıştır. 1995 yılında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’na “TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” revize çalışmalarına başlanmış, 29.04.1998 yılında TS Teknik Kurulu’na onaylanarak yürürlüğe girmiştir. TS 825 standardı 14.06.1999 gün ve 23725 sayılı resmi gazetede yayınlanmış, 14.06.2000 tarihinden itibaren de zorunlu standart olarak, yeni yapılacak binalarda uygulanmaya başlamıştır. Bu tarihten itibaren mevcut binalarda herhangi bir yasal uygulamaya gidilmemiş, ancak uygulanan tüm yapıların ısı yalıtım proje hesaplarında bu standarttaki kurallara uyulması zorunlu hale getirilmiştir. AB sürecini yaşadığımız şu günlerde bunun önemli bir gelişme olduğunu söylemek mümkündür. TS 825; binaların alan ve hacim oranlarına göre ısıtma harcamalarına yeni sınırlar getirmiştir. Konutlar, bürolar, tiyatrolar, kongre ve konser salonları, kültür merkezleri, eğitim yapıları, spor tesisleri, hastaneler, yurtlar, konaklama tesisleri, bankalar, oteller gibi ısı konforu ihtiyacı duyan her türlü mekân TS 825’in uygulama alanları içinde yer almaktadır.

Günümüzde binalardaki enerji tasarrufunun en önemli bölümünü ısı enerjisi tasarrufu oluşturmaktadır. Yapıların ısıtılmasında kullanılan yakıt miktarının azaltılmasını da amaçlayan ısı enerjisi tasarrufu, ancak doğru uygulanmış bir ısı yalıtımı ile sağlanabilmektedir. Yapılarda ısı yalıtımı; duvar, döşeme, çatı, pencere ve ısı köprüleri gibi elemanlardan ısı geçişlerini yavaşlatmak ve yapının sağlığını korumak amacıyla yapılmaktadır. Türkiye’de 1990’lı yılların başında kendini iyice göstermeye başlayan enerji tasarrufu bilincinin yapı sektöründeki ilk aşamalarının, konutların doğramalarındaki tek cam ünitelerinin çift cama dönüştürülmesi ile başladığını söylemek mümkündür. Bu süreçle birlikte, çeşitli ısı yalıtım malzemelerinin ithali ve

ülkemizde üretilmeye başlanması, diğer yalıtım uygulamalarını da beraberinde getirmiştir (Sezer, 2005).

2.7.2 Standardın Amacı

TS 825'in amacı, ülkemizdeki binaların ısıtılmasında kullanılan enerji miktarlarını sınırlamayı, dolayısıyla enerji tasarrufunu arttırmayı ve enerji ihtiyacının hesaplanması sırasında kullanılacak standart hesap metodunu ve değerlerini belirlemektir.

Ayrıca bu standart;

Yeni yapılacak bir binaya ait çeşitli tasarım seçeneklerine bu standartta açıklanan hesaplama metodunu ve değerlerini uygulayarak, ideal enerji performansını sağlayacak tasarım seçeneğini belirlemek,

Mevcut binaların net ısıtma enerjisi tüketimlerini belirlemek,

Mevcut bir binaya yenileme projesi uygulamadan önce, uygulanabilecek enerji tasarruf tedbirlerinin sağlayacağı tasarruf miktarlarını belirlemek,

Konut sektörünü temsil edebilecek muhtelif binaların enerji ihtiyacını hesaplayarak, konut sektöründe gelecekteki enerji ihtiyacını millî seviyede tahmin etmek, amaçları için de kullanılabilir.

Bu standart, yeni inşa edilecek binalar ile mevcut binaların tümünde veya bağımsız bölümlerinde yapılacak olan esaslı tamir, tadil ve eklemelerdeki (mevcut binaların oturma alanının %15'i oranında ve üzerinde yapılacak tadilatlardaki) ısıtma enerjisi ihtiyacını hesaplama kurallarını, izin verilebilecek en yüksek ısı kaybı değerlerini ve hesaplama ile ilgili bilgilerin sunuş şeklini kapsamakta ve binalarda ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplanmasına yönelik bir metot belirlemektedir. Binaların ısıtma amacı dışındaki diğer amaçlar için gerekli olan enerji ihtiyaçları bu standardın kapsamı dışındadır. Standartta tanımlanan hesaplama metodunun kullanılması sırasında gerekli olan bazı bilgiler, yoğunlaşma hesabı dahil ekler hâlinde standardın sonuna eklenmiştir.

2.7.3 Standardın Uygulama Alanı

TS 825 standardı;

- Konut olarak kullanılacak binalara,
- Büro ve idarî binalara, tiyatrolara, kongre ve konser salonlarına, kültür merkezlerine,
- Eğitim yapılarına, kütüphanelere, spor tesislerine, öğrenci yurtlarına,

- Hastanelere, huzur evlerine, bakım evlerine, doğum evlerine ve kreşlere, ceza evlerine ve kışla binalarına,
- Konaklama tesislerine,
- Alışveriş merkezlerine, iş hanlarına, banka ve borsa binalarına,
- Genel kullanım amaçları dolayısıyla iç sıcaklıkları asgarî 15°C olacak şekilde ısıtılan iş yerleri ile endüstri ve sanayi binalarına uygulanmaktadır.

2.7.4 Standardın Genel Esasları

TS 825 standardı, binaları bir bütün olarak ele almaktadır. Standartta verilen hesaplama metodunda ısıtılan ortamın sınırları, bu ortamı dış ortamdan ve eğer varsa, ısıtılmayan ortamlardan ayıran duvar, döşeme, çatı, kapı ve pencereden oluşmaktadır. Hesaplamalarda dıştan dışa ölçüler kullanılmaktadır.

Yeni yapılan binaların TS 825'te verilen hesaplama metoduna göre birim alan veya birim hacim başına ihtiyaç duydukları ısıtma enerjisi ihtiyacı belirlenmektedir.

TS 825'te binanın ısıtma enerjisi ihtiyacını etkileyen faktörler; bina özellikleri, ısıtma sisteminin karakteristikleri, iç iklim şartları, dış iklim şartları, iç ısı kazanç kaynakları ve güneş enerjisi olarak belirtilmiş, hesaplama metodunda, iletim ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kayıpları ile iç ısı kazançları ve güneş enerjisi kazançları dikkate alınmıştır. Bu etkenlerin hesaba katılmasıyla binaların ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplandığı bir metot belirlenmiştir. Hesaplanan değer, standartta verilen enerji ihtiyacının sınır değerlerinin altında kalmasını sağlayacak şekilde malzeme seçimi, eleman boyutlandırılması ve yalıtım ayrıntılarına ait çözümlerinin projelendirilmesi ve raporlanması gerekmektedir.

Yeterli seviyede ısı yalıtımı sağlanmış bir binada, ısıtma periyodunda, iç ortamda belli bir iç sıcaklığı sağlamak için gereken ısı enerjisinin bir kısmı iç kaynaklardan ve güneş enerjisinden sağlanmakta, kalan miktarın ısıtma sistemi tarafından iç ortama verilmesi gerekmektedir. Standartta tanımlanan hesaplama metodu kullanılarak, ısıtma sisteminin iç ortama iletmesi gereken ısı enerjisi miktarı belirlenmekte ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olarak tanımlanan bu miktar, toplam kayıplardan güneş enerjisi kazançları ve iç kazançlar çıkartılarak hesaplanmaktadır.

Tanımlanan hesap metodunda, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ısıtma dönemini kapsayan aylık ısıtma enerjisi ihtiyaçlarının toplanması ile bulunmaktadır. Böylece binanın ısı performansının gerçeğe daha yakın bir şekilde değerlendirilmesi mümkün

olmaktadır. Bununla birlikte tasarımcıya, önerdiği tasarımın güneş enerjisinden faydalanma kapasitesini değerlendirme imkânını da sağlamaktadır.

Ayrıca dış ortam ile temas halinde bulunan tüm yapı bileşenlerinde meydana gelen buhar difüzyonunun analiz edilmesi ve standartta verilen şartları her bir yapı elemanının sağlayacak şekilde tasarlanması da gerekmektedir.. Buna göre TS 825'e göre yoğuşan su miktarının, yoğuşmanın meydana geldiği ara kesitteki malzemelere zarar vermeyeceği kabul edilen belirli bir sınır değeri aşmaması ve kuruma periyodunda tamamen buharlaşması gerekmektedir.

Enerji sınır değerleri içerisinde kalacak şekilde tasarımılanan bir binada bulunan tüm yapı bileşenleri yoğuşma kriterlerini de sağlıyorsa yapılan tasarımın uygun olduğu rapor haline getirilmektedir. Yoğuşma veya enerji enerji sınır değerlerinden birisini sağlayamayan tasarımlar standarda uygun olmadığından, yapı ruhsatı alamamaktadır.

2.7.5 Standardın Gelişim Süreci

İlk defa Şubat 1970'de "Binalarda Isı Etkilerinden Korunma Kuralları" adıyla hazırlanan ve yayımlanan TS 825 standardı, Haziran 1979'da yapılan ilk revizyonunda bugünkü adını almış, bilâhâre Nisan 1985'te ikinci kez revize edilmiştir.

Sektörden gelen talepler doğrultusunda Nisan 1998'de enerji tasarrufu sağlamak amacıyla geniş çaplı bir revizyona tâbi tutulup yeniden düzenlenmiştir. Yapılan bu revizyon çalışmasında hesaplama metodu güncel olan yerel ve yabancı standartlara göre tamamen yenilenmiştir.

1998 yılında yapılan revizyon ile gerçekleştirilen bazı değişiklikleri aşağıda verildiği gibi özetlemek mümkündür:

1981 yılında yayımlanan standart metninde ülkemiz 3 derece gün bölgesine ayrılırken, 1998 yılında yapılan revizyon çalışmasında meteorolojik veriler ışığında 4 derece gün bölgesine ayrılmıştır.

1981 yılında yayımlanan TS 825 standardında; bölgelere göre yapı bileşenlerinin ısı geçirme katsayıları sınırlandırılırken 1998 yılında yayımlanan standartta bina bir bütün olarak ele alınmış ve yapının şekline (Atop/Vbrüt oranı) ve binanın bulunduğu derece-gün bölgesine gere, binanın bir yılda kaybedeceği ısı miktarı sınırlandırılmıştır.

1981 yılında yayımlanan standardın ön gördüğü hesaplama metodunda iç ısı kazançları ve pencerelerden olan enerji kazançları dikkate alınmazken, 1998 yılında yapılan revizyonla oluşturulan hesaplama metodunda bu kazançlar dikkate alınmıştır.

1981 yılında yapı bileşenlerinde sadece iletimle meydana gelen enerji kayıpları hesaplanırken, 1998 yılında hazırlanan hesap prosedüründe, yapılarda meydana gelen havalandırma kayıpları da ele alınmıştır.

1998 yılında hazırlanan hesaplama metodunda, enerji ile ilgili sınırlamanın yanı sıra; yapı elemanlarında meydana gelen buhar geçişi analiz edilmiş ve yoğunlaşma suyu kütlesi sınırlandırılmıştır.

Özellikle AB ülkeleri; İklim Değişikliği Sözleşmesi'ne taraf olunması ve Kyoto Protokolü'nün imzalanması ile küresel ısınma ve hava kirliliği ile mücadele edilmesi yönünde buldukları taahhütler nedeni ile kısa zaman aralıklarında standartlarında yer alan enerji sınır değerlerini yenilemektedir.

2.7.6 Son Gelişmeler

Gerek yeni yerel ve/veya uluslar arası standartların oluşturulması gerekse de 1998 yılından günümüze kadar kazanılan tecrübeler; TS 825 standardının yeniden revize edilmesi gereğini ortaya koymuştur. Yapılan revizyon çalışmaları büyük ölçüde tamamlanmış ve oluşturulan taslak metnin kamu ve özel sektör kurum ve kuruluşlarının görüşüne sunulması aşamasına gelinmiştir

Yapılan revizyon çalışmasında şu temel ilkeler göz önünde tutulmuştur:

1998 yılından bu yana ortaya çıkan gelişmelerin ve yalıtım sektöründe yayımlanan yeni standartların dikkate alınması,

Mevcut standart metninde yer alan bağıntıların daha basit ve anlaşılır biçimde ifade edilmesi,

Yapı malzeme ve bileşenlerinin ısı iletkenlik değerlerinin bir bütünlük içinde değerlendirilmesi.

Bu genel ilkeler çerçevesinde yürütülen TS 825 standardının revizyonu çalışmaları sonucu oluşan değişiklikleri aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür:

Genel olarak yapının net ısı ihtiyacının hesaplama metodunda değişiklik yapılmamıştır. Hesaplama metodunda havalandırma yoluyla olan kayıpların hesaplanmasında kullanılan havalandırma oranı ifadesi yapı malzemelerinde meydana gelen gelişmelere paralel olarak $n_h=1,0.h-1$ değerinden $n_h=0,8.h-1$ değerine getirilmiştir.

Mekanik havalandırma yoluyla olan kayıpların hesaplanmasında kullanılan metot ilâve çizelge ve bilgiler ile zenginleştirilmiştir.

Mevcut metotta pencerelerden olan güneş enerjisi kazancının hesaplanmasında kullanılan gölgeleme faktörünün hesaplanmasına imkân sağlayan ilâve açıklayıcı bilgi ve çizelgeler eklenmiştir.

Mevcut standartta yer almayan ancak yapı işlerinde kullanılan, asmolen ve benzeri boşluklu bitişik yüzeyli yapı bileşenlerinin ısı geçirgenlik katsayısının hesaplanması için gerekli olan bağıntı ve çizelgeler ilâve edilmiştir.

Isıl köprüsü hesaplamalarının daha önce TS 8441 standardına göre yapılması yönünde atıf bulunurken, konu ile ilgili yeni standartların çıkmış olması nedeniyle revizyon taslağında TS EN ISO 10211-1, TS EN ISO 10211-2 ve TS EN ISO 14683 standartlarına da ilâve olarak atıf yapılmıştır.

Hesaplama örnekleri uygulamada yapılan hatalar göz önüne alınarak hem sayıca hem de içerik olarak zenginleştirilmiştir.

Aylık ortalama dış sıcaklık değerleri meteorolojiden alınan son 20 yıllık veriler ışığında yenilenmiştir.

Farklı amaçlarla kullanılan binalar için hesaplamalarda kullanılacak aylık ortalama iç sıcaklık değerleri ile ilgili TS 2164'e atıf yapılan çizelge, revizyon çalışmalarında kullanım kolaylığı açısından standart metnine eklenmiştir.

İsimleri değişen veya 1998 yılından sonra il statüsü kazanan ilçelerin bilgileri ilgili çizelgelere eklenerek güncellenmiştir.

Yalıtım malzemelerinin hesaplama değerlerini gösteren çizelge DIN 4108-4:2002 standardı esas alınarak dip notları ile birlikte standarda uyarlanmıştır.

1998 tarihinde yayımlanan ve halen yürürlükte olan standartta yapı elemanlarından meydana gelen buhar geçişinin tahkinde Alman standartları (DIN 4108) esas alınmıştı. Revizyon çalışmalarında ise yeni oluşturulan TS EN ISO 13788 standardı esas alınarak yoğuşma ile ilgili hesaplama metodunun; malzeme ve mamul özellikleri ile iç ve dış ortam şartları (dış hava sıcaklıkları ve yapı bileşenlerine temas eden toprak sıcaklığı, iç hava sıcaklığı, bağıl nem) dikkate alınarak daha dinamik bir yapıda buhar geçişi analizi yapılmaktadır. Yeni metotta eski metottan farklı olarak, sadece yapı bileşeni içerisindeki yoğuşma ele alınmamakta, yüzeyde küf oluşmasının önlenmesine yönelik bir analiz ile hesaplama metodu genişletilmektedir. Eski hesaplama metodunda bulunan yıllık analizler ve Almanya şartlarına uygun sabit sıcaklık, sabit bağıl nem, sabit yoğuşma ve buharlaşma periyotları vb. şartlar kaldırılmıştır. Bunun yerine TS EN ISO 13788 standardında belirtildiği üzere ülkemizin iklim verilerinden elde edilen aylık ortalama dış sıcaklık ve bağıl nem değerleri

kullanılmıştır. Sabit olan yoğuşma ve buharlaşma periyodu tarifleri yeni metoda uygun olarak tamamen kaldırılmıştır. Böylece ülkemiz şartlarına uygun hesaplama yapılması imkânı sağlanmıştır. Hesaplamalarda kullanılmak üzere illerimizin ve ilgili ilçelerimizin aylık ortalama bağıl nem değerlerine dair bir çizelge ve yeni 3 adet hesap çizelgesi eklenmiştir. Örnek hesaplamalar yeni metoda göre tekrar oluşturulmuştur (TS 825,1999).

3 KULLANILAN SAYISAL YÖNTEM VE ÖLÇÜM YÖNTEMİ

3.1 Kullanılan Sayısal Yöntem

Son yıllarda teknolojinin hızla gelişimi ile birlikte artık problemlerin çözümü, tasarımların oluşturulması ve geliştirilmesi gibi birçok mühendislik uygulamasında sayısal analiz yöntemlerinin kullanımı yaygınlaşmıştır. Deneysel yöntemlerin ekonomik olmaması ve zorlukları mühendislerin sayısal analiz yöntemlerine yönelmelerine neden olmuştur. Aynı zamanda sayısal analiz yöntemlerinin deneysel yöntemlere göre; kısa zamanda ve ekonomik sonuç alınabilmesi, geniş çapta veri elde etme olanağı ve deneysel çalışmalarda karşılaşılabilecek zor ve tehlikeli durumlarda kullanılabilmesi gibi birçok avantajı bulunmaktadır. Ancak bütün bu avantajlarına rağmen, mühendisler deneysel çalışmadan kesinlikle vazgeçmemelidirler. İdeal bir çalışmanın sayısal çözümlerle desteklenmiş deneysel çalışmalar olduğu rahatlıkla söylenebilir.

Son yıllarda akışkanlar mekaniği ve ısı transferi problemleri çözümü için geliştirilmiş birçok sayısal yöntem bulunmaktadır. Bu tezde analizler, sonlu hacimler esasına dayalı çözümlere yapan FLUENT programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

3.1.1 Sonlu Hacimler Yöntemi

Sonlu hacimler yöntemi, çözülecek geometriyi parçalara bölerek bu parçaların her biri için çözüm yapma ve daha sonra bu çözümleri birleştirerek problemin genel çözümünü bulma esasına dayanır. Sonlu hacimler yöntemi, korunum denklemlerini sayısal olarak çözümlenebilen cebirsel denklem sistemlerine dönüştürmek için kontrol hacim esaslı bir teknik kullanır. Bu teknik her bir kontrol hacmi için korunum denklemlerinin integrasyonunun alınması sonucunda, değişkenler için kontrol hacmini sağlayan ayrık eşitliklerin elde edilmesini içerir. Ayrık eşitliklerin doğrusallaştırılması ile elde edilen, doğrusal denklem sistemlerinin iterasyona bağlı çözümü ile hız, basınç ve sıcaklık gibi değişkenler verilen yakınsaklık ölçüsünü sağlayıncaya kadar güncellenir.

Sonlu hacimler yöntemi ile problem çözme işleminde genellikle şu adımlar kullanılır.

- Çalışılacak bölgenin ağ programları sayesinde oluşturulacak sayısal analize uygun ağ ile kontrol hacimlere bölünmesi.
- Sırasıyla momentum denkleminin, süreklilik denklemlerinin ve daha sonra enerji veya türbülans gibi diğer aranan denklemlerin çözümü.

- Sonuçlandırılan denklem takımlarının iteratif çözücü sayesinde daha doğru değerlere yükseltilmesi.
- Yakınsaklığın kontrolü.
- Çözümün elde edilmesi.

Kontrol hacminin integrasyonunu içeren ilk adım, sonlu hacimler yöntemini diğer tüm sayısal yöntemlerden ayırmaktadır. Sayısal algoritma ile fiziksel korunum ilkesi arasındaki bu açık ve anlaşılır ilişki, sonlu hacimler yönteminin dikkat çekici en temel özelliğini oluşturur ve kullanıcılar için daha anlaşılır kılar. Sonlu kontrol hacmindeki hız bileşeni veya entalpi gibi genel bir akış değişkeninin (Φ) korunumu bu değişkenin değerini artıran veya azaltan farklı işlemlerin dengesi olarak ifade edilebilir.

$$\left[\begin{array}{c} \text{Kontrol hacmindeki} \\ \phi' \text{ nin zamana bağlı} \\ \text{değişimi} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \phi' \text{ nin konveksiyonla} \\ \text{kontrol hacmine net} \\ \text{akışı} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{c} \phi' \text{ nin difüzyonla} \\ \text{kontrol hacmine net} \\ \text{akışı} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{c} \text{Kontrol hacmindeki} \\ \phi' \text{ nin net artış} \\ \text{oranı} \end{array} \right]$$

Yukarıdaki korunum denklemi kolay anlaşılabilir olmakla beraber lineer olmayan ve karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu nedenle bu denklemin çözümü iteratif bir çözüm yaklaşımı gerektirmektedir. Basınç ve hız arasında ilişki kurmak amacıyla yaygın olarak kullanılan TDMA, SIMPLE, SIMPLEC gibi çözüm yöntemleri bu yaklaşımlara örnek olarak verilebilir.

Sonlu hacimler yöntemini kullanan FLUENT programı ile problem çözümü yapmak için ise aşağıdaki adımlar takip edilmelidir.

- Problemin geometrisi GAMBIT paket programı ile oluşturulmalıdır.
- Geometri GAMBIT paket programında elemanlara ayrılmalıdır.
- Duvar, simetri, hız gibi sınır koşulları GAMBIT paket programında tanımlanmalı ve oluşturulan dosya FLUENT içine dahil edilmelidir.
- Dosya FLUENT paket programında açılarak ağ yapısı kontrol edilmelidir.
- Hangi denklemlerin çözüleceği ve çözüm yöntemi seçilmelidir.
- Başlangıç ve sınır koşulları tanımlanmalıdır.
- İteratif çözüm yöntemi koşturulmalıdır.

3.1.2 Sonlu Hacimler Formülasyonları

Bilindiği gibi laminer ve sürekli akan bir akışkanın akışını tanımlamak için üç temel denklem mevcuttur.

- Kütle korunumu
- Momentum korunumu
- Enerji korunumu

Sonlu hacimler esasına dayalı bir teknik kullanan FLUENT, çözülemeye başlangıç hız ve basınç değerlerini kullanarak başlar. Her bir iterasyon için bir önceki iterasyonda elde edilen hız ve basınç değerleri kullanılarak momentum denklemleri çözülür. x ve y yönündeki momentum denklemlerinin çözümü, sadece hızların güncellenmesini sağlar, basınç güncellenmez. Dolayısıyla basıncın güncellenmesi için ek bir eşitliğe ihtiyaç vardır. Bunun için süreklilik ve momentum denklemlerinden elde edilen basınç düzeltme eşitliği çözülerek, basınç düzeltme faktörü elde edilir. Bu faktör, süreklilik denklemini sağlayacak şekilde basınç ve hız alanlarının güncellenmesi için kullanılır. Elde edilen veriler dahilinde enerji denklemleri çözülür ve sıcaklık alanları elde edilir. Bir önceki iterasyonda elde edilen değerlerle karşılaştırma yapılarak belirlenen yakınsaklık ölçüsünü sağlayıncaya kadar iterasyona devam edilir.

Bu bölümde FLUENT paket programının çözücüsü tarafından hazırlanan denklemlere yer verilecektir.

3.1.2.1 Kütle Korunumu

FLUENT paket programı tarafından kullanılan kütle korunumu yani diğer adıyla süreklilik denklemi aşağıda verilmiştir.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho u_i) = S_m \quad [3.1]$$

Burada; u_i hız vektörlerini, ρ yoğunluğu, t zamanı ve S_m dağılık faz tarafından sürekli faza eklenen kütle göstermektedir.

3.1.2.2 Momentumun Korunumu

FLUENT paket programı tarafından kullanılan momentumun korunumu denklemi ise şu şekildedir;

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho u_i) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_i u_j) = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} + \rho g_i + F_i \quad [3.2]$$

Burada ise; p statik basıncı, τ_{ij} gerilme tensörü, g_i yerçekimi ivmesi ve F_i cisim kuvvetlerini sembolize etmektedir. τ_{ij} ifadesinin açılımı ise şu şekilde olmaktadır.

$$\tau_{ij} = \left[\mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right] - \frac{2}{3} \mu \frac{\partial u_l}{\partial x_l} \delta_{ij} \quad [3.3]$$

Burada μ moleküler viskoziteyi göstermektedir.

3.1.2.3 Enerjinin Korunumu

FLUENT paket programı tarafından kullanılan enerjinin korunumu denklemi ise şu şekildedir.

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho E) + \frac{\partial}{\partial x_i}(u_i(\rho E + p)) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(k_{ef} \frac{\partial T}{\partial x_i} - \sum_{j^n} h_{j^l} J_{j^l} + u_j (\tau_{ij})_{ef} \right) + S_h \quad [3.4]$$

Burada; k_{eff} efektif kondüktivite, J difüzyon akısı, T sıcaklık, τ_{ij} viskoz gerilme tensörü şeklinde açıklanabilir. S_h kimyasal reaksiyon ısısını ve tanımlanan diğer hacimsel ısı kaynaklarını içermektedir. Bu denklemlerde kullanılan diğer parametreler ise aşağıdaki şekilde gösterilebilir;

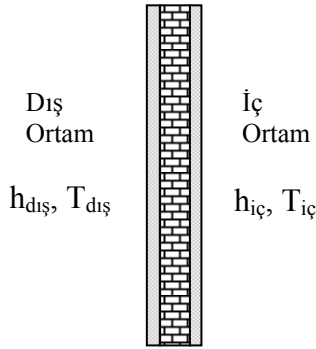
$$E = h - \frac{p}{\rho} + u_i^2 \quad [3.5]$$

$$h_i = \int_{T_{ref}}^T c_{p,i^l} dT \quad [3.6]$$

Bu denklemlerde; h entalpiyi, p basıncı, u hızı, T_{ref} referans alınan sıcaklık değerini ve son olarak $c_{p,i}$ sabit basınç altındaki özgül ısıyı göstermektedir. T_{ref} , referans alınan sıcaklıktır ve $T_{ref} = 298,15 \text{ K}$ dir.

3.1.2.4 Duvarlardaki Isı Transferi için Enerji Denklemi

Duvarlarda FLUENT paket programı tarafından kullanılan enerjinin korunumu denklemi ise denklem 3.7'deki gibidir.



Şekil 3.1 Problemin örnek yapı şekli ve sınır koşullarının gösterimi

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho h) + \nabla \cdot (\vec{v} \rho h) = \nabla \cdot (k \nabla T) + S_h \quad [3.7]$$

Bu çalışmanın sayısal analizlerinde, sürekli rejimde (zamandan bağımsız), hareketin ve yapı içerisinde ısı üretiminin olmadığı, dış ve iç ortamlarda ($T_{dış}$, $T_{iç}$, $h_{dış}$, $h_{iç}$) ısı taşınımı, yapı içerisinde ısı iletiminin olduğu probleme çözüm bulunmasıdır. Bu denklemde, \vec{v} hız vektörünü göstermektedir. Çözmek istediğimiz problemin şekli, şekil 3.1'de gösterilmektedir.

Böylece denklemimiz denklem 3.8'de gösterilen Laplace denklemine dönüşmektedir. Bu denklem çözülerek yapı içerisindeki sıcaklık dağılımına erişilmektedir (Karabulut, 2010).

$$\nabla^2 T = 0 \quad [3.8]$$

3.2 Kullanılan Ölçüm Yöntemi

3.2.1 Kızılötesi

Kızılötesi (IR veya İnfrared) ışınım, dalga boyu görünür ışıktan uzun fakat terahertz ışınımından ve mikrodalgalardan daha kısa olan elektromanyetik ışınımıdır. Teknolojide kabul edilen ismi olan infrared Latince aşağı anlamına gelen infra ve İngilizce kırmızı anlamına gelen red kelimelerinden oluşmaktadır ve kırmızı altı anlamına gelir. Kırmızı görünür ışığın en uzun dalga boyuna sahip rengidir. Kızılötesi ışınımın dalga boyu 750 nanometre ile 1 milimetre arasındadır. Normal sıcaklığındaki insan vücudu 10 mikrometre civarında ışıma yapar.

Doğrudan alınan güneş ışığı % 47 kızılötesi, % 46 görünür ışık ve % 7 morötesi ışınımından oluşur.

3.2.2 Termografi

İnfrared termografi kameraları görünmez infrared ya da sıcaklık radyasyonu görüntüleri üretirler ve kesin ve temassız sıcaklık ölçüm imkânı sunarlar. Neredeyse tüm nesnelere bozulmaları ve problemleri ile birlikte sıcaklıkları artar, bu da infrared kameraları çok çeşitli uygulamalarda çok değerli bir problem teşhis aracı haline getirmektedir. Endüstri üretim verimliliğini arttırmaya, enerjiyi yönetmeye, üretim kalitesini arttırmaya ve iş güvenirliliğini ilerletmeye çalışırken, infrared kameralar için yeni uygulama alanları da doğmaya devam etmektedir.

Termal ya da infrared enerji dalga uzunluğu insan gözünün tespit edemeyeceği kadar uzun olduğu için görünmez olan ışıktır; bizim sıcaklık olarak algıladığımız elektromanyetik spektrumun bir parçasıdır. Görünür ışığın aksine, infrared dünyasında mutlak sıfırın üzerinde sıcaklığa sahip her şey ısı yansıtır. Hatta buz küpleri gibi çok soğuk nesnelere bile infrared yayarlar. Ancak bir nesnenin sıcaklığı ne kadar yüksekse yaydığı IR radyasyonu da o kadar büyük olur.

Görüntüleme yöntemi olarak gözle görülmeyen IR enerjisi (ısıyı) esas alan ve görüntünün genel yapısını IR enerjiye göre oluşmuş renkler ve şekillerin belirlendiği görüntüleme sistemidir. Genelde güvenlik amaçlı da kullanılabilir ama çok çeşitli sektörlerin de kullanımına açıktır. Özellikle ısıya güdümlü füze, gece görüş sistemleri ve benzeri askeri tekniklerin gelişmesi ile önemi artmıştır.

IR (kızıl ötesi) algılayıcılarıyla cisimlerin ısılarını algırlar. Siyah beyaz veya renkli (kırmızı sıcak, siyah soğuk) gibi renklerden siyah - kırmızı arasında oluşan bir görüntü verir.

Normal kameralar görüntüyü ışık sayesinde oluştururken, termal kameralar görüntüyü ısı sayesinde oluştururlar. Benzer şekilde insan beyni ve gözü görüntüyü oluşturmada renkleri ve ışığı kullanırken renk farklılıkları önemlidir. Beyaz bir duvar önünde bulunan beyaz bir objenin fark edilmesi son derece zor olduğu gibi ortam sıcaklığına eşit bir sıcaklıktaki bir objenin termal kamera ile görüntülenmesi de son derece zordur. Bu tür kameralarda kullanılan objektifler çok küçük sıcaklık farklarını yakalayabilen (0.01°C gibi) ve bu farklılıktan görüntü oluşturabilen özelliklerdedir. Ayrıca görüntü oluşturabildikleri belli bir sıcaklık aralığına sahiptirler. Her sıcaklık değerinde farklı IR yayılımlar olduğu ve her IR yayılımının farklı dalga boyuna sahip olmasından dolayı da bu objektifler belli sıcaklık aralıklarında görüntü verebilirler. Askeri amaçlı olanlar genellikle doğada bulunan cisimlerin ortak IR yayılımlarının olduğu 8 ile 14 mikrometre dalga boyuna duyarlı oldukları gibi endüstriyel tipte olanlar daha düşük dalga boylarına hassas üretilirler ve daha yüksek veya daha düşük sıcaklıklarda da görüntü oluşturabilme özelliklerine sahip olabilmektedir.

Termografi, termal görüntüleme veya termal video kızılötesi görüntülemenin bir çeşididir. Termografik kameralar elektromanyetik spektrumun kızılötesi bölümündeki (kabaca 900–14,000 nanometre veya 0,9–14 µm) elektromanyetik ışınımı tespit ederler ve bu ışınımın resimler oluştururlar. Kızılötesi ışınım sıcaklıklarına göre tüm cisimlerden salınır, Kara cisim ışıması kanununa göre, termografi görünür aydınlatma olmadan cisimlerin görünebilmesini sağlar. Bir cisim tarafından salınan ışınımın miktarı sıcaklık arttıkça artar, bu yüzden termografi sıcaklıktaki farkları görmemizi sağlar. Termografik bir kamera tarafından görüntülendiklerinde, sıcak cisimler daha soğuk arka planların yanında oldukça göze çarpar; insanlar ve diğer sıcakkanlı hayvanlar, gündüz veya gece, çevrede rahatlıkla görülebilir hale gelir. Sonuç olarak termografinin geniş kullanımı tarihi olarak askeri ve gizli servislere bağlanmaktadır.

3.2.2.1 Pasif ve Aktif Termografi

Mutlak sıfır sıcaklığının üzerindeki tüm cisimler infrared radyasyon yaymaktadırlar. Bu yüzden termal varyasyonları ölçmenin en mükemmel yolu infrared görüntü cihazları

kullanmaktadır. Bu cihazlardan en yaygın kullanılanları ise FPA infrared kameralardır. Bu kameralar orta (3 - 5 μm) ve uzun (7 - 14 μm) dalga boylarını tespit edebilmektedir.

Pasif termografide ilgilenilen cisim arka planından doğal olarak daha soğuk veya daha sıcaktır. Aktif termografide ise termal kontrast oluşturmak amacıyla harici bir enerji kaynağı gerekmektedir.

3.2.2.2 Kızılötesi Film ve Termografi Arasındaki Fark

Kızılötesi film 250 °C ve 500 °C arasında hassasken, termografi yaklaşık olarak -50 °C 'nin altı ve 2000 °C'nin üstünde hassastır. Bu yüzden kızılötesi filmde bir şeyi göstermek için o cisim 250 °C'nin üstünde olmalıdır veya en azından bu kadar sıcak olan bir cisimden gelen ışığı yansıtmalıdır. Gece görüş dürbünleri normal olarak, dışarıda uygun olan yıldız veya ay ışığının küçük miktarlarını yükseltir ve sıcaklığı göremez ve tümüyle karanlıkta çalışamazlar.

3.2.2.3 Termografinin Avantajları

- Büyük bir alanın sıcaklığını karşılaştırmak için görünür bir resim elde ederiz,
- Hareket eden hedefleri eşzamanlı görüntüleyebiliriz,
- Bozulmanın ilk aşamasında olan komponentleri bulabiliriz,
- Diğer yöntemler için ulaşılabilir veya tehlikeli alanları ölçebiliriz.
- Termografinin kısıtlamaları ve dezavantajları
- Kaliteli kameralar pahalıdır ve kolayca hasar görürler.
- Elde edilen resimleri doğru şekilde yorumlamak tecrübeli kişiler için bile zor olabilir.
- Salın güçleri dolayısıyla, doğru sıcaklık ölçümleri çok zordur.
- Çoğu kamera $\pm 2\%$ veya daha kötü doğruluğa sahiptirler.
- Kızılötesi görüntüleme eğitimi almak ve yeterli kalmak zaman harcar.

3.2.2.4 Uygulama Alanları

- Medikal görüntüleme
- Araştırma projeleri
- Makinelerde durum izleme
- Tahribatsız muayene
- Veterinerlik uygulamaları
- Gece görüş sistemleri
- Durum gözleme sistemleri
- Volkan inceleme sistemleri
- Kimyasal görüntüleme
- Askeri savunma ve güvenlik amaçlı
- Proses kontrolü

Isıl kızılötesi görüntüleyiciler kızılötesi dalga boyundaki enerjiyi görünür ışık video ekranına dönüştürürler. 0 derece Kelvin'in üzerindeki tüm cisimler ısıal kızılötesi enerji yayarlar bu yüzden pasif olarak tüm objeleri ortam ışığından bağımsız olarak görebilirler. Bununla beraber, birçok ısıal görüntüleyici sadece -50 °C' den daha sıcak cisimleri görebilirler.

Isıl ışınımın spektrumu ve miktarı cismin yüzey sıcaklığına güçlü şekilde bağıdır. Bu da bir ısıal kameranın bir cismin yüzey sıcaklığını görüntülemesini mümkün kılar. Bununla birlikte, diğerk etkiler, bu tekniğın doğruluğunu kısıtlayan ışınımı etkiler. Örneğın; ışınım sadece cismin sıcaklığına bağı değildir, aynı zamanda cismin salım gücünün de bir fonksiyonudur. Ayrıca, ışınım etraftaki cisimlerden gelir, cisimden yansır ve cismin ışınımıyla yansıyan ışınım atmosferin soğurmasından da etkilenir (Erdabak, 2011).

4 UYGULAMALI ISI YALITIM EVİ PROJESİ

4.1 Giriş

Sivas ili için farklı yalıtım kalınlıklarının ve farklı yalıtım malzemelerinin deneysel olarak incelenmesi için Cumhuriyet Üniversitesi kampüsü içerisinde *ısı yalıtım evi* adı verilen bir bina inşa edilmiştir. Binanın yapımına 2010 Mayıs ayının ilk haftalarında başlanmış ve Haziran ayının ortalarına doğru inşası tamamlanmıştır. İki fakülte ve üç bölümden toplam beş kişinin bulunduğu ısı yalıtım evi projesi, C.Ü Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından M-393 no 'lu proje kapsamında desteklenen bir grup projesidir.

4.2 Binanın Tanıtılması

Proje binası ya da diğer adıyla ısı yalıtım evi; C.Ü Kampüsü içerisinde Mühendislik Fakültesi C Binası 'nın güney tarafında inşa edilmiştir. Isıtma tesisatının bulunduğu doğu cephedeki giriş odası, kuzey-güney cepheli orta oda ve batı cephede bir oda olmak üzere toplam üç odadan oluşmaktadır.

Binanın yapım aşamaları şekil 4.1 'de ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Normal ve donatılı beton uygulamaları, kolon ve kirişler binanın ilk yapım aşamalarını oluşturmaktadır. Tavan kısmı da donatılı beton olarak oluşturulan binanın çatı kısmına shingle uygulaması yapılmıştır. Sonrasında dış duvarların inşası ve yalıtım uygulamaları yapılmıştır. Sandviç duvar uygulamaları dış duvarlarla birlikte yapılmıştır. Her duvarda farklı uygulama yapılmıştır. Dış sıva işlemi tamamlandıktan sonra dıştan yalıtım uygulaması yapılmıştır. Ayrıca bims duvar uygulaması da bu şekilde görülmektedir. Son kısımda ise tavan ve tabana yapılan yalıtım uygulamaları gösterilmiştir. Binanın her bir duvarının inşası, gözetim altında yapılmıştır. Böylece planlanan duvar modelleri, her hangi bir yanlışlığa sebep olmadan istenildiği şekilde inşa edilmiştir.

Binanın her duvarı farklı yalıtım malzemesiyle ve farklı tipte duvar uygulamasıyla inşa edilmiştir. Kolon, kiriş, tavan, döşeme ve duvarların tamamı normal bir konutta bulunan uygulama şekillerinin aynısına sahiptir.

Taban kalıpları ve tabla betonunun atılması



Kolon ve kiriş kalıpları ve betonlarının atılması



Kolon ve kiriş kalıplarının sökülmesi ve çatının yapımı



Dış duvarlar ve yalıtım malzemelerinin uygulanması



Şekil 4.1 Binanın yapım aşamaları

Güney cephe dış duvarı ve sandviç duvar yalıtım uygulaması



Sandviç duvar ve dıştan yalıtım uygulaması



İçten yalıtım ve döşeme yalıtım uygulaması



Tavan yalıtımı ve iç-dış duvar yalıtım uygulaması



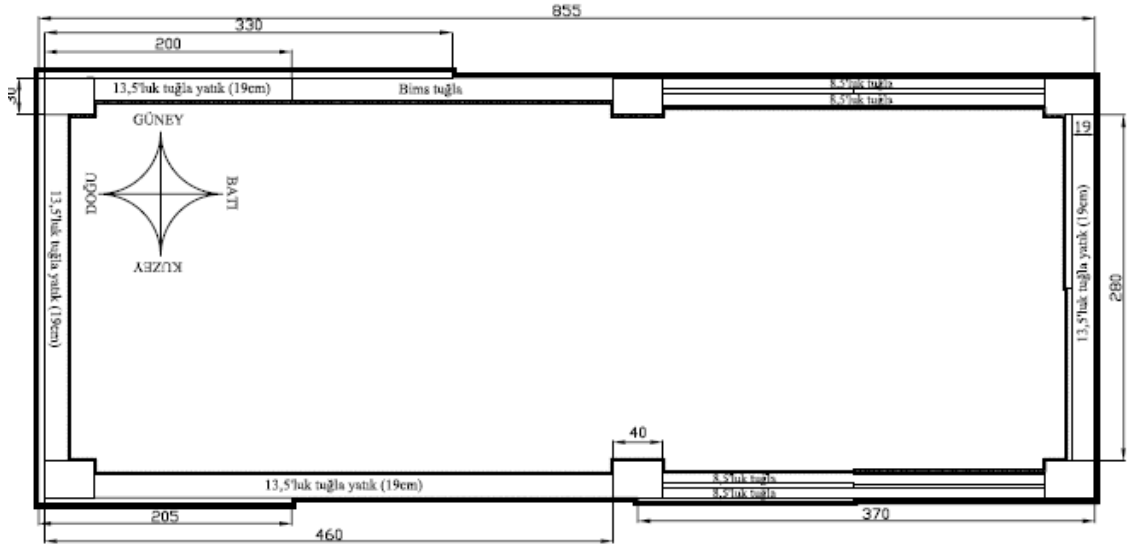
Şekil 4.1 Binanın yapım aşamaları (Devamı)

Şekil 4.2 'de tek pencerenin bulunduğu ön görünüş, kuzey cepheyi oluşturmaktadır. Doğu-batı yönünde ilk olarak güneyde; 2 m uzunluğunda dıştan 5 cm carbonlu-EPS yalıtımlı 19 cm tuğla, devamında 1,3 m dıştan carbonlu-EPS yalıtımlı 19 cm bims ve kolona kadar 1,3 m yalıtımsız bims bulunmaktadır. Orta kısımdaki kolondan batı yönüne doğru önce 1,5 m uzunluğunda 8,5 cm tuğla, 5 cm taşıyünü ve 8,5 cm tuğladan oluşan sandviç duvar, sonrasında yine 1,5 m uzunluğunda 8,5 cm tuğla, 5 cm carbonlu-EPS ve 8,5 cm tuğladan oluşan sandviç duvar bulunmaktadır. Batı cephesinde 3–5 cm EPS kullanılarak içten yalıtım yapılmıştır. Kuzey cephede pencerenin olduğu duvarda 6 cm EPS 3+3 cm ve 2+2+2 cm olarak farklı pozisyonlarda yerleştirilmiştir. Bu duvarın devamında yine kuzey cephede tak-çıkır olarak farklı kalınlıklarda EPS yalıtım malzemesi uygulaması yapılmıştır. Duvara açılan deliklere metal saplamalar yardımıyla farklı kalınlıklarda yalıtım malzemelerinin montajı yapılmıştır. Şekil 4.3 'te binanın mimari planı yönleriyle birlikte gösterilmiştir. Kat yüksekliğinin 2,8 m olduğu bina; 3,5 m eninde ve 8,5 m uzunluğunda olmak üzere toplamda 30 m² 'lik alana sahiptir. Şekil 4.4 'te yukarıda özellikleri verilen her duvar modeline tanımlayıcı bir numara verilmiştir. Ayrıca, bu duvarlar Tablo 4.1 ayrıntılı olarak açıklanmıştır.



Şekil 4.2 Binanın tamamlanmış hali (Kuzey ve Güney Cephesi)

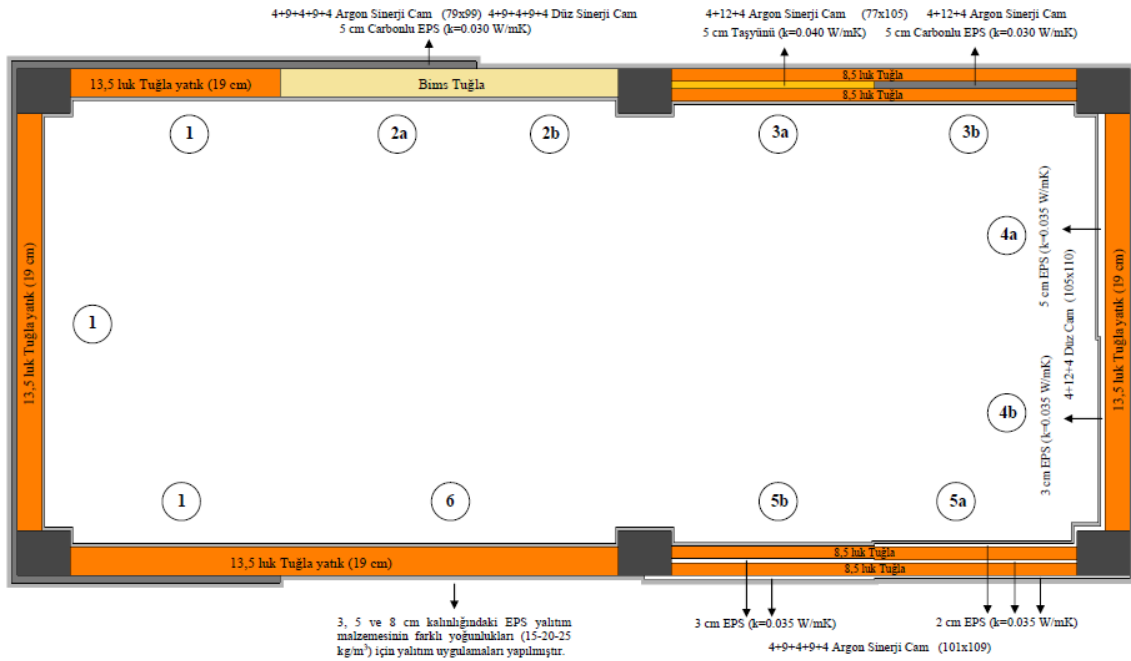
Binanın tabanında 5 cm XPS yalıtım malzemesi kullanılmıştır. Tavan da ise içten 5 cm XPS, çatı arasında ise 5 cm taşıyünü olmak üzere toplamda 10 cm yalıtım malzemesi kullanılmıştır.



Şekil 4.3 Binanın mimari planı

4.3 Kullanılan Malzemeler

Aşağıdaki şekilde ısı yalıtım evinde; kullanılan duvar ve pencere tipleri gösterilmiştir. Hangi duvarda ne tür yalıtım malzemesinin kullanıldığı da şekilsel olarak gösterilmiştir. Binada mümkün olduğunca fazla ve farklı duvar modeli ve yalıtım malzemesi uygulaması amaçlanmıştır.



Şekil 4.4 Binada kullanılan yalıtım malzemeleri, duvar ve pencereler

Duvar Numarası	Duvar Yapısı (içten dışa doğru)
1	iç sıva+19cm yatay delikli tuğla+5cm karbonlu EPS+dış sıva
2a	iç sıva+19cm bims tuğla+5cm karbonlu EPS+dış sıva
2b	iç sıva+19cm bims tuğla+dış sıva
3a	iç sıva+8,5cm tuğla+5cm taşıyünü+8,5cm tuğla+dış sıva
3b	iç sıva+8,5cm tuğla+5cm karbonlu EPS+8,5cm tuğla+dış sıva
4a	iç sıva+5cm EPS+19cm tuğla+dış sıva
4b	iç sıva+3cm EPS+19cm tuğla+dış sıva
5a	iç sıva+2cm EPS+8,5cm tuğla+2cm EPS+8,5cm tuğla+2cm EPS+dış sıva
5b	iç sıva+8,5cm tuğla+3cm EPS+8,5cm tuğla+3cm EPS+dış sıva
6	iç sıva+19cm tuğla+3-5-8cm EPS+dış sıva

Tablo 4.1 Kullanılan duvar modelleri ve verilen numaralar

Farklı pencere tipleri kullanımı da projenin önemli uygulamalarından biridir. Argon gazı ve hava katmanlı, sinerji ve normal tipte, toplamda 2 cm (4+12+4 mm) ve 3 cm (4+9+4+9+4 mm) olmak üzere farklı tipte pencereler, farklı yön ve duvarlarda kullanılmıştır. Ayrıca kullanılan tüm malzemelerin ısı iletkenlik, yoğunluk ve ısı depolama gibi ısı yalıtımında kullanılan başlıca özellikleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Malzemeler	ρ (kg/m ³)	Cp (kJ/kgK)	k (W/mK)
Taşıyünü	150	850	0,04
XPS	28	1045	0,026
EPS (düz)	16	1210	0,035
EPS (karbonlu)	16	1210	0,03
Bims	600	800	0,19
Tuğla	1000	835	0,45
Donatılı beton	2200	870	2,1
Dış sıva	1680	1085	1,4
İç sıva	1803	1085	0,87
3cm ArgonSin	1000	612	0,029
3cm HavaSin	1000	904	0,043
2cm ArgonSin	1000	612	0,029
2cm HavaDüz	1000	904	0,043
Toprak (iri çakıllı)	2050	1842	0,519
Hava (300K)	1,1614	1,007	0,026
Cam	2500	0,75	1,4
Argon	1,623	521,6	0,0177

Tablo 4.2 Kullanılan malzemelerin özellikleri

4.4 Isıtma Sistemi ve Güneş Panelleri

Binanın ısıtılması, LPG yakıt türü ile çalışan bir adet hermetik kombi ile sağlanmıştır. Burada yakıt tipi ile ilgili herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Deneysel çalışmalarda sırasında esas amaç; istenen iç ortam sıcaklığının elde edilmesi olmuştur. Oda sıcaklığının istenilen değerde tutulması için oda termostatu kullanılmıştır.

Binanın ısı kaybı TS 825 'e uygun şekilde yapılmış ve tak-çıkır dış duvar yalıtım uygulamalı duvar için farklı yalıtım malzemesi kalınlıklarıyla hesaplanmıştır. Sonuç olarak; binanın ısı kaybının 4350 W ila 4700 W arasında değiştiği hesaplanmıştır. Isı kaybı hesapları EK-1 'de ayrıntılı olarak verilmiştir. Gerekli radyatör uzunluğu ise; 2,8–3 m arasında hesaplanmıştır. Binada pencere önlerinde olmak üzere; orta odada 1,5 m ve batı cephedeki odada 1,6 m toplam 3,1 m uzunluğunda radyatör bulunmaktadır. Ayrıca, *İzoder TS 825 Hesap Programı* kullanılarak da ısı kaybı hesabı yapılmış ve elde edilen sonuçlar EK-2 'de sunulmuştur.

Binanın elektrik ihtiyacını karşılamak için güneş enerjisinden faydalanılması düşünülmüştür. Bu amaçla, fotovoltaik güneş santrali kurulmuştur. Santral sistemi; 3 adet 130Wp PV panel, 2 adet 12 V 135 Ah akü, 1 adet 12 V 600 W invertör ve 1 adet vision ekipmanlarından oluşmaktadır. Binada kullanılan ısıtma ve aydınlatma sisteminin belirli sürede ihtiyacını karşılayacak şekilde yaklaşık 0,5 kW güce sahip bir sistem ısı yalıtım evinde kullanılmıştır.

5 SONUÇLAR

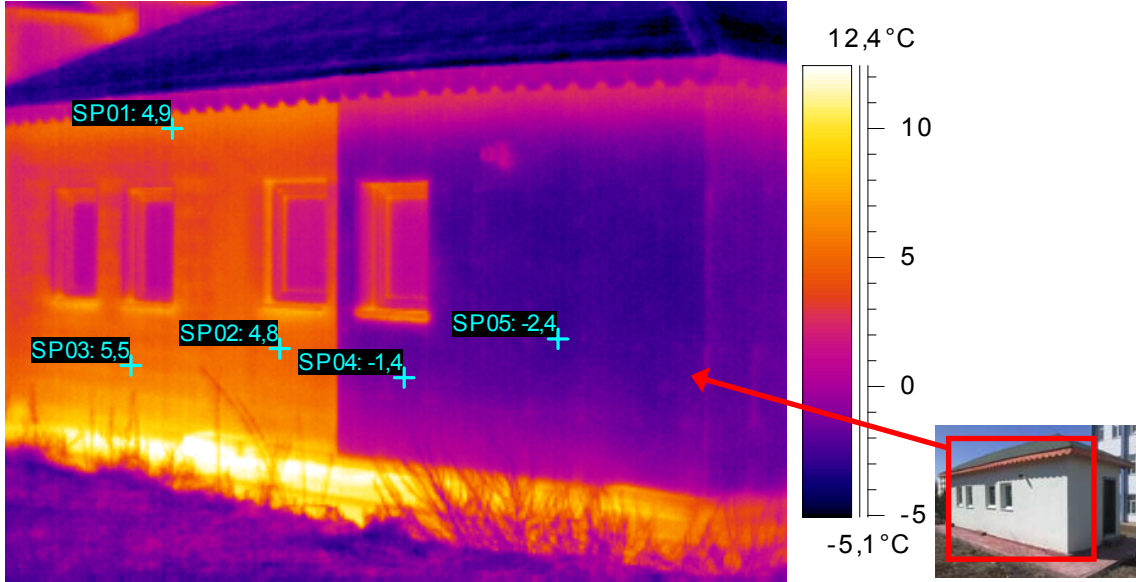
5.1 Deneysel Sonuçların Analizleri

Yapılan çalışmanın deneysel kısmı termal kamera çekimlerinin analizlerinden oluşmaktadır. 2010- 2011 yılı kış sezonu boyunca farklı günlerde, farklı iç ve dış ortam sıcaklıklarında binanın iç ve dış duvarlarının termal kamera görüntüleri çekilmiştir. Uygulamada Flir System tarafından üretilmiş ThermaCAM S65 termal kamera modeli kullanılmıştır. ThermaCAM S65 modeli; sıcaklık değişimleri 0.08 °C hassasiyetli, otomatik fokus özelliğine sahip, yüksek çözünürlükte 14-bit termal görüntü alabilen, 1000'den fazla IR resmi dahili RAM hafızasına kaydedebilme özelliklerine sahip bir cihazdır. Radyometrik resimler 25Hz ile 0,5Hz ve 24 saniye ile 20 dakika arasında kaydedilebilir. 50/60 Hz frekansında IR görüntü ile doğru - hassas analizler yapılmasına olanak sağlar. Renk paletlerinin değişimi, emissivite ayarları veya sıcaklık aralığı değişimi istenildiği gibi ayarlanabilir. Cihazın okuma hassasiyeti ise, ± 2 °C yada ± 2 % aralığındadır.

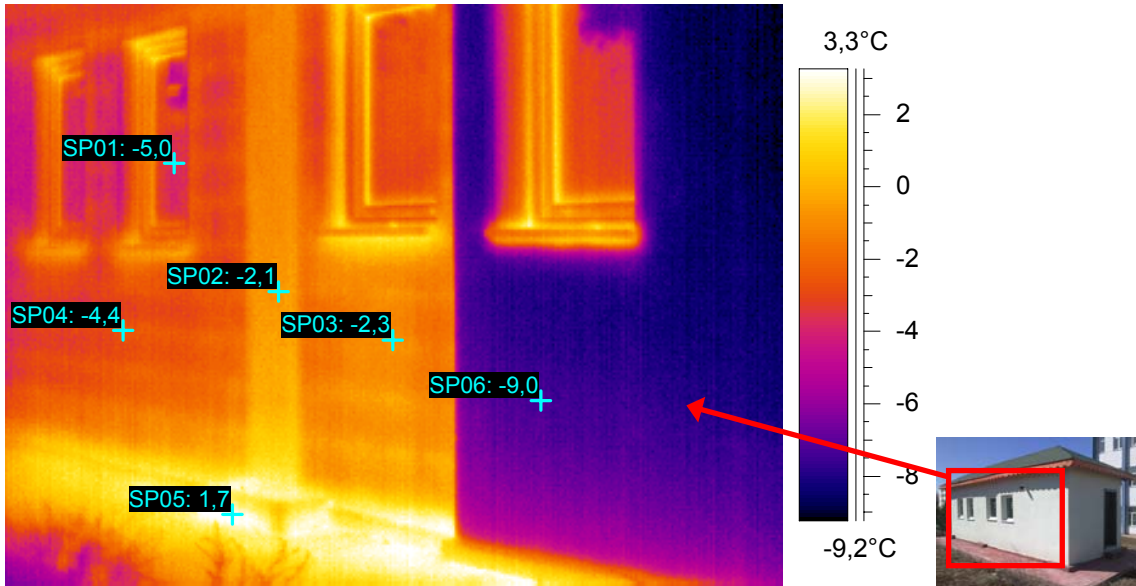
Analizlerde duvar yüzeyi üzerindeki sıcaklık dağılımları ThermaCAM Research 2011 (Flir System) programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. IR resimler üzerinde düzlemsel koordinatlar üzerinde belirli aralıklarla noktasal sıcaklık değerleri alınarak; duvar yüzeyi üzerindeki mesafeye bağlı sıcaklık dağılımlarının grafikleri oluşturulmuştur. Termal kamera çekimleri güneş enerjisi kaynaklı ışınım etkilerini önlemek için akşam saatlerinde yapılmıştır. Bina çevresinin karla kaplı olmasından dolayı kar kaynaklı yansımalar çekimlerdeki sıcaklık değerlerini etkilemiştir. Kar ışıması ve rüzgârın etkisine bağlı olarak; analizi yapılan termal görüntülerde dış ortam sıcaklığında daha düşük sıcaklık değerleri elde edilmiştir.

Şekil 5.1 'de iç ortam 20 °C ve dış ortam -4 °C sıcaklığında çekilen termal görüntüden de anlaşılacağı gibi yalıtımlı ve yalıtımsız duvarlar belirgin olarak fark edilmektedir. Burada sol tarafta 4a-b nolu sandviç duvar uygulaması mevcuttur. Isı kaybının fazla olması dış duvar yüzey sıcaklığını artırmıştır. Sağ taraf pencerelerin olduğu kısımda 2a no'lu yalıtımlı ve 2b no'lu yalıtımsız bims duvar uygulaması görülmektedir. Saçak altlarında, kiriş kısımlarında ve döşemeden olan ısı kayıpları belirgin olarak göze çarpmaktadır. Yalıtımlı duvarlarda yüzey sıcaklıkları -2 °C iken, yalıtımsız ve ısı köprüsü olan yüzeylerde sıcaklık 5 °C 'nin üzerine çıkmaktadır. Yalıtımlı ve yalıtımsız yüzeyler üzerinde yaklaşık 8 °C sıcaklık farkı olduğu

görülmektedir. Şekil 5.2 'te farklı iç ve dış ortam sıcaklığında güney cepheye ait termal görüntü verilmiştir. Şekil 5.1 'deki görüntünün benzeri bir görüntü olup, dış ortam sıcaklığından dolayı duvar yüzey sıcaklıkları daha düşüktür. Özellikle 2a no'lu duvarda yalıtımın etkisi belirgin olarak görülmektedir.



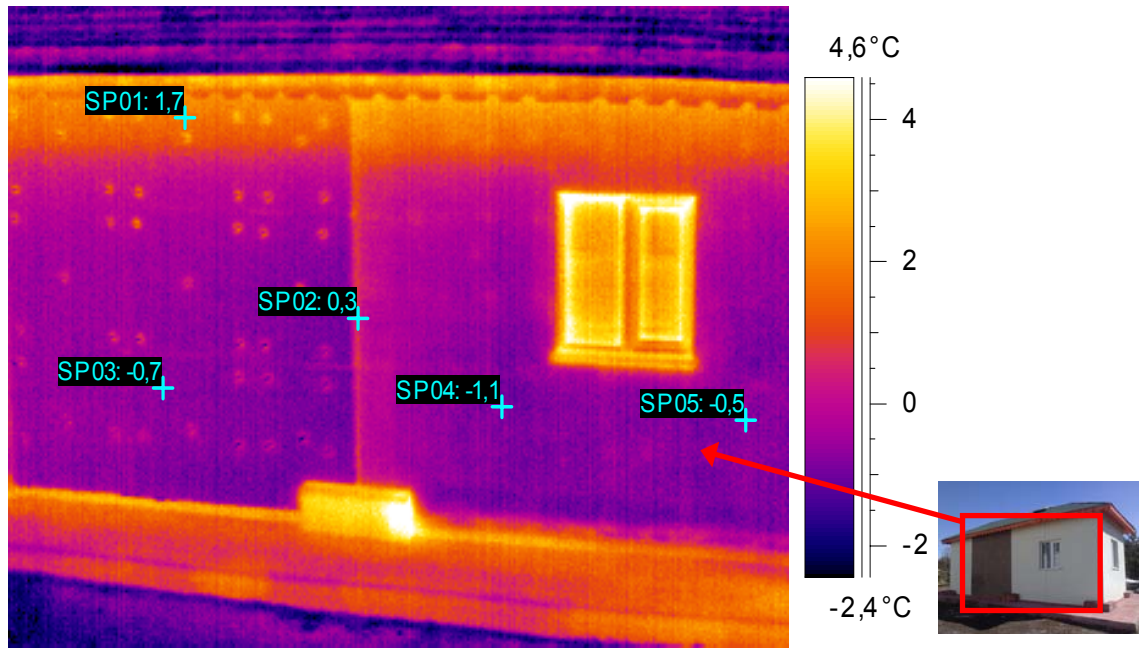
Şekil 5.1 Binanın güney cephe termal görüntüsü ($T_{iç}=20$ °C, $T_{dış}=-2$ °C)



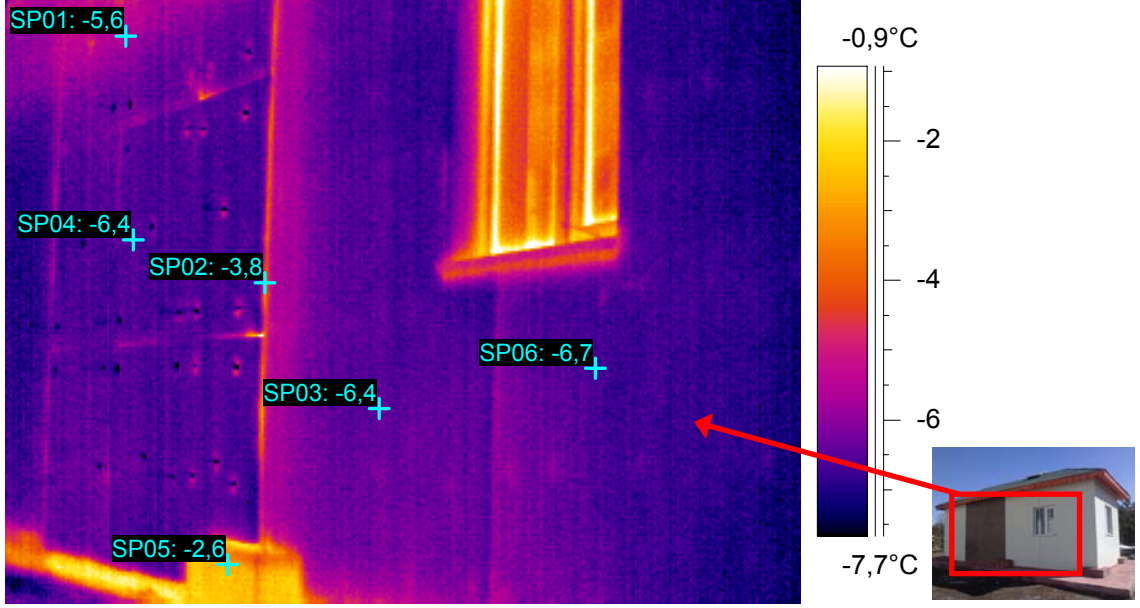
Şekil 5.2 Binanın güney cephe termal görüntüsü ($T_{iç}=22$ °C, $T_{dış}=-4$ °C)

Şekil 5.3 'de binanın kuzey kısmına yapılan yalıtım uygulamasının termal görüntüsünde; yalıtım malzemelerinin birleşme yerlerinde, kolon ve kirişlerde ısı köprüleri görülmektedir. Burada sol tarafta dıştan yalıtım uygulaması, sağ tarafta 6 cm yalıtım kalınlığının 5b no'lu 3+3 cm ve 5a no'lu 2+2+2 cm şeklindeki uygulandığı sandviç duvar mevcuttur. Bu çalışmada yalıtımın farklı duvar konumlarına yerleştirilmesinin; iç ortam sıcaklık salınımlarına, ısıl gerilmelere, yoğuşma, küf ve mantar oluşumuna ve enerji tüketimine etkisini incelemek için 5a ve 5b duvar modelleri uygulanmıştır. Döşeme ve yalıtım malzemelerini sabitlemede kullanılan metal saplamalardaki ısı kayıpları görülmektedir. Aynı duvar üzerinde bulunan 1 ve 3 nolu noktasal sıcaklık değerlerinde 2 °C fark olduğu görülmektedir. Kiriş ve saçak bölgeleri ısı kaybına sebep olan ısı köprüleri oluşturmaktadır. Yalıtım malzemelerinin birleşme noktalarında ise, en yakın sıcaklık değeriyle 1 °C 'lik fark olduğu da görülmektedir.

Şekil 5.4 'te binanın kuzey cephesinin farklı iç ve dış ortam koşullarına ait termal görüntüleri verilmiştir. Dış ortam sıcaklığındaki fark noktasal sıcaklık değerlerinde de belirgin olarak görülmektedir.



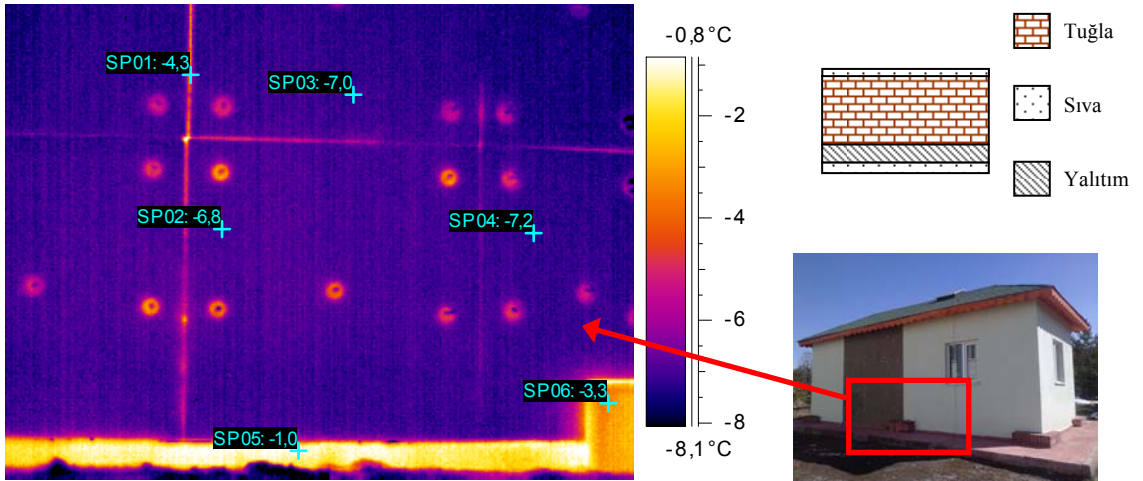
Şekil 5.3 Binaanın kuzey cephe termal görüntüsü ($T_{iç}=20\text{ °C}$, $T_{dış}=-2\text{ °C}$)



Şekil 5.4 Binanın kuzey cephe termal görüntüsü ($T_{iç}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{dış}=-6\text{ }^{\circ}\text{C}$)

5.1.1 Farklı Yalıtım Uygulamalarının IR Analizleri

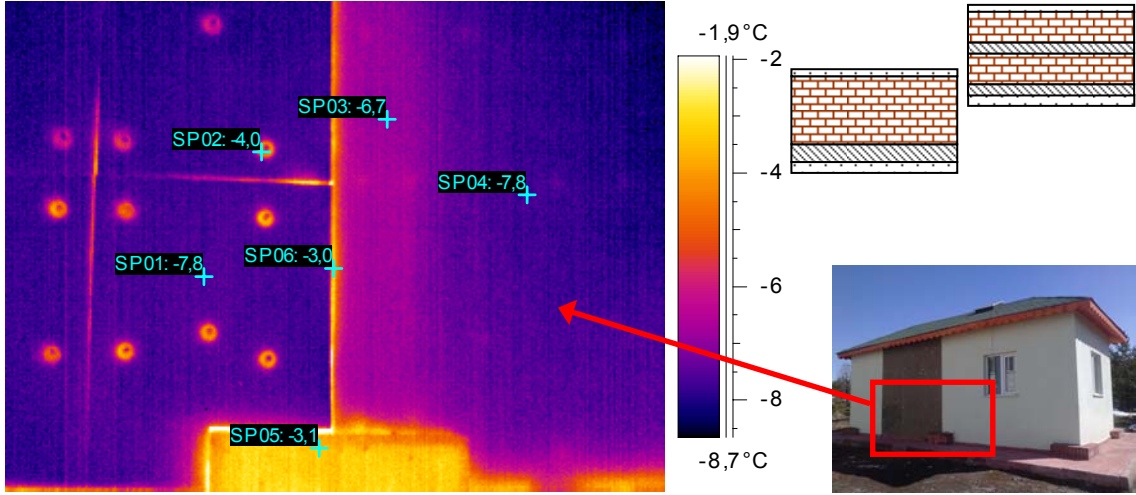
Şekil 5.5 'te 6 no'lu duvarı temsil eden tak-çıkâr dıştan yalıtım uygulaması görülmektedir. 5 cm kalınlığında yalıtım malzemesi kullanılmıştır. Görüntüde döşeme, yalıtım malzemelerinin birleşme noktaları ve metal saplamalarda oluşan ısı kayıpları belirgin olarak göze çarpmaktadır. Oluşan ısı köprüleri nedeniyle yüzey sıcaklıkları, dış yüzey sıcaklığının $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ olduğu duvarda $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ değerlerine kadar düşmüştür.



Şekil 5.5 Kuzey cephe 5 cm dıştan yalıtım uygulaması ($T_{iç}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{dış}=-6\text{ }^{\circ}\text{C}$)

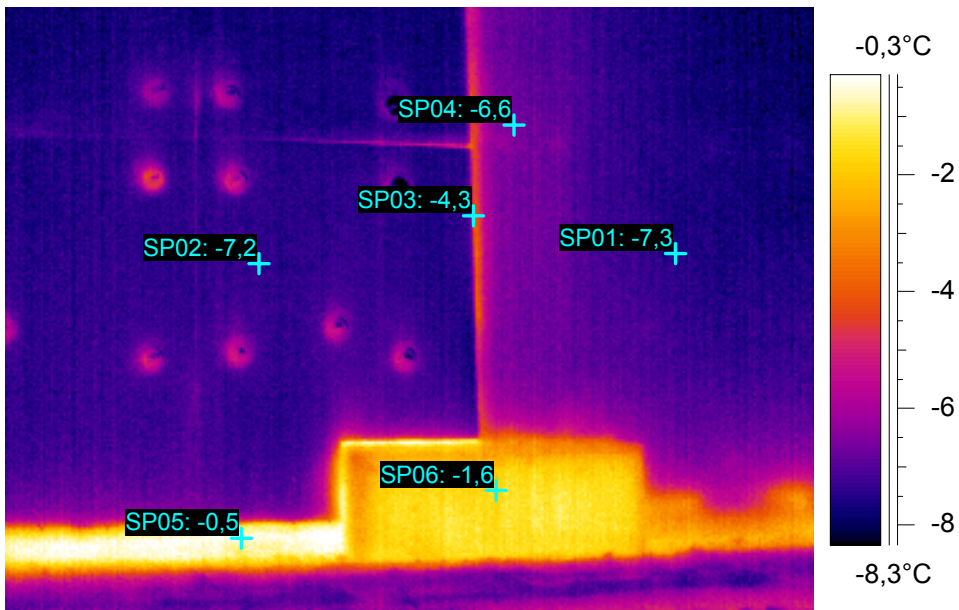
Şekil 5.6 'te dıştan yalıtım ve sandviç duvar uygulaması gösterilmiştir. Görüntünün sol tarafında dıştan 5 cm yalıtım olan 6 no'lu duvar, sağ tarafında 5b no'lu 6 cm ekspande polistren sandviç duvar uygulaması mevcuttur. Oluşan ısı köprülerinin ciddi ısı

kayıplarına sebep olduğu görülmektedir. Görüntünün orta kısmında kolon bulunmaktadır. Kolona sandviç uygulaması yapılmadığı için, sağ taraftaki kısma sadece 3 cm dıştan yalıtım yapılmıştır. Bu durum görüntüde açıkça görülmektedir.

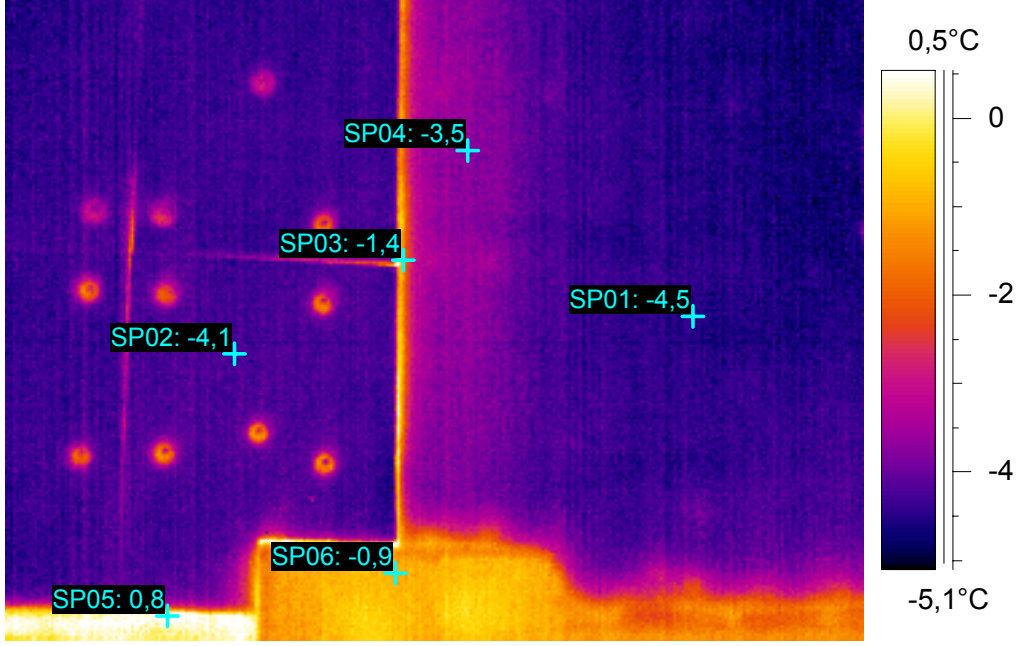


Şekil 5.6 Kuzey cephe 5 cm dıştan yalıtım uygulaması ($T_{iç}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{dış}=-6\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Şekil 5.7 ve 5.8 'de farklı iç ve dış ortam sıcaklıklarında şekil 5.6 'da gösterilen duvar kısmına ait termal görüntüler verilmiştir. Isı kayıplarının olduğu bölgeler birbirine paralellik göstermektedir. Ortam koşullarının farklı olmasından dolayı görüntüler benzer de olsa sıcaklık değerleri birbirinden farklıdır.

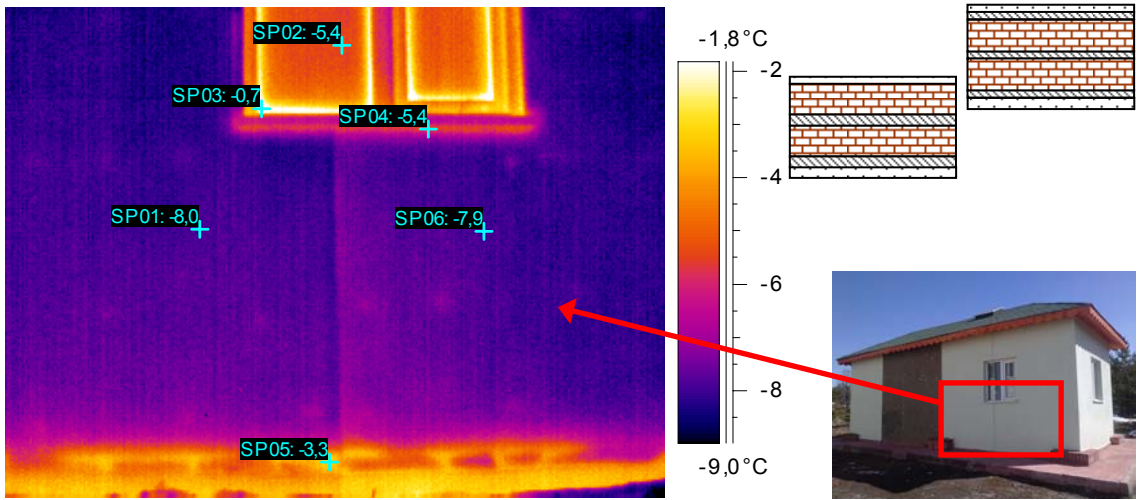


Şekil 5.7 Kuzey cephe 5 cm dıştan yalıtım uygulaması ($T_{iç}=25\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{dış}=-7\text{ }^{\circ}\text{C}$)



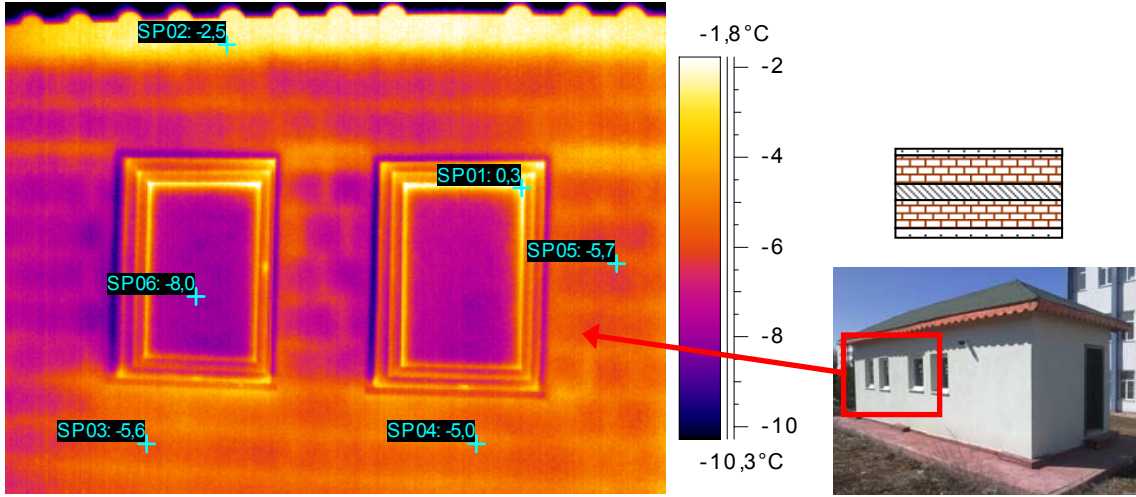
Şekil 5.8 Kuzey cephe 5 cm dıştan yalıtım uygulaması ($T_{iç}=15\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{dış}=-5\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Sandviç duvar uygulamasının farklı iki modelde uygulandığı şekil 5.9 'da; solda 5b no'lu duvar ve sağda 5a no'lu duvarın termal görüntüsü verilmiştir. Görüntüde iki taraf arasında belirgin bir sıcaklık farkı olmadığı görülebilir. Asıl farklar duvarın içten görüntüsünde ortaya çıkmaktadır. Görüntüde ayrıca, pencere kasa ve fitillerinde meydana gelen ısı kayıpları gösterilmiştir. Kasa altında kullanılan mermer, ısı köprüsü oluşturarak ciddi ısı kayıpları meydana getirmektedir.



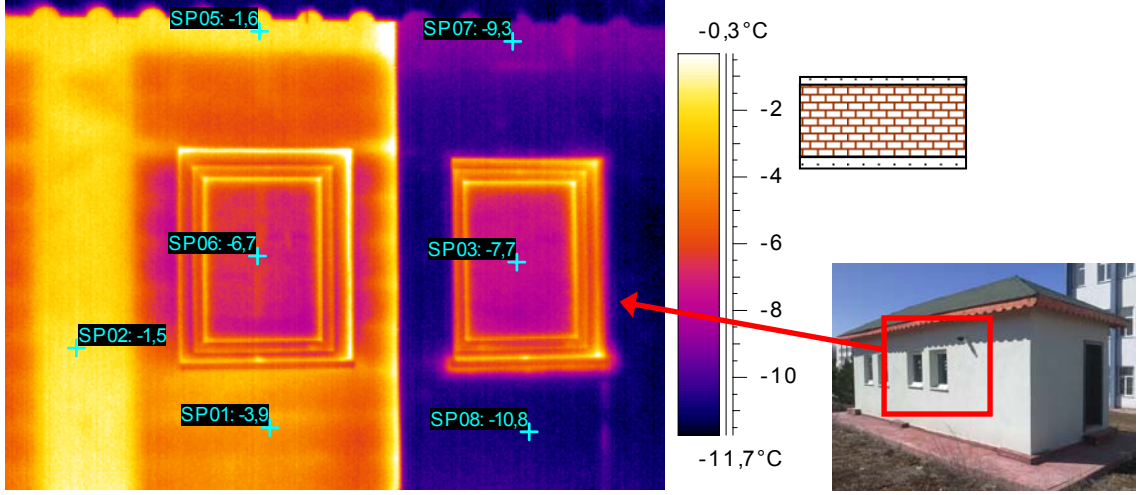
Şekil 5.9 Kuzey cephe 6 cm sandviç duvar yalıtım uygulaması ($T_{iç}=25\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{dış}=-7\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Şekil 5.10 'da binanın güney cephesinde bulunan sandviç duvar uygulaması görülmektedir. Görüntünün sol tarafında 3b no'lu duvar, sağında ise 3a no'lu duvar bulunmaktadır. İki yüzey arasında belirgin bir sıcaklık farkı yoktur. Sandviç duvar uygulamasındaki en büyük eksiklik olan ısı köprülerinin yalıtılmaması probleminin, görüntüde kiriş üzerinde ciddi ısı kaybına neden olduğu görülmektedir.



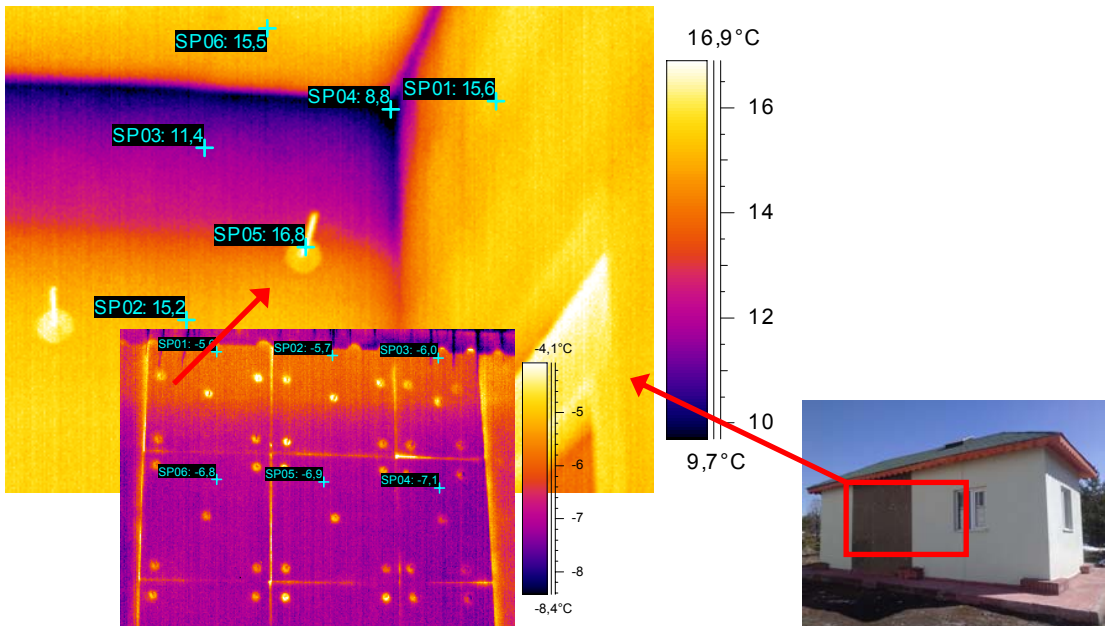
Şekil 5.10 Güney cephe 5 cm sandviç duvar yalıtım uygulaması ($T_{iç}=20\text{ °C}$, $T_{dış}=-6\text{ °C}$)

Şekil 5.11 'deki yalıtımsız ve yalıtımlı bims duvar uygulamasında yalıtımın ne kadar önemli olduğunu en iyi şekilde görülmektedir. Sağ tarafta 5 cm kalınlığında karbon takviyeli ekspande polistren dıştan uygulanmıştır. Yalıtımlı duvardaki yüzey sıcaklığının $-10,8\text{ °C}$ olduğu noktanın paralelindeki yalıtımsız duvardaki yüzey sıcaklığı $-3,9\text{ °C}$ 'dir. İki değer arasında 7 °C sıcaklık farkı vardır. Görüntünün üst kısmında, kiriş üzerindeki değerlere bakıldığında yine $7,7\text{ °C}$ gibi ciddi bir sıcaklık farkı olduğu görülmektedir. Sol tarafta yalıtımsız kolon ve orta kısımdaki yalıtımın bittiği yüzeydeki ısı köprüleri kendini göstermektedir. Yalıtım olmaması ısı geçişini artırdığı için tuğlalar ve harç bağlantıları şekilde görülebilmektedir. Ayrıca pencere camları üzerindeki noktasal sıcaklık değerlerinin de farklı olduğu görülmektedir. Yalıtımsız duvarın olduğu soldaki pencerede, 30 mm (4+9+4+9+4 mm) kalınlığında hava sinerji cam bulunmaktadır. Sağ tarafta ise; yine 30 mm kalınlığında argon gazlı sinerji cam bulunmaktadır. Havaya göre daha düşük ısı iletim katsayısı değerine sahip argon gazının cam katmanları arasında kullanılması ısı yalıtımı sağlamak ve ısı kayıplarını önlemektedir.



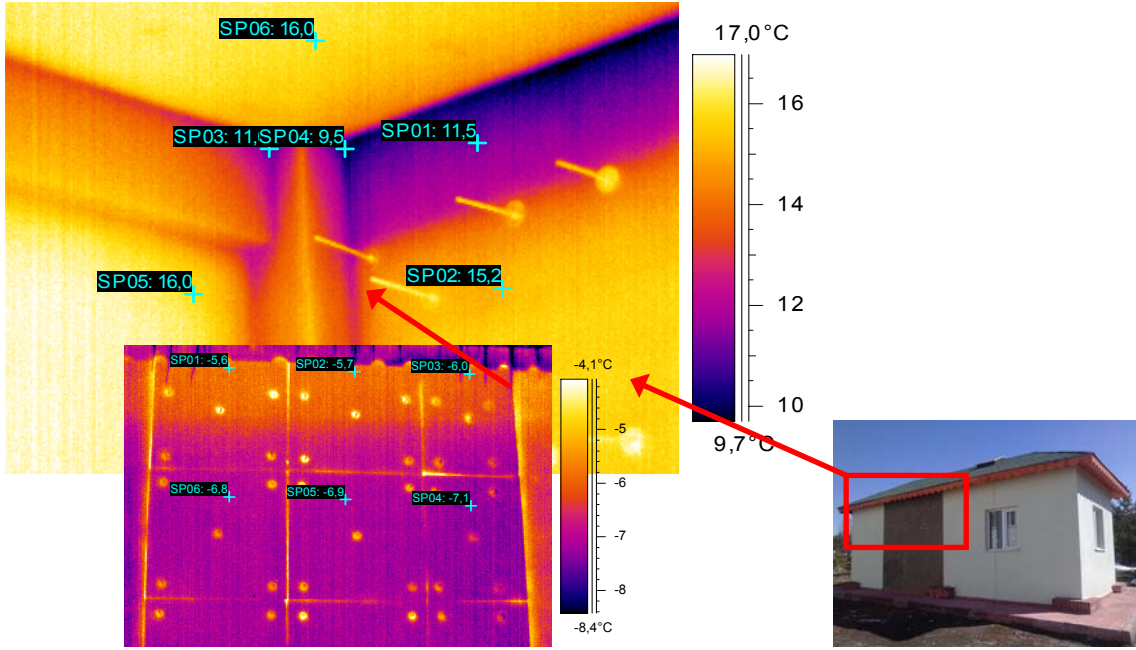
Şekil 5.11 Güney cephe yalıtımsız ve yalıtımlı bims duvar yalıtım uygulaması ($T_{iç}=20$ °C, $T_{dış}=-6$ °C)

Şekil 5.12 'de dıştan yalıtım uygulaması yapılan duvarın içten termal görüntüsü verilmiştir. Kirişteki ısı kayıpları 4 °C 'e varan sıcaklık farkları oluşturmaktadır. Bu kayıplar dış yüzeyde de sıcaklık artışına sebep olmaktadır. Yaklaşık 15 °C olan yüzey sıcaklıkları köşelerde olan kayıplar nedeniyle 9 °C 'e kadar düşmektedir. Bu durum konfor şartları açısından uygun değildir. Bu durum sağlık açısından olumsuz sonuçlar ortaya çıkaracaktır. Duvar yüzeyinde terleme, iç ortamda rutubete neden olacak ve başta astım olmak üzere birçok solunum yolu hastalığına sebep olacaktır. Ayrıca, sıvalarda ve boyalarda dökülmeler, beton ve donatı yapısında korozyon oluşturarak aşınmalara neden olacaktır. Ortaya çıkabilecek olumsuzluklar, hem insan hem yapı sağlığı açısından ciddi sonuçlar doğuracaktır.



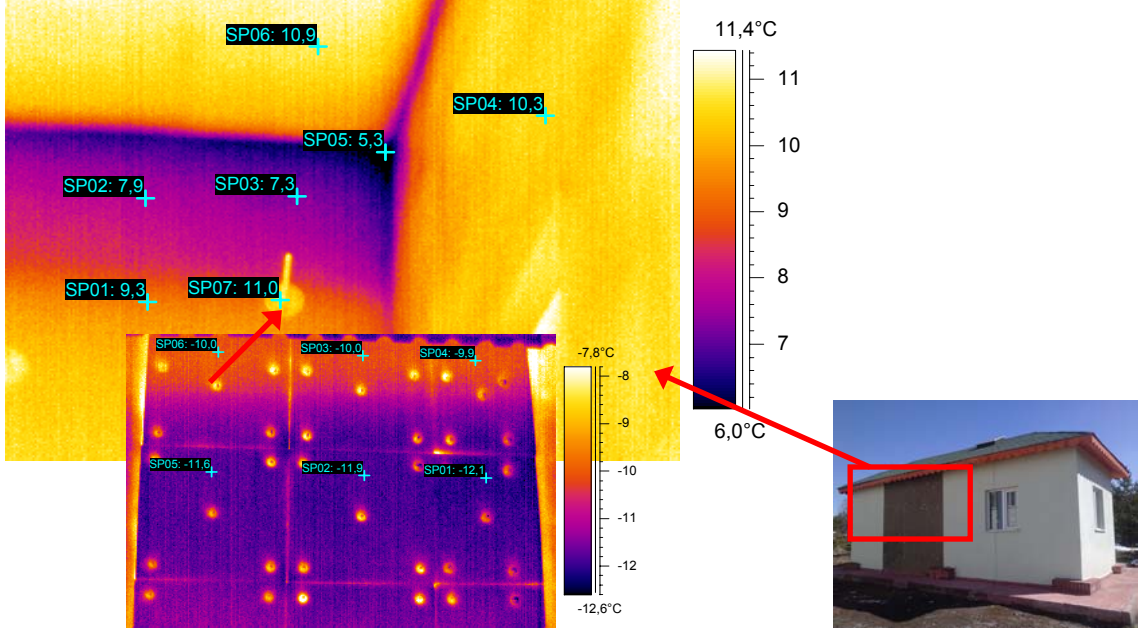
Şekil 5.12 Kuzey cephe 5 cm dıştan yalıtım uygulaması ($T_{iç}=20$ °C, $T_{dış}=-6$ °C)

Şekil 5.13 'da şekil 5.12 'de bahsedilen benzer durumlar söz konusudur. Aynı duvar üzerinde 4 °C sıcaklık değerlerine varan farklar mevcuttur. Kolon ve kiriş birleşme yerlerinde, ısı köprülerinin oluşturduğu 5,5 °C 'ye varan sıcaklık düşüşleri görülmektedir. Oluşan belirgin sıcaklık farkları, insan ve bina sağlığı açısından ciddi sorunlara yol açabilir.



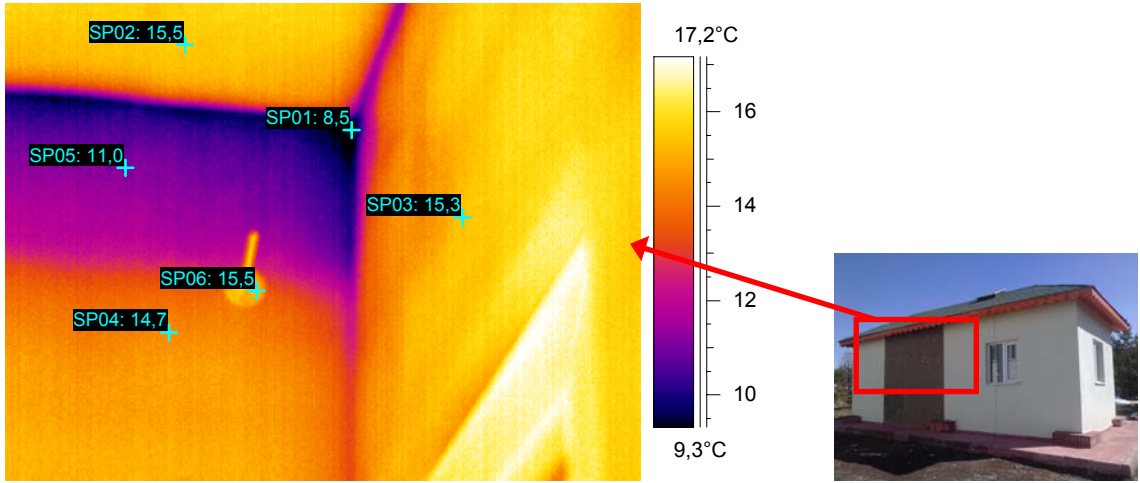
Şekil 5.13 Kuzey cephe 5 cm dıştan yalıtım uygulaması ($T_{iç}=20\text{ °C}$, $T_{dış}=-6\text{ °C}$)

Dıştan yalıtım uygulamasının 8 cm olarak uygulandığı şekil 5.14 'da 5 cm dıştan yalıtım uygulamasında elde edilen görüntülerin paralelinde sonuçlar elde edilmiştir. Termal görüntülerin, farklı iç ve dış ortam şartlarında çekilmesinden dolayı değerler farklıdır. Kirişte meydana gelen ısı kayıpları, aynı yüzey üzerinde 3,5 °C sıcaklık farklarına sebep olmuştur. Benzer şekilde köşelerde oluşan ısı kayıpları da 6 °C 'e kadar sıcaklık farkları oluşturmaktadır.



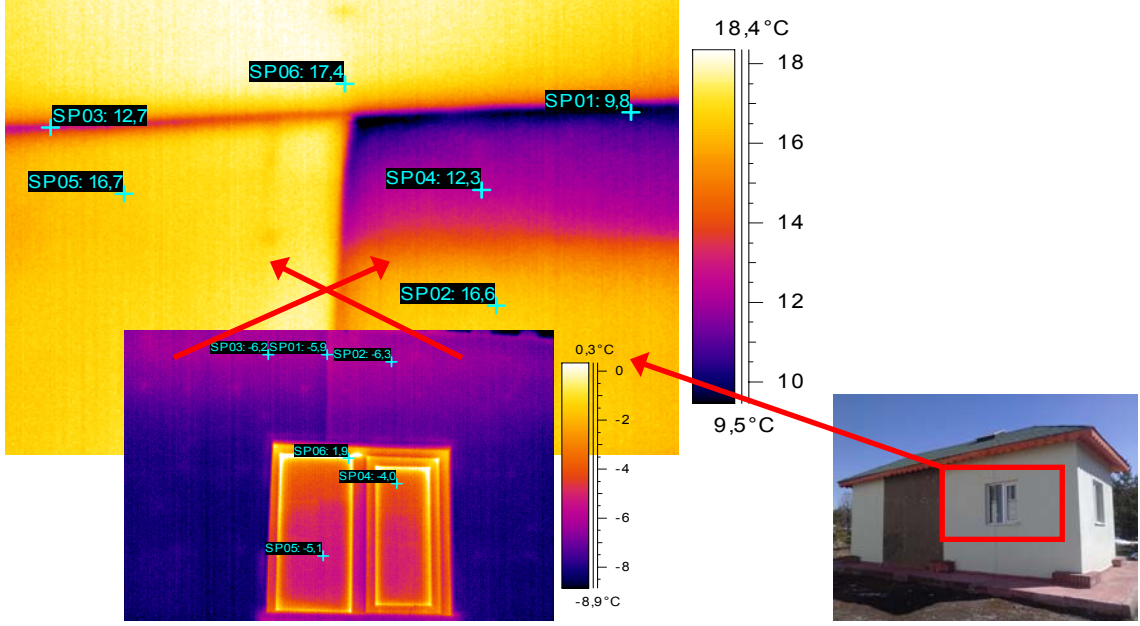
Şekil 5.14 Kuzey cephe 8 cm dıştan yalıtım uygulaması ($T_{iç}=15\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{dış}=-8\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Şekil 5.15 şekil 5.14 'da verilen duvarın farklı iç ve dış ortam sıcaklıkları için çekilmiş termal görüntüsüdür. İç ve dış ortam sıcaklıklarının yüksek olması noktasal sıcaklık değerlerini de artırmıştır.



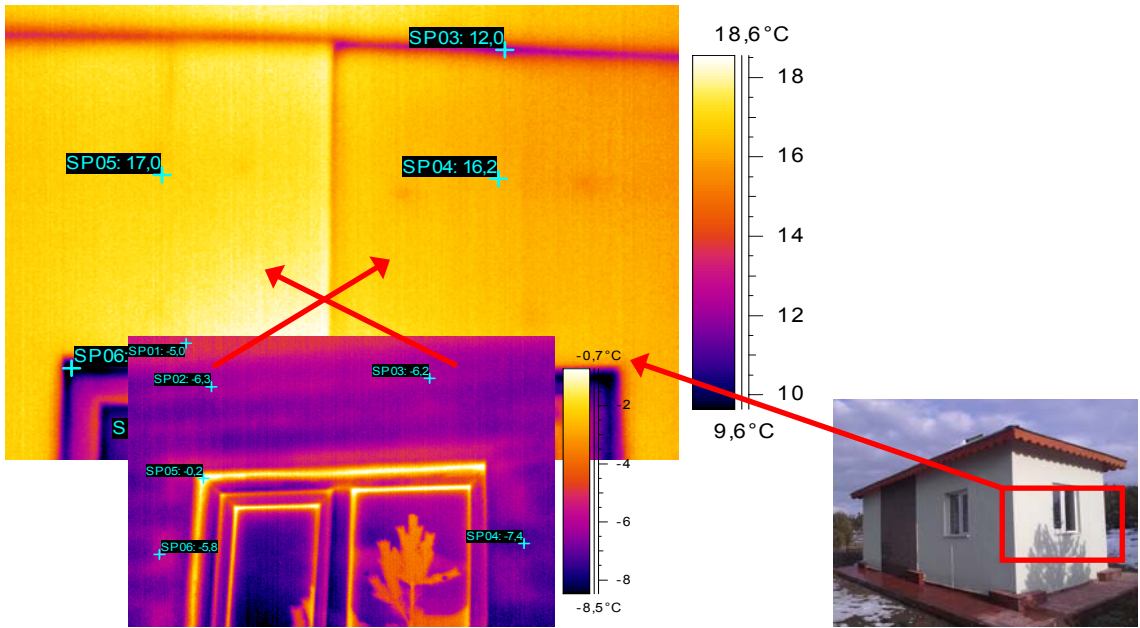
Şekil 5.15 Kuzey cephe 8 cm dıştan yalıtım uygulaması ($T_{iç}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{dış}=-2\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Şekil 5.16 'de 6 cm kalınlığındaki ekspande polistren yalıtım malzemesi iki farklı pozisyonda uygulandığı duvar görülmektedir. Sol tarafta 5a no'lu, sağ tarafta ise 5b no'lu toplam 6 cm yalıtım malzemesi kullanılan duvarlar bulunmaktadır. Dıştan çekilen termal görüntüde sıcaklık farkı görülmezken, içten çekilen görüntüde farklı durumlar ortaya çıkmıştır. İç duvarda uygulama farkından kaynaklanan en belirgin fark sağ taraftaki 3+3 cm uygulamasında kirişin oluşturduğu ısı köprüsüdür. Aynı duvar üzerinde yaklaşık $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklık farkına neden olmuştur.



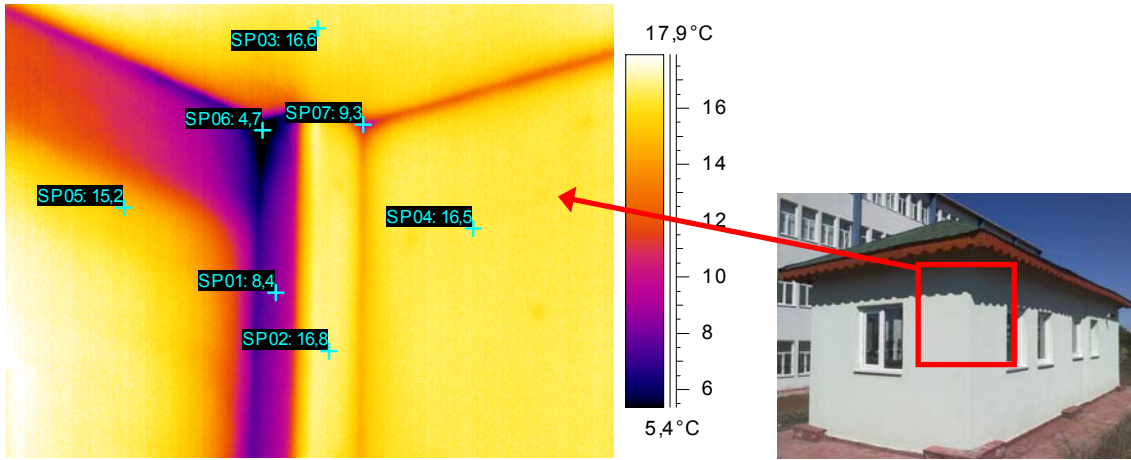
Şekil 5.16 Kuzey cephe 6 cm sandviç duvar yalıtım uygulaması ($T_{iç}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{dış}=-6\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Şekil 5.17 'de içten yalıtım uygulamasının içten çekilen termal görüntüsü verilmiştir. Sol tarafta 4a, sağ tarafta ise; 4a no'lu ekspande polistren yalıtım malzemesi kullanılan içten yalıtımlı duvarlar bulunmaktadır. Dıştan çekilen görüntülerde ciddi sıcaklık farkları yoktur. 4b no'lu duvar tarafındaki yüzey sıcaklığı $16,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ iken, 4a no'lu tarafta sıcaklık $17\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'dir. Aynı duvar üzerinde yaklaşık $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'lik sıcaklık farkı oluşmaktadır. Yalıtım kalınlığının fazla olması iç duvar yüzey sıcaklığında belirgin farklar sağlamaktadır. Ayrıca köşe kayıplarına bakıldığında; yalıtım kalınlığının artırılmasının ne kadar ciddi farklar oluşturduğu da görülmektedir.



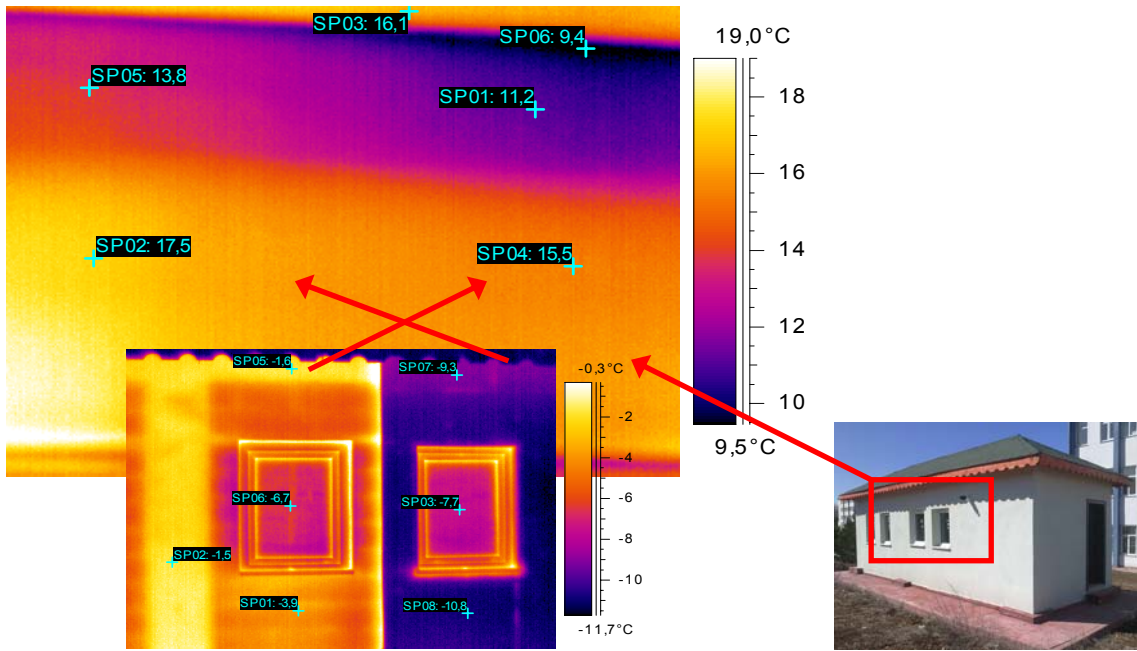
Şekil 5.17 Batı cephe içten yalıtım uygulaması ($T_{iç}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{dış}=-6\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Şekil 5.18 'de çok ciddi ısı kayıplarına sebep olan kolonların, yalıtımsız ve yalıtımlı halleri arasındaki farklar gösterilmiştir. Görüntüde orta kısımda bulunan kolonun sol tarafı yalıtımsız, sağ tarafı ise 5 cm kalınlığında ekspande polistren malzemesiyle içten yalıtılmıştır. Yalıtımsız kısımdaki yüzey sıcaklığı 8,4 °C iken yalıtımlı kısımdaki yüzeyde 16,8 °C 'dir. İki durum arasında yaklaşık iki kat sıcaklık farkı mevcuttur. Yine benzer şekilde yalıtımsız kolon tarafındaki köşe sıcaklığı 4,7 °C iken yalıtımlı kısımda 9,3 °C olduğu görülmektedir. Sıcaklık farkının fazla olması iç ortamda hava akımlarının oluşmasına neden olacaktır. Küf ve mantar oluşumu, rutubetin ortamdaki nem oranını artırması da ortaya çıkabilecek sorunlardır. Bu sonuçlar önemli sağlık sorunlarına neden olacaktır. Şekilde aynı zamanda sandviç duvar ve içten yalıtım uygulaması da bulunmaktadır. Görüntünün sol tarafı 3b no'lu sandviç yalıtımlı, sağ tarafı ise 4a no'lu içten yalıtımlı duvardır. Sandviç duvar yüzey sıcaklığına bakıldığında, 15,2 °C olduğu görülürken, içten yalıtımlı duvarın yüzey sıcaklığı 16,5 °C olduğu görülmektedir. Ayrıca sol kısımdaki sandviç duvar uygulamasında kolon ve kirişin oluşturduğu ısı köprüsü açıkça görülmektedir. Meydana gelen ısı kayıpları, aynı duvar üzerinde 10 °C değerlere varan sıcaklık farklarına neden olmaktadır.



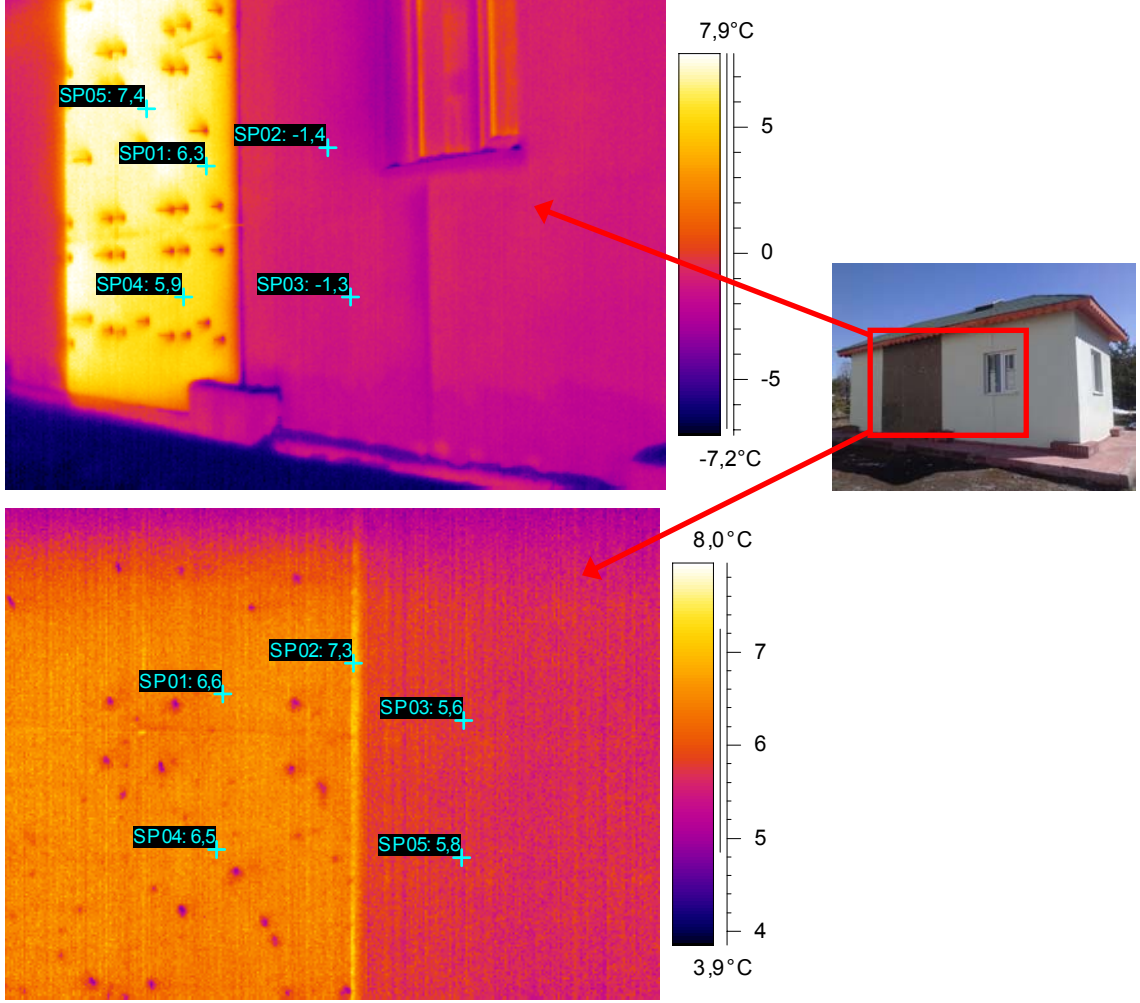
Şekil 5.18 Güneybatı cephe yalıtımsız ve yalıtımlı kolon uygulaması ($T_{iç}=20\text{ °C}$, $T_{dış}=-6\text{ °C}$)

Şekil 5.19 'de yalıtımlı ve yalıtımsız bims duvar uygulaması görülmektedir. İçten çekilen termal görüntünün sağ tarafı yalıtımsızken, sol tarafında 3b no'lu 5 cm karbon takviyeli ekspande polistren kullanılan sandviç yalıtım uygulaması vardır. 2 ve 4 nolu noktasal sıcaklıklar incelendiğinde aynı duvar üzerinde yalıtımlı ve yalıtımsız durumlarda 2 °C sıcaklık farkı olduğu görülmektedir. Kiriş kısmının olduğu 1 ve 5 nolu noktasal sıcaklıklar incelendiğinde; 2,5 °C değerlere varan tuğla duvar kısmına paralel farklar olduğu görülmektedir. Bu durum kirişin ısı köprüsü oluşturmasındadır. Donatılı beton yapısında olan kiriş, tuğla duvara göre daha büyük ısı geçiş katsayısına sahip olduğu için ısı kaybı daha fazla olmaktadır.



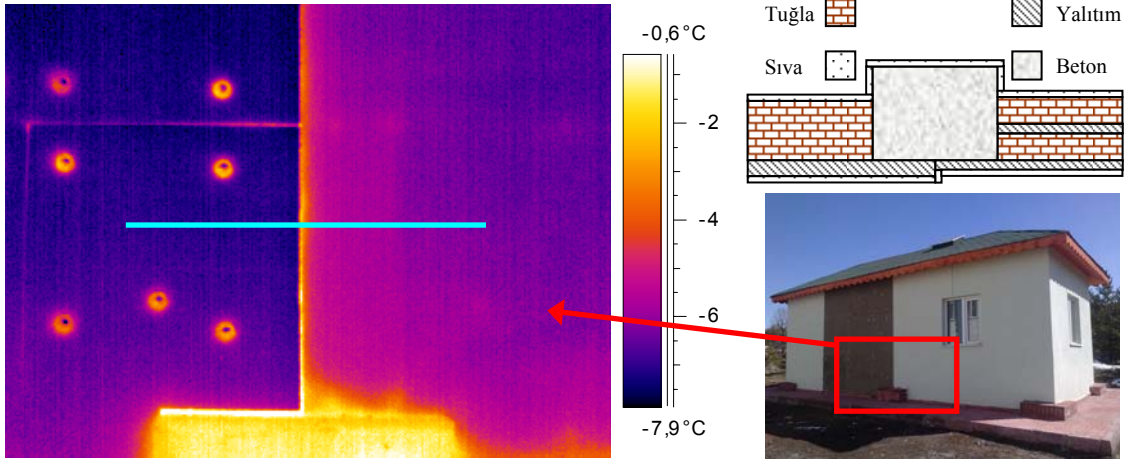
Şekil 5.19 Güney cephe yalıtımsız ve yalıtımlı bims duvar yalıtım uygulaması ($T_{iç}=20$ °C, $T_{dış}=-6$ °C)

Şekil 5.20 'te duvar dış yüzeyinde seçilen boya renginin sıcaklık dağılımlarını nasıl etkilediği gösterilmiştir. Güneş yansımalarının da olduğu görüntülerde; boya renginin ısı köprüsü etkisi göstererek ciddi sıcaklık farklarına sebep olduğu görülmektedir. Soğuk iklim bölgeleri için, koyu renkli boya tercih edilmesi kış ayları için daha uygundur. Farklı renklerin uygulanması durumunda, renk geçişlerinin keskin olması durumunda ısı köprüsü oluşması yakın renk tercihiyle ya da yumuşak geçişlerle engellenmelidir.



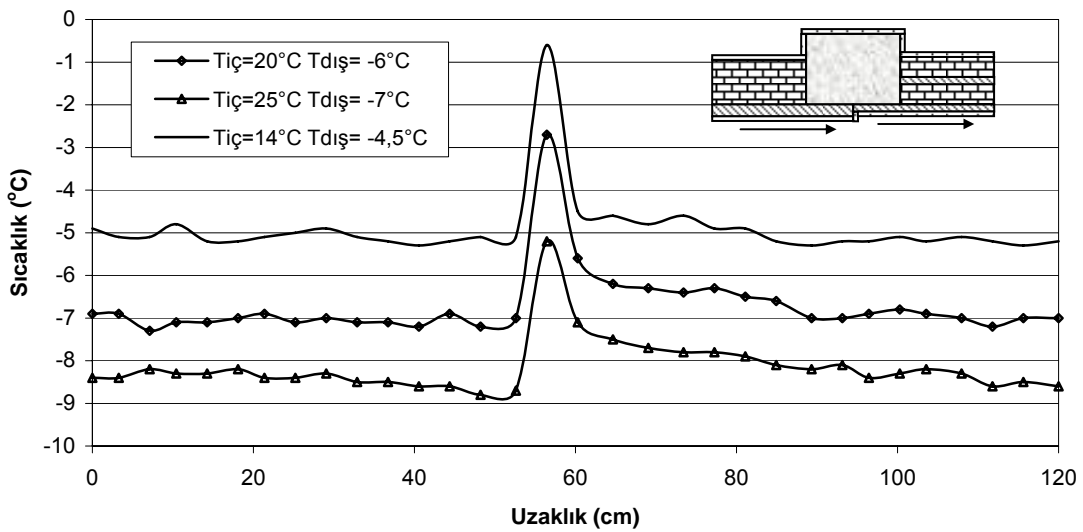
Şekil 5.20 Boya renginin yüzey sıcaklık dağılımlarına etkisi

Şekil 5.21 'te gösterilen duvarda 4 farklı duvar tipi mevcuttur. Soldan sağa doğru duvarları tanımlanacak olursa; dıştan 5 cm ekspande polistren yalıtımlı toplam ısı geçiş katsayısı $U=0,485 \text{ W/m}^2\text{K}$ olan duvar (aynı duvar 8 cm eps ile yalıtıldığında $U=0,343 \text{ W/m}^2\text{K}$), 5cm dıştan eps yalıtımlı $U=0,562 \text{ W/m}^2\text{K}$ kolon, 3 cm dıştan eps yalıtımlı $U=0,827 \text{ W/m}^2\text{K}$ kolon ve en sağda ise 3 cm ortada ve 3 cm dışta olmak üzere 6 cm eps yalıtımlı $U=0,435 \text{ W/m}^2\text{K}$ sandviç duvar uygulaması mevcuttur. Duvar yüzeyi üzerindeki yüzey sıcaklık dağılımına ait değerler aşağıdaki grafiklerde gösterilmiştir.



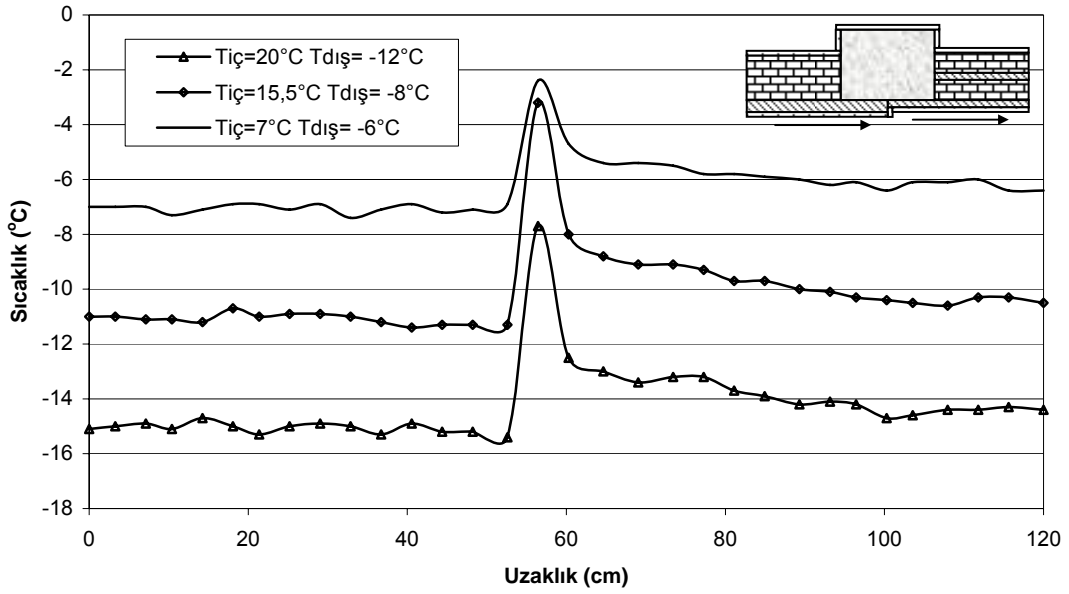
Şekil 5.21 Yüzeysel sıcaklık dağılımları için model duvar görüntüsü

Şekil 5.22 'de verilen grafikte farklı iç ve dış ortam sıcaklıklarında model duvar üzerindeki yüzeysel sıcaklık dağılımlarının değişimi gösterilmiştir. Kolonun olduğu orta kısımdaki sıcaklık değerleri tuğla duvarın olduğu kısımlara göre daha yüksektir. En düşük sıcaklık değerleri ise yalıtım malzemelerinin birleşme noktasında oluşmaktadır. İç ortamın 20 °C ve dış ortamın -6 °C olduğu durumdaki yüzeysel sıcaklık değerleri incelenecek olursa; -7 °C değerlerinde başlayan sıcaklıkların birleşme yerlerindeki ısı köprülerinden dolayı -2,5 °C 'lere kadar çıktığı görülmektedir. Kolonun kendisi de ısı köprüsüne neden olduğundan, özellikle 60 ila 80 cm arasındaki 3 cm yalıtımlı kolonun sıcaklık değerleri de diğer yüzeylerden daha yüksektir. Her üç durumda da dış ortam sıcaklığına paralel yüzey sıcaklık değerleri oluşmuştur.

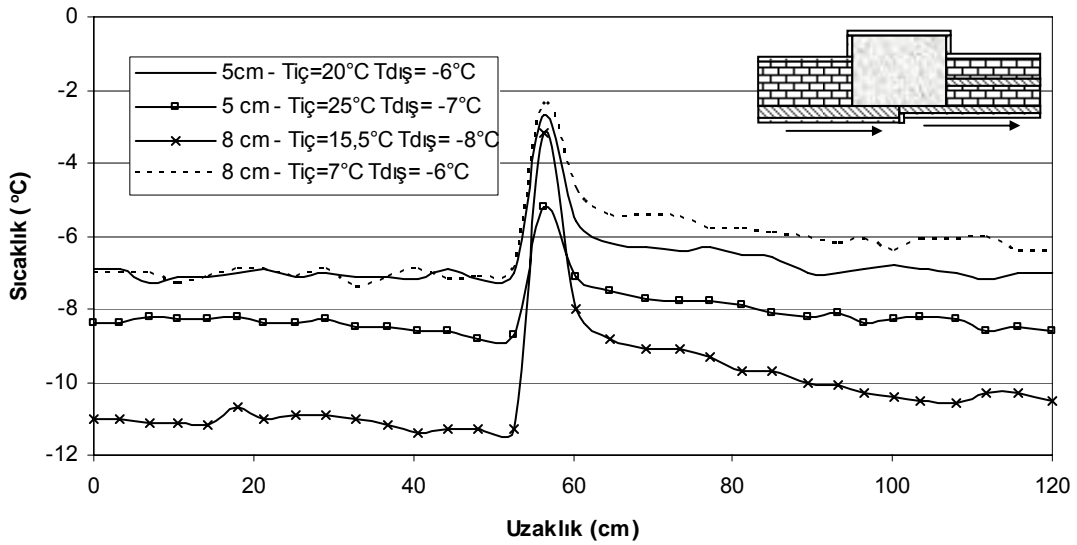


Şekil 5.22 Farklı iç ve dış ortam şartlarında 5 cm dıştan yalıtım için yüzeysel sıcaklık dağılımları

Şekil 5.23 8 cm ekspande polistren yalıtım malzemesinin dıştan uygulaması ile 6 cm eps yalıtımın sandviç duvar uygulamasının yüzey sıcaklık değerlerinin dağılımlarını göstermektedir. Şekil 5.21 'deki termal görüntüye ait değerlerin paralelinde sonuçlar elde edilmiştir. Yalıtım kalınlığının daha fazla olması U değerini düşürmekte ve daha az ısı kaybına sebep olmaktadır. Şekil 5.24 'te 5 ve 8 cm yalıtım kalınlıkları aynı grafikte karşılaştırılmıştır.

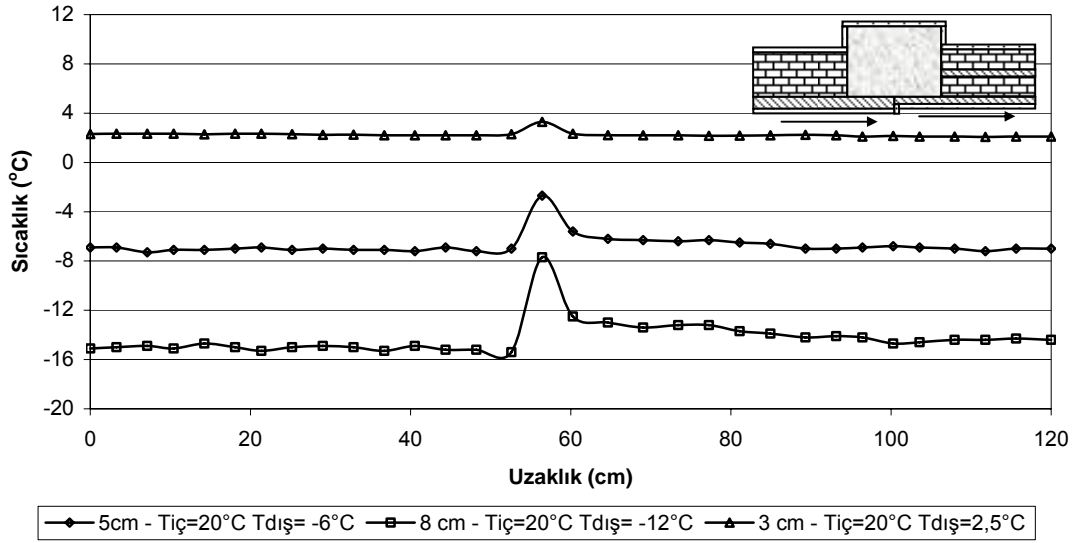


Şekil 5.23 Farklı iç ve dış ortam şartlarında 8 cm dıştan yalıtım için yüzey sıcaklık dağılımları



Şekil 5.24 Farklı iç ve dış ortam şartlarında 5 ve 8 cm dıştan yalıtım için yüzey sıcaklık dağılımları

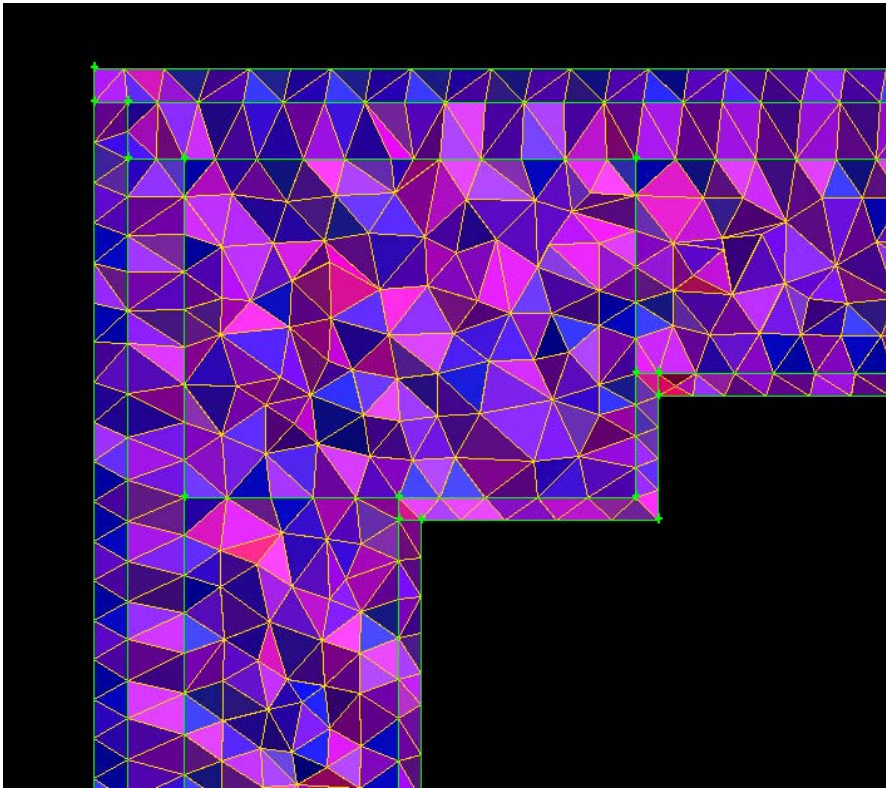
Şekil 5.25 'te farklı iç ve dış ortam şartları için; 3, 5 ve 8 cm yalıtım kalınlığına sahip 6 no'lu duvar modeline ait yüzeysel sıcaklık dağılımları verilmiştir.



Şekil 5.25 Farklı iç ve dış ortam şartlarında 3, 5 ve 8 cm dıştan yalıtım için yüzeysel sıcaklık dağılımları

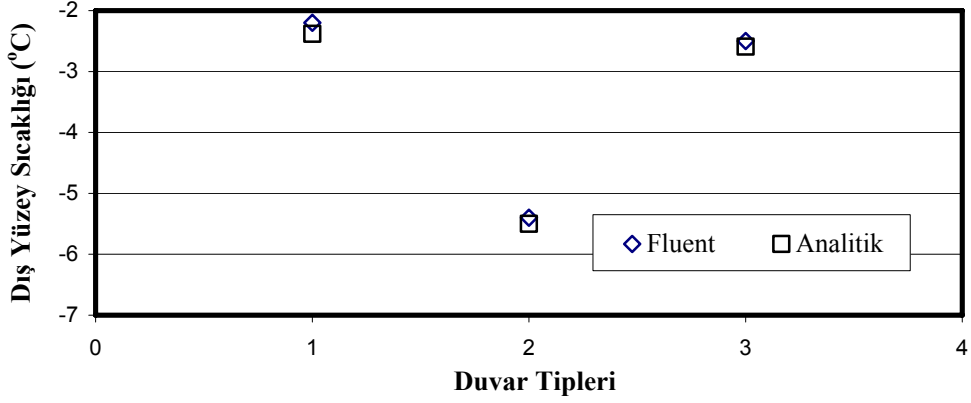
5.2 Sayısal Sonuçların Analizleri

Yapılan çalışmanın sayısal analizleri; sonlu hacimler esasına dayalı çözümleme yapan FLUENT programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Binanın üç boyutlu modeli çizildikten sonra ağ yapısı oluşturulmuştur. Bu aşamada ilk olarak, iki milyon sayıda ağ yapısından başlanarak on iki milyon sayısına kadar ağ yapısı oluşturulmuştur. Yapılan analizler sonucu elde edilen sonuçlarda önemsenmeyecek kadar küçük farklar olduğu görülmüştür. Sonuç olarak; yaklaşık 6,5 milyon civarında ortalama ve uygun bir ağ yapısı sayısı oluşturulmuştur. Ağ yapısında hacim mesh elemanı olarak tetrahedral eleman tipi kullanılmıştır. Modele ait ağ yapısı şekil 5.26 'da gösterilmiştir. Kullanılan ağ tipi ve duvar katmanlarındaki dağılımı şekilde görülmektedir.



Şekil 5.26 Bina modelinin 3-boyutlu ağ yapısı

Şekil 5.27 'de, kullanılan Fluent programında elde edilen sonuçlar ile analitik sonuçlar karşılaştırılmıştır. 1 no'lu duvar tipinde sıcaklık değerleri Fluent programında ve analitik hesaplamalarda sırasıyla $-2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve $-2,4\text{ }^{\circ}\text{C}$; 2 no'lu duvar tipinde $-5,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve $-5,5\text{ }^{\circ}\text{C}$; 3 no'lu duvar tipinde ise $-2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve $-2,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak elde edilmiştir. Görüldüğü üzere Fluent sonuçları ve analitik sonuçlar birbirine çok yakındır. Böylece kullanılan sayısal yöntemin doğruluğu konusunda yeterli hassasiyete sahip olduğu sonucuna varılabilir.



Şekil 5.27 Düzlem duvarın dış yüzeyinde meydana gelen sıcaklık değişimleri

Yapılan çalışmada, çözümlerinin kolaylaştırılması amacıyla aşağıdaki kabuller yapılmıştır:

- Malzeme izotoptur. Yani ısı iletim katsayısı malzeme içindeki her doğrultuda aynı kalmaktadır.
- h , ısı taşınım katsayısı iç ve dış ortamlarda sabittir.
- Isı akımı zamandan bağımsızdır. ($\partial T / \partial t = 0$)
- Yapı içerisinde ısı üretimi yoktur. ($q = 0$)
- Malzemelerin yoğunluk ve özgül ısıları değişmemektedir.
- Taban ve tavandan ısı kaybı olmamaktadır.
- k , ısı iletim katsayısı sıcaklıktan, yönden bağımsızdır ve çok tabakalı sistemlerde bir tabaka içinde sabittir.

Elde edilen sonuçlarda, tüm duvarlar için sıcaklık dağılımları gösterilmektedir. İçten, dıştan ve sandviç yalıtım için farklı kalınlıklarda yalıtım malzemesinin uygulandığı modellerde, sınır koşulları olarak ısı taşınım katsayıları sırasıyla dış ortam için $25 \text{ W/m}^2\text{K}$, iç ortam için $8 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak seçilmiştir. Analitik hesaplamalardaki sınır koşulları ise;

a) iç yüzey ($x=L$):

$$k_{iç} \left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=L} = h_{iç} (T_{x=L} - T_{iç}) \quad [5.1]$$

b) dış yüzey ($x=0$):

$$k_{dış} \left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=0} = h_{dış} (T_{dış} - T_{x=0}) \quad [5.2]$$

5.2.1 Farklı Yalıtım Uygulamalarının Fluent Analizleri

Sayısal analizler için oluşturulan 3 boyutlu modelde, binanın gerçek halinde bulunan taban ve tavan kısımları bulunmamaktadır. Güneş enerjisi kaynaklı ışınlımlar, termal çekimlerde kardan dolayı oluşan ışınlımlar, rüzgâr ve bina yönünden kaynaklanan etkilerin hiçbirisi sayısal çalışmada bulunmamaktadır. Ayrıca camlar modellenirken; ısı yayılım katsayısı, emissivite ve ışınlım etkileri göz ardı edilmiş, ısı iletkenliği cam ve boşluklar tek bir duvar katmanı şeklinde kabul edilerek oluşturulmuştur. Tüm bunların sonucu olarak; sayısal çalışmalarda elde edilen sonuçlar ile deneysel sonuçlar arasında belirgin farklar ortaya çıkmaktadır. Isı yalıtımı için en önemli parametre olan ısı iletkenlik katsayısı sabittir. Bu nedenle kullanılan malzemeler için daha genel bir tanımlama yapılarak tablo 5.1 de verilen isimleri sayısal çalışmada kullanılmıştır.

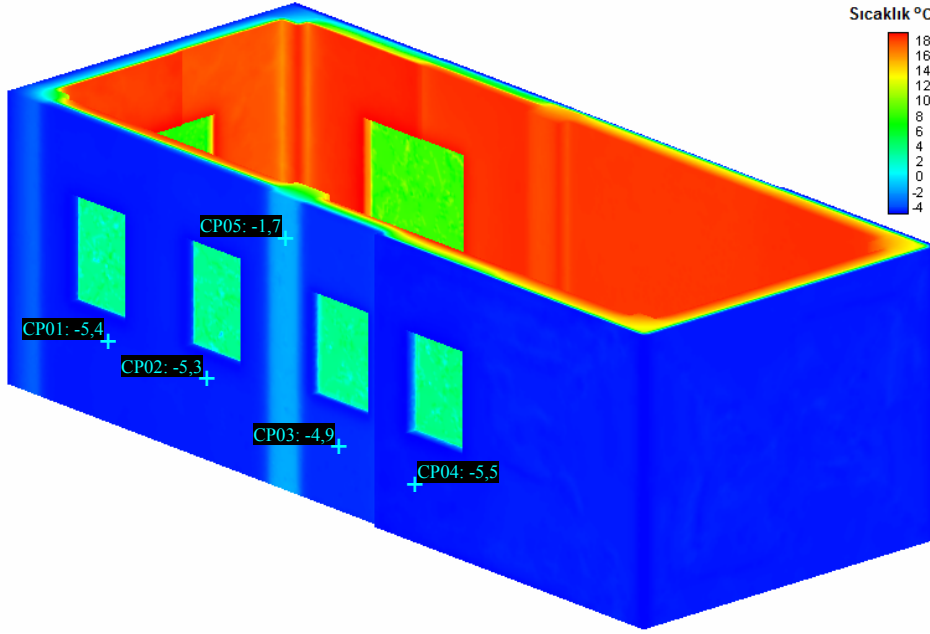
Malzemeler	Fluent Tanımlaması	ρ (kg/m ³)	Cp (kJ/kgK)	k (W/mK)
Taşyünü	Yalıtım_t	150	850	0,04
EPS (düz)	Yalıtım_d	16	1210	0,035
EPS (karbonlu)	Yalıtım_k	16	1210	0,03
Bims	Yapı_b	600	800	0,19
Tuğla	Yapı_t	1000	835	0,45
Donatılı beton	Yapı_d	2200	870	2,1

Tablo 5.1 Kullanılan malzemelerin Fluent'teki adları ve özellikleri

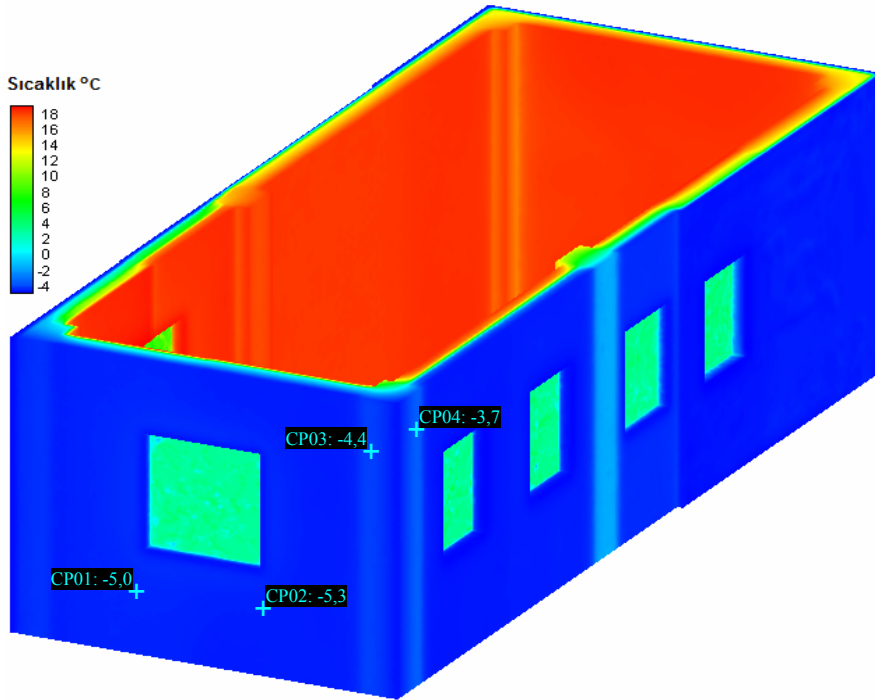
Şekil 5.28 'de binanın 3 boyutlu modelinin güney ve doğu cephesinden alınmış görüntüsüne ait sıcaklık dağılımları gösterilmiştir. Güney cephe dış duvarının orta kısmındaki kolonun, açık bitişik duvarlarına göre daha açık mavi renkte oluşu meydana gelen ısı köprüsünü açıkça göstermektedir. Ortadaki kolonun sağ tarafında yalıtımlı ve yalıtımsız yapı_b duvar bulunmaktadır. Doğu taraftaki duvar yüzeyindeki (şeklin sağındaki dış duvar) mavi rengin sol tarafa göre daha koyu olması, bu kısımların yalıtımlı olmasından kaynaklanmaktadır. Orta kısımdaki kolona benzer olarak batı tarafında bulunan (şeklin sol köşesi) duvardaki kolonda da belirgin ısı kayıpları görülmektedir. Pencereleden ısı kaybının fazla olması da yine renk dağılımından açıkça görülebilmektedir. Güney cephedeki pencerelerin dış yüzeyleri turkuaz renkte iken, iç yüzeylerinin yeşil renkte ve daha sıcak olduğu göze çarpmaktadır.

Şekil 5.29 'de binanın 3 boyutlu modelinin güney ve batı cephesine ait görüntüdeki tek pencere olan duvar, 3 ve 5 cm kalınlığında yalıtım_d malzemesi ile içten yalıtımlıdır. Bu duvarın sağ tarafındaki duvar ise, yarısı 5 cm yalıtım_t diğer yarısı

5 cm yalıtım_k malzemesi ile sandviç duvar olarak yalıtılmıştır. Her iki duvarın da dış yüzeylerinde belirgin bir sıcaklık farkı yoktur. Kullanılan malzemelerin ısı iletim katsayılarının yakın olmasından dolayı sandviç duvarın içten görüntüsünde de belirgin sıcaklık farkları yoktur. Ama içten yalıtımlı duvarda farklı kalınlıklarda malzeme kullanıldığı için sıcaklık farkları belirgindir.

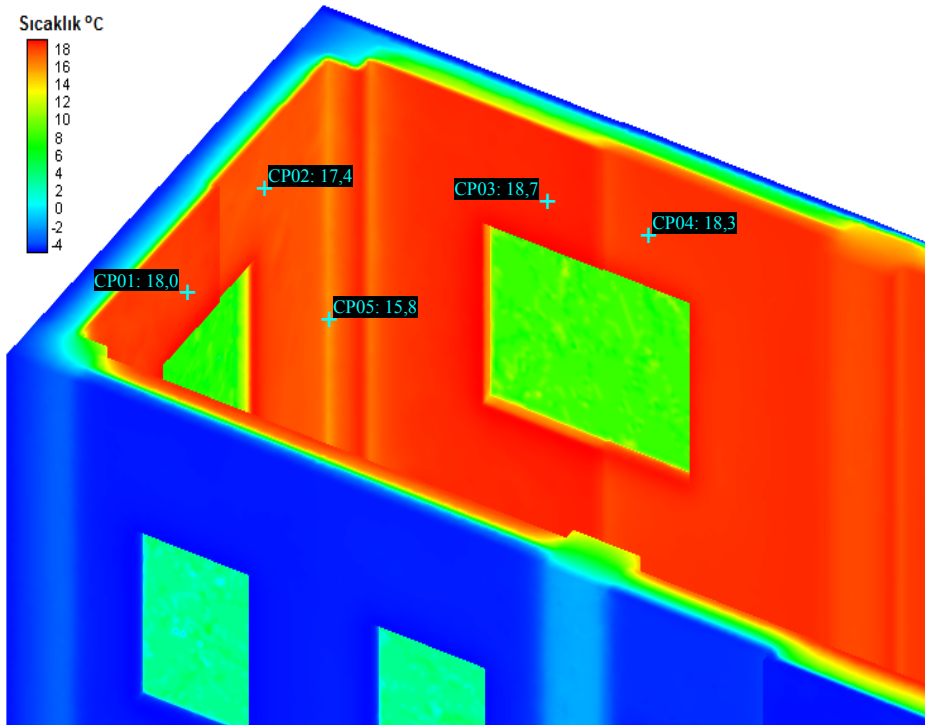


Şekil 5.28 Binanın 3-boyutlu modelinin güney-doğu cephesi sıcaklık dağılımları ($T_{iç}=20$ °C, $T_{dış}=-6$ °C)



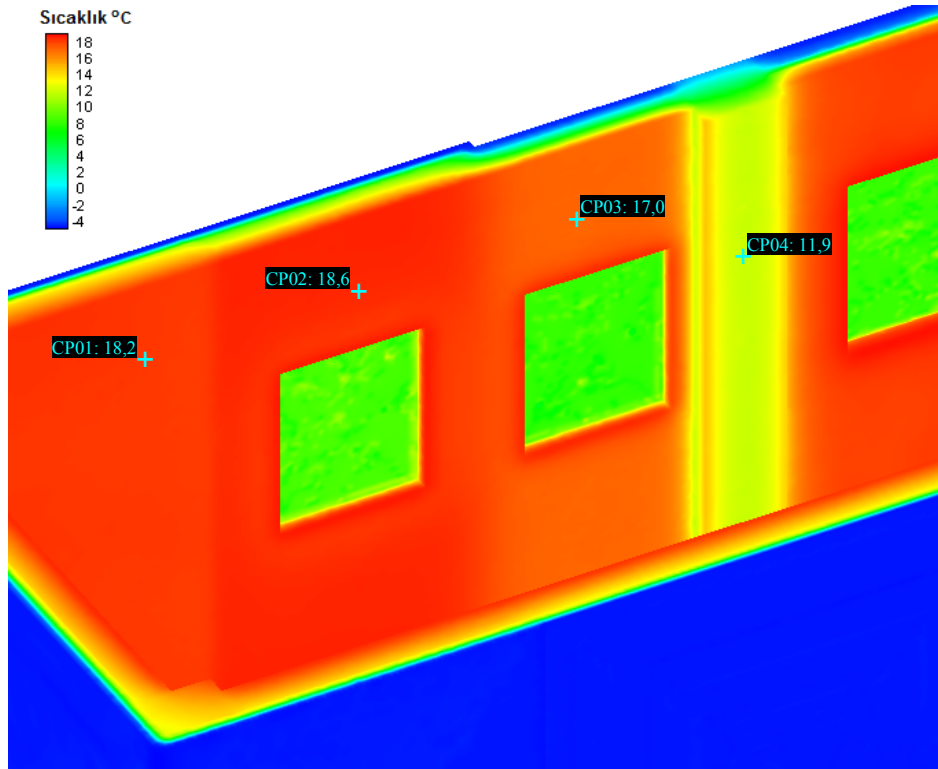
Şekil 5.29 Binanın 3-boyutlu modelinin güney-batı cephesi sıcaklık dağılımları ($T_{iç}=20$ °C, $T_{dış}=-6$ °C)

Şekil 5.30 'da batı cephedeki içten yalıtımlı duvar ve kuzey cephedeki sandviç duvarların 3 boyutlu modellerine ait iç yüzey sıcaklık dağılımları gösterilmiştir. Şekle göre sol tarafta içten sırasıyla yarısı 5 cm ve diğer yarısı 3 cm yalıtım_d ile yalıtılmış duvar bulunmaktadır. 5 cm olan kısımda sıcaklığın daha fazla olduğu renginin daha koyu kırmızı olmasından anlaşılmaktadır. Duvarın birleşme noktasında bulunan kolonun üzerinde ısı kayıpları göze çarpmaktadır. Şeklin sağ tarafında 6 cm yalıtım_d ile yalıtılmış duvar vardır. Duvarın sol tarafı; 2 cm içten, 2 cm ortadan ve 2 cm dıştan olmak üzere, sağ tarafı ise; 3 cm ortadan ve 3 cm dıştan olmak üzere sandviç duvar olarak yalıtılmışlardır. Bu duvarın dıştan görüntüsünde belirgin bir sıcaklık farkı olmasa da içten görüntüsünde, özellikle birleşme yerlerinde belirgin farklar olduğu görülmektedir. Sol kısımda 2 cm içten yalıtım olması iç yüzey sıcaklığında artış sağlamıştır. Yalıtımı duvarın farklı konumlarına yerleştirmek; sıcaklık salınımlarını azaltmakta, ısıl gerilmeleri önlemekte ve enerji tüketimini azaltmakta olumlu etkiler sağlamaktadır.



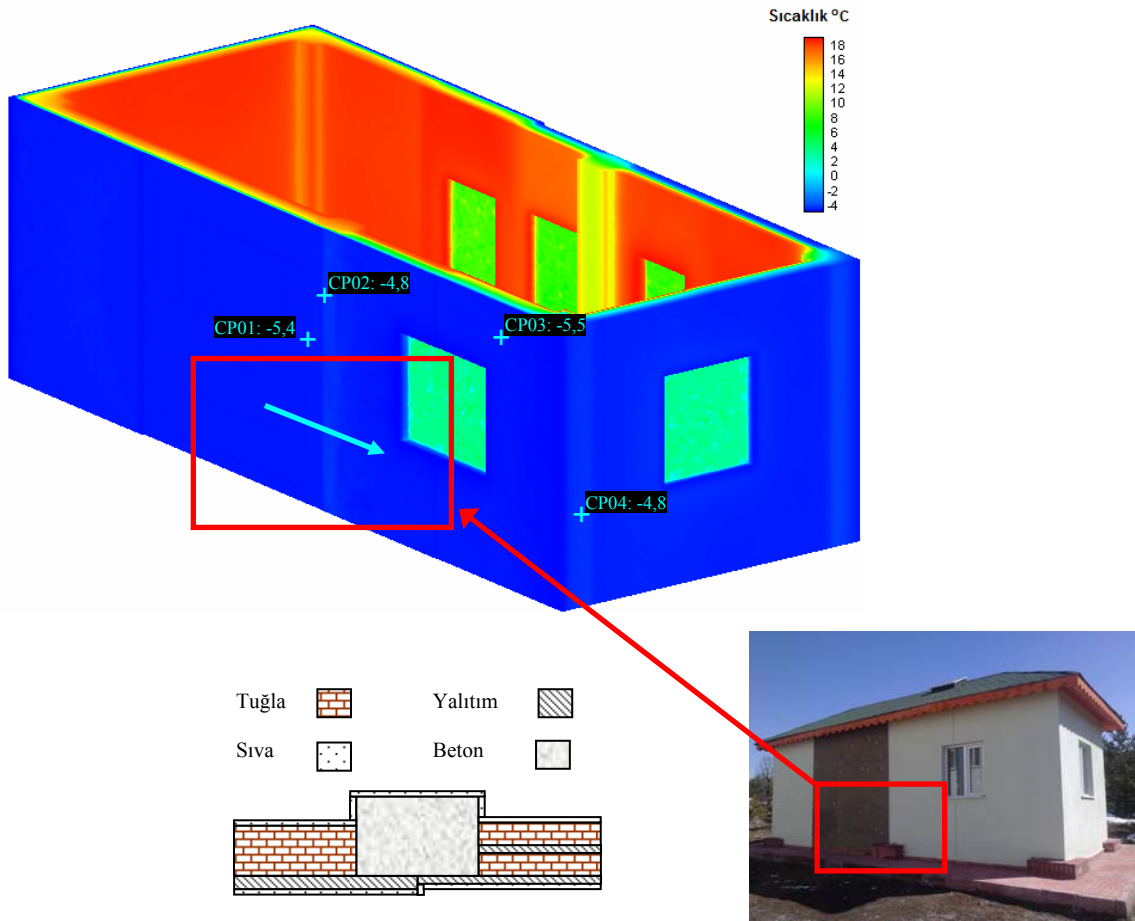
Şekil 5.30 Binanın 3-boyutlu modelinin iç ve dış duvar sıcaklık dağılımları ($T_{iç}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{dış}=-6\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Şekil 5.31 'de soldan sağa doğru sırasıyla dıştan yalıtımlı yapı_t duvar, dıştan yalıtım_k yalıtımlı yapı_b duvar ve yalıtımsız yapı_b duvarın iç yüzey sıcaklık dağılımları gösterilmiştir. En solda ilk olarak; 5 cm yalıtım_k ile dıştan yalıtılmış yapı_t duvar ile ilk pencerenin olduğu aynı malzeme ve dıştan yalıtım_k ile yalıtılmış yapı_b duvar arasındaki sıcaklık farkı görülmektedir. Yapı_b 'nin ısı iletim katsayısının yapı_t' ye göre daha küçük olması; kullanılan yalıtım malzemesinin kalınlığının ve özelliklerinin aynı olmasına rağmen bu farkı oluşturmaktadır. Düşük ısı iletim katsayısı, hafif olması ve mukavemetinin iyi olması yapı_b 'nin başlıca tercih sebeplerindedir. Şeklin devamında ise yalıtımsız yapı_b duvar bulunmaktadır. Yalıtımlı yapı_b duvara göre belirgin bir sıcaklık farkı olduğu görülmektedir. Yalıtımlı tuğla duvara göre de yalıtımsız yapı_b duvarın daha düşük sıcaklıkta olduğu görülebilir. Ayrıca şekilde kolonda ısı köprüsü oluştuğu ve pencerelerden de ciddi ısı kayıplarının meydana geldiği açıkça görülmektedir.



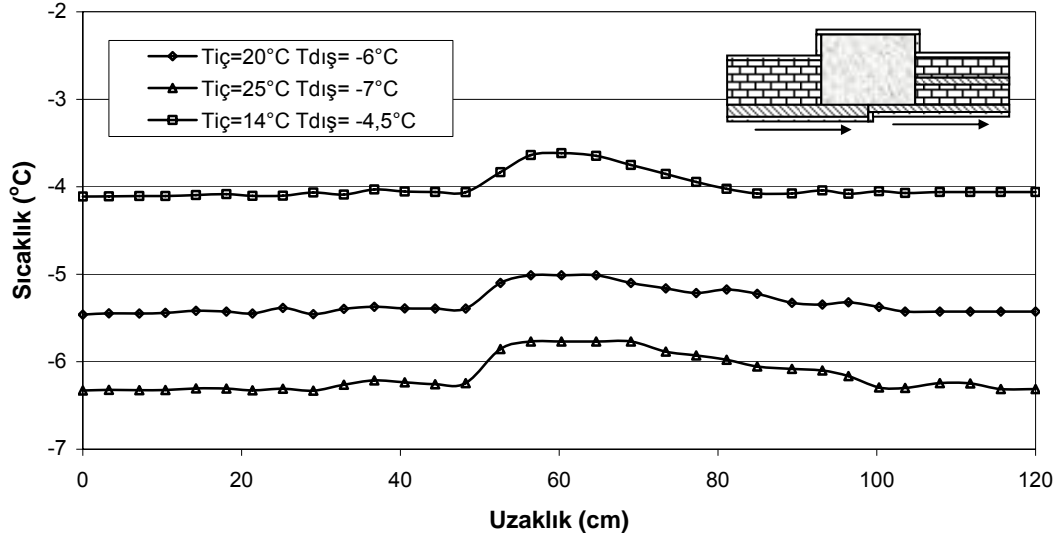
Şekil 5.31 Binaın 3-boyutlu modelinin iç ve dış duvar sıcaklık dağılımları ($T_{iç}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{dış}=-6\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Şekil 5.21 'de termal kamera görüntüsü verilen duvar modeline ait grafiklerin Fluent modeli için olan grafikleri aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir:

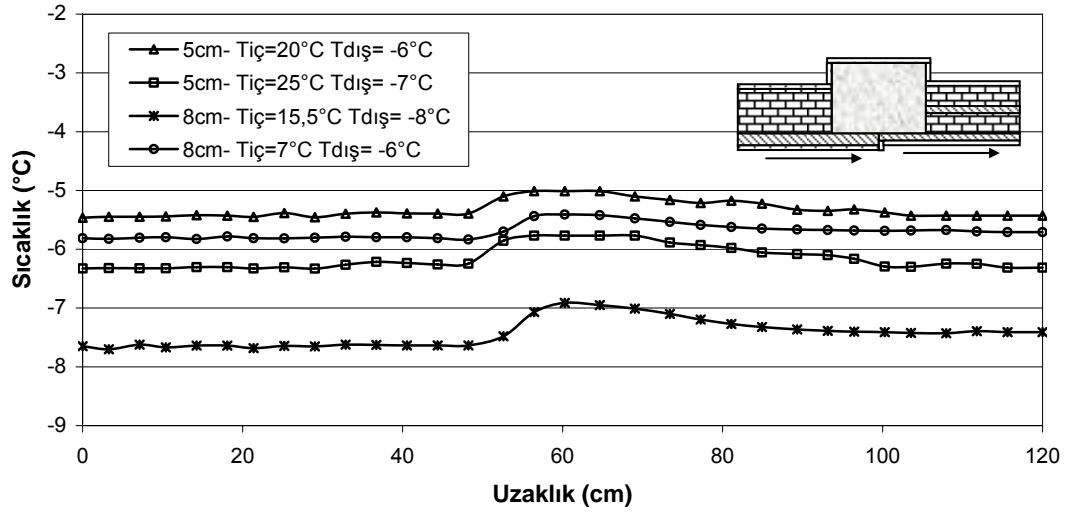


Şekil 5.32 Yüzeysel sıcaklık dağılımları için model duvar görüntüsü

Şekil 5.33 'de termal kamera sonuçlarına benzer bir dağılım olduğu görülmektedir. Sol kısımdaki dıştan yalıtım bölgesinden, sağ taraftaki sandviç duvara geçiş rahatlıkla görülmektedir. Ayrıca kolon üzerindeki ısı kayıpları ve farklı yalıtım bölgelerine geçişler de belirgindir. Ancak termal görüntünün aksine Fluent modelinde, duvarın ortasında olan yalıtım malzemelerinin birleşme yerlerinde meydana gelen ısı köprüsü kaynaklı ani sıcaklık değişimleri görülmemektedir.



Şekil 5.33 Farklı iç ve dış ortam şartlarında 5 cm dıştan yalıtım için yüzey sıcaklık dağılımları

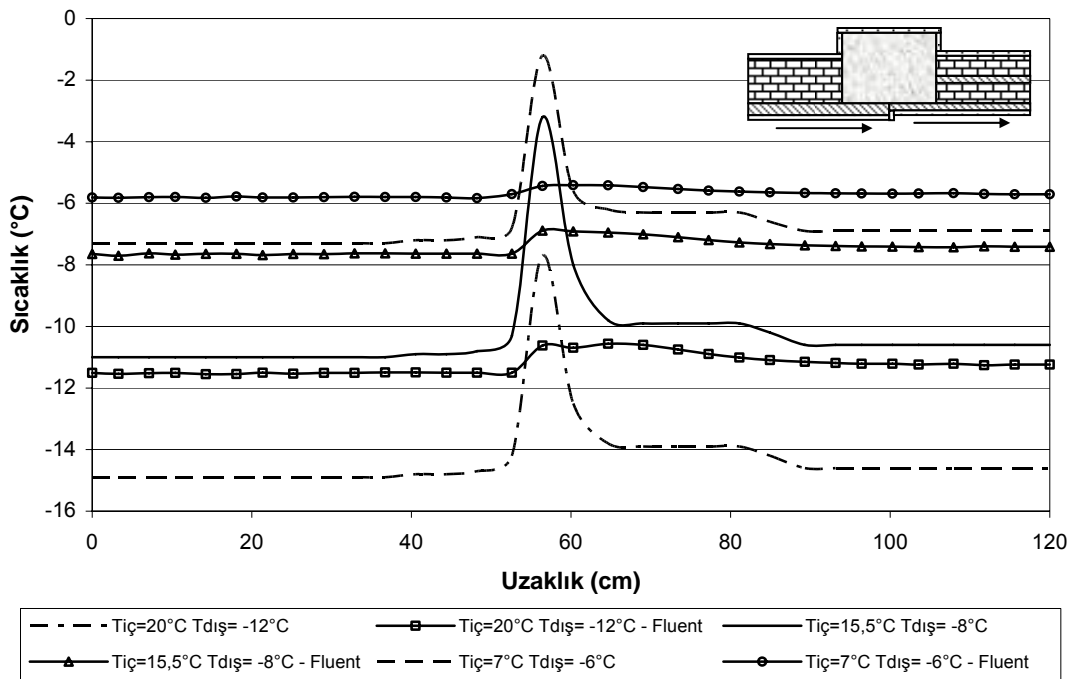


Şekil 5.34 Farklı iç ve dış ortam şartlarında 5 ve 8 cm dıştan yalıtım için yüzey sıcaklık dağılımları

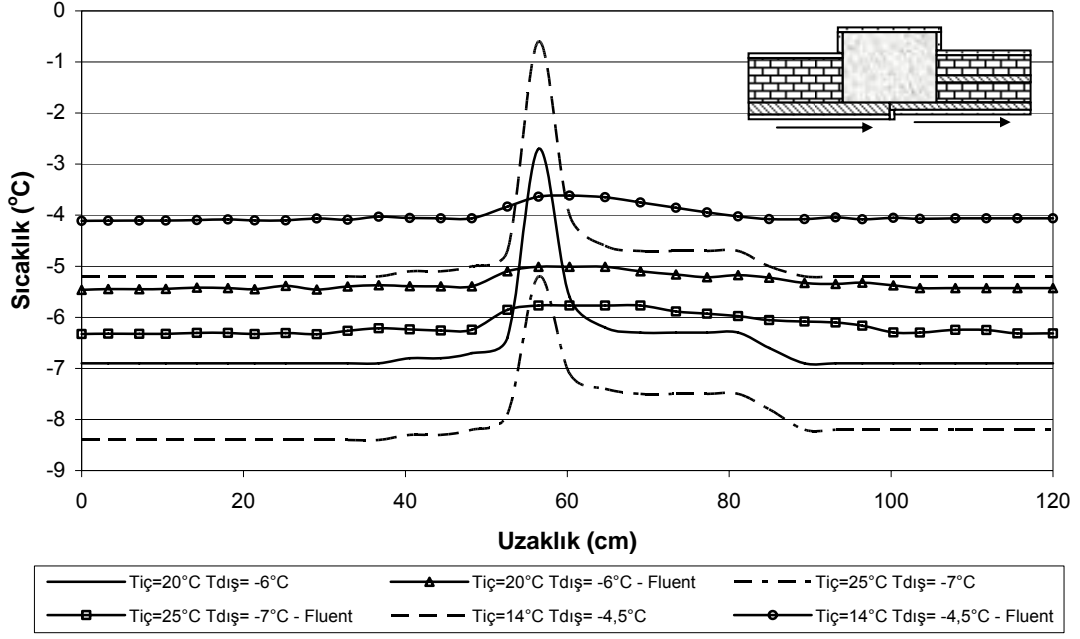
5.3 Deneysel ve Sayısal Sonuçların Karşılaştırılması

Bu bölümde; yapılan deneysel çalışmaların analizleri ile sayısal çalışmaların analizlerinden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Aşağıdaki grafiklerde; şekil 5.21 ve 5.32 'te verilen duvar modelleri için sıcaklık dağılımları deneysel ve sayısal olarak karşılaştırılmıştır.

Şekil 5.35 'te 3 farklı iç ve dış ortam sıcaklığı için deneysel ve sayısal sonuçlar karşılaştırılmıştır. Sonuçların birbirine benzer bir eğilim sergilediği görülmektedir. Deneysel sonuçlardaki duvar birleşme yerlerinde sıcaklık değişimleri sayısal sonuçlara göre daha fazladır. Bu durum uygulama sonrasında oluşan temas dirençlerinin bir sonucudur. Meydana gelen ısı köprüleri yakın mesafeler arasında 8 °C 'lere varan sıcaklık farkları oluşturmaktadır. Sayısal sonuçlarda bu kısımda daha az sıcaklık farkı oluşmaktadır. Özellikle kolon kısmında oluşan ısı köprüsü, deneysel ve sayısal sonuçların her ikisinde de açıkça görülmektedir. Güneş ve kar ışınimleri, rüzgarın ve bina yönünün etkisi, taban ve tavandan ısı kayıplarının olmaması sayısal sonuçlardaki değerlerin daha düşük çıkmasına sebep olmaktadır. Şekil 5.36 'da yine aynı duvar modeli farklı iç ve dış ortam sıcaklıkları için deneysel ve sayısal olarak karşılaştırılmıştır.



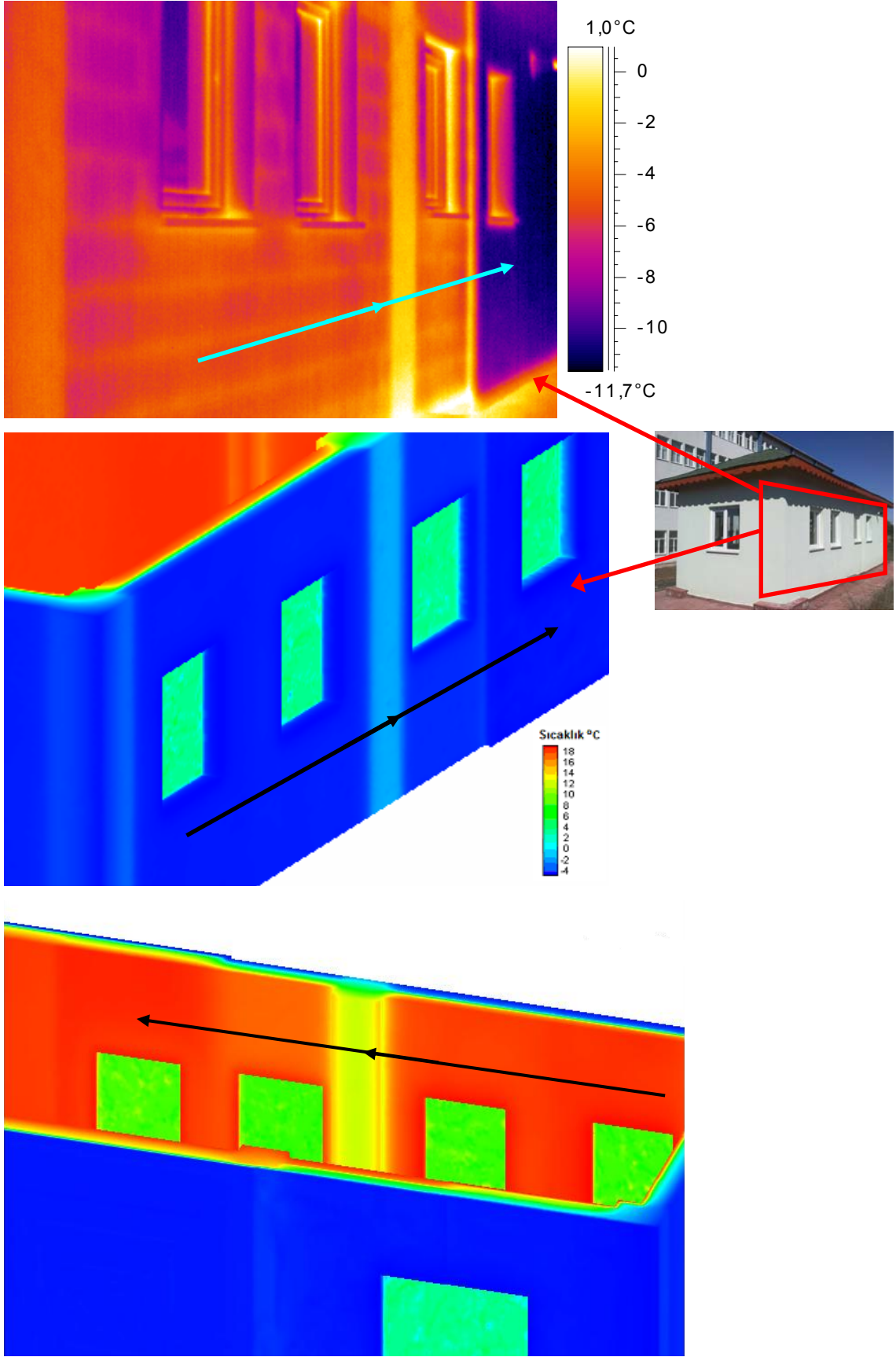
Şekil 5.35 Farklı iç ve dış ortam şartlarında 5 cm dıştan yalıtım için yüzeysel sıcaklık dağılımları



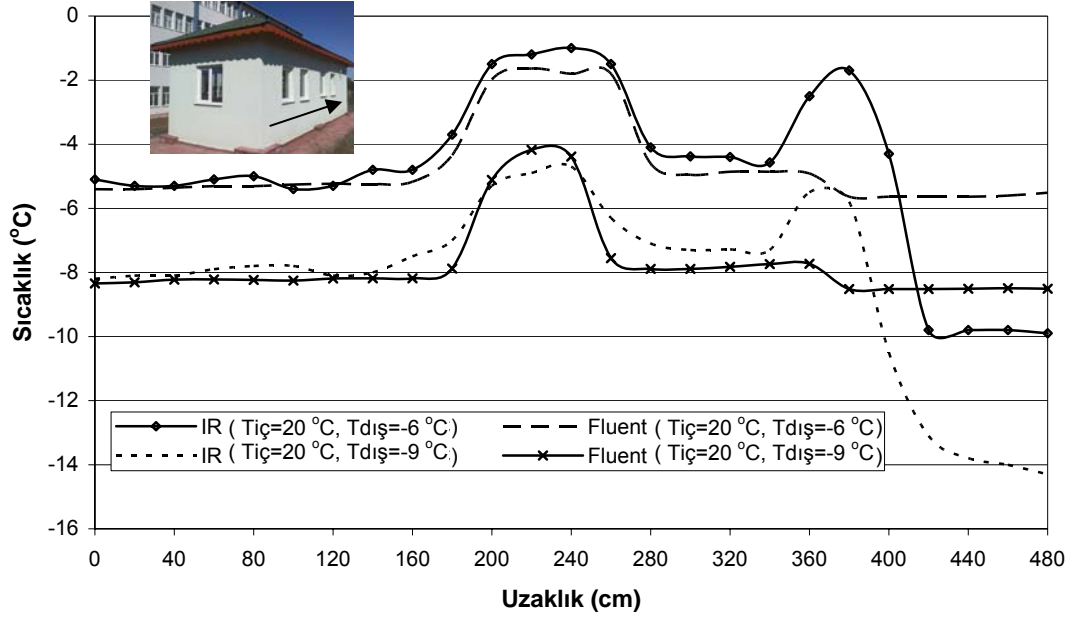
Şekil 5.36 Farklı iç ve dış ortam şartlarında 5 ve 8 cm dıştan yalıtım için yüzeyel sıcaklık dağılımları

Şekil 5.37 'de binanın güney cephesinin termal kamera ve Fluent modellerine ait görüntüleri verilmiştir. Şekiller üzerinde belirtilen duvar yüzeyi boyunca analizler yapılmıştır. Sonrasında verilen grafiklerde yapılan analizler sonucunda elde edilmiş, binanın güney cephesine ait duvarının deneysel ve sayısal olarak, dış ve iç yüzeyden sıcaklık değerleri verilmiştir.

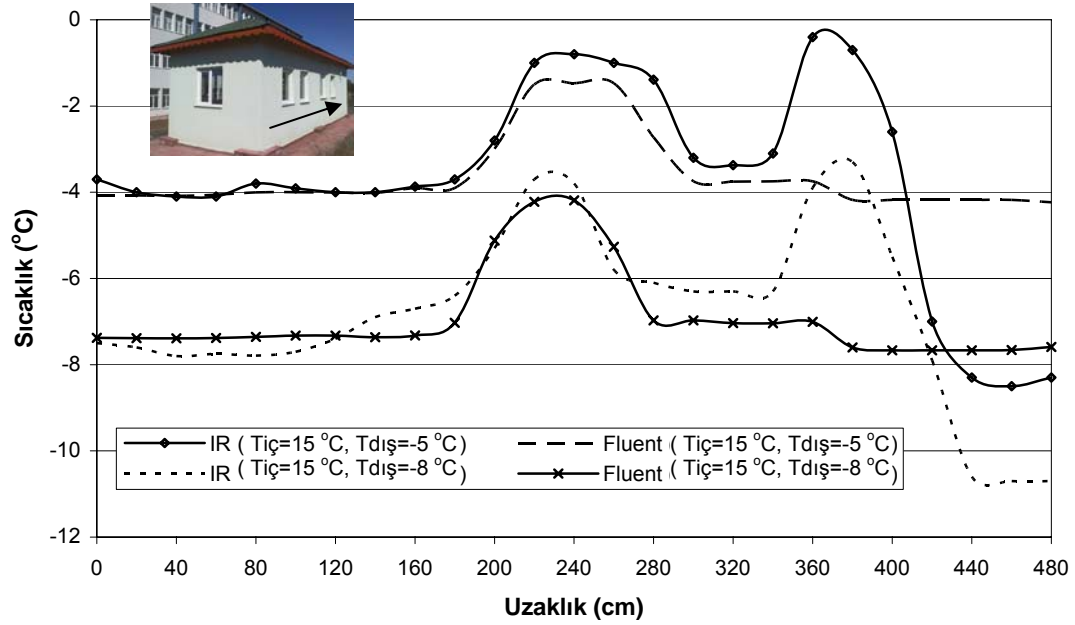
Farklı iç ve dış ortam şartlarındaki durumlar için verilen, şekil 5.38 ve 5.39 'deki binanın güney cephesindeki duvarın dış tarafının görüntüleri ok yönünde incelendiğinde; ilk olarak 5 cm kalınlığında yalıtım_d ve yalıtım_t olan sandviç duvar yüzey sıcaklıkları görülmektedir. Yaklaşık iki metreye kadar sıcaklık değerlerinde bir fark olmamaktadır. Kullanılan yalıtım malzemelerinin ısı iletim katsayılarının birbirine yakın olmasından dolayı değerlerin birbirine yakın olduğu kanaatine varılmıştır. Duvarın devamındaki kolon üzerindeki ısı kayıplarının sandviç duvar ile 4 °C 'lık sıcaklık farkları oluşturduğu görülmektedir. Kolonun bitişiğinde yalıtımsız bims duvar bulunmaktadır. Kolona göre daha düşük sıcaklıkta olmasına karşın, sandviç duvara göre daha yüksek yüzey sıcaklığına sahip olduğu görülmektedir. Bims duvarın yalıtımlı kısmı ok yönünde en uc kısımdadır. Yalıtım malzemesinin başladığı kısımdaki ısı köprüsü belirgin olarak göze çarpmaktadır. Meydana gelen ısı köprüleri kolondaki etkiye sebep olmaktadır. Grafikteki en düşük değerler dıştan yalıtımlı bims duvardaki sıcaklık değerleridir.



Şekil 5.37 Binanın güney cephesine ait iç ve dış duvarlarının yüzeysel sıcaklık dağılımları

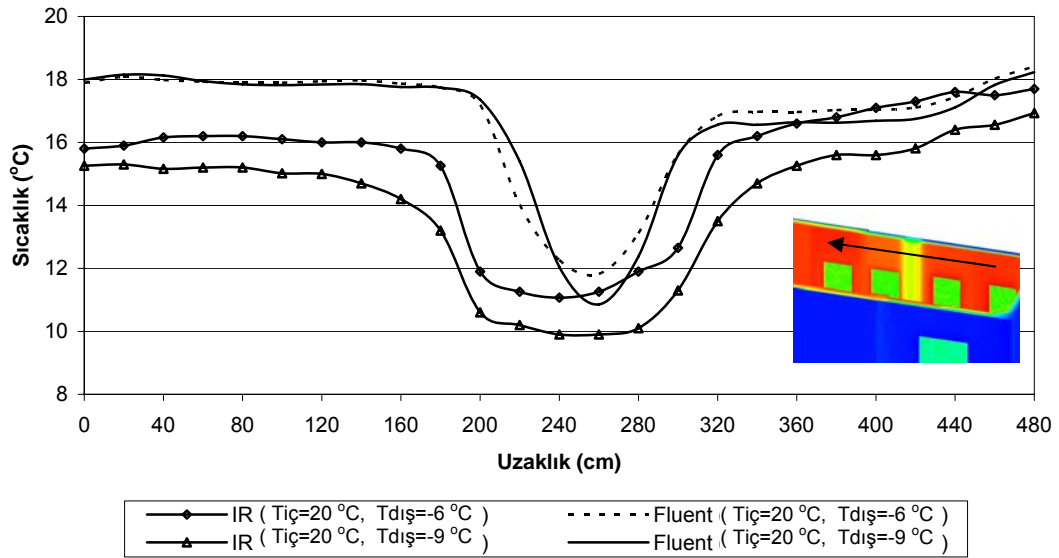


Şekil 5.38 Farklı iç ve dış ortam şartlarında binanın güney cephesi dış duvarı için yüzeysel sıcaklık dağılımları



Şekil 5.39 Farklı iç ve dış ortam şartlarında binanın güney cephesi dış duvarı için yüzeysel sıcaklık dağılımları

Şekil 5.40 'de binanın güney cephesindeki duvarının iç yüzeyine ait sıcaklık dağılımları görülmektedir. Dıştan alınan değerlerine paralel olarak iç yüzey değerleri de ilk olarak sandviç duvar tarafından başlamaktadır. Sandviç duvarın iki tarafındaki sıcaklık değerleri birbirine çok yakındır. Duvarın orta kısmında bulunan kolon, dış yüzeye benzer bir eğilim sergileyerek ısı köprüsü oluşturmaktadır. Ancak dış yüzeyin aksine iç yüzeydeki sıcaklık değerleri, iç taraftaki en düşük sıcaklık değerleridir. Bu durum iç duvar yüzey sıcaklıkları arasında 5 °C 'lık sıcaklık farklarına sebep olmaktadır. Bu durum iç ortam konfor şartları için müsaade edilebilir bir durum değildir. Yalıtımsız yapı_b duvarın yüzey sıcaklığının sandviç duvara göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Yapı_b duvarın yalıtımsız ve yalıtımlı kısımları arasında yaklaşık 3 °C sıcaklık fark olduğu görülmektedir.



Şekil 5.40 Farklı iç ve dış ortam şartlarında binanın güney cephesi iç duvarı için yüzey sıcaklık dağılımları

6 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Enerji ihtiyacının önemli bir kısmının ithal eden ülkemizde, enerji tüketimi de her geçen gün artmaktadır. Dünya üzerindeki enerji kaynaklarının hızla tükenmesi, yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına ilgiyi giderek artırmaktadır. Ülkemiz toplam enerjisinin büyük bir kısmını konutlarda ısıtma amaçlı kullanmaktadır. Avrupa ülkelerine oranla tükettiğimiz enerjinin verimli kullanılması konusunda çok geride bulunmaktayız. Tüm bu durumlar göz önüne alındığında konutlarda enerji tasarrufu konusunun ülkemiz için bir zorunluluk haline geldiği görülmektedir. Konutlarda enerji tasarrufu denildiğinde ise ilk akla gelen ısı yalıtımıdır. Isı yalıtımı, gerek bina gerekse insan sağlığı açısından yapıların en önemli önceliklerdendir. Doğru uygulanan ısı yalıtımı sayesinde konutlarda % 40–70 arasında tasarruf sağlanabilmektedir.

1 Ocak 2011 tarihi itibarıyla mevcut binalar için 2017 yılına kadar ısı yalıtımı yapılması zorunluluğu getirilmiştir. Bu durum ülkemizdeki toplumun her kesiminden bireyler için ısı yalıtımının önemini daha da artırmıştır. Sivas ili için yapılan bu çalışmada, ısı yalıtımının zorunluluğundan önce; uygun malzeme seçimi, uygulamaların doğru yapılması ve ısı yalıtımının gerekliliğinin önemi araştırılmıştır. Bunu gerçekleştirmek için 30 m² alana sahip bir bina inşa edilmiştir. İnşa edilen binada, daha önce uygulanmış ya da üzerinde çalışmalar yapılmış birçok duvar modeli ve yalıtım malzemesi üzerinde incelemeler yapılmıştır.

Bu çalışmada; farklı iç ve dış ortam şartlarının iç ve dış yüzey sıcaklıklarına etkileri, farklı ısı yalıtım malzemelerinin farklı ortam sıcaklıklarında davranışları, aynı yalıtım malzemesinin farklı duvar pozisyonlarında kullanılması, bims tuğlanın yalıtımlı yalıtımsız olarak uygulanması, ısı yalıtımının ısı köprülerine etkisi, farklı pencere tiplerinin karşılaştırılması, içten, dıştan ve sandviç duvar uygulamalarının kıyaslanması gibi konular incelenmiştir. 9 adet sabit duvar ve 1 adet tak-çıkart duvar modeli oluşturularak toplam 12 çeşit duvar modeli uygulaması üzerinde çalışılmıştır.

Yapılan çalışmanın deneysel kısmı, kızılötesi (IR) enerjiyi esas alan termal görüntüleme yöntemi ile termal kamera kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her duvarında farklı bir duvar modeli bulunan binanın iç ve dış duvarlarının kış aylarında termal kamera ile çekimleri yapılmıştır. Farklı iç ve dış ortam şartlarında gerçekleştirilen çekimlerin aynı şartlar için, sonlu hacimler esasına dayanan Fluent programı

kullanılarak 3 boyutlu modeli oluşturulmuştur. Programda çözüm kolaylığı açısından, iç ve dış ortam için ısı taşınım katsayısı değerleri sabit kabul edilmiştir. Benzer şekilde kullanılan yapı ve yalıtım malzemelerinin yoğunluk, ısı depolama ve ısı iletim katsayısı değerleri de sabit kabul edilmiştir. Binanın deneysel verilerinin analizleri yapılarak elde edilen sonuçları, 3 boyutlu modelinin analizlerinden elde edilen sayısal sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Sandviç duvar uygulamalarında kolon ve giriş bileşenlerinin yalıtımsız olması ısı köprüsü oluşmasına sebep olmaktadır. Bu durum TS 825 'de gösterilen yalıtım detaylarına göre uygulama yapılarak önlenir. Doğru yalıtım kalınlığı seçilmek koşuluyla; sandviç duvarlarda yalıtım malzemesini tek parça olarak kullanmaktansa, duvarın farklı kısımlarında bölerek kullanmak daha iyi sonuçlar vermektedir. Binada kullanılan 6 cm yalıtım malzemesinin 3+3 cm ve 2+2+2 cm şeklinde uygulanmasından elde edilen sonuçlarda bu durum gösterilmiştir. Aynı yalıtım kalınlığının duvarın farklı konumlarına uygulanmasının; iç ortam sıcaklık salınımlarını azalttığı, ısı gerilmeleri önlediği ve enerji tüketimine olumlu etkisinin olduğu deneysel olarak belirlenmiştir. Duvarın iç yüzeyindeki sıcaklık farklarını azaltarak hava akımları oluşumunu önlediği, buhar geçişini azaltarak duvar yüzeylerinde yoğuşmayı, küf ve mantar oluşumunu engellediği de belirlenmiştir. Böylece; boya, sıva dökülmelerini, beton ve donatı yapıda oluşabilecek zararlar önlenmiş olacaktır. Taşyünü ile yakın k (ısı iletim katsayısı) değerine sahip malzemelerin yalıtım uygulaması karşılaştırılmış fakat termal kamera görüntüleri ile belirgin bir fark gözlemlenmemiştir. Burada fark; ses ve yangın yalıtımı konusunda ortaya çıkmaktadır. Ancak yangın ve ses yalıtımı bu çalışmada ele alınmamıştır.

Sandviç duvar uygulamalarında; özellikle aynı duvar üzerinde farklı malzeme ve malzeme kalınlıkları kullanılması nedeniyle oluşan ısı köprüleri deneysel hatalara neden olmuştur. Binanın güney cephesinde bulunan bims duvarın yarısında yalıtımın birden bitmesi, taşyünü ve ekspande polistren malzemelerinin yan yana sandviç duvar olarak uygulanması, kuzey cephede 6 cm kalınlığındaki yalıtımın 2+2+2 cm ve 3+3 cm şeklinde uygulanması sırasında birleşme yerlerinde ısı köprüleri oluşumu gözlenmiştir.

İçten yalıtım uygulaması da sandviç duvar uygulamasına paralel olarak kolon ve girişlerde ısı köprüsü oluşumuna sebep olmaktadır. İçten ve sandviç duvar yalıtım uygulamalarının; yalıtım kalınlığı ne kadar artırılsa da ısı köprüsü oluşumunu engelleyemediği görülmüştür. Bu durum 3 ve 5 cm kalınlığında içten yalıtım uygulaması yapılan duvarda gösterilmiştir. İçten yalıtım uygulamalarında; kolon ve

kirişler ayrıca ve doğru şekilde yalıtılmalı, duvar ve ısı köprüleri için TS 825 'e uygun detaylar ve yalıtım kalınlığı seçilmelidir. İçten ve sandviç duvar uygulaması sonucu ortaya çıkan ısı köprüleri; küf, mantar, terleme, yoğuşma ve bunlara bağlı olarak boya ve sıva dökülmelerine, beton ve donatıda korozyona sebep olacaktır. Tüm bunlar ise; insan ve yapı sağlığını etkileyecek çok önemli sorunlara yol açacaktır.

Üst kat dıştan yalıtım ile beraber çatı üstü yalıtımına da çok özen gösterilmelidir. Doğru malzeme ve yalıtım kalınlığı uygulanmalıdır. Seçilen boya rengine çok özen gösterilmelidir. Keskin geçişlerin ısı köprüsü oluşturduğu göz önünde tutularak gerekli tedbirler alınmalıdır. Renk geçişleri yumuşatılmalı ya da çok koyu ve çok açık renkler aynı duvarda tercih edilmemelidir.

Yalıtım uygulaması yapılırken birleşme yerlerine de ayrıca özen gösterilmelidir. Temas direnci ve ısı köprüsü oluşumu engellenmelidir. Dıştan yalıtım uygulamalarında; yalıtımın bittiği noktadan itibaren ısı kayıplarına bağlı ciddi sıcaklık düşüşleri görülmektedir. Bina oturumuna yaptırılan yalıtımın çok dikkatli yapılması gerekliliği de bu çalışmada bir kez daha ortaya çıkmıştır. Bulunulan ortam şartlarına uygun su ve ısı yalıtımı doğru şekilde yapılmalıdır.

En uygun yalıtım uygulaması dıştan yapılan yalıtım uygulamasıdır. İçten ve sandviç duvar uygulamalarında oluşan ısı köprüleri dıştan yalıtım uygulamasında engellenebilmektedir. Isı köprüsü bölgelerinde sıcaklık artışı olmadığı ve yüzeylerde düzgün bir sıcaklık dağılımı olduğu görülmüştür. Dıştan yalıtım sayesinde istenilen konfor şartlarının en iyi şekilde sağlanması mümkündür.

Deneysel çalışmalar sırasında dış ortam sıcaklığının sabit tutulamamasından dolayı; çekimlerden elde edilen görüntü analizlerinde farklı durumlar ortaya çıkmıştır. Ani sıcaklık değişimleri analiz sonuçlarının değişmesine sebep olarak olması gereken değerlerden farklı sonuçlar elde edilmesine neden olmuştur. Ayrıca dıştan yalıtım uygulamasında kullanılan metal saplamaların yüksek ısı iletkenliğe sahip olması nedeniyle ısı köprüsü oluşturmaları, parlak yüzeylerinin ise az da olsa yansımaları neden olması deneysel hataların ortaya çıkmasına sebep olmuştur.

Sayısal çalışmalar sonrasında elde edilen sonuçlar da deneysel çalışmaları destekler niteliktedir. İçten, sandviç ve dıştan yalıtım uygulamalarından elde edilen deneysel sonuçların paralelinde sayısal sonuçlar elde edilmiştir. Deneysel çalışmaların olmazsa olmazı deneysel hatalar bu sayede en aza indirgenmiş ve elde edilen sonuçların doğrulundan emin olunmuştur. Deneysel çalışmada; güneş enerjisi, kar kaynaklı ışınım, rüzgâr ve yön etkisi, taban ve tavan kayıpları sayısal çalışmada

bulunmamaktadır. Bu durum sonuçlarda; sıcaklık değerleri elde edilmesine sebep olmuştur. Kolon ve kirişlerdeki ısı köprüleri sayısal çalışmada da belirgin olarak ortaya çıkan ısı kayıpları olmuştur. Dıştan yalıtımda; içten ve sandviç duvar yalıtımına göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Isı yalıtımı konusunda bilincin istenilen seviyede olmadığı ülkemizde; yalıtım uygulamaları sırasında bina enerji performansını önemli ölçüde etkileyecek ciddi hatalar da yapılmaktadır. Isı yalıtımı uygulamalarının uzman ekipler tarafından yapılması, amaca ve standartlara uygun kalitede malzeme ve donanımların kullanılması bu sorunlar giderilebilecektir. Uygun maliyetle en yüksek enerji tasarrufu sağlanması amaçlanmalıdır. Her bölge için TS 825 'te belirtilen yalıtım kalınlığına bağlı kalınmalı, bu konuda yetki sahibi mühendislerden uygulama öncesi onay alınmalıdır.

Ülke ekonomisi, çevre kirliliği, insan ve bina sağlığı, yapı ömrü ve konforlu yaşam standartları gibi birçok önemli sorunu etkileyen ısı yalıtımı; bireysel ve toplumsal bir zorunluluktur. Enerjinin bilinçli şekilde tüketilmesi, enerji tasarrufuna yönelik çalışmalar yapılması ve binalarda ısı yalıtımının önemi ve gerekliliği konusunda yeterli bilincin toplumun her kesimine aşılması gerekmektedir. Yapılan bu çalışma; enerjinin verimli kullanılması ve binalarda ısı yalıtımı konusunda toplum bilincinin oluşmasında ve eksik bilgilerin giderilmesi açısından önemli bir yere sahiptir. Elde edilen sonuçların yazılı ve görsel basın kuruluşları aracılığıyla kamuoyuyla paylaşılması toplum bilinci oluşumuna önemli katkı sağlayacaktır. Toplumun her kesimine hitap eden bu ve benzeri çalışmalar; maddi, manevi, akademik ve toplumsal açıdan desteklenmelidir.

Gelecek çalışmalarda; deneysel hatalardan ortaya çıkan yanlışlıkların edinilen tecrübeler ışığında giderilmesi, duvar katmanlarında ara yüzey sıcaklıkları ölçülerek yoğuşma analizleri yapılması, taban yalıtımındaki eksikliklerin ortadan kaldırılarak termal kamera çekimlerin tekrar yapılması, pencerelerde kullanılan farklı özelliklerdeki camların ayrıntılı olarak tekrar çekimlerinin yapılması, binanın enerji ihtiyacının tamamının fotovoltaik panellerle karşılanması projenin ikinci aşamasında yapılması planlanmaktadır.

KAYNAKLAR

- Ağra, Ö., Emanet, Ö., Kürekci, N. A. (2009). İstanbul'daki Konutlar İçin Optimum Yalıtım Kalınlığının Belirlenmesi, TMMOB Tesisat Mühendisliği Dergisi, Ocak 2009, sayı 109, 21–27.
- Aksoy, U.T., Bektaş, B. (2006). Dış Duvarlarda Isı Yalıtımı ve Enerji Tasarrufu, İzolasyon Dünyası Dergisi, Sayı 58, 63–66.
- Altınışik, K. (2006). Isı Yalıtımı, Nobel Yayın Dağıtım, No. 954, Teknik Yayınlar Dizisi: 79, Ankara.
- Aşkadar, M.A. (2006). Isı Yalıtımı ve Konutlarda Enerji Verimliliği, İzolasyon Dünyası, 55. sayı, 54–58.
- Aytaç, A., Aksoy, U.T. (2006). Enerji Tasarrufu için Dış Duvarlarda Optimum Yalıtım Kalınlığı ve Isıtma Maliyeti İlişkisi, Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 21, No 4, 753–758.
- Balo, F., Uçar, A. (2009). Konutların Dış Duvar ve Çatısında Kullanılan Yalıtım Malzemelerin Optimum Kalınlığının Tespiti, 17. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, 24–27 Haziran 2009, Sivas.
- Balo, F., Uçar, A. (2009). Sivas İli için Optimum Yalıtım Kalınlığının Hesaplanması, 17. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, 24–27 Haziran 2009, Sivas.
- Berkmen, G. (2001). Dış Cephe Yalıtım Sistemleri ve Uygulama Prensipleri, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Yalıtım Kongresi 23-24-25 Mart 2001, Eskişehir.
- Bolattürk, A. (2006). Determination of Optimum Insulation Thickness for Building Walls with Respect to Various Fuels and Climate Zones in Turkey, Applied Thermal Engineering, volume 26, 1301–1309.
- Buyruk, E., Fertelli, A., Can, A., Karabulut, K., Kılınç, F., Erdabak, M. (2011). Thermographic Survey Of Different Buildings In Sivas - Turkey, 21st International Symposium on Heating, Refrigerating and Air Conditioning Conference, Zagreb, 2011.
- Buyruk, E., Karabulut, K., ve Can, A. (2011). Numerical Research of Heat Transfer for Thermal Bridges Formed By Different Geometries With Beams, 21st International Symposium on Heating, Refrigerating and Air Conditioning Conference, Zagreb, 8-28, 2011.
- Buyruk, E., Kılınç, F., Fertelli, A., Aksoy, M. (2011). Application of Different Insulation Materials for Cold Climate Regions, 21st International Symposium on Heating, Refrigerating and Air Conditioning Conference, Zagreb, 37–45, 2011.
- Çay, Y. (2011). Farklı Yapı Malzemeleri Kullanımında Isı Yalıtım Kalınlığının Enerji Tasarrufuna Etkileri, Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt: 8, No: 1, 47–56.

- Çomaklı, K., Yüksel, B. (2004). Environmental Impact of Thermal Insulation Thickness in Buildings, Applied Thermal Engineering, Volume 24, 933–940.
- Çomaklı, K., Bakırcı, K., Erdoğan, S., Şahin, B. (2005). Enerji, Çevre, Sağlık ve Güvenlik Açısından Yalıtım, Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı: 89, 65–70.
- Çomaklı, K., Yüksel, B. (2003). Optimum Insulation Thickness of External Walls for Energy Saving, Applied Thermal Engineering, volume 23, 473–479.
- Erdabak, M. (2011). Binalarda Isı Yalıtımındaki Eksikliklerin Enerji Tasarrufuna Olan Etkilerinin Uygulamalı Olarak Araştırılması, Cumhuriyet Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Gölcü, M., Dombaycı, Ö. A., Abalı, S. (2006). Denizli İçin Optimum Yalıtım Kalınlığının Enerji Tasarrufuna Etkisi Ve Sonuçları, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 21, No 4, 639–644.
- Gündem (2005), Yaşanabilir Çevre için Yalıtım, İzocam Diyalog.
- Isı Yalıtımı, Başlıca Isı Yalıtım Malzemeleri, www.yalitim.com.
- İzoder (2011). Bina ve Tesisatta Isı Yalıtımı, Isı Yalıtımı Genel Teknik Şartnamesi, www.izoder.org.tr.
- İzoder (2011). Isı Yalıtımı, Genel Bilgiler, www.izoder.org.tr.
- Karabulut, K. (2010). Yapı Elemanlarındaki Isı Kayıplarının Sayısal Olarak İncelenmesi, Cumhuriyet Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Karabulut K., Buyruk E., Fertelli A., Numerical Investigation of Heat Transfer for Thermal Bridges Taking Into Consideration Location of Thermal Insulation with Different Geometries, Strojarstvo 51, 431-439, 2009.
- Karakoç, H. (1997). Enerji Ekonomisi, Demirdöküm Teknik Yayınları.
- Kaynaklı, Ö. (2008). A Study on Residential Heating Energy Requirement and Optimum Insulation Thickness, Renewable Energy, volume 33, 1164–1172.
- Kaynaklı, Ö., Yamankaradeniz, R. (2007). Isıtma Süreci ve Optimum Yalıtım Kalınlığı Hesabı, VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, 187–195.
- On Soruda Isı Yalıtımı, www.izoder.org.tr.
- Özbalta, T. G., Özbalta, N. (2004). Dış Duvarlarda Saydam Yalıtım Uygulamasının Isıtma Enerjisine Katkısı, Turkish Society of HVAC & Sanitary Engineers, VI. International Hvac+R Technology Symposium, İstanbul.

- Özel, M. (2008). Bina Dış Duvarlarının Optimum Yalıtım Kalınlıkları İçin Dinamik Yaklaşım Ve Maliyet Analizi, Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 23, No 4, 879–884.
- Özel, M. Pıhtılı, K. (2007). Duvar Yönünün Yalıtım Kalınlığına Etkisi, Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 22, No 1, 95–101.
- Özel, M., Duranay, M. (2005). Farklı Yönlerde Bakan Bina Duvarlarında Duvar Kalınlığı ile Yalıtım Kalınlığı Arasındaki İlişkinin Isıl Yük Seviyesi Açısından İncelenmesi, Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 17 (1), 181–189.
- Özel, M., Pıhtılı, K. (2005). Bina Duvarlarına Uygulanan Yalıtımın Farklı Konumlarının Isı Kazanç Ve Kayıplarına Olan Etkisinin Araştırılması, DEÜ Mühendislik Fakültesi, Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt:7, Sayı:1, 87–97.
- Öztuna, S., Dereli, E. (2009). Edirne İlinde Optimum Duvar Yalıtım Kalınlığının Enerji Tasarrufuna Etkisi, Trakya Univ. J. Sci., 10(2), 139–147.
- Rubacı, E. (2006). Konutlarda Enerji Tasarrufu, İzolasyon Dünyası, Sayı 58, 54–55.
- Saint-Gobain Weber Yapı Kim. San. ve Tic. A.Ş., <http://www.weber.com.tr>
- Sezer, F. Ş. (2005). Türkiye’de Isı Yalıtımının Gelişimi ve Konutlarda Uygulanan Dış Duvar Isı Yalıtım Sistemleri, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 10, Sayı 2.
- Sipahioğlu, Ö. (2009). Isı Yalıtım Uygulamalarında Uyulması Gereken Temel Prensipler, İzolasyon Dünyası Dergisi, Sayı 77, 70–71.
- TS 825 (1999). Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, Mecburi Standart Tebliği, Ankara.
- Uçar, A., Balo, F. (2009). Effect of Fuel Type on The Optimum Thickness of Selected Insulation Materials for The Four Different Climatic Regions of Turkey, Applied Energy, volume 86, 730–736.
- Yalçın H., Koç T. (1995). Korozyon ve Katodik Koruma, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel bilgiler

Adı Soyadı	Ferhat KILINÇ
Doğum Yeri ve Tarihi	Zara, 10/07/1982
Medeni Hali	Evli
Yabancı Dil	İngilizce
İletişim Adresi	Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 58140-Sivas
E-posta Adresi	fkilinc@cumhuriyet.edu.tr

Eğitim ve Akademik Durumu

Lise	Özel Sultan Murat Lisesi, 2000
Lisans	Çukurova Üniversitesi, 2005
Yüksek Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi, 2008-

İş Tecrübesi

Sistem Mühendislik	Proje Mühendisi, 2005-2007
Teknotip Doğalgaz	Yetkili Mühendis, 2006-2007
Cumhuriyet Üniversitesi	Araştırma görevlisi, 2008-

Ödüller, Teşvikler ve Üyelikler

TMMOB	Makine Mühendisleri Odası Üyesi
-------	---------------------------------

EK-1

Isı kaybı TS 825 ' e uygun olarak hesaplanması

ISI KAYBI HESABI ÇİZELGESİ												Sayfa		Kat		Tarih		
Tesisin Adı : Sivas , Dış ortam (-18 °C)																		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
YAPI BİLEŞENİ				ALAN HESABI				ISI KAYBI HESABI				ARTIRIMLAR						
İşaret	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik Genişlik	Toplam Alan	Miktar	Çıkarılan Alan	Hesaba Giren Alan	Isı geçiş katsayısı	Sıcaklık farkı	Artırmsız ısı kaybı	Birleşik Zam	Yükseklik Zam	Yön Zam	Toplam	Toplam ısı ihtiyacı		
								A									U	ΔT
		cm	m	m	m^2	tane	m^2	m^2	$W/m^2 K$	$^{\circ}K$	W	%	%	%	I+%	W		
ODA 02 (20 °C) Güney Sandviç																		
ÇCP	G	-	0,77	1,05	0,81	1		0,81	1,9	38	58,37					TASYUNU		
Ki	G	20	1,55	0,40	0,62	1		0,62	3,282	38	77,32							
DD1	G	-	1,55	2,80	4,34	1	1,43	2,91	0,544	38	60,19							
ÇCP	G	-	0,77	1,05	0,81	1		0,81	1,9	38	58,37					CrEPS		
Ki	G	20	1,55	0,40	0,62	1		0,62	3,282	38	77,32							
DD2	G		1,55	2,80	4,34	1	1,43	2,91	0,444	38	49,12							
Ko	G	30	0,40	2,80	1,12	1		1,12	2,839	38	120,83							
Artırmsız Isı Kaybı $Q_o =$											501,53	7	0	-5	1,02	511,56		
Enfiltrasyon Isı Kaybı					$Q_s = 1/3.6 \Sigma a.l.R.H.\Delta T.Ze =$					0						0,0		
Toplam Isı Kaybı Q_T																	511,6	
ODA 02 (20 °C) Batı İçten																		
ÇCP	B	-	1,05	1,10	1,16	0,5		0,58	2,8	38	61,45					İÇTEN 5		
Ki	B	20	1,40	0,40	0,56	1		0,56	0,577	38	12,28							
DD1	B	-	1,40	2,80	3,92	1	1,14	2,78	0,485	38	51,28							
Ko	B	40	0,30	2,80	0,84	1		0,84	2,501	38	79,83							
ÇCP	B	-	1,05	1,10	1,16	0,5		0,58	2,8	38	61,45					İÇTEN 3		
Ki	B	20	1,40	0,40	0,56	1		0,56	0,861	38	18,32							
DD2	B	-	1,40	2,80	3,92	1	1,14	2,78	0,672	38	71,05							
Ko	B	40	0,30	2,80	0,84	1		0,84	0,796	38	25,41							
Artırmsız Isı Kaybı $Q_o =$											381,07	7	0	0	1,07	407,74		
Enfiltrasyon Isı Kaybı					$Q_h = 1/3.6 \Sigma a.l.R.H.\Delta T.Ze =$					0						0,0		
Toplam Isı Kaybı Q_T																	407,7	
ODA 02 (20 °C) Kuzey Sandviç																		
ÇCP	K	-	1,01	1,09	1,10	0,5		0,55	1,5	38	31,38					2+2+2 EPS		
Ki	K	20	1,55	0,40	0,62	1		0,62	0,691	38	16,28							
DD1	K	-	1,55	2,80	4,34	1	1,17	3,17	0,435	38	52,39							
Ko	K	30	0,40	2,80	1,12	1		1,12	0,562	38	23,92							
ÇCP	K	-	1,01	1,09	1,10	0,5		0,55	1,5	38	31,38					3+3 EPS		
Ki	K	20	1,55	0,40	0,62	1		0,62	0,861	38	20,29							
DD2	K	-	1,55	2,80	4,34	1	1,17	3,17	0,435	38	52,39							
Ko	K	40	0,20	2,80	0,56	1		0,56	0,827	38	17,60							
Artırmsız Isı Kaybı $Q_o =$											245,62	7	0	5	1,12	275,09		
Enfiltrasyon Isı Kaybı ODA 02					$Q_h = 1/3.6 \Sigma a.l.R.H.\Delta T.Ze =$					0,28		24,36		0,9		2,43		674,8
Toplam Isı Kaybı Q_T																	949,9	

KOMBİ ODASI 02 (20 °C)																
Ko	G	30	0,40	2,80	1,12	1		1,12	0,495	38	21,07			G Tuğla		
Ki	G	20	1,60	0,40	0,64	1		0,64	0,507	38	12,33					
DD1	G	-	2,00	2,80	5,60	1	1,76	3,84	0,435	38	63,48					
Ko	K	30	0,40	2,80	1,12	1		1,12	0,495	38	21,07			K Tuğla		
Ki	K	20	1,60	0,40	0,64	1		0,64	0,507	38	12,33					
DD1	K	-	2,00	2,80	5,60	1	1,76	3,84	0,435	38	63,48					
Ko	D	30	0,30	2,80	0,84	2		1,68	0,484	38	30,90			Kapı Tarafı		
Ki	D	20	2,80	0,40	1,12	1		1,12	0,507	38	21,58					
DK	D	-	1,20	2,20	2,64	1		2,64	5,5	38	551,76					
DD1	D	-	2,80	2,80	7,84	1	3,76	4,08	0,435	38	67,44					
Artırmsız Isı Kaybı $Q_o =$											865,42	7	0	0	1,07	926,00
Enfiltrasyon Isı					$Q_h = 1/3.6 \text{ n.p.c.p.} \Delta T.V =$			0,28	0,33	1,4	1,005	38	19		90,0	
Enfiltrasyon Isı					$Q_h = 1/3.6 \Sigma a.l.R.H.\Delta T.Ze =$			0,28	13,6	0,9	2,43	38	1		314,0	
Toplam Isı Kaybı															1329,9	

ODA 01 (20 °C) Güney Bims																
ÇCP	G	-	0,79	0,99	0,78	1		0,78	1,5	38	44,58			Yltm Bims		
Ki	G	20	1,30	0,40	0,52	1		0,52	0,507	38	10,02					
DD1	G	-	1,30	2,80	3,64	1	1,30	2,34	0,348	38	30,92					
ÇCP	G	-	0,79	0,99	0,78	1		0,78	1,7	38	50,52			Bims		
Ki	G	20	1,30	0,40	0,52	1		0,52	3,282	38	64,85					
DD2	G	-	1,30	2,80	3,64	1	1,30	2,34	0,827	38	73,47					
Ko	G	30	0,40	2,80	1,12	1		1,12	2,839	38	120,83					
Artırmsız Isı Kaybı $Q_o =$											395,19	7	0	-5	1,02	403,09
Enfiltrasyon Isı					$Q_h = 1/3.6 \Sigma a.l.R.H.\Delta T.Ze =$			0,28	11,08	0,9	2,43	38	1		255,8	
Toplam Isı Kaybı															658,9	

ODA 01 (20 °C) Kuzey Montaj Duvar 5cmEPS																
Ki	K	20	2,60	0,40	1,04	1		1,04	0,577	38	22,80					
DD	K	-	2,60	2,80	7,28	1	1,04	6,24	0,485	38	115,00					
Ko	K	30	0,20	2,80	0,56	1		0,56	0,562	38	11,96					
Artırmsız Isı Kaybı $Q_o =$											149,77	7	0	5	1,12	167,74
Enfiltrasyon Isı					$Q_h = 1/3.6 \Sigma a.l.R.H.\Delta T.Ze =$			0			0,0					
Toplam Isı Kaybı															167,7	

TAVAN VE DÖŞEME (20 °C)																
Dö	-	8,50	3,40	28,90	1		28,90	0,485	28	392,46						
Ta	-	8,50	3,40	28,90	1		28,90	0,293	22	186,29						
Artırmsız Isı Kaybı $Q_o =$											578,75	7	0	0	1,07	619,26
Enfiltrasyon Isı					$Q_h = 1/3.6 \Sigma a.l.R.H.\Delta T.Ze =$			0			0,0					
Toplam Isı Kaybı															619,3	

ODA 02 (20 oC) Güney Sandviç	511,6	W
ODA 02 (20 oC) Batı İçten	407,7	W
ODA 02 (20 oC) Kuzey Sandviç	949,9	W
KOMBİ ODASI 02 (20 oC)	1329,9	W
ODA 01 (20 oC) Güney Bims	658,9	W
ODA 01 (20 oC) Kuzey Montaj Duvar 5cmEPS	167,7	W
TAVAN VE DÖŞEME (20 oC)	619,3	W
GENEL TOPLAM	4645,0	W

EK-2

İzoder TS 825 Hesap Programı Sonuçları



Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H = H_T + H_V$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K, °C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)			
OCAK	106,47	24,4	2.598	135	16	151	0,06	1,00	6.343.319
ŞUBAT		23,7	2.523		22	157	0,06	1,00	6.134.587
MART		18,7	1.991		31	166	0,08	1,00	4.731.408
NISAN		11,1	1.182		40	175	0,15	1,00	2.610.706
MAYIS		6,2	660		47	182	0,28	0,97	1.254.305
HAZİRAN		1,7	181		50	185	1,02	0,62	172.385
TEMMUZ		0,0	0		49	184	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		44	179	0,00	0,00	0
EYLÜL		2,5	266		34	169	0,63	0,80	340.265
EKİM		8,7	926		24	159	0,17	1,00	1.989.850
KASIM		15,9	1.693		16	151	0,09	1,00	3.997.572
ARALIK		21,8	2.321		13	148	0,06	1,00	5.633.572
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t(J)$ $1 \text{ kJ} = 0,278 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}$							$Q_{yil} = \sum Q_{ay} = 33.208.146$		
Toplam ısı kaybı $Q_{yil} = 0,278 \times 10^{-3} \times 33.208.146 \text{ (kJ)} = 9.232 \text{ kWh}$									
İç ısı Kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)}$									
Güneş enerjisi kazancı $\phi_{g,ay} = \sum \tau_{i,ay} \times g_{i,ay} \times l_{i,ay} \times A_i$									
Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$									
Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$									
$A_{toplam} = 138,9 \text{ m}^2$									
$V_{brüt} = 84,14 \text{ m}^3$									
<i>Hesaplama yapılan binadaki birim hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi</i>									
$Q = Q_{yil} / V_{brüt} = 109,90 \text{ kWh/m}^3$ $A_n = 0,52 \times V_{brüt} = 26,92 \text{ m}^2$									
$A_{top} / V_{brüt} = 1,65$ oranı 4. bölge için EKA .1' den alınan $Q' = A/V > 1,05 \rightarrow = 44,1$ formülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 44,10 \text{ kWh/m}^3$ bulunur.									
$Q > Q' (109,90 > 44,10)$ olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerin üstündedir. Buproje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygun değildir.									

Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
	d(m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	A _U (W/K)
DUVAR.Dış Havaya Açık Kolor1.1	1/ α_1 Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130		
	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	0,87	0,023		
	10.3.1.1.1 (*) Polistiren - Partiküler Köpük -	0,05	0,03	1,667		
	5.1.1 (*) Donatılı	0,3	2,1	0,143		
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,021		
	1/ α_d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM			2,024	0,494	1,12	0,55
DUVAR.Dış Havaya Açık GTugla	1/ α_1 Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130		
	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	0,87	0,023		
	10.3.1.1.1 (*) Polistiren - Partiküler Köpük -	0,05	0,03	1,667		
	7.1.5.5 Yatay delikli tuğlalarla yapılan	0,19	0,45	0,422		
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,021		
	1/ α_d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM			2,303	0,434	3,84	1,67
DUVAR.Dış Havaya Açık GBims1	1/ α_1 Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130		
	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	0,87	0,023		
	10.3.1.1.1 (*) Polistiren - Partiküler Köpük -	0,05	0,03	1,667		
	5.3.3.6 Yanlız doğal bims kullanılarak ve	0,19	0,19	1,000		
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,021		
	1/ α_d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM			2,881	0,347	3,12	1,08
DUVAR.Dış Havaya Açık GBims2	1/ α_1 Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130		
	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	0,87	0,023		
	5.3.3.6 Yanlız doğal bims kullanılarak ve	0,19	0,19	1,000		
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,021		
	1/ α_d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
	TOPLAM			1,214	0,823	3,12
DUVAR.Dış Havaya Açık Kolor2	1/ α_1 Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130		
	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	0,87	0,023		
	5.1.1 (*) Donatılı	0,3	2,1	0,143		
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,021		
	1/ α_d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
	TOPLAM			,357	2,799	1,12
DUVAR.Dış Havaya Açık GTuglaSanTsyn	1/ α_1 Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130		
	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	0,87	0,023		
	7.1.5.5 Yatay delikli tuğlalarla yapılan	0,085	0,45	0,189		
	10.5.2 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,05	0,04	1,250		
	7.1.5.5 Yatay delikli tuğlalarla yapılan	0,085	0,45	0,189		
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,021		
1/ α_d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM			1,842	0,543	3,72	2,02
DUVAR.Dış Havaya Açık GTuglaSanCeps	1/ α_1 Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130		
	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	0,87	0,023		
	7.1.5.5 Yatay delikli tuğlalarla yapılan	0,085	0,45	0,189		

Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
	d(m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	A _U (W/K)
	10.3.1.1.1 (*) Polistiren - Partiküler Köpük -	0,05	0,03	1,667		
	7.1.5.5 Yatay delikli tuğlalarla yapılan	0,085	0,45	0,189		
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,021		
	1/α _d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM			2,259	0,443	3,72	1,65
DUVAR.Dış Havaya Açık Kolon3	1/α _i Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130		
	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	0,87	0,023		
	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,03	0,035	0,857		
	5.1.1 (*) Donatılı	0,3	2,1	0,143		
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,021		
	1/α _d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM			1,214	0,823	1,96	1,61
DUVAR.Dış Havaya Açık BTuğlaic5	1/α _i Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130		
	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	0,87	0,023		
	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,05	0,035	1,429		
	7.1.5.5 Yatay delikli tuğlalarla yapılan	0,19	0,45	0,422		
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,021		
	1/α _d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM			2,065	0,484	3,36	1,63
DUVAR.Dış Havaya Açık BTuğlaic3	1/α _i Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130		
	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	0,87	0,023		
	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,03	0,035	0,857		
	7.1.5.5 Yatay delikli tuğlalarla yapılan	0,19	0,45	0,422		
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,021		
	1/α _d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM			1,494	0,669	3,36	2,25
DUVAR.Dış Havaya Açık Kolon4.1	1/α _i Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130		
	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	0,87	0,023		
	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,03	0,035	0,857		
	5.1.1 (*) Donatılı	0,4	2,1	0,190		
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,021		
	1/α _d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM			1,262	0,792	,84	0,67
DUVAR.Dış Havaya Açık Kolon4.2	1/α _i Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130		
	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	0,87	0,023		
	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,03	0,035	0,857		
	5.1.1 (*) Donatılı	0,3	2,1	0,143		
	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,02	0,035	0,571		
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,021		
1/α _d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM			1,786	0,560	1,12	0,63
DUVAR.Dış Havaya Açık KTuglaSan222	1/α _i Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130		
	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	0,87	0,023		
	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,02	0,035	0,571		

Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
		d(m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	AxU (W/K)
	7.1.5.5 Yatay delikli tuğlalarla yapılan	0,085	0,45	0,189			
	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,02	0,035	0,571			
	7.1.5.5 Yatay delikli tuğlalarla yapılan	0,085	0,45	0,189			
	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,02	0,035	0,571			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,021			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				2,306	0,434	3,72	1,61
DUVAR:Dış Havaya Açık KTuglaSan33	$1/\alpha_i$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,130			
	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	0,87	0,023			
	7.1.5.5 Yatay delikli tuğlalarla yapılan	0,085	0,45	0,189			
	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,03	0,035	0,857			
	7.1.5.5 Yatay delikli tuğlalarla yapılan	0,085	0,45	0,189			
	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,03	0,035	0,857			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,021			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				2,306	0,434	3,72	1,61
DUVAR:Dış Havaya Açık Kolor5.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,130			
	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	0,87	0,023			
	5.1.1 (*) Donatılı	0,3	2,1	0,143			
	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,03	0,035	0,857			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,021			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				1,214	0,823	,56	0,46
DUVAR:Dış Havaya Açık Kolor5.2eps3	$1/\alpha_i$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,130			
	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	0,87	0,023			
	5.1.1 (*) Donatılı	0,3	2,1	0,143			
	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,03	0,035	0,857			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,021			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				1,214	0,823	,56	0,46
DUVAR:Dış Havaya Açık GTuglaeps3	$1/\alpha_i$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,130			
	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	0,87	0,023			
	7.1.5.5 Yatay delikli tuğlalarla yapılan	0,19	0,45	0,422			
	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,03	0,035	0,857			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,021			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				1,494	0,669	6,24	4,18
DUVAR:Dış Havaya Açık KTuglaeps	$1/\alpha_i$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,130			
	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	0,87	0,023			
	7.1.5.5 Yatay delikli tuğlalarla yapılan	0,19	0,45	0,422			
	10.3.1.1.1 (*) Polistiren - Partiküler Köpük -	0,05	0,03	1,667			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,021			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				2,303	0,434	3,84	1,67

Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
	d(m)	λ (W/mK)	R (m ² /W)	U (m ² /K/W)	A (m ²)	A \cdot U (W/K)
DUVAR:Dış Havaya Açık Kolon6.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130		
	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	0,87	0,023		
	5.1.1 (*) Donatılı	0,3	2,1	0,143		
	10.3.1.1.1 (*) Polistiren - Partiküler Köpük -	0,05	0,03	1,667		
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,021		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM			2,024	0,494	1,12	0,55
DUVAR:Dış Havaya Açık Kolon6.2	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130		
	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	0,87	0,023		
	5.1.1 (*) Donatılı	0,4	2,1	0,190		
	10.3.1.1.1 (*) Polistiren - Partiküler Köpük -	0,05	0,03	1,667		
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,021		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM			2,072	0,483	,84	0,41
DUVAR:Dış Havaya Açık DTugla	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130		
	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	0,87	0,023		
	7.1.5.5 Yatay delikli tuğlalarla yapılan	0,19	0,45	0,422		
	10.3.1.1.1 (*) Polistiren - Partiküler Köpük -	0,05	0,03	1,667		
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,021		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM			2,303	0,434	4,08	1,77
DUVAR:Dış Havaya Açık Kolon1.2	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130		
	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	0,87	0,023		
	5.1.1 (*) Donatılı	0,4	2,1	0,190		
	10.3.1.1.1 (*) Polistiren - Partiküler Köpük -	0,05	0,03	1,667		
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,021		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM			2,072	0,483	,84	0,41
DUVAR:Dış Havaya Açık GKİrs1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130		
	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	0,87	0,023		
	5.1.1 (*) Donatılı	0,2	2,1	0,095		
	10.3.1.1.1 (*) Polistiren - Partiküler Köpük -	0,05	0,03	1,667		
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,021		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM			1,976	0,506	1,32	0,67
DUVAR:Dış Havaya Açık GKİrs1.2	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130		
	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	0,87	0,023		
	5.1.1 (*) Donatılı	0,2	2,1	0,095		
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,021		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM			,310	3,229	,52	1,68
DUVAR:Dış Havaya Açık GKİrs1.3	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130		
	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	0,87	0,023		
	5.1.1 (*) Donatılı	0,2	2,1	0,095		

Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

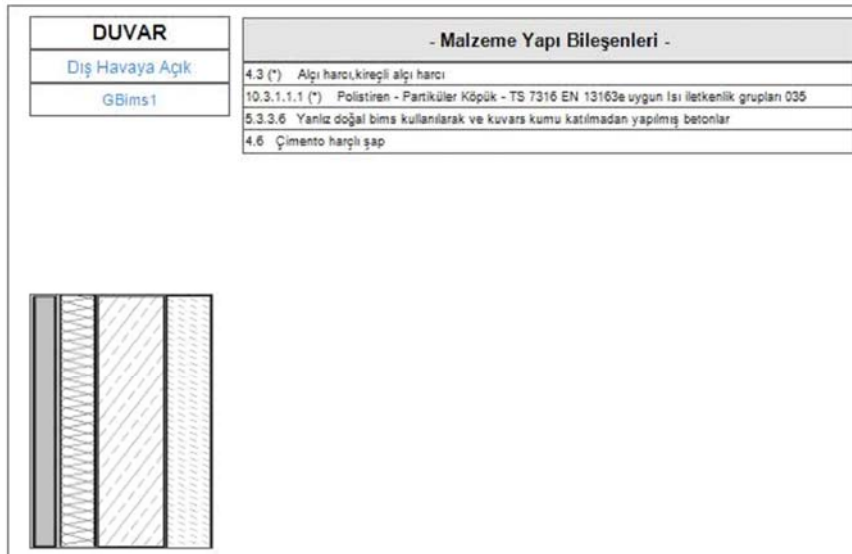
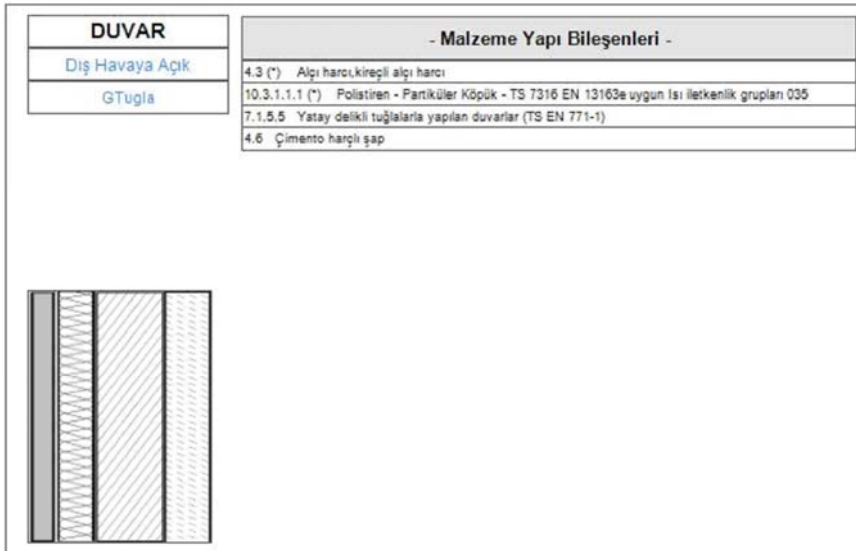
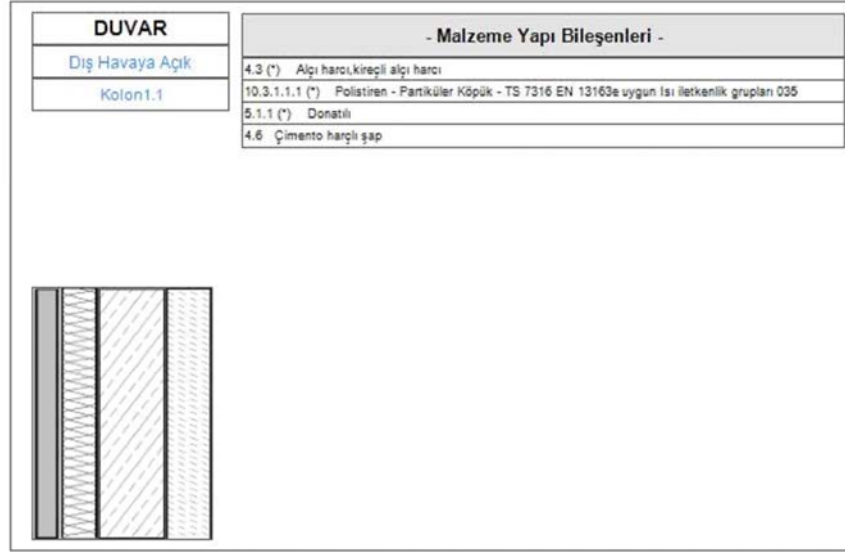
Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı	
	d(m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	AxU (W/K)	
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,021			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				,310	3,229	1,24	4,00
DUVAR.Dış Havaya Açık BKİrs1.1	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	0,87	0,023			
	5.1.1 (*) Donatılı	0,2	2,1	0,095			
	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,03	0,035	0,857			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,021			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				1,167	0,857	,56	0,48
DUVAR.Dış Havaya Açık BKİrs1.2	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	0,87	0,023			
	5.1.1 (*) Donatılı	0,2	2,1	0,095			
	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,05	0,035	1,429			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,021			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				1,738	0,575	,56	0,32
DUVAR.Dış Havaya Açık KKİrs1.1	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	0,87	0,023			
	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,02	0,035	0,571			
	5.1.1 (*) Donatılı	0,2	2,1	0,095			
	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,02	0,035	0,571			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,021			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				1,453	0,688	,62	0,43
DUVAR.Dış Havaya Açık KKİrs1.2	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	0,87	0,023			
	5.1.1 (*) Donatılı	0,2	2,1	0,095			
	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,03	0,035	0,857			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,021			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				1,167	0,857	,62	0,53
DUVAR.Dış Havaya Açık KKİrs1.3	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	0,87	0,023			
	5.1.1 (*) Donatılı	0,2	2,1	0,095			
	10.3.1.1.1 (*) Polistiren - Partiküler Köpük -	0,05	0,03	1,667			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,021			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				1,976	0,506	,64	0,32
DUVAR.Dış Havaya Açık KKİrs1.4	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	0,87	0,023			
	5.1.1 (*) Donatılı	0,2	2,1	0,095			
	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,03	0,035	0,857			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,021			

Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

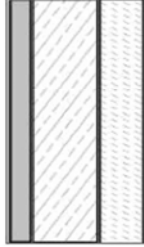
Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
	d(m)	λ (W/mK)	R (m ² /W)	U (m ² /K/W)	A (m ²)	A _U (W/K)
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)		0,040			
TOPLAM			1,167	0,857	1,04	0,89
DUVAR:Dış Havaya Açık DKiris1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)		0,130			
	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	0,87	0,023		
	5.1.1 (*) Donatılı	0,2	2,1	0,095		
	10.3.1.1.1 (*) Polistiren - Partiküler Köpük -	0,05	0,03	1,667		
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,021		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)		0,040			
TOPLAM			1,976	0,506	1,12	0,57
DUVAR:İsiltimayen İç Döduvar	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)		0,130			
	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	0,87	0,023		
	7.1.5.5 Yatay delikli tuğlalarla yapılan	0,085	0,45	0,189		
	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	0,87	0,023		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)		0,130			
TOPLAM			0,5 x A x U	495	2,021	5,95
TAVAN:Çatılı Tavan1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)		0,130			
	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	0,87	0,023		
	10.3.2.1.1 (*) Ekstrüde polistren köpüğü -	0,05	0,028	1,786		
	5.1.1 (*) Donatılı	0,3	2,1	0,143		
	10.5.2 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,05	0,04	1,250		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)		0,080			
TOPLAM			0,8 x A x U	3,412	0,293	30,35
TABAN:Toprak Temaslı Taban1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)		0,170			
	1.1 Kristal yapılı puskurük ve metamorfik	0,05	2,3	0,022		
	10.3.2.1.1 (*) Ekstrüde polistren köpüğü -	0,05	0,028	1,786		
	4.6 Çimento harçlı şap	0,1	1,4	0,071		
	5.1.2 Donatısız	0,1	1,65	0,061		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)		0,000			
TOPLAM			0,5 x A x U	2,109	0,474	30,35
Dış Pencere1				1,9	0,8	1,52
Dış Pencere2				1,9	0,8	1,52
Dış Pencere3				1,9	0,8	1,52
Dış Pencere4				1,9	0,8	1,52
Dış Pencere5				2,8	1,15	3,22
Dış Pencere6				1,9	1,1	2,09
Dış Kapı1				5,5	2,64	14,52
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =						88,7
$\Sigma AU = U_{DAD} + U_{pAp} + U_{kAk} + 0,8 U_{TAT} + 0,5 U_{tAt} + U_{dAd} + \dots$			İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ;			
$\Sigma AU =$ 88,7			$H_T = \Sigma AU + I_{UI}$			
Özgül ısı kaybı ; $H = H_T + H_v$			Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı			
			$H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h =$ 17,77 W/K			
$H = H_i + H_h = \dots\dots\dots$ 106,47 W/K						

(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

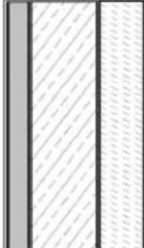
İzoder TS 825 Hesap Programı Kesit Görüntüleri



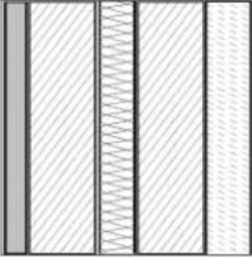
DUVAR	- Malzeme Yapı Bileşenleri -
Dış Havaya Açık	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı
GBims2	5.3.3.6 Yanlız doğal bims kullanılarak ve kuvars kumu katılmadan yapılmış betonlar
	4.6 Çimento harçlı şap



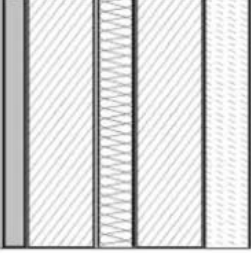
DUVAR	- Malzeme Yapı Bileşenleri -
Dış Havaya Açık	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı
Kolon2	5.1.1 (*) Donatılı
	4.6 Çimento harçlı şap



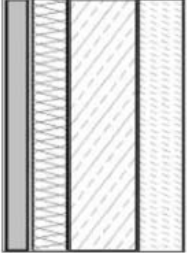
DUVAR	- Malzeme Yapı Bileşenleri -
Dış Havaya Açık	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı
GTuglaSanTsyn	7.1.5.5 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar (TS EN 771-1)
	10.3.2 Mineral ve organik ısı yalıtım malzemeleri (Cam yünü, taş yünü vb.) TS 901 EN 13162 10) e
	7.1.5.5 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar (TS EN 771-1)
	4.6 Çimento harçlı şap



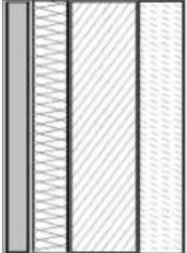
DUVAR	- Malzeme Yapı Bileşenleri -
Dış Havaya Açık	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı
GTuğlaSanCeps	7.1.5.5 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar (TS EN 771-1)
	10.3.1.1.1 (*) Polistiren - Partiküler Köpük - TS 7316 EN 13163e uygun ısı iletkenlik grupları 035
	7.1.5.5 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar (TS EN 771-1)
	4.6 Çimento harçlı şap

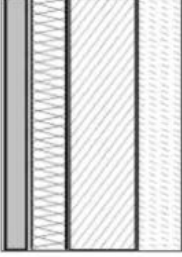


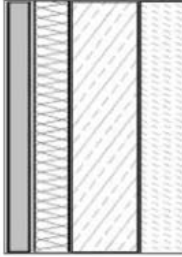
DUVAR	- Malzeme Yapı Bileşenleri -
Dış Havaya Açık	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı
Kolon3	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS 7316 EN 13163e uygun ısı iletkenlik grupları 035
	5.1.1 (*) Donatılı
	4.6 Çimento harçlı şap

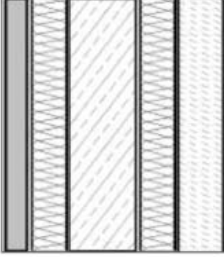


DUVAR	- Malzeme Yapı Bileşenleri -
Dış Havaya Açık	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı
BTuğlalıC5	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS 7316 EN 13163e uygun ısı iletkenlik grupları 035
	7.1.5.5 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar (TS EN 771-1)
	4.6 Çimento harçlı şap

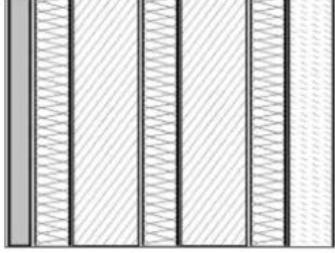


DUVAR	- Malzeme Yapı Bileşenleri -
Dış Havaya Açık	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı
BTuğlacı3	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS 7316 EN 13163e uygun ısı iletkenlik grupları 035
	7.1.5.5 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar (TS EN 771-1)
	4.6 Çimento harçlı şap
	

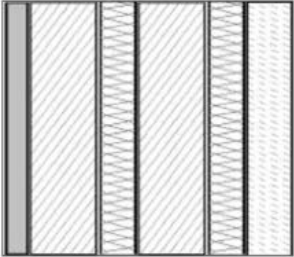
DUVAR	- Malzeme Yapı Bileşenleri -
Dış Havaya Açık	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı
Kolon4.1	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS 7316 EN 13163e uygun ısı iletkenlik grupları 035
	5.1.1 (*) Donatılı
	4.6 Çimento harçlı şap
	

DUVAR	- Malzeme Yapı Bileşenleri -
Dış Havaya Açık	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı
Kolon4.2	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS 7316 EN 13163e uygun ısı iletkenlik grupları 035
	5.1.1 (*) Donatılı
	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS 7316 EN 13163e uygun ısı iletkenlik grupları 035
	4.6 Çimento harçlı şap
	

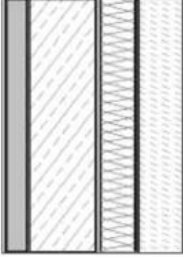
DUVAR	- Malzeme Yapı Bileşenleri -
Dış Havaya Açık	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı
KTuğlaSan222	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS 7316 EN 13163e uygun ısı iletkenlik grupları 035
	7.1.5.5 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar (TS EN 771-1)
	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS 7316 EN 13163e uygun ısı iletkenlik grupları 035
	7.1.5.5 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar (TS EN 771-1)
	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS 7316 EN 13163e uygun ısı iletkenlik grupları 035
	4.6 Çimento harçlı şap

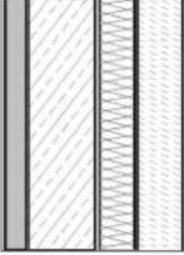


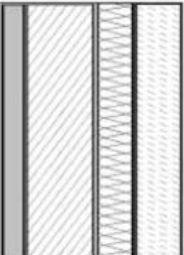
DUVAR	- Malzeme Yapı Bileşenleri -
Dış Havaya Açık	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı
KTuğlaSan33	7.1.5.5 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar (TS EN 771-1)
	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS 7316 EN 13163e uygun ısı iletkenlik grupları 035
	7.1.5.5 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar (TS EN 771-1)
	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS 7316 EN 13163e uygun ısı iletkenlik grupları 035
	4.6 Çimento harçlı şap

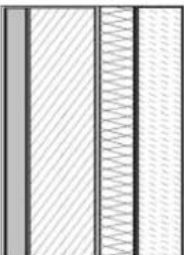


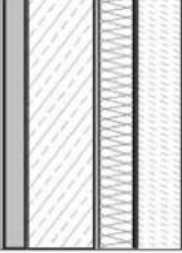
DUVAR	- Malzeme Yapı Bileşenleri -
Dış Havaya Açık	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı
Kolon5.1	5.1.1 (*) Donatılı
	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS 7316 EN 13163e uygun ısı iletkenlik grupları 035
	4.6 Çimento harçlı şap

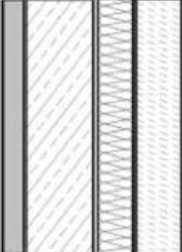


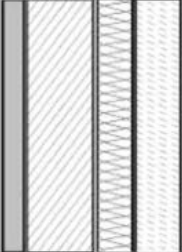
DUVAR	- Malzeme Yapı Bileşenleri -
Dış Havaya Açık	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı
Kolon5.2eps3	5.1.1 (*) Donatılı
	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS 7316 EN 13163e uygun ısı iletkenlik grupları 035
	4.6 Çimento harçlı şap
	

DUVAR	- Malzeme Yapı Bileşenleri -
Dış Havaya Açık	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı
GTuglaeps3	7.1.5.5 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar (TS EN 771-1)
	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS 7316 EN 13163e uygun ısı iletkenlik grupları 035
	4.6 Çimento harçlı şap
	

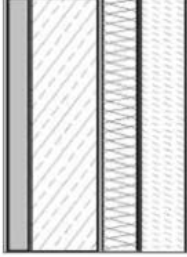
DUVAR	- Malzeme Yapı Bileşenleri -
Dış Havaya Açık	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı
KTuglaceps	7.1.5.5 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar (TS EN 771-1)
	10.3.1.1.1 (*) Polistiren - Partiküler Köpük - TS 7316 EN 13163e uygun ısı iletkenlik grupları 035
	4.6 Çimento harçlı şap
	

DUVAR	- Malzeme Yapı Bileşenleri -
Dış Havaya Açık	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı
Kolon6.1	5.1.1 (*) Donatılı
	10.3.1.1.1 (*) Polistiren - Partiküler Köpük - TS 7316 EN 13163e uygun ısı iletkenlik grupları 035
	4.6 Çimento harçlı şap
	

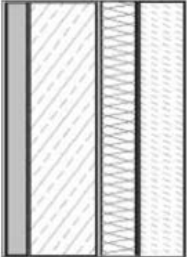
DUVAR	- Malzeme Yapı Bileşenleri -
Dış Havaya Açık	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı
Kolon6.2	5.1.1 (*) Donatılı
	10.3.1.1.1 (*) Polistiren - Partiküler Köpük - TS 7316 EN 13163e uygun ısı iletkenlik grupları 035
	4.6 Çimento harçlı şap
	

DUVAR	- Malzeme Yapı Bileşenleri -
Dış Havaya Açık	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı
DTugla	7.1.5.5 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar (TS EN 771-1)
	10.3.1.1.1 (*) Polistiren - Partiküler Köpük - TS 7316 EN 13163e uygun ısı iletkenlik grupları 035
	4.6 Çimento harçlı şap
	

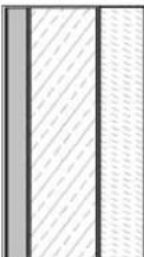
DUVAR	- Malzeme Yapı Bileşenleri -
Dış Havaya Açık	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı
Kolon1.2	5.1.1 (*) Donatılı
	10.3.1.1.1 (*) Polistiren - Partiküler Köpük - TS 7316 EN 13163e uygun ısı iletkenlik grupları 035
	4.6 Çimento harçlı şap



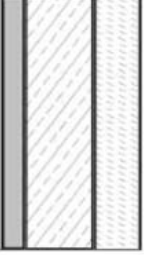
DUVAR	- Malzeme Yapı Bileşenleri -
Dış Havaya Açık	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı
GKiris1.1	5.1.1 (*) Donatılı
	10.3.1.1.1 (*) Polistiren - Partiküler Köpük - TS 7316 EN 13163e uygun ısı iletkenlik grupları 035
	4.6 Çimento harçlı şap



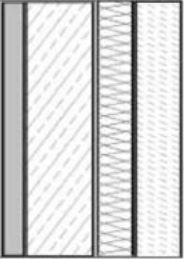
DUVAR	- Malzeme Yapı Bileşenleri -
Dış Havaya Açık	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı
GKiris1.2	5.1.1 (*) Donatılı
	4.6 Çimento harçlı şap



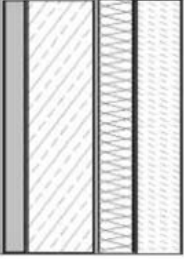
DUVAR	- Malzeme Yapı Bileşenleri -
Dış Havaya Açık	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı
GKiris1.3	5.1.1 (*) Donatılı
	4.6 Çimento harçlı şap



DUVAR	- Malzeme Yapı Bileşenleri -
Dış Havaya Açık	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı
BKiris1.1	5.1.1 (*) Donatılı
	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS 7316 EN 13163e uygun Isı İletkenlik grupları 035
	4.6 Çimento harçlı şap



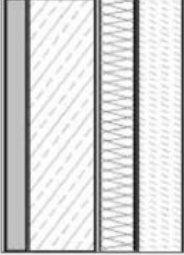
DUVAR	- Malzeme Yapı Bileşenleri -
Dış Havaya Açık	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı
BKiris1.2	5.1.1 (*) Donatılı
	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS 7316 EN 13163e uygun Isı İletkenlik grupları 035
	4.6 Çimento harçlı şap

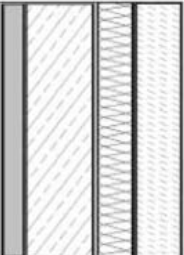


DUVAR	- Malzeme Yapı Bileşenleri -
Dış Havaya Açık	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı
KKGrİs1.1	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS 7316 EN 13163e uygun ısı iletkenlik grupları 035
	5.1.1 (*) Donatılı
	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS 7316 EN 13163e uygun ısı iletkenlik grupları 035
	4.6 Çimento harçlı şap

DUVAR	- Malzeme Yapı Bileşenleri -
Dış Havaya Açık	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı
KKGrİs1.2	5.1.1 (*) Donatılı
	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS 7316 EN 13163e uygun ısı iletkenlik grupları 035
	4.6 Çimento harçlı şap

DUVAR	- Malzeme Yapı Bileşenleri -
Dış Havaya Açık	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı
KKGrİs1.3	5.1.1 (*) Donatılı
	10.3.1.1.1 (*) Polistiren - Partiküler Köpük - TS 7316 EN 13163e uygun ısı iletkenlik grupları 035
	4.6 Çimento harçlı şap

DUVAR	- Malzeme Yapı Bileşenleri -
Dış Havaya Açık	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı
KKrist1.4	5.1.1 (*) Donatılı
	10.3.1.1.1 Polistiren - Partiküler Köpük - TS 7316 EN 13163e uygun ısı iletkenlik grupları 035
	4.6 Çimento harçlı şap
	

DUVAR	- Malzeme Yapı Bileşenleri -
Dış Havaya Açık	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı
DKrist1.1	5.1.1 (*) Donatılı
	10.3.1.1.1 (*) Polistiren - Partiküler Köpük - TS 7316 EN 13163e uygun ısı iletkenlik grupları 035
	4.6 Çimento harçlı şap
	

DUVAR	- Malzeme Yapı Bileşenleri -
İst. İç Ortam	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı
Dicduvar	7.1.5.5 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar (TS EN 771-1)
	4.3 (*) Alçı harcı,kireçli alçı harcı
