

T.C.  
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SANAYİ YAPILARINDA ISI,  
SES VE YANGIN YALITIMININ İNCELENMESİ

SALİH EMRE

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MALATYA  
Haziran 2010

Tezin Başlığı: Sanayi yapılarında ısı, ses ve yangın yalıtımının incelenmesi

Tezi Hazırlayan: Salih EMRE

Sınav Tarihi:

Yukarıda adı geçen tez jürimizce değerlendirilerek Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Sınav jürisi üyeleri

Prof. Dr. Suat CANBAZOĞLU

Yrd. Doç. Dr. İ. Gökhan AKSOY

Yrd. Doç. Dr. Muttalip şAHİNASLAN

İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

Prof. Dr. Asım KÜNKÜL  
Enstitü Müdürü

## **ONUR SÖZÜ**

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Sanayi Yapılarında Isı, Ses ve Yangın Yalıtımının incelenmesi” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığını ve yararlandığım bütün kaynakların, hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Salih EMRE  
Makine Mühendisi

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZ

#### SANAYİ YAPILARINDA ISI, SES VE YANGIN YALITIMININ İNCELENMESİ

Salih Emre

İnönü Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı

111 + x sayfa

Danışman: Yrd. Doç. Dr. İ. Gökhan Aksoy

Bu çalışmada, Malatya ilinde bir sanayi yapısı ısı yalıtımı, yangın güvenliği ve gürültü kontrolü yönünden incelenmiştir. Ülkemiz enerji bakımından dışa bağımlıdır. Enerjisinin büyük bölümünü ithal etmektedir. Toplam enerjinin % 80' lik miktarını ise ısıtmada harcamaktadır. Bundan dolayı ısı yalıtımı zorunlu olmaktadır. Hesaplamalarda, yapının yalıtılmış ve yalıtılmamış durumlarının TS 825' e uygunluğu araştırılmıştır. Değişik yalıtım malzeme ve kalınlıkları için binanın yıllık ısıtma enerjisi bulunmuştur. Ayrıca, optimum yalıtım kalınlığı ve maliyet analizi yapılmıştır.

Yangın, özellikle sanayi yapılarında çok önemli bir olgudur. Yangının çıkmasını önlemek, mevcut yangının yayılmasını engellemek, yangından en az hasarla kurtulmak ve en önemlisi yangın durumunda insanların güvenli bir şekilde tahliyesini sağlamak yangın yalıtımının amaçlarındandır. Örnek sanayi yapısı yangın güvenliği yönünden incelenmiş, alınması gerekli öneriler bahsedilmiştir.

Endüstriyel gürültü kontrolü, gürültünün çalışanlar üzerindeki etkilerinin azaltılması ve bina çevresindeki gürültü kirliliğinin azaltılması yönünden önemlidir. Bu amaçla, örnek yapıda ses yalıtım konuları incelenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Isı yalıtımı, yangın yalıtımı, ses yalıtımı

## **ABSTRACT**

Master Thesis

### **THE INVESTIGATION OF INSULATION OF HEAT, NOISE AND FIRE IN INDUSTRIAL BUILDINGS**

İnönü University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Mechanical Engineering

111 + x pages

Supervisor: Assistant Prof. Dr. İ. Gökhan Aksoy

In this study, the thermal insulation, fire safety and noise control of an industrial building in Malatya province were investigated. Turkey is dependent on foreign countries on account of energy, the largest portion of energy being imported. Given that 80 % of the total energy is consumed in heating, the heat insulation is of profound importance. In calculations, the structure has been investigated for uninsulated and insulated cases to comply with TS 825. The annual heating energy was found for different insulation materials and insulation thickness. In addition, the optimum insulation thickness and cost analysis were carried out.

Fire, especially in the industrial structure is a very important case. To prevent fire, its spread, to have the possible least damage and most importantly to evacuate people safely in case of fire are the objectives of fire insulation. Sample industrial building is examined in terms of fire safety and advice should be taken are mentioned.

Industrial noise control is important to reduce the effects of noise on the workers and the building environment noise pollution. For this purpose, sample industrial building is examined regarding its sound insulation subjects.

**Key words:** Heat insulation, fire insulation, noise insulation

## **TEŞEKKÜR**

Bu tezin hazırlanmasında her türlü yardımı desteğini esirgemeyen tez danışmanım değerli hocam sayın Yrd. Doç. Dr. İ. Gökhan AKSOY' a, tez düzeni hususunda yapıcı eleştirilerinden dolayı kıymetli hocam sayın Yrd. Doç. Dr. Muttalip ŞAHİNASLAN' a, ve yüksek lisans programına başlamama ve bitirmeme vesile olan, Bölüm Başkanımız sayın Prof. Dr. Suat CANBAZOĞLU' na teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim hayatımın her noktasında bana inanılmaz destek olan Anne ve Babama özellikle teşekkür ederim. Ayrıca, Yüksek Lisans çalışması boyunca bana desteğini hiç esirgemeyen eşime ve çocuklarıma teşekkür ederim.

Salih EMRE  
Makine Mühendisi

# İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>iii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iv</b>
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>ÇİZELGELER LİSTESİ</b> .....	<b>x</b>
<b>SİMGELER LİSTESİ</b> .....	<b>xi</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
2.1. Isı Yalıtımı .....	4
2.1.1. Isı Yalıtımının Tanımı .....	4
2.1.2. Isı Yalıtımının Önemi .....	5
2.1.3. Isı Kavramının Tanımı.....	10
2.1.4. Binalarda Isı Yalıtımı .....	12
a) Duvarlar .....	13
b) Pencereleler .....	14
c) Tavan ve Döşemeler .....	14
2.1.5. Yalıtım Uygulamaları .....	16
a) Duvar yalıtımı .....	16
b) Kolon yalıtımı. ....	20
c) Sandviç duvarların yalıtımı.....	22
d) Döşemelerin yalıtımı.....	23
e) Zemine oturan döşemeler .....	23
f) Isıtılmayan hacimler .....	25
g) Çatı yalıtımı .....	26
h) Teras çatılar .....	27
i) Sanayi çatılarında yalıtım.....	28
l) Pencerelelerin yalıtımı .....	31
2.1.6. Isı Yalıtım Malzemeleri.....	32
2.1.7. Isı Yalıtım Malzemelerinde Aranan Özellikler.....	32
2.1.8. Malzemeler.....	33
a) Camyünü.....	33
b) Taşyünü .....	34
c) Extrüde polistren köpük .....	35
d) Expande polistren köpük.....	36
e) Odun talaşlı levhalar.....	37
f) Fenol köpüğü.....	37
g) Mantar levhalar .....	37

h) Poliüretan.....	38
i) Cam köpüğü.....	38
2.2. Yangın Yalıtımı.....	40
2.2.1. Yangın ve Yanma Fonksiyonu.....	40
2.2.2. Yangın Evreleri.....	41
2.2.3. Yangın Sırasında Ortaya Çıkan Etkiler.....	44
2.2.4. Mevzuatlar.....	46
2.2.5. Yangın Yalıtımı.....	47
2.2.6. Aktif ve Pasif Önlemler.....	48
2.2.7. Yapı Malzemelerinin Yangın Sınıfları.....	49
2.2.8. Yapı Elemanlarının Yangın Dayanıklılık Sınıfları.....	49
2.2.9. Binaların Sınıflandırılması.....	50
2.2.10. Sanayi Yapılarında Yangın Yalıtımı.....	51
2.2.11. Sanayide Pasif Yangın Yalıtımı.....	51
a) Taşıyıcı sistemlerin yalıtımı.....	51
b) Yangının yayılmaması için duvarlar ve bölmeler.....	53
c) Kaçış yolları.....	54
d) Duman kontrolü.....	56
2.2.12. Sanayide Aktif Yangın Yalıtımı.....	57
a) Erken uyarı.....	57
b) Yapı dışı yangın koruma tesisatı.....	57
c) Yangın söndürme sistemleri.....	58
2.3. Ses Yalıtımı.....	61
2.3.1. Ses.....	61
2.3.2. Sesin iletimi.....	62
a) Hava doğuşumlu ses iletimi.....	62
b) Darbe kaynaklı ses iletimi.....	62
2.3.4. Sesin Yayılması.....	63
2.3.5. Açık Ortamda Sesin Yayılması.....	63
2.3.6. Kapalı Ortamda Sesin Yayılması.....	63
a) Sesin yansımaları.....	63
b) sesin yutulması.....	63
c) Sesin yayılması.....	64
d) Sesin kırılması.....	64
e) Sesin yankıma süresi.....	64
2.3.7. Gürültü Kontrolü.....	65
2.3.7 Akustik Düzenleme.....	66
2.3.8. Ses Yalıtımı.....	67
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>68</b>

<b>4.ARAŞTIRMA BULGULARI.....</b>	<b>69</b>
4.1. Isı Yalıtım Uygulamaları .....	69
4.1.1. Binaya Ait Bilgiler .....	69
4.1.2. Yapı Elemanları.....	69
4.1.3. İklim Şartları .....	69
4.1.4. Isı Yalıtım Hesapları.....	70
a) Bina ölçüleri.....	70
b) Yalıtım malzemeleri.....	70
c) Yapı bileşenlerinin detay çözümleri.....	73
d) Isı yalıtım programı İZODER TS 825 .....	74
4.1.5. Hesaplamalar .....	74
a) Yıllık ısıtma enerjisi .....	74
b) Isı geçirgenlik katsayıları .....	76
c) Optimum yalıtım kalınlığı ve maliyet hesabı .....	78
4.2. Yangın Yalıtım Uygulamaları.....	85
4.2.1. Yangın Koruma Yöntemleri.....	85
a) Kişisel önlemler .....	85
b) Aktif yangın durdurma sistemleri .....	85
c) Pasif koruyucu sistemler .....	86
4.2.2. Pasif Önlemler .....	86
a) İmar durumu ve bina yerleşimi .....	86
b) Taşıyıcı sistemlerin korunumu .....	86
c) Kaçış yolları ve acil çıkışlar.....	89
4.2.3. Aktif Önlemler .....	90
4.3. Ses Yalıtımı.....	95
4.3.1. Gürültü Sınır Değerleri .....	95
4.3.2. Dış Gürültü Düzeyi.....	97
4.3.3. Hacimde Kabul Edilebilir Gürültü Düzeyi .....	97
4.3.4. Yapı Elemanlarında Sağlanması gereken Ses Geçiş Kaybı.....	97
4.3.5. Ses Yalıtımı Nasıl Yapılır .....	98
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>100</b>
5.1. Isı Yalıtımı .....	100
5.2. Yangın Yalıtımı.....	104
5.3. Ses Yalıtımı.....	106
<b>6. KAYNAKLAR .....</b>	<b>108</b>
<b>7. ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>111</b>

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Enerji tüketiminin sektörel dağılımı.....	6
Şekil 2.2 Gazların sera etkisine etkinlik yüzdeleri.....	9
Şekil 2.3 Binalardaki ısı kaybı.....	13
Şekil 2.4 Dıştan yalıtımlı duvar .....	17
Şekil 2.5 Dıştan yalıtımlı bir duvarın yalıtım detayının perspektif görünümü.....	18
Şekil 2.6 İçten yalıtım .....	19
Şekil 2.7 İçten yalıtılmış bir dış duvarın yalıtımına ait perspektif görünümü .....	20
Şekil 2.8 Kolon ve beton perde duvarları yalıtımı.....	21
Şekil 2.9 Sandviç duvarların yalıtımı.....	22
Şekil 2.10 Zemine oturan döşemelerin yalıtımı.....	24
Şekil 2.11 Isıtılmayan hacim üstü açık geçit üzeri döşemelerin yalıtımı.....	25
Şekil 2.12 Tavan arası döşeme üzerinde yapılan ısı yalıtımı .....	27
Şekil 2.13 Üzerinde gezilen teras çatılarda ısı yalıtımı.....	27
Şekil 2.14 Üzerinde gezilmeyen teras çatılarda ısı yalıtımı .....	28
Şekil 2.15 Isı yalıtımlı hazır sandviç çatı yalıtımı .....	29
Şekil 2.16 Yerinde montaj sandviç çatı ısı yalıtımı .....	30
Şekil 2.17 Düşük eğimli metal çatı yalıtımı .....	31
Şekil 2.18 Yanma ve yanma reaksiyonu .....	40
Şekil 2.19 Yangın üçgeni .....	41
Şekil 2.20 Standart zaman-sıcaklık eğrisi .....	43
Şekil 2.21 Taşıyıcı sistemlerin yalıtılması .....	52
Şekil 2.22 Taşıyıcı sistemlerin yalıtımı.....	53
Şekil 2.23 Özel bir ses merceği ve özel bir görüntüleme ile çıkan ses dalgasının görüntüsü .....	61
Şekil 2.24 Sesin akustik malzeme karşısındaki tutumu .....	62
Şekil 4.1 Zemin kat planı .....	71
Şekil 4.2 İdari bina 1.Kat planı.....	72
Şekil 4.3 Yan görüşler .....	72
Şekil 4.4 Vaziyet planı .....	87
Şekil 4.5 Yangına maruz kalmış metal trapez çatı.....	88
Şekil 4.6 Metal trapez çatının yangına katkısı.....	88
Şekil 4.7 Metal trapez çatının yangın karşısındaki durumu .....	89

Şekil 4.8 Yalıtımlı çatı panelleri .....	89
Şekil 4.9 Kaçış yolları .....	91
Şekil 4.10 Yangın dolaplarının gösterimi.....	94
Şekil 5.1 Yıllık ısıtma enerjisi hesap sayfası.....	102
Şekil 5.2 Isı iletim katsayısı hesap sayfası .....	103

## ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 2.1 Yakıtların kirleticilik değerleri.....	7
Çizelge 2.2 Avrupa'daki ısınma kaynaklı kirlenmeler .....	10
Çizelge 2.3 Isı yalıtım malzemelerinin teknik özellikleri .....	39
Çizelge 2.4 DIN 4102 standartlarına göre yapı malzemeleri .....	49
Çizelge 2.5 Kaçış yolları .....	55
Çizelge 2.6 Gürültünün sınıflandırması .....	66
Çizelge 4.1 İllere göre derece-gün bölgeleri .....	70
Çizelge 4.2 Bina ölçüleri .....	70
Çizelge 4.3 Bölgelere göre tavsiye edilen ısı geçirgenlik katsayıları .....	73
Çizelge 4.4 Dört farklı yalıtım ölçülendirmesi .....	73
Çizelge 4.5 İki farklı duvarın özellikleri .....	74
Çizelge 4.6 Taşyünü için hesaplanan ısıtma enerjisi .....	75
Çizelge 4.7 XPS için hesaplanan ısıtma enerjisi.....	75
Çizelge 4.8 İki farklı malzeme için hesaplanan ısıtma enerjisinin mukayesesi .....	76
Çizelge 4.9 1.Tip duvarda kullanılan taşyünü için ısı iletim katsayısının değişimi ..	76
Çizelge 4.10 2.Tip duvarda kullanılan taşyünü için ısı iletim katsayısının değişimi	77
Çizelge 4.11 1.Tip duvarda kullanılan XPS için ısı iletim katsayısının değişimi .....	77
Çizelge 4.12 2.Tip duvarda kullanılan XPS için ısı iletim katsayısının değişimi .....	78
Çizelge 4.13 Hesaplarda kullanılan duvar tiplerinin teknik özellikleri .....	80
Çizelge 4.14 Kullanılan yakıtın özellikleri.....	80
Çizelge 4.15 Hesaplarda kullanılan finansal parametreler .....	80
Çizelge 4.16 Yalıtım malzemelerinin özellikleri .....	81
Çizelge 4.17 XPS için optimum yalıtım kalınlığının DG sayısına göre değişimi .....	81
Çizelge 4.18 Taşyünü için optimum yalıtım kalınlığının DG sayısına göre değişimi .....	82
Çizelge 4.19 XPS için toplam maliyet ile yalıtım kalınlığının değişimi.....	82
Çizelge 4.20 Taşyünü için toplam maliyet ile yalıtım kalınlığının değişimi .....	83
Çizelge 4.21 XPS için maliyet değerleri ile yalıtım kalınlığının değişimi.....	83
Çizelge 4.22 Taşyünü için maliyet değerleri ile yalıtım kalınlığının değişimi .....	84
Çizelge 4.23 Yangın yönetmeliği orta tehlike kullanım alanları (EK 1/b) .....	92
Çizelge 4.24 Avrupa gürültü kontrol yönetmeliğine göre gürültü sınır değerleri .....	96
Çizelge 4.25 Endüstriyel tesisler için çevresel gürültü değerleri .....	97

## SİMGELER LİSTESİ

$R_{wt}$	Yalıtımsız duvarın ısı direnci ( $m^2K/W$ )
$k$	Isı iletim katsayısı ( $W/mK$ )
$DG$	Derece gün sayısı ( $^{\circ}C.gün$ )
$H_u$	Yakıtın alt ısı değeri ( $J/m^3$ )
$x_{opt}$	Optimum yalıtım kalınlığı (m-cm)
$C_f$	Yakıtın birim fiyatı ( $TL/m^3$ )
$C_{ins}$	Yalıtım malzemesinin birim fiyatı ( $TL/m^3$ )
$\eta$	Isıtma sisteminin verimi
$C_{t,ins}$	Yatılımın toplam maliyeti ( $TL/m^2$ )
$C_T$	Toplam ısıtma maliyeti ( $TL/m^2$ )
$C$	Yalıtılmamış binanın ısıtma maliyeti ( $TL/m^2$ )
$A_x$	Yıllık toplam maliyet farkı ( $TL/m^2$ )
$GÖ$	Geri ödeme süresi (yıl)
$Q$	Yıllık ısıtma enerjisi ( $kWh/m^3$ )
$U_{duvar}$	Isı geçirgenlik katsayısı ( $m^2K/W$ )
$L_{gündüz}$	Gündüz için gürültü sınır değerleri
$L_{akşam}$	Akşam için gürültü sınır değerleri
$L_{gece}$	Gece için gürültü sınır değerleri
$L_{eq}$	Ortalama gürültü sınır değerleri

## 1.GİRİŞ

Enerji kaynaklarının giderek tüketildiği günümüzde, enerji sarfiyatları gerek ekonomik gerekse ekolojik düzenin yıpranmasına sebep olmaktadır. Buna karşın konfor ve yaşam şartlarını sağlamaya çalıştığımız mekanlarda ihtiyaç duyulan enerji miktarı teknolojinin de gelişmesiyle büyük bir artış göstermektedir. Enerjiye duyulan ihtiyaç ve enerjinin elde edilmesi için ödenen bedeller düşünüldüğünde en az enerjiyle en fazla verim alınması gerektiği ortaya çıkar. Bu doğrultuda yapılabilecek en doğru seçim enerji tasarrufudur.

Yapıların yangın dayanımı özellikle yanıcı maddeler üreten veya bulunduran sanayi yapılarında büyük arz etmektedir. Bilindiği üzere 11 Eylül olayından sonra bu konu üzerindeki ilgi daha da artmış, yapıların tasarımında yangın güvenliği üzerinde önemle durulan bir konu haline gelmiştir.

Endüstriyel gelişim, daha çok enerji kullanımını, fazla enerji kullanımı da yangın riskini beraberinde getirmektedir. Dolayısıyla, binalarımız sürekli yangın tehdidi altındadır. Ne kadar önlem alınırsa alınsın, yangın çıkma olasılığı her bina için söz konusudur.

Ses yalıtımı, temel olarak gürültünün insan üzerinde oluşturacağı zararlı etkileri en aza indirmek için alınacak önlemleri kapsar. Gürültü, düzensiz yapılı, farklı frekans bileşenlerine sahip olan ve genellikle zamana göre, değişken olan istenmeyen ses topluluğudur. Kısaca rahatsız edici ses olarak tanımladığımız gürültü, günümüzde, kentleşmenin doğal bir sonucudur. Özellikle kentleşmenin plansız yürüdüğü bölgelerde, gürültü insan sağlığına ve konforuna zarar veren etkenler arasındadır. Çevredeki bir fabrikanın çıkardığı rahatsız edici sesler, havaalanı çevresindeki yerleşim bölgesinde duyulan şiddetli gürültü, satıcı sesleri, trafik sesleri, komşudan gelen konuşmalar insanlar tarafından farklı dozlarda gürültü olarak algılanarak, rahatsız edici olabilir.

Birçok akademisyen ısı, ses ve yangın yalıtımı üzerinde değişik çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmalara kısaca değinecek olursak;

İzocam [1,2] yalıtımın üç konusunda da detaylı ve uygulamaya yönelik teknik çalışmalar yapmıştır. Özellikle piyasada turuncu kitap olarak bilinen yalıtım konusu Türkiye’deki kaynak eserlerden biridir.

H.Akıncı [3] günümüzde uygulanan ısı yalıtım malzemeleri hakkında Sakarya Üniversitesinde bir yüksek lisans tezi hazırlanmıştır. Bu tezde, uygulama teknikleri, fiyat analizleri ve teknik özellikleri konusunda açıklayıcı bilgiler verilmiştir.

A.Özenç [4] Isı yalıtımı konusunda Edirne ilindeki uygulamaları ele alarak Trakya Üniversitesinde bir yüksek lisans tezi yayınlanmıştır.

A.O. Şen [5] Sakarya Üniversitesinde yaptığı çalışmada yalıtımın Dünya ve Türkiye’deki uygulamalarının karşılaştırmasını yapmıştır.

D.Reman [6] Hizmet yapılarında yalıtım başlığı altında, yalıtımın üç farklı konusunu da mercek altına almış ve bu yalıtım konularını kamu hizmet birimlerinde uygulamasını yapmıştır.

N.Candan [7] Özellikle ısı yalıtım sistemlerinin mukayesesi hususunda kapsamlı bir çalışmayı yayınlamıştır. Uygulanan malzeme ve sistemleri detaylı inceleyip, bu malzeme ve sistemlerin etrafı bir mukayesesi yapılmıştır.

G.Bayer [8] Örnek bir projede ısı yalıtım sistemlerini uygulayarak uygulamaya dair bir analiz yapmıştır. Yapılan analizde ısı yalıtım sistemleri hususunda seçim kriterleri oluşturulmuştur.

İzoder[9,10,11] Bünyesinde oluşturduğu komisyon tarafından hazırladıkları makalelerde, yangın, yangında temel kavramlar, yangın yalıtımı gibi konularda, özellikle kendi bünyelerinde çıkan izolasyon dünyası adındaki dergide yayınlanmıştır.

A.Zeybek [12] Yapılardaki temel taşıyıcı sistemlerden betonarme kolonların yangın koşulları altındaki tutumlarını inceleyip, bununla ilgili kontrolleri sistematik bir şekilde incelemiştir.

Makine Mühendisleri Odası [13] Yalıtımın temel konularını kapsayan bir yayın çıkartarak yalıtım konusuna dolaylı bir katkıdan bulunmuştur.

D.C.Sohroll [14] Sanayide yangından korunma hususunda kapsamlı bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada, yangına ait bilimsel konulara değinmiş. Ve bu konuların uygulamasına dair açıklamaları kitabına almıştır.

R.F Barron [15] Çalışmasında Ses ve Ses yalıtımının matematiksel alt yapısını incelemiş, bu konuların sanayideki uygulamalarına değinmiştir.

C.Hopkins [16] Sound Insulation adlı çalışmasında sesin temel kavramlarını tanımlamış, matematiksel çözümlerini yapmış ve pratik uygulamalarını incelemiştir.

F.Demirel, [17,18] yayınladıkları iki makalede yangının iki konusunda detaylı bilgi vermiştir. Çelik yapı bileşenlerinin yangın karşısındaki tutumunu inceleyip, alınması gereken önlemleri sıralamıştır. İkinci makalede kaçış yollarının analizini yapmıştır.

A.Kılıç [19] Yangın Güvenliği Dergisinde çelik taşıyıcıların yangın yalıtımı uygulamalarını incelemiştir.

M. Kılıç [20] Yangında aktif önlemler olarak bilinen söndürme sistemlerini, incelediği makalesini Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesinin hazırladığı dergide yayınlamıştır.

Ç.Güler ve Z.Çobanoğlu [21] Sağlık Bakanlığı için hazırladıkları Gürültü kitabında, ses ile ilgili açıklamalara detaylı yer vermiştir.

Ş. Sirel [22,23] Yapı akustiğine dair temel kavramları açıklamış, bu açıklamalar doğrultusunda uygulamaları da irdelemiştir.

Ö. Kaynaklı, R.Yamankaradeniz [24] Makalesinde optimum yalıtım kalınlığı hesabı yapmış, ayrıca toplam maliyete etkisini matematiksel olarak hesaplayarak bu konular hakkında gerekli açıklamalarda bulunmuşlardır.

A. Hasan [25] Optimum yalıtım kalınlığı hesaplarını, ömür maliyet analizini kullanarak yapmıştır. Ve bulguları Gazze’de bir binaya uygulamıştır.

Bu çalışmada, ısı, ses ve yangın yalıtımı ile ilgili genel bilgiler verilmiş, kullanılacak malzemeler tanıtılmış ve örnek bir sanayi yapısında uygulaması yapılmıştır. Ayrıca, bu hesapların maliyet analizi de irdelenmiştir.

## **2.KURAMSAL TEMELLER**

### **2.1.İsı Yalıtımı**

Dünyada sanayi devriminin başlamasıyla önüne geçilemez, kontrolsüz bir enerji tüketimi başlamıştır. Geçmiş senelerde yakıt maddeleri özellikle, odun kömür ve petrol çok ucuz idi. Bu bakımdan binalarda ısı izolasyonu yönünden hiçbir tedbir alınmaz, bina projelerinde çok geniş ve bazen döşemeye kadar inen pencerelere sık sık rastlanırdı.

Günümüzde ise enerji kaynaklarının tükenmeye ve ekolojik dengenin bozulmaya başlaması, dünya ülkelerini yeni tedbirler almaya mecbur bırakmıştır. Alınan bu tedbirlerin başında bina izolasyonu gelir [1].

İçinde yaşam faaliyetlerimizi sürdürdüğümüz konutlar, endüstri ve ulaşımdan sonra enerji tüketiminin en büyük oranda gerçekleştiği alanlardır. Konutlarda tüketilen enerji arazinin yapısı, iklimsel özellikleri, rakım ve yönlenmeye göre değişmektedir. Soğuk bölgelerdeki en büyük enerji tüketimi ısınma amacıyla yapılmaktadır. Isınma için kullanılan fosil yakıtlar, yanma sonucu çıkardığı zehirli duman gazları ile küresel ısınmayı arttırırken aynı zamanda beraberinde çevre kirliliğini de getirmektedir. Ülkemizde ısınma için kullandığımız, mevcut enerji kaynakları bugün için ihtiyacımızın küçük bir bölümünü karşılamaya yeterken, nüfus artışı ve yoğun kentleşme ile önümüzdeki yıllarda tükenecektir [1].

#### **2.1.1. Isı Yalıtımının Tanımı**

Dünya üzerindeki birinci enerji kaynaklarının hızla tükenmesi üzerine gelişmiş ülkeler başta olmak üzere tüm ülkeler enerji ihtiyaçlarını kontrol altına alma ve enerjiiyi etkin kullanma yöntemleri geliştirmişlerdir. Ülkemizde de; başta sanayi ve konut sektörlerinde olmak üzere, enerji tüketimleri her geçen yıl artmaktadır. Konutlarda kullanılan enerjinin büyük bir kısmı ısıtma ve soğutma amaçlı olarak tüketilmektedir. Söz konusu bu enerjinin; etkin kullanılması, ısı yalıtımı ile sağlanabilir. Bina zarfı, binanın iç ortamını dış ortamdan ayıran yapı elemanlarını kapsar. Duvarlar, pencereler, kapılar, döşeme, tavan ve çatı, bina zarfını oluşturur. Genel olarak; farklı sıcaklıktaki iki

ortam (dış hava-yaşanan mahaller) arasındaki ısı geçişini azaltmak için yapılan işlemlere **ısı yalıtımı** denir [2].

Yapılarda ısı yalıtımı, enerji tasarrufu sağlamak, hava kirliliğini azaltmak, rahat ve konforlu yaşam ortamlarının sağlanması ve ısı kayıplarının yol açacağı olumsuz fiziksel sorunların yaşanmaması için yapılması gereken bir uygulamadır. Binalarda ısı kayıplarının olması gereken düzeyleri yönetmeliklerle (TS 825, Bayındırlık Bakanlığı Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği) belirlenmiş ve bu düzeylere uymak yasal bir zorunluluk sayılmıştır. Yapıların kalın boyutlu ve ağır malzemelerden, narin-ince boyutlu hafif malzemelere geçişiyle birlikte, sağladığı birçok yararların yanında yapı fiziği ve ısı yalıtımı konularında daha dikkatli davranmak gereğini ortaya getirmiştir. Binanın ısı yalıtımı; yapının gerek kışın gerekse yazın maruz kalacağı dış şartları güvenle karşılayabilecek şekilde düşünülmelidir. Binanın ısı etkilerine karşı yalıtılmasında amaç; yapının zararlı boyutlarda ısı hareketleri ve buhar yoğunlaşması sonucu zaman içinde görülen yapı hasarlarının (don hasarı, nem hasarı, küflenme, bozulma, demir aksamının çürümesi-korozyonu vs) ortaya çıkmasını önlemektir. Bir başka deyişle ısı yalıtımının amacı; yapının bakım masraflarını sınırlı düzeyde tutmak, kışın ısıtma, yazın soğutma enerjisinden tasarruf sağlayarak aile ve ulusal ekonomimize katkıda bulunmaktır. Bu nedenle ısı yalıtımında, ulusal ekonomi ve çevre ilişkisinin ortaya konulması ve rasyonel çözümlere varılabilmesi için ekonomi, fizik, kimya, makine, inşaat, mimarlık vb. bilim dalları bir eşgüdüm içerisinde bulunmalıdır [3].

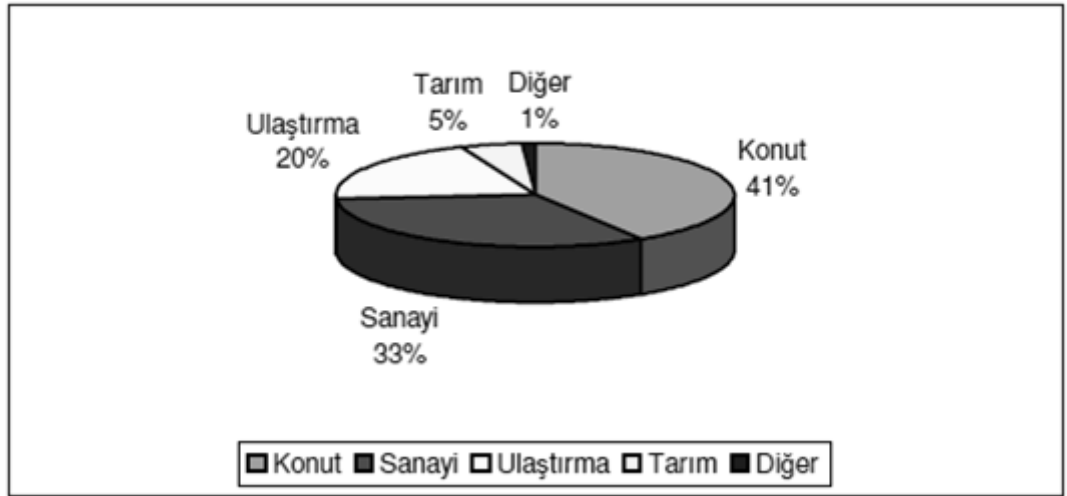
### **2.1.2. Isı Yalıtımının Önemi**

Günümüzde enerji sorunu göz önünde bulundurulduğunda, bina konforunun minimum enerji kullanarak sağlanması büyük bir önem taşımaktadır. Çünkü ülkemiz başta olmak üzere diğer ülkelerin enerji ihtiyaçları gelişen teknoloji ve sanayiye bağlı olarak gün geçtikçe artmakta ancak, enerji kaynaklarımız ve enerji üretimimiz azalmaktadır. Türkiye’de üretilen toplam enerjinin kullanım dağılımı aşağıdaki grafikte verilmiştir.

Şekil 2.1’de görüldüğü gibi enerji tüketimi sektörlerinin dağılımına bakıldığında % 40’ lık pay ile konut ve bina ısıtması ilk sırayı alır. Bu oranı % 33 pay ile sanayi sektörü izler. Isı yalıtımının, uygulandığı yerlere bağlı olarak, % 85 oranında enerji tasarrufu

sağlandığı tespit edilmiştir. Bina ısıtması ve sanayi sektörleri toplam % 74' lük enerji tüketimi payı ile ısı yalıtımı yaparak ülkeye en fazla enerji tasarrufunu sağlayabilirler.

Enerji tüketiminin en fazla olduğu bu iki alandan sağlanacak tasarruf kayda değer rakamlara tekabül eder. Yapılan birçok çalışmada, İstanbul ve Elazığ'da 10x12x2.6 m ölçülerinde müstakil ısıtmalı (fuel-oil), duvarlarında toplam 20 m<sup>2</sup> cam yüzey olan bir bina konu olarak seçilmiş, ısı yalıtımsız (mevcut) ve yalıtımlı durum sonuçları alınmıştır [3].



Şekil 2.1. Enerji Tüketiminin Sektörel Dağılımı

Isıtılan bir iç mekânda hava soğuk bölümlere doğru hareket etmektedir. Yalıtımsız ya da eksik yalıtımlı bir mekânın belirtildiği gibi yüzey sıcaklıkları düşük olmaktadır ve sıcak hava soğuk yüzeylere, pencerelere doğru hareket eder. Bu hareket sebebi ile mekân içerisinde hava akımı oluşur. Hava akımı konfor şartları açısından istenmeyen bir durumdur. Çözüm, ısı yalıtımı yapılarak duvar iç yüzey sıcaklığının artırılmasıdır. Bu sayede konfor koşullarını sağlamak çok kolay olacaktır [26].

Fosil esaslı ısınma amaçlı kullanılmakta olan enerji ihtiyacı öncelikli olarak petrol, kömür, doğal gaz gibi hidrokarbonların tüketilmesi ile karşılanmaktadır. Karbondioksit gazı ile beraber bölgesel asit yağmurlarının oluşmasına yol açan ve atmosferdeki miktarının artmasına sebep olan fosil yakıt tüketimi, ayrıca havaya atılan uçucu organik bileşik ve partiküler azoksit vb. emisyonlar atmosferi kirletmektedir. Doğal gazın

kirleticiliği (bir) olarak almak üzere diğer yakıtların kirleticilikleri izelge 2.1' de verilmektedir.

Çizelge 2.1.Yakıtların Kirleticilik Değeri

<b>Yakıtlar</b>	<b>Kirleticilik değeri</b>
Doğalgaz	1
Fuel-oil	1.45
Kömür	1.65
Linyit	5.07
Elektrik	3.2
Termik	5.1

Fosil yakıt tkretimini artarak devam etmesi doğanın kendi kendine temizleyebileceğinden daha fazla kirlenmesine sebep olmaktadır. Yılda yaklaşık 19 bin ton CO<sub>2</sub> gazı atmosfere karışmaktadır. Karbondioksit molekülleri ısıl ışınları (kıızıl ötesi ışınları) geçirmezler. Dolayısı ile atmosferdeki CO<sub>2</sub> miktarının artması yerkürenin soğumasını sağlayan ısıl ışınların tekrar yerküreye geri dönmesine sebep olur. Sera etkisi denen bu durum yeryüzeyinin sıcaklığının artmasına ve kutuplardaki buzulların erimeye başlamasına, iklim kuşaklarının değişmesine neden olmaktadır.

Hava kirliliğinin çevreye verdiği zararların dolaylı olarak canlıları etkilemesinden başka hava kirliliği direkt olarak da canlıların sağlığını tehdit etmektedir. Hava kirliliği insanlarda astım krizi, akciğer savunmasının zayıflamasına, solunum yollarında tahribata, dokularda bozulmalara neden olmakta, riskli grup oluşturan çocuklarda ise ileri yaşlarda kalp, astım, kronik bronşit, amfizemi hastalıkların görülmesine neden olmaktadır. Hava kirliliğine maruz kalan çocuklar ile normal şartlar altında yetişen çocuklar inceleyip kıyaslandığında, kirli ortamda büyüyen çocukların akciğer kapasitelerinin 14-18 ml. Daha düşük olduğu ve kışın doğan çocukların daha çok hastalandığı saptanmıştır. Sağlıklı büyüklerin ise ileri durumlarda kronik rahatsızlıklara yakalandığı, astımlı hastaların daha fazla etkilenerak astım krizine tutulmalarına, kalp rahatsızlıklarından kansere kadar çeşitli hastalıkların görülmesine neden olmaktadır. Solunum esnasında 10 mikrondan büyük parçalar burunda tutulmakta, 0.3-0.5 mikron

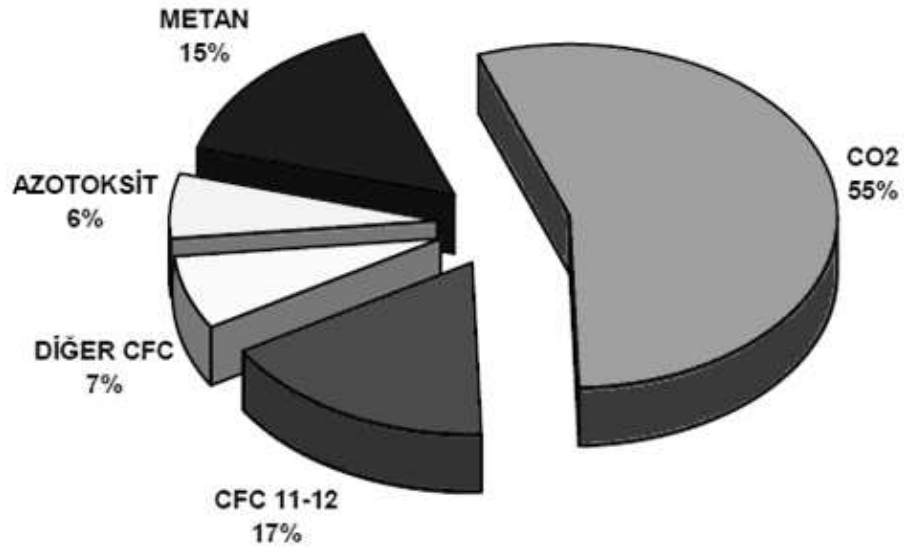
arasındaki parçalar solunum yollarına, daha küçükleri akciğerin derinliklerine inmektedirler. Hava kirliliğinin bu tehlikelerine karşı yapılacak 50 mm kalınlığındaki bir ısı izolasyon malzemesi binanın 50 yıllık ömrü boyunca her m<sup>2</sup> 1 ton CO<sub>2</sub>' in atık olmasına engel olacaktır [4].

Enerji tasarrufu ve verimliliği, iki önemli kavramı oluşturur. Enerji verimliliği, sürdürülebilir işler için daha az enerji kullanılması demektir. Enerji tasarrufu ise, enerji savurganlığının önlenmesi amacıyla üreticiler ve kullanıcılar tarafından alınan önlemlerdir. Enerji verimliliği ve enerji tasarrufu kavramları farklıdır: Bir odada yanan ampul sayısını azaltmak enerji tasarrufu ise (ki bu konfor koşullarını değiştirir), aynı güçte daha verimli ışık kaynakları kullanmak enerji verimliliğidir (Bir ampulün ışık verimi % 15 civarındadır. Verimli ışık kaynaklarının ışık verimi ise %80-90 civarındadır). Elde edilen enerji korunmalıdır. Yapıların çoğunda, özellikle eski yapılarda ısı yalıtımı çok yetersizdir. Bu nedenle bu yapılarda kışın ısı kaybı, yazın ısı kazancı çok olur. Yapılarda ısı kaybını önlemek için, öncelikle dıştan veya içten yalıtım düşünülmeli, pencerelerde kalın perdeler ve çift cam kullanılmalıdır. Isıtıcılar, birkaç derece düşük sıcaklıkta çalıştırılarak enerji tasarrufu sağlanmalı ve sıcak su kazanlarında, suyun daha hızlı ısınması ve daha uzun süre sıcak kalması için yalıtım yapılmalıdır. Yapılarda tavan yalıtımı çatıdaki ısı kaybını azaltır. İç ve dış duvarlar arasında yalıtım malzemesi konularak ve kapı süngerini kullanılarak yapının ısı kaybı azaltılır. Verimli bir ısıtma sisteminin de kullanılması enerji tasarrufu sağlar. Bütün elektrik ve elektronik ev aletlerinde enerji verimlilik oranına dikkat edilmeli, enerji verimlilik oranı yüksek cihazlar tercih edilmelidir.

Enerji kullanımında verimliliğin artmasıyla giderler azaltılabilir. Enerji tasarrufunun, genel anlamda enerji verimliliğinin, çevre üzerinde önemli bir etkisi vardır. Çünkü; enerji verimliliği ile çevre birbirleriyle yakından ilişkilidir. Bu bağlamda, enerji verimliliğinin sağlanması ile küresel ısınmanın tehdidine en hızlı ve gider açısından en etkin karşı koyma sağlanmış olacaktır. Bir kuruluşta, enerji verimliliğinin artmasında ise, 'Enerji Yönetimi Sistemi'nin kurulması büyük önem taşır.

Japonya'da enerji kullanımında artış olmamasına rağmen yaşam kalitesinde sürekli bir iyileşme görülmektedir. Geri kazanılabilir maddelerin kullanımı ve enerji verimliliğinin artırılması (özellikle ısı yalıtımı) sayesinde çok fazla enerji tasarrufu yapılabilir [27].

Kömür, petrol gibi yakıtlar bir yandan gözle görülür biçimde hava kirliliğine yol açarken, diğer yandan da küresel ısınmaya ve buna bağlı olarak iklim değişikliklerine yol açmaktadır. Fosil yakıtlar yandığında, renksiz ve yanmayan bir gaz olan karbondioksit açığa çıkar. Genellikle atmosferin alt tabakası troposferde bulunan karbondioksit'in ekolojik denge açısından önemi büyüktür. Enerji tüketimindeki artış sonucu, atmosferdeki karbondioksit miktarı yıldan yıla artmaktadır. Bunun sonucunda, güneş ışınlarının yeryüzüne gidişi ve yansıma ile dönmesi sırasında, çok fazla miktarda enerji soğurulmakta ve atmosferin sıcaklığı giderek yükselmektedir. Küresel ısınma, sera gazları olarak adlandırılan gazların etkisiyle atmosfer sıcaklığındaki bu yükselmenin sonucudur.



Şekil 2.2. Gazların Sera Etkisine Etkinlik Yüzdeleri

Enerji tüketimindeki olağanüstü hızlardaki artış, küresel ısınma tehdidini de büyötmektedir. 1980 yılında, atmosfere bırakılan karbondioksit miktarı 18 milyon ton iken, 2000 yılında bu miktar yüzde 305 oranında artış ile 55 milyon tona yükselmiştir. Yapılan araştırmalar, küresel ısınmanın her 10 yılda 0.1 C derece olduğunu göstermiştir.

Çizelge 2.2.Avrupa'daki Isınma Kaynaklı Kirlenmeler

<b>Her Yıl Avrupa'daki Isınma Kaynaklı Kirlenmeler</b>		
<b>ÜLKE</b>	<b>CO<sub>2</sub> Milyon TON</b>	<b>SO<sub>2</sub> Milyon TON</b>
Almanya	150	184
Avusturya	21	36
Belçika	33	57
Fransa	55	155
İtalya	36	153
İngiltere	75	200
İsviçre	17	23
İsveç	20	58

Daha önce belirttiğimiz gibi, dünyada kullanılan enerjinin, % 40' ı binalarda tüketilmektedir. Küresel ısınmaya neden olan sera gazlarının yaklaşık % 50' si de binalara ilişkin faaliyetlerden kaynaklanmaktadır. Binalarda kullanılan enerjinin hava kirliliğine katkısının oranı % 21' dir [5].

### **2.1.3. Isı Kavramının Tanımı**

Isı aralarındaki sıcaklık farkı nedeni ile bir cisimden diğerine geçen iletim halinde olan enerji türüdür. Farklı sıcaklıklardaki cisimler bir araya geldiğinde, sıcak olanlar soğur, soğuk olanlar ısınır. Bu bize cisimler arasındaki ısı alışverişi olduğunu gösterir. Bir cismin sıcaklık değişimi, bu cismin aldığı ya da bıraktığı ısının sonuçlarından biridir. Su+buz karışımı gibi katı ve sıvı fazın bir arada bulunduğu durumlarda sıcaklık sabit kalır. Sisteme verilen enerji katı fazın sıvı faza dönüşmesini sağlayacaktır. Verdiğimiz örnekte buzun tamamı su haline geçtikten sonrada sisteme enerji vermeye devam edilirse suyun sıcaklığı artar. Benzer durum sıvı+gaz fazlarının bir arada bulunduğu durumlar için de geçerlidir. Yalnız mekanik veya elektrik enerjisi harcanması ile bir su kütlesi ısıtılabilir (Joule deneyi). Isı bir enerji olduğuna göre, ısı ölçüldüğünde enerjide ölçülmüş olacaktır. Bu etkilerle ısı, mekanik enerji veya elektrik enerjisinin bir eşdeğeri olarak ortaya çıkar. Termodinamikte ısı çevreden sisteme itiliyorsa (+) pozitif, sistemden çevreye itiliyorsa (-) negatif olarak kabul edilir. Bir alev yardımı ile bir kap içerisindeki su kütlesi ısıtılırsa su kütlesinin sıcaklığı artar ve suya

sisteme) alev tarafından ısı iletilmiş olur. Isı alışverişinde kütle alışverişi olmaz dolayısıyla aynı su kütesine, daha yüksek sıcaklıktaki başka bir su kütesi eklenirse sistemin sıcaklığı yine artar. Fakat bu durumda sistem çevresinden ısı değil kütle almış olur. Doğal olarak kendi enerjisini sisteme getiren kütle kap içerisindeki suyun sıcaklığının artmasına sebep olur.

**Sıcaklık:** Maddenin molekül ve kinetik teorisi sıcaklığı taneciklerin enerjisine bağlar. Tek atomlu gazlarla molekül ötelenmesindeki kinetik enerji mutlak sıcaklıkla orantılıdır. Genellikle ısı alışverişleri moleküller arasında enerji alışverişi olarak düşünülebilmektedir.

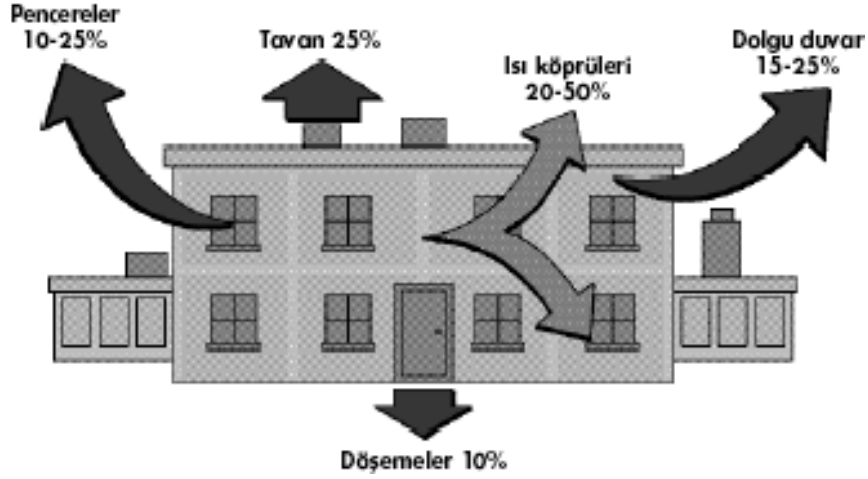
Isı ve sıcaklık farklı kavramlardır. Belirtildiği gibi ısı iletim halindeki bir enerjidir. Sıcaklık ise atomlarının kinetik enerjilerinin (hızlarının) bir ölçüsü olur ve sisteme ait bir özelliktir. Sıcaklığı yüksek olan cisimden sıcaklığı düşük olan bir cisme doğru daima kendiliğinden bir ısı iletimi gerçekleşir. Sıcaklıkları farklı iki sistem arasındaki ısı alışverişini durdurmak mümkün değildir. Uluslararası birim sisteminde (SI) sıcaklığı birim C veya K'dır. Sıcaklık farklı ısı enerjisinin hareketini sağlayan bir potansiyel fark rolünü oynamaktadır.

Sıcaklık farklı ısı enerjisinin hareketini sağlayan bir potansiyel fark ya da bir cismin ısınma durumunu gösteren bir büyüklüktür. Genellikle ısı transferinde T ile gösterilir ve birimi de C veya K ile gösterilir [4].

#### 2.1.4. Binalarda Isı Yalıtımı

Bina dizaynında hatalar 3 temel esasa dayanır. Bunlar tasarım, işçilik ve kullanım (amaç dışı kullanım) hatalarıdır. Tasarım hatası olarak üç boyutlu malzemelerin ne oldukları, birbirine nasıl uyum sağlayacakları ve proje hataları söylenebilir. İşçilik ise kullanılan malzemelerin kalite ve özelliklerini ifade eder. Kullanım hataları binanın amaç dışı bir maksada ayrılmasıdır. Yapılan araştırmalarda binalarda görülen 500 hatanın % 42'si tasarım (proje) hatası, % 47 işçilik ve % 11 beklenmeyen kullanım dışı hataları içermektedir. Bütün bunlara karşın tüm bu hataları % 50 oranında nem etkilemektedir.

Binalarda nem kaynaklarının en etkin şekli, dış yağmurlardan ziyade içerideki su buharıdır. Çünkü konutlarda yaklaşık olarak günde 7 kg su buharlaşır. Eğer çamaşır kurutma var ise bu rakam 15-20 kg/gün' e ulaşabilir. Bu iki kova suyu evin içine dökmeye eşittir. Ayrıca doğal havalandırma ile içeri giren atmosfer gazla da yoğuşabilir. Bu nedenle, binalar suyun içeride buharlaşır dışarıda yoğuşmasını sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Bu işlemin yerine getirilmesi için, su buharını yoğuşmadan dışarı atabilecek havalandırma yapılmalıdır. Ayrıca havanın daha fazla su buharı taşıyabilmesi için ısıtma ve yapı ekipmanlarının su buharının yoğuşmasına izin vermemesi gerekir. Binalarda ısı kayıpları, her ne kadar binanın mimarı projesine ve durumuna göre değişse de genel olarak çok katlı bir konut için toplam ısının % 40'ı dış duvarlardan, % 30'u pencerelerden, % 7'si çatılardan, % 6'sı bodrum döşemesinde ve %17'si hava kaçaklarından oluşur. Tek katlı bir konutta ısı kayıpları dış duvarlardan % 25, çatıdan % 22, pencerelerden % 20, bodrumdan % 20 ve hava kaçaklarından % 13 olarak belirlenmiştir. Bu rakamlardan da anlaşılacağı gibi, bunlarda en fazla ısı kaybı sıra ile duvarlar, pencereler, tavan-çatı ve döşemelerden olmaktadır.



Şekil 2.3. Binadaki ısı kaybı

### a) Duvarlar

Duvarlar yapıyı çevreleyen ve yapı içinde bölücü veya taşıyıcı görev üstlenen düşey elemanlardır. Duvarlar için kullandıkları yerlere, malzemelerine konstrüksiyon tekniklerine göre pek çok sınıflandırma yapılabilmektedir. Dış duvarlar, dış ortamla yapı iç hacmini güvenlik gizlilik ve konfor şartları sağlayabilecek biçimde birbirinden ayırarak binayı dış etkilerden korurlarken iç duvarlar yapı hacimlerini belirlemektedirler.

Bir duvar çeşitli katmanlardan meydana gelebilir. Genel olarak katmanlardan biri dış kaplamadır. Yapıyı dıştan gelebilecek etkilere karşı koruma görevini üstlenmektedir. Çekirdek ya da duvar gövdesi diye adlandırılacak bir diğer katman duvarın orta kısmıdır. Üçüncü tabaka olan iç kaplama hacmin kullanım amacına göre estetik seçenekler doğrultusunda belirlenmektedir. Katmanların değişik kompozisyonlarıyla oluşturulan duvarlar prensip olarak yalıtım yapılmayanlar, iç duvar ya da dış duvar yüzeyinde yalıtımlı olanlar ve yalıtımın tam ortada bulunduğu duvarlar olarak dört şekilde yapılabilmektedirler [6].

Enerji verimliliği için ısı kaybeden dolgu duvar ve kolon, kiriş, lento, hatıl vb. tüm taşıyıcı duvarlara ısı yalıtımı yapılmalıdır. Duvarlarda yalıtım içten (duvarlar iç yüzünden) veya dıştan ( duvarın dış yüzünden ) yapılabilir. Bunun için çeşitli ısı yalıtım malzemeleri ve detayları uygulanabilir.

## **b) Pencereleler**

Pencereler doğal gn, havalandırma ve görsellik sağlayan yapı elemanlarıdır. Günümüzde pencereler bu fonksiyonların dışında yapı kabuğunun bir paręası olarak çok daha farklı işlevler gerektirmektedir. Pencereler de kapılar gibi ahşap metal plastik malzemeler veya bunların kombinasyonlarıyla gereksinimlere cevap verebilecek çeşitlilikte yapılabilmektedir. Ahşap pencereler görsel olarak sıcak bir malzeme oluu kolay işlenebilirliği ile iyi özellikler taırlarken boya bakım işlemleri ve giderleri yangın su nem etkisine karşı dayanıksızlıkları biyolojik bozulmalara uygun yapıları ile olumsuzlukları taşımaktadır. Islah edilmemiş haliyle kullanılan ahşap malzeme fonksiyonlarını yerine getirebilmektedir. elik ereveli pencereler daha az ereve, daha çok cam alanıyla daha fazla aydınlık sağlayabilmekte oysa görünüm olarak soğuk kalmaktadır. Yüksek değerler de ısı iletkenlik özellikleri nedeniyle yoğunlaşmaya meydana getirmeleri olumsuz yönleri olmaktadır. Plastik ereveler günümüzde gelişimini henüz tamamlamamış, detay çalışmaları sürmekte olan çok çeşitli renk ve boyutlarda seçenekler sunmaktadır. PVC malzemelerden üretilen bu doğramalar güneş ışınlarından etkilenebilmekte, zamanla kırılğan hale gelebilmektedirler [6].

Pencerelerde ısı kaybı açısından en önemli özellik, ısı geçirgenlik katsayılarıdır (U değeri). Binalarda kullanılacak pencerelerin su geçirgenlik katsayıları TS 825'e uygun kullanılan camlara güneş enerji geçirgenliği dikkate alınmalıdır. Pencereler k mevsimlerinde güneşin mahal içerisine girişini arttırılmalı yaz mevsimlerinde azaltılmalıdır. Bunun için pencere sistemlerinde çift camlar, low-e kaplı çift camlar, güneş kontrol kaplamalı camlar ile yalıtımlı doğramalar kullanılmalıdır.

## **c) Tavan ve döşemeler**

Bir yapının kat olarak bitiini sağlayan onu iklimsel meteorolojik etkilerden gürültüden koruyan yapı elemanlarıdır. Őeklinin belirlenmesinde iklimsel faktörler mimari karakter belirleyici unsurlar olmakta birlikte, maliyet, yapı fiziği, malzeme olanakları ve gelişim teknolojisinde de etkin olmaktadır. Yapının biçimi ve ölçümleri de etkin faktörler olarak çatı tipinin belirlenmesinde rol oynamakta, plan boyutları büyüdükçe mahya yüksekliğinin de artma eğilimi göstermesi nedeniyle çatıyı eğimli yapmak zorlamaktadır. İlk yapım aşamalarında ve sonraki bakım onarım devrelerinde

kolaylık sağlayabilen tiplerin seçimine yönelmek çatı tipinin belirlenmesinde bir başka etken olabilmektedir. Bu görüşlerin altında çatılar çok sayıda ara tiplerde yapılabilecekleri için bu yapı bileşeni için bir sınıflandırma yapmak zor olmaktadır. Ancak ilk etapta en belirgin ve kesin sıralama eğimlerine göre yapılabilir.

Çatı sistemleri soğuk ve sıcak çatılar olarak da karşımıza çıkmaktadır. Genelde konutlarda rastlanan soğuk çatı sistemleri de su yalıtım malzemeleri en üst tabaka olarak ısı yalıtım tabakaları ise kullanım amacına göre beton plak üzerinde ya da kiremit altı tahtasının altında yer almaktadır. Bu tip çatıların en belirgin özelliği havalandırmalarıdır. Sıcak çatılar ise yalıtımlar dâhil bütün katmanların değişik kompozisyonlarda kullanıldığı çatılardır. Günümüzde pek çok uygulama olanı bulan ters çatı sistemleri yeni bir sıcak çatı kavramını ortaya çıkarmıştır. Ve su yalıtım katmanlarının daha iyi bir şekilde korunması açısından oldukça sağlıklı bir uygulama olmaktadır. Bunların dışında sanayi yapılarında sandviç sistem çatılar kullanılabilir. Döşemelerde kullanılan malzemeler döşeme tipini ve fonksiyonlarını etkilemekte olup yerine getirmesi istenenlere cevap verebilecek ideal döşemenin oluşumunda önemli bir etkidir. Döşemeleri zemine oturan ve ara kat döşemeleri olarak 2 gruba ayırmak olasıdır. Bodrum kat döşemelerinin üstlerine gelen yükleri karşılayabilecek mukavemette olmaları, aralarına veya altlarına konulan geçirmez tabakalarla gerekli su-nem yalıtımını sağlamış olanları ara kat döşemelerini ise kendi yükleri ile birlikte diğer yükleri taşıyabilecek kapasitede eğilme basınç ve çekme kuvvetlerine direnç gösterebilecek rijitlikte olmaları, katlar arası ses geçişlerini engelleyebilecek biçimde ses yalıtımlı olmaları kullanıcı sayısı fazla olan yanıcı özelliğe sahip malzemelerin depolandığı özellikle çok katlı yapılarda yangın geçişlerini geciktirici nicelikte olmaları istenmektedir. Döşemeler yatay yüklere direnç gösterebilecek biçimde bu kuvvetlere uygun tip ve konstrüksiyon seçimleri ile gerçekleştirilmelidirler. Yapılarına ana konstrüksiyon malzemesi cinsine göre betonarme, beton plaklar dökme mozaik kargir günümüzde hizmet yapılarında pek kullanılmayan ahşap ve metal döşemeler olduğu gibi kaplama malzemelerinin organik ve anorganik kökenli olması durumuna göre de sınıflandırılabilirler. Doğal organik kaplama malzemeleri gurubuna ahşap parke, tahta döşeme yapay olanlarına ise plastik folyo, linoleum gibi kaplamalar girmektedir. Bir de tekstil grubu kaplama malzemelerinden imal döşeme cinsleri vardır ki bunlarda halı ya da keçe kaplı olanlardır [6].

Binalarda duvarlar ve pencerelerden sonra en fazla ısı kaybı/ kazanca olan bölümler, tavan / çatı ve döşemelerdir. Isı kaybeden bu bölümlere de çatının kullanım durumu, eğimi, konstrüksiyonu, döşemelerde ise uygulama yapılan döşeme türü malzemelerin yük taşıma kapasitesi vb. faktörler göz önüne alınarak ısı yalıtımı yapılmalıdır. Bu amaçla çatı ve döşemelerde ihtiyaca göre tasarlanmış farklı detaylar için çeşitli ısı yalıtım malzemeleri uygulanabilir.

### **2.1.5. Yalıtım Uygulamaları**

#### **a) Duvar yalıtımı**

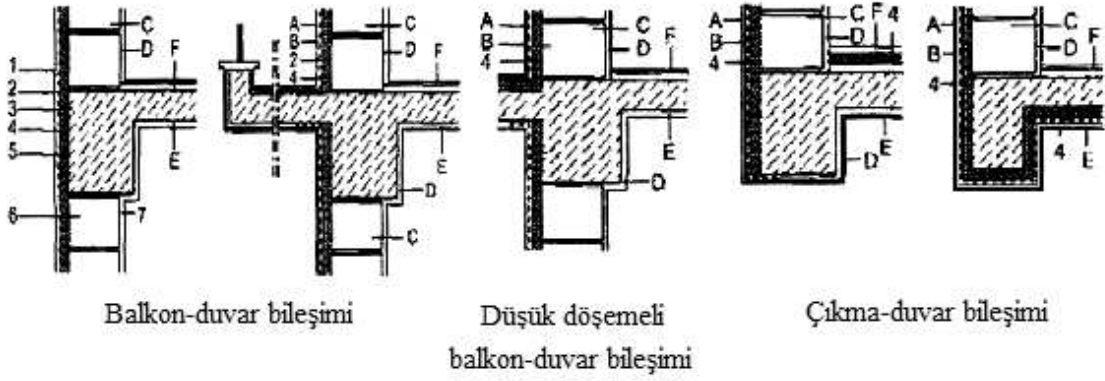
Binalarda dış duvarlardan olan ısı kaybı binanın yüksekliğine göre artar. Diğer bir ifadeyle dış yüzey ne kadar büyürse, ısı kayıpları da o ölçüde artmaktadır. Çok katlı binalarda toplam ısının yaklaşık % 40' ı dış duvarlar yoluyla kaybolur. Tek katlı binalarda dış yüzeyin küçülmesi nedeniyle ısı kayıpları % 25' e düşer. Bu rakam, Türkiye'nin toplam enerji talebini % 14' üne karşı gelmektedir.

Binaların dış duvarları doğrudan atmosferik şartlara maruzdur. Özellikle dört iklimin yaşandığı ülkemizde, yapı bileşenlerinde oluşan genleşme ve büzülme gibi fiziksel değişimler, binaların güvenilir ve uzun ömürlü olmasına negatif yönde etki eder. Fiziksel değişimleri önlemek ve daha güvenilir mekanlara kavuşmak için, binalar standart ve yönetmelikleri uygun yalıtım malzemeleri ile yalıtılmalıdır.

#### **- Dıştan yalıtım**

Dış duvarların yalıtımında duvar yüzeyleri ile birlikte kolon, giriş, lento hatıl ve perde duvar gibi yapı elemanlarını da yalıtımak gerekir. Bu elemanların yalıtılmasıyla, ısı köprüleri ortadan kalkar ve yapı elemanları atmosferik şartlara karşı korunur.

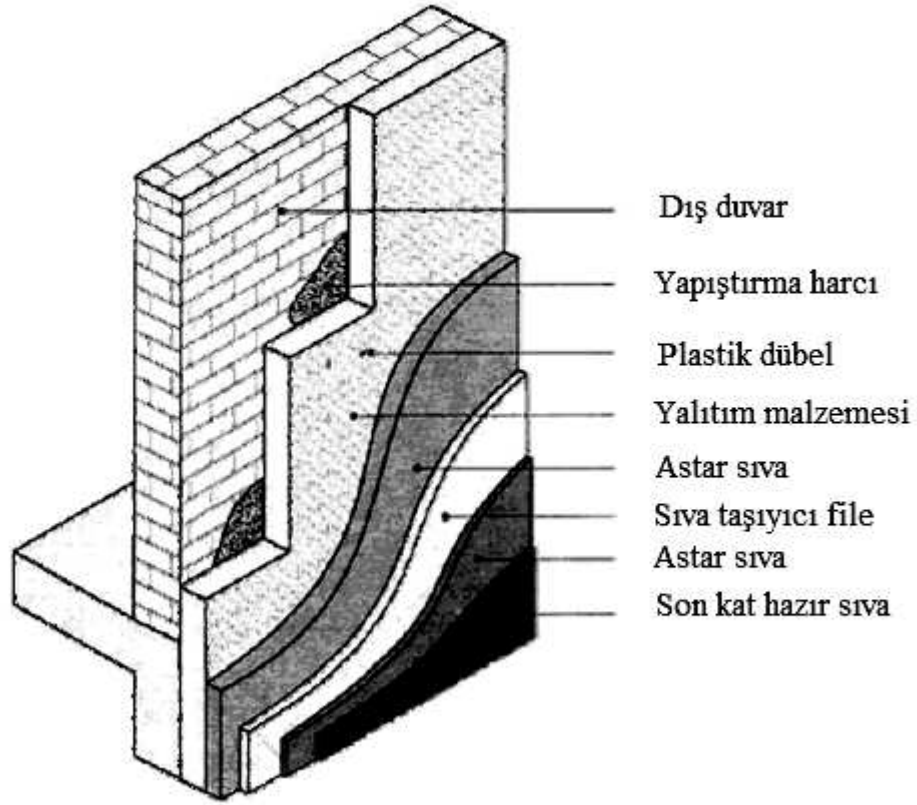
Dıştan yalıtılmış bir dış duvarın yalıtım detayı Şekil 2.4'de verilmiştir. Şekilde düşük döşemeli balkon-duvar birleşimi(a), balkon duvar birleşimi (b), ve çıkma –duvar birleşimi (c) detayları gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Dıştan yalıtımlı duvarlar

1. Dış cephe kaplaması
  2. File taşıyıcılı ince sıva veya rabbitz telli normal dış sıva
  3. Dübel (ısı yalıtımı kalıp içerisine konursa gerek yoktur)
  4. Isı yalıtımı
  5. Yapıştırıcı (ısı yalıtımı kalıp içerisine konulursa gerek yoktur)
  6. Duvar konstrüksiyonu
  7. İç sıva
- A. Dış cephe kaplaması
  - B. Sıva
  - C. Duvar konstrüksiyonu
  - D. İç sıva
  - E. Tavan sıvası
  - F. Döşeme kaplaması

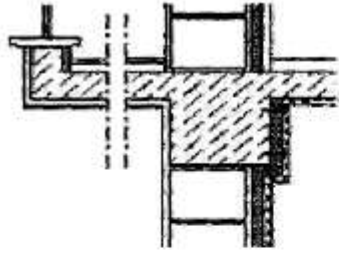
Şekil 2.5. de dıştan yalıtılmış bir dış duvarda yalıtım detaylarının perspektifi verilmiştir. Yalıtım levhaları, yüzeye yapıştırıcı sürüldükten sonra aralarında boşluk kalmayacak şekilde duvara tespit edilir. Yapıştırma harcı genel olarak yaklaşık 24 saatte kurur.



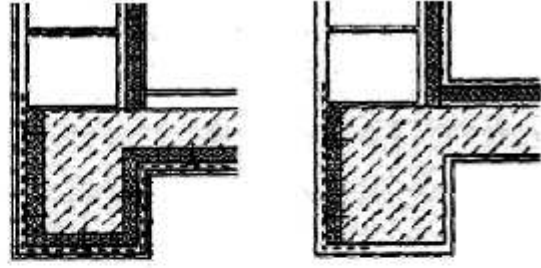
Şekil 2.5.Dıştan Yalıtımlı Bir Duvarın Yalıtım Detayının Perspektif Görünümü

### - İçten yalıtım

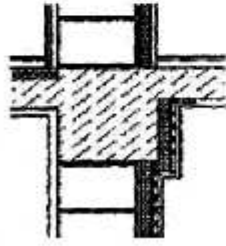
Dış duvarların içten yalıtımı, ancak dış taraftan ısı yalıtımı tercih edilemeyen durumlar için uygulanabilir. Dış duvarlara bağlı olan kolon, kiriş ve perde gibi yapı elemanları, ısı köprüsü oluşmaması için yalıtılmalıdır. Şekil 4.6.iç duvarların içten yalıtılmasıyla ilgili olarak detayları göstermektedir. Şekilde asmolen döşeme (a), çıkma duvar birleşimi (b), balkon-duvar birleşimi(c) ve düşük döşemeli balkona ait yalıtım detayı verilmiştir.



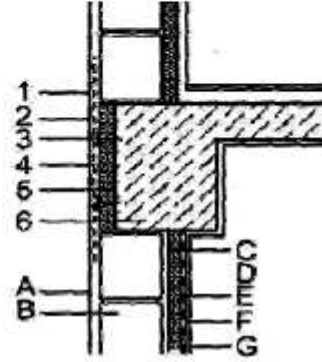
Balkon-duvar birleşimi



Çıkma-duvar birleşimi



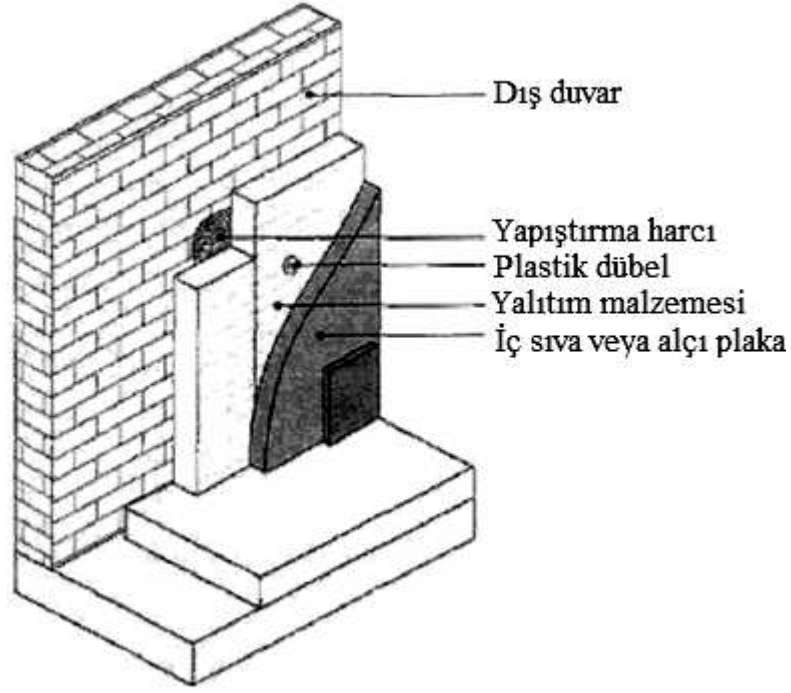
Düşük döşemeli balkon detayı



Şekil 2.6. İçten Yalıtım

Şekil 2.6' da

1. Dış cephe kaplaması
  2. Rabitz tellisiva dübel ( ısı yalıtımı kalıp içerisine konursa gerek yoktur)
  3. Isı yalıtımı
  4. Yapıştırıcı (ısı yalıtımı kalıp içerisine konursa gerek yoktur)
  5. Betonarme kiriş
- 
- A. Dış cephe kaplaması
  - B. Duvar konstrüksiyonu
  - C. Yapıştırıcı
  - D. Isı yalıtımı
  - E. Buhar kesici membran (yoğuşma kontrolüne göre gerekiyorsa)
  - F. Alçı sıva (donatı filesi ile) veya alçı plaka (ekyerlerine file bandı kullanılmalıdır).
  - G. Saten alçı ve iç kaplama'yı göstermektedir.



Şekil 2.7.İçten Yalıtılmış bir dış duvarın Yalıtımına Ait Perspektif Görünüm

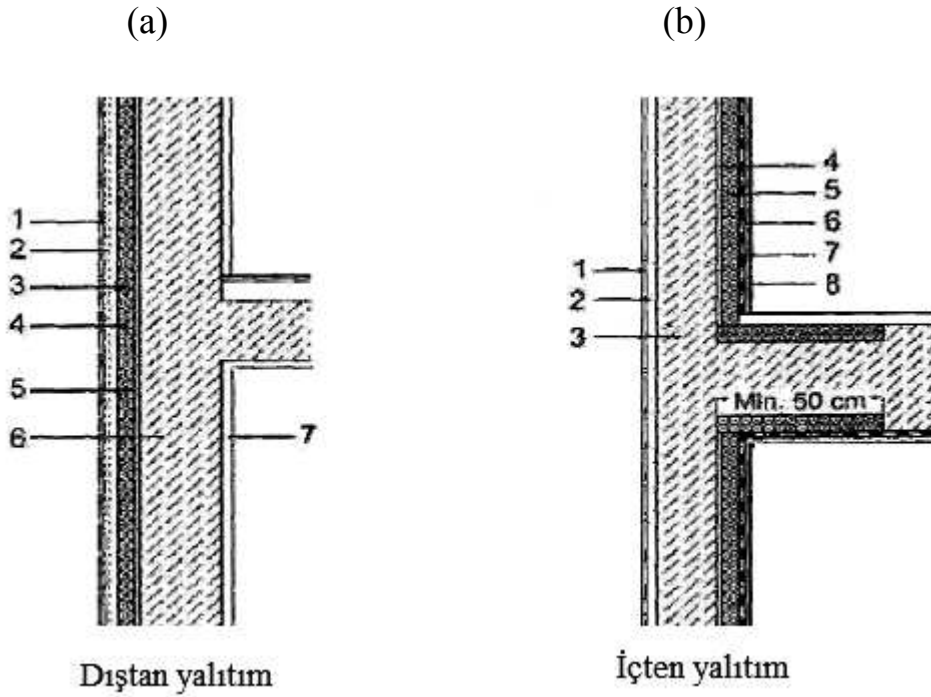
Dış duvarların dıştan veya içten yalıtılmasının avantaj ve dezavantajları vardır. Dıştan yalıtım yapı elemanlarını atmosferik şartlara karşı korur. Sıcaklık farkı nedeniyle, yapı elemanlarında meydana gelen genleşme ve büzülme gibi fiziksel değişimleri minimum seviyede tutar veya tamamen önler. Bu durum binaların daha uzun ömürlü olmasını sağlar.

İçten yalıtımda yapı elemanı atmosferik şartlara karşı korunamaz. Bu nedenle, binaların ömrü ve güvenilirliği daha az olur. Fakat içten yalıtım dıştan yalıtıma göre daha kolay ve işçiliği daha azdır.

#### **b) Kolon/Kiriş yalıtımı**

Dış duvarların içten veya dıştan yalıtımında sandviç duvar uygulaması tercih edilirse bu takdirde dış duvarlara bağlı kolon, kiriş, hatıl, perde duvar ve lentolar da ısı köprüleri meydana gelir. Isı köprüsü oluşturan yapı elemanları dış cephe yüzeyinin %50'sine yakındır. Bu nedenle, bu yüzeylerde ısıtma ve soğutma amaçlı harcanan enerji oldukça fazladır. Bu yüzeyler uygun bir şekilde yalıtılarak enerji tasarrufu sağlanmalıdır. Ayrıca ısı köprüleri yalıtılarak yoğuşum problemlerinin önüne geçilir. Böylece taşıyıcı

sistemlerin korozyonu önlenerek zayıflaması önlenir. Şekil 4.8’te kolon ve betonarme duvarların içten ve dıştan yalıtımına ait detaylar gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Kolon ve Beton Perde Duvarları Yalıtımı

Şekil 2.8 (a)' da

1. Dış cephe kaplaması
2. File taşıyıcılı ince sıva veya rabitz telli normal sıva
3. Dübel (ısı yalıtımı kalıp içerisine konulursa gerek yoktur)
4. Isı yalıtımı
5. Yapıştırıcı (ısı yalıtımı kalıp içerisine konulursa gerek yoktur)
6. Duvar konstrüksiyoyu
7. İç sıva bandı

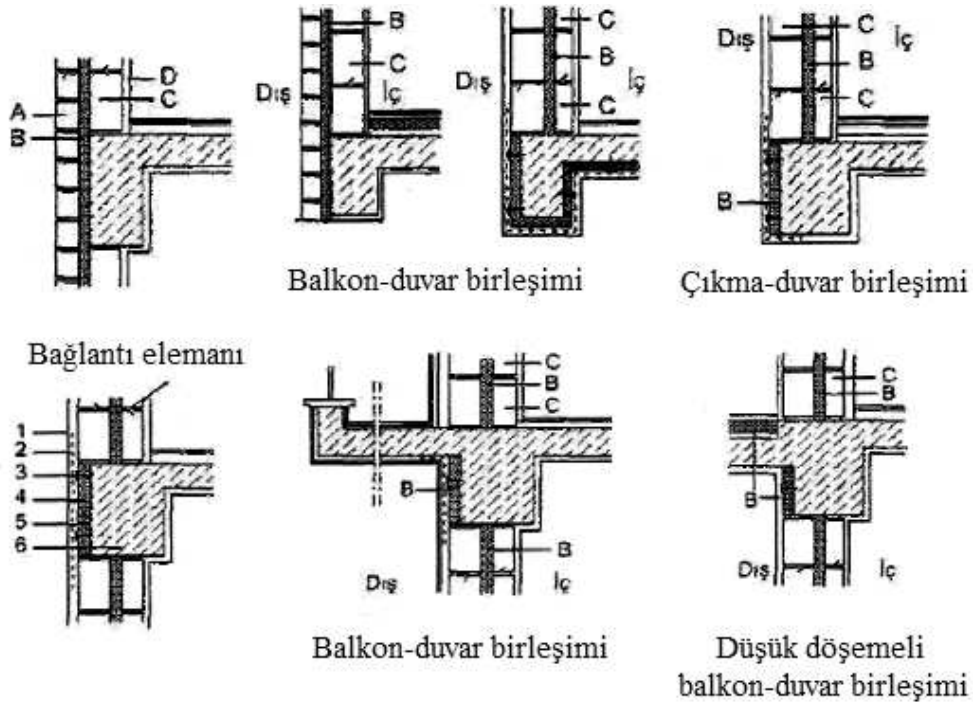
ve Şekil 2.8 (b)'de

1. Dış cephe kaplaması
2. Sıva
3. Betonarme perde
4. Yapıştırıcı (ısı yalıtımı kalıp içerisine konursa gerek yoktur)
5. Isı yalıtımı
6. Buhar kesici membran (yoğuşma kontrolüne göre gerekiyorsa )
7. Alçı sıva (donatı filesiyle ) veya alçı plaka (ek yerlerine file kullanılmalıdır)
8. İç kaplama' yı göstermektedir.

Kolon, kiriş ve perde duvarlarının yalıtımı, hem beton duvarlardan kalıp için yalıtım levhası yerleştirilmesi, hem de beton döküldükten sonra dış yüzeye tespit edilerek yapılabilir. Bu elemanlar dıştan yapılmalı ve TS 825 ısı yalıtım yönetmeliğinde verilen esaslara uygun düşen enerji limitleri içinde kalmalıdır. Ayrıca tavan ve taban detayları ısı köprüsü oluşumuna engel olacak şekilde çözümlenmelidir.

### c) Sandviç duvarların yalıtımı

Sandviç duvarlarda duvar malzemesi arasında yalıtım malzemesi koymak üzere boşluk bulunur. Bu boşluğa yalıtım malzemesi levha halinde koyulabileceği gibi, sıvı halde de atılabilir. Sıvı halde atıldığı zaman iki tarafta bulunan duvar malzemesi yalıtım malzemesi ile birlikte rijit hale gelir. Şekil 2.9 da sandviç duvarların yalıtımı detayları gösterilmiştir.



Şekil 2.9.Sandviç Duvarların Yalıtımı

Şekil 2.9' da

1. Dış cephe kaplaması
2. Rabitz telli sıva
3. Dübel(ısı yalıtımı kalıp içerisine konulursa gerek yoktur)
4. Yapıştırıcı(ısı yalıtımı kalıp içerisine konulursa gerek yoktur)
5. Betonarme kiriş veya döşeme alanı

- A. Pres tuğla
- B. Isı yalıtımı
- C. Duvar malzemesi (gaz beton, tuğla, bims, vb.)
- D. İç sıva' yı göstermektedir.

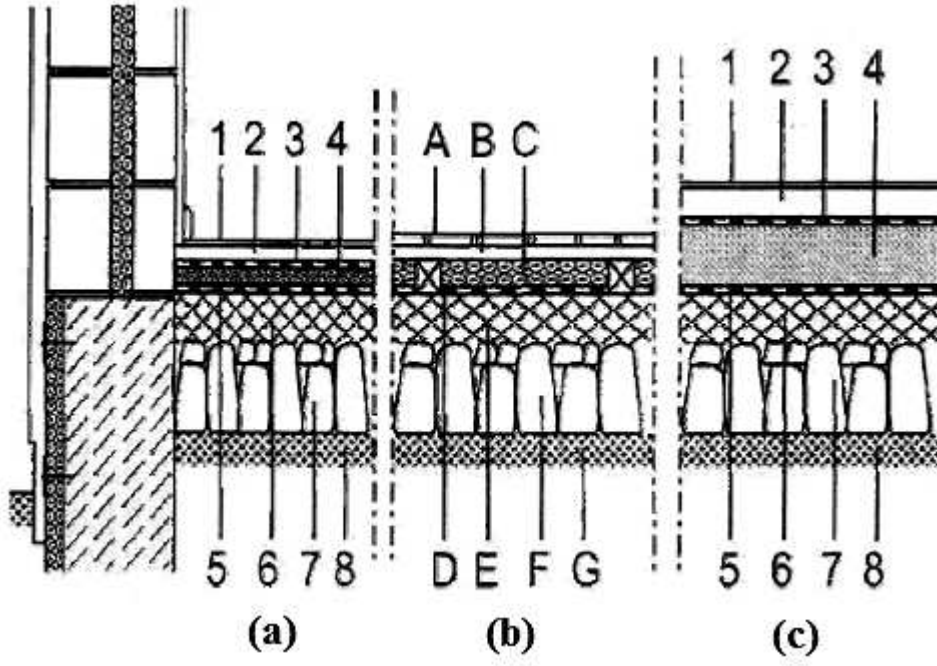
Őekilde balkon-duvar birleŐimi (a), dűŐük dűŐemeli balkon-duvar birleŐimi (b), farkı balkon-duvar birleŐimi (c) ve dűŐük dűŐemeli balkona ait yalıtım detayları verilmiŐtir.

#### **d) DűŐemelerin yalıtımı**

Binalarda tűm yapı elemanlarında olduđu gibi bodrum ve dűŐemelerde belli oranda ısı kayıpları olur. Bu oran tek katlı binalarda % 20, çok katlı binalarda ise % 6 dır. DűŐemelerde ısı yalıtımı uygulamaları dűŐemenin durumuna gűre zemine oturan dűŐemeler, çıkma dűŐemeler, merkezi ısıtma olmayan ara kat dűŐemeleri ve ısıtılmayan hacim űstű açık geçit dűŐemeleri olarak adlandırılır.

#### **e) Zemine oturan dűŐemeler**

Zemine oturan dűŐemelerde bűnyesine su emmeyen ve basma mukavemeti yűksek olan ısı yalıtım levhaları kullanılmalıdır. Su yalıtımı dűŐeme betonunu ve ısı yalıtım levhalarının altında veya űstűnde uygulanabilir. Isı yalıtım malzemesi toprakta bulunup kimyasal maddelerden etkilenmemelidir.



Şekil 2.10. Zemine Oturan Döşemelerin Yalıtımı

**(a)**

1. Dış cephe kaplaması
2. Şap min.5cm
3. Bir kat serbest su yalıtım membranı
4. Isı yalıtım
5. Su yalıtım membran
6. Grobeton
7. Blokaj
8. Toprak zemin

**(b)**

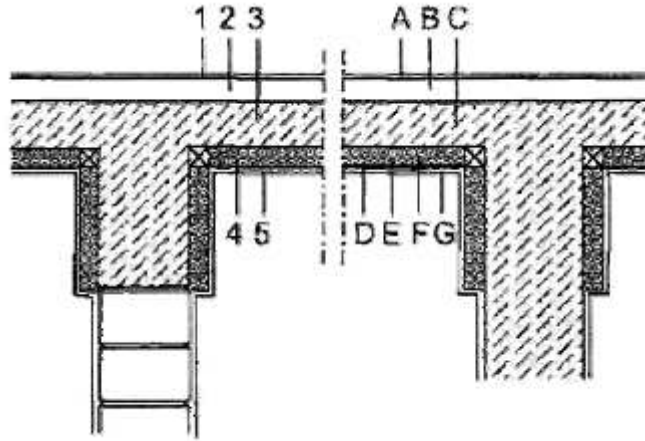
- A. ahşap parke
- B. Ahşap kör döşeme
- C. Ahşap kadranlar arası ısı yalıtımı
- D. Su yalıtım membran
- E. Grobeton(mala perdahlı )
- F. Blokaj
- G. Toprak zemin

c)

1. Döşeme kaplaması
2. Şap min5cm
3. Su yalıtım membra
4. Cüruf veya perlit dolgu
5. Su yalıtım membra
6. Grobeton(mala perdahlı)
7. Blokaj
8. Toprak zemin

#### f) Isıtılmayan hacimler

Şekil 2.11'te yalıtım detayları gösterilmiştir. Yalıtım alttan yapılmalıdır. Isı yalıtım levhası betonarme döşeme üzerine ahşap kadranlar arasına uygulanabileceği gibi, betonarme döşeme üzerine yapıştırıcı koyulduktan sonra da üzerine ısı yalıtım levhası uygulanır. Her iki durumda da su yalıtımı yapılmayabilir.



Şekil 2.11. Isıtılmayan Hacim Üstü Açık Geçit Üzeri Döşemelerin Yalıtımı

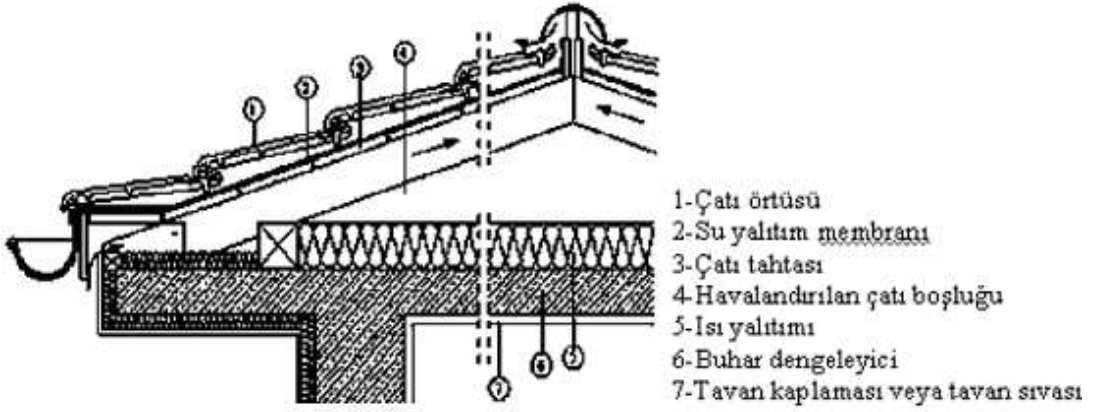
1. Döşeme kaplaması
2. Düzeltme şapı 3-5cm
3. Betonarme döşeme
4. Ahşap kadranlar arası ısı yalıtımı
5. Sunta, alçı plaka vb. kaplama

- A. Döşeme kaplaması
- B. Düzeltme şapı 3-5cm
- C. Betonarme döşeme
- D. Yapıştırıcı(ısı yalıtımı kalıp içerisine konursa gerek yoktur)
- E. Isı yalıtımı
- F. Dübel
- G. File taşıyıcılı ince sıva veya rabbitz telli normal sıva [7].

### **g) Çatı yalıtımı**

Bazı konutlarda, çatı arasının kullanılan bir çatı katı olarak değerlendirildiği ve yaşanan bir mekân olarak ısıtılıp soğutulduğu görülmektedir. Isıtma ve soğutma yapılması nedeniyle kullanılan çatı katı odalarında ısı yalıtımı da, enerji ihtiyacının sınıflandırılması ve yoğuşma kontrolü açısından zorunluluk olmaktadır.

Çatı katlarının üzerinde kimi zaman eğimli bir betonarme döşeme bulunmakla beraber, kimi zamanda doğrudan ahşap çatı konstrüksiyonu yer almaktadır. Eğimli betonarme döşeme ile örtülü çatı katlarında ısı yalıtımı döşemenin üzerine uygulanmaktadır. Döşeme üzerinde, genellikle çatı altı ahşap kadranları yer aldığı için, ısı yalıtımı da bu kadranların arasına döşenir. Isı yalıtım malzemesi olarak mineral yüklü ve polistren malzemeler uygulanabilir. Kadron ara mesafelerine uygun ölçüde kesilen yalıtım malzemesi, çıplak ve serbest olarak döşenir. Eğimli betonarme döşeme üzerine yapılan ısı yalıtımı uygulamasından, ısı yalıtımının dış (üst) yüzünün havalandırılması tavsiye edilir. Saçaktan hava girişi, mahyadan da hava çıkışı detaylandırılarak havanın sirkülasyonu sağlanabilir. Üzerine serilen su yalıtımı amaçlı örtü ardından çatı kaplaması yapılarak uygulama tamamlanır.



Şekil 2.12.Tavan Arası Döşeme Üzerinde Yapılan Isı Yalıtımı

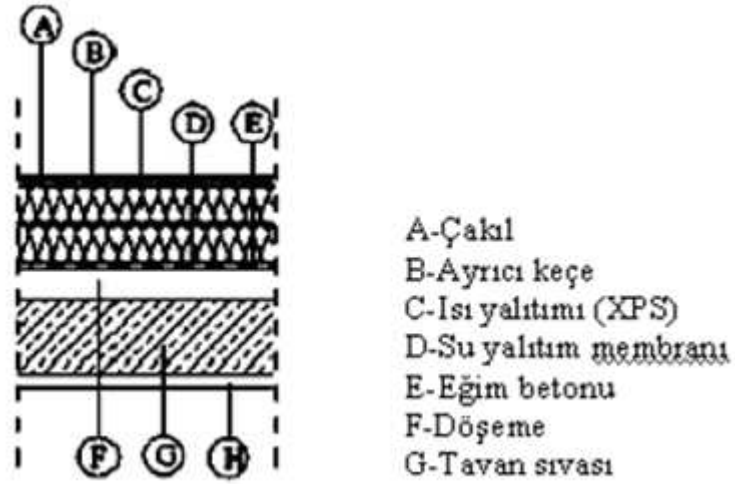
#### h) Teras çatılar

Teras çatılar, bir yapının en kritik yerlerinden biridir. Yazın en çok güneş alan, kışın ise kar ve buz nedeniyle en uzun süreyle soğuğa maruz kalan kısımlardır. Bu nedenle, ısı yalıtımı mutlaka gereklidir. Yapılacak ısı yalıtımı sadece soğuğu ve sıcaklığı önlemekle kalmayıp aynı zamanda betonarme döşemeyi ısıl gerilmelerden ve tahribatlardan korur.

Teras çatılarda; ısı yalıtımı, su yalıtımı katmanı, koruyucu tabakalar ile tavan döşemesi bir bütün olarak (arasında hava boşluğu bırakılmaksızın) yer alırlar. Teras çatılarının yalıtımında; çatının kullanım amacı ile ısı yalıtım malzemesinin özelliklerine göre değişik detaylar uygulanabilir [8].



Şekil 2.13.Üzerinde Gezilen Teras Çatılarda Isı Yalıtımı



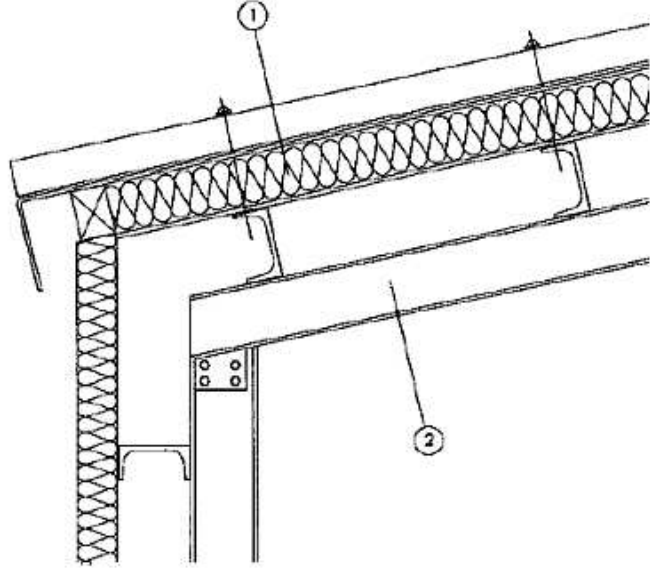
Şekil 2.14. Üzerinde Gezilmeyen Teras çatılarda Isı Yalıtımı

### i) Sanayi çatılarında yalıtım

Yurdumuzda sanayi çatıları genellikle, çelik veya prefabrik beton konstrüksiyon üzerine yapılmaktadır. Bu konstrüksiyon üzerinde kullanılacak kaplama malzemelerinin deliminasyona karşı davranışları ve yanıcılık özellikleri dikkate alınmalıdır. Sanayi çatılarında üç tip uygulama karşımıza çıkmaktadır.

#### - Hazır paneller

Başka yerde hazırlanmış yalıtımlı paneller konstrüksiyon üzerine konularak monte edilir. İşçiliğin kolay olması dolayısıyla tercih edilen bu sistemlerin bir sakıncası, panellerin eklerinin ısı köprüleri yapmasıdır. Özellikle tekstil sektörü gibi yüksek nem oranı gerektiren iç mekanlarda bu sistemin kullanılması sonucu panellerin ek yerlerinde yoğuşma görülmektedir. Bundan kaçınmak için aşağıda bahsedilen sistemler tercih edilmelidir. Daha önceden yapılmış ve yoğuşma görülen çatılarda uygun bir buhar kesici serildikten sonra üzerine yine aşağıda anlatılan yerinde uygulamalı sistemler tatbik edilmelidir (Şekil 2.15).

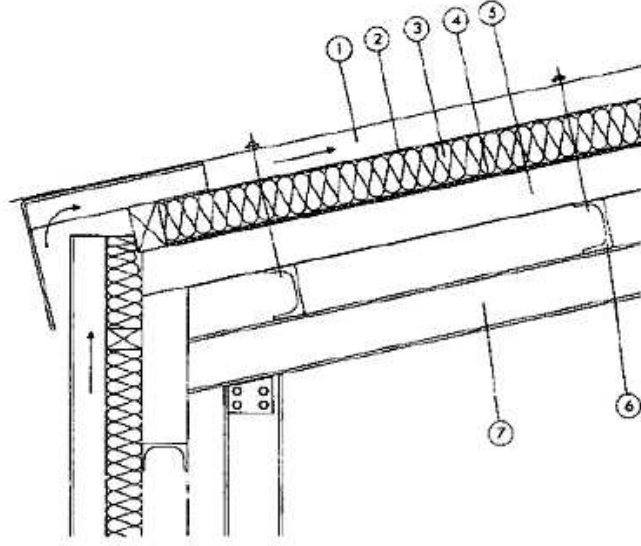


1. Isı Yalıtımlı Hazır Sandviç Panel
2. Taşıyıcı Sistem

Şekil 2.15. Isı Yalıtımlı Hazır Sandviç Çatı Yalıtımı

#### - Yerinde uygulamalı sandviç sistemler

Burada konstrüksiyon üzerine bir kat alüminyum veya boyalı sac levha veya benzeri taşıyıcı bir levha döşenir. Bunun üzerine buhar kesici tabaka serilir. Alt katman üzerine mesafe tutucular yerleştirilerek yalıtım malzemesi döşenir. Son olarak üst katman bu mesafede tutuculara monte edilir. Burada dikkat edilecek nokta, kullanılacak mesafe tutucuların ısı köprülerini önleyecek veya en düşük seviyelerde tutacak malzemelerden seçilmesi olmalıdır. Yurt dışı uygulamalarda sıkça rastlanıldığı gibi yalıtım malzemesinin taşıyıcı nitelikte olması ve profilin buna geçirilerek montajı tercih edilmelidir (Şekil 2.16).



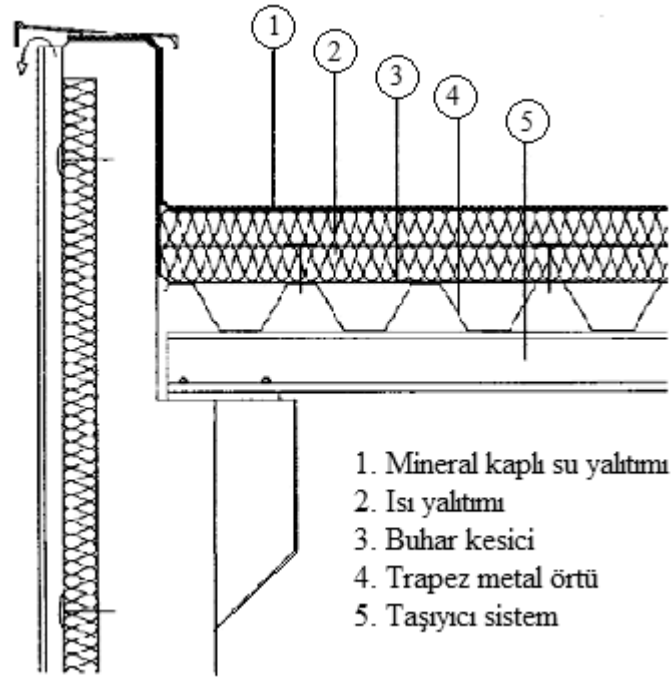
1. Metal Çatı Örtüsü
2. Nefes Alan Su Yalıtımı Membranı
3. Metal veya Ahşap Kadranlar Arası Isı Yalıtımı
4. Buhar Kesici Membran
5. Trapez Metal Çatı
6. Metal Aşık
7. Taşıyıcı Sistem

Şekil 2.16.Yerinde Montaj Sandviç Çatı Isı Yalıtımı

### - Düşük eğimli metal çatılar

Bu sistemde konstrüksiyon üzerine konulan taşıyıcı levhanın üst kısmına buhar kesici serilerek, yüksek yoğunlukta taş yünü levhalar özel başlıklı vidalar ile levhaya tutturulur. Eğer su yalıtımı, bitümlü membran malzeme ile yapılacaksa taş yünü üst katmanının bitüm kaplı olması tercih edilir. Bitüm kaplı taş yünü üzerine su yalıtımının ilk katmanını tamamen veya noktasal olarak yapıştırılarak, ikinci katman olarak arduvaz kaplı membran uygulanır.

Eğer su yalıtımı için PVC esaslı bir malzeme ile kapanacaksa çıplak taş yünü tercih edilebilir. Her iki uygulamada da çatı eğiminin şu akışa uygun olmasına dikkat edilmelidir (Şekil 2.17) [3].



Şekil 2.17.Düşük Eğimli Metal Çatı Yalıtımı

#### l) Pencere yalıtımı

Binalarda pencereler ısı geçirgenliği en fazla olan yapı elemanlarıdır. Yüksek binalarda ısı kayıplarının % 7'si tek katlı binalarda ise % 20'si pencerelerden olmaktadır.

Önceleri pencere boyutları bina dış cephe yüzeyi içinde büyük yer tutmaktaydı. Enerji tasarrufunun önem kazanması ile pencere boyutları da küçülmüştür. Eskiden pencere alanları aydınlatma ve havalandırma açısından oturma alanının % 15-20 si olarak alınırdı. Fakat TS 825'in zorunlu uygulamasından sonra pencere alanı bina dış duvar alanının en fazla % 12'si kadar olması gerektiği öngörülmüştür.

Binalarda yalıtım zincirinin en zayıf noktası pencerelerdir. Bu nedenle, iklim şartları da dikkate alınarak pencere ve kapıların iyi bir şekilde yalıtılması gerekir. Pencereler kışın güneş ışığını geçirerek bina içine ısı kazancı sağlar. Güneş olmadığı zamanlarda ise kazandığı ısıyı kısa zamanda kaybeder. Cam üzerine düşen ısının cam tarafından absorbe edilerek sıcaklığı artar. Bu sıcaklık belirli bir değere ulaştıktan sonra camın her

iki tarafında taşınım ve ışıınım nedeniyle ısı kaybı olur. Pencereleerin iç taraflarına takılan absorbe perdeler iç mekanın sıcaklığının artmasına neden olur. Fakat geceleri pencereleer siyah cisim gibi çalışarak ışıınımla ısı kayıpları artar [7].

#### **2.1.6. Isı Yalıtım Malzemeleri**

Farklı sıcaklıktaki iki ortam arasında ısı transferini azaltmak için yapılan ısı yalıtımında yalıtımı sağlamak için kullanılan malzemelerine ısı yalıtım malzemesi adı verilir. Isı yalıtım malzemelerinin en temel özelliği ısı iletim katsayısıdır. ISO (uluslararası standartlar örgütü) ve CEN(Avrupa standardizasyon komitesi)'ne göre ısı iletim katsayısı 0,065 W/mK değerinden küçük olan malzemeler ısı yalıtım malzemesi olarak tanımlanır. Diğer malzemeler yapı malzemesi olarak kabul edilir.

Isı yalıtım malzemeleri, doğru uygulandıklarında iletim, taşınım ve ışıınım ısı geçiş tipleri ile enerji geçişini azaltan malzemelerdir. Bu yalıtım malzemeleri lifli, taneli, film-tabaka, blok veya tek parçadan yapılmış, açık veya kapalı hücreli, kimyasal veya mekanik olarak birbirine bağlanmış veya desteklenmiş karma malzemeler olabilir [8].

#### **2.1.7. Isı Yalıtım Malzemesinde Aranılan Özellikler**

Ülkemizde üretilmekte olan ısı yalıtım malzemelerinin dünya kalitesinde ürün standartlarına uygunluğu TSE tarafından "tavsiye standart " ve "zorunlu standart" olarak hazırlanmış belgelerle sağlanmaya çalışılmaktadır tüm üreticiler zorunlu standartlara uymak, ayrıca TSE belgesi almak isteyenler, tavsiye standartların gereğini de yapmak durumundadırlar

Malzemelerde aranılan nitelikler standartlarda aşağıdaki altı madde halinde "genel özellikler" başlığı altında belirlenmiş ve üretici üreteceği malzemenin özelliklerini bunlara uymasını sağlamak zorundadır.

1. Isı geçirgenlik direnci ( $R = L/kA$ ), ısı iletkenlik katsayısı ( $k$ ):  $R$  ve  $k$  değerleri 10 °C derece referans sıcaklığında ve üretim tarihinden itibaren doksan günlük süre sonunda ölçülen değerler olmalıdır. Yapılarda ısı iletkenlik katsayısının 0.04 W/mK ve altındaki değerlerde olması istenmektedir.

2. Uzunluk, genişlik, gönyeden sapma, yüzey düzgünlüğü: Belirtilmiş toleranslar içinde üretim yapılmaktadır.

3.Kalınlık: Belirtilen toleranslar kalacak biçimde tablo değerlerine uygunluk aranmaktadır.

4. Belirtilen sıcaklık ve nem şartlarında boyut kararlılığı: Değişik dış etkenlerle ısı tutucu malzemelerin hacim ve şeklini değiştirmemesi beklenir, çünkü ıslandığında şişen yada üzerine basıldığında ezilen bir malzeme ısı özelliklerini yitirecektir. 60 C derece sıcaklık ve % 90 bağıl nemde yapılan test sonucunda ürünlerin uzunluk ve genişliklerinde % 5'den fazla değişim istenmemektedir.

5. Yangın mukavemeti: Malzemeler DIN 4102 Part 1'de tanımlanan b1 ve b2 testlerini geçmek zorundadır. B1; zor, B2; normal, B3; kolay alevlenebilen grupları ifade etmektedir. B3 rubu malzemelerin kullanımı yasaktır.

6. Yoğunluk: ürünlerin kullanıldığı yerlere göre minimum yoğunluk değerlerinin belirtilmesi gerekmektedir. Duvarlarda kullanılacak ürünlerde minimum 25 kg/m<sup>3</sup>, çatı ürünlerinde ise minimum 30 kg/m<sup>3</sup> yoğunluk istenilmektedir [6].

### **2.1.8. Malzemeler**

#### **a) Cam yünü**

Cam yünü, silis kumunun 1200-1250 °C' de ergitilerek elyaf haline getirilmesi ile elde edilir. Cam yünü aşağıdaki farklı usullere göre elde olunur.

- Çubuk çekme usulü
- Hazne tambur usulü
- Meme çekme usulü
- Meme üfleme usulü
- Savurma usulü
- Kombine savurma ve uzatma usulü

Cam yünü şilte ekonomik oluşu ve kolay uygulanabilir olması nedeniyle özellikle kullanılmayan çatı arası döşeme üzerinde tercih edilmektedir. Cam yünü şiltenin 2010 yılı mayıs ayı KDV dahil metreküp maliyeti yaklaşık olarak 280 TL'dir.

Kullanım yerine, amacına göre farklı boyut ve teknik özelliklerde, değişik kaplama malzemeleri ile, şilte, levha, dökme, boru şeklinde üretilir. Isı ve ses yalıtımı, akustik düzenlemede kullanılır. Alman Normu DIN 4102 ye göre 'A' sınıfı yanmaz malzemeler grubunda olmaları, kullanım yerlerinde yangın güvenliğini sağlar. Performanslarını koruduğu sürekli azami kullanım sıcaklığını -50/+250 °C aralığındadır. -200 °C veya +550 °C kadar kullanılan özel cam yünü ürünlerde üretilebilir. TS 825 Ek 5'te ısı iletkenlik hesap değeri 0.040W/mK dir. Cam yünü 14-100 kg/m<sup>3</sup> arası yoğunluklarda üretilmektedir. Su emmeleri hacimce % 3-10 mekanik dayanımları 1.5-6.5 ton /m<sup>2</sup> arasında değişmektedir [8].

## **b) Taş yünü**

Taş yünü, bazalt veya diabez taşının 1350 °C' de ergitilerek elyaf haline getirilmesi ile elde edilen ısı yalıtım malzemesidir. Kullanım yerine, amacına göre farklı boyut ve teknik özelliklerde, değişik kaplama malzemeleri ile şilte, levha, dökme, boru şeklinde üretilir. Isı ve ses yalıtımı, akustik düzenleme, yangın yalıtımında kullanılır. Yüksek dayanım sıcaklıkları ve alman normu DIN 4102'ye göre 'A' sınıfı yanmaz malzemeler grubunda olmaları, kullanım yerlerinde yangın yalıtımı sağlar. Performanslarını koruduğu sürekli azami kullanım sıcaklığı -50 /+750 C derece aralığındadır. TS 825 E k 5'te ısı iletkenlik hesap değeri 0,040W/mK dir. Taş yününün 2010 yılı mayıs ayı KDV dahil metreküp maliyeti yaklaşık olarak 300 TL'dir

Cam yünü ve taş yünü yalıtım malzemelerinin diğer özellikleri şunlardır: % 100 boyutsal kararlılığa sahiptirler. Sıcağa ve rutubete maruz kaldığında boyutları değişmez. Fiziksel özelliklerini zamana bağlı olarak kaybetmez. Zamanla bozulmaz, çürümez, küf tutmaz, korozyon ve paslanma yapmaz. Böcekler ve mikroorganizmalar tarafından tahrip edilmez. Higroskopik ve kapiler değildir. Erime sıcaklığı >1000 derecedir. Kolay kesilmesi ve zayıtsız her parçasının değerlendirilmesi, uygulamada fayda sağlar [8].

### c) Extrüde polistren köpük (XPS)

Extrüde polistren levha (XPS-Haddelenmiş polistren köpük) , polistren hammaddesinin extrüzyonla levha halinde çekilmesiyle üretilen bir ısı yalıtım malzemesidir.

Extrüde polistrenin avantajlarının kaynağının üretim teknolojisini oluşturan haddeleme (extrüzyon) işlemi ve bunun sonucunda ortaya çıkan kapalı gözenekli hücre yapısıdır. Malzemenin hammaddesi olan tanecikler halindeki polistren, üretim hattına girdikten sonra üretilir, başka katkı maddeleri eklenip ve köpük yapısının sağlanabilmesi için şişirme ajanı ilave edilir. Bu karışıma belirli ısı ve basınç koşulları altında bir hat boyunca istenilen kalınlıkta çekilir. Hatta çıkan malzemenin boyunun ve yüzey yapısının (kenar binileri, kanallar, pürüzlendirme) ihtiyaçlar doğrultusunda düzenlenmesiyle son ürün elde edilmiş olur. Basitçe özetlediğimiz bu üretim sürecinin çok değerli bir diğer getirisi malzemenin homojen ve kalitesinin hep aynı seviyede tutulabilmesidir. Bu sürecin sonucunda bal peteği formunda hücre çeperlerinden oluşmuş daha bilinir tabirle kapalı gözenekli hücre yapısına sahip extrüde polistren elde edilmiş olur sürekli ve düzenli hücre yapısı ve kapalı gözeneklilik extrüde polistrenin suya ve zamana karşı dayanıklı yapar, yalıtım becerisi ve yüke karşı dayanımının yüksek olmasını sağlar.

Polistren termoplastiktir, işlendikten sonra yeniden üretim hattına sokulabilir bu nedenle extrüde polistren tesisleri genellikle zayıtsız çalışırlar. Bir takım nedenlerle kullanılmayan, bini veya kanal açılmasında açığa çıkan malzemeler toplanır, gerekli işlemlerin ardından ilk tanecik formuna getirilir ve yeni imalatlarda kullanılır.

XPS Üretiminde şişirici gaz olarak HCFC kullanılmaktadır. Üretimde açığa çıkan HCFC ozon tabakasına zarar vermektedir.

Extrüde polistreninin 2010 yılı mayıs ayı KDV DAHİL metre küp maliyeti yaklaşık olarak 280 TL dir.

Extrüde polistren alman normu DIN 4102 ye göre B1 sınıf zor alev alan malzemeler sınıfındadır. TS 825 Ek 5'te ısı iletkenlik hesap değeri yüzeyi pürüzlü 0,031W/mK, pürüzsüz iken 0.028 W/mK'dır. Su buharı difüzyon direnç faktörü u=0-250 arasındadır.

Ekstrüde polistren 25-45 kg/m<sup>3</sup> arası yoğunluklarda üretilmektedir. Mekanik dayanımları 10-50 ton/m<sup>2</sup>, su emmeleri hacimce max. % 0-0.5, kullanım sıcaklıkları -50 °C / +80 °C arasındadır [8].

#### **d) Ekspande polistren köpük (EPS)**

Ekspande Polistren Köpük (EPS-Genleştirilmiş Polistren Köpük), petrolden elde edilen, köpük halindeki, termoplastik, kapalı gözenekli bir ısı yalıtım malzemesidir.

Polistren taneciklerinin şişirilmesi ve birbirine kaynaşması ile elde edilen EPS (Genleştirilmiş Polistren Sert Köpük) ürünlerde, taneciklerin şişirilmesi ve köpük elde edilmesi için kullanılan gaz pentandır. Pentan tanecikler içinde çok sayıda küçük gözeneklerin oluşmasını sağladıktan sonra, üretim sırasında ve üretimi takiben çok kısa sürede hava ile yer değiştirir. Böylece EPS levhalarının bünyesinde bulunan çok sayıdaki (1m<sup>3</sup> EFS' de 3-6 milyar) küçük kapalı gözenekli hücreler içinde durgun hava hapsolür. Malzemenin % 98'i hareketsiz ve durgun havadır. EPS üretiminde son aşama olan şekil verme aşamasında, taneciklerin birbiri ile sıkıca kaynaşması sağlanır. EPS blok halinde ve kesilmek suretiyle levha haline getirilir veya levha şeklinde kalıp içinde genleştirilerek üretilebilir.

Ekspande polistrenin 2010 yılı mayıs ayı KDV dahil metreküp maliyeti yaklaşık olarak 120 TL'dir.

Ekspande polistren üretimine Alman Normu DIN 4102 ye göre B1 sınıfı zor alev alan ve B' sınıfı normal alev alan malzemeler sınıfında üretilebilmektedirler. TS825 Ek 5'te ısı iletkenlik hesap değeri 0.04 W/mK'tür. Su buharı difüzyon direnç faktörü 20-250 arasındadır. Ekspande polistren 10-40 kg/m<sup>3</sup> arası yoğunluklarda üretilmektedir. Isı yalıtımında kullanılabilmesi için TS7316'ya göre EPS'nin yoğunluğu min.15kg/cm<sup>3</sup> olmalıdır. Mekanik dayanımları 5-15 ton metre kare, su emmeleri hacimce %1.1-2.5 kullanım sıcaklıkları-180 derece/+75 °C derece arasındadır [8].

### e) Odun talaşlı levhalar

Ahşap talaşının manyezit bağlayıcı ile sıkıştırılarak levha halinde üretilen bir ısı yalıtım malzemesidir. Basınç ve bükülmeye karşı dayanımı olan bu levhalar, aynı zamanda ses yalıtımı da sağlamaktadırlar. Güneşin ultraviyole ışınlarından etkilenmezler, ancak organik kökenli bir malzeme olması sebebiyle çeşitli böcek ve organizmalardan zarar görebilmektedirler.

Odun talaşı levhaların kullanım sıcaklığı maksimum +110 °C derecedir. Isı iletkenlik hesap değeri 0.09-0.15W/mK su buharı difüzyon direnç faktörü 2-5 arasındadır. Yanma sınıfı BS476 standardına göre Class 1 ' dir yoğunluğu 360-570 kg/m<sup>3</sup> aralığındadır. Su meleri hacimce % 10 , basınç dayanımları 20 ton/ m<sup>2</sup> dir.

### f) Fenol köpüğü

Fenol köpükleri (PF) fenol-formaldehit bakalitine anorganik şişirici ve sertleştirici maddelerin katılmasıyla düşük (30-60 kg/m<sup>3</sup>) ve yüksek (80-120 kg/m<sup>3</sup>) yoğunlukta olmak üzere iki şekilde elde edilebilen malzemeler olup, blok, pano, plak, kabuk veya yerinde döküm olarak kullanılabilirler. Fenol köpükler açık gözenekli yapıları sebebiyle, su, hava ve buhara karşı yalıtımları düşüktür. Kırılgan ve düşük mekanik dayanımdadırlar.

Fenol köpüklerin kullanım sıcaklığı -180/+150 °C aralığındadırlar. Isı iletkenlik hesap değeri ortalama 0.036 W/mK'dır. Su buharı difüzyon direnç faktörü 10-50 arasındadır. Kolay su alabilen, kapiler özelliktedirler. Yanma sınıfı BS476 standardına göre class 1 ' dir. Yoğunluğu 30-50 kg/m<sup>3</sup>, basınç dayanımları 10-15 ton/m<sup>2</sup> alanındadır [8].

### g) Mantar levhalar

Bilinen en eski bitkisel kökenli yalıtkanlardan biri olan mantar, taneli bir yapıda olup, doğal mantar veya meşe mantarı olarak da bilinir.

Heterojen yapılı ve örnekten örneğe değişen ısı iletkenli katsayısına sahip olan mantar, piyasada kabuk, pano, karo vb. şekillerde bulunmaktadır. Ayrıca mantar, bir bağlayıcı yada çimento harcına katılarak, ısı tutucu katkılı sıva veya şap halinde de

uygulanabilmektedir. Genel özellikleri açısından yapıştırılması, çivilenmesi, kesilmesi kolay, çürümemesi bulunmaktadır. Bu özelliklere ek olarak mikroskopik olan, hemen hemen su almayan ve haşarat barındırmayan özelliktedirler.

Mantar levhaların kullanım sıcaklığı  $-180/+110$  °C aralığındadır. Isı iletkenlik hesap değeri  $0.04-0.055$  W/mK su buharı difüzyon direnç faktörü  $10-35$  arasındadır. Hidroskopiktir, havanın nemini çeker. Su emmez. Yanma sınıfı BS476 standardına göre class 3'tür. Yoğunluğu  $80-500$  kg/m<sup>3</sup> aralığındadır ve basınç dayanımları N/A'dır [8].

#### **h) Poliüretan**

Poliüretan, poliöl ve izosiyonat adı verilen iki ayrı kimyasal komponentin bir araya getirilmesi havanın yardımıyla bu iki maddenin köpürüp sertleşmesiyle üretilir levha-sandviç panel ve püskürtme yöntemi ile kullanılan bir ısı yalıtım malzemesidir.

Poliüretan köpük, kapalı gözenekli yapısı sayesinde suyu bünyesine almaz, fakat birleşim yerlerinden sızarak köpüğün altında birikebilir. Nem, köpükteki izosiyonür ve poliöl arasındaki kimyasal reaksiyonu hızlandırılarak dayanıklılığı düşük bir malzemenin oluşmasını sağlar. Bu durum köpüğün alt katmanlara yapışmasını da zedeler. Su buharı difüzyonu mukavemet, boyutsal stabilite özelliklerinde zayıflamaya sebep olur. Bunu önlemek için sıcak tarafta buhar kesici bir malzeme kullanılmalıdır [8].

#### **i) Cam köpüğü**

Cam köpüğü, toz camın karbon ile birlikte eritilmesi ile elde edilir ve kapalı cam hücrelerine sahiptir. Kabuk, levha, pano, blok veya kesilmiş parça olarak bulunabilirler. Su ve buhar geçirmezler, hidroskopik ve kapiler değildirler. Kimyasal etkilere karşı dayanıklıdırlar ve çürümez, küflenmez ve haşarat barındırmazlar.

Cam köpüğünün kullanım sıcaklığı  $-260/+430$  °C aralığındadır. Isı iletkenlik hesap değeri  $+20$  °C için  $0.052$  W/mK, su buharı difüzyon direnç faktörü  $10000'$  dir. BS476 standardına göre yanmaz malzemedir. Su emmez. Hidroskopik ve kapiler değildir. Yoğunluğu  $100-200$  kg/m<sup>3</sup>, basınç dayanımları  $48-880$  ton/m<sup>2</sup> aralığındadır [8].

Çizelge 2.3. Isı Yalıtım Malzemelerinin Teknik Özellikleri

ISI YALITIM MALZEMESİ	Isı İletim Katsayısı (W/mK)	Buhar Difüzyon Direnci ( $\mu$ )	Yogunluk (kg/m <sup>3</sup> )	Kullanım Sıcaklığı (°C)	Yangın Sınıfı (DIN 4102, BS 476)	Mekanik Dayanım (ton/m <sup>2</sup> )	Su Emme
Cam Yünü (TS 901 EN 13162)	0,04	1	14-100	-50 / +250 °C	DIN 4102 'ye göre A sınıfı yanmaz	1,5-6,5	%3-10
Taş Yünü (TS 901 EN 13162)	0,04	1	30-200	-50 / +750 °C	DIN 4102 'ye göre A sınıfı yanmaz	1,5-6,5	%2,5-10
Ekstrüde Polistren (TS 11989 EN 13164)	Pürüzsüz 0,028 Pürüzlü 0,031	80-250	25-45	-50 / +80 °C	DIN 4102 'ye göre B1 sınıfı zor alev alan	10-50	max. %0-0,5
Ekspande Polistren (TS 7316 EN 13163)	0,04	20-250	10-40	-180 / +75 °C	DIN 4102 'ye göre B1 sınıfı zor alev alan ve B2 Sınıfı normal alev alan	5-15	%1,1-2,5
Odun Talaşı Levhalar (TS 405)	0,09 - 0,15	2-5	360-570	max. +110 °C	BS476 'ya göre Class 1	20	%10
Fenol Köpüğü (TS 2193 EN 13166)	Ortalama 0,036	10-50	30-50	-180 / +150 °C	BS476 'ya göre Class 1	10-15	-
Mantar Levhalar (TS 304)	0,04 - 0,55	10-35	80-500	-180 / +110 °C	BS476 'ya göre Class 3	-	Su emmez
Pollüretan (TS 2193-10981 EN 13165)	Ortalama 0,035	30-100	30-200	-200 / +110 °C	DIN 4102 'ye göre B1, B2, B3	10-40	%3-5
Cam Köpüğü (EN 13167)	+20 °C için 0,052	10.000	100-200	-260 / +430 °C	BS476 'ya göre Class 0	48-880	Su emmez

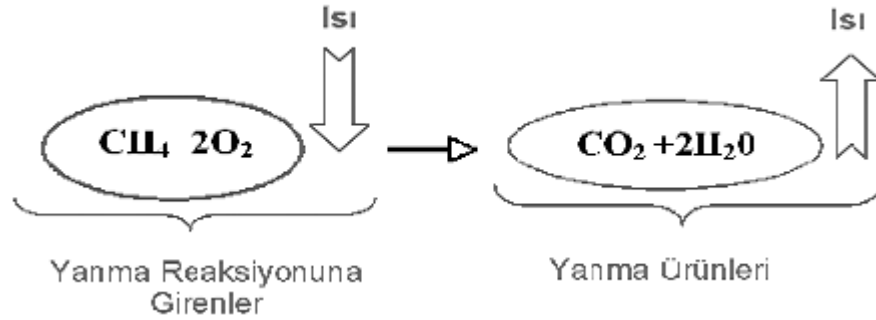
## 2.2. Yangın Yalıtımı

### 2.2.1. Yangın ve Yanma Reaksiyonu

Basit anlamda “yanma”, yanıcı maddelerin (yakıt) , oksijenle veya diğer oksitleyici maddelerle birlikte belirli şartlarda kararlı bir egzotermik zincirleme reaksiyona girmesidir yani, bir yanma reaksiyonunun başlaması için, yanıcı maddeyle beraber, oksijenin ve tutuşmayı sağlayacak ısıl enerji kaynağının varlığı gerekir.

Bununla beraber, yapılarımızda bulunan he türlü maddenin bir “tutuşma sıcaklığı” bulunmaktadır. Maddelerin tutuşma sıcaklığına ulaşması, ısı kaynakları tarafından sağlanır. Isı kaynakları; kimyasal, elektriksel, manyetik, nükleer ve solar olmak üzere beş çeşittir. Bu kaynaklardan herhangi birisi vasıtasıyla oluşan ısıl enerji, yanıcı maddelerin tutuşma sıcaklığına ulaşmasına ve yanma reaksiyonunun başlamasına sebebiyet verir.

Yanma işlemi sırasında, kimyasal reaksiyondan önce var olan maddelere “yanma reaksiyonuna girenler” ve yanma reaksiyonundan sonra oluşan maddelere “yanma işleminden çıkanlar” veya “yanma ürünleri” denir.



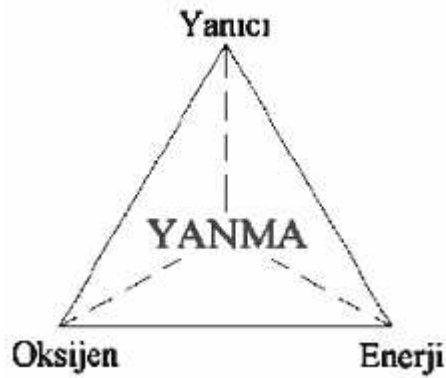
Şekil 2.18. Yanma ve Yanma Reaksiyonu

Yanıcı madde, oksijen ve yanıcı maddelerin tutuşma sıcaklığına ulaşmalarını sağlayan ısı enerji yanma reaksiyonuna katılan elemanlardır. Yanmanın oluşabilmesi için yanıcı maddenin mutlaka gaz fazında bulunması gerekir. Katı ve sıvı fazlarda yanma meydana gelmez. Faz değişimi için gerekli olan ısıl enerjiye maruz kalan bir

maddenin tutuşma sıcaklığına gelerek yanması için yakıt ve havanın uygun oranlarda bir arada olması gerekir. Örneğin doğalgazın hava içerisindeki karışım oranı %5'ten az, %15'ten fazla olursa yanma gerçekleşmez.

Yanmanın gerçekleşeceği karışım oranlarının alt ve üst limitleri arasındaki bölge genişledikçe maddelerin yanıcılıkları artar. Binalarımızda gündelik hayatımızda kullandığımız her türlü madde yanma reaksiyonuna değişik seviyelerdeki yanıcılıkları ile katılabilirler. Bu yönüyle ele alındığında binalarımızda kullandığımız her türlü yapı malzemesinin yanıcılıklarını bilmesi tasarımcının yangın güvenliği yönüyle hayati bir öneme sahiptir [9].

### 2.2.2. Yangın Evreleri



Şekil 2.19. Yangın Üçgeni

Kontrolümüz ve isteğimiz dışında meydana gelen yanma reaksiyonları ise “yangın” olarak tanımlanır.

Yanma reaksiyonunun gerçekleşmesi için gereken 3 bileşen (yanıcı-oksijen-ısı enerjisi) “yangın üçgeni” olarak adlandırılır.

Binalarımızda kullandığımız her türlü madde yangın üçgeninin yanıcı bölümünü oluşturabilir.

Atmosferde % 21 oranında bulunan oksijen, bir yandan yaşamsal fonksiyonlarımızın yerine getirilmesinde gerekli iken bir yandan da yanma reaksiyonunun oluşmasında, ikinci bileşeninde yapılarımızda bulunmasını sağlar. Yanma reaksiyonlarının oluşması için ortamda % 16 oranında oksijen bulunması yeterlidir. Yapılarımızda yanma reaksiyonunun oluşmasını sağlayan 3 etkenden ikisinin olan yanıcı ve oksijenin bir arada olması engellenmez.

Yangın üçgeninin son bileşeni olan ısı enerji açığa çıkmadan yanma reaksiyonu gerçekleşmez.

Herhangi bir yerde başlayan bir yangın temel olarak 3 karakteristik aşamayı izleyerek gerçekleşir.

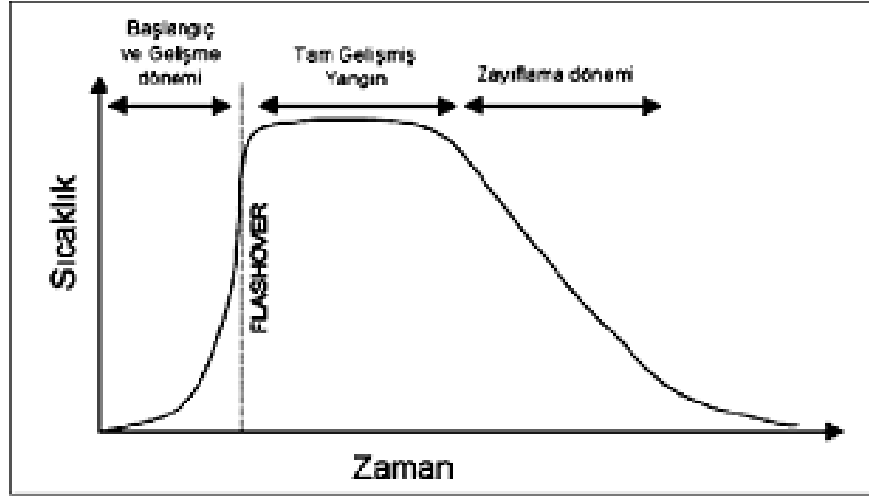
**Başlangıç safhası;** yangının başlangıcında ortamda yeterli oksijen vardır. Yangının en kolay söndürülebileceği evre olan başlangıç evresinde yanma reaksiyonu sebebiyle tavanda duman birikmeye başlar ve herhangi bir bölme yoksa tavanı tamamen kaplar. Yangının başlangıcında yangını söndürmek daha kolaydır. Yangının ilk beş dakikasında sıcaklık 500 °C' ye çıkabilir.

**Alevli yanma safhası (steady state);** yanma alevlerle beraber yayılarak ortam sıcaklığının 700-800°C mertebelerine ulaşmasına neden olur. Sıcaklığın hızla artması neticesinde öyle bir ana gelir ki ortamdaki cisimlerin hepsi kendi tutuşma sıcaklıklarına gelerek aniden tutuşur. Bu ani reaksiyon “genel kavuşum” (flashover) olarak tanımlanır. Bu evrede yangının yayılması neticesinde yanma reaksiyonuna katılan ortamdaki oksijen süratle azalmaktadır.

**Sıcak tütme safhası (hot smolding);** ortamdaki oksijen %15'in altına düşmüştür. Mahaldeki her yüzey yanmamış CO ve C partikülleri ile kaplıdır. Ortam sıcaklığı tekrar 700-800°C seviyelerine düşmüştür. Oksijen azaldığından yangın sönmüş gibi görünüp hafif hafif tütme söz konusudur. Sıcak duman gazlarının yükselerek tavan altında birikmesi ve ortamdaki oksijenin azalması; mahalın alt bölümlerinde vakum oluşmasına neden olur. Bu gibi durumlarda alçak seviyedeki çerçeve, camlar veya kapılar kırılmamalıdır.

Alttan açılan delikler; vakum etkisi ile ortama oksijen girmesine ve yeterli O<sub>2</sub> kaynağına ulaşan yanmamış gazların tekrar alevlenmesine sebep olur. Bu durum “ alev kapanı” (back draft) olarak adlandırılır. Üstten bir delik açılması ile duman gazlarının özgül ağırlık farkından atmosfere atılması ve aynı anda O<sub>2</sub>'nin ortama girmesi önlenebilir.

Bu aşamanın sonunda tüm yanıcıların tükenip kül olmasıyla yangın söner.



Şekil 2.20. Standart Zaman-Sıcaklık Eğrisi

“Yangından Korunma Önlemleri” bölümünde daha detaylı olarak açıklanacağı üzere, yapılarda kullanılan malzemeler, yangına ve yangının yayılmasına yapacakları katkılı açısından önem arz etmektedir. Yangın ve yangın yalıtımı ile ilgili olarak, yanıcılık, duvar, döşeme gibi bölümlerinde ise, yanıcılık ile birlikte yangın dayanıklılık sınıflarının yapı tasarımı sırasında dikkate alınması gerekmektedir.

Malzemelerin Yangına Karşı Tepki (Yanıcılık) Sınıfı; (EN 13501-1 Standardında, A1, A2, B, C, D, E, F olarak verilmektedir. ), yangının çıktığı mahalde ve genel kavuşuma kadar olan evrede, yangın yayılıma katkı açısından önemli olup, malzeme seçiminde dikkate alınmalıdır. Doğru malzeme seçimi, yangının büyümesini yavaşlatır, yangın mahallinin emniyetli bir şekilde tahliyesine imkân verir ve hasarın minimize edilmesini sağlar.

**Genel kavuşum evresine gelindiğinde ise,** artık yangın mahallinden kaçmak mümkün değildir. Binanın kurtarılması ve yangının diğer mahallere sıçramaması önem kazanır. Bu noktada, ilgili yapı bileşeni veya elemanının Yangına Dayanıklılık Sınıfı (F30: Yangına dayanıklılık süresi 30-59 dakika olan, F180 : Yangına dayanıklılık süresi 1480

dakika ve yukarısı olan şekilde verilmektedir), diğeri bir deyişle, yük taşıma, bütünlük ve yalıtkanlık özelliklerini ne kadar süreyle muhafaza ederek, yangına dayanacağı dikkate alınır [9].

### 2.2.3. Yangın Sırasında Ortaya Çıkan Etkiler

Yangın ve Yangının Evreleri bölümünde kısaca özetlenen etkiler yanında, bir yangın sırasında aşağıdaki etkilere de maruz kalındığı bilinmektedir.

Yanma reaksiyonuna katılan  $O_2$  çoğunlukla ortam havasından sağlanır ve yangın süresince tüketilir. Ortamdaki  $O_2$ 'nin azalması; yangın mahallinde bulunan ve buldukları ortamı en kısa zamanda terk etmeleri gereken insanlar üzerinde olumsuz etkisi bulunmaktadır. Atmosferde hacimsel olarak %21 oranında bulunan  $O_2$  insanlara uygun ortam sağlarken:  $O_2$  seviyesinin düşmesi durumunda kas hareketlerinde sekte ve hızlı nefes alıp verilmesine, baş dönmesi, göz kararması, baş ağrısı, şuur kaybına ve kalp yetmezliği neticesinde yaşam kayıplarına neden olmaktadır.

Yanma reaksiyonu egzotermik bir reaksiyon olduğundan gerçekleşen reaksiyon neticesinde yanma ürünü olarak ısı enerji açığa çıkar. Yanma reaksiyonu neticesinde açığa çıkan ısı; ortamın sıcaklığını arttırarak aynı yapı içerisinde veya yakınındaki farklı yapılarıdaki malzemelerin tutuşma sıcaklığına gelmelerini sağlayan bir ısı kaynağı gibi davranarak yangının yayılmasına neden olur. Yangın anında meydana gelecek olan sıcaklık dağılımlarının bilinmesi açısından ısı transfer mekanizmaları iyi bir şekilde bilinmelidir. Isıl enerji, yüksek sıcaklığa sahip ortamdan düşük sıcaklıktaki ortama iletim, taşınım ve ışınım ile transfer olur.

- İletim, bir maddenin, enerjisi daha fazla olan moleküllerinden, yakınındaki moleküllere, moleküller arasındaki etkileşim sonucunda gerçekleşir. İletim, katı, hareketsiz sıvı ve gaz ortamlarda gerçekleşebilir.

Katı bir yüzeyle onun temas ettiği akışkan arasında gerçekleşen ısı geçişine taşınım denir. İletim ve akışkanın ortak hareketi neticesinde gerçekleşen taşınımında akışkanın hareket hızı arttıkça transfer olan enerji miktarı artar. Yangın nedeni ile sıcaklığı yükselen bir duvar yüzeyinden iletim ve taşınım ile transfer olan ısı enerji söz

- konusu duvarın komşu odaya bakan yüzeyinde bulunan bir maddenin tutuşma sıcaklığına gelmesini sağlayarak yangının bağımsız bir mahale sıçramasına neden olabilir.
- Elektromanyetik dalgalar veya fotonlar aracılığı ile gerçekleşen bir ısı transferi şeklidir. Yanmakta olan bir binadan yayılan ısıl enerji ışınım yoluyla; arasında yeterli mesafe bulunmayan diğer bir binanın dış cephesinin sıcaklığını arttırıp dış duvar ile temas halindeki yanıcı maddeleri tutuşturarak ya da cam yüzeylerden geçerek mahal içerisindeki herhangi bir maddenin tutuşmasına neden olarak yangının yayılmasına neden olabilir.

Yangının yayılmasının dışında, açığa çıkan ısıl enerji de yapıların tamamen veya kısmen yıkılmalarına neden olabilir. Yangın çıkan mahalde sıcaklık dağılım heterojendir ve ısınan gazların özgül ağırlıklarında meydana gelen değişme neticesinde yükselmesi sonucu sıcaklık, döşemeden tavana doğru artar. Tavanda maksimum seviyeye çıkan sıcaklık 1000 °C seviyelerine ulaşabilir. Betonarme malzemelerin 500°C'nin üzerinde mukavemet değerlerinin 1/3 oranında düşmesi neticesinde çökme riski oluşur. Dolayısıyla yangın esnasında açığa çıkan ısı, yapının bütünlüğünü tehdit eder.

Açığa çıkan ısı nedeniyle ortam sıcaklığının artması ve bağıl nemin yükselmesi insanları olumsuz etkilemektedir. İnsan vücudu ve solunum sistemi belirli sıcaklık seviyesine kadar normal işleyişini sürdürebilir. Ortamdaki rutubetin artması insanların dayanım sürelerini azaltması yönüyle önem kazanır. Bünyesinde hidrojen bulunduran tüm maddelerin yanması sonucu yanma ürünü olarak su buharının çıktığı unutulmalıdır.

**Duman**, katı ya da faz haldeki yanma ürünleri için kullanılan genel bir terimdir ve yanmamış parçacıklarla, yanıcıdan kimyasal değişim yoluyla çıkan birtakım gazları birlikte içerir. Duman içerisinde bulunan tam yanmamış partikülleri yapı içerisinde zengin O<sub>2</sub> kaynaklarının olduğu bölgelere taşıyarak yangının yayılmasına, yanmakta olan yapı içerisindeki insanların görüş sahasını daraltarak tahliye koşullarının zorlaşmasına ve içerdiği zehirli gazlar ile can kaybına neden olabilir. Bu nedenle; tasarımcı, dumanı tümüyle bir tehlike kabul etmeli, üretimini ve hareketini sınırlamaya çalışmalıdır.

Duman içerisinde yer alan gazlar; boğucu, tahriş edici, zehirleyici veya göz yaşartıcı olabilir. Bu gazlara ağız ve solunum yolu ile, deri veya göz soğurması ile ya da dokunarak ve derinin yırtılması ile maruz kalınması durumunda; akciğer, göz, cilt, böbrek, karaciğer ve merkezi sinir sisteminin zarar görmesi söz konusudur.

Bir yangında kurbanların çok küçük bir yüzdesi yaşamlarını ısı nedeniyle oluşan göçükler sonucunda yitirirler. Bu durum özellikle itfaiyeciler ve kurtarma ekipleri için büyük tehlikedir. Buna karşılık ölümler çoğunlukla duman nedeniyle (zehirli gaz soluma ya da karbonmonoksit zehirlenmesi) olmaktadır. Araştırmalar, ölümlerin sayıca yarısından çoğunun doğrudan CO zehirlenmesinden kaynaklandığını göstermiştir. Zehirli bir gaz olan CO'in bulunmadığı bir yangın olmadığından CO'in etkilerinin mutlaka bilinmesi gerekir.

Karbonmonoksit zehirlenmelerinin bir diğer adı kan zehirlenmesidir. Alyuvarlarda bulunan ve normal koşullarda O<sub>2</sub> taşıyan hemoglobin maddesi; CO ile karşılaştığında hücrelere O<sub>2</sub> yerine CO taşıyarak O<sub>2</sub>'yi almadan dışarı atarak zehirlenmeye sebebiyet verir.

Yanmanın başlıca ürünleri; ısı, duman ve ışıktır. Işığın tehlike oluşturma olasılığı yoktur ancak ısı ve duman özellikle tehlikeli olup bunlara karşı önlem alınmalıdır [9].

#### **2.2.4. Mevzuatlar**

Yangın Standardı olarak Türkiye'de TSE son on yılda yangınla ilgili EN standartlarını çevirmeye başlamıştır. Tercümesi yapılan 13000 serisi standartlar yürürlüğe girdikçe kullanılmaya başlanmaktadır. Çıkarılan bu standartlar daha çok testlere dönük standartlardır. Şu anda bu konudaki en güncel çalışma TSE tarafından yürütülen 13501-1 "Yapı Mamulleri ve Yapı Elemanları Yangın Sınıflandırılması- Bölüm 1: Alev deneylerinden elde edilen veriler kullanılarak sınıflandırma" standardının mütalaa çalışmalarıdır.

Ülkemizde ağırlıklı olan Alman DIN normları kullanılmaktadır. Yangın yalıtımıyla ilgili üretilen malzemelerin çoğu DIN 4102'ye göre beyan edilmektedir. Yerli olarak üretilen mineral yün malzemelerin (cam yünü, taş yünü), yanı sıra endüstriyel yapılarda

kullanılan yangın önleyici ve geciktirici paneller, kablo kanallarında kullanılan yangın önleyici akrilik macunlar, vermikulit esaslı inorganik bağlayıcılı malzemeler, yangın tutucu bantlar, silikon mastikler, alçı ve cam elyafından imal plakalar, taş yünü esaslı paneller yangın yalıtımında kullanılan elemanlardır [10].

### 2.2.5. Yangın Yalıtımı

Gelişen teknoloji ve sanayileşme, nüfusun giderek çoğalması, toplu yerleşim bölgelerinin artmasına yol açıyor. Bu durum yangın riskinin ve buna bağlı olarak yangının maddi ve manevi zararlarının da artmasına neden oluyor. Yangın, yanmanın kontrolsüz bir şekilde ortaya çıkmasıdır. Yangının oluşması için yangın üçgeni olarak adlandırılan üç unsur yeterlidir; yanıcı madde, oksijen ve ısı kaynağı.

Evlerdeki her türlü mobilya, perde, duvar kâğıdı gibi eşyaların tümü yanıcıdır. Yangınlar için gereken oksijen ise havada bulunur. Sönmemiş bir sigara, elektrik kontağı, güneş ışınları, soba ve ocak gibi ısı kaynakları, bazı kimyasal tepkimeler ve sürtünmeye bağlı olarak ortaya çıkan ısılar ile yanıcı maddelerin herhangi bir şekilde tutuşma sıcaklığına gelmesi yangının başlamasına neden olur. Yanıcı maddelerin ve oksijenin hayatın vazgeçilmez birer parçası olduğu düşünülürse ve yanıcı maddeleri tutuşturabilecek enerjiyi sağlayabilecek teknolojik aletlerin çevremizi sardığı göz önüne alınırsa, aslında yaşanan mekânlarda yangın çıkma olasılığı sanıldığı gibi düşük bir olasılık değildir.

Yangından korunma denildiğinde bugün birçok kişinin aklına, yangın söndürme sistemleri ve duman detektörü gibi uyarı sistemleri geliyor. Aktif koruma sistemleri olarak adlandırılan bu sistemler yangın güvenliğinde önemli bir rol oynamasına karşın, yangının başlamasından sonra devreye girer ve mekanik arıza gibi çeşitli nedenler ile işlevlerini tam olarak yerine getiremeyebilirler. Bu nedenle; aktif önlemlerin dışında yangının ve zararlı etkilerinin, bina içinde ve komşu binalara yayılmasını yavaşlatacak, kişilerin yangın mahallinden güvenli bir şekilde tahliye edilmesine olanak sağlayacak yapısal önlemler alınmalıdır. Böylelikle, yangın büyümeden itfaiyecilere müdahale etme imkanı tanınır ve mal kayıpları azaltılır. Yangınların zararlı etkilerinin sınırlandırılmasına yönelik, can ve mal güvenliğini sağlayıcı yapısal önlemlere “**yangın yalıtımı**” denir [11].

### 2.2.6. Aktif ve pasif önlemler

Yapılar, yangın anında açığa çıkan yanma ürünlerinden yani ısı ve/veya dumandan kaynaklanan tehlikeleri en aza indirerek can ve mal güvenliğini sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Tasarım aşamasında alınan yapısal tedbirler, “pasif önlemler” olarak adlandırılır. Pasif önlemler; yangının ve yanma ürünlerinin yayılmasını engeller, yanma ürünlerinin yıkıcı etkilerine karşı kalkan görevi görür ve yapı içerisinde yaşayan kişilerin güvenli bir şekilde tahliyesine olanak sağlayarak, yapılarımızın savunma hattını oluşturur.

Yangından korunmak için, pasif önlemler ile yangının yayılmasının yavaşlatılmasının ve etkilerinin geciktirilmesinin yanı sıra, yangına doğrudan müdahale edilmesi gerekir. Yangının algılanarak yapı içerisinde yaşayan kişilerin uyarılması, yangının söndürülmesi ve duman gazların tahliye edilmesi gibi yangın anında devreye giren mekanik sistemler ise “aktif önlemler” olarak adlandırılır. Aktif önlemler; yangının ve zararlı etkilerinden korunmada yapılarımızın hücum silahları olarak düşünülebilir.

Pasif önlemler yapı kullanıldığı sürece hizmet verirken, aktif önlemler sadece yangın anında fonksiyonlarını yerine getirmektedir.

Ayrıca, yapılarda yangından korunma önlemlerinin belirlenmesinde, bina veya bir bölümünde yangının başlama ve yayılması, yangın esnasında ortaya çıkan duman ve gazlar, patlama tehlikesi gibi yapıda bulunanların yaşamları ve emniyetleri için potansiyel tehlike oluşturan faktörlerin izafi tehlike dereceleri de önemli rol oynamaktadır. Bina veya bir bölümünün tehlike sınıfı, binanın özelliklerine ve binada yürütülen işlem ve operasyonların niteliğine bağlı olarak saptanır. Eğer bir binanın çeşitli bölümlerinde değişik tehlike sınıflarına sahip maddeler bulunuyorsa en yüksek tehlike sınıflandırmasına göre uygulama yapılır (2002/4390 sayılı “Binaların Yangından Korunması Hakkındaki Yönetmelik”, bina veya bir bölümünün tehlike sınıflandırmasını vermektedir) [9].

### 2.2.7. Yapı Malzemelerinin Yangın Sınıfları

Yangından korunmak için alınması gereken önlemlerin belirlenmesinde, yapılarda kullanılan her türlü malzemenin, yangın karşısındaki davranışlarının bilinmesi son derece önemlidir. Bir yapı malzemesinin yangın karşısındaki davranışı; yangına katılma, alev oluşumu alev yayılım hızı, alev sürekliliği gibi performans kriterlerine göre test edilip, sonuçlarına göre sınıflandırılarak ifade edilir.

Yapı malzemelerinin yangın karşısındaki davranışları ile ilgili olarak 2002 yılına kadar, farklı performans kriterleri ve test prosedürleri kabul eden birçok ülke çok sayıda yangın sınıfları oluşturmuşlardır. Ülkemizde TS EN 13501-1 standardına göre test edilerek elde edilen sonuçlara göre aşağıdaki sınıflar ile ifade edildi [9].

Çizelge 2.4.DIN 4102 Standartlarına göre Yapı Malzemeleri

Yancılık sınıfı	Yapı malzemelerinin yangın sınıfı tanımları
A1	Yanmaz malzemeler
A2	Yanmaz malzemeler
B1	Zor alev alan malzemeler
B2	Normal alev alan malzemeler
B3	Kolay alev alan malzemeler

### 2.2.8. Yapı elemanlarının yangın dayanıklılık sınıfları

Yapı elemanlarının; yangına maruz kalmaları durumunda, tasarım aşamasında belirlenen işlevlerini, gerek yangına müdahale gerekse de yangından kaçış için gerekli olan süreler boyunca sürdürebilmeleri gerekir. Bir yapı bileşeninin ya da elemanının; yük taşıma, bütünlük ve yalıtkanlık özelliklerini belirlenen bir süre koruması “yangına dayanıklılık” olarak tanımlanır.

Yapı elemanlarının yangına dayanıklılık süreleri; uygun ısıtma ve basınç koşulları altında yapılan deneyler ile belirlenir. Yapı elemanları; özelliklerini korudukları süreye

göre, yangın dayanıklılık sınıfları ile ifade edilirler. Ülkemizde yapı elemanları veya bileşenleri, TS1263, TS 4065 ve DIN 4102 standardına göre test edilerek elde edilen sonuçlara göre aşağıdaki yangın dayanıklılık sınıfları ile ifade edilmektedir;

**F 30** Yangına dayanıklılık süresi 30-59 dakika olan

**F 60** Yangına dayanıklılık süresi 60-89 dakika olan

**F 90** Yangına dayanıklılık süresi 90-119 dakika olan

**F 120** Yangına dayanıklılık süresi 120-179 dakika olan

**F 180** Yangına dayanıklılık süresi 180 dakikanın üzerinde olan [9].

### **2.2.9. Binaların Sınıflandırılması**

Bina veya bir bölümünün tehlikesi; yangının başlama ve yayılması, yangın esnasında ortaya çıkan duman ve gazlar, patlama tehlikesi gibi bina veya yapıda bulunanların yaşamları ve emniyetleri için potansiyel tehlike oluşturan faktörleri izafi tehlike dereceleri anlamındadır.

Bina veya bir bölümünün tehlike sınıfı, binanın özelliklerine ve binada yürütülen işlem ve operasyonların niteliğine bağlı olarak saptanır. Eğer bir binanın çeşitli bölümlerinde değişik tehlike sınıflarına sahip maddeler bulunuyorsa en yüksek tehlike sınıflandırmasına göre uygulama yapılır.

Bina veya bir bölümünün tehlike sınıflandırması aşağıda tanımlanan şekilde düşük, orta ve yüksek olarak yapılır.

– Düşük Tehlike: Bünyesinde kendi kendine yayılan bir yangının oluşmasına imkân vermeyecek şekilde düşük yanabilirliğe sahip malzemelerden oluşur. Konutlar, ibadethaneler, hastaneler, okullar, kütüphaneler, müzeler, ofisler, restoran oturma alanları, tiyatro, oditoryum ve benzeri yerler.

– Orta Tehlike: Orta hızla ve önemli miktarda duman çıkararak yanma olasılığı bulunan malzemelerden oluşur. Otopark, fırın, çamaşırhane, restoran servis alanları, kuru temizleyici, deri üretimi, ticarethaneler, kâğıt üretimi, lastik üretimi, marangozhane ve benzeri yerler.

– Yüksek Tehlike: Çok hızlı olarak yanma olasılığı bulunan veya patlama tehlikesi bulunan malzemelerden oluşur. Uçak hangarları, yanıcı sıvı gazların üretildiği,depolandığı ve dağıtıldığı yerler, tutuşma sıcaklığı 38 °C dan düşük yanıcı madde kullanan yerler, plastik, plastik köpük ve benzeri madde üretimi yerleri ile boyahaneler [28].

## **2.2.10. Sanayi Yapılarında Yangın Yalıtımı**

### **2.2.11. Sanayide Pasif Yangın Yalıtımı**

Bina taşıyıcı sistem ve elemanlarının, gerek bir bütün olarak, gerekse her bir elemanıya, bir yangında insanların tahliyesi ya da söndürme süresinde korunmaları için yeterli bir zaman boyunca stabil kalmalarını sağlayacak şekilde hesaplanarak boyutlandırılmaları zorunludur. Söz konusu hesaplar, istenilen yangına dayanıklı ya da yangın kesici süreyi sağlayacak şekilde yapılırlar. (TYKY 2002, madde-23) Çevreye yangın yayma tehlikesi olmayan ve yangın sırasında içindeki yanıcı maddeler çelik elemanlarında 540 °C üzerinde bir sıcaklık artışına sebep olmayacak bütün çelik yapılar çelikte yangına karşı herhangi bir önlem alınmaksızın yangına karşı dayanıklı kabul edilir. Bunun dışında kalan çelik yapılarda, çeliğin sıcaktan uygun şekilde yalıtılması gerekir. Yalıtım, yangına dayanıklı püskürtme sıva ile sıvama, yangına dayanıklı boya ile boyama, yangına dayanıklı malzemeler ile çevreyi sarma, kutuya alma ve kütleli yalıtım şeklinde yapılabilir. Betonarme ve ön gerilmeli betondan mamul taşıyıcı sistem elemanlarında TS 4065 standardına uyulur. Çok katlı ve özellikle yatay yangın bölmeli binalarda, sistem bir bütün olarak incelenir, eleman genişlemelerinin kısıtlandığı durumlarda doğan ek zorlamalar göz önünde tutulur. Ahşap elemanların yangın mukavemet hesapları yanma hızına dayandırılır. (TYKY 2002 madde-23) [29].

#### **a) Taşıyıcı sistemlerinin yalıtılması**

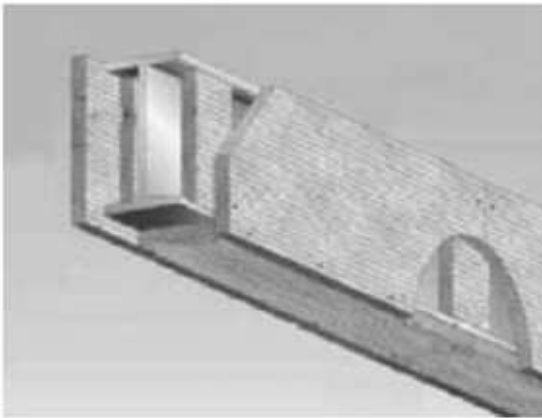
Çelik iskeletli yapıların yangın bakımından özel önemi vardır. Bunlarda, yanmazlıktan çok ısıl şekil değiştirmelerin oluşumu göz önüne alınır. Birçok standart çelik yapıları özel bir sınıf olarak ele almıştır. Eurocode 3 (EN 1993) Çelik Yapıların Tasarımını vermektedir ve ikinci bölümü çelik taşıyıcıların yalıtımına ayrılmıştır.

Yapısal İçi Boş elik Taşıyıcıların (SHS), açık profilli elemanlara oranla birçok yapısal ve mimari avantajları bulunmaktadır. Bu tür taşıyıcılar bükme gücüne karşı yüksek, eksenel yüke karşı da düşük esneme özellikleri taşırlar. Böylece, bu elemanlar yanal bükücü kararsızlığa ve sıkıştırma güçlerine karşı koyma konusunda çok etkili olmaktadır. İçi boş elik taşıyıcılar, estetik çekicilikleri ve kullanılışlıkları sayesinde mimarlar tarafından da tercih edilmektedirler.

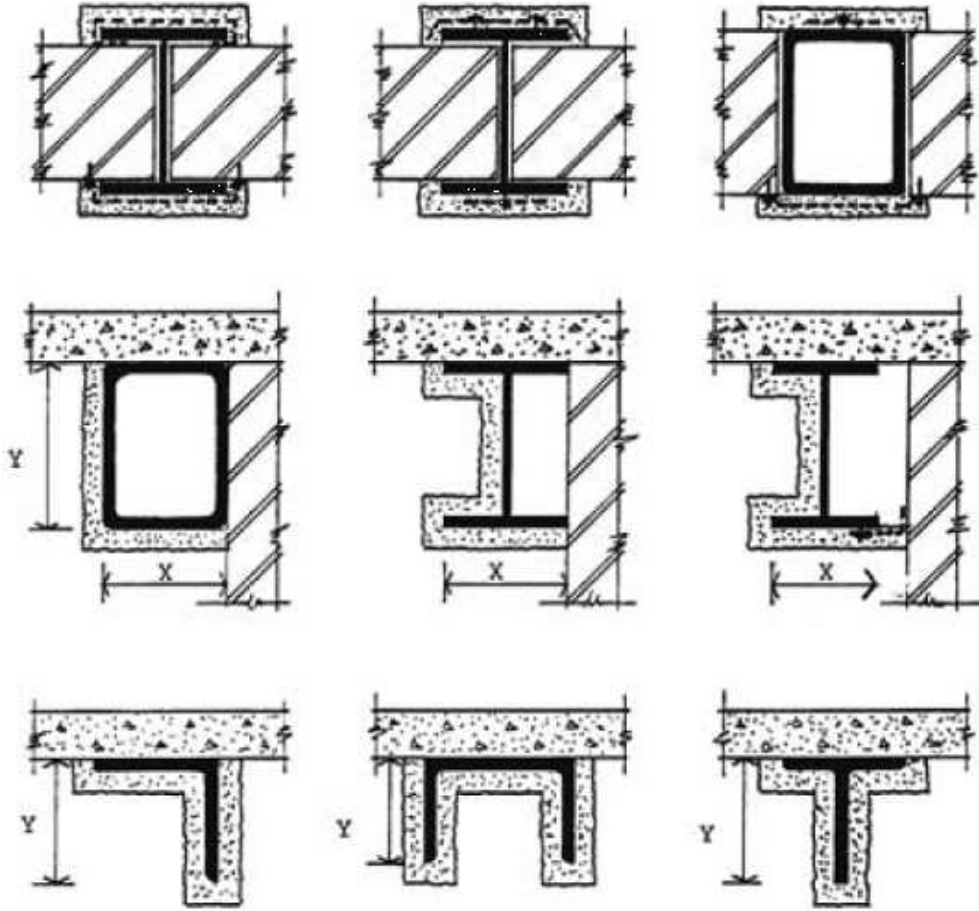
elik taşıyıcıların dış yüzeyinde yapılan korunma yöntemleri birçok şekilde olabilir.

elik taşıyıcıları korumaya yönelik geniş bir ürün yelpazesi mevcuttur. Bu ürünler, aşağıda belirtildiği gibi altı ana kategoriye bölünmektedirler[19];

- Püskürtülenler (sprays)
- Plaklar (Boards)
- Prefabrik Levhalar (Pre-formed Casings)
- Kabaran Boya (Intumescent Coatings)
- Beton ile Doldurmak (Concrete Filling)
- Su ile Doldurmak (Water Filling)



Şekil 2.21.Taşıyıcı Sistemlerin Yalıtılması



Şekil 2.22. Taşıyıcı Sistemlerin Yalıtımı

#### b) Yangının yayılmaması için duvar ve bölmeler

Endüstri yapılarında yangın bölmeleri düşey ve/veya yatay olarak oluşturulmalıdır. Can kaybının esas alınması halinde kaçış olanakları elverişli olan tek katlı tesislerde bölme yapılmayabilir. Can ve mal kaybının birlikte ele alınması halinde, sprinkler sistemi ve duman tahliyesi yoksa  $2000 \text{ m}^2$  aşmayacak bölümler oluşturulmalıdır. Katları olan endüstri tesislerinde merdiven hacmi ısı ve dumandan koruyucu yangın bölmeleri ile esas konstrüksiyon dan ayrılmalıdır. Kazan daireleri ve jeneratör grupları yangına dirençli, F120 kapılar ve duvarlarla oluşturulmalıdır.

Endüstriyel tesislerde, yangın güvenliği önlem noktaları:

A) Dış cepheler, çatılar, bölmeler

Binayı yatay ve düşey yangın bölmeleri ile bölümlere ayırmak gerekli bir yangın önlemidir. Bölmeler yanma direnci güvenlik seviyesine bağlı olarak F- 60, F-90, F120 olarak belirlenir.

B) Düşey iç bölmeler:

Yangına en az 120 dakika dayanıklı olarak projelendirilmelidir.

C) Yatay bölmeler, döşemeler:

Yangına 120 dakika direnç gösteren ve alev geçişine imkan vermeyen (boşlukları olmayan her döşeme yatay yangın bölmesidir) yanıcı malzemeden üretilmiş asma tavanlardan kaçınılmalıdır. Diğer yanıcı olmayan malzemeden yapılmış asma tavanlarda esas tavan ile aralarındaki boşluk yangının yayılmasına neden olacağından önlem alınmadan kullanılmalıdır [30].

### c) Kaçış yolları

**Kaçış Yolu:** Binanın herhangi bir noktasından yer seviyesindeki cadde ve sokağa kadar olan ve hiçbir şekilde engellenmemiş bulunan yolun tamamıdır. Oda ve diğer müstakil hacimlerden çıkışlar, katlardaki koridor ve benzeri geçişler, kat çıkışları, zemin kata ulaşan merdivenler ve bina çıkışına giden yollar bu kapsamdadır [18].

Çizelge 2.5.Kaçış Yolları

Kullanım Sınıfı	Tek yön en çok uzaklık (m)		İki yön en çok uzaklık (m)		Birim genişlik için kişi sayısı				Çıkma koridor en çok uzaklık(m)	
	Yağmurlama Sistemi yok	Yağmurlama Sistemi	Yağmurlama Sistemi yok	Yağmurlama Sistemi	Kapı Açıklıklarında		Kaçış Merdivenlerinde	Rampalar ve Koridorlarda	Koridorlar	
					Dışarı çıkış kapısı	Diğer kapılar ve koridor kapıları			Yağmurlama Sistemi yok	Yağmurlama Sistemi
Yüksek Tehlikeli Yerler	10	20	20	35	50	40	30	50	10	20
Endüstri Amaçlı Yapılar <sup>(1)</sup>	15	25	30	60	100	80	60	100	15	20
Yurtlar, Yatakhaneler	15	30	45	75	50	40	30	50	15	20
Mağazalar, Dükkânlar, Marketler	15	25	45	60	100	80	60	100	15	20
Büro Binaları	15	30	45	75	100	80	60	100	15	20
Otoparklar ve Depolar	15	25	45	60	100	80	60	100	15	20
Okul ve Eğitim Yapıları	15	30	45	75	100	80	60	100	15	20
Toplanma Amaçlı Binalar	15	25	45	60	100	80	60	100	15	20
Hastaneler, Huzurevleri	15	25	30	45	30	30	15	30	15	20
Oteller, Pansiyonlar	15	20	30	45	50	40	30	50	15	20
Apartmanlar	15	30	30	75	50	40	30	50	15	20
<sup>(1)</sup> Kolay alevlenici ve yoğun duman çıkarıcı malzeme bulundurulmayan endüstriyel amaçlı yapılarda tek ve iki yönlü uzaklık ½ oranında artırılabilir.										
Not: Kaçış mesafeleri için, dış kaçış geçitlerinde yağmurlama sistemli binalardaki, açık otoparklarda ise yağmurlama sistemli otopark kaçış mesafeleri esas alınır.										

#### **d) Duman kontrolü**

Duman kontrolü ateşin bulunması ile başlar. İnsanoğlu, ateşi ısınmak ve yemek pişirmek amacı ile kullanırken ortamda oluşan dumandan korunmak için deneyerek, bacaları ve duman kontrol sistemlerini bulmuştur. Yangında oluşan dumanın kontrolü yapı tekniği ve malzemelerin değişimi ile gelişmiş ve günümüzde bu konuda farklı yöntemler geliştirilmiştir.

Yangınlarda ölüm ve yaralanmaların büyük çoğunluğu, katlar arasına ve merdiven boşluğuna dolan duman nedeniyle olmaktadır. İstatistikî çalışmalarda; ölümlerin % 90'ından fazlasına zehirli dumanın neden olduğu görülmektedir.

Yangın sırasında oluşan duman deride ve solunum sisteminde ağır hasar meydana getirmekte ve yoğun dumanda insanlar yollarını kaybetmekte, paniğe kapılmaktadır. Çevredeki eşyaların yanması, karbonmonoksit ve diğer zehirli gaz konsantrasyonunu artırmakta ve buna bağlı zehirlenmeler görülmektedir. Duman görülen her yerde mutlaka yangın olmayabilir. Örneğin bir ahşap dolap veya bir yatak büyük miktarda duman çıkarabilir ve duman, klima kanalları veya ara boşluklardan bütün odalar dağılır. Her taraf duman olduğundan yangın kaynağının bulunması zorlaşır. Küçük bir yangının kaynağı bile saatlerce uğraştan sonra bulunabilir. Duman yayılmasının önlenmesi ve hacimlerin dumandan arındırılması; hem can güvenliği bakımından, hem diğer bölümlere dumanın verdiği maddi zararın azaltılması ve hem de yangına kolay müdahale edilebilmesi bakımından yangın güvenliğinin en başta gelen önlemlerindendir.

Duman hareketinin kontrolü;

- a) Bölgelere ayırma,
- b) Duman tahliye kanalları, kapakları bacaları yapılması,
- c) Yangın veya duman damperleri kullanılması,
- d) Basınçlandırma yapılması,

mekanizmaların tek tek ya da birkaçının birlikte kullanılmasıyla gerçekleştirilir[19].

## **2.2.12. Sanayide Aktif Yangın Yalıtımları**

Yapılarda yangın yönünden alınacak aktif güvenlik önlemleri, genellikle yangını başlangıç anında algılayıp büyüüp yayılmasını müsaade etmeden sınırlandırıp, kurtarma ve müdahale etme faaliyetlerini kolaylaştırmaya, sakinleri güvenle yangının olduğu yapı ve bölümlerden tahliye etme ve yangını bünyesel olarak söndürmeyi amaçlayan güvenlik önlemlerinin tümünü içerir. Bu önlemler iki bölümde toplanabilir: (a) Yangın algılama ve uyarı sistemleri. (b) Yangın engelleme ve söndürme elemanlarıdır.

### **a) Erken uyarı**

Isı ve dumanı algılayabilen detektörlü erken uyarı sistemleri, yangını nispeten ufak ve kolay söndürülebilir durumda iken haber verir. Küçük yangınlar daha az hasar verdikleri ve bu durumun binanın ileri derece hasar görerek çökmesini engellediği için insanların zarar görmesini engeller. Yeni sistemlerde, binanın 1. veya 2. bodrumunda veya ilk kattaki lobi alanında, güvenlik odasının yakınında bir yangın kontrol odası bulunmaktadır [20].

### **b) Yapı dışı yangından korunma tesisatı**

Merkezi su besleme sistemleri yalnız içme ve kullanma suyu sağlamaya değil aynı zamanda yangından korunmaya da hizmet ederler. Nüfusu 20000 kişiden yukarı olan yerleşim bölgelerinde yangından korunma tedbirleri kapsamında su şebekesindeki ana boruların, su depolarının ve mekanik tesisatın tasarımında değişiklik yapılmaz. Çünkü yangın söndürmede kullanılacak su debisi en çok içme ve kullanma suyu debisinin altında kalır. Bu nedenle şebekeye yalnızca yangın hidrantları eklenir ve bu hidrantların üzerinde bulunduğu boru devreleri için uygun çaplar seçilir(DIN3221, TS 2821).

Dış tesisatın en önemli elemanlarıdır, yeraltı ve yerüstü hidrantları olarak iki gruba ayrılır. Yer altı hidrantları bağlantı çapı 80 mm. ventil çapı 70mm.değerindedir. Montajları daha kolay olup trafiğe engel olmazlar. Ancak gece ve kar yağdığında yerlerini bulmak zordur ve kapasiteleri daha düşüktür. Hidrant aralıkları 80-100m., daha

geniş bir yerleşimde ise 120m. değerindedir. Yerleşim için bir başka değerde 100x100 m. bir alan için 1800lt/dak. su alabilme olanağı sağlanmasıdır [20].

### c) Yangın söndürme sistemleri

Günümüzde yangın riski taşıyan mekânlarda yangının yayılmadan söndürülmesi amacıyla çeşitli yangın sistemleri geliştirilmiştir. Bu sistemler aşağıda sıralanmıştır.

#### -Sabit boru-hortum sistemleri

A sınıfı yangınları su kullanarak önlemek amacıyla bina içinde yerleştirilen sabit boru tesisatı, yangın dolapları ve hortumları sabit boru-hortum sistemlerini oluştururlar. Binada diğer yangın söndürme sistemleri kurulmuş olsa bile, sabit boru-hortum sistemleri gerekli tamamlayıcı olabilir. Özellikle yüksek binaların üst katlarında hem etkili hem de en kısa zaman içinde sıvı akımı elde etmenin en güvenilir yollarından biridir.

Sabit boru-hortum sistemleri aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır:

- a) Islak sabit boru-hortum sistemleri: Bu sistemde su kaynağı ile sistem arasındaki vana daimi açık olup sistemde her an basınçlı su bulunmaktadır.
- b) Otomatik beslenen sabit boru-hortum sistemleri: Bu sistemde hortum vanası açıldığında, devre otomatik olarak su ile beslenir.
- c) El ile çalışan sabit boru sistemleri: Bu sistemde her yangın dolabında bulunan el ile kumandalı cihazın çalıştırılması ile suyun devreyi beslemesi sağlanır.
- d) Kuru sabit boru-hortum sistemleri: Bu sistemde devrede su yoktur. Bu sistem özellikle ısıtması olmayan düşük sıcaklıklara maruz kalabilecek mahallerde tercih edilir. Sistem özellikle yüksek binaların üst katlarında, itfaiye araçlarının giremeyeceği dar sokak veya geniş alanlı binalarda tercih edilir. Suyun sisteme verilmesi üç değişik şekilde olmaktadır:
  - i)İtfaiye teşkilatı ile yapılan bağlantıda su sağlanır.
  - ii)Su elle kontrol edilen bir vananın açılması ile sisteme verilir.
  - iii)Hortum vanası açıldığında sistem otomatik olarak su ile beslenir.

## Otomatik sprinkler sistemleri

Sprinkler sistemleri yangın esnasında otomatik olarak harekete geçerler. Söndürücü akışkan olarak su kullanılır. Sprinkler sistemleri bina içinde bir dizi sabit boru ve bu borulara bağlı boşalma fıskiyesi (sprinkler) den oluşur. Yangın sırasında açığa çıkan ısının etkisiyle katı bağlantı elemanının erimesi yada cam bir ampul içinde bulunan sıvının sıcaklık etkisiyle genişleyerek ampülü kırması sonucu suyun önü açılır ve yangın mahalline akar. Her 10-20 m<sup>2</sup> ye bir fıskiye tavsiye edilir.

Bakımı iyi yapılan sprinkler sistemleri oldukça güvenilirlerdir. Can ve mal güvenliğini korunmasında oldukça etkilidirler. Amerikan NFPA kuruluşunun kayıtlarına göre incelenen 80 binin üzerinde yangın olayında sprinkler sistemleri %96,2 lik tatminkâr bir yüzdeyle yangınları söndürdüğü görülmüştür. Ayrıca, incelenen her on olayın altısında sprinkler sistemlerinin herhangi bir insan müdahalesi olmadan yangınları kontrol altına aldığı tespit edilmiştir. Yine NFPA kayıtlarına göre, tamamen düzgün çalışan sprinkler sistemiyle donatılmış binalardaki yangın olaylarında, patlama ve parlama sonucu olanlar hariç olmak üzere, çok sayıda (3 veya daha fazla) can kaybı olmamıştır.

Sprinkler sistemlerinin belli başlı kullanım alanları suyun fazla zarar vermeyeceği otel odaları, mağazalar, ağaç, lastik, tekstil endüstrisi gibi yerlerdir.

Islak borulu sprinkler sistemleri: Islak borulu sprinkler sistemlerinde otomatik sprinklerler bir su kaynağına bağlı bulunan ve içinde su bulunan boru sistemlerine tespit edilmiştir. Bu sistemlerde yangın sebebiyle oluşan ısının etkisiyle sprinklerler açılır ve hemen suyun yanan maddelerin üzerine boşalmaya başlamasını sağlarlar.

Siteme bağlı herhangi bir sprinkleri yangından oluşan ısının etkisi harekete geçirerek suyun akışını sağlar. Serbest kalan su jeti sprinklerdeki yansıtıcıya çarparak dağılır ve yangın mahalline düzgün bir yağmurlama şeklinde boşalması sağlanır.

Kullanım alanındaki şartlara bağlı olarak, sprinkler 40 °C ile 350 °C arasında belirlenen bir sıcaklık değerinde aktif hale geçmek için ısıtılır. Sprinklerin çoğu yaklaşık olarak dakikada 70 ile 100 litre arasında suyun yangın mahalline

boşalmasını sağlarlar. Bununla birlikte bazı özel uygulamalar için kullanılan sprinklerde boşalan su miktarı dakikada 400 litreye çıkabilmektedir.

Islak borulu sprinkler sistemlerinde boru şebekesi su ile dolu bulunduğu için ortam sıcaklığı 4 °C den fazla olan mahallerde kullanılmalıdır. Eğer mahallin çok küçük bir kısmı düşük sıcaklıklara maruz ise bu kısımlarda esas boru şebekesine ek bir kapalı devre oluşturarak bu kısımdaki boruların içini antifirizli solüsyon ile doldurulması mümkündür.

**Kuru Borulu Sprinkler Sistemleri:** Kuru borulu sistemlerde boru şebekesi su yerine su kaynağı ve boru şebekesi arasındaki valfi kapalı tutacak düzeyde basınçlı hava ya da nitrojen gazı ile doldurulur. Hava basıncı şebeke girişine yerleştirilen bir araç ile otomatik olarak kontrol edilir. Yangından açığa çıkan ısı herhangi bir sprinkleri aktif duruma getirdiğinde, boru şebekesindeki basınç hızla düşecektir. Bu basınç azalması kuru boru şebekesi girişindeki valfi açılmasına neden olacak böylece borular su ile dolacak ve açık bulunan sprinklerden su yangın mahalline boşalacaktır.

Kuru borulu sprinkler sistemleri ıslak borulu sistemlerinin kullanılmadığı düşük sıcaklıktaki mahallerde kullanılabilir. Ancak kuru boru sisteminin girişindeki valf kısmı ısıtılan mahallere konulmalıdır.

**Deluge (Selleme) Sprinkler Sistemleri:** Deluge sprinkler sistemlerinin yapısı ıslak ve kuru borulu sistemlere benzer fakat bu sistemlerden başlıca iki yönden farklıdır;

- a) Standart sprinklerler kullanılır, fakat hepsi açıktır. Sprinkleri harekete geçiren elemanı içermezler, bu nedenle boru şebekesi girişindeki valfi açıldığında su bütün sprinklerden yangın mahalline boşalır ve mahal su ile boğulur.
- b) Kontrol valfi normal olarak kapalı tutulur. Valf ayrı bir yangın algılama sistemi vasıtasıyla harekete geçerek açılır.
- c) Deluge sistemler hızlı bir şekilde genişleyen yangınların kontrol altına alınmasında kısa sürede bol miktarda suyun gereksinim duyulduğu mahallerde kullanılırlar.

**Ön Hareketli Sprinkler Sistemleri:** Bu sistemler deluge sistemlere benzerler, fakat bu sistemdeki sprinklerler eriyebilen birleşme elemanı ya da cam ampuller vasıtasıyla kapalıdır. Deluge sistemlerdeki kontrol valfi burada ön hareket valfi vazifesi görür.

Yangın algılama sisteminin harekete geçmesiyle ön hareket valfi açılır ve boru şebekesi su ile dolar, sistem ıslak borulu sprinkler sistemi haline dönüşür [20].

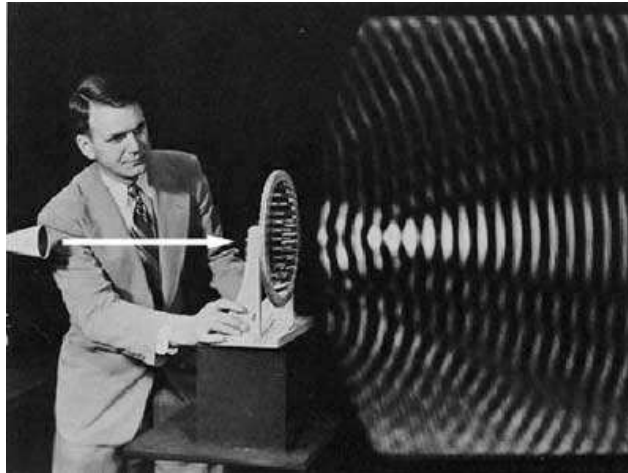
## 2.3. Ses Yalıtımı

### 2.3.1. Ses

Ses, titreşim yapan bir kaynağın hava basıncında yaptığı dalgalanmalar ile oluşan ve insanda işitme duygusunu uyaran fiziksel bir olaydır.

Gürültü akustikte, ansiklopedik tanım olarak dinlenmekte olan seslere karışan istenmeyen herhangi bir ses olarak tanımlanır. Radyo ile yapılan iletişimdeki gürültüye parazit denmektedir. Televizyonda bunun karşılığı karlanmadır. Gürültüde birbiri ile armonik olmayan değişik frekanslı çok sayıdaki titreşimin birbiri üstüne gelmesi nedeniyle müzikten ayrılır. Bilgi iletimi sırasında dış ortamdan gelen ve bilgi kullanımıyla ilgili olarak göz önüne alınması gereken anlamsız simgeleri tanımlamaktadır [21].

Başka bir deyişle istenmeyen bir ses ise buna "gürültü" adı verilir. İnsan sağlığı ve konforu üzerinde çok olumsuz etkileri olan gürültü, işitme hasarlarının yanı sıra, vücut aktivitesinde kan basıncının artması, kasların istem dışı kasılması gibi fizyolojik tesirler, huzursuzluk sinirlilik gibi psikolojik tesirler ve iş veriminin düşmesi gibi performans tesirleri olan çok önemli bir olgudur [43].



Şekil 2.23.Özel bir ses merceği ve özel bir görüntüleme ile çıkan ses dalgasının görüntüsü

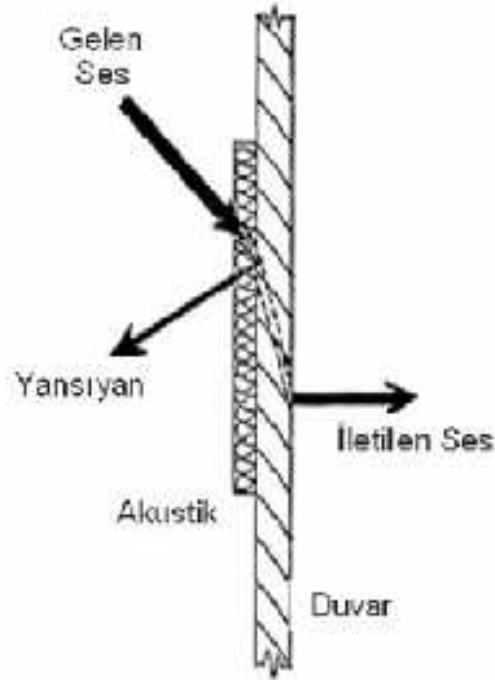
### 2.3.2.Sesin İletimi

#### a) Hava Doğuşumlu Ses İletimi

Ses dalgaları hava içerisinde hareket ederek ulaştıkları yapı elemanının titreşmesine neden olur. Titreşimler yapı elemanı içerisinde ilerleyerek veya yapı elemanında bulunan çeşitli boşluklardan geçerek ses kaynağına komşu olan hacme iletilir. Tipik hava doğuşumlu ses iletimine örnek olarak konuşma, müzik dinleme vb. faaliyetler verilebilir [43].

#### b) Darbe Kaynaklı Ses İletimi

Bir nesnenin yapı elemanına (duvar, tavan veya döşeme) çarpması sonucu, yapı elemanının her iki yüzeyi de titreşerek ses dalgası üretir ve darbenin olduğu hacmin dışındaki diğer hacimlere ses iletilir. Tipik darbe kaynaklı ses iletimine örnek olarak ayak sesleri, zıplama, eşyaların düşürülmesi, sürüklenmesi vb. faaliyetler verilebilir [35].



Şekil 2.24.Sesin Akustik Bir Malzeme Karşısındaki Tutumu

### **2.3.4. Sesin Yayılması**

### **2.3.5. Açık Ortamda Sesin Yayılması**

Ses kaynağının uzak alanında bulunan bir alıcı noktaya gelen sesin düzeyi; dalga sapması nedeniyle uzaklığın fonksiyonu olarak azalır. Ses kaynağının türüne göre değişim gösteren ve frekansa bağlı olmayan uzaklık azaltımının değeri çizgi kaynak için uzaklığın her iki katında 3 dB, nokta kaynak için ise 6 dB, uçan cisimlerde ise 7 dB olarak saptanmıştır [35].

### **2.3.6. Kapalı mekânlarda sesin yayılması**

Sesin kapalı mekânlarda davranışı şu şekilde incelenir.

- Sesin yayılması
- Sesin yutulması
- Sesin yansımaları
- Sesin kırılması
- Çınlama süresi
- Oda modları

#### **a) Sesin Yansımaları**

Bu oda çeperlerine örneğin duvarlarına çarpan ses dalgalarının bir kısmı yansır., bir kısmı yutulur yada iletilir. Gelen ses ışığının dalga boyu yüzey boyutlarından küçük tutularak, ses dalgasının yansımaya açısının geliş açısına eşit olması sağlanır. Hacim içindeki bir dinleyici ilk önce ses kaynağından direkt sesi duyacak sonra direkt yansımış ses yolları arasındaki uzunluk gecikmesi 50 ms' nin üstündeyse (örneğin yol farkı 17m'den fazlaysa) yansımalar ekoları artıracaktır.

#### **b) Sesin Yutulması**

Ses dalgasının, bir engelle ya da bir hacmin yüzeylerinden birine çarptığında enerjisinin bir kısmı yutulur.

Özellikle yumuşak ve elyafli maddeler ve hatta insanlar çevrelerini saran ve kendilerine çarpan ses dalgalarından önemli bir kısmının yutulmasına neden olurlar.

Sesin, bir malzeme içinden geçerken yada bir yüzeye çarptığı zaman ses enerjisinin bir başka forma girmesi (çoğunlukla ısı enerjisi), sesin yutuculuğu olarak tanımlanır. Burada dönüşülen ısı enerjisinin miktarı çok azdır ve ilerleyen ses dalgasının hızı, yutulacak özellikleri görülmektedir.

### **c) Sesin Yayılması**

Yayıma ses dalgalarının yüzeyden rastgele dağılımı veya saçılmasıdır. Yüzey boyutu sesin dalga boyuna eşit olduğu zaman meydana gelir.

Sesin hacim içindeki yayılması pek çok yolla sağlanabilir; bunların en çok kullanılanları aşağıda sıralanmıştır.

-Yüzeylerde, girinti ve çıkıntı ya da malzeme farklılıkları gibi düzensizlikler ve ses saçıcı elamanların bolca kullanılması.

-Ses yansıtıcı ve yutucu yüzeylerin ardışık düzenlemeleri

-Ses yutucu malzemelerin gelişi güzel, düzensiz dağılımı.

### **d) Sesin Kırılması**

Kırılma ses dalgalarının bir obje etrafında veya bir açıklık boyunca eğilmesi veya akması'dır.

### **e) Sesin Yankıma Süresi**

Hacimlerde yankılanma süresinin saptanması için bazı deneysel ön verilerin hazırlanması gerekir.

Bir salonda ses kaynağı olduğunda ses yeğinliği belirli bir düzeye ulaşır. Oluşan ses devam ettiği sürece ses yeğinliği düzeyini bozamaz. Ses kaynağının susması ile ses yeğinliği ortalama balı olmak üzere azalmaya başlar.

Örneğin ilk saniyede ses yeğinliğini yüzde 60 kaybediliyorsa ikinci saniyede, ikinci saniyenin başındaki yeğinliğinin yüzde 60'ını kaybeder ve böylece kademeli olarak sifıra iner. Ses yeğinliğinin maksimum değerinden 60 dB aşağı düşmesi için geçen zamana yankılanma süresi denir ve saniye ile birimlendirilir [35].

### 2.3.7. Gürültü Kontrolü

Fizik tanıma göre gürültü, anlarında herhangi bir uyum olmayan pek çok frekanstan oluşan sese verilen isimdir. Bir başka anlatımla, gürültü tek bir nota ile taklit edilemeyen sestir. Örneğin, trafik, rüzgâr, yağmur, pazar yeri, lokanta, gürültüleri gibi. Bu terim, yapı akustiğinde istenmeyen ses olarak ta tanımlanır Bu anlamda örneğin uyumlu notalardan oluşan müzik sesi bile telefonla konuşan biri için gürültü niteliği taşıyabilir.

Gürültü denetimi, alman çok çeşitli önlemler ile gürültünün, kabul edilebilir, yani insanlar için zarar ya da rahatsızlık vermeyecek düzeylere indirilmesi işidir Bunun için önce gürültünün tüm özelliklerinin ölçmelerle belirlenmesi, yayılma yollarının saptanması, sonra da alınacak önlemlerin buna göre belirlenmesi gerekir.

Gürültü, düzeyi ve süresi bakımından günlük dozu aşarsa, vereceği zarar birikimsel olduğundan, insan organizmasında yıllar sonra ortaya çıkan ve giderilmesi olanaksız çok çeşitli bozukluklara neden olur. Bundan ötürü, gerek iç gerek dış mekânlarda gürültü denetimi büyük önem taşır.

Gürültü denetimi çok yönlü, zor ve masraflı bir iştir. Bu nedenle pratisyenlerce değil, akustik uzmanlarınca ele alınması ve gürültü denetim planına göre çalışılması gerekir[22].

Çizelge 2.6.Gürültünün sınıflandırılması

30-65 dBA	I. Derecedeki Gürültüler <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Konforsuzluk</li> <li>➤ Rahatsızlık</li> <li>➤ Sıkılma duygusu</li> <li>➤ Kızgınlık</li> <li>➤ Konsantrasyon bozukluğu</li> <li>➤ Uyku bozukluğu</li> </ul>
65-90 dBA	II. Derecedeki Gürültüler <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Fizyolojik gürültü</li> <li>➤ Kalp atışının değişimi</li> <li>➤ Solunumun hızlanması</li> <li>➤ Beyindeki basıncın azalması</li> </ul>
90-120 dBA	III. Derecedeki Gürültüler <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Fizyolojik gürültü</li> <li>➤ Baş ağrısı</li> </ul>
120-140 dBA	IV. Derecedeki Gürültüler <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Fizyolojik gürültü</li> <li>➤ Baş ağrısı</li> </ul>
>140 dBA	V. Derecedeki Gürültüler <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Kulak zarının patlaması</li> </ul>

Gürültüyle savaşmanın en etkili yolu olan gürültü denetimi, gürültünün insan üzerinde oluşturacağı zararlı etkileri en aza indirmek için alınacak önlemleri kapsar. Gürültüyle mücadele metotları Akustik düzenleme ve Ses Yalıtımı olarak ikiye ayrılır [43].

### 2.3.8.Akustik Düzenleme

Akustik Düzenleme; mevcut kapalı ortamda yansıma (reverberasyon) süresinin düzenlenmesidir. Cam yünü, taş yünü, yumuşak poliüretan esaslı köpükler, melamin köpüğü, ahşap yünü gibi malzemeler detay çözümlerinde kullanılır [43].

Piyasada ses yutucu malzeme ya da akustik malzeme genel adı altında asma tavan levhaları, duvar kaplamaları, çeşitli yünler, sıvalar ve benzeri ürünler pazarlanmaktadır. Bu tür malzemeye verilen ad yanıltıcı olmamalıdır. Hemen her malzeme belli oranda yutucudur ve gerek söz konusu malzemenin gerek cam, halı, perde, ahşap kaplama vb. sıradan malzemenin yutuculukları frekansa göre çok büyük oranda değişir. Örneğin halı, perde, ince levhalar vb. sıradan malzemenin de yutuculukları belli frekanslarda çek yüksektir. Bu nedenle bu terim, belli bir amaç için üretilmiş bir malzeme türünü belirtmekle birlikte, hem bunların hem sıradan malzemenin kullanılışları, profesyonelce

yaklaşımlar gerektirir. Yanı hiç bir malzeme akustikte her derde deva değildir Hangi frekansların hangi oranlarda yutulması gerektiği bilinerek, kullanılacak malzeme ona göre seçilmelidir. Bu yapılmazsa boş yere para harcanır ve istenen sonuç aralamayabilir [22].

### **2.3.9.Ses Yalıtımı**

Gelişen teknolojiye paralel olarak yapı elemanlarının hafiflemesiyle gürültü sorunları ortaya çıkabilmektedir Bu sebeple yapı elemanlarının ses ışınları karşısındaki davranışlarını iyi bilmek, sonradan meydana gelecek ve masraflı, telafisi zor durumlarda kalmayı önleyebilir. Yapı elemanları vasıtasıyla iletilen bu seslerin miktarlarını azaltmak için alınan önlemlere "Ses Yalıtımı" denir [43].

Hava doğuşumlu ve darbe kaynaklı ses iletiminin sınırlandırılmasında farklı metotlar kullanılır. Eğer ses dalgaları, içinde yol aldıkları ortamdan farklı yoğunluk veya esneklikte bir engelle karşılaşırlarsa, enerjinin bir kısmı yansıtılır, bir kısmı soğurularak ısıya dönüşür, bir kısmı da yoluna devam eder. Ses yalıtımı da temel olarak, binaların tüm kısımlarından yansıyan ses dalgalarının geçişini engelleyecek uygulamalardan oluşur [43].

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada anlatılan yalıtım yöntemleri ısı, ses ve yangın olarak üç bölümde incelenmiştir. Bu yalıtım yöntemleri, Malatya organize sanayi bölgesinde mevcut bulunan bir sanayi yapısına uygulanmıştır.

Mevcut sanayi yapısı, üretim holü ve idari birim olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. İdari bina iki kattan müteşekkil olup, üretim holünden ayrı bir hacim olarak değerlendirilmektedir. Bina statik yapısı, prefabrik olarak inşa edilmiştir. Ayrıca tüm teknik bilgiler, uygulama bölümlerinde detaylı olarak anlatılmıştır.

Tüm yalıtım hesaplamalarında temel olarak, yönetmeliklere bağlı kalınmıştır. Henüz uygulanmada bazı yetersizlikler olmasına rağmen, yalıtım konusunda yayınlanan yönetmelikler teknik bilgi bağlamında büyük bir eksikliği gidermiştir.

Mayıs 2008 tarihinde yayınlanan TS 825 ısı yalıtım yönetmeliğine göre İZODER tarafından yayınlanan ısı yalıtım hesap programı, ısı yalıtımı konusundaki hesaplara esas teşkil edecektir. Bu hesap programından elde edilen farklı sonuçlar, tablo ve grafik ortamına aktarılarak yalıtım hususunda değerlendirmeler yapılacaktır.

Yangın yalıtımı için 27/11/2007 tarihinde binaların yangından korunması hakkında yönetmelik yayınlanmıştır. Bu yönetmelik, Türkiye genelinde her tür yapı, bina, tesis ve işletmelerin tasarımı, yapımı, bakımı ve kullanımı aşamalarında, herhangi bir şekilde çıkan yangının, can ve mal kaybını en aza indirerek söndürülmesini sağlayacak, yangın öncesinde ve sırasında alınacak tedbirler ile organizasyon ve denetimini sağlamaktadır. Yöntem olarak aktif ve pasif olarak ikiye ayrılan yangın yalıtımı, sırası ile mevcut sanayi yapısına uygulanacaktır.

Mevcut yapıda gürültünün azaltılması, problemin sistematik şekilde ele alınması ile mümkündür. Bunu için ses ile ilgili temel kavramlar tanıtılacak, sırasıyla kişisel önlemler, gürültünün kaynağında azaltılması ve gürültünün istenmeyen bölgelere yayılması engellenecektir. Yöntem olarak bu konuda yayınlanmış olan makaleler ve bilimsel çalışmalar esas alınacaktır.

## **4. ARAŞTIRMA BULGULARI**

### **4.1. Isı Yalıtım Uygulamaları**

#### **4.1.1. Binaya Ait Bilgiler**

Bina, organize sanayi bölgesinde inşa edilmiş, girişi “batı” yöne bakacak şekilde yerleştirilmiş bir sanayi yapısıdır. Bina, kendine ait geniş bir arsaya yüksek yapılardan uzak, bağımsız bir şekilde yerleştirilmiştir. Statik yapısı olarak, taşıyıcı sistemler modüler, prefabrik yapı elemanlarından oluşmuştur.

Bina, üretim holü ve idari yapı olmak üzere iki temel yapı olmak üzere iki temel kısımdır. İdari yapı iki kattan müteşekkil olup, tüm bina bir çatı ile örtmüştür.

#### **4.1.2. Yapı Elemanları**

Statik sistemi prefabrik alan binanın duvarları, 20 cm’lik yatay delikli tuğla ile örülmüştür. İçten ve dıştan sıva ve boya ile kaplanmıştır. Mimari projedeki pencere ölçülerine uyulmuş olup, plastik doğrama kullanılmıştır.

Çatı sistemi, çelik makaslardan üretilmiş, üzeri 1.8 mm metal trapez saç ile örtülmüştür. Üretim halinde çatıya müdahale edilmemiş fakat idari kısımda ters tavan uygulaması yapılmıştır.

Prefabrik sistem betonarme zemin üzerine oturmuş olup üzeri 10 cm çapla kaplanmıştır.

#### **4.1.3. İklim Şartları**

Isıl hesaplarda kullanılmak üzere dış hava sıcaklığı  $-12^{\circ}C$  ve ait olduğu bölge 3. bölge olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.1.İllere göre derece gün bölgeleri (TSE 825 Ek D)

<b>3. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ</b>			
AFYON	BURDUR	KARABÜK	MALATYA
AKSARAY	ÇANKIRI	KARAMAN	NEVŞEHİR
ANKARA	ÇORUM	KIRIKKALE	NİĞDE
ARTVİN	ÉLAZİĞ	KIRKLARELİ	TOKAT
BİLECİK	ESKİŞEHİR	KİRŞEHİR	TUNCELİ
BİNGÖL	İĞDIR	KONYA	UŞAK
BOLU	ISPARTA	KÜTAHYA	
<b>İli 1. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan belediyeler</b>			
POZANTI (Adana)	KORKUTELİ (Antalya)		
<b>İli 2. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan belediyeler</b>			
MERZİFON (Amasya)	DURSUNBEY (Balıkesir)	ULUS (Bartın)	
<b>İli 4. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan belediyeler</b>			
TOSYA (Kastamonu)			

#### 4.1.4. Isı Yalıtım Hesapları

##### a) Bina Ölçüleri

Yalıtım hesabı yapabilmek için binaya ait mimari bilgilerin detaylı olarak bilinmesi gerekmektedir. Ayrıca şekil 4.1, 4.2, 4.3 de binaya ait mimari çizimler görülmektedir.

Mimari projede yapılan ölçümlere göre;

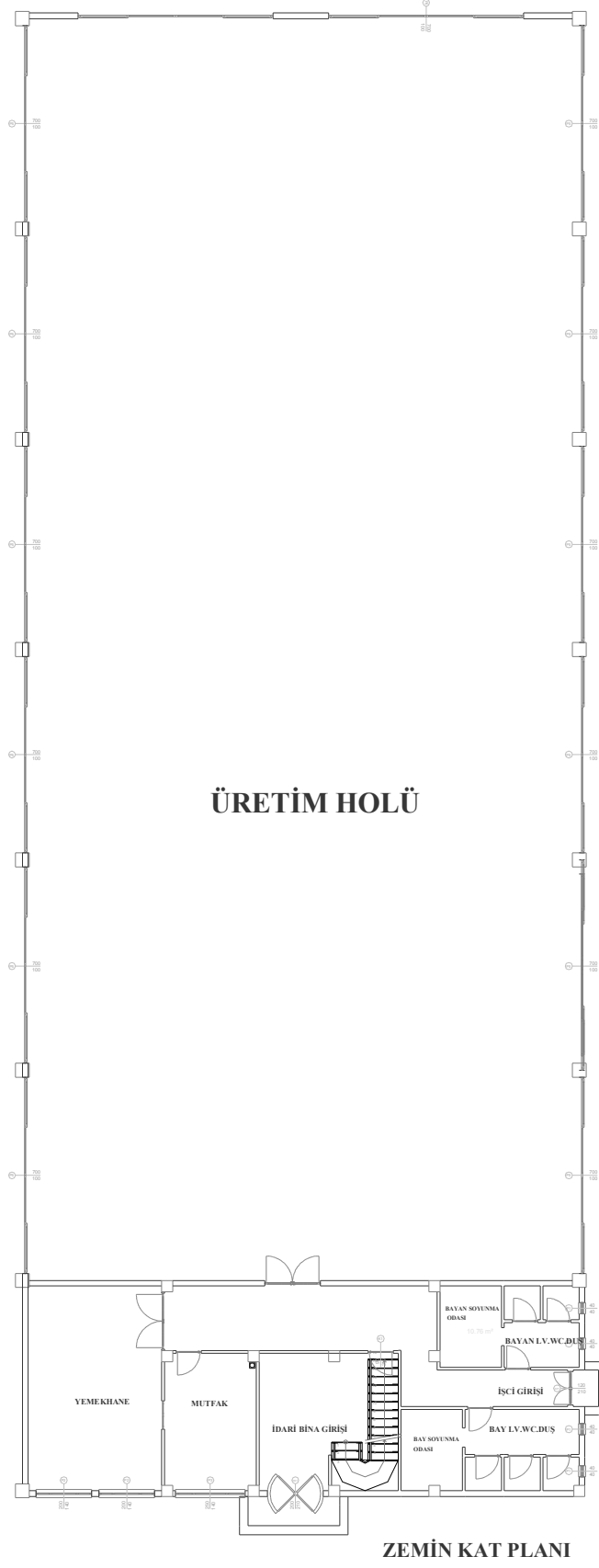
Çizelge 4.2.Bina Ölçüleri

Bina Dış Ölçüleri	20 x 52 x 6 m
Dış Duvar (DD1)	725 m <sup>2</sup>
Kolon-Kiriş (DD2)	42 m <sup>2</sup>
Pencere	91 m <sup>2</sup>
Taban	1040 m <sup>2</sup>
Çatı	1500 m <sup>2</sup>

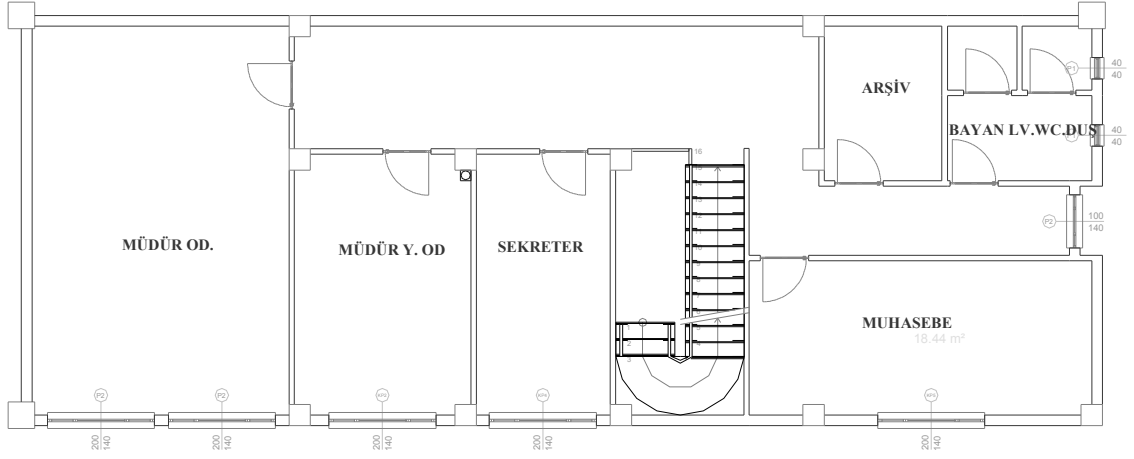
##### b) Yalıtım Malzemeleri

Temel olarak yalıtımda kullanılacak malzemelerin seçimi piyasada bulunabilirlik de göz önünde tutulursa;

- Mineral ve bitkisel tipli ısı yalıtım malzemeleri (Taşyünü Camyünü. Vb.)
- Sentetik köpük malzemeler
- Exspande polistren köpük (EPS)
- Extrude polistren köpük (XPS)

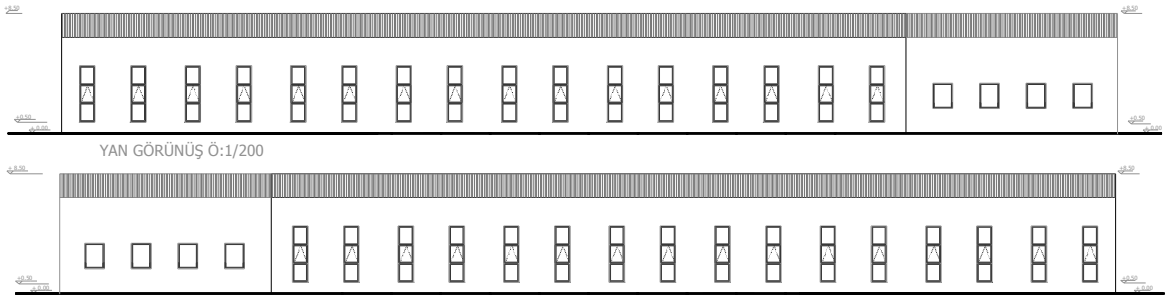


Şekil 4.1. Zemin kat planı



## 1. KAT PLANI

Şekil 4.2. İdari bina 1.kat planı



Şekil 4.3. Yan görünüşler

Yalıtım için kullanılacak malzeme seçimi yalıtım için büyük önem taşır. Yalıtım malzemesinin en önemli karakteristik özelliği elbetteki ısı geçirgenlik katsayısıdır. Isı yalıtım yönetmeliğinde belirtilen toplam ısı geçiş sayısının ve kalınlığının yeterli olması gerekmektedir.

Çizelge 4.3.Bölgeler göre tavsiye edilen ısı geçirgenlik katsayıları

	$U_D$ (W/m <sup>2</sup> K)	$U_T$ (W/m <sup>2</sup> K)	$U_t$ (W/m <sup>2</sup> K)	$U_P^*$ (W/m <sup>2</sup> K)
1. Bölge	0,80	0,50	0,80	2,80
2. Bölge	0,60	0,40	0,60	2,60
3. Bölge	0,50	0,30	0,45	2,60
4. Bölge	0,40	0,25	0,40	2,40

Ayrıca, yalıtımda dikkat etmemiz gereken bir husus da yalıtım malzemesinin yanıcılık sınıfıdır. Çünkü yalıtım komple düşünülmesi gereken bir konudur. EPS malzemesi normal alev alan bir malzeme olarak üretilebildiğinden hesaplarda kullanılmayacaktır.

Özel olarak, taban yalıtımda kullanılacak malzemenin basma mukavemetinin yüksek olması gerekmektedir. Bu sayede, ağır yüklere maruz kalması durumunda, döşemede olabilecek çatlakları önleyecektir.

### c) Yapı Bileşenlerinin Detay Çözümleri

Genel olarak, yalıtım detayları çizelge 4.4’ de verilmiştir. Bu şekillerdeki yalıtım malzemeleri bölümündeki malzemelerin kalınlığı ve cinsi değiştirilerek farklı sonuçlar elde edilecektir.

Çizelge 4.4.Dört Farklı Yalıtım Ölçülendirmesi

1.Durum	Yalıtım Kalınlığı
Duvar	2 cm
Tavan	6 cm
Taban	2 cm

2.Durum	Yalıtım Kalınlığı
Duvar	3 cm
Tavan	8 cm
Taban	3 cm

3.Durum	Yalıtım Kalınlığı
Duvar	5 cm
Tavan	10 cm
Taban	5 cm

4.Durum	Yalıtım Kalınlığı
Duvar	6 cm
Tavan	12 cm
Taban	5 cm

Ayrıca,hesaplarda kullanılacak iki farklı duvar tipinin özellikleri aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 4.5.İki farklı duvarın özellikleri

1.Tip Duvar			2.Tip Duvar		
2 cm	İç sıva	k=1,6 W/mK	2 cm	İç sıva	k=1,6 W/mK
x cm	Yalıtım	$k_y$	x cm	Yalıtım	$k_y$
19 cm	Tuğla	k=0,81 W/mK	50 cm	D.beton	k=2,5 W/mK
3 cm	Dış sıva	k=1,6 W/mK	3 cm	Dış sıva	k=1,6 W/mK
$R_{wt}=0,436 \text{ m}^2\text{K/W}$			$R_{wt}=0,401 \text{ m}^2\text{K/W}$		

#### d) Isı Yalıtım Programı İZODER TS 825

TS 82S standardının hazırlanıp, 1998 yılında yayınlanmasından sonra, İZODER, bu standardın ve uygulamanın yaygınlaşmasında önemli bir rol üstlenmiştir. Bu çalışmadan en popülerleri ise İZODER TS 825 hesap programıdır. İZODER tarafından hazırlanan bu program sayesinde hesaplamalar çok daha kısa sürede ve pratik bir biçimde yapılabilir hale getirilmiştir. Özellikle standarda birebir uygun olacak şekilde hazırlanan Hesap programı, bugüne kadar birçok tasarımcı tarafından kullanıldı ve belediyeler tarafından zorunlu bir hale getirilmiştir.

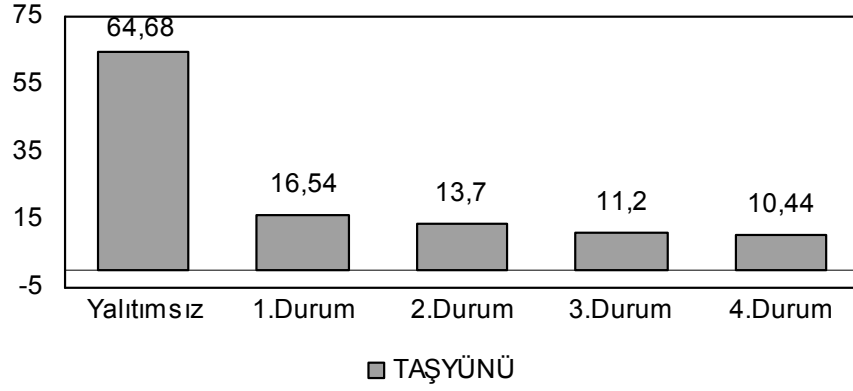
#### 4.1.5. Hesaplamalar

Örnek Sanayi binası için yapılan hesaplar, dört farklı ölçüye göre, iki değişik malzeme için yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar için farklı yönlerden değerlendirme yapılmıştır.

##### a) Yıllık Isıtma Enerjisi

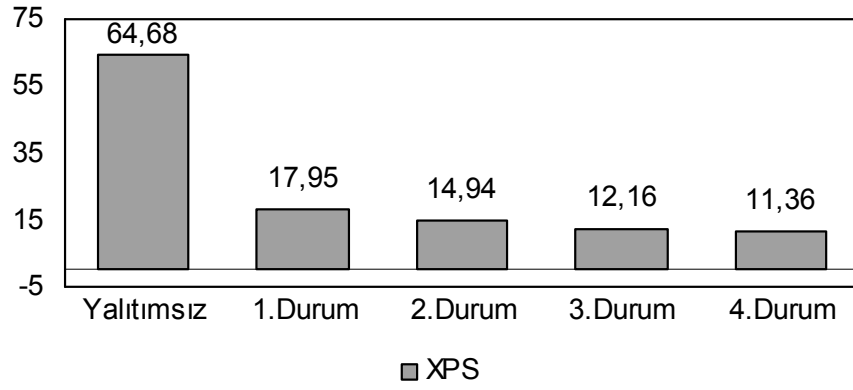
Dört farklı yalıtım ölçülendirmesi için, Taşyünü ve XPS kullanılarak elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir. Tüm hesaplamalar TS 825 paket programıyla yapılmıştır.

Çizelge 4.6.Taşyünü için hesaplanan ısıtma enerjisi (kwh/m<sup>3</sup>)



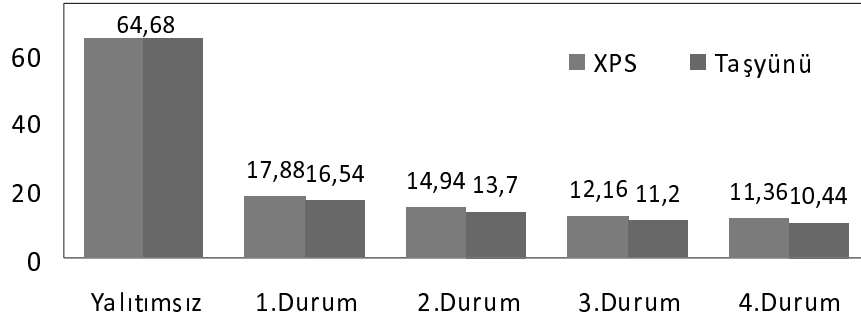
TAŞ YÜNÜ	
	Q' (kWh/m <sup>3</sup> )
Yalıtımsız	64,68
1.Durum	16,54
2.Durum	13,7
3.Durum	11,2
4.Durum	10,44

Çizelge 4.7.XPS için hesaplanan ısıtma enerjisi (kwh/m<sup>3</sup>)



XPS	
	Q' (kWh/m <sup>3</sup> )
Yalıtımsız	64,68
1.Durum	17,95
2.Durum	14,94
3.Durum	12,16
4.Durum	11,36

Çizelge 4.8. İki farklı malzeme için hesaplanan ısıtma enerjisinin mukayesesi



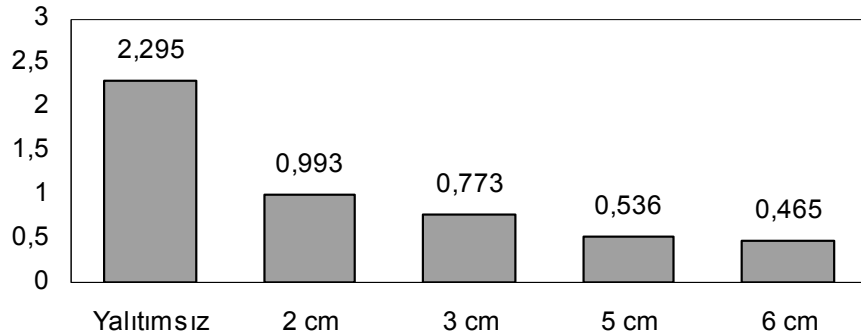
Ayrıca, örnek sanayi tesisi için yalıtımsız durumda hesaplanan yıllık ısıtma enerjisinde, referans teşkil etmesi için verilmiştir.

### b) Isı Geçirgenlik Katsayıları

Yalıtımın bina üzerindeki etkilerini daha yakından görebilmek için, dört farklı yalıtım kalınlığıyla hesaplanan duvardaki ısı geçirgenlik katsayılarını incelemek gerekmektedir.

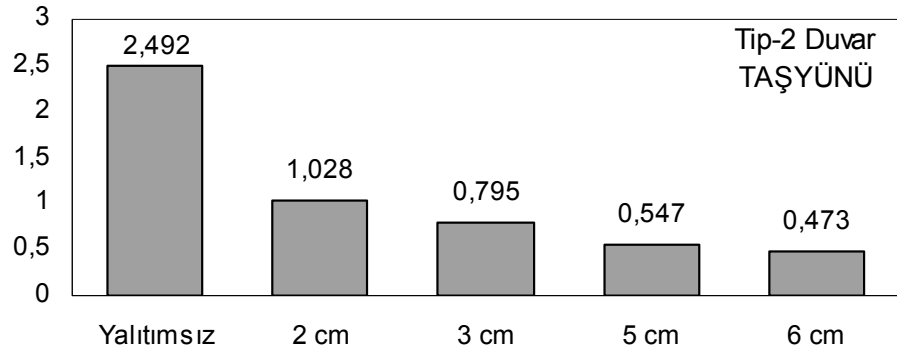
Aşağıdaki grafiklerde iki farklı duvar için U değerleri hesaplanmıştır. Yalıtım malzemesi olarak Taşyünü ve XPS kullanılmıştır.

Çizelge 4.9.1. Tip duvarda kullanılan Taşyünü için ısı geçirgenlik katsayısının değişimi



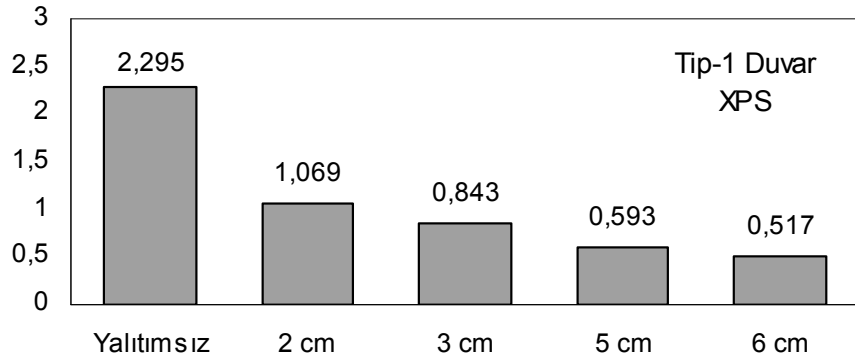
TAŞ YÜNÜ	
	U <sub>duvar1</sub> (W/mK)
Yalıtımsız	2.295
2 cm	0.993
3 cm	0.773
5 cm	0.536
6 cm	0.465

Çizelge 4.10.2. Tip duvarda kullanılan Taşyünü için ısı geçirgenlik katsayısının değişimi



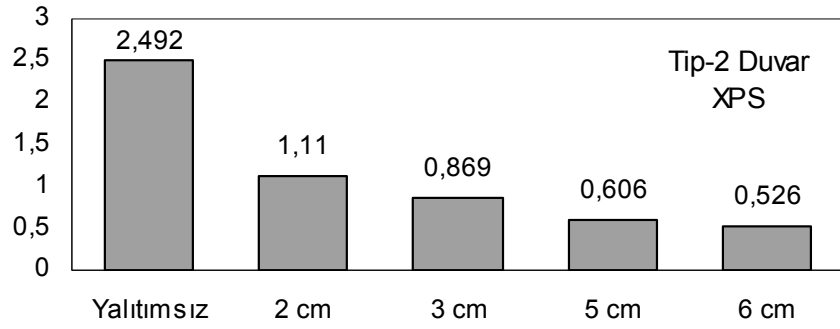
TAŞ YÜNÜ	
	U <sub>duvar2</sub> (W/mK )
Yalıtımsız	2.492
2 cm	1.028
3 cm	0.795
5 cm	0.547
6 cm	0.473

Çizelge 4.11.1. Tip duvarda kullanılan XPS için ısı geçirgenlik katsayısının değişimi



XPS	
	U <sub>duvar1</sub> (W/mK )
Yalıtımsız	2.295
2 cm	1.069
3 cm	0.843
5 cm	0.593
6 cm	0.517

Çizelge 4.12.2. Tip duvarda kullanılan XPS için ısı geçirgenlik katsayısının değişimi



XPS	
	U <sub>duvar2</sub> (W/mK )
Yalıtımsız	2.492
2 cm	1.11
3 cm	0.869
5 cm	0.606
6 cm	0.526

Buraya kadar yapılan tüm hesaplarda TS 825 paket programı kullanılmıştır. Bu programın hesap sayfalarına ait örnekler Şekil 5.1 ve 5.2.' de verilmiştir.

### c) Optimum Yalıtım Kalınlığı ve Maliyet Hesabı

Bu bölümde dış duvarlara uygulanacak yalıtım Kalınlığının optimum değerlerinin tespiti için bir prosedür kullanılacak ve farklı şartlarda çözümlenmeler yapılacaktır. Enerji ve yalıtım maliyetlerinden oluşan toplam maliyetin minimizasyonu için ömür maliyet analizi (life cycle cost) kullanılacaktır [24, 25].

Enerji gereksimini tahmini için kullanılan yöntemlerden biri Derece-Gün (DG)dir. DG değeri belirli bir denge sıcaklık referans alınarak hesaplanır. Hesaplarda kullanılacak DG sayısı 18 °C denge sıcaklığı referans alındı Malatya ili için yapılan hesaplama sonucu bulunan 2461 olarak tespit edilmiştir.

Isıtma için gerekli yıllık enerji miktarı:

$$EA = \frac{86400.DG}{\left(R_{wt} + \frac{x}{k}\right). \eta} \quad (6)$$

formülü kullanılarak hesaplanır.

Bu formüldeki ( $R_{wt}$  yalıtımsız duvarın toplam ısı direnci,  $x$  ve  $k$  sırasıyla yalıtım malzemesinin kalınlığı ve ısı iletim katsayısıdır.  $\eta$  ise ısıtma sisteminin verimidir.)

Her bir birim yüzey için ısıtmanın yıllık enerjisi maliyeti;

$$C_A = \frac{86400.DG.C_F}{(R_{wt} + R_{izo}).H_u.R} \quad (7)$$

şeklinde tanımlanır. Buradaki  $C_F$  ve  $H_u$ , kullanılan yakıtın birim fiyatı ve alt ısı değeridir.

Toplam ısıtma maliyeti hesaplanırken ömür süresi (LT) ve bugünkü değer (PWF) birlikte değerlendirilmelidir. PWF değeri gerçek faiz oranı ( $r$ ) ve zamana bağlıdır. ( $r$ ) ise;

$$r = (i - g)/(1 + g) \quad (8)$$

ile hesaplanır. Burada,  $g$  enflasyon oranı ve ( $i$ ) ise faiz oranıdır. Bu durumda;

$$PWF = \frac{(1 + r)^{LT} - 1}{(1 + r)^{LT} . r} \quad (9)$$

olarak yazılır

Yalıtımın toplam maliyeti ( $C_{t,ins}$ ) aşağıdaki denklemle bulunur.

$$C_{t,ins} = C_{ins} . x \quad (10)$$

Sonuç olarak, yalıtılmış bir binanın toplam ısıtma maliyeti; sistemle ilgili tüm harcamaların toplamından hesaplanmıştır.

$$C_t = \frac{86400.DG.C_F.PWF}{(R_{wt} + x/k).H_u.\eta} + C_{t,ins} \quad (11)$$

Optimum yalıtım kalınlığı, toplam ısıtma maliyetini minimuma indirmekle veya yıllık kazancı maksimuma çıkarmakla bulunur. Toplam ısıtma maliyeti denkleminin yalıtım kalınlığı elde edilir [35,36,37].

$$X_{opt} = 293.94 \left( \frac{DG.C_F.k.PWF}{H_U.C_{ins}.R} \right)^{1/2} - k.R_{wt} \quad (12)$$

Hesaplarda kullanılan iki duvar tipinin özellikleri yakıtla ilgili özellikler ve PWF analizinde kullanılan bazı finansal parametreler çizelgede verilmiştir.

Çizelge 4.13. Hesaplarda kullanılan duvar tiplerinin özellikleri

1.Tip Duvar		
2 cm	İç sıva	k = 1.6 W/mK
x cm	Yalıtım	$k_y$
19 cm	Tuğla	k = 0.81 W/mK
3 cm	Dış sıva	k = 1.6 W/mK
$R_{wt}=0.436 \text{ m}^2\text{K/W}$		

2.Tip Duvar		
2 cm	İç sıva	k = 1.6 W/mK
x cm	Yalıtım	$k_y$
50 cm	D.beton	k = 2.5 W/mK
3 cm	Dış sıva	k = 1.6 W/mK
$R_{wt}=0.401 \text{ m}^2\text{K/W}$		

Çizelge 4.14. Kullanılan yakıtın özellikleri

Yakıt (Doğalgaz)
Alt ısı değer ( $H_u$ ) = $34.526.10^6 \text{ J/m}^3$
Fiyat ( $C_f$ ) = $0.54 \text{ TL/m}^3$
Isıtma sisteminin verimi ( $\eta$ ) = 0.93

Çizelge 4.15. Hesaplarda kullanılan finansal parametreler

finansal parametreler
Faiz oranı (i) = 14
Enflasyon oranı (g) = 10
Ömür süresi (LT) = 10 yıl

Yalıtım olarak iki farklı malzeme kullanılmıştır. Bunlarla ilgili parametreler aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 4.16. Yalıtım malzemelerinin özellikleri

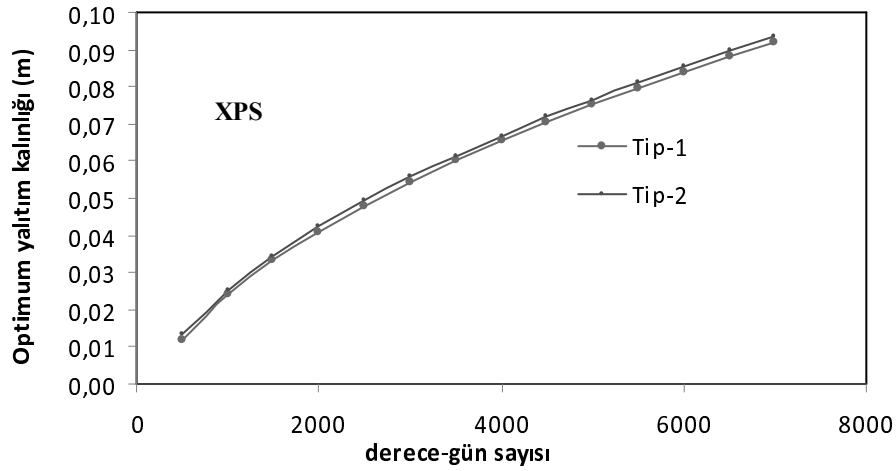
XPS
Isı İletim Katsayısı (k) = 0.04 W/mK
Fiyat ( $C_{ins}$ ) = 280 TL/m <sup>3</sup>

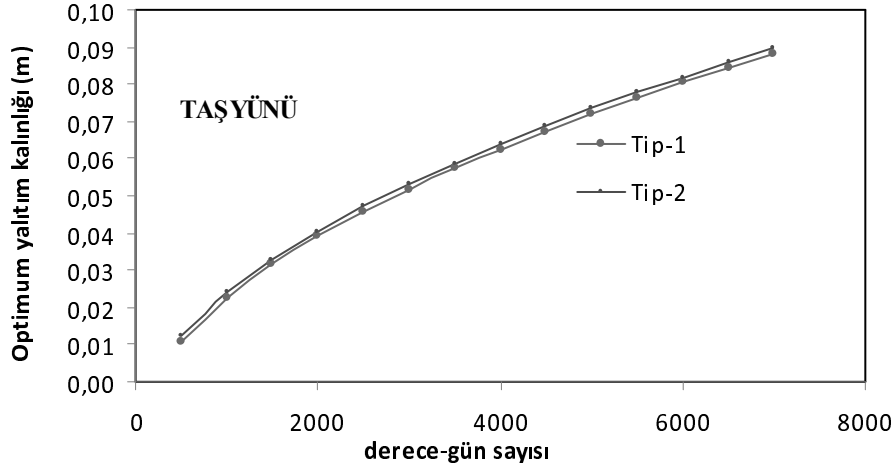
TAŞYÜNÜ
Isı İletim Katsayısı (k) = 0.35 W/mK
Fiyat ( $C_{ins}$ ) = 380 TL/m <sup>3</sup>

Aşağıdaki çizelgelerde, iki farklı yalıtım malzemesi için, derece-gün sayısına göre optimum yalıtım kalınlığının değişimi verilmiştir.

Çizelge 4.17. XPS için optimum yalıtım kalınlığının derece-gün sayısına göre değişimi

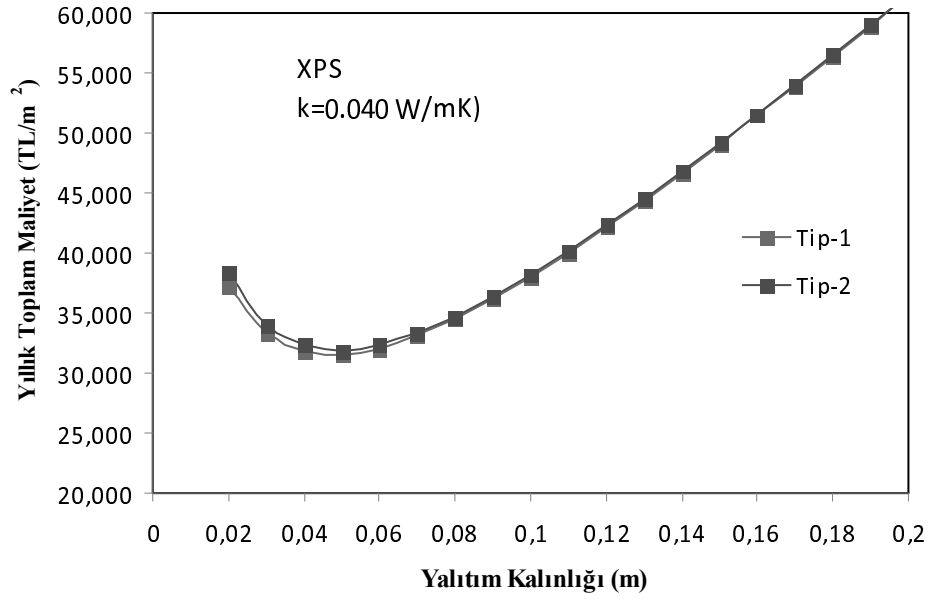


Çizelge 4.18. Taşyünü için optimum yalıtım kalınlığının DG sayısına göre değişimi

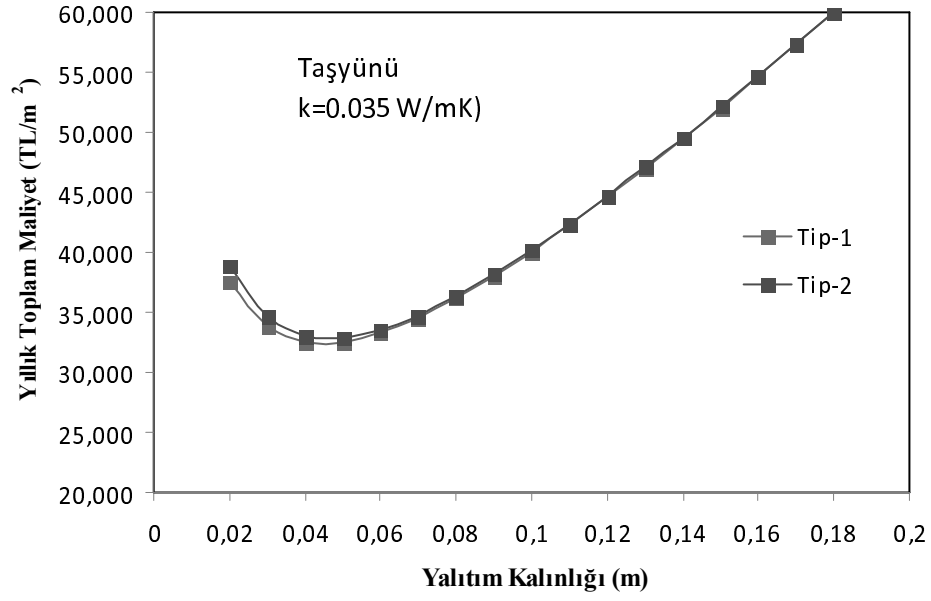


Ayrıca yıllık toplam maliyetle, optimum yalıtım kalınlığının değişimi maliyet hesabı için önemli bir referans kaynağıdır. Bu sebeple, aşağıdaki çizelgelerde XPS ve taşyünü için iki farklı duvar tipindeki değişim gösterilmiştir.

Çizelge 4.19. XPS için toplam maliyet ile yalıtım kalınlığının değişimi

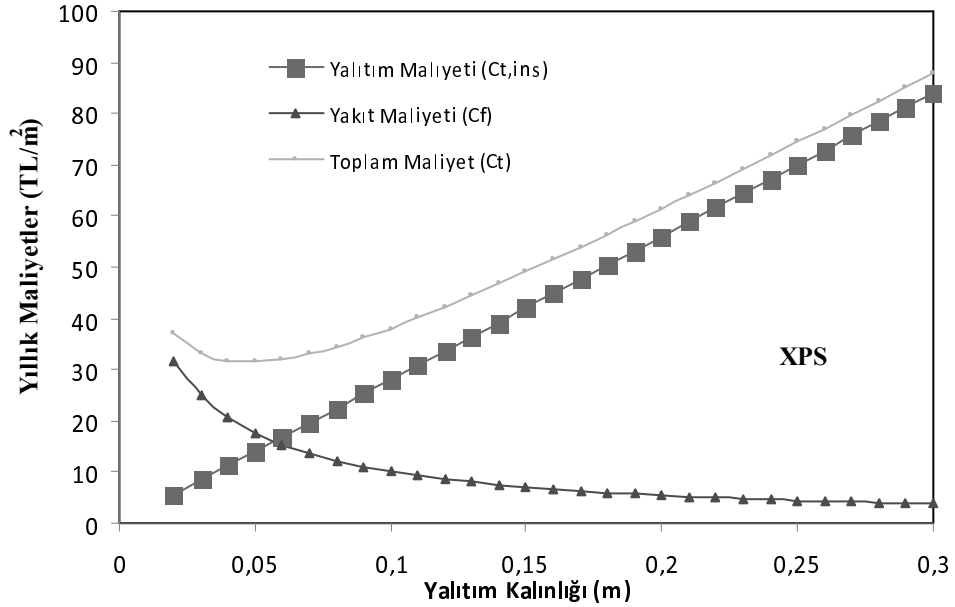


Çizelge 4.20. Taşyünü için toplam maliyet ile yalıtım kalınlığının değişimi

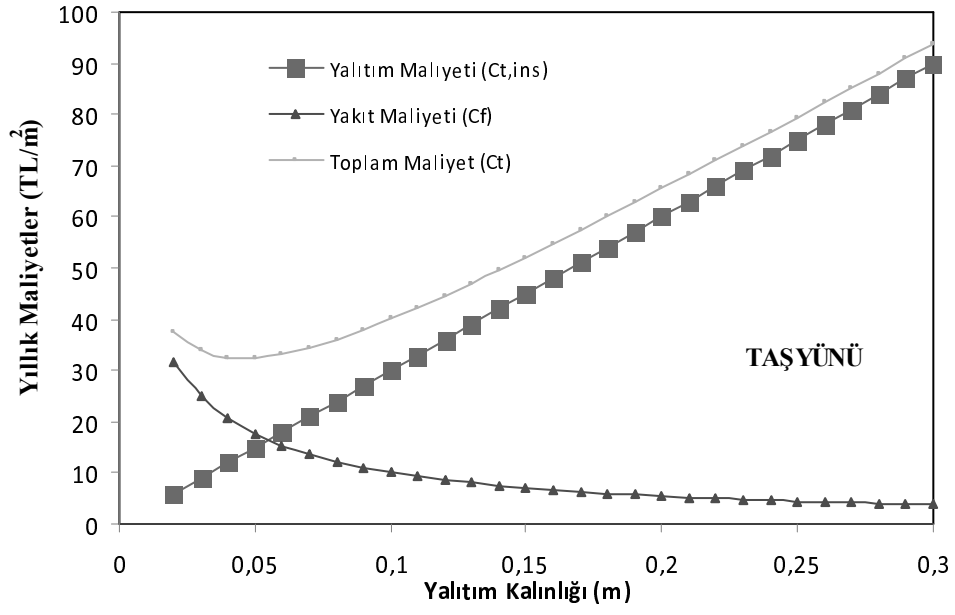


Son olarak, aşağıdaki çizelgelerde XPS ve Taşyünü için, tüm maliyet değerleri ve yalıtım kalınlığı değişimi verilmiştir.

Çizelge 4.21.XPS için maliyet değerleri ile yalıtım kalınlığının değişimi



Çizelge 4.22. Taşyünü için, maliyet değerleri ile yalıtım kalınlığının değişimi



## **4.2. Yangın Yalıtım Uygulamaları**

Yangınlar sonucunda meydana gelebilecek can ve mal kayıplarını en aza indirmek için yapılarda gerçekleştirilen uygulamalara yangın yalıtımı denir. Yangın yalıtımında esas olan, çıkan yangından belirli bir süre içerisinde minimum zararla kurtulmaktır.

### **4.2.1. Yangından Korunma Yöntemleri**

Koruma yöntemleri, yangına dair olası gelişmelerin sıralanması da dikkate alındığında şu şekilde gruplandırılır.

- Yangın çıkmasını önleyici kişisel önlemlerin alınması.
- Çıkan yangını söndürmeye çalışan aktif yangın durdurma sistemlerinin devreye girmesi.
- Çıkan yangından belirli bir sürede en az zararla kurtulmayı söyleyecek pasif koruyucu sistemlerin varlığı.

#### **a) Kişisel Önlemler**

Kişisel önlemler, olası bir yangın akışının engellenmesi esas almaktadır. Bu husustaki en temel önlem; yangın riskinin yüksek olduğu bölmelerde, yangına neden olabilecek etkenleri ortadan kaldırmak veya bu etkenlerin bir araya gelmelerini önleyici önlemler almaktır.

#### **b) Aktif Yangın Durdurma Sistemleri**

Eğer yangın çıkması engellenmemişse, çıkan yangını en kısa sürede algılayan ve derhal devreye girerek söndürmeye çalışan sistemlerdir.

- Duman detektörleri
- Isı sensörleri
- Söndürücüler
- Sulu / Gazlı Söndürme sistemleri
- İtfaiye çalışmaları

### **c) Pasif Koruyucu Sistemler**

Yangın çıkması engellenmemiş ise bu noktadan sonra önemli olan konu; yangının yayılımını engelleyerek içerideki insanların kıymetli eşyaların, depolanan malzemelerin, kısaca can ve mal güvenliğimim en az hasarla kurtarılabilmesidir.

#### **4.2.2. Pasif Önlemler**

##### **a) İmar Durumu ve Bina Yerleşimi**

Yangın korunumu öncelikle bina yerleşiminde başlar. Bu konuda, yangın yönetmeliğinin 22. maddesi gereğince, itfaiye aracının son ulaştığı nokta ile binanın dış cephesindeki her hangi bir noktaya uzaklığı 48m'yi geçmemelidir.

Şekilde 4.4 da sanayi yapısının vaziyet planı görülmektedir.

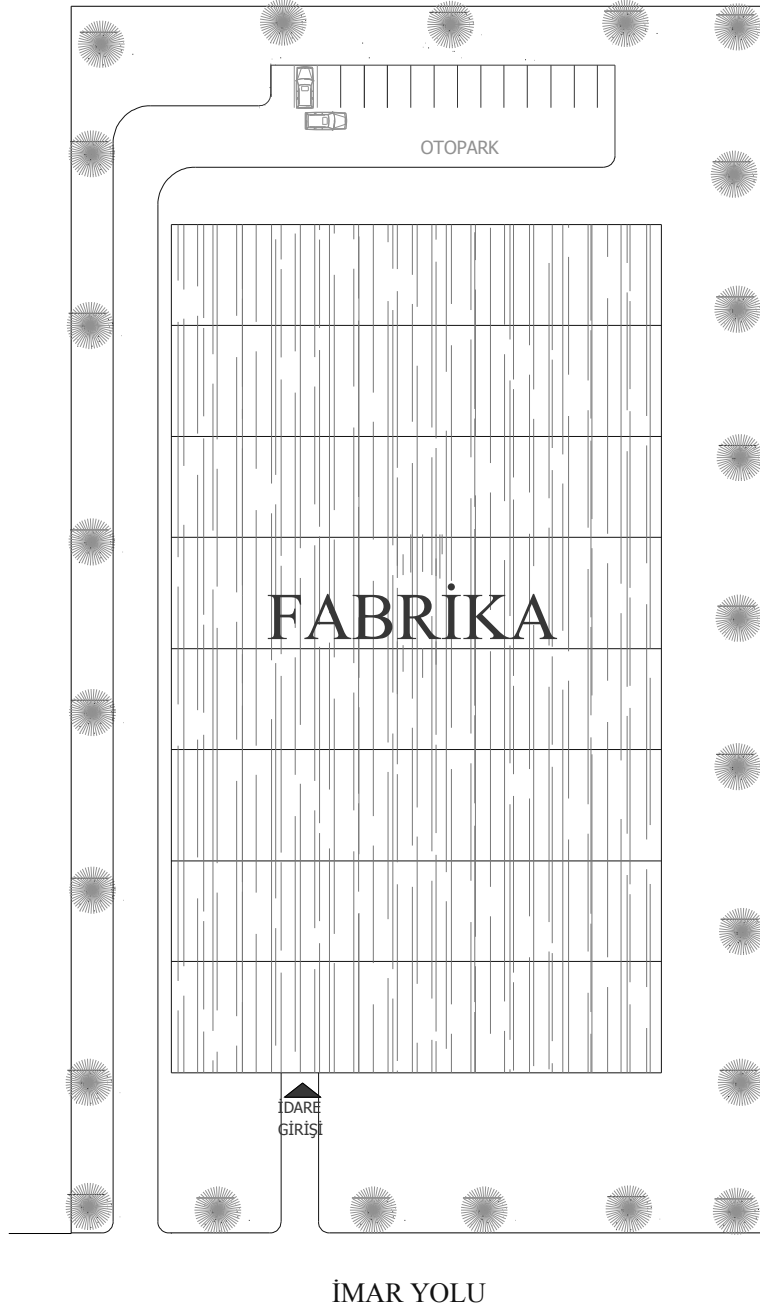
Vaziyet planından da anlaşılacağı üzere, binanın dış cephesindeki her hangi bir noktaya itfaiye aracının ulaşması mümkündür.

Ayrıca bine civarında otopark, depo gibi kullanılacak sahaların itfaya ulaşımına engel olmayacak şekilde yerleştirmelidir.

##### **b) Taşıyıcı Sistemlerin Korunumu**

Taşıyıcı sistemlerin korunumu, sanayi yapılarındaki pasif yangın yalıtımı için en önemli konudur. Çünkü sanayi yapılarının büyük kapalı alanlara sahip olmalarından dolayı bu binaların statik yapılarını korumaları için taşıyıcı sistemlerin belli bir dayanma sürelerine sahip olması gerekmektedir.

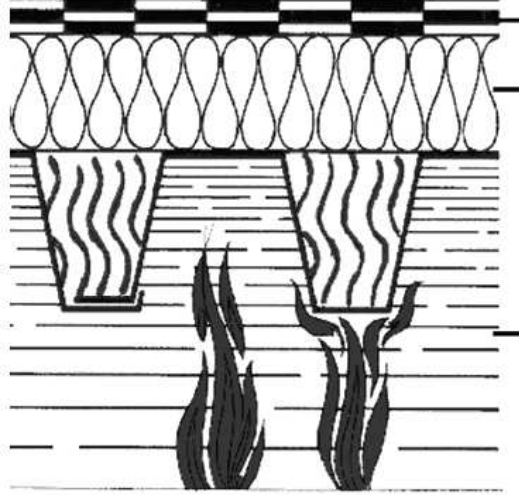
Yangın yönetmeliğinin 23. Maddesi Taşıyıcı ısı sistemlerinin korunumu için 5000 m<sup>2</sup> den büyük binalar hakkında tavsiyeler içermektedir. Her ne kadar binamız bu şartı sağlamasa da yönetmelik EK 3/c gereğince kullanılacak malzemelerin F90 dayanım şartını sağlaması gerekmektedir.



Şekil 4.4. Vaziyet planı

Statik olarak binanın kolon ve kirşleri betonarme olduğundan kolon ve kirşlere her hangi bir işlem yapılması gerekmemektedir.

Ancak tüm sanayi yapılarında olduğu gibi bu binada da en büyük sıkıntıyı metal trapez çatı sistemi oluşturmaktadır.

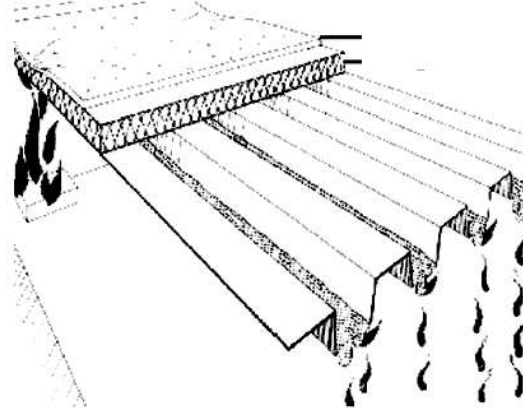


Şekil 4.5. Yangına maruz kalmış metal trapez çatı

Metal trapez çatı sistemi, binaya az yük getirmesi düşük maliyeti ifade etmektedir. Ancak bu inşaat testinde ısı yalıtım amacıyla kullanılan hafif C, D, E sınıfı malzemeler yangını tüm çatıya süratle yaymakta, damlamalarla diğer bölümlerde yeni yangın merkezleri meydana getirerek, tüm binada yangının yayılmasını sağlamakta ve tüm sistemin çalmasına neden olup, yangın müdahale olanağını ortadan kaldırmaktadır.

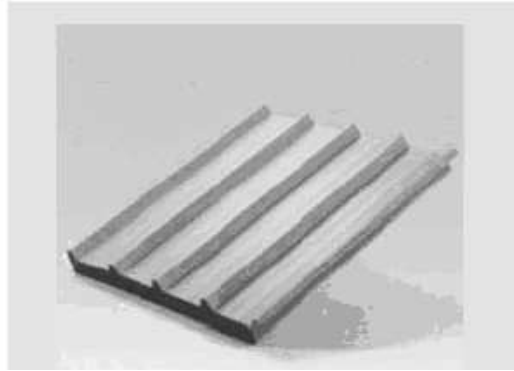


Şekil 4.6. Metal trapez çatının yangına katkısı



Şekil 4.7. Metal trapez çatını yangındaki durumu

Sanayi yapıların bu tehlikesini ortadan kaldırmak için A sınıfı yanmaz malzemelerin kullanılması gerekmektedir. Bu malzemeler, duman çıkarmaz ve damlama yapmaz. A sınıfı malzemelerin en önemlileri ise mineral ve bitkisel tipli yalıtım malzemeleridir.



Şekil 4.8. Yalıtımlı çatı panelleri

Yukarıda kısaca bahsettiğimiz sakıncaları bertaraf etmek ve bina için gerekli ısı yalıtımını sağlamak için çatılarda, mineral yün yalıtım paneller kullanılmalıdır.

### c) Kaçış Yolları ve Acil Çıkışlar

Kaçış yolları, bir yapının her hangi bir noktasından yer seviyesindeki caddeye kadar olan devamlı ve engellememiş yolların tamamıdır, kaçış yolları kapsamında;

- Oda ve diğer bağımsız mekanlardan çıkışlar
- Her kattaki koridor ve benzeri geçişler
- Kat çıkışları

- Zemin kata ulaşan merdivenler
- Zemin katta merdiven ağsından aynı katta yapı son çıkışına götüren yollar
- Son çıkış

Bu şartlarda şekil 4.9 de kaçış yollarlı düzenlenmiştir.

Kaçış sırasında kullanıcılar, ısı, duman ve panikten doğan tehlikelerden koruyacak şekilde yapılmalıdır. (Madde 30)

Her kullanıcının herhangi bir noktadan kaçacağı doğrultuyu kolayca anlayabileceği biçimde görünür olmalıdır. (Madde 30)

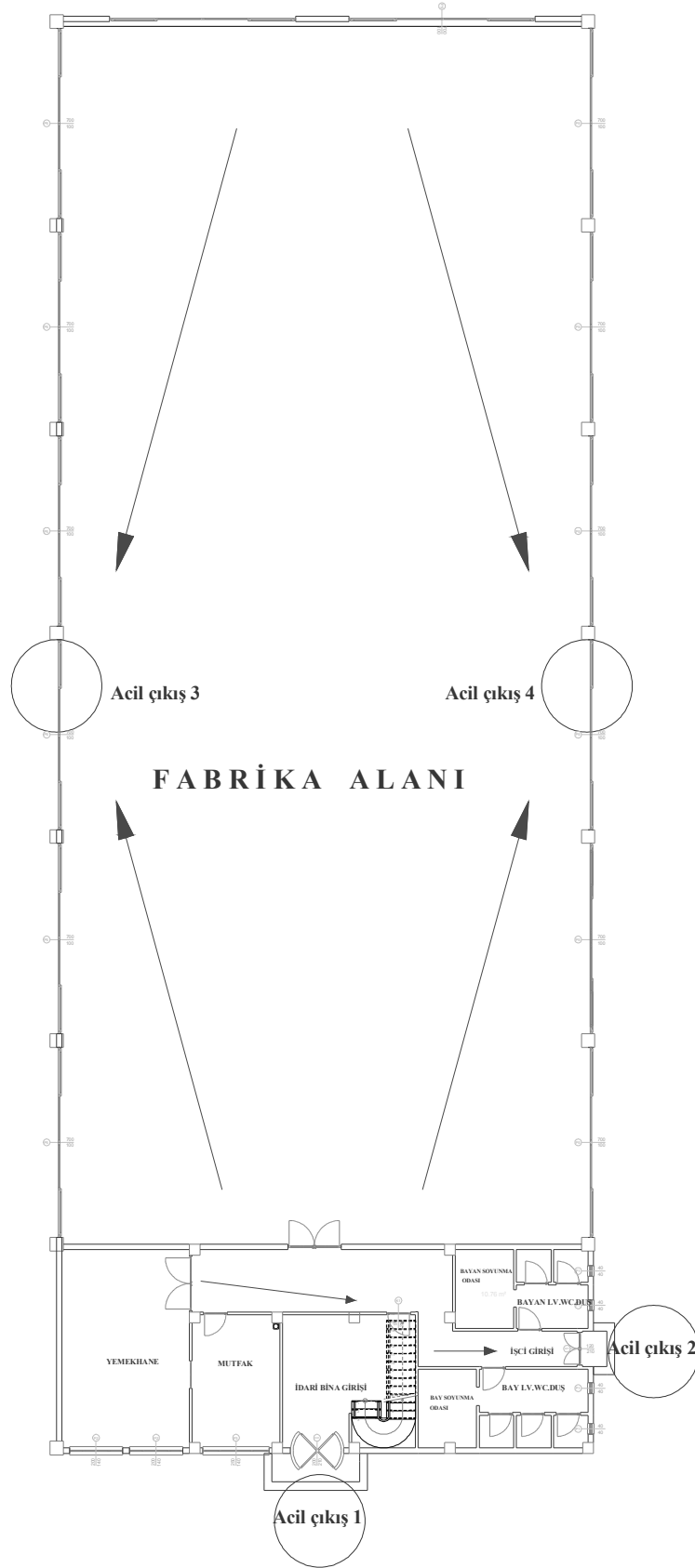
Ayrıca yapıda en az 2 çıkış tesis edilmelidir. (Madde 39)

Tüm kaçış uzaklıkları 30m'yi geçmemelidir. (E4 5/B)

Birden fazla acil çıkış olduğundan kullanıcıların çıkışlara kolaylıkla ulaşabilmesi için acil durum yönlendirilmesi yapılmalıdır. (Madde 73)

#### **4.2.3. Aktif Önlemler**

Bina tehlike sınıfının tespiti, Aktif önlemlerin belirlenmesinde önemli bir husustur. Yangın yönetmeliği E4 1/b tablosuna göre bu yapı orta tehlike sınıfına girmektedir.



Şekil 4.9.Kaçış yollarının gösterimi

Çizelge 4.23. Yangın yönetmeliği orta tehlike kullanım alanları (Ek 1/b)

KULLANIM TÜRÜ	Orta Tehlike -1	Orta Tehlike -2	Orta Tehlike -3	Orta Tehlike -4
Cam ve seramikler			Cam Fabrikaları	
Kimyasallar	Çimento İşleri	Fotoğraf laboratuvarları, Fotoğraf film fabrikaları	Boyama işlemleri, sabun fabrikaları	Mum ve balmumu fabrikaları, kibrit fabrikaları, boyahaneler
Mühendislik	Metal levha üretimi	Otomotiv fabrikaları, tamirhaneleri	Elektronik fabrikaları, buzdolabı ve çamaşır makinesi fabrikaları	
Yiyecek ve içecekler	Mezbahalar Mandıralar	Fırınlr, bisküvi, çikolata, şekerleme imalathaneleri, bira fabrikaları	Hayvan yemi fabrikaları, meyve kurutma, suyu çıkarılmış sebze ve çorba fabrikaları, şeker imalathaneleri, tahıl değirmenleri	Alkol damıtma
Çeşitli	Hastaneler, oteller, lokantalar, kütüphaneler (kitap depoları hariç), okullar, bürolar	Fizik laboratuvarları, çamaşırhaneler, otoparklar, müzeler	Radyo ve televizyon Yayınları, tren istasyonları, tesisat odaları	Sinemalar, tiyatrolar, konser salonları, tütün fabrikaları
Kâğıt			Cilthaneler, mukavva fabrikaları, kâğıt fabrikaları, baskı işleri ve matbaalar	Atık kâğıt işletmeleri
Lastik ve plastik			Kablo farikalrı, plastik döküm ve plastik eşya (köpük plastik hariç), kauçuk eşya fabrikaları, sentetik lif (akrilik hariç) fabrikaları Vulkanize fabrikaları	Halat fabrikaları
Dükânlar ve ofisler	Bilgisayara veri işleme ofisleri (veri saklama odaları, hariç)		Büyük mağazalar Alışveriş merkezleri	Sergi salonları
Tekstiller ve konfeksiyon		Deri eşya fabrikaları	Halı fabrikaları (kauçuk ve köpük plastik hariç), kumaş ve giysi fabrikaları, fiber levha fabrikaları, ayakkabı imalathaneleri, triko (örgü), ev tekstili (bez) fabrikaları, yatak, şilte fabrikaları (köpük plastik hariç), dikim ve dokuma atölyeleri, yün ve yünlü kumaş atölyeleri	Pamuk iptikhanesi, keten ve kenevir hazırlama tesisleri
Kereste ve tahta			Ahşap işleri fabrikaları, mobilya fabrikaları (köpük plastikler hariç), mobilya mağazaları, koltuk kanepeler vb	Odun talaşı fabrikaları, yonga levha fabrikaları, kontrplak levhaları

Yangın söndürme sistemi olarak, yangın dolapları seçilmiş ve şekil 4.10 de olduğu gibi gösterilmiştir.

Yangın dolapları yerleşiminde dikkat edilecek husus, her katta aralarındaki uzaklık 30m geçmeyecek şekilde yerleştirilmelidir.

Gerekli su miktarı ise, 60 dk boyunca en az 2 yangın dolabını çalıştıracak kadar olmalıdır. Bu ise 12 m<sup>2</sup> lük bir su hacmin depolandırılmasını gerektirmektedir. Depolanan bu suyu basınçlandırmak için yangın hidroforu kullanılması da gerekmektedir.

Her hangi bir yangın durumunda itfaiyenin sisteme dışarıdan su basabilmesi için yangın dolabı tesisatına en az 100 mm nominal çapında itfaiye su bağlantısı yapılması şarttır (Madde 97).

Son olarak her 250 m<sup>2</sup> yapı inşaat alanı için 6 kg' lık yangın söndürme tüpü bulundurulmalıdır.

Yangın yönetmeliği madde 96 gereğince yağmurlama sistemi zorunlu değildir.



Şekil 4.10. Yangın dolaplarının gösterimi

### 4.3. Ses Yalıtımı

Ses yalıtımı, daha doğru bir deyimle, ses geçiş kaybının artırılması, gürültü denetiminin bir bölümüdür. Gürültü denetimi, gereksiz gürültülerin yok edilmesi, gürültünün kaynağında azaltılması, kaynağına hapsedilmesi, yayılmasının önlenmesi, bir bölüme girmesinin önlenmesi gibi, gürültü kaynağından kulağa uzanan yolun, belli bir plana göre adım adım incelenmesi ve alınacak önlemlerin bu göre saptanması anlamına gelir.

Yalıtım (tecrit, izolasyon), genelde, çevresinden ayırmak, çevresi ile ilişkisini kesmek ve biraz daha dar anlamda, dış ortamla enerji alışverişini önlemek gibi, kesin sonuç belirten anlamlara gelmektedir. Bu güne kadarki gözlemlerimize göre, ses yalıtımı da, çoğu kez ve özellikle bu tür bir yalıtım yapılmasını isteyenlerin çoğunluğunca böyle kesin sonuç alınabilecek bir işlem gibi düşünülmektedir.

Oysa ses enerjisinin bir duvardan, bir döşemeden, bir pencereden yani herhangi bir bölmeden geçişi, belli oranlarda azaltılabilir fakat pratikte, kesin bir biçimde önlenemez. Yanı konu aslında ses yalıtımı değil, geçen sesin azaltılmasıdır. Deyim kolaylığı bakımından ses yalıtımı dense bile. bunun ne anlama geldiğinin unutulmaması, görüşmelerin buna göre yapılması ve beklentilerde bu gerçeğin unutulmaması doğru olur.

Aslında, yabancı dillerde olduğu gibi, tanımlarına uygun olarak (ses) geçiş kaybı (transmission loss /affaibissement de transmission) ve gürültü azaltımı (noise reduction / reduction du bruit) terimlerinin kullanılması daha uygun olur [43].

#### 4.3.1. Gürültü Sınır Değerleri

Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından 2002/49/EC sayılı Avrupa Gürültü Kontrol Yönetmeliğine paralel olarak hazırlanan Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliğine göre iç mekânlarda olması gereken gürültü sınır değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir [38].

Çizelge 4.24.Avrupa gürültü kontrol yönetmeliğine göre gürültü sınır değerleri

Kullanım Alanı		L <sub>eq</sub> (dBA)	Zaman Dilimi (h)
Kültürel Tesis Alanları	Tiyatro salonları	30	Sürekli
	Sinema Salonları	30	Sürekli
	Konser Salonları	25	Sürekli
	Konferans salonları	30	Sürekli
Sağlık Tesis Alanları	Yataklı tedavi kurum ve kurumları,dispanserler, poliklinik, bakım ve huzur evleri ve benzeri	35	Sürekli
	Dinlenme ve tedavi odaları	25	Sürekli
Eğitim Tesisleri Alanları	Okullarda derslikler, okul öncesi binaların içi, laboratuvarlar, özel eğitim tesisleri, özürülüler tesisleri ve benzeri	35	Ders Sırasında
	Spor salonu, yemekhane	55	Faaliyet Süresince
	Ökul öncesi yatak odaları	30	Uyku Sırasında
Kullanım Alanı		L <sub>eq</sub> (dBA)	Zaman Dilimi (h)
Turizim Yerleşme alanları	Otel, motel, tatil köyü, pansiyon ve benzeri yatak odası	30	Uyku Sırasında
	Konaklama tesislerindeki restoran	35	Yemek Süresince
Sit Alanları	Arkeolojik, doğal, kentsel, tarihi ve benzeri	55	Sürekli
Ticari Yapılar	Büyük ofis	35	Çalışma Sırasında
	Toplantı salonları	35	Çalışma Sırasında
	Büyük daktilo veya bilgisayar odaları	60	Çalışma Sırasında
	Oyun odaları	60	Oyun Süresince
	Özel büro	50	Çalışma Sırasında
	Genel büro	60	Çalışma Sırasında
	İş merkezleri, dükkan ve benzeri	60	Çalışma Sırasında
	Ticari depolama	45	Faaliyet Süresince
	Lokantalar	45	Çalışma Sırasında
Kamu Kurum Kuruluşları	Ofisler	45	Çalışma Sırasında
	Laboratuvarlar	45	Çalışma Sırasında
	Toplantı salonları	35	Çalışma Sırasında
	Bilgisayar odaları	45	Çalışma Sırasında
Spor Alanları	Spor salonları ve yüzme havuzları	55	Faaliyet Süresince
Konut Alanları	Yatak odaları (Şehir içinde)	40	Gece Süresince
	Yatak odaları (Şehir dışında)	35	Gece Süresince
	Oturma odaları (Şehir içinde)	55	Gündüz-Akşam Süresince
	Oturma odaları (Şehir dışında)	40	Gündüz-Akşam Süresince
	Oturma odaları (Şehir kenarı)	45	Gündüz-Akşam Süresince
	Servis bölümleri (mutfak),(Şehir içi,dışı ve kenarı)	60	Faaliyet Süresince

#### 4.3.2.Dış Gürültü Düzeyi

Gürültü denetimi yapılacak hacmin yapı dışı ve yapı içi çevresel ilişkilerine bağlı olarak hacmi etkileyen yapı dışı ve yapı içi gürültüler dikkate alınmalıdır. Dış gürültü kimi zaman trafik gürültüsü kimi zaman da ilgilenilen mekâna bitişik bir başka mekândaki gürültüler olabilir. Dış gürültü konunun özelliğine göre ölçme, hesap ya da benzetme yolu ile saptanır. Bu saptamada önemli olan ilgilenilen yapı elemanının dış yüzüne ulaşan gürültü düzeyinin belirlenmesidir [39].

#### 4.3.3.Hacimde Kabul Edilebilir Gürültü Düzeyi

Ülkemiz için geçerli hacimde kabul edilebilir gürültü düzeyleri sınır değerleri, yukarıda da belirtildiği gibi ÇGDYY' nde ayrıntılı olarak yer almaktadır [39].

Çizelge 4.25.Endüstriyel tesisler için çevresel gürültü değerleri(EK VIII)

	L <sub>gündüz</sub> (dBA)	L <sub>akşam</sub> (dBA)	L <sub>gece</sub> (dBA)
Gürültüye hassas kullanımlardan eğitim, kültür ve sağlık alanları ile yazlık ve kamp yerlerinin yoğunluklu olduğu alanlar	60	55	50
Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan konutların yoğun olarak bulunduğu alanlar	65	60	55
Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan işyerlerinin yoğun olarak bulunduğu alanlar	68	63	58
Organize Sanayi Bölgesi veya İhtisas Sanayi Bölgesi içindeki her bir tesis için	70	65	60

#### 4.3.4.Yapı Elemanlarında Sağlanması Gereken Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Duvar, kapı, pencere gibi yapı elemanlarında sağlanması gereken ses geçiş kaybı, ilgilenilen iç mekânın ses yutuculuk özelliğine de bağlı olmakla birlikte esas olarak "mekân dışı gürültü düzeyi" ile "hacimde kabul edilebilir gürültü düzeyi" arasındaki farka bağlı olarak saptanır, örneğin, yapı dışı gürültü düzeyi 75 L<sub>eq</sub> (dBA), iç mekân kabul edilebilir gürültü düzeyi sınır değeri 35 L<sub>eq</sub> (dBA) olan bir mekânda (örneğin bir derslikte), yapı kabuğunun sağlanması gereken ses geçiş kaybı 40 dB olur. Üzerinde cam bulunan bir duvar söz konusu olduğunda bu değer, camda özel önlemler alınmasını gerek-

tirir. Bu düzeyde ses geçiş kaybı ancak, aralarında yeterli hava boşluğu bulunan, hava sızdırmazlığı sağlanmış, çift doğrama üzerinde, farklı kalınlıklarda çift cam uygulaması ile sağlanabilir. Oysa aynı mekânda yapı dışı gürültü düzeyi GDYY'inde öngöröldüğü gibi 60  $L_{eq}$  (dBA) olsa, duvarda sağlanması gereken ses geçiş kaybı 25 dB olacaktır ki, bu normal bir ısı yalıtımlı çift camla dahi sağlanabilir.

Burada bilinmesi gereken en önemli konu, sesin geçmesinin ısının geçmesinden farklı fiziksel özellikler gösterdiği, bu nedenle de önlemlerin farklı olacağıdır. Bunun başlıca sonuçlarından biri, ısının geçmesinin denetlenmesinde etkin bir yol olan ısı geçiş kaybı düşük yapı elemanının alanının azaltılmasının, sesin geçmesinin denetlenmesinde etkili bir yöntem olmamasıdır [39].

#### **4.3.5. Ses Yalıtımı Nasıl Yapılır**

Binalarda gürültü denetimi, gürültünün kaynakla alıcı arasında denetlenmesi sürecinin önemli basamaklarından biridir ve kapı, pencere, duvar, döşeme gibi yapı elemanlarında gerekli ses geçiş kaybının sağlanması olarak tanımlanabilecek olan ses yalıtımı da bunun bir alt basamağıdır.

Binalarda değişik açılardan uygun koşulların oluşturulmasının ekonomik bir karşılığı olduğu açıktır. Demek ki temel soru, en iyinin en ucuza nasıl elde edilebileceği olmalıdır. Konuya bu bakış açısından yaklaşıldığında, öncelikle en iyinin tanımlanması gerekir. Gürültü denetimi açısından en iyi, açık ve kapalı mekanlardaki ses düzeyinin, mekânın işlevine göre belirlenen kabul edilebilir gürültü düzeyi sınırları içinde tutulması ile sağlanır.

Ses ya da gürültü çeşitli yollardan bir mekândan öteki mekâna geçer. Sesin geçme yolları içinde en önemlisi sesin kitle titreşimi ile geçmesidir. Kitle titreşimi yolu ile geçme temelde yapı elemanının (duvar, döşeme, kapı, pencere)  $kg/m^3$  cinsinden ağırlığı ile ilgilidir. Kısaca söylemek gerekirse, bir yapı elemanının kitle ağırlığı ne kadar fazla ise sağladığı ses geçiş kaybı da o kadar yüksek olacaktır. Öte yandan ses düzeyi dB, logaritmasal bir büyüklük olduğundan, birbirinden farklı kitle ağırlıkları olan yapı elemanlarının bir arada bulunması durumunda (örneğin üzerinde pencere ya da kapı olan bir duvar), yapı elemanının ses geçiş kaybı, neredeyse camın ya da kapının

duvarın alanına oranından bağımsız olarak, ses geçiş kaybı düşük olanın yani camın ya da kapının ses geçiş kaybına yakın olacaktır.

Kapı ve pencereler yapı elemanlarının -genelde- en hafifidir. Hem bu nedenden hem de bunların açılır kapanır olmaları nedeniyle oluşacak olan açıklıklardan sesin geçmesi olasılığından ötürü kapı ve pencerelerde ses yalıtımı özel bir önem kazanır, özetle denilebilir ki yapılarda gürültü denetiminin yolu kapı ve pencerelerden geçer.

Kapı ve pencereler öncelikle içinde buldukları duvarın, sonra da hacmin bir elemanı olarak karşımıza çıkar. Dolayısıyla bunlarda gerekli ses geçiş kaybı belirlenirken, konunun hacimden yapı elemanına doğru ele alınması kaçınılmazdır.

Herhangi bir hacimde gürültü denetimi yapılması söz konusu olduğunda; dış gürültü düzeyi, hacimde kabul edilebilir gürültü düzeyi ve hacmin ses yutuculuk özelliklerine bağlı olarak yapı elemanında sağlanması gereken ses geçiş kaybının saptanması ve detaylandırmanın buna uygun olarak yapılması gerekir [39].

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

### 5.1. Isı Yalıtımı

Öncelikle ısı yalıtımının yıllık ısıtma enerjisi üzerindeki etkilerine bakmak gerekmektedir. Çizelge 4.6. ve 4.7.' de iki farklı malzemenin dört farklı yalıtım durumundaki yıllık ısıtma enerji değerleri hesaplanmıştır. Yıllık ısıtma enerjisi biriminden anlaşılacağı üzere, birim hacmi ısıtmak için gerekli ısı enerji miktarıdır. Bu çizelgelerde görüldüğü gibi, minimum bir yalıtımla elde edilen yıllık ısıtma enerjisi, yalıtımsız durumda hesaplanan yıllık ısıtma enerjisine göre yaklaşık % 70 oranında düşmektedir. Bu ise yalıtımı enerji tasarrufu üzerindeki etkisini çarpıcı olarak göstermektedir. Ayrıca hesaplamalar sonucu elde edilen hesap sayfaları şekil 5.1 ve 5.2 de görülmektedir.

Yalıtım malzemesi değişiminin yıllık ısıtma enerjisi üzerindeki etkisi çizelge 4.11.de verilmiştir. Yalıtım malzemelerine ( XPS ve Taşyünü ) ait ısı iletim katsayılarının birbirine yakın olmasından dolayı, dört farklı yalıtım durumu için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi değerleri yakın çıkmaktadır.

İki farklı duvar tipi için uygulanan yalıtım sonuçları çizelge 4.8.' de gösterilmiştir. İki farklı duvar tipini özellikleri çizelge 4.13.' de detaylı olarak verilmiştir.

Çizelge 4.9.ve 4.11.de 1.tip duvar için XPS ve Taşyünü malzemeleriyle yapılan yalıtımın sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.10.ve 4.12.' de 2.tip duvar için XPS ve Taşyünü malzemeleriyle yapılan yalıtımın sonuçları verilmiştir.

Yalıtımsız durumda 1.tip duvarın ısı direnci  $0.436 \text{ m}^2\text{K/W}$  ve 2.tip duvarın ısı direnci  $0.401 \text{ m}^2\text{K/W}$  olarak hesaplanmıştır. Çizelge 4.9. ve 4.11.' den anlaşılacağı üzere ısı direnci yüksek olan malzemeler için daha düşük yalıtım kalınlığı yeterli olmaktadır.

Bu dört çizelgeden anlaşılacağı üzere, yalıtım kalınlığının artışı ile, duvarın toplam ısı iletim katsayısının düşmesi lineer olmamaktadır. Örneğin, 1.tip duvarda 2 cm XPS kullanılmasıyla elde edilen ısı iletim katsayısı 1.069 W/mK iken, aynı tip duvarda 6 cm XPS kullanılmasıyla 0.517 W/mK ısı iletim katsayısı elde edilmiştir. Bu hesaplardan da anlaşılacağı üzere, yalıtımda optimum bir değerin elde edilmesini zorunlu kılmaktadır.

Çizelge 4.17.ve 4.18.’ de Derece-gün sayısını 500 ile 6000 arasında değişmesinin, optimum yalıtım kalınlığına etkisi görülmektedir. Malatya için 2461 olan Derece-gün sayısına karşılık gelen optimum yalıtım kalınlığı, taşıyünü ve XPS yalıtım malzemeleri için sırasıyla 4.24 cm ve 4.46 cm hesaplanmıştır. Derece-gün sayısı (878) en düşük olan İskenderun için optimum yalıtım kalınlığı 1.85 cm iken, Derece-gün sayısı (5448) en yüksek olan Ardahan ili için optimum yalıtım kalınlığı 7.63 cm olmaktadır. Dolayısıyla ülkemizde bina uygulamalarında iklim koşullarına dikkat edilmeli ve her ilin meteorolojik koşulları göz önünde bulundurularak yalıtım kalınlığı belirlenmelidir.

Binalarda artan yalıtım kalınlığı ile ısı kaybı dolayısıyla, ısıtma yükü ve yakıt maliyeti azalır. Çizelge 4.21. ve 4.22.’ de görüleceği üzere, yalıtım kalınlığı artması yalıtım maliyetini artırması demektir.

Yakıt maliyeti ve yalıtım maliyetinin toplamıyla elde edilen Toplam maliyet, yalıtım kalınlığının artmasıyla baştan azalmasına karşın, belli bir değerden itibaren, yakıt maliyetinin toplam maliyet içindeki etkinliğini kaybetmesinden dolayı artmaktadır. Toplam maliyet değerini minimum yapan nokta en uygun yalıtım kalınlığı değerini vermekte ve optimum yalıtım kalınlığı olarak adlandırılmaktadır.

Çizelge 4.19. ve 4.20. de toplam maliyet eğrisi iki farklı duvar tipi için verilmiştir. Bu grafiklerden duvar tipinin ve yalıtım malzemesinin optimum yalıtım kalınlığı üzerinde etkisi görülmektedir. 1.tip duvarın ısı direnci, 2.tip duvara göre daha yüksek olduğundan yakıt maliyeti dolayısıyla, toplam maliyet düşüktür. Ancak yalıtım kalınlığı arttıkça bu fark azalmakta, iki maliyet eğrisi birbirine yaklaşmaktadır.

Sonuç olarak enerji kaynaklarının sınırlı ve dışa bağımlı olması nedeniyle özellikle enerjinin yoğun olarak tüketildiği ve ısı kaybının çok olduğu ısıtma sektöründe enerji korunumu ve verimli kullanımı gün geçtikçe daha fazla önem kazanmaktadır.

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			
	$H = H_i + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	$\phi_i$ (W)	$\phi_s$ (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)			
OCAK	8.941,80	16,3	145.751	10.000	2.379	12.379	0,08	1,00	345.701.105
ŞUBAT		15,9	142.175		3.012	13.012	0,09	1,00	334.789.511
MART		11,9	106.407		3.701	13.701	0,13	1,00	240.295.041
NISAN		5,9	52.757		4.208	14.208	0,27	0,98	100.654.669
MAYIS		1,6	14.307		4.959	14.959	1,05	0,61	13.431.433
HAZIRAN		0,0	0		5.240	15.240	0,00	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		5.092	15.092	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		4.716	14.716	0,00	0,00	0
EYLÜL		0,0	0		3.880	13.880	0,00	0,00	0
EKİM		4,4	39.344		3.063	13.063	0,33	0,95	69.812.980
KASIM		10,4	92.995		2.267	12.267	0,13	1,00	209.246.250
ARALIK		14,7	131.444		2.073	12.073	0,09	1,00	309.410.824
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t$ (J) $1 \text{ kJ} = 0,278 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}$							$Q_{yil} = \sum Q_{ay} = 1.623.342.206$		
Toplam ısı kaybı $Q_{yil} = 0,278 \times 10^{-3} \times 1.623.342.206 \text{ (kJ)} = 451.289 \text{ kWh}$									
İç ısı kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)}$									
Güneş enerjisi kazancı $\phi_{g,ay} = \sum r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times l_{i,ay} \times A_i$									
Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_i,ay - \theta_e,ay)$									
Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{-1/KKO_{ay}}$									
$A_{toplam} = 3.414 \text{ m}^2$									
$V_{brüt} = 6250 \text{ m}^3$									
Hesaplama yapılan binadaki birim hacme düşen yıllık ısıtma enerjisi									
$Q = Q_{yil} / V_{brüt} = 72,21 \text{ kWh/m}^3$ $A_n = 0,32 \times V_{brüt} = 2.000 \text{ m}^2$									
$A_{top} / V_{brüt} = 0,55$ oranı bölge için EK A.2'de tanımlanan $Q' = 24,4 \times A/V + 10,7$ mülünde yerine konduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 25,03 \text{ kWh/m}^3$ bulunur. <sup>3</sup>									
<b><math>Q &gt; Q'</math> (72,21 &gt; 25,03) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerdir. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygun değildir.</b>									

Şekil 5.1. Yıllık ısıtma enerjisi hesap sayfası

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı	
		d(m)	$\lambda$ (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)	U (m <sup>2</sup> K/W)	A (m <sup>2</sup> )	AxU (W/K)	
DUVAR:Dış Havaya Açık Duvar1.1	1/ $\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130				
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013				
	7.1.1.1 TS EN 771-1 e uygun tuğlalarla	0,19	0,81	0,235				
	4.2 Çimento harcı	0,03	1,6	0,019				
	1/ $\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040				
<b>TOPLAM</b>				<b>,436</b>	<b>2,295</b>	<b>725,00</b>	<b>1663,54</b>	
DUVAR:Dış Havaya Açık Duvar1.2	1/ $\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130				
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013				
	5.1.1 Donatılı	0,5	2,5	0,200				
	4.2 Çimento harcı	0,03	1,6	0,019				
	1/ $\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040				
<b>TOPLAM</b>				<b>,401</b>	<b>2,492</b>	<b>48,00</b>	<b>119,63</b>	
TAVAN:Çatılı Kullanılan Tavan1.1	1/ $\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130				
	9.1.3 Sentetik malzemeden kaplamalar	0,01	0,23	0,043				
	9.1.3 Sentetik malzemeden kaplamalar	0,01	0,23	0,043				
	1/ $\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040				
<b>TOPLAM</b>				<b>,257</b>	<b>3,892</b>	<b>1500,00</b>	<b>5837,56</b>	
TABAN:Toprak Temaslı Taban1.1	1/ $\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,170				
	4.6 Çimento harçlı şap	0,07	1,4	0,050				
	9.2.2.1.1 Bitümlü karton	0,03	0,19	0,158				
	5.1.1 Donatılı	0,15	2,5	0,080				
	3.1 Kum,çakıl,kırma taş (micir)	0,1	0,7	0,143				
	1/ $\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000				
<b>TOPLAM</b>				<b>0,5 x A x U</b>	<b>,581</b>	<b>1,722</b>	<b>1050,00</b>	<b>904,00</b>
<b>Dış Pencere1</b>					<b>2,9</b>	<b>91</b>	<b>263,9</b>	
<b>Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =</b>						<b>7.621,8</b>		
$\Sigma AU = UDAD + U_p \cdot A_p + U_k \cdot A_k + 0.8 UT \cdot AT + 0.5 U_t A_t + U_d A_d + \dots$				İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $HT = \Sigma AU + I UI$				
$\Sigma AU = 7.621,8$				Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h = 1.320 W/K$				
Özgül ısı kaybı ; $H = HT + H_v$				$H = H_i + H_h = \dots\dots 8.941,8 \dots\dots W/K$				

(\*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Şekil 5.2. Isı iletim katsayısı hesap sayfası

## 5.2. Yangın Yalıtımı

Gelişmiş ülkeler, yapılarda yangın emniyet kurallarını koyup, harfiyen uygulamaktadırlar. Ülkemizde, yangın standartlarının ve şartnamelerinin hazırlanması, bağlı olarak gerekli denetimlerin yapılması; yangına karşı uluslararası standartlarda önlem alınması gerekmektedir.

Yapılarda yangından korunmak amacı ile kullanılan ısı ve ses izolasyon malzemeleri, kesinlikle yanmayan mineral yünlerden (camyünü, taşyünü gibi) seçilmelidir. Bugün Türkiye'de yatırım yapan yabancı sermayeli kuruluşlar, tesislerin çatı ve duvarlarında yangın emniyeti için A tipi malzeme kullanımını şart koşmaktadırlar. A tipi yanmaz malzemeler, DIN 4102 ve TSE 1263 standartlarına göre, sadece taşyünü ve diğer mineral yünlerdir.

Mimarlar, mühendisler; duvar, çatı ve diğer detaylarda A grubu yanmaz yapı malzemelerini projelerine koymalı ve uygulatmalıdırlar. Yapı elemanları üreticileri (çatı-duvar-asansör-kapı, vs); tasarımlarında A sınıfı yanmaz yapı elemanları kullanmalıdırlar.

Bir noktanın kesin olarak bilincinde olmamız gerekmektedir: "Yangından korunma", yapı tasarlanırken düşünülmeli ve yapı maliyetinin bir parçası olarak kabul edilmelidir. Alınacak önlemler, yapı bütününe ayrılmaz parçalarıdır. Sonradan, isteğe göre, istendiği kadar eklenebilen bir olgu değildir. Yangın düşünülmeden yapılmış bir binaya yangın dolabı koymak, kova, balta, ip, merdiven vb. donanım eklemek, sağa sola yangın söndürme cihazları koymak, giderek bina bittikten sonra bir uzman çağırıp alarm ve otomatik yağmurlama sistemi eklettirmek, konuyu çözmek değil, yetersiz geçici ve sonuçta daha pahalıya gelecek önlemler almak demektir.

Yatırımcılar; yangın emniyetini ön şart olarak belirlemeli, proje safhasında ve uygulamada kontrol etmelidirler. Sigortacılar; endüstriyel yapıların sigortalanmasında, yangın güvenlik önlemleri dikkate alınarak yangın emniyeti olan, riski düşük binalarda daha düşük prim uygulamalıdırlar. Yangın güvenliği için yalıtılacak başlıca birimler ise aşağıdaki gibi sıralanabilir. Öncelikle kesinlikle yanıcı, yanma sırasında duman ve zehirli gaz çıkartan plastik malzemeler kullanılmamalıdır.

Asansörler: Asansör boşlukları, kabinleri, kapıları, oda ve kuyuları taşıyıcı ile yalıtılmalıdır.

Havalandırma ve Klima kanalları: Bu kanallar bilindiği gibi mükemmel taşıyıcı yollardır. Özellikle yanmaz mineral yünlerle yalıtılmalıdır.

Bacalar: Baca yangınlarına karşı baca izolasyonu da önem kazanmaktadır. Özellikle sanayi bacalarında sıcaklık oldukça yüksek olup, gerekli izolasyon yapılmaması halinde ciddi tehlikeler doğurmaktadır.

Yapılarımızda yangın koruyucu önlemleri bölümler itibariyle dikkate aldığımızda prensip olarak tüm yalıtım malzemeleri yanmaz yapı malzemeleri sınıfı olan A sınıfından olmalıdır. Yapılarda yangın önlemleri, yangın sınıfları ve yangın dayanım süreleri için Alman normu DIN 4102 ve Türk standartları TSE 1263 ve 4065'den faydalanmak mümkündür.

Sanayicilerimizin; her türlü bina yatırımında göstereceği ilgi ile hem kendilerine hem de ülke ekonomisine katkı sağlamaları, can ve mal emniyetlerini korumaları kaçınılmaz bir zorunluluktur [44].

### 5.3. Ses Yalıtımı

Endüstriyel gürültü kontrolü ve uygulamaları, çalışanların gürültüye maruz kalmaları sonucu sağlık ve güvenlik yönünden oluşabilecek risklerden korunmaları amacını taşır. İş sağlığı ve güvenliği yönetmeliklerin yerine getirilmesi dışında amacı, iş veriminde beden işçilerinde % 35 ofis elemanlarında, % 60 oranına yakın verim düşüklüğünün önüne geçilmesi, belki de en önemlisi, iş kazalarından korunum ve hatalı imalatın önüne geçilmesidir.

Gürültü denetimi ile ilgili ulusal ve uluslararası yönetmelik standart ve öneri aşağıdaki gibi gruplandırmak mümkündür.

-Kaynaklar ile ilgili değerler ve değerlendirmeler; değişik fonksiyonlu makinelerin aşmaması gereken gürültü düzeyleri.

-Çevre ile ilgili değerler ve değerlendirmeler; Kentsel veya çevresel alan kullanımı ile ilgili bölge tiplerine bağlı olarak aşmaması gereken gürültü düzeyleri.

-İç ortam ile ilgili değerler ve değerlendirmeler; Yapı içinde işleve bağlı kabul edilebilir gürültü düzeyi.

-Sağlanması gerekli ses geçiş kaybı değerleri ve değerlendirmeleri; Tipik bir gürültü ortamında yer alan tipik işlevli mekanlar için düşey ve yatay yapı elemanlarında sağlanması gereken ses geçiş kayıpları [42].

Gürültünün kaynağında kontrolünün etkinliği ölçmelere dayanır.Satıcı tarafından makine ve ekipmanların belirtilen verileri karşılaştırılır ve değerlendirilir.İlave olarak, kullanılmayan makinaları durdurma,gevşemiş bileşenleri, kapıları sıkıştırmak, gürültülü bir işlem yerine sessiz işlemi seçmek gibi işlemleri uygulamaktır.

İç ortam ile ilgili değerlendirmeler için,yüksek iç sönümleyici malzemeler kullanılmalı, yayıcı yüzeylerine yapıyla taşınan sesin iletimi sınırlandırılmalı, havayla taşınan ses, yüksek kütleli plaka kullanımı veya çift duvar kullanılmalı ayrıca, oyuk yerlerinin emici malzeme ile doldurulmalıdır.Gereksiz bütün açıklıklar ve dilatasyon aralıkları kapatılmalıdır.

Uzak iş mahallerinde etkileri en aza indirmek için yüksek gürültü kaynaklarının birlikte yerleştirilmesi uygundur. Yani, yüksek gürültülü makineler daha sessiz olanlardan ayrılmalıdır. Çok sayıda yüksek gürültülü makineler bir odada yoğunlaştığında gürültü seviyesi genellikle birkaç desibel yükselir. Bu yükselme oda yüzeylerinde yapılacak uygun işlemlerle telafi edilebilir.

Gürültü engelleri ve ekranlar kullanılmalıdır. Bunlar genellikle çelik, cam ve plastik levhalardan oluşur. Ses kaynağına bakan yüzeyleri ses emici kaplamalar ile kaplanmalıdır. Bu engel ve ekranlar, duvar ve tavan işlemleriyle birleştiğinde daha etkilidir.

Makineler bağlı oldukları yapılara (döşeme, duvar, monte elemanları, boru tesisatı gibi) titreşim iletir. Daha sonra enerjinin bir kısmı ses olarak yayılır. Bu sebeple taşınan sesin yalıtımı gerekir. Titreşim yalıtımı için makinelerin montajı, yapıdan ayrılmış ağır, rezonans yapmayan temel kütle üzerine yapılmalıdır. Uygun bağlantı elemanlarının kullanımı, yapıyla taşınan sesin, boruları destekleyen tertibatlara iletilmesine mani olacaktır.

Alınan uygun gürültü tedbirlerine rağmen gürültü seviyesi çok yüksekse, personelin işitme koruyucusu kullanması sağlanmalıdır.

Yüksek gürültü kirliliği ile karşı karşıya bulunan endüstri tesislerinde, proje aşamasında tedbirler alınmalıdır. Isı, ses ve yangın kontrolünün birlikte çözülmesi yoluna gidilmesi, uygulamada başarı oranını artıracak, yatırım harcamalarını düşürecektir [41].

## KAYNAKLAR

- [1] B.Yener, *Binalarda-Sanayide Isı İzolasyonu ve Olumlu Sonuçları*, **İzolasyon dünyası Dergisi**, Sayı 52, 2007.
- [2] Binalarda Ve Tesisatta Isı Yalıtımı, İzocam Teknik Yayınları, www.izoder.org.tr
- [3] H.Akıncı, "Günümüzde Uygulanan Isı Yalıtım Malzemeleri, Özellikleri Uygulama Teknikleri ve Fiyat Analizleri" Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, 2007.
- [4] A.Özenç "Edirne'deki Isı Yalıtım Uygulamaları" Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, 2007.
- [5] A.O.Şen, "Binalarda Uygulanan Yalıtım Sistemleri. Dünyada ve Türkiye' de Yalıtım" Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, 2006.
- [6] D.Reman, "Hizmet Yapılarında Yalıtım" Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, 1997.
- [7] N.Candan, "Isı Yalıtım Sistemleri ve Özelliklerinin Karşılaştırılması" Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, 2006.
- [8] G.Bayer, "Binalarda Uygulanan Isı Yalıtım Sistemleri ve Örnek Bir Projede Isı Yalıtım Analizi" Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, 2006.
- [9] İzoder, Yangında Temel Kavramlar, İzoder Teknik Yayınları, www.izoder.org.tr
- [10] F.Bilal, Yangın Yüğü, İzoder Teknik Yayınları, www.izoder.org.tr
- [11] İzoder, Yangın Yalıtımı, İzoder Teknik yayınları, www.izoder.org.tr
- [12] A.Zeybek, "Betonarme Kolonlarının Yangın Koşullarında Tasarımı ve Kontrolü" Yüksel Lisans Tezi, İTÜ, 2008.
- [13] Yalıtım, Makine Mühendisleri Odası, Yayın No:399, 2008
- [14] R.C. Schroll, Industrial Noise Control And Accustics, Marcel Dekker , New York, 2002.
- [15] R.F.Barron, Industrial Fire Protection Handbook, CRS press, New York 2003.
- [16] C.Hopkins, Sound Insulation, Elsevier, New York, 2007.
- [17] F.Demirel, E.Özlem, *Çelik Yapı Bileşenleri ve Yangın Güvenlik Önlemleri*, **Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi**, Cilt 18,No:4, 2002.
- [18] F.Demirel, Z.Konur, *Ulusal Ve Uluslar Arası Mevzuatlar Çerçevesinde Otellerde Kaçış Yollarının Analizi*, **Gazi Üniversitesi Mühendislik Ve Mimarlık Fakültesi Dergisi** Cilt 21, No 2, 2006.
- [19] A.Kılıç, *Çelik Taşıyıcıların Yangın Yalıtımı*, **Yangın ve güvenlik dergisi**, sayı 118, 2008.

- [20] M.Kılıç, *Yapılarda Yangın Güvenliği ve Söndürme Sistemleri*, **Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi** Cilt 8, Sayı 1, 2003.
- [21] Ç.Güler, Z. Çobanoğlu, *Gürültü Kitabı, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi*, 1994.
- [22] Ş.Sirel, *Yapı Akustiğinde 30 Terim*, Yapı Fiziği Uzmanlık Enst. Kitapçık No : 9, 1996.
- [23] Ş.Şirel, *Ses Yalıtımı Konusunda Birkaç Açıklama*, Yapı Fiziği Uzmanlık Enstitüsü Kitapçık, No:10, 1996.
- [24] Ö.Kaynaklı, R.Yamankaradeniz, *Isıtma Süreç Ve Optimum Yalıtım Kalınlığı Hesabı*, **MMO Tesisat Mühendisliği Dergisi**, Sayı 104, 2008.
- [25] A.Hasan, *Optimizing Insulation Thickness For Buildings Using Life Cycle Cost*, **Applied Energy**, 63, 115-124, 1999
- [26] D.Şengül, B.Sayın, S.A Kaplan, *Su ve Isı Yalıtımının Yapılarda Uygulanmasının Gerekliliği ve Yalıtımdaki Uygulamalarının Emniyet ve Ekonomi Açısından Değerlendirilmesi*, R. Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar Kongresi, 2005
- [27] H.Günerhan, *Yalıtımın 1.Kanunu Enerji Korunumdur*, 1.Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, 2001.
- [28] *Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik*, Resmi gazete 19.11.2007.
- [29] F.Bilal, *Sanayide Pasif Yangın Yalıtımı*, İzoder Teknik yayınları, www.izoder.org.tr
- [30] K. Işıkel, *Endüstri Tesislerinde Yangın Önleyici Bölmeler*, **Tesisat Mühendisliği Dergisi**, Sayı 93, 2006.
- [31] *Yangın Duman Kontrolü, Klima Tesisatı, Isısan Teknik Yayınları*, No:305,1997.
- [32] T.Akyol “*Binaların Isı Yalıtımında Enerji ve Enerji Analizi*” Yüksek Lisans Tezi Balıkesir Üniversitesi, 2006.
- [33] K.Altunışık, *Isı Yalıtımı*, Nobel Yayıncılık, 2006.
- [34] H.Karaca, “*Yapılarda, Duvar Yalıtımında Isı Kayıplarının Ölçme ve Değerlendirme Yöntemleri*” Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, 2007.
- [35] *İzolasyon*, İzocam Yayınları (Turuncu Kitap), 2002.
- [36] N.Gölcü, Ö.Dombaycı, S.Abalı, *Denizli İçin Optimum Yalıtım Kalınlığının Enerji Tasarrufuna Etkisi ve Sonuçları*, **Gazi Üniversitesi Mimarlık Mühendislik Fakültesi Dergisi** Cilt.21, No.4, 2003.
- [37] M.Özel, K.Pihtılı, *Determination Of Optimum Insulation Thickness By Using Heating and Cooling Degree-Day Values*, **Sigma Dergisi**, Cilt.26 No.3 2008.
- [38] H.Uslu, *Gürültü Kontrolü, İç ve Dış Duvarlarda Gürültü Önlemleri*, **İzolasyon Dünyası Dergisi**, Sayı 62, 2007.

- [39] Z.Yüksel Can, *Gürültü Denetimi ve Binalarda Isı Yalıtımı*, **İzolasyon Dünyası Dergisi**, Sayı 60, 2007.
- [40] Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği, Resmi Gazete, 07.03.2008.
- [41] K.İşikel, *Endüstri Tesislerinde Gürültü Kontrolü ve Uygulamaları*, **Tesisat Mühendisliği Dergisi**, Sayı 91, 2006.
- [42] Z.Karabiber, Gürültü Denetiminde Ulusal Ve Uluslar Arası Politikalar, 3.Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, İzmir, 1999.
- [43] Ses Yalıtımı, İzoder Teknik Yayınları, [www.izoder.org.tr](http://www.izoder.org.tr)
- [44] G.Berkmen, Endüstriyel yapılarda Yangın yalıtım Uygulamaları, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Yalıtım Kongresi, Eskişehir, Mart 2001.

## **Özgeçmiş**

17.03.1978 tarihinde Malatya'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Sakarya'da tamamladı. 1999 yılında Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nden lisans diplomasını aldı. 1999'deki Gölcük depreminden sonra Malatya'ya yerleşti. Halen serbest mühendis olarak çalışmaktadır.