

# İÇİNDEKİLER

<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>3</b>
<b>GİRİŞ: BİNA ve TESİSATTA ISI YALITIMI</b> .....	<b>4</b>
1. Binalarda Isı Yalıtımı.....	5
2. Tesisat Yalıtımı:.....	6
3. Isı Yalıtımı ile ilgili Mevzuatlar:.....	6
4. Temel Kavramlar:.....	6
4.1. Isıl İletkenlik ve Isıl Direnç Kavramları.....	6
4.2. Su buharı difüzyon direnç faktörü ( $\mu$ ) ve Su buharı difüzyonuna karşı direnç (Sd) Kavramları.....	7
5. Isı Yalıtım Malzemeleri.....	9
6. Ürünlerin Etiketlerinde Aranacak Bilgiler:.....	10
7. Isı Yalıtım Uygulamaları.....	12
<b>DUVARLARDA ISI YALITIMI</b> .....	<b>14</b>
1. SIVALI DIŞ CEPHE ISI YALITIM SİSTEMLERİ (MANTOLAMA).....	14
1.1 Kullanılan Malzemeler.....	15
1.1.1) Isı Yalıtım Malzemeleri.....	15
1.1.2) Isı Yalıtım Sistem Yapıştırıcısı.....	17
1.1.3) Isı Yalıtım Sistem Dübeli.....	17
1.1.4) Isı Yalıtım Sistemi Donatı Filesini.....	18
1.1.5) Isı Yalıtım Sistem Sıvası.....	18
1.1.6) Dış Cephe Isı Yalıtım Sistemlerinde Kullanılan Profiller.....	18
1.1.7) Son Kat Kaplama:.....	18
1.2 Uygulama Aşamaları.....	19
1.2.1) Yüzeyin Uygulamaya Hazırlanması:.....	19
A) Yeni Bina Yüzeyleri İçin Uygulama Hazırlığı;.....	19
B) Mevcut Bina Yüzeyleri İçin Uygulama Hazırlığı;.....	19
1.2.2) Su Basman Profilinin Yerleştirilmesi.....	19
1.2.3) Yalıtım Levhalarının Yapıştırılması:.....	20
1.2.4) Isı Yalıtım Levhalarının Dübellenmesi.....	21
1.2.5) Kenar ve Köşelerin Oluşturulması.....	22
1.2.6) Isı Yalıtım Sistem Sıvası ve Sıva (Donatı) Filesinin Uygulanması:.....	22
1.2.7) Son Kat Kaplama Uygulaması.....	23
2. İÇERDEN VE ÇİFT DUVAR ARASI ISI YALITIMI.....	23
2.1 Kullanılan Malzemeler.....	24
2.1.1) Isı Yalıtım Malzemeleri.....	24
2.2 Uygulama Aşamaları.....	26
2.2.1 İçerden Isı Yalıtımı Uygulamasının Yapılması.....	26
A. Alçı Plaka Kaplı Kompozit Isı Yalıtım Levhaları ile Yapılan Uygulamalar.....	26
B. Çimento veya Alçı Sıvalı Uygulamalar.....	27
C. Profilli Isı Yalıtım Uygulamaları.....	27
2.2.2 Çift Duvar Arası Isı Yalıtım Uygulamaları.....	27
3. İÇERDEN ve ÇİFT DUVAR ARASINDA YAPILAN ISI YALITIMI UYGULAMALARI NETİCESİNDE OLUŞAN ISI KÖPRÜLERİNİN YALITIMI.....	27
3.1. Kalıp İçi Uygulama İle Isı Köprülerinin Yalıtımı.....	28
3.2 Kolon Ve Kiriş Alınlarına Dıştan Isı Yalıtımı Yapılması:.....	28
4. TOPRAK ALTI DIŞ DUVARLARDA ISI YALITIMI.....	29
4.1 Kullanılan Malzemeler.....	30
4.1.1) Isı Yalıtım Malzemeleri.....	30
4.1.2) Su Yalıtım Malzemeleri:.....	31
<b>ÇATILARDA ISI YALITIMI</b> .....	<b>32</b>
1. TERAS ÇATILARDA ISI YALITIMI.....	32
1.1 Geleneksel Teras Çatılarda Isı Yalıtımı.....	32
1.1.1) Kullanılan Malzemeler.....	33
1.2 Ters Teras Çatılarda Isı Yalıtımı.....	37
1.2.1) Kullanılan Malzemeler.....	38
1.2.1.1) Su Yalıtım Malzemeleri.....	38
1.2.1.2) Isı Yalıtım Malzemeleri.....	38
2. KIRMA/EĞİMLİ ÇATILARDA ISI YALITIMI.....	40

2.1 Çatı Arası Kullanılmayan Kıırma/Eğimli Çatılarda Döşeme Üzerine Yapılan Isı Yalıtımı .....	40
2.1.1) Kullanılan Malzemeler .....	41
2.2 Çatı Arası Kullanılan Kıırma Çatılarda Mertek Seviyesinde Isı Yalıtımı .....	43
2.2.1) Ahşap Kıırma Çatı Uygulamaları .....	43
2.2.1.1) Mertek altına alçı plaka kaplı kompozit ısı yalıtım levhaları ile ısı yalıtımı yapılması .....	43
2.2.1.2) Mertek arasına şilte/levha formunda ürünler ile ısı yalıtımı .....	43
2.2.1.3) Mertek üzerine polistiren köpükler ile ısı yalıtımı yapılması .....	43
A- Çatı tahtasız uygulama .....	43
B- Çatı tahtalı uygulama .....	43
2.2.2) Betonarme Kıırma Çatı Uygulamaları .....	44
<b>3. METAL ÖRTÜLÜ ÇATI ve CEPHELERDE ISI YALITIMI .....</b>	<b>49</b>
3.1 Sandviç Paneller .....	49
3.1.1) Sandviç Panel Yapısı .....	49
3.1.1.2) Isı Yalıtım Çekirdeği .....	50
3.1.2.1) İki Yüzü Metal Sandviç Paneller: .....	50
3.1.2.2) Membranlı Sandviç Paneller .....	52
<b>DÖŞEMELERDE ISI YALITIMI .....</b>	<b>54</b>
1.1 Yüzer Döşeme Uygulamaları (Döşeme üstü ısı yalıtım uygulamaları) .....	54
1.1.1 Kullanılan Isı Yalıtım Malzemeleri .....	55
1.2 Latalı Isı Yalıtım Uygulamaları .....	57
1.2.1. Kullanılan Isı Yalıtım Malzemeleri .....	57
1.3 Isıtılmayan İç Ortama Bitişik Döşemelerde Isı Yalıtımı Uygulamaları .....	58
1.3.1. Kullanılan Isı Yalıtım Malzemeleri .....	58
<b>YALITIM CAMLARI .....</b>	<b>61</b>
1. Yalıtım Camı Teknik Özellikleri .....	61
1.1 Temel Bilgiler .....	61
1.2 İlgili TSE standartları: .....	61
1.3 Düşük yayınlımlı ısı kontrol kaplamalı (Low-E) camlarla üretilen yalıtım camları .....	61
1.4 Düşük yayınlımlı ısı ve güneş kontrol kaplamalı (Solar Low-E) camlarla üretilen yalıtım camları .....	62
2. Cam Montajında Dikkat Edilecek Hususlar .....	65
<b>TESİSATLARDA ISI YALITIMI .....</b>	<b>66</b>
1. Isıtma Tesisatının Yalıtımı .....	68
2. Soğutma Tesisatının Yalıtımı .....	68
3. Vanaların ve Armatürlerin Yalıtımı .....	68
4. Tesisatta Yalıtım Kalınlığı .....	69
5. Mekanik Tesisat Sisteminin İyileştirilmesi .....	69
6. Tesisatlarda Isı Yalıtımı Uygulamaları .....	70
6.1 Kendinden Yalıtımlı Hava Kanalı Uygulamaları: .....	70
6.2 Kendinden Yalıtımlı Esnek Hava Kanalları ile Yapılan Uygulamalar: .....	71
6.3 Boru Biçimindeki Isı Yalıtım Malzemeleri ile Yapılan Uygulamalar: .....	72
6.3.1) Alüminyum Folyo Kaplı Boru Biçimindeki Mineral Yünlerle Yapılan Uygulamalar .....	73
6.3.2) Boru Biçimindeki Kaplamasız (Çıplak) Mineral Yünlerle Yapılan Uygulamalar .....	73
6.3.3) Boru Biçimindeki Ürünler ile Yapılan Uygulamalar .....	74
6.4 Şilte veya Levha Biçimindeki Malzemeler ile Yapılan Uygulamalar: .....	77
6.4.1) Levha Biçimindeki Ürünler ile Borularda Yapılan Uygulamalar .....	77
6.4.2) Levha Biçimindeki Ürünler ile Kanallar ve Şişkin Yüzeylerde Yapılan Uygulamalar .....	79
6.5 Şilte ve Levha Biçimindeki Mineral Yünler ile Boru ve Kanallarda Yapılan Uygulamalar .....	80
6.6 Vanalarda Yapılan Uygulamalar .....	81
6.6.1 Levha Biçimindeki Ürünler ile Vanalarda Yapılan Uygulamalar .....	82
6.6.2 Vanalarda Kutuları veya Vana Ceketleri ile Yapılan Uygulamalar .....	84
6.7 Askı ve Kelepçelerde Yapılan Uygulamalar .....	84
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>87</b>

## ÖNSÖZ

Kurulduğu günden bu yana kamuoyu ve inşaat sektöründe yalıtım bilincinin oluşturulmasını amaç edinen İZODER, deneyimli üretici, satıcı-ithalatçı-uygulayıcı üyelerinden oluşan komisyonlar aracılığıyla yalıtım sektörüne rehber olacak kaynakları oluşturmaya devam etmektedir.

Bina ve tesisatlarda yapılacak ısı yalıtımı; büyük çoğunluğunu ithal ettiğimiz enerjiden tasarruf sağlamakla kalmayıp aynı zamanda enerji tüketimine bağlı olarak ortaya çıkan sera gazlarını azalarak çevre kirliliğini önlemektedir.

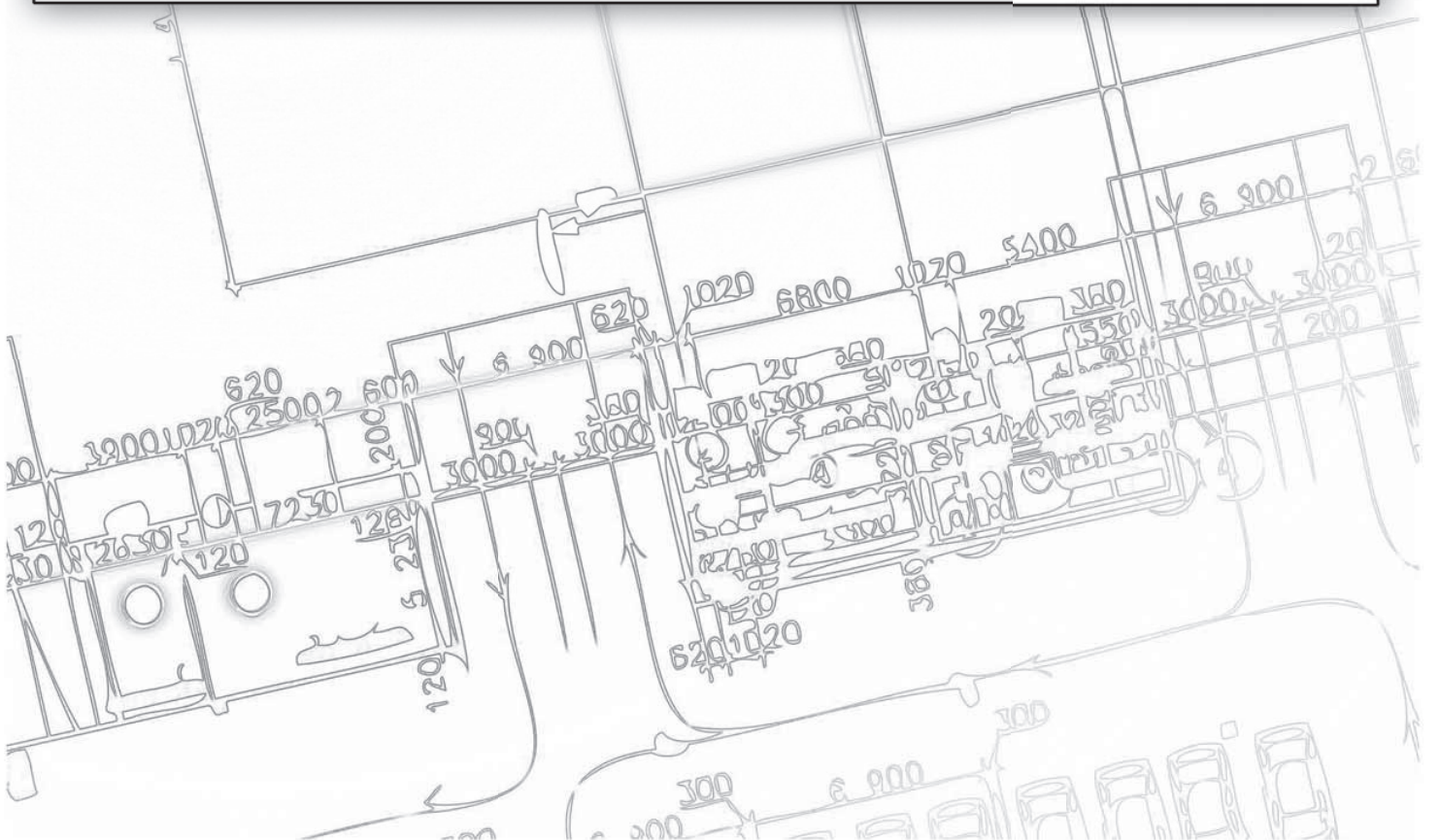
Isı yalıtımı konusunda hazırlanan Bina ve Tesisatta Isı Yalıtımı Genel Teknik Şartnamesi; standart ve mevzuatlardaki son gelişmeler ışığında 2014 yılında revize edilerek uygulayıcı, yaptırıcı ve son kullanıcıyı yalıtım ile ilgili konularda desteklemek amacıyla hazırlanmıştır. Kuşkusuz doğru detay, doğru malzeme ve doğru uygulama ile kalıcı, yüksek performanslı ekonomik çözümler üretmek mümkündür. Bu amaçla hazırlanan bu Teknik Şartname'nin pek çok kişi için güvenilir bir kaynak olacağını düşünüyoruz.

Bu çalışmada emeği geçen İZODER Isı Yalıtım Komisyonu'nun değerli üyelerine teşekkür eder; sektöre ve ülkemize hayırlı olmasını dileriz.

**İZODER**



## Giriş: Bina ve Tesisatta Isı Yalıtımı



## GİRİŞ: BİNA ve TESİSATTA ISI YALITIMI

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

### 1. Binalarda Isı Yalıtımı

Dünya üzerindeki birincil enerji kaynaklarının hızla tükenmesi üzerine gelişmiş ülkeler başta olmak üzere tüm ülkeler enerji ihtiyaçlarını kontrol altına alma ve enerjiyi 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.

- 1.1. Duvarlar:** Enerji verimliliği için ısı kaybeden dolgu duvar ve kolon, kiriş, lento, hatıl vb. tüm taşıyıcı duvarlara ısı yalıtımı yapılmalıdır. Duvarlarda yalıtım içten (duvarın iç yüzünden) veya dıştan (duvarın dış yüzünden) yapılabilir. Bunun için çeşitli ısı yalıtım malzemeleri ve detayları uygulanabilir.
- 1.2. Pencereler:** Pencere sistemlerinde yalıtımlı doğramalar ve standart yalıtım camına göre daha etkin yalıtım sağlayan kaplamalı yalıtım camları kullanılmalıdır. Yeni nesil yalıtım camlarının bünyesinde ısı kontrol (Low-E) veya ısı ve güneş kontrol (Solar Low-E) kaplamalı cam yer almaktadır.
- 1.3. Tavan/çatı ve döşemeler:** Binalarda duvarlar ve pencerelerden sonra en fazla ısı kaybı/kazancı olan bölümler, tavan/çatı ve döşemelerdir. Isı kaybeden/kazanan 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.



Şekil 1: Isı yalıtımı uygulama alanları

Binalarda ısı yalıtımı uygulanması ile;

- Isıtma ve soğutma amaçlı tüketilen enerji miktarının azalması,
- Azalan enerji ihtiyacına paralel olarak daha düşük kapasiteli ısıtma ve soğutma sistem ve tesisatlarının kullanılabilmesi ile ilk yatırım maliyetlerinin azaltılması
- Daha az yakıt tüketimi ile konforlu ısıtma/soğutma yapılarak küresel ısınma ve iklim değişikliğine neden olan CO<sub>2</sub> salımında azalma sağlanması
- Isıtma ve soğutma amaçlı enerji ihtiyacının azalmasına bağlı olarak ithal edilen enerji miktarının azaltılması ve bu yolla ülke ekonomisine katkı sağlanması,
- Yakıt tüketiminden kaynaklanan hava kirliliğinin azalması,
- Sağlıklı ve konforlu bir ortam oluşturulması
- Bina onarım ve bakım maliyetlerini azaltılması.
- Yapı bileşenlerinin yoğuşma sonucu korozyona uğraması önlenerek, taşıyıcı sistemin korunması sağlanır.



## 2. Tesisat Yalıtımı:

Enerji verimliliği için binadaki ısıtma, soğutma veya sıcak su tesisatlarına mutlaka ısı yalıtımı yapılması gereklidir. Tesisatlarda kullanılacak çeşitli ısı yalıtım malzemeleri bulunmaktadır. Tesisatlarda enerji verimliliği için ayrıca; verimli ısıtma ve soğutma sistemleri tercih edilmeli ve otomatik kontrol teknolojilerinden faydalanılmalıdır. Tesisatta Isı Yalıtımı; genel olarak sıcak hatlarda ısı kaybını, soğuk hatlarda ise ısı kazancını önlemek için alınması gereken tedbirler olarak tarif edilir. Tesisat yalıtımı ile enerji kayıp veya kazançları dışında, hattı oluşturan boruların yoğuşma sebebiyle korozyona uğraması önlenir.

## 3. Isı Yalıtımı ile ilgili Mevzuatlar:

Isı yalıtımı ile ilgili olarak tasarım ve projelendirme ile ilgili esasların belirlendiği TS 825 “Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları” standardı; başlangıç aşamasında tavsiye niteliğinde yayımlanmıştır. Daha sonra standardın 14 Haziran 1999 tarih ve 23725 sayılı resmi gazetede yayımlanması ve bu standardın paralelinde hazırlanan “Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği”nin 08 Mayıs 2000 tarih 24043 sayılı resmi gazetede yer alması ile TS 825 standardı 14 Haziran 2000 tarihinden itibaren uygulaması zorunlu standart olarak yürürlüğe girmiştir. 14 Haziran 2000 tarihinden sonra yapılan binalar; bu standardın ve yönetmeliğin koşullarına uymak zorundadır.

Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği” binalarda meydana gelen enerji tüketimlerine daha bütüncül yaklaşım ortaya koymaktadır. 05 Aralık 2009 tarihinde yürürlüğe giren “Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği”nde daha önce yayımlanan “Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği”nden farklı olarak ısıtmanın yanı sıra soğutma, havalandırma, aydınlatma, sıcak su temini gibi enerji kullanım alanları ve ısıtma/soğutma sistemleri, aydınlatma armatürleri vb. sistemlerin verimlilikleri dikkate alınmaktadır. 05 Aralık 2009 tarihinde yürürlüğe giren “Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği” kapsam olarak ısıtma amaçlı enerji tüketimlerini de ele aldığından “Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği” içerik olarak tamamen “Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği”ne dâhil edilmiştir. Dolayısıyla; Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği’nin yürürlüğe girmesi ısı yalıtımı uygulamalarının zorunluluğu aynen devam etmektedir.

“Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği” ile uygulamaya giren en önemli hususlardan birisi de “Enerji Kimlik Belgesi” uygulamasıdır. Enerji Kimlik Belgesi; binanın toplam enerji tüketimi ve sera gazı salım miktarını elektrikli ev aletlerinde olduğu gibi A-G arasında sınıflandırarak son kullanıcının bilgisine sunmaktadır. Bu belge sayesinde son kullanıcılar satın alacakları veya kiralayacakları binaların enerji verimliliğine bağlı olarak işletme maliyetlerini ve CO<sub>2</sub> salımı yönüyle çevreye olan etkilerini görme imkânı sağlanmıştır. Bu bağlamda daha az enerji tüketerek ısıtma, soğutma, aydınlatma ve sıcak su ihtiyacını karşılayan atmosfere daha az sera gazı salınan binalar farklarını ortaya koyabilme fırsatına sahiptirler.

“Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği” kapsam itibarı ile önemli bir yenilik getirirse de enerji tüketimlerinin sınırlandırılması noktasında TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları standardı kapsamında tanımlanmış limit değerlerden farklı bir sınır değer ortaya koymamaktadır. Dolayısıyla bir binanın ısıtma amaçlı yakıt tüketiminin TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları standardında tanımlanan limit değerlerin altında kalacak şekilde tasarlanması zorunludur. Isıtmanın dışındaki diğer enerji tüketim alanlarına özel bir sınır değer tanımlanmamış olmakla birlikte binanın toplam enerji tüketimi ve CO<sub>2</sub> salımları için bir sınırlama getirilmiş ve yeni binaların en az C sınıfı olmaları zorunlu kılınmıştır. C sınıfı binalar mevcut mevzuatın şartlarına asgari de uyum binalara karşılık gelmektedir. Dolayısıyla TS 825 standardına uygun olarak asgari yalıtım kalınlıklarında tasarlanan binaların ısıtma amaçlı enerji tüketimleri C sınıfı olacaktır.

## **Tasarlanan binanın enerji sınıfının iyileştirilmesi ancak TS 825 standardına göre belirlenen yalıtım kalınlıklarının üzerine çıkılması ile mümkündür.**

Tasarımdan, uygulamaya kadar tüm yönleri ile bir uzmanlık dalı olan yalıtımın ana unsurları “doğru detay”, “nitelikli malzeme” ve “sağlıklı uygulama”dır. 12 Ağustos 2001 tarih ve 24491 sayılı resmi gazete ile yayımlanan “Yapı Denetimi Uygulama Usul ve Esasları Yönetmeliği” ile ısı yalıtımı uygulamalarının denetimi, Yapı Denetim Kuruluşlarına verilmiştir. Yönetmeliğin yürürlüğe girdiği 2001 tarihinde 19 pilot ilde başlayan Yapı Denetim 01 Ocak 2011 tarihinden itibaren Yapı Denetim Sistemi ülke geneline yayılmıştır.

## 4. Temel Kavramlar:

### 4.1. Isıl İletkenlik ve Isıl Direnç Kavramları

Isı yalıtım malzemeleri; ısı kayıp ve kazançlarının azaltılmasında kullanılan, düşük kalınlıklarda enerji tasarrufu sağlamak amacıyla üretilmiş, hafif, makul kalınlıklarda yüksek ısı direnç özelliğine sahip özel ürünlerdir. Isı yalıtım malzemelerinin en temel özelliği ısı iletkenliğinin düşük olması ve ısı geçişine karşı gösterdikleri direncin yüksek olmasıdır. Isıl iletkenlik; bir malzemenin ne kadar ısı ilettiğinin ölçüsüdür. Genel olarak ısı iletkenlik 1m<sup>2</sup> yüzey alanına sahip 1m kalınlığındaki bir malzemenin karşılıklı yüzeyleri arasında 1°C sıcaklık farkı olması durumunda transfer olan ısı miktarıdır. Isıl iletkenlik malzemelere dair bir özelliktir. Bir başka

deyişle her malzemenin muhtelif yöntemler ile ölçülen bir ısı iletkenliği vardır. Bazı malzemeler için TS 825 standardında tanımlanmış olan iletim yoluyla transfer olan ısı miktarının ölçüsü olan ısı iletkenlik katsayıları aşağıda örnek olarak verilmiştir.

Malzeme	Isıl İletkenlik Hesap Değeri W/(m.K)
Metaller	35,0 - 384,0
Donatılı beton	2,20-2,50
Donatısız beton	1,65-2,10
Tuğla	0,19 ila 1,40
Gaz beton	0,11 ila 0,29
MW, EPS, XPS, PUR/PIR vb. ısı yalıtım malzemeleri	0,020 ila 0,045

**Tablo 1:** Muhtelif malzemelerin ısı iletkenlik hesap değerleri

Isıl direnç ise malzeme kalınlığının ısı dirence bölünmesi ile elde edilen fiziksel bir büyüklüktür ve ürünün performansını göstermektedir. Temel olarak bir uygulama detayının ısı direncin büyümesi tasarruf edilen enerji miktarının da artması anlamına gelmektedir.

$$\text{Isıl direnç} = \text{kalınlık} / \text{ısı iletkenlik}$$

Örneğin; 30cm kalınlığında ısı iletkenlik katsayısı 0,9W/(m.K) olan bir yapı malzemesinin ısı direnci 0,33(m<sup>2</sup>K)/W iken 4cm kalınlığında ısı iletkenlik katsayısı 0,04W/(m.K) olan bir ısı yalıtım malzemesinin ısı direnci 1,0(m<sup>2</sup>K)/W'dir. Özetle 4 cm kalınlığındaki ısı yalıtım malzemesi; 30cm kalınlığındaki bir yapı malzemesinden 3 kat daha fazla ısı dirence sahiptir.

Bu yönüyle ele alındığında düşük kalınlıklarda kullanılan sıva, boya vb. malzemeler yeterli ısı direnci sağlayamadıkları için arzulan enerji verimliliği hedeflerine ulaşılmada tek başlarına kullanılamazlar. Özellikleri geliştirilmiş bazı boyalar bünyelerinde bulundukları katkı malzemeleri ile güneş ışınlarından kaynaklanan ışınlama ısı transferini belli bir oranda azaltarak enerji verimliliğine katkıda bulunabilirler. Isı yalıtımlı sıvalar ise muadilleri olan diğer sıvalara nazaran daha yüksek ısı direnç oluşturarak enerji verimliliğine katkıda bulunabilirler.

#### 4.2.Su buharı difüzyon direnç faktörü ( $\mu$ ) ve Su buharı difüzyonuna karşı direnç ( $S_d$ ) Kavramları

İç ortamda üretilen su buharı, yapılara zarar veren bir potansiyele sahiptir. Su buharı basınç farkı nedeniyle ısı akımı ile aynı yönde hareket ederek yapı elemanının gözeneklerinden geçer ve dış ortama ulaşmaya çalışır. Su buharının yapı elemanı içerisindeki bu geçişi sırasında, doyma veya daha düşük sıcaklıkta bir yüzeyle temas etmesi durumunda buharın bir kısmı yoğuşarak su haline geçer.

Yapı elemanları içerisinde birikerek yapıya ve konforumuza zarar verir. Yoğuşma iç yüzeyde veya yapı elemanları içine meydana gelebilir. Bu nedenle, yapı elemanları tasarlanırken mutlaka yoğuşma kontrolü yapılmalıdır.

Bina kabuğu tasarımında; bağlı nem değerinin, kısa süreler için bile 0,8'den yüksek olması durumunda iç yüzeylerde küf oluşumu riski vardır. Yüzeyde meydana gelen yoğuşma, neme karşı hassas olan korunmamış yapı malzemelerinde hasarlar oluşmasına neden olabilir. Yüzeydeki nem miktarının fazla olması; telafisi olmayan, fiziksel değişikliklere (dökülme, kabarma vb.), kimyasal reaksiyonlara (paslanma vb.) ve biyolojik gelişmelere (ahşabın çürümesi vb.) neden olarak konforumuzu bozar.

Yapı elemanlarının ara yüzeylerinde meydana gelen yoğuşma, yapımızın yük taşıyıcı kısımlarında bulunan demirlerin paslanmasına neden olduğu için, yapı ömrünü tehdit eden unsurlardan biridir.

Su buharı difüzyon direnç faktörü; bir malzemenin durgun havadan kaç kat daha fazla su buharı geçişine direnç sağladığının ölçüsüdür. Durgun hava referans alınarak belirlenen su buharı difüzyon direnç faktörü malzemelere dair bir özelliktir. Bir başka deyişle her malzeme; muhtelif yöntemler ile ölçülen ve 1 (durgun havaya eşdeğer) ile  $\infty$  arasında değişen bir su buharı difüzyon direnç faktörüne sahiptir.

Bazı malzemeler için TS 825 ve TS 2164 standardında tanımlanmış olan su buharı difüzyon direnç faktörleri aşağıda örnek olarak verilmiştir.

Malzeme	Su buharı difüzyon direnç faktörü ( $\mu$ ) (-)
Camyünü ve Taşyünü	1,0
EPS	20-100
XPS	80-250
Polimer Bitümlü Örtüler	20.000
Polietilen Folyo	80.000
Cam	1.000.000
Metaller	1.000.000

**Tablo 2:** Muhtelif malzemelerin su buharı difüzyon direnç faktörleri

Su buharı difüzyonu eş değer hava tabakası kalınlığı (Sd) ise Su buharı difüzyon direnç faktörü ( $\mu$ ) ile malzeme kalınlığının (d) çarpılması ile elde edilen fiziksel bir büyüklüktür ve ürünün su buharı geçişine karşı gösterdiği performansı ifade eder. Sd değeri; bir yapı elemanı katmanının su buharının geçişine gösterdiği dirence eşdeğer direnci gösteren hareketsiz hava tabakasının kalınlığı olarak tanımlanır. Temel olarak bir uygulama detayının Sd değerinin büyümesi yapı elemanının su buharı geçişine karşı direncinin arttığı anlamına gelmektedir. "Sd" değeri 1500m ve üzerinde olan yapı elemanlarının pratik olarak su buharı geçirmediği kabul edilir.

$$Sd = \mu \times d$$

**Sd:** Su buharı difüzyonu eş değer hava tabakası kalınlığı (m),

**$\mu$  :** Su buharı difüzyon direnç katsayısı (Birimsiz),

**d :** Yapı malzemesi tabakasının kalınlığı (m) dir.

Örneğin; 4mm kalınlığında su buharı difüzyon direnç katsayısı 1.000.000 olan cam plakanın Sd değeri 4000m iken 40cm kalınlığında su buharı difüzyon direnç katsayısı 5 olan bir malzemenin Sd değeri 2,0m olmaktadır. Özetle 4mm kalınlığındaki cam; örnekte ele alınan 40cm kalınlıkta bir yapı malzemesinden 2000 kat daha fazla dirence sahiptir.

Bu yönüyle ele alındığında özellikle yapı elemanının dış tarafından yalıtım yapılamayan durumlarda mutlaka yoğuşma tahkikinin yapılmalıdır. Yoğuşma riskinin azaltılması veya ortadan kaldırılması için; yapı bileşenlerinin içinden geçen su buharı miktarı sınırlandırılmalı ya da yapı bileşeninin tüm kesitindeki sıcaklık dağılımı doyma sıcaklığının üstünde olmalıdır.

Yoğuşmanın hiç olmaması için, yapı bileşeni içindeki tüm sıcaklıkların, su buharının doyma sıcaklığından daha yüksek olması gerekir. Bu da yapı bileşeninin dış iklim koşullarından korunmasıyla, yani yapı elemanının dış tarafından yapılan ısı yalıtım uygulamaları ile sağlanır. Böylece yapı bileşenlerinin, ısı yalıtımının sıcak tarafında kalmaları sağlanır ve yoğuşma sıcaklığının üstünde tutulur. Dolayısı ile yapı elemanlarının içerisinde geçen su buharının düşük sıcaklıklı bir kesitle karşılaşması engellenerek yoğuşmanın zararlı etkilerinden korunulur.

Muhtelif sebeplerle dıştan ısı yalıtımının yapılamadığı detaylarda içten ısı yalıtımı uygulamalarına başvurulur. İçten ısı yalıtımı uygulamaları ile iç yüzeyin sıcaklığı su buharının doyma sıcaklığının üzerinde tutularak küf, mantar, vb. oluşumu engellenir. Ancak bu uygulamalarda, yapı bileşeni iklim koşullarına maruz kalacağından soğuk olacaktır. Dolayısıyla ısı yalıtım malzemesinden geçerek yapı malzemesine ulaşan su buharı yoğuşacaktır. Bu sebeple; meydana gelebilecek yoğuşmanın yapı malzemelerine zarar vermesi önlemek amacıyla yapı bileşeni içerisinde geçen su buharı miktarının sınırlandırılması gereklidir. Bu amaçla içten yapılan uygulamalarda;

- ❖ Uygun kalınlıkta buhar difüzyon katsayıları yüksek olan ısı yalıtım malzemeleri veya
- ❖ Buhar kesici niteliğe sahip polietilen folyo (naylon), alüminyum folyo vb. ürünler ile önlem olarak buhar difüzyon katsayıları düşük olan ısı yalıtım malzemeleri tercih edilmelidir.

Buhar kesicinin kullanıldığı detaylarda buhar kesici katmanın sıcak tarafta olacak şekilde yani yalıtım malzemesinin iç ortama bakan tarafına uygulanması gereklidir.



## 5. Isı Yalıtım Malzemeleri

### 5.1 Cam Yünü :

İnorganik bir hammadde olan silis kumunun yüksek basınç altında 1200-1250°C de ergitilerek, ince eleklerden geçirilip elyaf haline getirilmesi sonucu oluşturulan açık gözenekli bir malzemedir. Değişik yoğunluklarda (14-100 kg/m<sup>3</sup>) farklı kaplama malzemeleri ile şilte, levha veya boru formunda üretilebilir. Kullanım sıcaklığı -50 / +250°C aralığındadır. A1 veya A2 sınıfı yanmaz bir malzemedir. TS 825'e göre ısı iletkenlik hesap değeri  $\lambda = 0,035-0,050 \text{ W/(m.K)}$ 'dir. Su buharı difüzyon direnç katsayısı  $\mu = 1'$  dir. Hacimce su emme %3-10'dur.

### 5.2 Taş Yünü :

İnorganik bir hammadde olan bazalt ve diabaz taşlarının 1350-1400°C sıcaklıklarda, ince eleklerden geçirilip elyaf haline getirilip bunların organik bağlayıcılar ile sıcaklık ve basınç altında levha haline getirilmesi sonucu oluşturulan açık gözenekli bir malzemedir. Değişik yoğunluklarda (30-200 kg/m<sup>3</sup>) farklı kaplama malzemeleri ile şilte, levha veya boru formunda üretilebilir. Kullanım sıcaklığı -50/ +650~750°C aralığındadır. A1 veya A2 sınıfı yanmaz malzemedir. TS 825'e göre ısı iletkenlik hesap değeri  $\lambda = 0,035-0,050 \text{ W/(m.K)}$ 'dir. Su buharı difüzyon direnç katsayısı  $\mu = 1'$  dir. Hacimce su emme %2,5-10'dur. Basma dayanımı 0,5 ile 500 kPa arasında değişir.

### 5.3 Ekspande Polistren Köpüğü (EPS) :

Polistren hammaddesinin su buharı ile temas etmesi durumunda hammaddesinde bulunan pentan gazının genişlemesiyle büyük bloklar halinde şişirilip ve sıcak tel ile kesilerek üretilirler. Levha şeklinde kalıp içerisinde şişirilerek de üretilebilirler. EPS levhaların ısı yalıtımı amacıyla kullanılabilmesi için yoğunluğunun en az 15 kg/m<sup>3</sup> olması gerekmektedir. Kullanım sıcaklığı -50/ +75~80°C aralığındadır. Yangına tepki sınıfı D veya E' dir. TS 825'e göre ısı iletkenlik hesap değeri  $\lambda = 0,035-0,040 \text{ W/(m.K)}$  dir. Su buharı difüzyon direnç katsayısı  $\mu = 20-100$  dür. Hacimce su emme %1-5 dir. Basma dayanımı 30 ile 500 kPa arasında değişir.

### 5.4 Ekstrüde Polistren Köpüğü (XPS) :

Polistren hammaddesinin ekstrüzyon (haddeleme) ile çekilmesi ile üretilen ortak çeperli kapalı hücre yapısına sahip ısı yalıtım malzemeleridir. Pürüzsüz (ciltli), pürüzlü veya pürüzlü kanallı yüzey biçimleri bulunmaktadır. Değişik yoğunluklarda ( $\geq 25 \text{ kg/m}^3$ ) levha veya boru biçiminde üretilebilir. Kullanım sıcaklığı -50/ +75~80°C aralığındadır. Yangına tepki sınıfı D veya E' dir. TS 825'e göre ısı iletkenlik hesap değeri  $\lambda = 0,030-0,040 \text{ W/(m.K)}$ 'dir. Su buharı difüzyon direnç katsayısı  $\mu = 80-250'$ dir. Hacimce su emme %0-0,5 dir. Basma dayanımı 100 ile 1000 kPa arasında değişir.

### 5.5 Poliüretan Köpüğü (PUR/PIR) :

Poliüretan terimi polifonksiyonel izosiyanatların en az iki hidroksil grubu içeren bileşiklerle katılma reaksiyonu sonucunda plastik(polimer) oluşturması anlamına gelir. Poliüretan ismini (PU) bu reaksiyon sonucu oluşan üretan grubundan alır. Bu sınıftaki malzemeler üre, amid, eter, ester bağları da içerebilir. Bundan dolayı poliüretan ismi çok değişken yapıda polimeriler için kullanılır. Poliüretan iki ayrı kimyasal komponentin bir araya getirilmesi ile üretilir. PUR/PIR farklı yoğunluklarda ( $\geq 30 \text{ kg/m}^3$ ) levha, sandviç panel ve püskürtme yöntemiyle kullanılan bir ısı yalıtım malzemesidir. Kullanım sıcaklığı -200/ +110°C aralığındadır. Yangına tepki sınıfı D, E veya F dir. TS 825'e göre ısı iletkenlik hesap değeri  $\lambda = 0,025-0,040 \text{ W/(m.K)}$  arasında değişkenlik gösterir. Su buharı difüzyon direnç katsayısı  $\mu = 30-100'$ dir. Hacimce su emme maksimum %3 dür. Basma dayanımı minimum 25-800 kPa olmalı ve uygulama yerine göre yoğunlukla doğru orantılı olacak şekilde artış gösterir.

### 5.6 Ahşap Yünü Levhalar (WW) :

Ahşap talaşının belirli bir bağlayıcı ile sıkıştırılarak levha halinde değişik yoğunluklarda 460-650 kg/m<sup>3</sup> üretilen bir yalıtım malzemesidir. Genellikle EPS ve Taş Yünü ısı yalıtım levhalarının iki yüzeyine ahşap yünü levhaların lamine edilmesi ile elde edilen kompozit paneller halinde kullanılırlar. Yangına tepki sınıfı B,s1,d0 dir. TS 825'e göre ısı iletkenlik hesap değeri  $\lambda = 0,065-0,090 \text{ W/(m.K)}$ 'dir. Su buharı difüzyon direnç katsayısı  $\mu = 2-5$  dir. Basma dayanımı 200 ile 1000 kPa arasında değişir.

### 5.7 Cam Köpüğü (CG) :

Cam köpüğü; hücresel dolgu malzemesi ile birleştirilmiş atık cam kırıklarından oluşur. Bu iki bileşen bir kalıba yerleştirilerek yaklaşık 510°C'ye kadar ısıtılır. Isıtma işlemi süresince kırılmış cam tanecikleri eriyerek sıvı hale geçer. Hücresel dolgu malzemesinin ayrışması sonucunda karışım genişleşip kalıbı doldurur. Karışımın milyonlarca birbirine bağlı, üniform ve kapalı hücreler oluşturmasıyla değişik yoğunluklarda (100-150 kg/m<sup>3</sup>) cam köpüğü elde edilir. A sınıfı yanmaz malzemedir. TS 825'e göre ısı iletkenlik hesap değeri  $\lambda = 0,045-0,060 \text{ W/(m.K)}$ 'dir. Su buharı difüzyon direnç katsayısı  $\mu = \infty$  dur. Su emme %0 dir. Kullanım sıcaklığı -260/ +430°C aralığındadır. Basma dayanımı 430 ile 8800 kPa arasında değişir. Kimyasal maddelere dayanıklıdır.

### 5.8 Fenol Köpüğü (PF) :

Fenol-Formaldehit bakalitine anorganik şişirici ve sertleştirici maddeler katılarak elde edilir. Muhtelif yoğunluklarda levha ve boru biçiminde alüminyum folyo, metal vb. kaplamalar ile donatılabilmektedir. Yangına tepki sınıfı kaplamasız B,s2,d0, alüminyum folyo kaplamalı C,s2,d0 dir. TS 825'e göre ısı iletkenlik hesap değeri  $\lambda = 0,030-0,045 \text{ W/(m.K)}$ 'dir. Su buharı difüzyon direnç katsayısı  $\mu = 10-50$  dir. Kullanım sıcaklığı  $-180/+120^\circ\text{C}$  aralığındadır.

### 5.9 Genleştirilmiş Perlit Levhalar (EPB):

Bünyesinde % 2-4 oranında bağlı su bulduran ve camsı bir kayadır. Perlitin en önemli özelliği ısıtılarak yumuşama sıcaklığına getirildiğinde orijinal hacminin 4-24 katına çıkabilmesidir. Perlit temel olarak silika ve alüminyum bileşimlerinden oluşmuş olsada kolaylıkla nem absorbe edebilen higroskopik katkılarda içerebilir. Ham perlitin kırılıp değişik ebatlardaki eleklerden geçirilerek tasnif edilmesinin ardından  $800-1150^\circ\text{C}$ 'ye kadar hızlı bir şekilde ısıtılarak bünyesinde ki özsuyun buharlaşması ile patlaması sonucu granül halinde genleştirilmiş perlit elde edilir. Levha veya granül olarak torbalara konularak kullanılabilir. A sınıfı yanmazdır. TS 825'e göre ısı iletkenlik hesap değeri  $\lambda = 0,045-0,065 \text{ W/(m.K)}$ 'dir Su buharı difüzyon direnç katsayısı  $\mu = 5$ . Kullanım sıcaklığı  $-250/+1000^\circ\text{C}$  aralığındadır.

### 5.10 Mantar Levhalar (ECB):

Ağaçlardan soyulan mantar temizlenip prosesten geçirilerek granül haline getirilir. Granüller kurutma cihazında temizleme ve traşlama prosesinden elde edilen mantar tozlarının yakılması ile elde edilen kızgın buhara tabi tutulur. Mantar bloklar bu prosesten sonra kurutma cihazından çıkarılarak su ile soğutularak 2 hafta süresince dinlenmeye bırakılır. Bu sürenin ardından testere ile talep edilen kalınlıklarda kesilerek değişik yoğunluklarda ( $80-500 \text{ kg/m}^3$ ) mantar levhalar elde edilir. Yangına tepki sınıfı E sınıfıdır. TS 825'e göre ısı iletkenlik hesap değeri  $\lambda = 0,045-0,055 \text{ W/(m.K)}$ 'dir. Su buharı difüzyon direnç katsayısı  $\mu = 5-10$  dur. Kullanım sıcaklığı  $-180/+100^\circ\text{C}$  aralığındadır.

### 5.11. Ahşap Lifli Levhalar (WF):

Ahşap lifli ısı yalıtım malzemeleri, ladin köknar gibi ağaç yongalarından elde edilirler. Ahşap yongaları termo-mekanik olarak hamur haline getirilip ince şeritler halinde kesilir. Elyaf, su itici katkılar (%2 parafin) püskürtülür ve ardından kurutulur. Kurutulmuş elyaf, su itici katkılara %4 oranında poliüretan esaslı reçine püskürtülmesinin ardından levha biçimine getirilerek değişik yoğunluklarda  $110-450 \text{ kg/m}^3$  üretilir. Yangına tepki sınıfı E dir. TS 825'e göre ısı iletkenlik hesap değeri  $\lambda = 0,035-0,070 \text{ W/(m.K)}$ 'dir Su buharı difüzyon direnç katsayısı  $\mu = 5$  dir. Kısa süreli su emme değeri  $0,5-2,0 \text{ kg/m}^2$  dir. Basma dayanımı 5 ile 150 kPa arasındadır.

### 6.Ürünlerin Etiketlerinde Aranacak Bilgiler:

Yapı malzemeleri Yönetmeliği uyarınca binalarda kullanılacak olan ısı yalıtım malzemelerinin CE işareti ile pazara arz edilmeleri gereklidir. Isı yalıtım malzemelerinin Yapı Malzemeleri Yönetmeliği kapsamında tabi oldukları uluslararası standartlar aşağıda listelenmiştir.

Binalarda ısı yalıtımı		Tesisatlarda ısı yalıtımı	
Malzeme	Tabi olduğu standart	Malzeme	Tabi olduğu standart
Camyünü ve Taşyünü	TS EN 13162	Camyünü ve Taşyünü	TS EN 14303
Ekspande Polistiren (EPS),	TS EN 13163	Elastomerik Kauçuk (FEF)	TS EN 14304
Ekstrüde Polistiren (XPS),	TS EN 13164	Cam Köpüğü (CG)	TS EN 14305
Poliüretan (PUR),	TS EN 13165	Kalsiyum Silikat (CS)	TS EN 14306
Fenol Köpüğü,	TS EN 13166	Ekstrüde Polistiren (XPS)	TS EN 14307
Cam Köpüğü (CG),	TS EN 13167	Poliüretan (PUR / PIR)	TS EN 14308
Ahşap yünü Levhalar,	TS EN 13168	Ekspande Polistiren (EPS),	TS EN 14309
Genleştirilmiş Perlit (EPB),	TS EN 13169	Polietilen Köpük (PEF),	TS EN 14313
Genleştirilmiş Mantar (ICB),	TS EN 13170	Fenol Köpüğü,	TS EN 14314
Ahşap Lifli Levhalar,	TS EN 13171	Püskürtme PUR/PIR Köpüğü	TS EN 14319-1
Püskürtme PUR/PIR Köpüğü	TS EN 14315-1		

**Tablo 3:** Kullanım alanlarına göre ısı yalıtım malzemelerinin tabi oldukları standartlar

Bu uluslar arası standartlar uyarınca; ürünlerin etiketlerinde CE işareti ile asgaride aşağıda verilen ürün standartlarına atıf yapılması aşağıda verilen asgari bilgileri içermesi gereklidir.

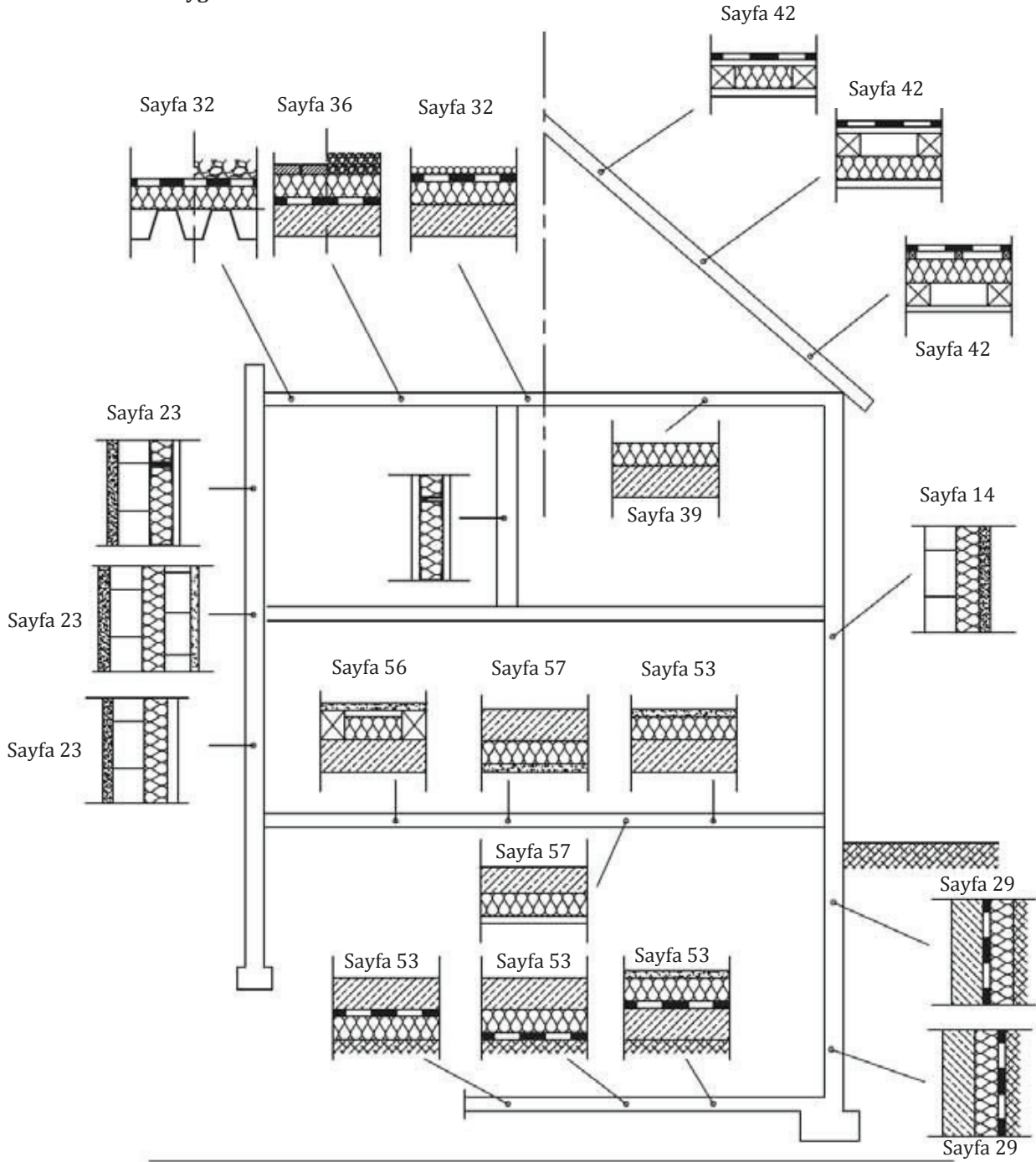
- Mamulün adı veya diğer tanıtıcı işaretler;
- Üretici firmanın veya yetkili temsilcisinin adı veya markası ve adresi;
- CE işaretinin iliştirildiği yılın son iki rakamı
- İmalât vardiyası veya zamanı ve imal eden tesis veya izlenebilirlik kodu;
- Ürünün işaretleme kodu;
- Yangına karşı tepki sınıfı;
- Beyan edilen ısı direnç;
- Beyan edilen ısı iletkenlik;
- Anma kalınlığı;
- Anma uzunluğu, anma genişliği;
- Uygunsa, ambalajın içinde kaç parça ve ne kadar alana sahip mamulün bulunduğu.

Aşağıda sırasıyla mineral yünler (camyünü ve taşyünü), ekspande polistiren köpüğü (EPS) ve ekstürüde polistiren köpüğü (XPS) için örnek etiketler verilmektedir.

		
01234	01234	01234
ABC A.Ş. PK 012 B- 01234	ABC A.Ş. PK 012 B- 01234	ABC A.Ş. PK 012 B- 01234
12	12	12
01234-CPD-56789		
<b>TS EN 13162:2010</b>	<b>TS EN 13163:2010</b>	<b>TS EN 13164:2010</b>
Binalarda ısı yalıtımı amacıyla kullanılan Mineral Yünler	Binalarda ısı yalıtımı amacıyla kullanılan Ekspande Polistiren Köpüğü (EPS)	Binalarda ısı yalıtımı amacıyla kullanılan Ekstürüde Polistiren Köpüğü (XPS)
Yangına Tepki – Sınıf A1	Yangına Tepki – Sınıf E	Yangına Tepki – Sınıf E
Isıl Direnç 2,5m <sup>2</sup> .K/W	Isıl Direnç 2,5m <sup>2</sup> .K/W	Isıl Direnç 2,5m <sup>2</sup> .K/W
Isıl İletkenlik 0,040 W/m.K	Isıl İletkenlik 0,040 W/m.K	Isıl İletkenlik 0,040 W/m.K
Kalınlık 100mm	Kalınlık 100mm	Kalınlık 100mm
MW — TS EN 13162 — T6 — DS(T+) — CS(10)70 — TR15 — PL(5)100 — MU1 — CP3 — AP0,35 — AWO,40	EPS — TS EN 13163 — T1 — L1 — W1 — S1 — P1 — BS100 — CS(10)60 — DS(N)5 — DLT(1)5 — TR50 — WL(T)5 — WD(V)15	XPS — TS EN 13164 — T2 — DLT (1)5 — DLT(2)5 — CS(10)300 — CC(2/1,5/50)100 — WD(V)3 — WL(T)3 — MU 150 — FT2

**Şekil 2:** Muhtelif ısı yalıtım malzemeleri için etiket örnekleri

## 7. Isı Yalıtım Uygulamaları



Kagir duvar elemanı  
(tuğla, gazbeton, bims blok vb.)



İç yüzey kaplaması (alçı levha gibi)



İç veya dış cephe sıvası



Isı yalıtım malzemesi



Su yalıtım malzemesi



Betonarme yapı elemanı



Çakıl



Ahşap taşıyıcı eleman  
(mertek veya lata gibi)



Metal/ahşap profil elemanı  
(Kutu, U, C, I gibi)



Toprak dolgu