

**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİNALARDA DIŞ DUVARLARDA KULLANILAN  
ISI YALITIM KAPLAMALARININ ENERJİ  
KORUNUM PERFORMANSLARI AÇISINDAN  
İNCELENMESİ**

**Güler Hacer KİPER YILMAZ**

**Kasım, 2009  
İZMİR**

**BİNALARDA DIŞ DUVARLARDA KULLANILAN  
ISI YALITIM KAPLAMALARININ ENERJİ  
KORUNUM PERFORMANSLARI AÇISINDAN  
İNCELENMESİ**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Yüksek Lisans Tezi  
Mimarlık Bölümü, Yapı Bilgisi Anabilim Dalı**

**Güler Hacer KİPER YILMAZ**

**Kasım, 2009**

**İZMİR**

## YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

**GÜLER HACER KİPER YILMAZ** tarafından, **YRD. DOÇ. DR. CENGİZ YESÜGEY** yönetiminde hazırlanan “**BİNALARDA DIŞ DUVARLARDA KULLANILAN ISI YALITIM KAPLAMALARININ ENERJİ KORUNUM PERFORMANSLARI AÇISINDAN İNCELENMESİ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

.....  
Yrd. Doç. Dr. Cengiz YESÜGEY  
.....

Danışman

.....  
Yrd. Doç. Dr. Neslihan GÜZEL  
.....

Jüri Üyesi

.....  
Doç. Dr. Suat GÜNHAN  
.....

Jüri Üyesi

.....  
Prof.Dr. Cahit HELVACI  
.....

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı hazırlamamda bilgi ve desteğini esirgemeyerek çalışmalarımı yönlendiren değerli hocam Sn. Yrd. Doç. Dr. Cengiz YESÜGEY'e tüm katkılarından dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Yüksek lisansa başlama nedenlerimden olan, manevi desteğini her zaman hissettiğim canım babam Mehmet KİPER'e, tüm hayatım boyunca maddi/manevi yanımda olarak bana hep destek olan canım anneme ve kardeşlerime, tezimin her aşamasını takip ederek bu çalışmayı tamamlamam için beni sürekli teşvik eden dedem Ali UTUĞLU'ya, manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen YILMAZ ailesine, ilkokuldan bugüne kadar emeği geçen tüm hocalarıma ve elbette özellikle, çalışmam sırasında yüksek sabır ve özveri göstererek bu tezi hazırlamam ve tamamlamam için her türlü desteği ve teşviki sunan canım eşim Onur YILMAZ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

GÜLER HACER KİPER YILMAZ

# **BİNALARDA DIŞ DUVARLARDA KULLANILAN ISI YALITIM KAPLAMALARININ ENERJİ KORUNUM PERFORMANSLARI AÇISINDAN İNCELENMESİ**

## **ÖZ**

Bu araştırmada, dış duvarlarda kullanılan ısı yalıtım kaplamaları incelenmiő ve enerji korunum performansları açısından deęerlendirilmiőtir.

İlk bölümde, ısı yalıtımı ve enerji korunumuna dair kavramlar ve tarihçelerine deęinilmiőt ardından araştırmanın amacı, kapsamı ve yöntemi açıklanmıőtir.

İkinci bölümde, ısı yalıtım malzemelerinde aranan genel özellikler anlatılarak ısı yalıtım malzemelerinin sınıflandırılması yapılmıőt ve tez kapsamında incelenen dış duvarlarda kullanılan ısı yalıtım kaplamaları tanıtılmıőtir.

Üçüncü bölümde, dış duvarlarda ısı yalıtımı uygulamaları hakkında bilgi verilmiştir. Dördüncü bölümde, ikinci bölümde aktarılan bilgiler ışığında bir malzeme özellik tablosu oluşturularak malzemeler arasında genel bir karşılaştırma yapılmıőtir.

Son yani beőtinci bölümde ise, TS 825 Hesap Programı kullanılarak, incelenen ısı yalıtım malzemeleri ile örnek bir yapı üzerinde her derece gün bölgesi ve uygulama tipi için hesaplamalar yapılarak dış duvarlarda gerekli olan ısı yalıtım kalınlıkları bulunmuştur. Bu sayede ısı yalıtım kaplamalarının eőtit enerji korunum performansı sağlayabilmeleri için gerekli kullanım kalınlıkları arasında kıyaslama yapabilme olanağı saęlanmıőtir. Elde edilen verilerden de yararlanarak ayrıca maliyet karşılaştırması da yapılmıőtir. Maliyet karşılaştırması, ölkemizde kullanımı yaygın olan ve Birim Fiyat Listesi'nde yer alan malzemeler arasında "ucuzluk performansı" açısından kıyaslama yapabilmek amacıyla hazırlanmıőtir.

Sonuç olarak, bu tezde, günümüzde giderek önemini arttıran “ısı yalıtımı” kavramını tanıtarak “enerji korunumu” açısından gerekliliği aktarılmaya çalışılmıştır.

**Anahtar sözcükler:** ısı yalıtımı, enerji korunumu, TS 825 Hesap Programı, ısı yalıtım malzemelerinde aranan özellikler, ısı yalıtım malzemelerinin sınıflandırılması, dış duvarlarda ısı yalıtımı uygulamaları.

# **EXAMINATION OF HEAT INSULATION COVERINGS ACCORDING TO ENERGY CONSERVATION IN BUILDINGS' EXTERIOR WALLS**

## **ABSTRACT**

In this study, heat insulation coverings used in exterior walls has been examined and evaluated in terms of energy conservation performances.

In the first chapter, heat insulation and energy conservation concepts and histories are mentioned then; the purpose, the scope and the method of the research are described.

In the second chapter, general features and classification of heat insulation materials are explained then, heat insulation coverings in the external walls that were introduced in the context of the thesis has been examined.

In the third chapter, information about the applications of heat insulation in exterior walls are given. In the fourth chapter, a general comparison between heat insulation materials is done with the material properties table that is created by the light of the second chapter's data.

In the last (fifth) chapter, by using the TS 825 Account Program, required heat insulation thickness of exterior walls were found by calculations on a sample building in each degree day region and the application method. In this way, it is possible to make comparisons between the necessary heat insulation materials' thicknesses that provide the equal energy performance. Cost comparison was done by benefitting from the data obtained. Contemporary cost comparison has been prepared in order to make comparisons on "cheapness performance" of heat insulation materials that are using widespread in our country and took place in the Unit Price List.

As a result, in this thesis, introducing the “heat insulation” concept that is increasing importance gradually nowadays and its necessity for the terms of “energy conservation” is tried to explain.

**Keywords:** heat insulation, energy conservation, TS 825 Account Program, properties of heat insulation materials, the classification of heat insulation materials, heat insulation applications in exterior walls.

## İÇİNDEKİLER

Sayfa

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ.....	iv
ABSTRACT.....	v

### **BÖLÜM BİR – GİRİŞ.....1**

1.1. Isı Yalıtımı ile İlgili Tanım ve Kavramlar.....	2
1.2. Enerji ve Enerji Korunumu ile ilgili Tanım ve Kavramlar.....	6
1.3. Isı Yalıtımının ve Enerji Korunumunun Önemi ve Tarihçesi.....	8
1.4. Araştırmanın Amacı, Kapsamı ve Yöntemi.....	12

### **BÖLÜM İKİ – ISI YALITIM MALZEMELERİ.....14**

2.1. Isı Yalıtım Malzemelerinde Aranılan Genel Özellikler.....	14
2.1.1. Isı İletim Katsayısı.....	14
2.1.2. Yoğunluk.....	16
2.1.3. Boyutsal Kararlılık.....	16
2.1.4. Mekanik Dayanım.....	16
2.1.5. Buhar Difüzyon Direnci.....	17
2.1.6. Su Emme.....	17
2.1.7. Kimyasal Etkenlere Karşı Dayanımı.....	18
2.1.8. Sıcaklık Dayanımı.....	18
2.1.9. Yanmazlık ve Alev Geçirmezlik (Yangın Sınıfı).....	19
2.1.10. İşlenebilirlik.....	20
2.1.11. Sıva Tutuculuk.....	20
2.1.12. Çürümezlik.....	21
2.1.13. Parazitlere Dayanıklılık.....	21
2.1.14. Uzun Ömürlü Olması.....	21

2.1.15. İnsan Sağlığına ve Çevreye Zararlı Olmaması.....	22
2.1.16. Kokusuzluk.....	22
2.1.17. Ucuzluk.....	23
2.2. Isı Yalıtım Malzemelerinin Sınıflandırılması.....	24
2.2.1. Biçimlerine Göre Isı Yalıtım Malzemeleri.....	24
2.2.1.1. Levha Yapıda Isı Yalıtım Malzemeleri.....	24
2.2.1.2. Şilte Yapıda Isı Yalıtım Malzemeleri.....	25
2.2.1.3. Gevşek Dolgu Isı Yalıtım Malzemeleri.....	25
2.2.1.4. Yerinde Püskürtme Isı Yalıtım Malzemeleri.....	26
2.2.1.5. Yerinde Köpürtülen Isı Yalıtım Malzemeleri.....	26
2.2.1.6. Blok Halinde Örülerek Kullanılan Isı Yalıtım Malzemeleri.....	26
2.2.1.7. Yansıtıcı Isı Yalıtım Malzemeleri.....	27
2.2.1.8. Gazların Isı Taşınımına Engel Olacak Şekilde Hapsolunmasıyla Oluşturulan Isı Yalıtım Malzemeleri.....	27
2.2.2. Var Oluş Şekillerine Göre Isı Yalıtım Malzemeleri.....	28
2.2.2.1. Organik (hayvansal ve bitkisel) Kökenli.....	28
2.2.2.2. Anorganik (mineral) Kökenli.....	29
2.2.2.3. Sentetik Kökenli.....	29
2.2.3. Yapılarına Göre Isı Yalıtım Malzemeleri.....	29
2.2.3.1. Taneli Yapıda Olanlar.....	30
2.2.3.2. Lifli Yapıda Olanlar.....	30
2.2.3.3. Hücreli ( Köpük Şeklinde) Yapıda Olanlar.....	30
2.2.3.4. Kompozit (Karmaşık) Yapıda Olanlar.....	31
2.2.3.5. Reflektif Özellikte Olanlar.....	31
2.3. Binalarda Dış Duvarlarda Kullanılan Isı Yalıtım Malzemeleri.....	31
2.3.1. Mantar.....	33
2.3.2. Ahşap Lifli Levhalar.....	35
2.3.3. Ahşap Yünü Levhalar.....	36
2.3.4. Mineral Elyaf ve Yünler.....	37
2.3.4.1. Cam Yünü.....	37
2.3.4.2. Taş Yünü.....	40
2.3.4.3. Cüruf Yünü.....	42

2.3.5. Mineral Köpükler.....	43
2.3.5.1. Cam Köpüğü.....	43
2.3.5.2. Gazbeton.....	44
2.3.6. Sentetik Köpükler.....	45
2.3.6.1. Fenol Köpükler (PF).....	46
2.3.6.2. Poliüretan (PU) Köpükler.....	46
2.3.6.3. Polivinil Klorür (PVC) Köpükler.....	48
2.3.6.4. Polistiren (PS) Köpükler.....	49
2.3.7. Daneli Yapıda Olanlar.....	54
2.3.7.1. Kalsiyum Silikatlı Levhalar.....	54
2.3.7.2. Vermikülit.....	55
2.3.8. Vakum Yalıtım Panelleri.....	56
<b>BÖLÜM ÜÇ – DIŞ DUVARLARDA ISI YALITIMI UYGULAMALARI.....</b>	<b>60</b>
3.1. Dış Yüzeyden Yalıtım Uygulaması.....	62
3.2. Sandviç Duvar Uygulaması.....	65
3.3. İç Yüzeyden Yalıtım Uygulaması.....	66
<b>BÖLÜM DÖRT – KARŞILAŞTIRMALAR.....</b>	<b>69</b>
4.1. Binalarda Dış Duvar Yalıtımında Kullanılan Isı Yalıtım Malzemelerinin Genel Karşılaştırma Tablosu.....	69
<b>BÖLÜM BEŞ – HESAPLAMALAR.....</b>	<b>71</b>
5.1 Örnek Binanın Tanımlanması ve Hesaplamalar.....	71
5.2 Maliyet Karşılaştırması.....	82
<b>BÖLÜM ALTI – SONUÇ.....</b>	<b>87</b>
<b>KAYNAKÇA.....</b>	<b>91</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>96</b>

## **BÖLÜM BİR**

### **GİRİŞ**

İnsanoğlu tarih boyunca içinde yaşadığı doğanın olumsuz koşullarından korunmak için çeşitli yöntemler geliştirmek durumunda kalmıştır. Bunların en önemlilerinden biri dış ortamla buldukları ortamı birbirinden ayıran binaların inşasıdır. Günümüzde, insanlar daha iyi şartlarda yaşayabilmek için sürekli bir gelişim içerisindedir. İç ortam konforunu sağlayabilmek için bina kabuğundan ısı geçişini azaltacak malzemeler üretmektedirler. Isı geçişini, diğer bir deyişle ısı kaybını azaltmanın en önemli nedenleri arasında ısıtma-soğutma giderlerini ve dolayısıyla enerji kullanımını minimize ederek daha sağlıklı bir dünya oluşturma çabası bulunmaktadır.

Nüfus artışına ve sanayideki gelişmelere paralel olarak enerjinin kullanımı sürekli artmaktadır. Yapılan araştırmalarda enerjinin büyük bir bölümünün sanayi ve konutlarda harcandığı görülmektedir. Konutlarda harcanan enerjide en büyük payı ısıtma-soğutma için harcanan enerji oluşturmaktadır. En çok enerjinin tüketildiği yerde en çok kazanç sağlanacağı kaçınılmazdır. Bu yüzden bina kabuğunda ısı yalıtımı yapılması büyük önem taşımaktadır.

İklimlendirme amaçlı kullanılan enerji kaynakları (fosil yakıtlar) atmosfere zehirli gaz ve parçacıklar yayarak çevre/hava kirliliğine yol açmaktadır. Çevre kirliliğinin en önemli sonuçları arasında ise insan sağlığı ile doğal hayatın olumsuz etkilenmesi ve ekolojik dengenin bozulması yer almaktadır. Ayrıca hızla tükenmesine/tüketilmesine bağlı olarak her geçen gün değerini arttıran enerji kaynaklarının etkin kullanımı ulusal ekonomiye ve aile bütçesine de yararlar sağlamaktadır.

Bu çalışmada öncelikle, ısı yalıtımı ve enerji korunumu ile ilgili tanım ve kavramlar verilerek ısı yalıtımının ve enerji korunumunun tarihçesi ve önemi üzerinde durulacaktır. İkinci bölümde ise ısı yalıtım malzemelerinde aranan genel özellikler ve ısı yalıtım malzemelerinin sınıflandırılmasından bahsedilerek binalarda

dış duvarlarda kullanılan ısı yalıtım malzemeleri tanıtılacaktır. Üçüncü bölümde kısaca dış duvarlarda ısı yalıtımı uygulamaları aktarılacaktır. Dördüncü bölümde binalarda dış duvar yalıtımında kullanılan ısı yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması genel bir tablo halinde sunulacaktır. Beşinci bölümde ise TS 825'e uygun olarak, örnek bir atölye yapısı üzerinde dış duvarda kullanılan ısı yalıtım malzemelerinin hesapsal olarak karşılaştırılması yapılacak ve enerji korunumu yönünden değerlendirilmesi verilecektir.

### 1.1 Isı Yalıtımı ile İlgili Tanım ve Kavramlar

**Isı:** Farklı sıcaklıkta ve birbirini etkileyecek uzaklıkta bulunan nesnelere arasındaki farkı yok edinceye kadar enerjilerini birbirine geçtirmeleridir (İzolasyon, bt.). Isının birimi kalori (cal)'dir. Skaler bir büyüklük olup kalorimetre ile ölçülür.

Dış ortamdaki havanın soğuk olduğu kış mevsiminde ısı konforuna ulaşmak için iç mekân sıcaklığını arttırmaya çalışırız. Bu durumda daha sıcak olan iç ortamdan dış ortama doğru bir ısı geçişi olur. Dış ortamdaki havanın sıcak seyrettiği yaz aylarında ise ısı konforuna ulaşmak için sıcaklığı azaltmaya çalışırız. Bu durumda ise daha sıcak olan dış ortamdan iç ortama doğru bir ısı geçişi olur.

Isı değişimi şu sonuçları doğurur:

- Katı cisimlerde; uzama, kısılma, hacimce büyüme, küçülme,
- Sıvılarda; donma, buharlaşma,
- Gazlarda; basınç artışı, eksilişi (İzolasyon, bt.).

**Sıcaklık:** Soğuk ya da sıcak hissinin büyüklüğünü belirten değerdir. Birimi °C, °K ya da °F olup termometre ile ölçülmektedir.

**Isı Transferinin Esasları:** Termodinamiğin 2. yasasına göre, eğer iki ortam arasında sıcaklık farkı var ise, ısı yüksek sıcaklıktaki ortamdan düşük sıcaklıktaki ortama geçer. Isının geçişi ortam sıcaklıklarındaki farka bağlı olduğu kadar, ortamın ve

yüzeylerin özelliklerine de bağlıdır. Bu nedenle, ısı transferi mekanizması birbirinden farklı üç temel başlık altında incelenebilir. Bunlar; (Altınışık, 2006)

- **Isı İletimi (Kondüksiyon):** Bir cismin farklı sıcaklık bölgeleri arasında, birbirleriyle temas halindeki parçacıklardan (atom veya molekül), yüksek enerji seviyesinde bulunanlardan, düşük enerji seviyesinde bulunanlara doğru geçen enerji, iletimle ısı geçişi olarak ifade edilir (Altınışık, 2006). Katı cisimlerden ısı geçiş biçimi olup hareketsiz gaz ve sıvılardaki ısı geçişleri de (kabullere bağlı olarak) ısı iletimi verileriyle hesaplanabilir. Sobaya dokunulduğunda elin yanmasına sebep olan ısı, iletim yoluyla transfere örnektir.
- **Isı Taşınımı (Konveksiyon):** Bir ortamda iletim ve ışınım ile ısı geçişinin yanında, eğer ortam hareketli ise, bu takdirde taşınım ile ısı geçişi olur. Taşınım ile ısı geçişi akışkan özelliklerine, akış hızına ve sıcaklık farkına bağlıdır. Taşınım, sıcaklıkları farklı hareketli bir ortam ile bu ortamı çevreleyen yüzey arasında gerçekleşir (Altınışık, 2006). Sıvılar ya da hareket halindeki gazlar arasındaki ısı geçiş şeklidir.
- **Isı Işınımı (Radyasyon):** Isı ışınımında enerji, fiziksel bir ortam olmaksızın elektromagnetik dalgalar yardımıyla yayılarak geçer. Tüm cisimler (katı, sıvı, gaz) yüksek sıcaklıklarda elektromagnetik dalgalar şeklinde enerjiyi hem yayar hem de yutarlar. Yüzeye gelen ışınımın bir kısmı ise yüzeyden geçer. Yüzeyi geçen ışınım çok kısa bir kalınlıkta yutulur (Altınışık, 2006). Gazlar arasındaki bir ısı geçiş şeklidir. Güneş ışınlarının havayı ısıtması radyasyonla ısı transferine örnektir.



Şekil 1.1 a) İletim: Partiküllerin teması ile ısı transferi. b) Taşınım: Akışkan çevre ile ısı transferi. c) Radyasyon: Elektromanyetik dalgaların yayılımı ile ısı transferi (Mukhopadhyaya, P., çev., 2006).

**Isıl Konfor:** Bir mekân içerisinde bulunan insanların rahat ve sağlıklı hissettikleri ısı ortam şartlarıdır. Avrupa standartlarına göre ise; bina içi ortam sıcaklığı ile iç duvar yüzey sıcaklığı arasında 2°C'lik fark ısı konforu tarif eder (Serpo Therm, 2007). Tablo 1.1.'de konforu etkileyen iç ortam ile iç yüzeyler arası sıcaklık farkları anlatılmaktadır.

Tablo.1.1 İç Ortam ile İç Yüzey Sıcaklıkları Arasındaki Sıcaklık Farklarının Konfora Etkisi (www.izoder.org.tr/isiyalitimi, 2009).

$t_i, t_y$	<i>Konfor Durumu</i>
2	<i>Çok konforlu</i>
3	<i>Konforlu</i>
4	<i>Az konforlu</i>
6	<i>Konforsuz</i>
8,5	<i>Soğuk</i>
> 8,5	<i>Çok soğuk</i>

**Hava Sıcaklığı:** İnsanın rahat edebileceği sıcaklık derecesi 20 °C civarındadır (Atmaca, 2006).

**Mekân Çevre Yüzeylerinin İç Sıcaklığı:** Ortam sıcaklığının yaklaşık olarak beş derece altında veya üstünde olması uygundur (Atmaca, 2006).

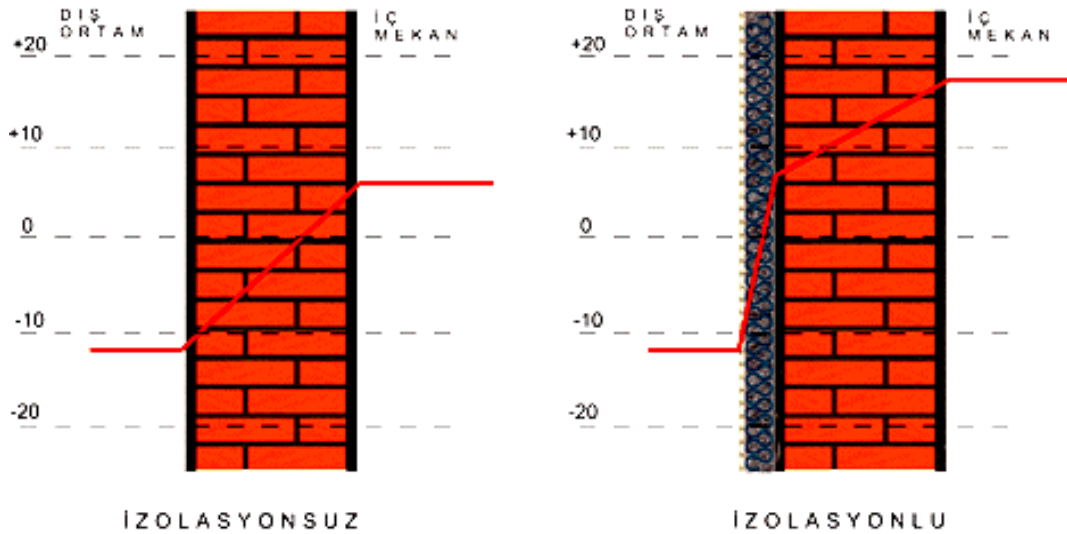
**Isı Köprüsü:** Farklı ısı iletkenliği olan yapı malzemelerinin

- Birbirine bağlandığı,
- Birbiriyle kesiştiği,
- Birbiriyle iç içe geçtiği yerler genel yapıya göre ısı geçişlerinin fazla olduğu nokta veya alanlardır (Atmaca, 2006).

**Isı Yalıtımı:** İnsanların rahat ve sağlıklı yaşamaları için ısı konfor koşullarının sağlanması, dış ve iç ortam arasındaki ısı (enerji) akışının azaltılarak ısıtma-soğutma giderlerinin düşürülmesi, dolayısıyla yakıt ve enerji tüketimlerinin azaltılmasına yönelik olarak yapıya uygulanan işleme denir.

**Teknik olarak ısı yalıtımı:** “Herhangi bir ısı köprüsü oluşmayacak şekilde, gerekli ısıl dirence ulaşmak için bina dış yüzeylerine yapılan izolasyondur” şeklinde tanımlanır (Keskinkol, 2007).

**Isı yalıtım malzemesi:** Yapılarda iç hacimler ile dış hava ve farklı sıcaklıktaki hacimler arasında; kondüksiyon (iletim), konveksiyon (taşınım) ve radyasyon (ışınım) yoluyla gerçekleşen ısı akışını azaltan, bir başka deyişle ısı yalıtımı amacıyla kullanılan, ısı iletkenlik katsayıları ( $\lambda$ )  $0,1 \text{ W/m}^\circ\text{K}$ 'den küçük olan malzemelere ısı izolasyon (yalıtım) malzemeleri denilmektedir (Evcil, 2000).  $0,1 \text{ W/m}^\circ\text{K}$  değeri bazı kaynaklara göre  $0,065 \text{ W/m}^\circ\text{K}$  olup bu değerden yüksek ısıl iletkenliğe sahip olan malzemeler yapı malzemesi olarak adlandırılmaktadır. Şekil 1.2'de izolasyonsuz ve izolasyonlu dış duvarlarda dış ortamla iç ortam arasındaki ısı geçişinin karşılaştırılması verilmiştir.



Şekil 1.2 Isı Yalıtımsız (izolasyonsuz) ve Isı Yalıtımlı (izolasyonlu) duvar karşılaştırması. Yalıtım yapılmış duvarda iç mekan sıcaklığının yalıtımsız duvara göre dış ortam şartlarından daha az etkilendiği görülmektedir (www.thermos.com.tr, b.t.).

**TS 825 – Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları:** Bu standardın amacı, ülkemizdeki binaların ısıtılmasında kullanılan enerji miktarını sınırlamak, enerji tasarrufunu arttırmak ve enerji ihtiyacının hesaplanması sırasında kullanılacak standart hesap metodunu ve değerlerini belirlemektir (İzolasyon, b.t.).

Sağladığı enerji tasarrufu potansiyeli göz önüne alındığında binalarda enerji verimliliği ile ilgili en etkin standart olan TS 825; en son 1998 yılında köklü olarak revize edilmiş ve 8 Mayıs 2000 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan “Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği” uyarınca zorunlu kılınmıştır. Gerek yeni yerel ve/veya uluslar arası standartların yayımlanması, gerekse de 1998 yılından günümüze kazanılan tecrübeler; TS 825 standardının yeniden revize edilmesi gereğini ortaya koymuştur. 2002 yılında başlatılan TS 825 revizyon çalışmaları 22 Mayıs 2008 tarihinde sona ermiştir (Diz, 2008).

Tablo 1.2 2000 – 2008 Yılları arasında TS 825’e göre ısı yalıtımı yapılması halinde elde edilecek enerji tasarrufu (Bayülken, Y. ve Kütükoğlu H.C. Mayıs 2009).

Yıllar	Yıllık Yeni Bina Sayısı	Bina Sayısı Kümülatif	Yakıt Maliyeti Kümülatif
	(adet)	(adet)	TL
2000 son 6 ay	49.024	49.024	166.684.663
2001 toplam	75.553	124.577	426.170.378
2002 toplam	45.738	170.315	611.003.779
2003 toplam	50.269	220.584	835.452.730
2004 toplam	72.005	292.589	1.173.827.378
2005 toplam	114.254	406.843	1.785.554.171
2006 toplam	114.204	521.047	2.651.808.157
2007 toplam	106.659	627.706	3.640.610.428
2008 toplam	95.193	722.899	4.733.630.435

(\*) Bina sayılarında TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) yıllık ruhsat sayısı esas alınmıştır.

Isı yalıtımı ile binalarda %50’ye varan yakıt tasarrufu sağlandığı göz önüne alınırsa, yakıt maliyetinden elde edilecek kârın da ciddi boyutlara ulaşması kaçınılmazdır. Tablo1.2.’de 2000–2008 yılları arasında yapılan binalara, TS 825’e uygun ısı yalıtımı yapılması durumunda tasarruf edilen yakıt maliyeti verilerek ısı yalıtımının getirdiği ekonomik yararları dikkat çekilmek istenmiştir.

## 1.2 Enerji ve Enerji Korunumu ile İlgili Tanım ve Kavramlar

**Enerji:** Bir cismin, konumu, hareketi, taşıdığı elektrik yükü, içinde bulunduğu ortamdan daha yüksek sıcaklığa sahip olması sebebiyle iş yapabilme yeteneğidir. Durum enerjisi (potansiyel enerji), hareket enerjisi (kinetik enerji), elektrik enerjisi, ışık, ısı, kimyasal enerji ve nükleer enerji, başlıca türleridir. SI sisteminde enerji birimi Joule (J)’dür (BSTS / Kimya Terimleri Sözlüğü (II), 2007).

**Isı Enerjisi:** Kömür, odun, petrol, linyit, doğalgaz gibi yakıtların yakılmasıyla ısı enerjisi ortaya çıkmaktadır. Elde edilen ısı enerjisi ilk önce türbinler yardımıyla mekanik enerjiye, daha sonra da jeneratörler yardımıyla elektrik enerjisine dönüştürülebilmektedir. Evlerde, kışın ısınmak, mutfak ve banyoda sıcak su elde etmek, yemek pişirmek için ısı enerjisinden sıkça faydalanılmaktadır (<http://www.enerjikaynaklari.net>).

**Enerji Tasarrufu:** Enerji tasarrufu, üretimde, konforda ve iş gücünde herhangi bir azalma olmadan enerjiyi verimli kullanmak, israf etmemektir. Aynı işi daha az enerji kullanarak yapmaktır ([www.eie.gov.tr](http://www.eie.gov.tr) , b.t).

**Enerji verimliliği:** Binalarda yaşam standardı ve hizmet kalitesinin, endüstriyel işletmelerde ise üretim kalitesi ve miktarının düşüşüne yol açmadan enerji tüketiminin azaltılmasını ifade eder (Enerji Verimliliği Kanunu, 2007).

**Enerji Verimliliği Kanunu:** Bu Kanun; enerjinin üretim, iletim, dağıtım ve tüketim aşamalarında, endüstriyel işletmelerde, binalarda, elektrik enerjisi üretim tesislerinde, iletim ve dağıtım şebekeleri ile ulaşımda enerji verimliliğinin artırılmasına ve desteklenmesine, toplum genelinde enerji bilincinin geliştirilmesine, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılmasına yönelik uygulanacak usul ve esasları kapsar (Enerji Verimliliği Kanunu, 2007).

**Binanın enerji performansı:** Binanın standart kullanımının getirdiği farklı ihtiyaçları karşılamak üzere fiili olarak harcanan veya harcanacağı tahmin edilen, diğer birtakım ihtiyaçların yanı sıra ısıtma, sıcak sulu ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma gibi hizmetleri içerebilecek, enerji miktarı. Bu miktar, yalıtım, teknik ve tesisatla ilgili özellikler, iklim özelliklerine bağlı tasarım ve konumlanma, güneşe maruz kalma ve çevredeki yapıların etkisi, kendi kendine enerji üretimi ve bunların yanı sıra iç mekân iklimi gibi enerji talebini etkileyen diğer faktörleri de dikkate alarak hesaplanan bir veya daha fazla sayısal veriden oluşmaktadır (Binalarda Enerji Performansı Direktifi-2002/91/EC, çev., 2006).

**Binanın enerji performansı sertifikası:** Üye ülke veya onun yetkilendirdiği bir tüzel kişi tarafından onaylanan ve binanın direktifte belirtilen genel metodolojik çerçeveye göre hesaplanmış enerji performansını belgeleyen sertifika (Binalarda Enerji Performansı Direktifi-2002/91/EC, çev., 2006).

### 1.3 Isı Yalıtımı ve Enerji Korunumunun Tarihçesi ve Önemi

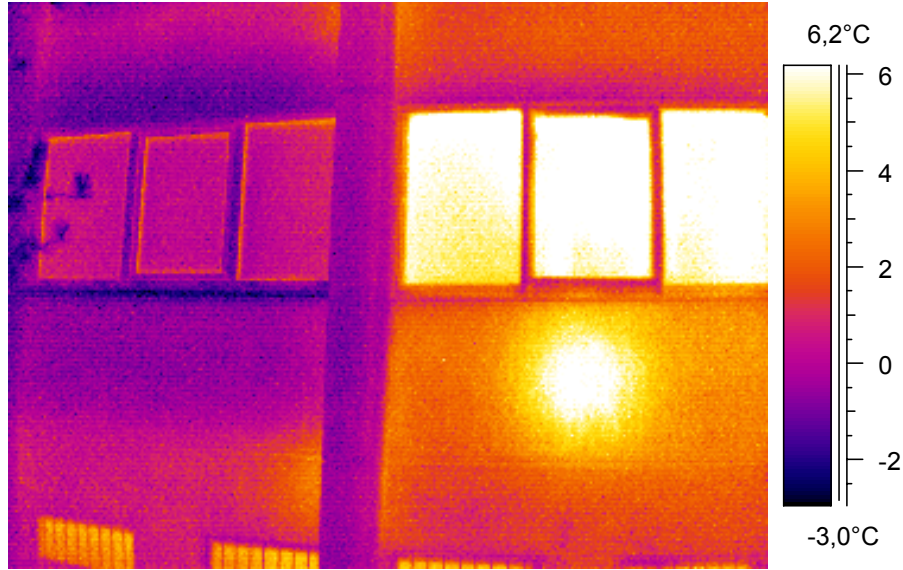
İnsanoğlu tarih boyunca içinde yaşadığı doğanın olumsuz koşullarından korunmak için çeşitli yöntemler geliştirmek durumunda kalmıştır. En basit şekliyle ele alırsak soğuktan korunabilmek için hayvan deri ve yünlerinden kendilerine giysiler yapmışlar ve doğal malzemeler (saman, ağaç, taş vb.) kullanarak dış ortam şartlarından kendilerini koruyacak barınaklar inşa etmişlerdir. Eskimoların buzdan kulübeleri, Kızılderililer'in çadırları ve New York'un gökdelenlerinin konfor koşulları farklı olsa da hepsi aynı temel amaçla, insanı doğanın acımasız koşullarından korumak, yalıtım için inşa edilmiştir (Kulaksızoğlu, 2006).

18. yy.dan sonra sanayi devrimiyle birlikte enerjinin önemi anlaşılmaya başlanmıştır. Hızlı gelişim içerisinde enerji kaynakları, etkin fakat kontrolsüz bir şekilde kullanılmaya ve tüketilmeye başlamıştır.

Binalarda ise ısı izolasyon yapılması gereği II. Dünya Savaşı sonrasında gelişen yapı teknolojisine bağlı olarak ortaya çıkmıştır. Bu döneme kadar yapıların kalın yığma duvarları yalıtım ile ilgili sorunları kendi kalınlıkları sayesinde çözebilmekteydiler. Ancak II. Dünya Savaşı'ndan sonra beliren büyük konut gereksinimi, arsaların azalması ve maliyetlerin artması, binalarda faydalı alanın çoğaltılması gereğini doğurmuştur. Böylece betonarmenin gelişimi, yapı elemanlarının incilmesi ve hafiflemesi gerçekleşmiştir. Dolayısıyla, taşıyıcılık görevini kaybederek incelen duvarlar yeterli fiziksel koşulları sağlayamadığı için ısı ile ilgili problemler daha çok yaşanır hale gelmiştir (Evcil, 2000).

Isı ile ilgili yaşanan problemlerin artışı insanları bu konu ile ilgili yeni çözümler aramaya itmiş, yeni araştırmalar ve geliştirmelerle en iyi yalıtımı sağlayacak

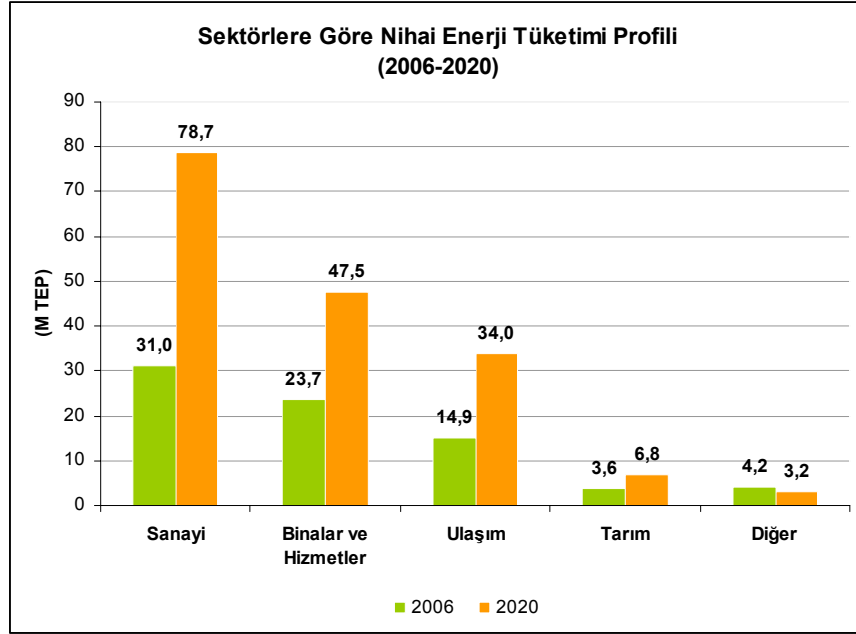
malzemeler üretilerek, uygun detaylar oluşturulmaya çalışılmıştır. Şekil 1.3’de kış mevsiminde iç ortamı ısıtılan yalıtımlı duvar ve yalıtımsız duvara ait termal kamera ile çekilmiş bir görüntü yer almaktadır. Resimden de anlaşılacağı gibi sol taraftaki binada yalıtım yapıldığı için iç ortamdaki dışarıya ısı geçişi yalıtımsız duvara göre bir hayli azdır.



Şekil 1.3 Yalıtımlı ve yalıtımsız duvara ait dış ortamdan çekilmiş termal kamera görüntüsü (Taşdemir, C., b.t).

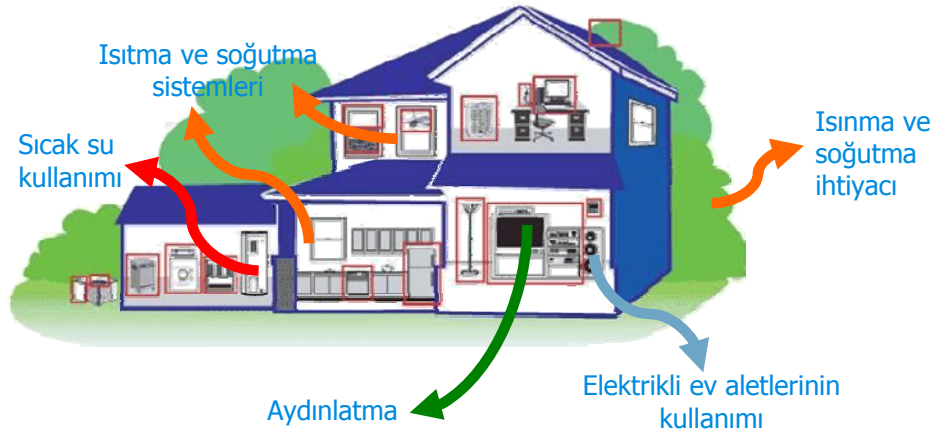
İnsanoğlunun sürekli gelişmesi beraberinde enerji kaynaklarının hızla tüketimini de getirmektedir. Günümüzde bu enerji tüketimi ciddi boyutlara ulaşmış ve tüm dünyada önlemler alınmaya başlanmıştır. 1970’lerde yaşanan petrol krizinin de buna büyük etkisinin olduğu söyleyebilir. Bu tarihten sonra ülkeler kendi enerji politikalarını belirleyerek, enerjinin verimli (etkin) kullanılması - tasarrufu- için kanunlar, yönetmelikler, kurallar vb. geliştirmişlerdir. Çünkü kullanılan enerji, tükenebilir (yenilenemeyen) fosil kaynakların kullanımının artmasına dolayısıyla atmosfere yayılan zehirli gaz ve parçacıkların artmasına yani çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Çevre kirliliği, ekolojik dengenin bozulmasına neden olarak insan sağlığı ve doğal hayat üzerinde olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Ayrıca maddi açıdan da her geçen gün değerini arttıran enerji kaynaklarının etkin kullanımı ulusal ekonomiye ve aile bütçesine yararlar sağlamaktadır.

Enerjinin büyük bölümü daha önce de bahsedildiği gibi sanayi ve konutlarda harcanmaktadır. Aşağıdaki grafikte Türkiye’de sektörlere göre enerji tüketiminin 2006 ve 2020 yıllarındaki karşılaştırması yer almaktadır. Şekil 1.4’ten de anlaşılacağı gibi sanayideki tüketim hızla artarken konutlardaki tüketim de iki katına çıkmaktadır.



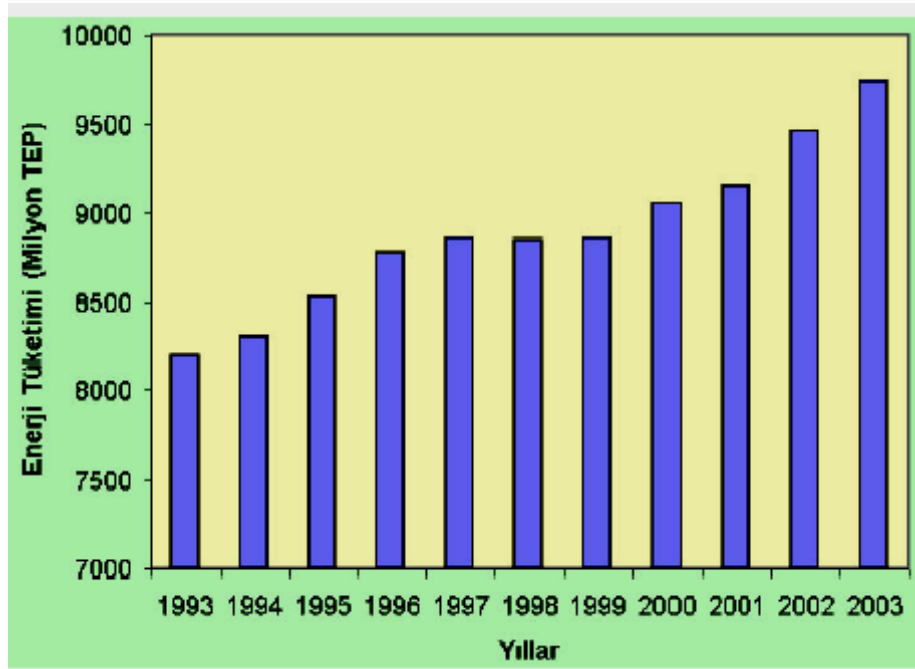
Şekil 1.4 Türkiye’de 2006-2020 Yıllarında Sektörlere Göre Nihai Enerji Tüketim Profili (Kılıç, 2008).

Binalarda enerjinin %85’i ısıtma ve soğutma amaçlı harcanmaktadır. Kalan %15’lik kısmını sıcak su temini, aydınlatma ve elektrikli ev aletleri kullanımı oluşturmaktadır (Arıman, 2009). Şekil 1.5’de konutlarda harcanan enerjinin kullanım yerleri gösterilmektedir.



Şekil 1.5. Binalarda (konutlarda) enerji kayıpları (Arıman, 2009).

Dünya ve Türkiye'deki enerji tüketimini göstermesi amacıyla Şekil 1.6'da "Yıllara Göre Dünya'nın Enerji Tüketimindeki Artış" ve Tablo 1.3 de ise Türkiye'de enerji kullanımı aktarılmıştır. Şekilde görüldüğü gibi dünyadaki enerji tüketimi her geçen yıl biraz daha artmaktadır. Türkiye'de üretilen ve ithal edilen enerji miktarları ise Tablo1.4.'de verilmiştir. Tablodan da anlaşılacağı gibi ülkemizdeki enerji üretimi her geçen gün düşerken, ithal ettiğimiz enerji miktarı hızla artmaktadır. Ülkemizin kalkınabilmesi için pahalı olan enerji kaynaklarını ithal etmek yerine yeni enerji üretim tesisleri kurarak kendi enerjisini kendi üretir hale gelmesi gereklidir. Türkiye genelinde konutlarda ısı yalıtımı uygulamalarının yaygınlaştırılması ile yıllık 7,5 Milyar \$'a kadar enerji tasarrufu potansiyeli mevcuttur. Bu potansiyelin harekete geçirilmesi için "Isı Yalıtımı" yoluyla binalarda enerji verimliliği desteklenmelidir.



Şekil 1.6 Yıllara Göre Dünya'nın Enerji Tüketimindeki Artış (Türkiye'de Yalıtım Gerçeği, İzoder, 2006).

Tablo 1.3 Genel enerji üretim talep gelişimi (Onaylı, 2002).

YILLAR	ÜRETİM (bin TEP**)	TALEP (bin TEP**)	İTHALAT (bin TEP**)	TYUKO* (%)
1994	29569	62970	33401	47
1995	31106	67007	35900	46
1996	33203	71103	37899	47
1997	34537	75258	40721	46
1998	36333	80201	43868	45
1999	37069	85009	47940	44
2000	39498	90083	50585	44
2001	41636	95270	53636	44
2002	42734	100141	57407	43
2003	44448	105270	60822	42
2004	46020	110197	64177	42
2005	48847	116922	68076	42
2006	50452	123690	73237	41
2007	52349	130912	78563	40
2008	55720	130098	83379	40
2009	57917	147003	89086	39
2010	59867	155586	95718	38

\* TYUKO: Talebin Yerli Üretimle Karşılama Oranı

\*\* TEP: Ton Eşdeğer Petrol (1 TEP=10000 kcal. = 41860 kj.)

Tablo 1.4 Türkiye ve Enerji kullanımı (Şayan, 2005).

1994	İthal edilen enerji	53%
	Üretilen enerji	47%
2000	İthal edilen enerji	60%
	Üretilen enerji	40%
2020	İthal edilen enerji	76%
	Üretilen enerji	24%

#### 1.4 Araştırmanın Amacı, Kapsamı ve Yöntemi

Araştırmanın amacı günümüzde hızla tükenen enerji kaynaklarının korunması için alınabilecek en gerekli önlemlerden biri olan ısı yalıtımı hakkında bir rapor üretmektir. Enerjinin büyük bir bölümü konutlar tarafından kullanılmaktadır ve bunun da çoğu ısıtma ya da soğutma sistemleri için kullanılan enerjidir. Isı yalıtım

malzemeleri binayı bir kabuk gibi sararak binanın dış etkenlere karşı korunumlu hale gelmesini sağlar, böylece enerji tüketimi de azaltılabilir.

Yapılan araştırmada ısının ve enerji korunumunun genel tanımlamalarından ve öneminden, ısı yalıtım malzemelerinin genel özelliklerinden, ısı yalıtım malzemelerinin sınıflandırılmasından, dış duvarlarda kullanılan ısı yalıtım malzemelerinden ve uygulamalarından bahsedilerek elde edilen sonuçlar genel olarak karşılaştırılarak tablo halinde sunulacaktır. Son olarak TS 825'e uygun olarak örnek bir yapı üzerinde hesaplamalar yapılarak bahsi geçen ısı yalıtım malzemeleri enerji korunum performansları açısından karşılaştırılacaktır.

Isı yalıtım malzemelerinden sürülebilirler, blok halinde örülebilirler ve ısıcamlar bu tezin kapsamı dışında bırakılmıştır.

Araştırma yapılırken her türlü yazılı dokümandan faydalanılacak, bu kapsamda literatür araştırmalarından elde edilen veriler, hesap programları, firmalardan alınacak bilgiler ile internet kaynaklı bilgiler kullanılacaktır.

## **BÖLÜM İKİ**

### **ISI YALITIM MALZEMELERİ**

Bu bölümde ısı yalıtım malzemelerinde bulunması gereken genel özelliklerden bahsedilerek ısı yalıtım malzemelerinin sınıflandırılması yapılacaktır. Yapılacak sınıflandırmanın ardından dış duvarlarda kullanılan ısı yalıtım kaplamaları ve özellikleri hakkında bilgi verilecektir.

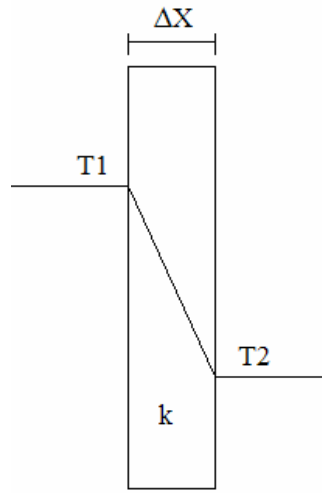
#### **2.1 Isı Yalıtım Malzemelerinde Aranılan Genel Özellikler**

Genellikle yalnızca ısı iletkenlik değerine bakılarak seçilen bir ısı yalıtım malzemesiyle istenilen sonuçlara ulaşmak neredeyse imkânsızdır. Yapıdaki nem ve yoğuşma problemleri sebebiyle ısı yalıtım malzemesinin başka özelliklere de sahip olması gereklidir. Örneğin, ısı yalıtım malzemesinin buhar difüzyon direnç faktörü arttıkça buharın yapıya olumsuz etkileri (nem, yoğuşma vb.) azalır. Elbette yapılarıdaki sorunlar bunlarla sınırlı değildir. Diğer bir konu da yapı kabuğunun ısı iletkenliklerinden (ani sıcaklık değişimlerinden) etkilenmemesidir. Bunun için ısı yalıtım malzemesinin yoğunluğunun büyük, ısınma ısısının da yüksek olması gerekmektedir. Tek bir ısı yalıtım malzemesinin yapının bu gibi sorunlarının tümüne birden cevap verebilmesi neredeyse olanaksızdır. Bu bölümde ısı yalıtım malzemelerinin sahip olmaları gereken özellikler üzerinde durulacaktır.

##### **2.1.1 Isı İletim Katsayısı**

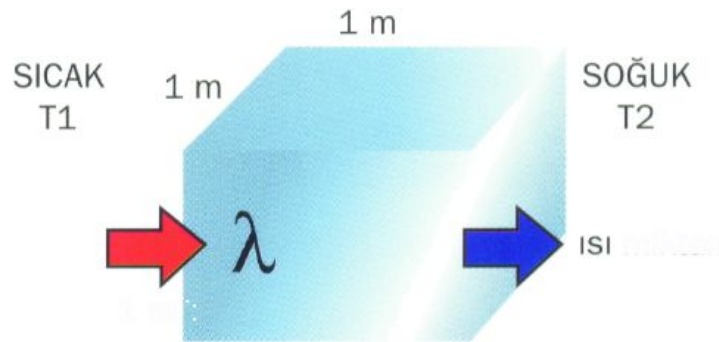
Isı iletim katsayısı, malzemelerin birbirine dik 1m. mesafedeki, 1 m<sup>2</sup>'lik iki yüzeyi arasından sıcaklık farkı 1° C olduğunda birim zamanda geçen ısı miktarıdır (Türker, 2003). “λ” ile gösterilir. Birimi W/m°K ya da kcal/mh°C’dir (Taşdemir, b.t). Ayrıca, “birbirine paralel iki yüzü arasındaki sıcaklık farkı 1°K olan homojen bir malzemenin 1m<sup>2</sup>'sinden 1saatte ve 1m. kalınlıkta dik olarak geçen ısı miktarıdır.” olarak da tanımlanabilir ([www.yuzeytem.com/isi\\_1.aspx](http://www.yuzeytem.com/isi_1.aspx), b.t). Isı geçişine karşı yüksek direnç göstermesi düşük ısı iletkenlik katsayısına sahip olmasına bağlıdır (Evcil, 2000). Yani ısı iletkenlik katsayısı ne kadar düşükse, sistemler o derece

yüksek ısı yalıtım direncine sahip olmaktadır. Şekil 2.1.'de "x" kalınlığında ve "k" ısı iletim katsayısına sahip bir duvarda iç ve dış ortam arasındaki sıcaklık değişimi verilmiştir.



Şekil 2.1. Duvarda ısı iletimi

Düşük ısı iletkenlik katsayısına sahip malzemeler en yüksek ısı iletim direncine sahip olduğu için en yüksek ısı yalıtım performansını sağlarlar. Ancak malzemelerin ıslanması, ısı yalıtım malzemesinin ısı iletkenlik katsayısını yükseltmekte, yalıtım özelliğini azaltmakta ve sonuçta yalıtım performansını olumsuz etkilemektedir. Isı yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlik katsayıları ortam sıcaklığı ile lineer bir değişim göstermektedir (Türker, 2003).



Şekil:2.2. Isı iletkenliğinin şematik anlatımı (Türker,2003).

### **2.1.2 Yoğunluk**

Malzemenin birim hacminin kütlesine yoğunluk adı verilir. Isı yalıtım malzemelerinde yoğunluk ısı iletim katsayısını pek etkilememekle birlikte malzemenin stabilitesi ve mekanik dayanımı yoğunlukla direkt ilgilidir. İdeal olan, boyutsal kararlılık ve mekanik dayanım açısından en uygun yoğunlukların kullanılmasıdır (www.insaatfirmalarim.com, 2009).

### **2.1.3 Boyutsal Kararlılık**

Isı yalıtım malzemelerinin uygulandıkları yere göre iki yüzü arasında yüksek sıcaklık farkları olabileceği gibi, gece-gündüz döngülerinde hızlı ısı değişimlerine maruz kalabilirler. Malzemelerin sıcaklık veya basınçla şekil değiştirmeleri çok az olmalıdır (www.insaatfirmalarim.com, 2009). Bu açıdan bakıldığında boyutsal kararlılık ısı yalıtım malzemelerinin vereceği hizmetin ne kadar iyi olacağını belirleyen önemli bir özelliktir (Ecofoam, 2006).

### **2.1.4 Mekanik Dayanım**

Isı yalıtım malzemesi, mekanik yük ve darbelere yüksek derecede mukavim olmalıdır, bu özellik malzemenin sürekli yalıtım yapabilmesi için gereklidir (Polpan, 2007). Isı yalıtım malzemelerinin mekanik dayanımları genellikle, malzemedeki %10 deformasyon oluşturan basma gerilmesi değeri olarak kabul edilir. Bunun yanı sıra bazı malzemelerin çekme gerilmeleri de basma gerilmeleri ile birlikte mekanik dayanım özelliği olarak verilebilir (www.insaatfirmalarim.com, 2009). Genel olarak ısı yalıtımında kullanılan yalıtım malzemeleri mekanik olarak zayıf olurlar. Bu nedenle, pek nadir korunmaksızın (örtüsüz) kullanılabilirler. Yalıtımın üzeri çoğu zaman bir koruyucu sac veya benzeri bir örtü ile örtülür (Altınışık, 2006).

### **2.1.5 Buhar Difüzyon Direnci**

Su buharı basıncı, basıncın yüksek olduğu ortamdan, az yoğun olduğu ortama doğru ilerleme eğilimindedir. Her malzeme, ısı geçişinde olduğu gibi, kalınlıklarına bağlı olarak su buharı geçişine karşı koyarlar. Malzemelerin gösterdikleri bu direncin havanın buhar difüzyon direncine olan oranına, su buharı direnci difüzyon katsayısı denir (Ode Isıpan, 2007). Diğer bir deyişle, bir malzemenin bünyesinden buhar geçişine gösterdiği direnç, o malzemenin buhar difüzyon direncidir. Buhar difüzyon direnci yükseldikçe malzemenin içinden geçebilecek buhar miktarı azalır. Isı yalıtım malzemelerinde, detaya göre değişmekle birlikte, genellikle buhar difüzyon direncinin yüksek olması idealdir (www.insaatfirmalarim.com, 2009). Malzemenin sadece binaya nefes aldırarak kadar buhar geçirmesi uygundur.

### **2.1.6 Su Emme**

Isı yalıtım malzemelerinin hücre yapıları, malzemelerin hacimce su emme miktarlarını etkilemektedir. Malzemelerin bünyesine su girmesi iki yolla olmaktadır.

- Difüzyon yolu ile
- Direkt suyla temas yolu ile (www.cellubor.com, b.t).

Tam daldırma ile su emme metodu, difüzyon ile su emme metodu ve donma-çözünme ile su emme metodu ile uzun süre su içerisinde bekletilen malzemeler, daha sonra hacimce emdikleri su miktarına bakılarak değerlendirilirler (Ode Isıpan, 2007).

Isı yalıtımında kullanılan birçok malzemenin sıcaklığa bağlı olarak ısı iletkenliğinin artması, nemi absorbe etmesine neden olur. Eğer uygulanan yalıtım nem içeren bir ortamda veya atmosferik şartlarda ise bu takdirde yalıtımın üst tarafı bir su geçirmez tabaka ile örtülmesi gerekir. Aksi takdirde yalıtım çok çabuk bozulur (Altınışık, 2006). Atmosferik olaylar (kar, yağmur vb.) da su emme özelliği fazla olan ve üst tarafı su geçirmez tabaka ile korunmayan malzemelerde hem yalıtım

özelliğinin azalmasına hem de diğer yapı bileşenlerinin olumsuz etkilere maruz kalmasına sebep olurlar.

### 2.1.7 Kimyasal Etkenlere Karşı Dayanımı

Isı yalıtım malzemeleri de diğer yapı malzemeleri gibi kimyasal etkenlere maruz kalabilir. Ancak ısı yalıtım malzemelerinin çeşitli kimyasal etkilere (ajanlara) karşı dayanıklı olması, niteliğini yitirmemesi beklenir (Toydemir, Gürdal, Tanaçan, 2000). Diğer bir deyişle, kimyasallara karşı nötr olması ve onlarla etkileşime girmemesi istenir.

### 2.1.8 Sıcaklık Dayanımı

Her ısı yalıtım malzemesinin özelliklerini kaybetmeye başlayıp deforme olmaya başladığı bir sıcaklık noktası bulunur. Bu nedenle malzemenin uygulandığı yerde maruz kalacağı sıcaklık önceden belirlenmeli ve bu sıcaklığa uygun malzeme seçilmelidir (www.insaatfirmalarim.com, 2009). “Malzemenin Kullanılan sıcaklıkla bozulmaması” beklenir (Evcil, 2000). Kullanılacağı yerdeki sıcaklığa dayanıklı olmalıdır (Polpan, 2007). Bazı ısı yalıtım malzemelerinin uygulanabileceği maksimum sıcaklıklar Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1 Bazı Isı Yalıtım Malzemelerinin maksimum kullanım sıcaklıkları (www.cellubor.com, b.t).

Isı Yalıtım Malzemesi	Max. Kullanım Sıcaklığı (C°)
Seramik Yünü	1800
Taşyünü	750
Cam Köpüğü	430
Camyünü (Bakalitli)	250
Elastomerik Kauçuk Köpüğü	170*
Melamin Köpüğü	150
Fenol Köpüğü	120
Poliüretan	110
Polietilen Köpüğü Flex Malz.	95
Expanded Polistren	75/80
Extrude Polistren	75/80
*: Özel tipler: Özel üretilen +170 °C'e kadar dayanıklı elastomerik kauçuk köpüğü	

### 2.1.9 Yanmazlık ve Alev Geçirmezlik (Yangın Sınıfı)

Uygulanacak ısı yalıtımında kullanılan malzemenin yanma özelliğinin olmaması gerekir. Yalıtım malzemesi hiçbir zaman maksimum çalışma sıcaklığının üstünde bir sıcaklıkta çalıştırılmamalıdır ve malzemenin sıcaklığa dayanma limiti, maksimum yüzey sıcaklığının daima üstünde olmalıdır (Altınışik, 2006).

Malzemenin tutuşması, alevi yayması, çıkardığı ısı, çıkardığı duman ve toksisite, ‘Yangın Güvenliği’ açısından en önemli kriterlerdir ve bir bütün olarak ele alınmalıdır (www.cellubor.com, b.t).

Isı yalıtım malzemeleri değişik kökenli malzemelerden oluşmaktadır. Organik, anorganik ve sentetik oluşlarına göre yanıcı ya da yanmaz olabilirler. Yanmaz olması idealdir (Toydemir ve ark., 2000). İyi bir ısı yalıtım malzemesi “*aleve dirençli olmalı ve en az B1 yangın sınıfında olmalıdır*” (Polpan, 2007). Araştırmanın bir ürünü olarak oluşturacak tabloda yangın dayanım değerlerinin verileceği standartla ilgili de açıklama yapmak yerinde olacaktır.

Alman Yangın Standardı DIN 4102 ise malzemeleri iki ana gruba ayırmaktadır: A Sınıfı (Yanmaz) ve B Sınıfı (Yanıcı) (www.cellubor.com, b.t). Tablo 2.2’de ise ülkemizde geçerli olan yangın sınıfları verilmiştir.

Tablo.2.2 Ülkemizde Geçerli Olan Yangın Sınıfları (Türkiye’de Yalıtım Gerçeği, İzoder, 2006).

Yanıcılık sınıfı	Yapı malzemelerinin yangın sınıfı tanımları	Açıklama: Yangında gözlenen davranış
A1	Yanmaz malzemeler	Alev almaz, yanmaz, kömürleşmez.
A2	Zor yanıcı malzemeler	Yanıcı kısımlar içerir, ancak kendileri yanmaz, ateşi iletmez, yangın yüküne katkısı olmaz.
B1	Zor alev alan malzemeler	Alev kaynağı kalktıktan sonra da yanmayı sürdürür.
B2	Normal alev alan malzemeler	Yanıcı duman ve zehirli gaz oluştururlar.
B3	Kolay alev alan malzemeler	Yukarıdaki sınıflara girmeyen malzemeler, yapılarda hiçbir şekilde kullanılmaz.

### 2.1.10 İşlenebilirlik

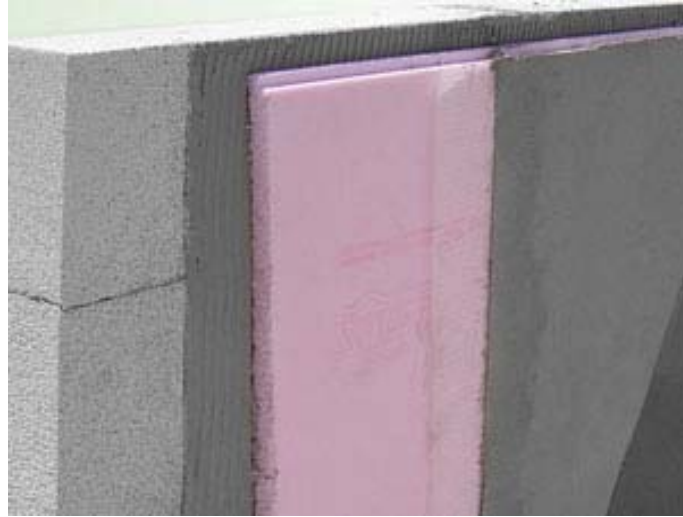
Isı yalıtım malzemelerinin kullanılacağı yere uygulanmasında karşılaşılan ve malzemede aranan önemli bir özellik işlenebilirliktir. Malzemenin kullanma yerine uygulanabilmesi için, değişik aletler ile kesme, delme, çakma, yapııştırma, oyma, vb. işlemlerin kolaylıkla yapılabilmesine elverişli olması istenir. Güç işlenen malzemeler işçilik fiyatını arttırır (Toydemir ve ark., 2000). Şekil 2.3'te kesilip işlenmesi kolay olan gazbeton ısı plaklarına ait görsel yer almaktadır.



Şekil 2.3 Gazbeton izolasyon plakları kolay kesilir ve işlenebilir nitelikte bir ısı yalıtım kaplamasıdır (www.akg-gazbeton.com).

### 2.1.11 Sıva Tutuculuk

Birçok ısı yalıtım malzemesi, bünye yapısı gereği kullanıldığı yerlerde mekanik etkilere açık olabilirler. Bu sebeple başka bir malzeme ile korunmaları gerekmektedir. Sıva tutuculuk özelliğinin birçok yalıtım malzemesinde bulunmaması sebebiyle uygulanacak sıva katmanı ile arasındaki aderansın yeterli düzeyde olması beklenir. Son yıllardaki gelişmeler gevşek ve yumuşak malzemelerin üzerine de sıva yapma olanağı sağlamıştır (örneğin PS köpük – Şekil 2.4).



Şekil 2.4 Polistiren Köpük malzeme üzerine sıva filesi ile uygulanmış sıva örneği (www.akdenizsiva.com, b.t).

### ***2.1.12 Çürümezlik***

Isı yalıtım malzemesinin uzun yıllar hizmet verebilmesi için çeşitli etmenlerin etkisi altında çürümemesi ya da çözülmemesi gerekmektedir (Toydemir ve ark., 2000).

### ***2.1.13 Parazitlere Dayanıklılık***

Gerek türlerine gerekse bünye yapılarına bağlı olarak çeşitli hayvan, böcek vb. parazitleri barındırmamaları, bunların etkisi ile niteliklerini kaybetmemeleri gereklidir (Toydemir ve ark., 2000). Organik olan malzemelerde bu tehlike varken anorganik yapıdaki ısı yalıtım malzemelerinde bu etkiler görülmez.

### ***2.1.14 Uzun Ömürlü Olması***

Isı yalıtımını belli bir yıl değil, bina ömrü boyunca aynı miktarda sağlayabilmesi beklenir (Polpan, 2007). Malzemenin uzun ömürlü olması hem binanın ömrünün uzamasına hem de iklimlendirme sistemlerinin daha az kullanılarak enerjiden uzun yıllar tasarruf edilmesine katkıda bulunur.

### **2.1.15 İnsan Sağlığına ve Çevreye Zararlı Olmaması**

Malzemenin kaşındırmaz, alerji yapmaz olması, kanserojen olmaması istenir. Zehirli gaz neşretmemeli ve çevreye zarar vermemesi gereklidir. Malzemelerin yangın anındaki davranışları yanında, açığa çıkardıkları duman içindeki gaz konsantrasyonları, diğer bir deyişle 'Toksosite'leri de önemlidir. Yangın esnasındaki ölümlerin %95'inin nedeni CO Konsantrasyonudur. Toksikite, Cjuartz Tube Metodu ve NBS Duman Çemberi Metodu ile ölçülmektedir. Bu metotlarla elde edilen sonuçların değerlendirilmesi için kullanılan kriterler de LC50 ve Cf değerleridir. LC50, kapalı bir ortama 30 dakika süresince etkiyen gazın, içeride bulunan canlıların %50'sinden fazlasını öldüren konsantrasyon değeridir. Cf ise, 30 dakika süresince bulunduğu insanın zarar görmeye başladığı "Kritik Sınır" değeridir (www.cellubor.com, b.t).

Yalıtımda kullanılan malzemelerden nefes alma yoluyla ciğerlere giden toz, insan sağlığına zarar verir. Özellikle bu malzemeler arasında asbest, insan sağlığına en fazla zarar veren malzemedir. Bazı yalıtım malzemelerinin kesim işlemi, yalıtımın uygulanacağı yerin dışında yapılırsa, sağlığa daha az zararlı olur. Ayrıca kesme işlemlerinden çıkan tozların, çevre kirliliği bakımından atmosfere atılmaması gerekir. Bazı yalıtım malzemeleri elle tutulduğu zaman deriyi tahriş eder. Gerçi bu tahriş insanın hassasiyetine bağlı olmakla beraber, yine de taşınırken eldiven kullanmak faydalı olur. Fiber cinsi yalıtım malzemeleri hastalık bulaştırma riski nedeniyle, yiyecek endüstrisinin bazı branşlarında kullanılması tavsiye edilmez (Altınışık, 2006).

### **2.1.16 Kokusuzluk**

Isı yalıtım malzemeleri kokusuz olmalıdır. İstenmeyen koku, bu tür malzemelerin gerek uygulanması sırasında, gerekse de uygulamadan sonraki dönemlerde insanı rahatsız edebilir (Toydemir, ve ark., 2000). Koku insan sağlığına zarar verebileceği gibi iç ortamdaki konfor koşullarının bozulmasına sebep olur.

### 2.1.17 Ucuzluk

Çalışılan ortama uygun malzeme seçimi ve malzemenin ekonomik yalıtım kalınlığı, yalıtımın fiyatını ortaya koyar. Burada esas problem, hangi malzemenin hangi ortamda, hangi ekonomik kalınlıkta ve uzun ömürlü olarak kullanılabilirliğinin seçiminin yapılmasıdır. Koruyucu olarak kullanılan metal levha, hem yalıtımın estetiğini, hem de ömrünü artırır (Altınışik, 2006).

Malzemelerin ucuzluk kavramının yıllara göre değişken bir seyir izlemesi mümkündür. Üretim kapasitesinin, hammadde oranının, ithalat- ihracat değerlerinin vb. malzemelerin üretim maliyetleri üzerine etkisi olması sebebiyle malzemeler hakkında uzun süreli maliyet tahmini yapmak zorlaşmaktadır.

Bahsedildiği gibi sınırlı kaynaklar maliyeti arttıran faktörlerden bir tanesidir. Yalıtım malzemeleri üretiminde kullanılan sınırlı kaynaklar arasında en önemlisi plastik köpük yalıtım malzemesi üretiminde kullanılan fosil yakıtlardır. Petrolden elde edilen benzen ve doğal gaz bileşeni olan etilenden polistiren üretilir. Yine petrol türevi olan polyol ve polimerik metilen diizosiyanattan, polisosiyanurat ve poliüretan yapılır. Fosil yakıtlar çok uzun süreyle kullanılmayacağı, kaynaklarının sınırlı olması ve gelecekte bir gün yok olacağı için maliyetler çok daha yükselecektir (www.cellubor.com, b.t).

Şimdiye kadar sayılan niteliklerin tek bir malzemede bulunması pratik olarak imkânsız olmakla birlikte, bunların önemli bir kısmına sahip olan malzemeler vardır. Yapılan ve yapılacak araştırmalar ile bu özelliklerin birçoğuna sahip uygun fiyatlarda malzemelerin kullanımını olanaklı kılınabilecektir (Toydemir ve ark., 2000).

Bina yapımında ilk yatırım maliyetinin yükselmesinden kaçınan çoğu müteahhit için de kullanılacak malzemenin en önemli özelliği uygunluğundan çok ucuzluğu olmaktadır. Günümüzde yalıtıma dair teşvik ve krediler az olmakla beraber başlamış olup, doğru yalıtım bilincini geliştirici düzenlemeler arasındadır.

## 2.2 Isı Yalıtım Malzemelerinin Sınıflandırılması

Isı yalıtım malzemelerinin literatürdeki en yaygın sınıflandırması biçimlerine, var oluş şekillerine (kökenlerine) ve yapılarına göre olmaktadır. Çalışmanın bu bölümünde sınıflandırma detaylı olarak ele alınmıştır. Çalışmada kaplama malzemelerinin ele alınması nedeni ile blok halinde örülen ve yansıtıcı ısı yalıtım malzemeleri kapsam dışında bırakılmış olup, yalnızca sınıflandırma bölümünde kısaca bahsedilecektir.

### 2.2.1 Biçimlerine Göre Isı Yalıtım Malzemeleri

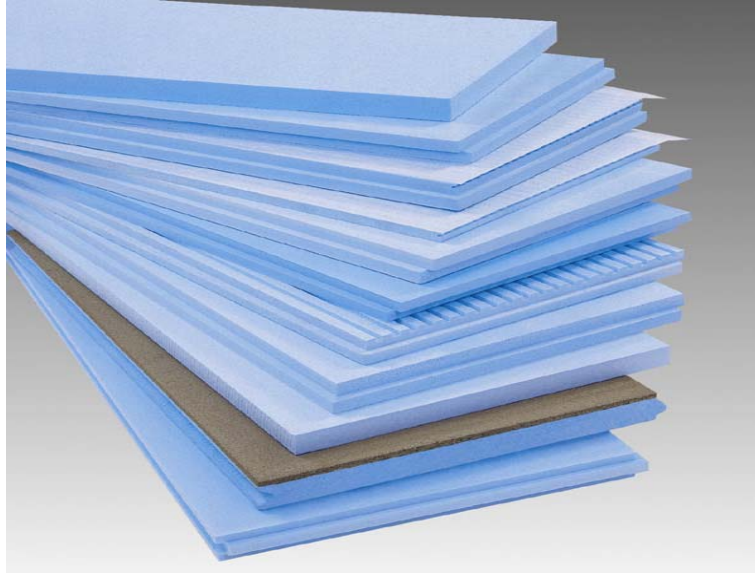
Isı yalıtımı sağlayan malzemeler biçimlerine göre;

- Levha Yapıda Isı Yalıtım Malzemeleri,
- Şilte Yapıda Isı Yalıtım Malzemeleri,
- Gevşek Dolgu Isı Yalıtım Malzemeleri,
- Yerinde Püskürtme Isı Yalıtım Malzemeleri,
- Yerinde Köpürtülen Isı Yalıtım Malzemeleri,
- Blok Halinde Örülerek Kullanılan Isı Yalıtım Malzemeleri,
- Yansıtıcı Isı Yalıtım Malzemeleri,
- Gazların Isı Taşınımına Engel Olacak Şekilde Hapsolunmasıyla Oluşturulan Isı Yalıtım Malzemeleri,

olmak üzere genel olarak sekiz grupta incelenmektedir.

#### 2.2.1.1 Levha Yapıda Isı Yalıtım Malzemeleri

Cam köpüğü, EPS, XPS, Taş yünü ve bir yüzü alçı kaplamalı cam yünü gibi malzemeler bu grupta sayılabilir (Şekil 2.5). Levha malzemelerin uygulama açısından az ya da çok bir rijitliğe sahip malzemeler olduğu söylenebilir. Bu nitelik, levha malzemelerin düşey ya da yatay yapı elemanlarıyla birlikte iyi bir konstrüksiyon oluşturması açısından önemli olacaktır (Toydemir ve ark., 2000).



Şekil 2.5 Ekstrüde Polistiren Köpük (XPS) levha yapıda ısı yalıtım malzemeleri sınıfında yer almaktadır (www.mardav.com. 2009).

#### 2.2.1.2 Şilte Yapıda Isı Yalıtım Malzemeleri

Pek çok açıdan örtü izolasyon malzemelerine benzemekle beraber, boyları sebebi ile onlardan ayrılmaktadırlar. Şilte izolasyonlar sınırlı uzunlukta olup, genellikle 1,2 m. ya da daha kısadırlar. Bu izolasyonlar ısıl mukavemet (R) değeri malzemenin kalınlığına bağlı olmasına rağmen, kalınlıklarından çok ısıl mukavemetlerine (R) göre derecelendirilmektedirler (Evcil, 2000).

Şilteler, bir taşıyıcıya tutturulmadığı takdirde yatay ve yataya yakın eğimlerdeki yapı elemanlarında kullanılabilirler. Kraft kağıdı, polietilen gibi taşıyıcı bir malzemeye dikilmiş olan şilteler düşey yapı elemanlarında da kullanılabilir. Bunların en yaygın şekli, genelde, soğuk çatılarda taşıyıcı döşeme üzerine serilmeleridir (Toydemir ve ark., 2000). Bu grup içerisinde özellikle çatı altı döşeme üzerinde kullanılan bakalitli cam yünü ile perlitli şilte gibi malzemeler yer almaktadır.

#### 2.2.1.3 Gevşek Dolgu Isı Yalıtım Malzemeleri

Genellikle lifli ya da taneli yapıda olmaktadır. Lifli olanlar kaya yünü, cam yünü gibi mineral yünlerden ve odun lifi gibi bitkisel liflerden; taneli olanlar ise,

perlit ve vermikülit gibi genişmiş minerallerden ve taneli mantar gibi yer bitkilerinden üretilmektedirler (Evcil, 2000).

#### *2.2.1.4 Yerinde Püskürtme Isı Yalıtım Malzemeleri*

Yerinde püskürtme izolasyonlar, yüzey içerisine doğru yerleştirilecek bir karışımın hücreli malzemelerle ve bazı lifli malzemelerin karışımı ile üretilirler. Bunlardan biri olan poliüretan köpük, anorganik bağlayıcı asbest lifleri, Portland çimento ya da alçı vb. bağlayıcı vermikülit agrega ve alçı bağlayıcı perlit agrega kullanılarak elde edilebilmektedir (Evcil, 2000). Bu sınıfta pratikte en çok kullanılan malzeme poliüretan köpüktür.

#### *2.2.1.5 Yerinde Köpürtülen Isı Yalıtım Malzemeleri*

Yerinde Köpürtülen izolasyonlar, sentetik sıvı reçinelerden yapılan malzemelerdir. Bu izolasyonlar, polyester reçine ile poliizosiyanatın karışımı ile elde edilen poliüretan bir ürün olup, hem dökülerek, hem de püskürtülerek uygulanabilmektedirler (Evcil, 2000).

Bu yöntem, bir yüzeye ya da sınırlanmış bir hacime bir döküm reçinesinin (poliüretan) sıvı halde püskürtülmesi ya da doldurulması ve reçinenin kabarak boşluğu doldurması şeklindedir. Binalarda en yaygın uygulama yeri prefabrike panellerdir. Köpük oluşmasıyla reçine yüzeyleri de birbirine sıkıca bağlanmaktadır (Toydemir ve ark., 2000). Bu method yaygın olarak binalarda pencere-kapı montajında boşluk kalan yerlerde ısı köprülerini minimuma indirmek için uygulanmaktadır.

#### *2.2.1.6 Blok Halinde Örülerek Kullanılan Isı Yalıtım Malzemeleri*

Tuğla, gazbeton vb. ısı tutucu yapı taşlarının uygulanması normal duvar örme kurallarına uyularak gerçekleşir. Tuğlalarda deliklerin şaşırtmalı yapılması ve gözenekli hale (polistiren köpüklü tuğla) getirilmesi bu malzemenin ısı tutuculuğunu

önemli ölçüde arttırır. Bu arada en önemli sorun, yatay ve düşey derzlerin ısı köprüsü oluşturmayacak bir biçimde düzenlenmesidir. Bu amaç için özel olarak üretilmiş tuğlalar olduğu gibi, harç kalıbı kullanmak yoluyla da ısı köprüsü oluşumu engellenebilir (Toydemir ve ark., 2000). Gazbeton, bims, izotuğla gibi blok olarak kullanılan malzemeler bu gruptadır.

#### 2.2.1.7 Yansıtıcı Isı Yalıtım Malzemeleri

Yansıtıcı izolasyonlar, emdiği miktardan çok ısıyı yansıtan parlak yüzeyli (alüminyum, bakır kaplamalar ya da metal saclar gibi) malzemelerden yapılırlar. Bu malzemelerin yerleştirilmeleri önemlidir. Yansıtıcı izolasyonlar özel yerleşimle, buhar kesici bir malzeme olarak da görev yapabilmekte ve dikmelerde, merteklerde; duvar, çatı, tavan yalıtımı için ve soğuk depolarda kullanılmaktadır (Evcil, 2000) (Şekil 2.6). Folyolar (alüminyum, vb.) gibi metalik malzemeler ile kaplamalı ısıcamlar örnek olarak verilebilir.



Şekil 2.6 Bir yüzü alüminyum folyo bir yüzü cam tülü kaplı sert cam yünü levhanın yansıtıcı olarak kullanılması ( İzocam, İzopan, 2009).

#### 2.2.1.8 Gazların Isı Taşınımına Engel Olacak Şekilde Hapsolunmasıyla Oluşturulan Isı Yalıtım Malzemeleri

Bu sistemin uygulanmasındaki amaç, ısı taşınımına (konveksiyon) engel olacak hareketsiz hava ya da gazların yüksek yalıtım değerinden yararlanmaktır. Binalarda

bunun en yaygın kullanım şekli iki ya da üç levha camın belli aralıklarla, aralarındaki havanın nemi alınarak bir araya getirilmesinden oluşan ısıcamlardır (Toydemir ve ark., 2000). Isıcamlarla birlikte, yeni geliştirilen ve tezde de ele alınacak olan vakum yalıtım panelleri de bu grupta yer almaktadır.

### ***2.2.2 Var Oluş Şekillerine Göre Isı Yalıtım Malzemeleri***

Isı yalıtım malzemelerinin var oluş şekillerine yani kökenlerine göre sınıflandırması;

- Organik (hayvansal ve bitkisel) kökenli,
- Anorganik (mineral) kökenli,
- Sentetik kökenli

olmak üzere üç başlık altında ele alınmıştır.

#### ***2.2.2.1 Organik (hayvansal ve bitkisel) Kökenli***

Bitkisel kökenli ısı izolasyon malzemeleri arasında mantar, ahşap talaş levha, oluklu mukavva, turp, saz, kamış, keten, pamuk, hindistan cevizi, palmiye lifleri, pirinç kabuğu ve deniz yosunları yer almaktadır. Hayvansal kökenli ısı izolasyon malzemeleri arasında, yün, keçi kılı ve tiftik yer almaktadır (Evcil, 2000). Günümüze kadar geçen süreç içerisinde yalıtım malzemelerinin de gelişimine bağlı olarak bu malzemeler arasında pratikte en çok uygulanan mantar ve ahşap talaş levhalardır.

Organik kökenli olanların ısı tutucu olabilmesi için bazı üretim işlemlerinden geçirilmelidir. Lif, tane, köpük biçiminde olabilmektedirler. Lif biçiminde olanlar pamuk, yün, jüt (kenevir, kendir), saman, ahşap, talaş, yosun, vb. malzemelerdir. Tane biçiminde olanlara turp, mantar, toz halinde talaş, vb. örnek verilebilirken köpük biçiminde olanlar, sertleştirilmiş suni melamin reçinesi gibi malzemelerdir (Evcil, 2000).

### 2.2.2.2 Anorganik (mineral) Kökenli

Cam elyafı (cam yünü, cam pamuğu, vb.), cam köpüğü, cüruf yünü, asbest lifleri, seramik lifleri, süngertaşı, genişletilmiş mantar, kizelgur, erimiş mineraller, silisli fosiller, vermikülit, perlit, genişletilmiş kil, magnezit, taş yünü, kömür tozu, kül vb. sayılabilmektedir. Lif, tane ve toz halde bulunabilirler. Bağlayıcı madde olarak Portland çimentosu başta olmak üzere çimento ve alçı kullanılmaktadır (Evcil, 2000). Bu malzemeler bünye yapılarına bağlı olarak çeşitli hayvan, böcek vb. parazitleri barındırmamaları yönünden avantaj sağlamaktadır.

### 2.2.2.3 Sentetik Kökenli

Bu gruba giren yapay ısı tutucu malzemeler çeşitli polimerlerden oluşur. En yaygın şekilde üretilen ve kullanılanları; polistiren (PS), poliüretan (PU), polivinilklorür (PVC), polietilen (PE) ve fenolformaldehit (PF) gibi değişik kökenli polimer malzemelerin köpük yapıda olanlarıdır. Bunların bazıları açık, bazıları kapalı gözenekli yapıda olup değişik yoğunluklarda üretilmektedir. (Toydemir, ve ark., 2000). Bu malzemeler açık, kapalı ya da karmaşık gözenekli yapıları nedeniyle sünger biçimindedir. Yapıları sayesinde su/buhar geçirimleri minimum düzeydedir.

### 2.2.3 Yapılarına Göre Isı Yalıtım Malzemeleri

Isı yalıtım malzemelerini yapılarına göre;

- Taneli,
- Lifli,
- Hücreli (köpük şeklinde),
- Kompozit (karmaşık yapılı),
- Reflektif Özellikli,

olmak üzere beş başlık altında sınıflandırmak mümkündür.

### 2.2.3.1 Taneli Yapıda Olanlar

Bu gruba giren malzemeler tanecik halinde olup uygulamada malzemeler arasında hava boşlukları bulunmaktadır. Taneciklerin gelişi güzel sıralanması nedeniyle, tanecikler arasında hava hareketi oldukça yavaştır ve bu nedenle tanecikler arasında taşınım yolu ile ısı transferi azdır (Altınışik, 2006). Taneli yapıdaki malzemelere örnek olarak granüle mantar, fosil silisli taneler (diyomit, kizelgur), perlit ve vermikülit verilebilir (Evcil, 2000).

### 2.2.3.2 Lifli Yapıda Olanlar

Malzemelerin lifleri arasındaki serbest hava kanallarının genişliği ve sayısı nedeniyle, yoğunlukları düşüktür. Lifler arasında oluşan hava filmleri, taşınım yolu ile oluşacak ısı transferine bir direnç oluşturur. Bu nedenle, taşınım yolu ile meydana gelen ısı transferi minimumdur. Lifli yalıtım malzemelerinde serbest hava kanallarının sayısını ve genişliğini azaltmak için dolgu yoğunluğunu artırmak gerekir. Lifler arasında taşınım yoluyla oluşan ısı transferi, iletim yoluyla oluşan ısı transferinden her zaman daha fazladır. Bu tür malzemeler öncelikle ses yalıtımında tavsiye edilir (Altınışik, 2006). Bu malzemeler yapıları sebebiyle suya karşı dayanımsız olduklarından su problemi olabilecek yerlerde koruyucu bir malzeme ile birlikte kullanılmaları gerekmektedir.

Bitkisel kökenli olarak; mantar, turp, saz, kamış, keten, pamuk, hindistan cevizi, saman, pirinç kabuğu, palmiye lifleri, deniz yosunları, ahşap rende talaşı ve oluklu mukavvalar, hayvansal kökenli olarak; yün, keçe kılı, tiftik ve mineral kökenli olarak; cam lifleri, taş yünü, asbest lifleri, cüruf yünü ve seramik yünü, örnek verilebilir (Evcil, 2000).

### 2.2.3.3 Hücreli (Köpük Şeklinde) Yapıda Olanlar

Hücreli yapıya sahip olan yalıtım malzemelerinde taşınım yoluyla ısı geçişinin minimum olması için, bu hücrelerin mümkün olduğu kadar küçük olması gerekir.

Hücreli yapıya sahip malzemeler öncelikle ısı yalıtımında tercih edilmektedir (Altınışık, 2006). Hücreli yapıdaki malzemeler olarak;

1- Sentetik köpükler: PS, PE, PVC, Fenol köpükler

- açık gözenekli: PVC, UF
- kapalı gözenekli: PU, PS, PVC

2- Mineral esaslı köpükler: Hafif betonlar (gazbetonlar, hafif agregalı betonlar vb.), sünger taşı ve cam köpüğü sayılabilmektedir (Evcil, 2000).

#### 2.2.3.4 Kompozit (Karmaşık) Yapıda Olanlar

Bu gruptaki ısı tutucu kompozitler kökeni ve bünye yapısı yönünden farklı malzemelerin değişik kompozisyonlarından oluşabilmektedir. Bu nedenle üç alt grupta incelenebilirler.

- Bağlayıcı Madde Aglomerleri (perlit betonu, geliştirilmiş polistiren betonu, geliştirilmiş agregalı alçı, bitüm bağlayıcılı ekspans mantar vb.)
- Liflerle Donatılı Kompozitler (çimento bağlayıcılı ahşap talaşı, asfalt bağlayıcılı cam yünü, vb.)
- Lamine Kompozitler (iki yüzü asbestli çimento, iki yüzü ahşap talaş levha, ortası geliştirilmiş polistiren köpükten oluşan levhalar, vb.) (Toydemir ve ark., 2000).

#### 2.2.3.5 Reflektif Özellikte Olanlar

Bu gruptaki malzemeler düşük yutma katsayısına sahip olmaları nedeniyle, ısının büyük kısmını yansıtırlar (Altınışık, 2006). Kaplamalı ısıcamlar bu grupta yer almaktadır.

### 2.3 Binalarda Dış Duvarlarda Kullanılan Isı Yalıtım Malzemeleri

Duvarlarda yapılacak ısı yalıtımı için malzeme seçimi ve seçilen malzemenin kalınlığı en önemli iki faktördür. Seçilecek olan malzemenin bünyesine kesinlikle su

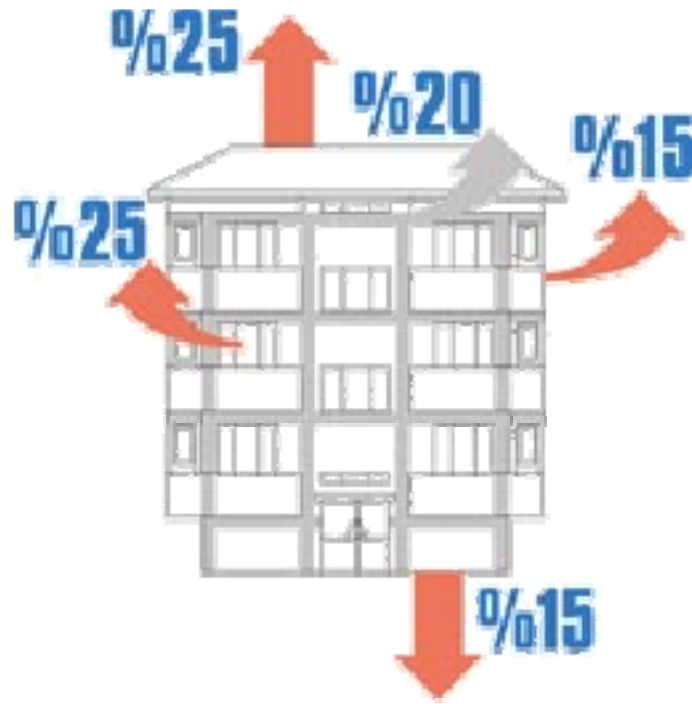
almaması, buhar difüzyon direncinin yüksek olması, üzerine doğrudan sıva uygulanabilirliğinin olması, basınç ve darbeye karşı dayanımın yüksek olması ve ısı iletim katsayısının çok düşük olması gerekmektedir. Ayrıca, ısı yalıtım kalınlığı seçilirken yoğuşma sorununun önlenmesi için gerekli hesapların mutlaka yapılması gerekir (www.yalitim.com, b.t).

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 talebinin %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 yönetmeliklere uygun yalıtım malzemeleriyle yalıtılmalıdır (Altınışik, 2006). Örnek olması açısından Tablo 2.3'de binalarda kullanılan ısı yalıtım malzemelerine ait ürün standartları verilmiştir.

Tablo 2.3. Binalarda kullanılan ısı yalıtım malzemeleri ve bu malzemelerin ürün standartları (www.izoder.org.tr, 2009).

Isı Yalıtım Malzemeleri	Ürün Standardı
Camyünü	TS 901 EN 13162
Taşyünü	TS 901 EN 13162
Ekspande Polistiren (EPS)	TS 7316 EN 13163
Extrude Polistiren (XPS)	TS 11989 EN 13164
Poliüretan (PUR)	TS EN 13165
Fenol Köpüğü	TS EN 13166
Cam Köpüğü	TS EN 13167
Ahşap Lifli Levhalar	TS EN 13168
Genleştirilmiş Perlit (EPB)	TS EN 13169
Genleştirilmiş Mantar (ICB)	TS EN 13170
Ahşap Yünü Levhalar	TS EN 13171

Bilindiği gibi binalar; dış duvarlar, tavanlar, merdivenler, pencereler, ısıtılmayan hacimler üzerindeki döşemeler, zemine oturan döşemeler ve açık geçitler üzerindeki döşemelerden ısı kaybetmekte ve bu yüzden binaların yakıt tüketimi yükselmektedir. Yapılardaki toplam ısı kayıplarının; % 10'u döşemelerde (temeller), % 10-15'i pencerelerde, % 25'i tavanlarda, % 15-25'i dolgu duvarlarda, % 20-50'si ısı köprülerinde oluşmaktadır (Akıncı, 2007) (Bkz. Şekil 2.7). Buradan da anlaşılacağı gibi yapıda dış duvarlarda yapılan yalıtım enerji korunumu açısından çok büyük önem taşımaktadır.



Şekil 2.7 Binalardaki ısı kayıpları (Akıncı, 2007).

### 2.3.1 Mantar

Doğal bir ürün olan mantar Akdeniz yöresindeki (Kuzey Afrika kıyıları ile Sicilya, Korsika, Sardunya Adalarında) özel ağaçlardan elde edilir. 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 süreçten sonra kurutma cihazından çıkarılarak su ile soğutulur ve 2 hafta süresince dinlenmeye bırakılır. Bu sürenin ardından testere ile talep edilen kalınlıklarda kesilerek değişik

yoğunluklarda (80–500 kg/m<sup>3</sup>) mantar levhalar elde edilir. Isıl iletkenlik hesap değeri 0,045- 0,055 W/m<sup>2</sup>K'dir. Su buharı difüzyon direnç katsayısı  $\mu = 5-10$ 'dur. Kullanım sıcaklığı -180°C / +100°C aralığındadır. Güneşin mor ötesi ışınlarından etkilenmez (Yüzügür, 2007).



Şekil 2.8 Mantarın ağaçtan soyulması işlemi ve proseslerden geçen mantar plakaların dış cephede uygulanması (Portekiz Pavyonu, Expo 2000, Hanover).

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 iletkenlik katsayısına sahip olan mantar, piyasada kabuk, pano, karo, vb. şekillerde bulunmaktadır. Genel özellikleri açısından yapılandırılması, çivilenmesi, kesilmesi kolay, çürümeyen, zor yanan (ancak alev alınca sonuna kadar yanan), is çıkararak yanan (DIN 4102'ye göre B2 Sınıfı) bir malzemedir. Bu özelliklere ek olarak higroskopik (havanın nemini çeken) olan, kimyevi maddelere dayanıklı, ancak halojenlere, amonyağa ve eter yağlarına dayanıksız olan mantar, basınç altında bitüm gibi bir bağlayıcı eklenerek daha dayanıklı levha mantarlar elde edilebilmektedir (Evcil, 2000). Eskiden yalıtım amacıyla kullanılırken bugün daha ziyade dekorasyon amacı ile ve şişe mantarı olarak kullanılmaktadır. Şekil 2.8'de ağaçtan mantar soyulması işlemine ve dış cephede uygulanmasına ait resimler verilmiştir. Mantar malzemeler darbe sesini büyük oranda yuttukları için genellikle döşemelerde şilte şeklinde, ses yalıtımı sağlaması açısından da kullanılmaktadır.

Mantar meşesinin budanmış dallarından çıkarılan kış mantarı ve diğer düşük kaliteli mantar parçaları izolasyon mantar levhası (ICB) üretiminde kullanılmaktadır. ICB mantar levhası yapımında kullanılan mantar materyali de öğütülmektedir. Aglomerasyon (basınç ve ısıtma ile mantar parçacıklarının kaynaştırılması) mantar reçinelerinin sızması ve granüllerin genişleyip birbiri içinde bağ oluşturmalarını kolaylaştıran buhar ile ısıtma işlemi sonucunda sağlanmaktadır. Daha sonra bu kümeler levhalar halinde kesilir. Üretilen ICB levhaları, binalarda ısı izolasyonunda kullanılır. Düşük yoğunluklu ICB akustik düzenlemelerde kullanılırken yüksek yoğunluktaki ICB ise özel amaçlı ısı izolasyonu ya da titreşimlerin yalıtımında kullanılmaktadır. Ülkemizde yalancı Saçlı Meşe kabuklarından daha ziyade izolasyon levhası yapımında yararlanılmaktadır. Bu amaçla kabuklar kırma makinelerinde parçalara ayrılır. Bunların büyüklükleri 8-10 mm. kadardır. Daha sonra kabuk parçaları silindir şeklindeki ve eksenini etrafında dönen elek tertibatına getirilerek büyük parçalardan ayrılır. Bunu takiben ince kırma makinesinde kabuklar 2-3 mm. çapa kadar küçültülür. Kabuk parçaları çelik tavalara doldurulur ve 1,5-2,0 atm. basınçla sıkıştırılarak üstleri kapatılır ve pişirme kazanlarına yerleştirilir. Burada 120-150°C sıcaklıkta 12 saat süre ile pişirilir. Pişirilen kabuklar büyük bir kazana alınır ve %33 zift, %67 asfalt ile karıştırılarak kabuklar 50x50x100 cm. ölçülerinde kalıplara doldurulur. Her kalıpta 18 kg. zift- asfalt karışımı vardır. Bu kalıplar preslere getirilir. Basınç yapılmak sureti ile kalıp içerisindeki kabuklar sıkıştırılır. Presten çıkarılan kalıplar bir havuzda kısa bir müddet soğutulur, daha sonra kalıplar 24 saat sonra açılır. Blok halindeki materyal şerit testerelede 3, 5 ve 10 cm. kalınlıklarda olmak üzere, levhalar halinde kesilir. Aglomera disk, ısı ve ses izolasyon levhaları, döşeme parkeleri, contalar, ayakkabı topuğu ve benzeri maksatlarda değerlendirilmektedir (Alma ve Şen, 2001).

### **2.3.2 Ahşap Lifli Levhalar**

Ahşap lifli ısı yalıtım malzemeleri; ladin, köknar gibi ağaç yongalarından üretilirler. Ahşap yongaları termo-mekanik olarak hamur haline getirilip ince şeritler halinde kesilir. Elyafalara su itici katkıları (%2 parafin) püskürtülür ve ardından kurutulur. Kurutulmuş elyafalara %4 oranında poliüretan esaslı reçine

püskürtülmesinin ardından levha biçimine getirilerek değişik yoğunluklarda 110-450 kg/m<sup>3</sup> üretilir. Isıl iletkenlik hesap değeri  $\lambda = 0,035-0,070$  W/m<sup>°</sup>K'dir. Su buharı difüzyon direnç katsayısı  $\mu = 5'$ dir. Kısa süreli su emme değeri 0,5 – 2,0 kg/m<sup>3</sup>'tür. Basma dayanımı 5 ile 100 kPa arasındadır. Güneşin mor ötesi ışınlarından etkilenmez ( Yüzügür, 2007).

### 2.3.3 Ahşap Yünü Levhalar

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 Taşyünü ısı yalıtım levhalarının tek veya iki yüzeyine ahşap yünü levhaların lamine edilmesi ile elde edilen kompozit paneller halinde kullanılırlar. Isıl iletkenlik hesap değeri  $\lambda= 0,065-0,090$  W/m<sup>°</sup>K'dir. Su buharı difüzyon direnç katsayısı  $\mu=2-5'$ dir. Basma dayanımı 20 ile 1000 kPa arasında değişmektedir (Yüzügür, 2007).

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. Yanma sınıfı BS476 standardına göre Class 1'dir (Candan, 2007). Bu malzemeler yapısal olarak benzemekle birlikte görünümü ile de sunta lam ve OSB'yi andırmaktadır (Bkz. Şekil 2.9 a, b).



Şekil 2.9-a) Ahşap yünü plaka örnekleri (Akıncı, 2007).



Şekil 2.9-b) Ahşap yünü plaka örnekleri.

### 2.3.4 Mineral Elyaf lar ve Yünler

Bu grup içerisinde; kullanım yeri dışındaki özellikleri ve dokuları birbirine benzeyen, bileşimleri biraz farklı olan cam yünleri ve taş yünleri ile cüruf yünleri yer almaktadır. Mineral ısı izolasyon malzemelerinin tercih edilmelerindeki en önemli etken bu malzemelerin yanmaz olmaları ve ateş kesici örtü olarak da kullanılabilirlerdir. Kimyasal olarak nötr, nem tutmayan, çürümeyen, ancak mekanik dayanımları çok az olan ya da hiç olmayan ve bir taşıyıcıya ihtiyaç duyan malzemelerdir (Evcil, 2000).

#### 2.3.4.1 Cam Yünü

Yerli olarak temin edilen, inorganik hammadde olan silis kumunun 1200°C–1250°C’de ergitilerek elyaf haline getirilmesi sonucu oluşmaktadır. Kullanım yeri ve amacına göre farklı boyut ve teknik özelliklerde, değişik kaplama malzemeleri ile şilte, levha, boru ve dökme şeklinde üretilebilmektedir. Isı yalıtımı, ses yalıtımı ve akustik düzenleme ile birlikte yangın güvenliği de sağlamaktadır. Isı iletkenlik beyan değeri  $\lambda \leq 0,040 \text{ W/m}^\circ\text{K}$ ’dir. Su buharı difüzyon direnç faktörü  $\mu=1$ ’dir. Kullanım sıcaklığı -50°C / +250°C aralığındadır. Bağlayıcısız camyünü ürünler 500°C’ye kadar kullanılabilir. Ayrıca -200°C/+450°C aralığında kullanılan özel camyünü ürünler de üretilebilmektedir. Sıcağa ve rutubete maruz kalması halinde dahi, boyutlarında bir değişim olmaz. Zamanla bozulmaz, çürümez, küf tutmaz, korozyon ve paslanma yapmaz. Böcekler ve mikroorganizmalar tarafından tahrip edilemez. Higroskopik ve kapiler değildir. Alman Normu olan DIN 4102’ye ve Türk

Standardı TS EN 13501-1'e göre "yanmaz malzemeler" olan A sınıfındandır. (İzocam, Camyünü, 2008).

Aşağıda yer alan tablolarda bakalitli ve bakalitsiz cam yünlerinin yoğunluklarına ve sıcaklıklara göre ısı iletkenlik katsayılarındaki değişimler verilmiştir. Buradan da anlaşılacağı gibi sıcaklık arttıkça cam yünü malzemelerinin ısı iletkenlik katsayıları da yükselmekte, malzemenin ısı yalıtım performansı düşmektedir (Bkz: Tablo 2.4 ve Tablo 2.5).

Tablo 2.4 Bakalitli Camyününün Sıcaklık ve Yoğunluğa Göre Isı İletim Katsayılarının Değişimi (Akıncı, 2007).

Ortalama Sıcaklık (°C)	Yoğunluğa Göre Isı İletkenlik Katsayıları (W/Mk)		
	16 kg/m <sup>3</sup>	48 kg/m <sup>3</sup>	80 kg/m <sup>3</sup>
-20	0,031	0,028	0,028
10	0,037	0,030	0,031
20	0,040	0,032	0,032
50	0,047	0,035	0,035
100	0,065	0,044	0,042

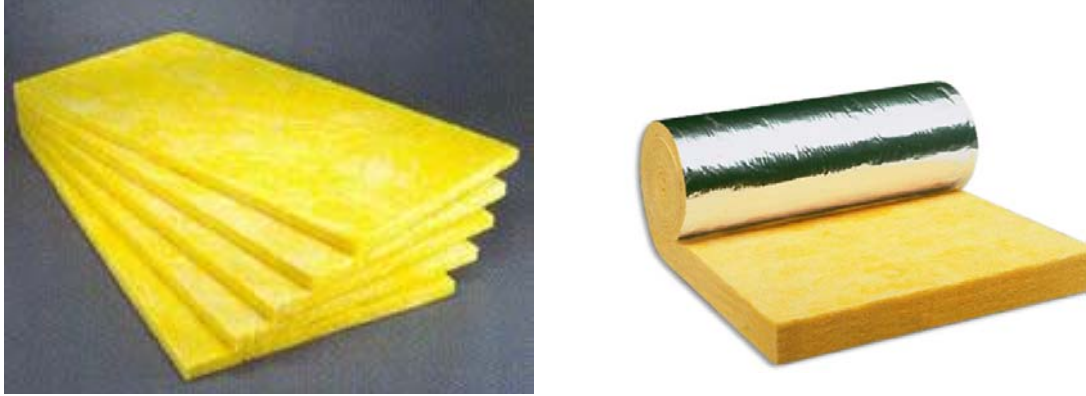
Tablo 2.5 Bakalitsiz Camyününün Sıcaklık ve Yoğunluğa Göre Isı İletim Katsayılarının Değişimi (Akıncı, 2007).

Ortalama Sıcaklık (°C)	Yoğunluğa Göre Isı İletkenlik Katsayıları (W/Mk)
	130 kg/m <sup>3</sup>
0	0,035
50	0,045
100	0,056
250	0,073
350	0,096
500	0,141

Camın kendisi kırılğan bir madde olduğu halde ince lifli türleri esnek, bükülebilin ve çok yönlü amaçlara hizmet edebilecek niteliktedir. Bakalitli (sarı) ve bakalitsiz (beyaz) türleri vardır. Bakalit, lifleri birbirine yapıştıırarak malzemeye form vermeye (rulo, levha) yarar. Bakalitli olanlar en çok 250 °C ye kadar kullanılır. Bakalitsiz (beyaz) olanlara form verebilmek için kümes teline veya oluklu mukavva gibi malzemelere dikmek gerekir (şilte vs.) ve maksimum 550 °C ya kadar, genellikle sanayi yalıtımlarında (kazan, tank, boru vs.) kullanılırken sarı olanlar özellikle yapı sektöründe, ayrıca şofben fırın gibi ev cihazlarının yalıtımında kullanılır. Yapıda kullanılan sarı mamüller 10–130 kg/m<sup>3</sup> yoğunlukta üretilebilirler ve şekilleri yoğunluğa göre rulo veya levha şeklinde olur (Bkz. Şekil 2.10). Malzeme çıplak olabildiği gibi, kâğıt, bitümlü karton, alüminyum folyo gibi yardımcı malzemelere yapıştırılmış olarak da bulundurabilir. Camyününde malzemeye şekil vermek, lifleri birbirine yapıştıırmak için Fenol-Formaldehit bakaliti kullanılır. Genel olarak camyünü tüm asitlere mukavimdir. Yalnızca hidroflorik asit bu malzemeye etki etmektedir. Her türlü yapı malzemesiyle kolayca bağdaşır (Onaylı, 2002).

Diğer yalıtım malzemelerine göre pratikte oldukça geniş kullanma sahası bulunan cam yünü aşağıdaki özelliklere sahiptir:

- Yanıcı değildir.
- Dış kuvvetler tesiri ile kolayca deformasyona uğrar.
- Higroskopik değildir.
- Kimyasal olarak nötrdür.
- Atmosferik şartlara dayanıklıdır.
- Asitlere karşı ( hidroflorik asit hariç ) dayanıklıdır.
- Küf tutmaz.
- Haşerelerin yuvası olmaz.
- Bıçakla kolayca istenilen şekilde kesilebilir.
- İşçiliği kolaydır.
- Vana gibi çok girintili parçaların yalıtımlarına uygundur.
- Deri ile temas edince kaşındırır, bu sebeple eldiven kullanılması tavsiye edilir.
- Sarsıntı ve ufalanmaya karşı dayanıklıdır (Akıncı, 2007).



Şekil 2.10 Cam yünü yalıtımlar levha ya da şilte (rulo) biçiminde üretilmektedirler.

#### 2.3.4.2 Taş Yünü

Yerli olarak temin edilen inorganik hammadde olan bazalt taşının 1350°C-1400°C’de ergitilerek elyaf haline getirilmesi sonucu oluşmaktadır. Kullanım yeri ve amacına göre farklı boyut ve teknik özelliklerde, değişik kaplama malzemeleri ile şilte, levha, boru ve dökme şeklinde üretilmektedir (Bkz. Şekil 2.11). Isı yalıtımı, ses yalıtımı, akustik düzenleme ve yangın yalıtımı maksadıyla kullanılmaktadır. Isı iletkenlik beyan değeri  $\lambda \leq 0,040$  W/m°K’dir (Farklı yoğunluk ve sıcaklıklardaki değerler için ayrıca bkz. Tablo 2.6, Tablo 2.7). Su buharı difüzyon direnç faktörü  $\mu=1$ ’dir. Kullanım sıcaklığı -50°C/+700°C, -50°C/+750°C aralığındadır. Sıcağa ve rutubete maruz kalması halinde dahi, boyutlarında bir değişme olmaz. Zamanla bozulmaz, çürümez, küf tutmaz, korozyon ve paslanma yapmaz. Böcekler ve mikroorganizmalar tarafından tahrip edilemez. Higroskopik ve kapiler değildir. Alman Normu olan DIN 4102’ye ve Türk Standardı TS EN 13501-1’e göre “yanmaz malzemeler” olan A sınıfındadır (İzocam, Taşyünü, 2008).



Şekil.2.11 Levha ve şilte şeklindeki taş yünü ısı yalıtım malzemeleri (www.makroteknik.com.tr).

Kükürt esaslı ve kalsiyum esaslı olmak üzere iki çeşittir. Taş yünü, cam yününe göre daha yüksek sıcaklıklarda (1000 °C) kullanılabilir. Malzeme; kâğıt, mukavva, bitümlü karton veya kraft kâğıdı kaplıysa kaplama yüzeyindeki sıcaklığın kaplama malzemesinin dayanabileceği sıcaklığı aşmaması gerekir. Bu sıcaklık da 80–100 °C civarındadır. Taş yününün yapısında bakalit varsa maksimum kullanma sıcaklığı 200–250 °C’dir. Cam yününe olduğu gibi taş yününde de basınç, kopma mukavemeti gibi özellikler yoğunluğa göre değişmektedir. Bu mukavemetler düşük yoğunlukta az, yüksek yoğunlukla genellikle fazladır. Taş yününde liflerin her yöne dağılmış olmasından dolayı dayanımı cam yününe göre daha fazladır çünkü cam yününde lifler yatay doğrultuda sıralanmıştır. Buna göre taş yünü, 1,5–6,5 ton / m<sup>2</sup> (15-65 kPa) arasında basma dayanımına sahiptir. Taş yünü hacminin % 2,5-10’u arasında su emme özelliğine sahiptir. Su emme özelliğinin yüksek olmasının nedeni, taş yünün lifli yapıda ve gözenekli (% 99’u hava boşluğu) olmasıdır. Ancak taş yünü ıslandığı zaman yalıtma özelliği kaybolur. Düşük yoğunluklu taş yünü piyasaya 20-120 mm. kalınlıklarında, yüksek yoğunluklu taş yünü ise piyasaya 20-150 mm. kalınlıklarında sunulur (Akıncı, 2007). Şekil 2.12’de taş yünü ile yapılmış mantolama uygulamasına ait görsel yer almaktadır.

Tablo 2.6. Düşük Yoğunluklu Taş yününün Sıcaklığa ve Yoğunluğa Bağlı Isı İletim Katsayıları (Akıncı, 2007).

Ortalama Sıcaklık (°C)	Yoğunluğa Göre Isı İletkenlik Katsayıları (W/mK)				
	23 kg/m <sup>3</sup>	33 kg/m <sup>3</sup>	45 kg/m <sup>3</sup>	60 kg/m <sup>3</sup>	80 kg/m <sup>3</sup>
10	0,037	0,035	0,033	0,033	0,033
50	-	0,043	0,039	0,038	0,038
100	-	0,055	0,047	0,045	0,045
200	-	-	0,07	0,066	0,066
300	-	-	-	-	-
400	-	-	-	-	-

Tablo 2.7 Yüksek Yoğunluklu Taş yününün Sıcaklığa ve Yoğunluğa Bağlı Isı İletim Katsayıları (Akıncı, 2007).

Ortalama Sıcaklık (°C)	Yoğunluğa Göre Isı İletkenlik Katsayıları (W/mK)		
	100 kg/m <sup>3</sup>	140 kg/m <sup>3</sup>	200 kg/m <sup>3</sup>
10	0,033	0,033	0,034
50	0,037	0,037	0,038
100	0,044	0,044	0,043
200	0,064	0,060	0,059
300	0,088	0,081	0,079
400	0,112	0,106	0,100



Şekil 2.12 Taş yünü ile mantolama uygulaması.

#### 2.3.4.3 Cüruf Yünü

Cüruf yünü metalurji sanayinin bir yan ürün olup, sıvı haldeki cürufun bir lif haline getirilmesi ile elde olur. Cam yününe nazaran yapısı homojen olmayıp çoğu hallerde kimyasal bakımdan nötr değildir. En yüksek 750°C sıcaklığa kadar dayanıklı olup, yoğunlukları 150 ile 350 kg/m<sup>3</sup> arasında değişir. Isı iletim katsayısı

da yoğunluk ve sıcaklığa bağlı olarak değiştiği için 100°C sıcaklık ve  $\rho = 150 \text{ kg / m}^3$  de,  $\lambda = 0,070 \text{ W / m}^\circ\text{K}$  değerinden 500°C sıcaklık ve  $\rho = 350 \text{ kg / m}^3$  de  $\lambda = 0,186 \text{ W / m}^\circ\text{K}$  değerine kadar değişir. Cüruf yünü çoğu kez mineral yün olarak da adlandırılıp vana, flanş ve boru yalıtımlarında kullanılır. Cam yününe nazaran daha ucuz olup, daha yüksek sıcaklığa dayanıklıdır (Bkz. Şekil 2.13) (Akıncı, 2007).



Şekil 2.13 Cüruf yünü

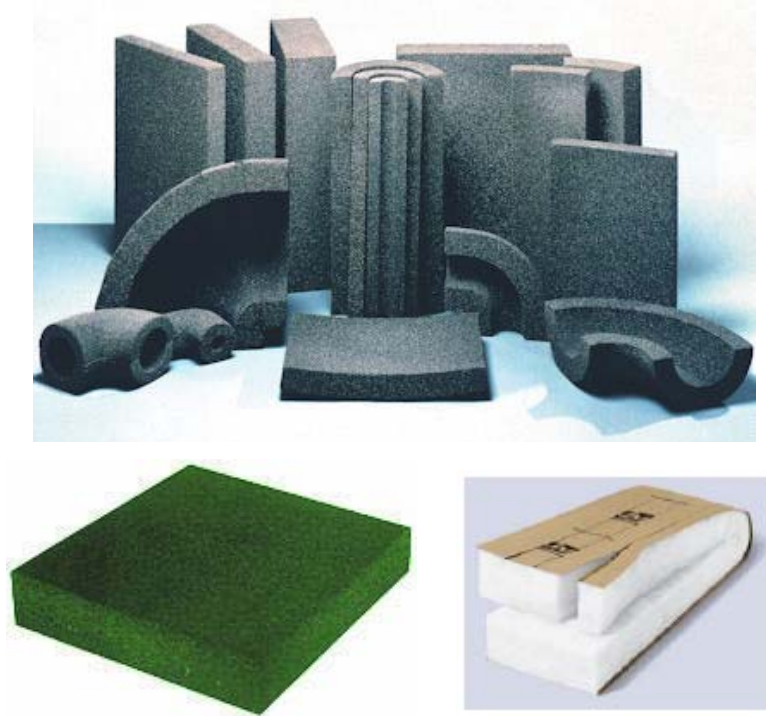
### 2.3.5 Mineral Köpükler

Mineral köpük ısı yalıtım malzemeleri arasında cam köpüğü ve gazbeton izolasyon plakları bulunmaktadır.

#### 2.3.5.4 Cam Köpüğü

Cam köpüğü levhaları çok sert, basınca çok dayanıklı, kolay kırılabilen, sürtünmeye dayanıksız, yüzeyi sürtünmeyle kolay tozlaşabilir, buharı hiç geçirmeyen ( $\mu = \infty$ ) yegâne yalıtım malzemesidir. Kapalı gözenekli olan cam köpüğü su almaz, sadece yüzeydeki girintilere su dolabilir, higroskopik ve kapiler değildir. Ancak devamlı olarak suya maruz kalması halinde malzemeyi az miktarda korozyona uğratar (hidroliz olayı). Çürümez, küflenmez ve haşarat barındırmaz. Malzemenin gözenek yapısı %93–94 dolayındadır. Levhalar küçük boyutlu olabildiği gibi büyük panolar şeklinde de üretilebilmektedir. Levhalara çeşitli yardımcı malzemeler

kaplanarak (Alüminyum folyo, cam, alçı karton levha vs.) kullanılabilir (Onaylı, 2002).



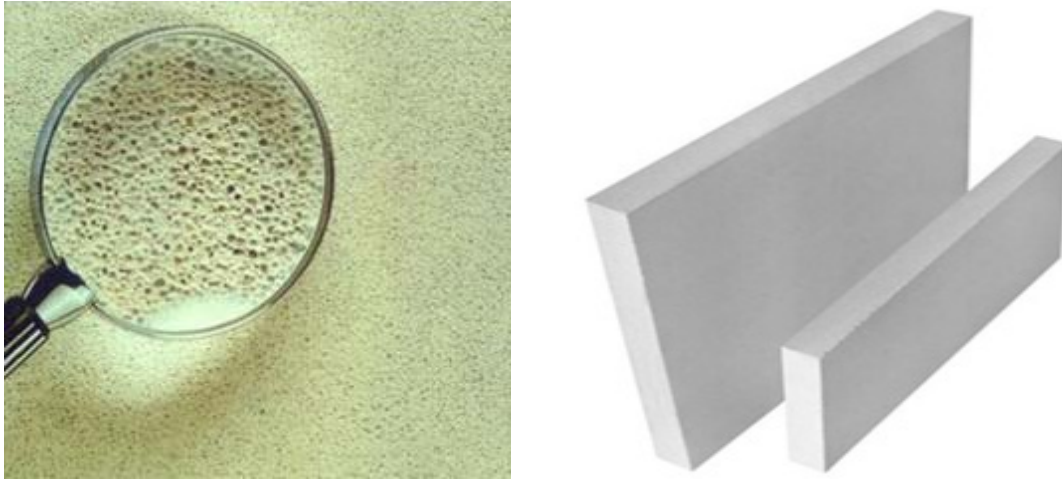
Şekil 2.14 Cam Köpüğü malzeme formları.

500°C'ye kadar kullanılabilen cam köpüğü, 20°C'de 0,052 W/m<sup>2</sup>K'lık ısı iletkenlik değerine ve 120–150 kg/m<sup>3</sup>'lük bir yoğunluğa sahiptir. Kimyasal etkilere dayanıklıdır, yanmaz, çürümez, küflenmez, haşarat barındırmaz ve hücreli yapıdadır. Piyasada kabuk, levha, pano, blok veya kesilmiş parça olarak bulunabilirler (Bkz Şekil 2.14) (Evcil, 2000).

### 2.3.5.2 Gazbeton

Gözenekli hafif bir yapı malzemesidir. Hacim olarak %70–80 gözeneklerden oluşur. Gözenekler küçük, yuvarlak, homojen dağılımlıdır (www.akg-gazbeton.com, b.t). Gazbeton, beton veya geleneksel kâgir malzemelere oranla çok hafif, buna ek olarak, içindeki hava kabarcıkları nedeniyle yüksek ısı yalıtım özelliğine sahip, bir tür hafif beton olarak yapı sektöründe aranan bir malzemedir. Yapısındaki hava kabarcıkları dolayısıyla bu malzemeye gazbeton adı verilmiştir (Bkz. Şekil 2.15). İngilizce adı "Autoclaved Aerated Concrete - AAC", Almanca adı "Porenbeton" dur.

Gazbeton malzemeler bünyesindeki gözenekleri ve nedeniyle yapı sahibine yüksek ısı yalıtımı, kolay işlenebilirlik, iş gücü verimliliği ve deprem emniyeti sağlar (Türkiye Gazbeton Üreticileri Birliği (TGÜB), 2004).



Şekil 2.15 Gazbeton gözenekli bir yapıdır. Yalıtım (izolasyon) panelleri olarak da kullanılırlar (www.akg-gazbeton.com, b.t).

Yoğunluğu düşük masif bir malzemedir. Kuru birim hacim ağırlığı  $400-800 \text{ kg/m}^3$  arasında değişen en hafif duvar malzemesidir. Gazbeton, mevcut duvar malzemeleri içinde ısı yalıtım gücü en yüksek olanıdır. Bina duvarlarında tam anlamıyla ısı yalıtımı sağlamanın pratik ve ekonomik çözümü Gazbeton kullanmaktır. Tuğla, taş, briket gibi malzemelerle yapılmış duvarlar ancak ilave maddeler ve ek masraflarla gazbetonun tek başına sağladığı üstün yalıtım gücüne ulaşabilirler. Gazbeton duvarlarda, küçük boyutlu malzemelerle örülmüş duvarlara oranla ısı köprüleri çok daha azdır. DIN 4102 normuna göre birinci derecede yanmaz bir malzemedir. Böylece  $1200 \text{ }^\circ\text{C}$ 'ye ulaşan sıcaklığa dayanır. Bu özelliğiyle yapılarda yangın güvenliği sağlayan akılcı ve güvenilir bir malzemedir. Ayrıca kötü çevre koşullarından etkilenmez. Bu nedenle uzun ömürlüdür (www.akg-gazbeton.com, b.t).

### **2.3.6 Sentetik Köpükler**

Bu grupta Fenol (PF) Köpükler, Poliüretan (PU) Köpükler, Polivinil Klorür (PVC) Köpükler ve Polistiren (PS) Köpükler yer almaktadır.

### 2.3.6.1 Fenol Köpükler (PF)

Fenol-formaldehit bakalitine anorganik şişirici ve sertleştirici maddelerin katılması ile 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.

Düşük yoğunluklu tipleri, 10°C’de 0,018–0,022 W/m<sup>2</sup>K ve 100°C’de 0,027–0,031 W/m<sup>2</sup>K’lik ısı iletkenlik değerine; yüksek yoğunluklu tipleri ise, 20°C’de 0,024–0,029 W/m<sup>2</sup>K ve 50°C’de 0,027–0,032 W/m<sup>2</sup>K’lik ısı iletkenlik değerine sahip olan fenol köpükler açık gözenekli yapıları sebebi ile su, hava ve buhara karşı yalıtımları düşüktür.

Buhar difüzyon direnç katsayıları “ $\mu=10-50$ ” (TS 825, 2008) değerinde olan bu köpükler, kolay su alabilen, kapiler özellikte, kırılğan ve düşük mekanik dayanımlıdır. Buna rağmen, 100°C’de kullanılabilen, yanıcı ve yakıcı gaz çıkarmayan, ayrışırken erimeyen, alev iletmeyen özelliktedir. Küflenmeyen, haşarat barındırmayan, potasyum ve yoğun asitler dışındaki kimyasallara karşı dayanıklı olan yalıtımlardır (Evcil, 2000).

### 2.3.6.2 Poliüretan (PU) Köpükler

Poliüretan köpükler ya da poliüretan esaslı ürünler iki ana malzeme ile bunları kimyasal reaksiyona sokan katalistler ve kabarmalarını (köpürme) sağlayan ajanlardan oluşur.

I. Bileşen (Component A) : Poliöl Sistem

II. Bileşen (Component B) : İzosiyanat

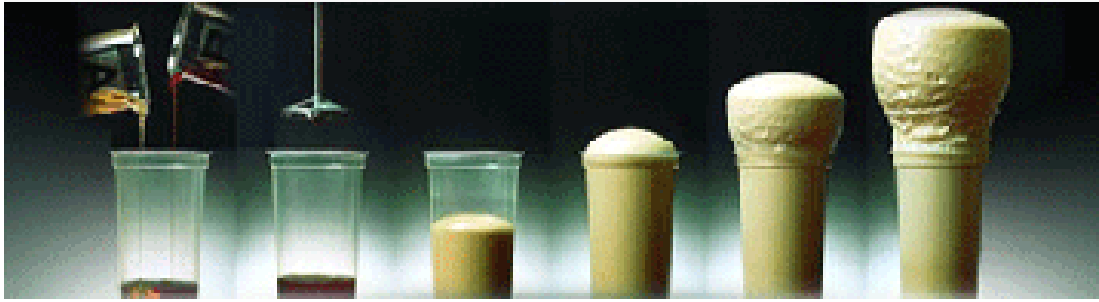
Poliöl Sistem: Polieter veya poliester bazlı poliollerle, bunların içerisine uygun oranlarda konulan katalist, silikon, renklendirici, kabartıcı ajan ve diğer kimyasalların oluşturduğu bir karışımdır. Bu karışımlar bünyelerinde serbest hidroksil (OH) taşırlar.

İzosiyanat : Poliöl sistemle karıştırıldığında onunla ekzotermik reaksiyona giren ve bünyesinde serbest NCO taşıyan kimyasallardır. İzosiyanatlar taşıdıkları NCO yüzdesine (sayısına) göre tanınır ve adlandırılırlar (www.izotem.com, b.t ). Bahsi geçen poliüretan malzemenin oluşum aşamaları Şekil 2.16'da gösterilmiştir.



Şekil 2.16 I (A) ve II (B) bileşenleriyle üretilen PU Köpük.

İkinci Dünya Savaşı'ndan önce A.B.D. naylonun gelişmesi ile ilgilenirken Almanya'da BAYER firması, köpüklü plastikler üzerine çalıştı. Hafif olmaları nedeniyle İkinci Dünya Savaşı'nda uçak kanatlarının kuvvetlendirilmesinde kompozit bir malzeme olarak kullanıldı. 1950'den sonra buzdolabı fabrikalarında ve soğuk hava depolarında köpüklü plastiklerin kullanımı büyük gelişme gösterdi. Poliüretanın yapısında karbondioksit bulunduğundan, imalatı sırasında kabarcıklar oluşur. Köpüklenmeye sebep bu kabarcıklar olup, malzemeye yalıtım özelliği kazandırır. Uygulamada genellikle profil tabaka veya boru kesitli olarak yapılmaktadır. Malzeme yalıtılacak olan yere püskürtülerek yalıtım sağlanır. Kullanılacağı son ana kadar ham maddeleri bir araya getirmemek gerekir. Maddeler karıştırıldığı anda köpüklenme reaksiyonu başlar ve birkaç dakikada sert ve hafif köpüklü plastik yalıtım elde edilir (Bkz. Şekil 2.17). Bu işi yapan makinaların pompalama kapasitesi yüksek olmalıdır. Ayrıca bu makinaları kullanan operatörlerin çok deneyimli olması gerekir. Zehirlenmelere karşı yüz maskesi kullanılır (Altınışık, 2006).



Şekil 2.17 Poliüretan köpüğün oluşum aşamaları.

Genleşmiş PU köpükler, karışık gözenekli (kapalı gözenekli gevrek, açık gözenekli yumuşak elastik) olan, 30–150 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğa sahiptir (Evcil, 2000). Genellikle levha halinde bulunmakla beraber, püskürtme yöntemiyle de uygulanabilir. Poliüretan sert köpük levhalar için ısıl iletkenlik değeri 0,023 W/m<sup>2</sup>K olarak alınabilir. Kısa aralıklarda kullanım sıcaklıkları -180°C ile +200°C, devamlı kullanım sıcaklıkları -110°C ile +120°C arasında değişir (Altınışık, 2006).

### 2.3.6.3 Polivinil Klorür (PVC) Köpükler

Polietilen zincirinde her iki karbon atomundan birine klor bağlanması ile oluşan polimerin köpürtülmüş şekli olup, sert, yarı sert ve yumuşak olarak üretilebilmekte ve gözenekli yapısı elde edilmiş şekline göre değişiklik göstermektedir. Yüksek basınçlı halde kapalı, düşük basınçlı halde karışık veya açık, basınçsız halde ise açık gözenekli olarak meydana gelirler. Kapalı gözenekli tipleri hava ve suya karşı geçirimsiz, buharla karşı az geçirgendirler. 20°C’de 0,042 W/m<sup>2</sup>K’lık ısı iletkenlik değerine, 40–80 arasında buhar difüzyon direnç katsayısına ve 30–300 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğa sahip olup, 30°C’ye kadar kullanılabilirler (Farklı sıcaklık ve yoğunluktaki  $\lambda$  değerleri için bkz. Tablo 2.8). Sert levhaları kırılabilir, yumuşak olanlar ise elastik özelliktedirler (malzeme formlarına ait görseller Şekil 2.18’de verilmiştir.). Haşere barındırmazlar ve çürümeye karşı dayanıklıdır. Kimyasallara karşı dayanımları çok iyi değildir (Evcil, 2000).

Tablo 2.8. PVC'nin Sıcaklığa Bağlı Isıl İletkenlik Değerleri (Akıncı, 2007).

Ortalama Sıcaklık (°C)	Isıl İletkenlik Katsayıları (W/m°K)
0	0,057
100	0,065
200	0,073
300	0,085
350	0,092



Şekil 2.18 PVC Köpük örnekleri.

#### 2.3.6.4 Polistiren (PS) Köpükler

Üretim metoduna göre iki şekilde olabilmektedirler. Şişirme metodu ile üretilene genişletilmiş (expanded) polistiren (EPS), extrude metodu ile üretilene de extruded polistiren (XPS) adı verilmektedir. Şişirme metodunda, malzeme önce blok olarak şişirilmekte, sonra levhalar kesilmektedir. Extrude metotta ise banttan sürekli olarak malzeme alınmaktadır. Genleşmiş polistiren (styropor), polietilen zincirine iki karbonda bir, bir hidrojen yerine benzen eklenmiş polimerin köpürtülmesi ile elde edilmektedir. Kalitesi yoğunluğuna bağlı olup, yoğunluk arttıkça basınç dayanımında, buhara karşı olan direncinde ve fiyatlarında artışlar görülmektedir (Evcil, 2000). “Kapalı gözenekli bir malzeme olduğu için akustik düzenlemede kullanılmaz” (Altınışık, 2006).

Diğer ülkelerde başlangıcından itibaren inşaatlarda da kullanılan EPS, Türkiye’de ancak 1986’dan sonra inşaatlara girebilmiştir. Bugün diğer ülkelerde olsun,

Türkiye’de olsun inşaatlarda en çok kullanılan yalıtım malzemelerinin öncülerindedir. Bunun nedeni, her türlü ısı yalıtım malzemesinin en ucuzu oluşu ve sahip olduğu teknik özelliklerdir (Akıncı, 2007).

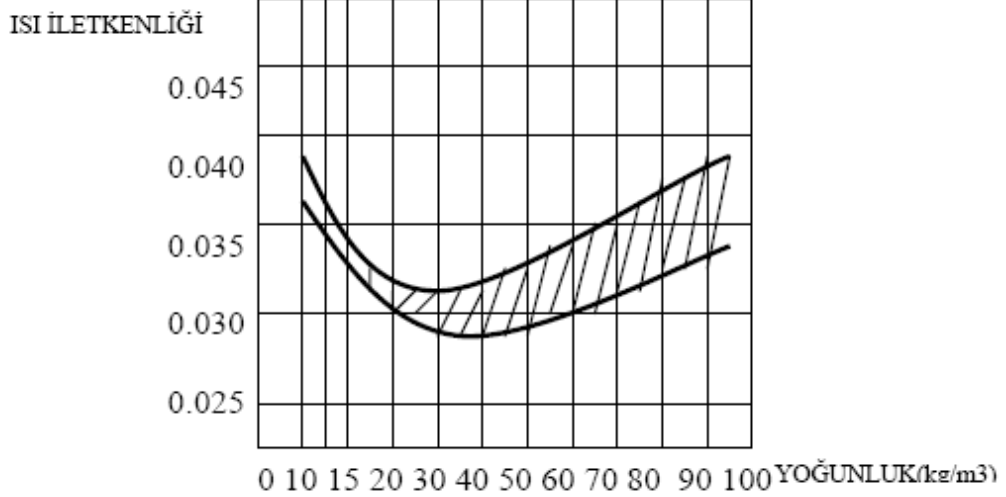
EPS Köpükler, Polistiren hammaddesinin, su buharı ile teması sonucu, hammadde granüllerinin içinde bulunan pentan gazının granülleri şişirmesi ve birbirlerine yapıştırması sonucu meydana gelmektedir. Kullanım yeri ve amacına göre farklı boyut ve teknik özelliklerde değişik kenar ve yüzey şekillerinde levha ve kalıp olarak üretilmektedir (Bkz. Şekil 2.19). Isı yalıtımı ve ambalaj maksadıyla kullanılmaktadır. Isı iletkenlik beyan değeri  $\lambda \leq 0,040 \text{ W/m}^\circ\text{K}$ ’dir (Ayrıca bkz. Grafik 2.1). Su buharı difüzyon direnç faktörü  $\mu=20-100$ ’dür. Kullanım sıcaklığı  $-50^\circ\text{C} - +75^\circ\text{C}$  aralığındadır. Kapiler emiciliği yoktur. Asit ve baz kimyasallara dirençli olmasına karşın, baca gazları, metan grubu gazları, benzin grubu, eter, ester ve amin grubu kimyasallara karşı hassastır. Alman Normu olan DIN 4102’ye göre “zor alevlenici malzemeler” olan B1 ve “normal alevlenici malzemeler” olan B2 sınıfında, TS EN 13501-1’e göre E ve F sınıfındadır (İzocam, Ekspande Polistiren, 2008). Kolayca yanıp alev alabilmelerine karşılık özel maddeler karıştırılarak zor yanan tipleri de geliştirilmiştir. Bu özellikleri yoksa binalarda iç yalıtım malzemesi olarak kullanılacakları durumlarda yangına karşı dirençli bir kaplama gerektirirler (Evcil, 2000).



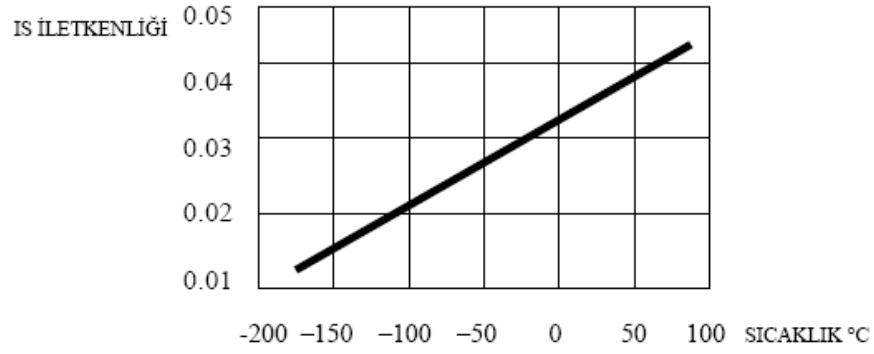
Şekil 2.19 EPS içeriğindeki köpük taneleri ve EPS levha örnekleri.

EPS 'nin başlıca tercih edilme nedenleri şunlardır;

- Yüksek ısı yalıtımı sağlar.
- En ekonomik yalıtım malzemesidir.
- Üstün teknik özelliklere sahiptir.
- Basınca çok dayanıklıdır. Yoğunluk arttıkça basınç dayanımı artar.
- Kapalı gözenekli olduğu için pratik olarak ıslanmaz, yalıtımı sürekli yapar.
- Kapiler ve higroskopik değildir.
- Kalınlığı zamanla incelmez, sabit kalır.
- Çevre dostu bir malzemedir. İçinde ozon tabakasına zarar verici CFC (kloroflorokarbon) yoktur. Geri dönüşümlü (Recycle) bir malzeme olup, üretim sonrası çevreyi kirletecek atık çıkarmaz.
- Sonsuz ömürlüdür. Bina durdukça yalıtım görevine devam eder.
- Çok hafiftir, kolay taşınır, kolay uygulanır.
- Buhar geçirimsizliği yüksektir. Yoğunluk arttıkça buhar geçirimsizliği de artar (Akıncı, 2007).



Şekil 2.20 EPS'nin 10° C deney sıcaklığında, yoğunluğa bağlı olarak ısı iletkenliği (Onaylı, 2002).



Şekil 2.21. EPS'nin sıcaklığa bağlı olarak ısı iletkenliği (Onaylı, 2002).

XPS, Polistiren hammaddesinden ekstrüzyon yolu ile üretilmektedir. Kullanım yeri ve amacına göre farklı boyut ve basma mukavemetinde, değişik kenar ve yüzey şekillerinde levha olarak üretilebilmektedir (Bkz. Şekil 2.22). Isı yalıtımı maksadıyla kullanılmaktadır. Isı iletkenlik beyan değeri  $\lambda \leq 0.035$  W/mK'dir (yoğunluğa bağlı değişim için Bkz. Tablo 2.9). Su buharı difüzyon direnç faktörü  $\mu = 90-100$ 'dür. *Su buharı difüzyon direnç katsayısı yoğunluğa göre değişmektedir. En düşük yoğunluk 25 kg/m<sup>3</sup> için  $\mu = 80-150$ ; en yüksek yoğunluk 45 kg/m<sup>3</sup> için  $\mu = 150-220$  arasında olmaktadır* (Akıncı, 2007). Kullanım sıcaklığı  $-50^{\circ}\text{C}/+75^{\circ}\text{C}$  aralığındadır. %100 kapalı gözenekli homojen hücre yapısına sahip olup bünyesine su almamaktadır. Kapiler emiciliği yoktur. Basma dayanımı çok yüksektir. Alman Normu olan DIN 4102'ye göre "zor alevlenici malzemeler" olan B1 sınıfında, TS EN 13501-1'e göre E sınıfındadır (İzocam, Ekstrüde Polistiren, 2008). Alerji yapmamakta ve en ekonomik ısı yalıtım malzemesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Güneşin ultraviyole ışınlarından ve tiner gibi çeşitli solventlerden korunmalıdır, aksinde deformasyona uğrayabilirler (Evcil, 2000).



Şekil 2.22 XPS levhalar.

Tablo 2.9. XPS 'lerin Yoğunluğa Bağlı Olarak Isıl İletkenlik Katsayıları (Onaylı, 2002).

Ortalama Sıcaklık (°C)	Yoğunluğa Göre Isıl İletkenlik Katsayıları (W/Mk)			
	28 kg/m <sup>3</sup>	32 kg/m <sup>3</sup>	38 kg/m <sup>3</sup>	45 kg/m <sup>3</sup>
10	0,025	0,026	0,027	0,028

EPS ve XPS malzemelerin birbiriyle kıyaslandığı bir tablo aşağıda yer almaktadır (Tablo 2.10). Bu tablodan da anlaşılacağı gibi XPS birçok açıdan üstün özelliklere sahip olmasına karşın EPS'nin ucuzluğu (tabloda maliyet karşılaştırması yoktur) tercih edilmesinde büyük rol oynamaktadır.

Tablo 2.10. EPS ve XPS'in Karşılaştırılması (Akıncı, 2007).

TEKNİK ÖZELLİK	İlgili Standart	Birim	EPS		XPS	
Yoğunluk	DIN53420	Kg/m <sup>3</sup>	25	32	25	32
Isıl iletkenlik	DIN 4108	W/mK	Lab:0,034	Lab:0,034	Lab:0,028	Lab:0,027
	DIN 52612		Hes:0,040	Hes:0,040	Hes:0,032	Hes:0,032
	TS 7316	Kcal/mhC	Lab:0,029	Lab:0,027	Lab:0,024	Lab:0,023
	TS 825		Hes:0,034	Hes:0,034	Hes:0,027	Hes:0,027
Basınç Dayanımı %10 deformasyonda	DIN 53121	N/mm <sup>2</sup> kg/cm <sup>2</sup>	ortalama 0,14 – 1,4	ortalama 0,22 - 2,2	0,15 - 1,5	0,3 - 3
Basınç Dayanımı <%2 deformasyonda devamlı basınç altında		N/mm <sup>2</sup> kg/cm <sup>2</sup>	ortalama 0,028 - 0,28	ortalama 0,049 0,49	0,06 - 0,6	0,11 - 1,1
Su alma durumu (1 yıl süre ile suya daldırılmış örnekte)	DIN 53428	hacim %si	4	3,5	0,1	0,1
Buhar difüzyon direnç katsayısı (kalınlığa göre değişir)	DIN 52615		30/70	40/100	80/150	100/200
Yanıcılık	DIN 4102	B1 zor alev alır. B2 normal alev alır.	B2 ve B1	B2 ve B1	B1	B1

### 2.3.7 Daneli Yapıda Olanlar

Bu grupta dış duvarda kaplama olarak kullanılabilmesi sebebi ile kalsiyum silikat levhalar ile vermikülit incelenecektir.

#### 2.3.7.1 Kalsiyum Silikatlı Levhalar

Kalsiyum silikat kimyasal bir bileşimdir. Kalsiyum silikat yalıtım malzemeleri bir otoklavda, kimyasal bağlayıcıların etkisi ile şekillendirilmeleri sonucunda blok, tabaka ve kullanım amacına göre biçimlendirilmiş parçalar halinde üretilir (Bkz Şekil 2.23). Aynı zamanda su ilavesiyle sertleşen toz halinde de bulunmaktadır. 1100 °C'ye kadar dayanan türleri mevcut olduğundan genellikle yüksek sıcaklık yalıtımlarında kullanılır. Hammadde mineral esastır. Malzeme yüksek sıcaklıklara ve kötü hava şartlarına dayanıklıdır. Ancak kolay kırılabilir. Bu özelliklerinin yanı sıra kalsiyum silikat malzemeler yangın yalıtımı için de elverişli malzemelerdir. Sıcaklığa bağlı olarak 24 saatin ardından rötre (büzülme) durumları aşağıdaki gibidir:

- 500 °C'de % 0,3
- 750 °C'de % 1,0
- 900 °C'de % 1,7
- 982 °C'de % 2

Yoğunlukları 190–200 kg / m<sup>3</sup> arasında değişmekte olup 20 °C'de ısı iletkenliği 0,049 W / m<sup>2</sup>K olurken, 500 °C'de ısı iletkenliği 0,100 W / m<sup>2</sup>K olmaktadır. Kalsiyum silikat malzemelerin basınç dayanımı çok (yaklaşık 8–10 kg/m<sup>2</sup>) yüksektir (Akıncı, 2007).



Şekil 2.23 Kalsiyum Silikatlı Levhalar (Akıncı, 2007).

#### 2.3.7.2 Vermikülit

Vermikülit de denilen genişmiş mika, karmaşık yapılı, 0–15 mm tane çaplı doğal bir malzeme olup, yanmaz, çürümez, ancak nem alabilen özelliktedir. Bir bağlayıcı ya da çimento harcına katılarak ısı tutuculu sıva veya şap halinde uygulanabilmektedir. 1370°C’de eriyen vermikülit 0,044–0,047 W/m°K değerinde ısı iletkenlik katsayısına ve 50–130 kg/m<sup>3</sup>’lük yoğunluğa sahip olabilir.

Vermikülit kokusuz, aşındırıcı etkiye sahip olmayan, alerji yapmaz özellikte olmasına ve düzensiz boşluklara kolayca dökülebilmesine rağmen, genellikle ısıya karşı yüksek direnç istenilen durumlarda tercih edilmeyen ve nem emdikten sonra oldukça yavaş kuruyan bir malzemedir (Evcil, 2000). Şekil 2.24’de vermikülit madenine ait resimleri görmekteyiz.



Şekil 2.24 Vermikülit madeni.

Davis'in (1993) yaptığı çalışmalar vermiculitin sağlığa olumsuz bir etkisi olmadığını ortaya koymuştur. Ancak, zaman zaman vermiculit ile birlikte bulunabilen tremolit-aktinolit asbestiforma sahip ise bunlar sağlığa zararlı olabilmektedir.

Vermiculit ile aynı amaçla kullanılabilen fakat asbestiform gibi kanserojen yan etkileri olan mineraller yerine, sağlığa olumsuz hiçbir etkisi olmayan vermiculiti kullanmak daha doğru olacaktır. Bununla beraber, endüstride perlit ile aynı işi gören vermiculit sağlık yönünden perlitin daha avantajlıdır. Çünkü perlitin toz oranı vermiculite göre çok daha fazladır (Toksoy, 1997).

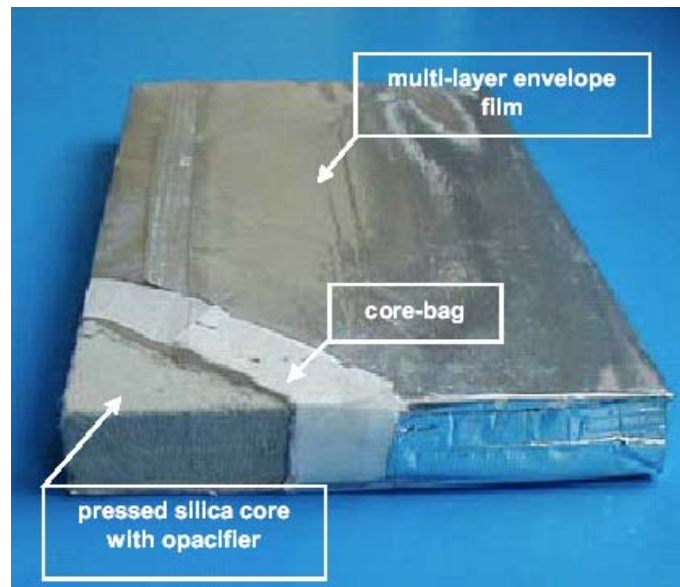
### 2.3.8 Vakum Yalıtım Panelleri

Vakum Yalıtım Panellerinin üretimi çok kesin bir şekilde, yalıtım malzemesi içerisinde bulunan gaz basıncının azaltılması ile yalıtım malzemesinin termal direncinin artırılması fizikine dayanır. Buna bağlı olarak Vakum Yalıtım Panelleri sızdırmazlık sağlayan gaz bariyeri ve açık gözenekli dolgu malzemesi ile yapılmaktadır ve üç temel bileşene sahiptir (Bkz. Şekil 2.25 Şekil 2.26).

- Dolgu malzemesi mekanik mukavemeti sağlamaktadır ve hava yolu ile iletimi azaltmak sureti ile içerisinde hava/gaz dolaşımını engelleyerek ısısal direnç oluşturmaktadır. İdeal dolgu malzemeleri açık hücreli yapıya, çok küçük

gözenek çapına, atmosfer basıncından kaynaklanan sıkıştırma direncine ve kızılötesi radyasyona karşı yüksek dirence sahip olmalıdır (Bkz. Şekil 2.27).

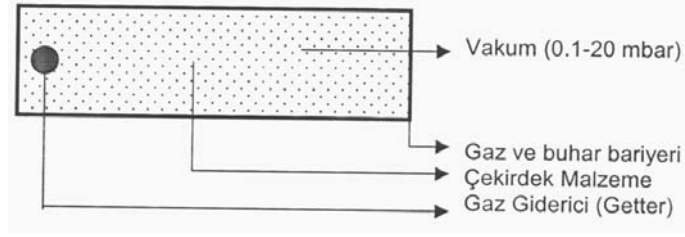
- Gaz bariyeri/ zarf malzemesi dolgu malzemesi için havaya ve buhara karşı sağlam bir koruma sağlar. VYP'lerin uzun süreli performansları büyük çapta gaz bariyerine veya zarf malzemesinin performansına bağlıdır. Nem tutucu malzemeler VYP içerisindeki arda kalan nemi veya içeride bulunan atmosferik gazları absorbe etmesi için dolgu malzemelerine eklenir. Nem tutucu malzemenin eklenmesi, VYP'lerin ömrünü ve performansını artırır (Mukhopadhyaya, P., çev., 2006).



Şekil 2.25 Vakum Yalıtım Panellerinin katmanları (Öz ve Deniz, 2006).

Vakumlu izolasyon panelleri, gözenekli yapıdaki bir iç dolgu malzemesinin, iç dolgu malzemesi karakterine bağlı olarak gaz giderici malzemesi kullanılarak ya da tek başına bir zarfın içine konularak vakumlanması ve sızdırmazlığı sağlanarak atmosfere kapatılması ile oluşturulur. Örneğin üretiminden hemen sonra fumed silika kullanılmış Vakumlu Yalıtım Panellerinde ısı iletim katsayısı 0.004 W/m-K olarak belirlenmiştir. Alışlagelmiş malzemelerde, genel olarak, yalıtımı sağlayan havadır. Dolayısıyla, yalıtım malzemesinin performansı, havanın ısı iletim katsayısı olan 0,025 W/m-K değeri ile sınırlıdır. Yalıtım malzemesi içindeki hava boşaltıldığı takdirde, teorik olarak ürünün ısı yalıtım özelliğinin iyileştirilmesi de mümkündür. Bu noktadan hareketle vakumlu yalıtım panelleri geliştirilmiştir (Öz ve Deniz, 2006).

Havanın boşaltılması sonucu vakum panellerde  $5 \text{ mW/m}^2\text{K}$  değerinin altında ısı iletim katsayılarına ulaşılabilmektedir (Özkan, 2005).



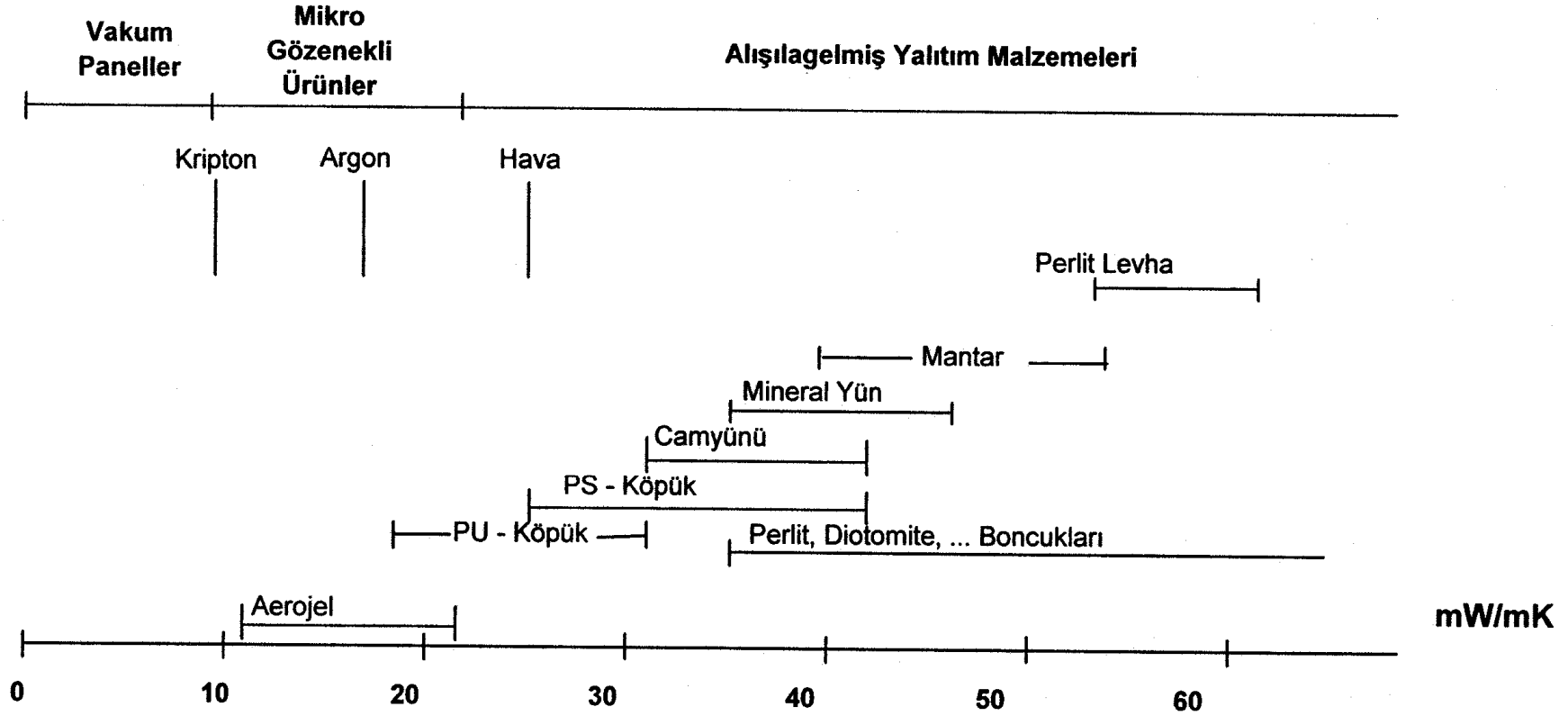
Şekil 2.26 Vakum Yalıtım Panellerinin katmanlaşması (Özkan, 2005).



Şekil 2.27 Vakum yalıtım panellerinde farklı dolgu malzemeleri kullanılabilmektedir (Öz ve Deniz, 2006).

Vakum paneller ile ilgili olarak, üretimde yaşanan zorluklar, yüksek maliyetler ve uygulamadaki problemlerin aşılmasına yönelik çalışmalar devam etmektedir. Bugüne kadar yaşanan problemleri, diğer bir deyişle gelişmeye açık alanları aşağıdaki şekilde özetleyebiliriz.

- Vakumlama prosesi bazı çekirdek malzemeler için zordur.
- Maliyet ve fiyat alışlagelmiş yalıtım malzemelerine göre yüksektir.
- Kırılgan oluşu en önemli dezavantajıdır.
- Ürünün 50 yıl ve üzerinde ömrü olduğu iddia edilmekte, ancak, tereddütler bulunmaktadır.
- Uygulama açısından tüm detaylar çözülmüş değildir (Özkan, 2005).



Şekil 2.28 Vakum paneller, mikro gözenekli ürünler ve alışlagelmiş yalıtım malzemeleri arasında ısı iletkenlik karşılaştırması (Özkan, 2005).

## **BÖLÜM ÜÇ**

### **DIŞ DUVARLARDA ISI YALITIMI UYGULAMALARI**

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

Duvarlarda ısı yalıtımı temel prensipleri ise şunlardır;

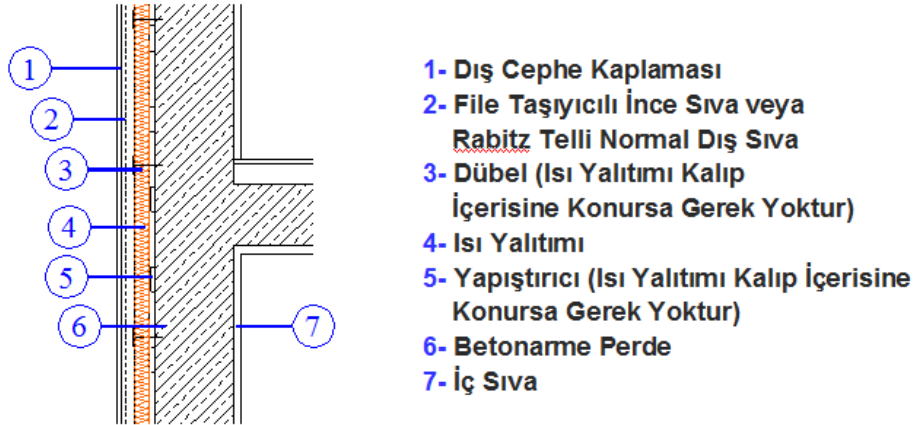
- Duvarlarda dışarıdan ısı yalıtım tercih edilmelidir. Böylece hem kagir duvar malzemesinin ısı depolama kapasitesinden yararlanılır hem de ağır kütleli yüksek sıcaklıkta kalması nedeniyle duvar iç yüzeyi ile birlikte duvar kesiti içinde de yoğuşma riski azalır.
- Kısa sürede ısıtmanın söz konusu olduğu yerlerde içten yalıtım tercih edilmelidir.
- Isı yalıtım malzemesi sudan etkilenmeyecek şekilde kapalı gözenekli ve yeterli basınç dayanımlı olmalıdır.
- Isıtılmayan bodrumların dış duvarlarında ısı yalıtım malzemesi, zeminden itibaren yer altı don seviyesi kadar, ısıtılan bodrumlarda ise temele kadar indirilir.
- Bodrum iç duvarlarında su yalıtımı var ise, ısı yalıtımı bunun üzerine konur. Isı yalıtım malzemesinin dış basınca karşı 1/2 tuğla kalınlıkta bir duvar veya özel koruma levhalarıyla korunmalıdır.

- Isı yalıtım malzemesinin cepheye kaplanması, cepheye dikine istikamette aralıklı tutturulmuş latalar arasına da yapılabilir. Lata aralıkları yalıtım malzemesi genişliği ile uyumlu olmalıdır. Lataların duvara tutturulmaları, duvara daha önce çimento harcı ile özel yerleştirilmiş takozlarla olabileceği gibi B.A. elemanlara dübel ile de yapılabilir.
- Dış duvarda ısı yalıtım değeri yüksek olan bloklarla duvar örülüp üzerine sıva yapıldığında, döşeme alını ile kolon ve kiriş yüzeyleri ısı köprüsü oluşturacaktır. Bu bakımdan söz konusu yüzeylerin yalıtılması gerekir. Yapılacak yalıtımın duvarla aynı hizaya gelmesi için de duvar yalıtım kalınlığı kadar dışarıya çıkarılır. Bu çıkmadan dolayı duvarda stabilite sorunu olmaması için duvar kalınlığı çıkma miktarı kadar artırılır.
- Isı yalıtım malzemesi ve kâgir malzemenin duvar cephesinde birlikte kullanılmasından dolayı sıva sorunları çıkacaktır. Bunu bertaraf etmek için yalıtım yüzeyleri rabbitel veya sıva filesi ile kaplanıp üzerine özel çimento esaslı sıva yapılmalıdır.
- Duvar yüzeyinde ıslanma ve yoğuşmanın olduğu nemli iklim bölgelerinde ve özellikle kuzeye bakan cephelerde havalandırmalı duvar yapılmalıdır. Isı yalıtım malzemesinin kalınlığının hesaplanmasında hava tabakası da göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca, iç mekândaki su buharı da hava tabakası yoluyla dışarı atılır. Hava sirkülasyonunun sağlanması için tuğla örgüde döşeme ve tavan hizasında bazı düşey derzler boş bırakılır ( Ekinci, 2003).

Duvarlarda ısı yalıtım uygulamaları üç şekilde olmaktadır. Bunlar, dıştan, ortadan ve içten ısı yalıtımıdır. Bu bölümde dış duvarlarda ısı yalıtım uygulamaları kısaca açıklanmaya çalışılmıştır.

### 3.1 Dış Yüzeyden Yalıtım Uygulaması

Isı yalıtımı, binayı çevreleyen kabuk yani dış duvarın dış yüzeyine uygulanır. Bina dış kabuğunu ısıl gerilimlerden koruyarak bina ömrünü uzatır ve ısıtma sistemi kapatıldıktan sonra özellikle konutlarda konfor şartlarının devamını sağlar ( Ekinci, 2003).



Şekil 3.1. Duvarlarda dış yüzeyden yalıtım uygulaması detayı (Yüzügür, 2007).

Dış duvarların yalıtımında duvar yüzeyleriyle birlikte kolon, kiriş, lento, hatıl ve perde duvar gibi yapı elemanlarını da yalıtım yapmak gerekir. Bu elemanların yalıtılmasıyla, ısı köprüleri ortadan kalkar ve yapı elemanları atmosferik şartlara karşı korunur (Altınışik, 2006). Şekil 3.1’de uygulamaya ait detay ve Şekil 3.2’de dış yüzeyden yalıtım uygulaması yer almaktadır.

İnce sıvalı ve kalın sıvalı dış cephe ısı yalıtım sistemlerinde dikkat edilmesi gereken hususlar;

- Dışarıdan yapılacak ısı yalıtımı uygulamalarında, ısı yalıtım levhalarının yapıştırılacağı yüzeyler kir, toz, yağ, kabarmış boya, kalkmış sıva gibi tutunmada/yapışmada uygunsuzluk yaratacak zararlı etkenlerden arındırılmış ve yapıştırıcı ile yapışmayı sağlayacak pürüzlülüğe sahip olmalıdır. Eski akrilik esaslı malzeme ile kaplı yüzeylerde çimento esaslı yapıştırıcı ile iyi bir yapışma sağlamak için eski yüzey kazınmalı veya yeni akrilik yüzeylere tutunma sağlayabilecek akrilik esaslı ısı yalıtım plakası yapıştırıcısı kullanılmalıdır.

- Binalarda enerji tasarrufu elde etmek ve binanın özellikle duvar/çatı/zemin ve taşıyıcı sisteminde yoğuşmanın kontrol altına alınması için A1, A2 veya B1 yangınlık sınıfına uygun ısı yalıtım levhalarının bir sistem bileşeni olarak, sisteme tariflenmiş uygun malzemeler ile (Isı yalıtım levhası, yapıştırıcısı, sıvası, alkali dayanımlı sıva filesi, çeşitli profiller, gerekli ise uygun mekanik sabitleştiriciler ve boya, kaplama malzemeleri ile birlikte) binaların dış cephelerinde gerçekleştirilen yalıtım uygulamalarıdır.
- Yüksek yapılarda; sistem üreticisinin tavsiyesi doğrultusunda genişleme derzleri oluşturulabilir. Polimer katkılı elastik özellikli veya fiber katkılı sıva kullanılmalıdır. Dış cephede tekstür oluşturacak ve solvent içermeyen dekoratif son kat kaplama ile uygulama bitirilir.
- Yalıtım levhaları binili yada düz kenarlı olabilir. Her iki durumda da uygulama esnasında ısı yalıtım levhalarının arasında boşluk kalmamasına, oluşacak boşlukların yalıtım levhasına uygun dolgu köpükleri veya aynı yalıtım levhasından kesilerek elde edilecek uygun kalınlıktaki kamalarla doldurulması gereklidir. Bu şekilde olası kılcal çatlakların ve ısı köprüsü oluşumunun önlenmesi mümkündür.
- İklim şartları göz önüne alınarak, gerekirse dış cephe muhafaza edilerek uygulama yapılmalıdır. Isı yalıtımı yapılması sonrasında sağlıklı sonuçlar alınması için, yapı kabuğunun tamamen kurumuş olmasına dikkat edilmesi gerekir.
- Sıcaklığın yüksek olduğu bölgelerde son kat kaplamanın rengi, duvar kesitindeki sıcaklık dağılımını etkiler. Son kat dekoratif kaplamanın rengi, ısı yalıtım malzemesinin bozulmasına müsaade etmeyecek şekilde, üreticilere danışılarak tespit edilmeli, açık renkler tercih edilmelidir.
- Mineral esaslı malzemeler kuru ve rutubetsiz bir ortamda 0°C'nin üzerinde, kapalı alanda depolanmalı, uygulamalar +5°C'nin altında ve 30°C'nin üzerinde yapılmamalıdır. Özellikle sıcak havalarda, doğrudan güneş ve rüzgar alan cephelerde uygulama yapılmamalıdır.

Bu hususlara ek olarak kalın sıvalı dış cephe yalıtım sistemlerinde ayrıca dikkat edilmesi gereken hususlar;

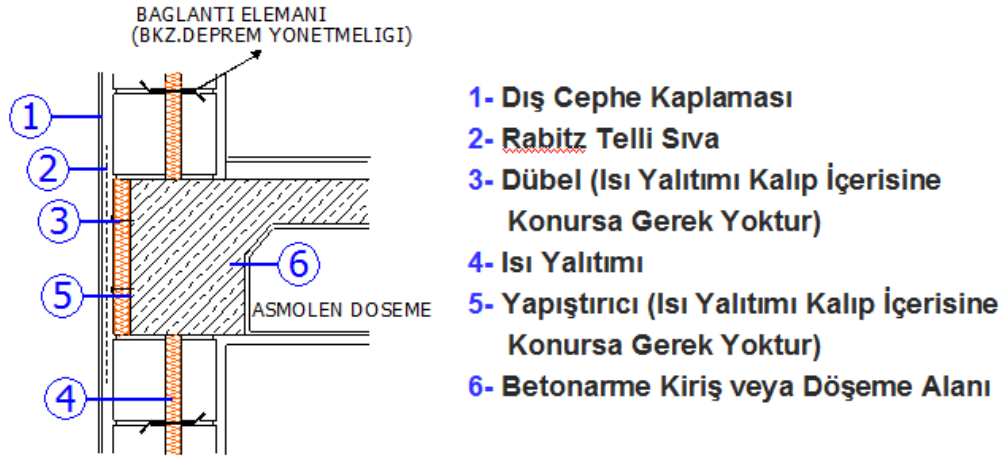
- Sıva dayanımını (çatlak ve darbe etkisine karşı) artırmak için, galvanizli paslanmaz çelik tel sıva filesi kullanılmalıdır. Tüm sıva sistemini taşıyacak olan bu donatı sisteminde;  
Tel kalınlığı: 1,1 mm  
Çelik sınıfı: DIN 17140  
Tel yüzey işlemleri: Çinko miktarı 300-400g/m<sup>2</sup>  
Kaplama kalınlığı: 50 µm. olmalıdır.
- Yüksek yapılarda veya geniş yüzeylerde genişleme derzleri oluşturulmalıdır.
- Çimento esaslı, püskürtülerek uygulanabilen, hava sürüklemeli sıva kullanılmalıdır.
- Son kat kaplama olarak çimento veya silikat esaslı boya veya kaplama malzemesi ile bitirilir.
- Uygulama esnasında ısı yalıtım levhalarının arasında boşluk kalmamasına, oluşacak boşlukların yalıtım levhasından kesilerek elde edilecek uygun kalınlıktaki kamalarla doldurulması gereklidir. Bu şekilde olası kılcal çatlakların ve ısı köprüsü oluşumunun önlenmesi mümkündür.
- Mineral esaslı sıva, boya ve/veya kaplama malzemeleri uygulandıktan sonra 2 gün boyunca nemli kalmaları sağlanmalıdır.



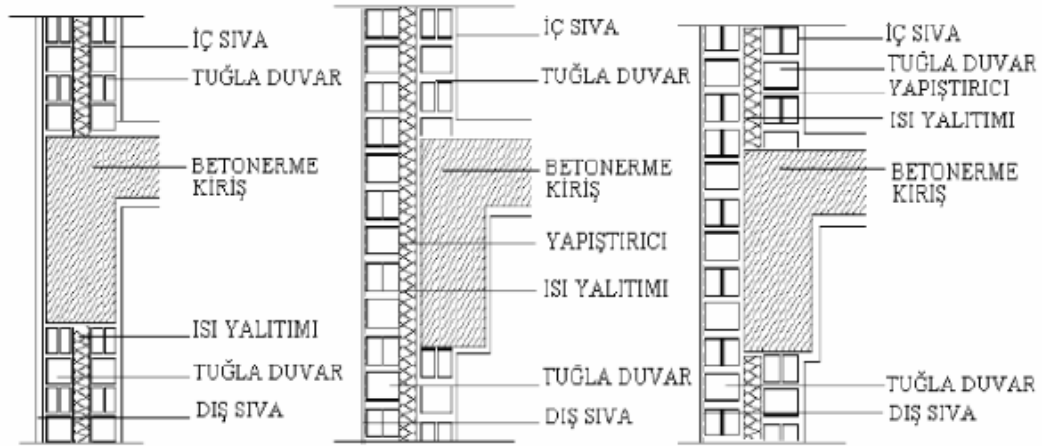
Şekil 3.2 Dış duvarlarda dıştan ısı yalıtımı uygulaması.

### 3.2. Sandviç Duvar Uygulaması

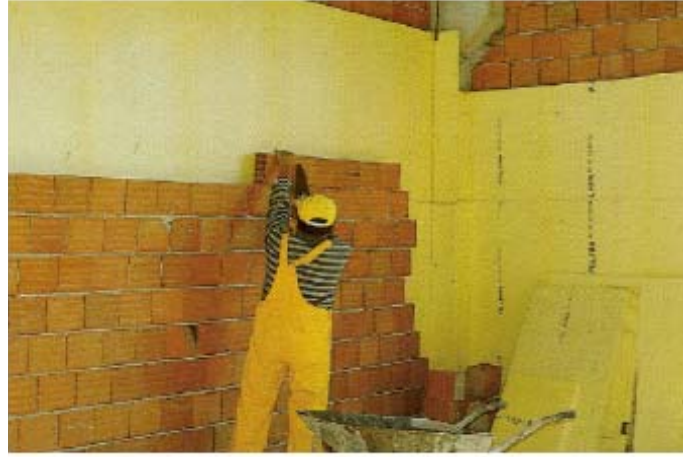
İki masif yapı kabuğu ve bunların arasında yer alan ısı yalıtım katmanının oluşturduğu çift kabuk dış duvar sistemi "ortadan ısı yalıtımlı dış duvar" olarak adlandırılabilir. Ortadan ısı yalıtımlı dış duvarlar iki değişik şekilde uygulanabilir. Bunlar, birbirinden düşey hareketli bir hava katmanı ile ayrılmış iki masif duvar ve ısı yalıtım tabakasından oluşan çift kabuk dış duvar sistemi (havalandırılmalı-Soğuk) ve iki masif duvar ve ısı yalıtım tabakasından oluşan, hava boşluğu içermeyen çift kabuk bir duvar sistemidir (Havalandırılmaz-Soğuk) (Ekinci, 2003). Farklı uygulama detaylarıyla oluşturulabilecek sandviç duvara ait detay resimleri ile uygulama fotoğrafı Şekil 3.3, Şekil 3.4 ve Şekil 3.5'te verilmiştir.



Şekil 3.3 Sandviç duvar uygulaması detayı (Yüzügür, 2007).



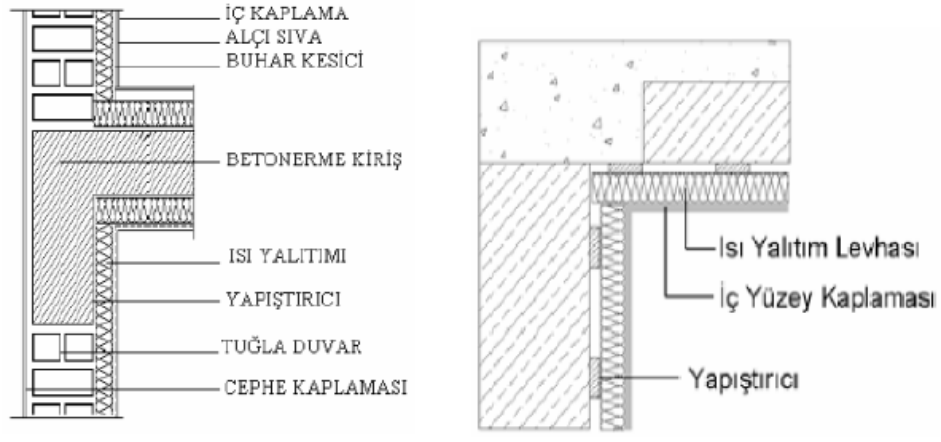
Şekil 3.4 Sandviç Duvar uygulamasına dair detaylar (Akıncı, 2007).



Şekil 3.5 Sandviç Duvar uygulama resmi (Akıncı, 2007).

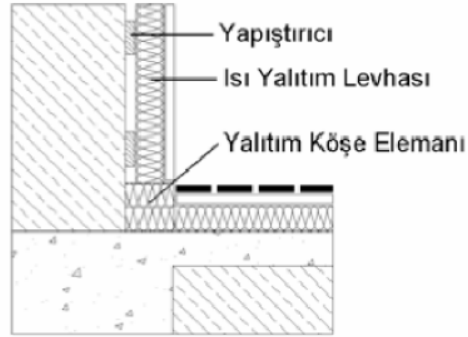
### 3.3 İç Yüzeyden Yalıtım Uygulaması

Duvarların içten yalıtılması, yoğuşma riskinin yüksek olduğu uygulamalar olup yoğuşma kontrolü yapılmalıdır. Isı yalıtımının sıcak tarafına buhar kesici uygulanmalıdır. Buhar kesici tabakanın ek yerlerinde buhar kesici bantlar ile geçirimsizlik sağlanmalı, tespit elemanları ile delinmemelidir. Isı yalıtım malzemesi sürekli olarak uygulanmalı, ısı köprüsü oluşturacak profil vb tespit elemanlarından kaçınılmalıdır. Kat döşemeleri ile birleşimlerde ısı köprüleri elimine edilecek şekilde ısı yalıtımı uygulanmalıdır. Duvar bünyesinde bulunan kolon, kiriş, hatıl vb tüm yapı elemanları dıştan ısı yalıtımı ile kaplanmalıdır. Buhar kesici tabakalar mümkünse tavan ve döşemelere döndürülmelidir. Isı yalıtım malzemesinin sıcak tarafında bulunan tabakaların, buhar difüzyon direnç katsayısı ( $\mu$ ) soğuk tarafta bulunanlardan beş kat daha yüksek olması durumunda yoğuşma önlenir ve buhar kesiciye gerek yoktur. Yalıtım tabakası arkasında hava hareketi önlenmelidir. Kompozit yalıtımlı paneller kullanılıyorsa, tavan ve döşeme ile birleşme noktalarında panel arkalarına sürekli yapıştırıcı harç sürülmelidir. Ayrıca panel üzerinde yer alan priz vb. delik çevreleri aynı şekilde kapatılmış olmalıdır. Mutfak ve banyo gibi yüksek buhar üreten hacimlerde yerlerde kaynağa yakın noktada su buharının pasif bir baca veya mekanik havalandırma ile dışarı atılması sağlanmalıdır ( Ekinci, 2003) (bkz. Şekil 3.6 a,b,c., Şekil 3.7).



(a) Kiriş- Duvar birleşimi

(b) Duvar- Tavan birleşimi



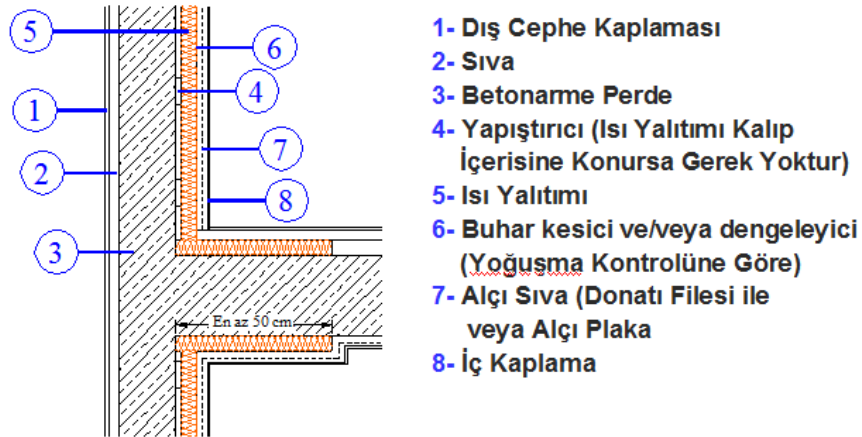
(c) Duvar- Döşeme birleşimi

Şekil 3.6 a,b,c. Duvarlarda İçten Yalıtım Uygulaması ( Akıncı, 2007).



Şekil 3.7 Şilte yapıda olan cam yünü malzemenin dış duvarda iç yüzeyden yalıtım uygulaması (www.izocam.com).

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 (Altınışık, 2006). Şekil 3.8’de içten yalıtımın uygulama prensibi verilmiştir. Şekil 3.9’de duvarlarda uygulanan içten yalıtım ile dıştan yalıtım arasındaki farklar verilmiştir.



Şekil 3.8 İçten duvar uygulaması detayı (Yüzügür, 2007).

DIŞ DUVARLARDA İÇTEN YALITMA	DIŞ DUVARLARDA DIŞTAN YALITMA
Masif dış kabuk aşırı ölçüde sıcaklık etkilerine maruz kalır. Kışın tamamen donar. Yazın ise ısı depolanması söz konusudur.	Masif dış kabuk sıcaklıktan korunmuştur. Don olayı duvar için sorun değildir.
Korunmayan dış kabuğun şekil değişiklikleri fazladır ve duvar malzemesinin yapısına göre kabarmabüzülme hareketlerine maruz kalır.	Sıcaklığa bağlı şekil değişiklikleri düşüktür. Korumalı kabuktaki önemsiz sıcaklık düşüşleri ve sıcaklık oynamalarıyla orantılıdır.
İç taraftaki buhar kesici dış kabuktan daha sızdırmaz olmalıdır ya da duvar sadece kuru odalar için kullanılmalıdır.	Burada buhar kesicinin önemi çok azdır. Isı yalıtım tabakası ile birlikte bir nem toplayıcı görevi oluşturmaz ve normal şartlar altında kullanılsa da olur.
Duvar sisteminin ısı depolama yeteneği azdır. Bu odanın daha çabuk ısınmasını sağlar. Oda öte yandan da aynı şekilde çabuk soğuyacaktır.	Bu duvar sisteminin ısı depolama yeteneği fazladır. Yavaş ısınır ve yavaş soğur.
Duvar, arada bir kullanılan odalar, sürekli çalıştırılmayan, iyi ayarlanabilen ısıtma sistemleri için elverişlidir.	Duvar sürekli çalışan (ve ataleti olan) ısıtma sistemleri için elverişlidir.

Şekil 3.9 Duvarlarda içten ve dıştan yapılan yalıtımların karşılaştırılması (Akıncı, 2007).

## **BÖLÜM DÖRT**

### **KARŞILAŞTIRMALAR**

#### **4.1 Binalarda Dış Duvar Yalıtımında Kullanılan Isı Yalıtım Malzemelerinin Genel Karşılaştırma Tablosu**

Bu kısımda Bölüm 2.3 de anlatılan ısı yalıtım malzemelerinin 2.1 de bahsedilen ısı yalıtım malzemelerinde aranan özellikleri ve 2.2 de bahsedilen ısı yalıtım malzemelerinin sınıflandırması tablolar halinde gösterilerek, yalıtım kullanıcısı için malzemeler arasında karşılaştırma yapılabilme olanağı sağlanmıştır.

Boyutsal kararlılık ve kokusuzluk özelliklerine ilişkin bilgiler çoğu malzeme için veri bulunamaması sebebi ile ve ucuzluk özelliğinin yıldan yıla değişken yapıda olarak güncel bir seyir izleyememesi nedeni ile bu üç özellik oluşturulan tabloda yer almamaktadır.

Tablo 4.1 Isı yalıtım malzemeleri karşılaştırma tablosu.

ISİ YALITIM MALZEMELERİ →				Mineral Elyaflar ve Yünler			Daneli Yapıda Olanlar		Mineral Köpükler		Sentetik Köpükler				Vakum Yalıtım Panelleri		
	Mantar Levhalar	Ahşap Yünü Levhalar	Ahşap Lifli Levhalar	Cam Yünü	Taş Yünü	Cüruf Yünü	Vermikülit	Kalsiyum Silikatlı Levhalar	Cam Köpüğü	Gazbeton	Fenol Köpükler (PF)	Polüretan (PU) Köpükler	Polivinil Klorür (PVC) Köpükler	Polistiren (PS) Köpükler			
				Bakaliteli   Bakalitsiz										EPS		XPS	
ISİ YALITIM MALZEMELERİNDE ARANAN ÖZELLİKLER	Isı İletim Katsayısı (kcal/mh°C)	0,045-0,055	0,150 (d<25mm) 0,065-0,090(d>25mm)	0,035-0,070	$\lambda \leq 0,040$	$\lambda \leq 0,040$	0,041-0,105	0,044-0,047	0,049-0,1	0,045-0,060	0,11-0,29	0,030-0,045	0,025-0,040	0,042	0,035-0,040	$\leq 0,035$	0,005
	Yoğunluk (kg/m³)	80-500	460-650 (d<25mm) 360-460 (d>25mm)	110-450	10-120	23-200	150-350	50-130	190-200	100-150	350-800	$\geq 30$	30-150	30-300	25-45	25-45	çekirdek maddesine göre değişir.
	Mekanik Dayanım (kPa)	90-100, LİMİT150	20-1000	5-100	15-65	15-65	√	yüksek,serttir.	800-1000	480-8800	1500-5000	100-150	100-400	---	30-500	100-1000	kırılgan
	Buhar Difüzyon Direnci ( $\mu$ )	5-10	2-5	5	1-1,2	1	düşük	1,5-1,7	---	10000	5-10	10-50	30-100	40-80	20-100	80-250	çok yüksek
	Su Emme (hacimce)	√ suya dayanıklı	√ yaklaşık %10	<%10 / 0,5-2,0 kg/m³	%3-10	% 2,5-10	---	sınırlı,kuruyunca eski özelliğine döner.	higroskopik ve kapiler değildir.	Emmez (%0)	kütlerce %73	yaklaşık %10	%3-5	kapalı gözenekli ise geçirimsiz	%1-5	%0-0,5	emmez
	Kimyasal Etkenlere Karşı Dayanımı	√ (Halojenler, amonyak ve eter yağları hariç)	---	√ (solventler hariç)	√ (hidroflorik asit hariç)	√ (sert asitler hariç)	√	√	√	√	√ (pasa karşı korunmalı)	yoğun asitler dışında √	√	bazı kimyasallardan etkilenir.	√ (kimyasal solventler ve baca gazları hariç)	X	zarf maddesine göre değişir.
	Sıcaklık Dayanımı (°C)	-180<t<100, -200<t<130	---	t<110	-50<t<250 1 -50<t<550	-50<T<750	<750°C	<1370	1050-1100	-260<t<430	<1200	-180<t<120	-180<t<200	<30	-50<t<75	-50<t<75	-180<t<120
	Yanmazlık ve Alev Geçirmezlik (Yangın Sınıfı)	B2 (DIN 4102)	Class-1 (BS 476)	B1 (DIN 4102)	A1 (DIN 4102)	A1 (DIN 4102)	750°C'ye kadar Yanmaz. A1	Yanmaz	Yanmaz	A1 (DIN4102) Class 0 (BS476)	A1	B1 (DIN4102) Class 1 (BS476)	B1 -B2 -B3 (DIN4102)	B1 (DIN4102)	Yanıcı - B1- B2	Yanıcı - B1	A-Yanmaz
	İşlenebilirlik	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	Sıva Tutuculuk	X	X	---	X	√ (mantolamada)	---	√	√	X	√	---	√	X	√ (pürüzlü yüzeyliler)	√ (pürüzlü yüzeyliler)	---
	Çürümezlik	√	X	X	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	zarf maddesine göre değişir.
	Parazitlere Dayanıklılık	√	X	X	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	zarf maddesine göre değişir.
Uzun Ömürlü Olması	√ (Bina ömrü kadar)	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	>50yıl	
İnsan Sağlığına ve Çevreye Zararlı Olmaması	√	√	√	√ (deri ile temas etmemeli)	√ (deri ile temas etmemeli)	X	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
ISİ YALITIM MALZEMELERİNİN SINIFLANDIRILMASI	Biçimlerine Göre Isı Yalıtım Malzemeleri																
	Levha Yapıda Isı Yalıtım Malzemeleri																
	Şilte Yapıda Isı Yalıtım Malzemeleri																
	Gevşek Dolgu Isı Yalıtım Malzemeleri																
	Yerinde Püskürtme Isı Yalıtım Malzemeleri																
	Yerinde Köpürtülen Isı Yalıtım Malzemeleri																
	Blok Halinde Örülebilen Kullanılan Isı Yalıtım Malzemeleri																
	Yansıtıcı Isı Yalıtım Malzemeleri																
	Gazların Isı Taşımına Engel Olacak Şekilde Hapsolunmasıyla Oluşturulan Isı Yalıtım Malzemeleri																
	Var Oluş Şekillerine Göre Isı Yalıtım Malzemeleri																
	Organik (hayvansal ve bitkisel) Kökenli																
	Anorganik (mineral) Kökenli																
Sentetik Kökenli																	
Yapılarına Göre Isı Yalıtım Malzemeleri																	
Taneli Yapıda Olanlar																	
Lifli Yapıda Olanlar																	
Hücreli ( Köpük Şeklinde) Yapıda Olanlar																	
Kompozit (Karmaşık) Yapıda Olanlar																	
Reflektif Özellikte Olanlar																	

LEJANT
√ = OLURLU
X = OLUMSUZ
--- = BULUNAMADI

## BÖLÜM BEŞ HESAPLAMALAR

### 5.1 Örnek Binanın Tanımlanması ve Hesaplamalar

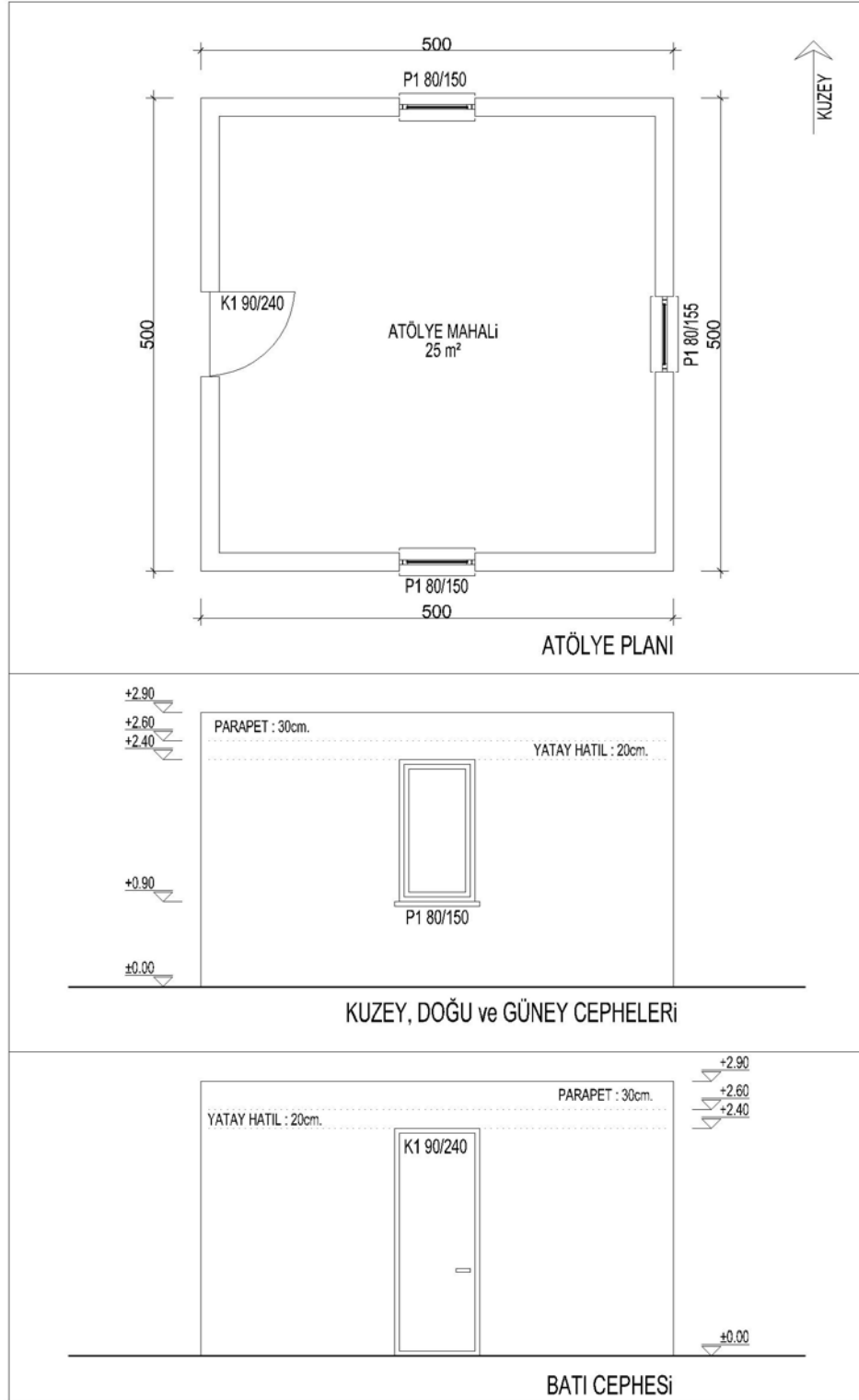
İzmir, İstanbul, Ankara ve Erzurum’da bulunan ve dıştan dışa 5 metre (m.) eninde, 5m. boyunda ve 2,6m. yüksekliğinde olan, tek katlı, yığma olarak inşa edilmiş bir atölye binası üzerinde hesaplamalar yapılmıştır. Bu binanın giriş kapısı batı cephesinde yer alırken pencere açıklıkları kuzey, doğu ve güney cephelerinde yer almaktadır. Kapı ölçüsü 90cm /240cm., pencerelerin ölçüsü ise 80/150 cm.dir. Şekil 5.1 ve Şekil 5.2’de hesaplarda kullanılan örnek binaya ait plan, cephe ve perspektif şemaları yer almaktadır.

Öncelikle binada yer alan zemine oturan döşeme alanı, teras çatı alanı, toplam pencere ve kapı alanı (boşluk alanı) ile dış duvar alanları hesaplandı. Bu hesaplama ait veriler Şekil 5.2’nin alt kısmında verilmiştir. Yatay hatlı yüksekliği 20 cm., teras çatı döşemesi 15 cm.dir. Aradaki 5 cm fark hesaplarda göz ardı edilerek (yatay hatlı çatı döşemesine dahil düşünülerek) duvar alanı hesaplanırken bina yüksekliği  $2,6 \text{ m.} - 0,2 \text{ m.} = 2,4 \text{ m.}$  olarak alınmıştır.

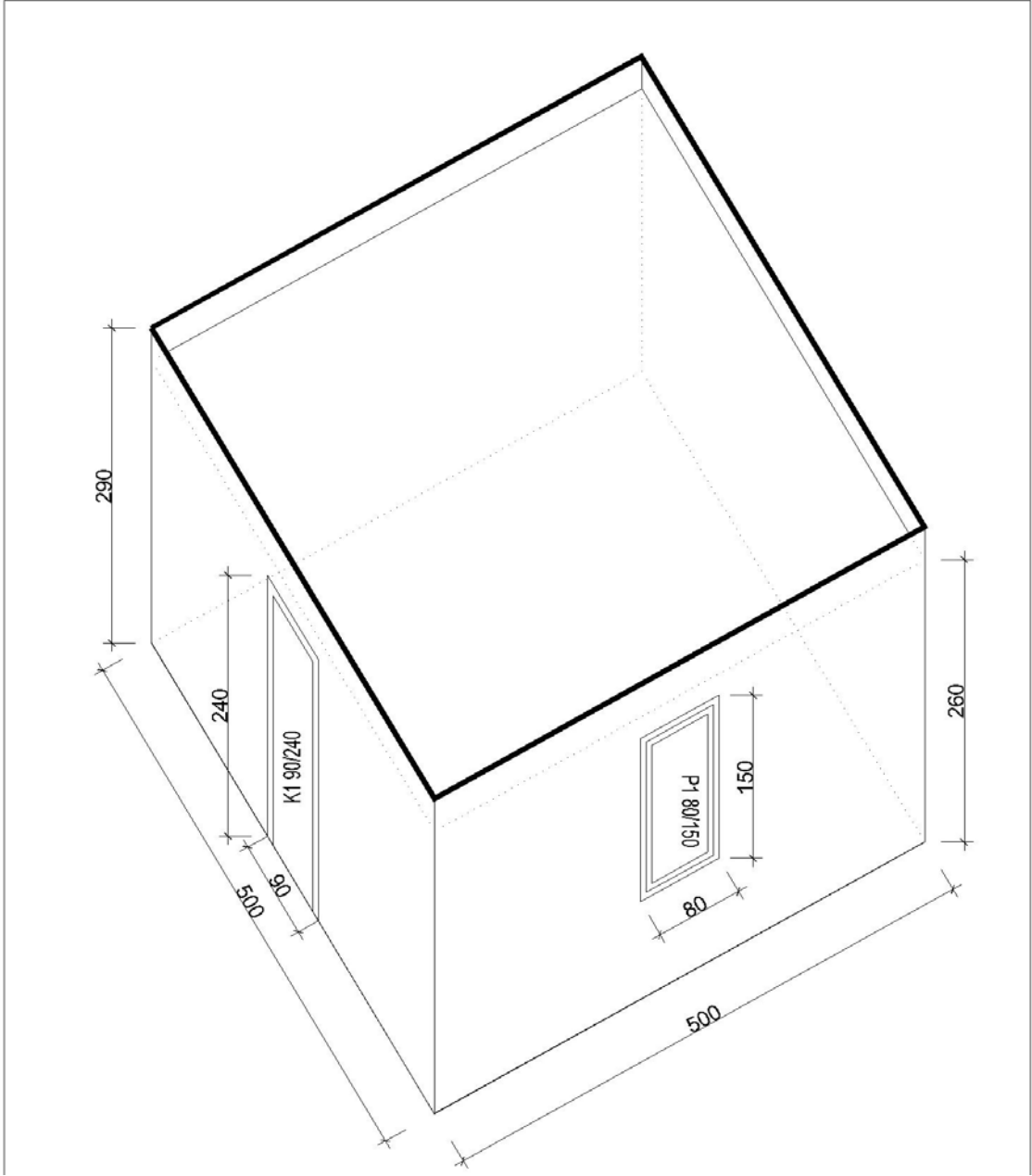
Hesaplarda kullanılan İZODER’e ait TS 825 Hesap Programı’nın TS 825 Standardı’nda yer alan bilgi ve formüller ışığında düzenlenmiş olması sebebi ile örnek bina için yapılan hesapların yöntemlerine ait bilgiler EK-1 ve EK-2’de sunulmuştur.

Hesaptaki amaç farklı ısı bölgelerinde ve farklı uygulama türlerinde dış duvarlardaki yalıtımın kalınlığındaki değişimi göstermektir. Diğer bir deyişle,  $U_{\text{duvar}}$  değerini ve  $Q$  (Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı) değerini sağlayacak dış duvar ısı yalıtım malzemesinin minimum kullanım kalınlığını bulmaktır. Bu sebeple  $Q$  değeri üzerinde etkisi bulunan tavan ve taban katmanları buldukları ısı bölgesindeki maksimum  $U_{\text{tavan}}$  ve  $U_{\text{taban}}$  değerlerini sağlayacak şekilde oluşturulmuştur. Tavan ve tabana ait katmanlaşmalar Tablo 5.1 ve Tablo 5.2’de verilmiştir. Ayrıca duvara ait

katmanlaşmalar da Tablo 5.3, Tablo 5.4 ve Tablo 5.5'te aktarılmıştır. Bu tablolarda; kullanılan malzemeler, TS 825'teki sıra no'ları, birim hacim kütleleri, ısı iletkenlik hesap değeri  $\lambda_h$  (W/mK), su buharı difüzyon direnç faktörleri ( $\mu$ ) ve kullanılan malzemenin kalınlıklarına ait veriler yer almaktadır.



Şekil 5.1 Hesaplarda kullanılan örnek binaya ait plan ve cepheler



Şekil 5.2 Hesaplarda kullanılan örnek binaya ait perspektif.

Zemine Oturan Döşeme Alanı (Taban) :  $A_{\text{taban}} = 5 \times 5 = 25\text{m}^2$

Teras Çatı Alanı (Tavan) :  $A_{\text{tavan}} = 5 \times 5 = 25\text{m}^2$

Toplam Pencere Alanı:  $A_{\text{pencere}} = 3 \times (0,8 \times 1,5) = 3,6 \text{ m}^2$

Toplam Kapı Alanı:  $A_{\text{kapı}} = 0,9 \times 2,4 = 2,16 \text{ m}^2$

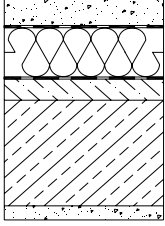
Toplam Dış Duvar Alanı:  $A_{\text{DışDuvar}} = 4 \times (5 \times 2,4) = 48 \text{ m}^2$

Net Dış Duvar Alanı:  $A_{\text{NetDışDuvar}} = 48 - (3,6 + 2,16) = 42,24 \text{ m}^2$

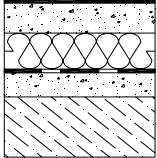
Alanlar Toplamı:  $A_{\text{Toplam}} = 25 + 25 + 3,6 + 2,16 + 42,24 = 98 \text{ m}^2$

Brüt Hacim :  $V_{\text{brüt}} = 5 \times 5 \times 2,6 = 65 \text{ m}^3$

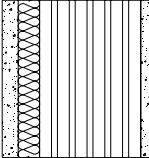
Tablo 5.1 Hesaplarda kullanılan çatı katmanları (XPS kalınlığı her derece gün bölgesinde  $U_{tavan}$  değerine bağlı olarak değişmektedir.)

<b>TAVAN</b> ( $A=25m^2$ )	Malzeme veya Bileşenin Çeşidi	TS 825 Sıra No	Birim Hacim Kütlesi ( $kg/m^3$ )	Isıl İletkenlik Hesap Değeri $\lambda h$ (W/Mk)	Su Buharı Difüzyon Direnç Faktörü ( $\mu$ )	KALINLIK d (m)
	Kireç Harcı, Kireç-çimento harcı	4.1	1800	1	15	0,02
	Donatılı Beton	5.1.1	2400	2,5	80	0,15
	Donatısız Beton	5.1.2	2200	1,65	70	0,03
	PVC Örtü	9.2.3.2	1200	0,19	42000	0,003
	XPS	10.3.2.1.2	( $\geq 25$ )	0,035	80	DEĞ.
	Bitümlü Karton	9.2.2.1.1	1100	0,19	2000	0,003
	Donatısız Beton	5.1.2	2200	1,65	70	0,04

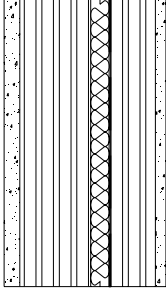
Tablo 5.2 Hesaplarda kullanılan döşeme katmanları (XPS kalınlığı her derece gün bölgesinde  $U_{taban}$  değerine bağlı olarak değişmektedir.)

<b>DÖŞEME</b> ( $A=25m^2$ )	Malzeme veya Bileşenin Çeşidi	TS 825 Sıra No	Birim Hacim Kütlesi ( $kg/m^3$ )	Isıl İletkenlik Hesap Değeri $\lambda h$ (W/Mk)	Su Buharı Difüzyon Direnç Faktörü ( $\mu$ )	KALINLIK d (m)
	Sentetik Kaplama (örn. PVC)	9.1.3	1500	0,23	50000	0,01
	Çimento Harçlı Şap	4.6	2000	1,4	15	0,05
	XPS	10.3.2.1.1	( $\geq 25$ )	0,03	80	DEĞ.
	Cam Tülü Armatürlü Polimer Bitümlü Membran	9.2.2.1.4	2000	0,19	14000	0,006
	Çimento Harçlı Şap	4.6	2000	1,4	15/35	0,04
	Gözeneksiz Agregalı Beton	5.3.1.2	1800	1,1	3	0,1

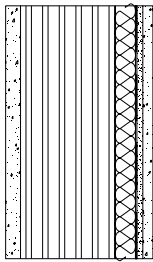
Tablo 5.3 Hesaplarda kullanılan dıştan duvar yalıtımında yer alan katmanlar (Isı yalıtım malzemesinin kalınlığı derece gün bölgesine ve ısı iletkenlik hesap değerine bağlı olarak değişirken, teknik özellikleri kullanılan malzemeye göre değişmektedir.)

<b>DUVAR</b> ( <b>DIŞTAN</b> ) ( $A=42,24m^2$ )	Malzeme veya Bileşenin Çeşidi	TS 825 Sıra No	Birim Hacim Kütlesi ( $kg/m^3$ )	Isıl İletkenlik Hesap Değeri $\lambda h$ (W/Mk)	Su Buharı Difüzyon Direnç Faktörü ( $\mu$ )	KALINLIK d (m)
	Kireç-çimento harcı	4.1	1800	1	15	0,02
	TS EN 771-1'e uygun dolu veya düşey delikli tuğlalarla duvarlar	7.1.2.1	1200	0,5	5	0,19
	Isı Yalıtım Malzemesi	Malzemeye göre DEĞİŞKEN				DEĞ.
	Çimento Harcı	4.2	2000	1,6	15	0,03

Tablo 5.4 Hesaplarda kullanılan sandviç duvar yalıtımında yer alan katmanlar (Isı yalıtım malzemesinin kalınlığı derece gün bölgesine ve ısı iletkenlik hesap değerine bağlı olarak değişirken, teknik özellikleri kullanılan malzemeye göre değişmektedir).

<b>DUVAR (SANDVIÇ) (A=42,24m<sup>2</sup>)</b>	Malzeme veya Bileşenin Çeşidi	TS 825 Sıra No	Birim Hacim Kütlesi (kg/m <sup>3</sup> )	Isıl İletkenlik Hesap Değeri $\lambda h$ (W/Mk)	Su Buharı Difüzyon Direnç Faktörü ( $\mu$ )	KALINLIK d (m)
	Kireç-çimento harcı	4.1	1800	1	15	0,02
	TS EN 771-1'e uygun dolu veya düşey delikli tuğlalarla duvarlar	7.1.2.1	1200	0,5	5	0,085
	Polietilen Folyo	9.2.3.1	1000	0,19	80000	0,003
	Isı Yalıtım Malzemesi	Malzemeye göre DEĞİŞKEN				DEĞ.
	TS EN 771-1'e uygun dolu veya düşey delikli tuğlalarla duvarlar	7.1.2.1	1200	0,5	5	0,135
	Çimento Harcı	4.2	2000	1,6	15	0,03

Tablo 5.5 Hesaplarda kullanılan içten duvar yalıtımında yer alan katmanlar (Isı yalıtım malzemesinin kalınlığı derece gün bölgesine ve ısı iletkenlik hesap değerine bağlı olarak değişirken, teknik özellikleri kullanılan malzemeye göre değişmektedir).

<b>DUVAR (İÇTEN) (A=42,24m<sup>2</sup>)</b>	Malzeme veya Bileşenin Çeşidi	TS 825 Sıra No	Birim Hacim Kütlesi (kg/m <sup>3</sup> )	Isıl İletkenlik Hesap Değeri $\lambda h$ (W/Mk)	Su Buharı Difüzyon Direnç Faktörü ( $\mu$ )	KALINLIK d (m)
	Kireç-çimento harcı	4.1	1800	1	15	0,02
	Alçıdan Duvar Levhalar ve Blokları	6.3.1	750	0,35	5	0,012
	Polietilen Folyo	9.2.3.1	1000	0,19	80000	0,003
	Isı Yalıtım Malzemesi	Malzemeye göre DEĞİŞKEN				DEĞ.
	TS EN 771-1'e uygun dolu veya düşey delikli tuğlalarla duvarlar	7.1.2.1	1200	0,5	5	0,19
	Çimento Harcı	4.2	2000	1,6	15	0,03

Tablo 5.6 Derece Gün Bölgelerine göre maksimum U değerleri

W/M <sup>2</sup> k → ISI BÖLGESİ ↓	U <sub>duvar</sub>	U <sub>tavan</sub>	U <sub>taban</sub>	U <sub>pencere</sub>
I. BÖLGE	0,70	0,45	0,70	2,4
II. BÖLGE	0,60	0,40	0,60	2,4
III. BÖLGE	0,50	0,30	0,45	2,4
IV. BÖLGE	0,40	0,25	0,40	2,4

Tavan ve tabanda (zemine oturan döşemede) Ekstrüde Polistiren Köpük (XPS) levha kullanılmıştır. XPS kalınlıkları her derece gün bölgesinde  $U_{tavan}$  ve  $U_{taban}$  değerlerinin farklılaşmasına bağlı olarak değişmekte olduğu için, şemada kalınlığı için sabit bir değer verilmemiştir. Tablo 5.7’de tavan ve tabanda kullanılan ısı yalıtım malzemesinin (XPS) derece gün bölgelerine göre kalınlıkları yer almaktadır.

Tablo 5.7 Derece Gün Bölgelerine göre tavan ve tabanda kullanılan Ekstrüde Polistiren Köpük (XPS) yalıtım kalınlıkları.

Derece Gün Bölgeleri ↓	↓ Kullanılan XPS Kalınlıkları ↓	
	TAVAN	TABAN
I. BÖLGE	7 cm.	3,5 cm.
II. BÖLGE	8 cm.	4 cm.
III. BÖLGE	11 cm.	5,5 cm.
IV. BÖLGE	13 cm.	6,5 cm.

“Veri Girişleri” bölümü içerisinde “Proje” başlığı altında yer alan “Proje Bilgileri” alt başlığına girilerek öncelikle “Binanın Tipi” atölye olduğu için “İmalat ve Atölye Mahalleri” tip olarak seçilerek “Kat Adedi” bilgisi (bir kat olarak) girilir. Ardından binanın yer aldığı arsaya ait veriler girilir ( Dört derece gün bölgesinde hesap yapabilmek için sırasıyla İzmir, İstanbul, Ankara ve Erzurum illeri seçilmiştir.). Aynı sayfada yer alan “Hesaplama Bilgileri” bölümünde “Net oda yüksekliği” (net oda yüksekliği “ $\leq 2,6$  metre”) ve Havalandırma Tipinin seçiminin (“doğal” olarak) yapılmasının ardından  $V_{brüt}$  değeri ( $65m^3$ ) de girilir.

“Veri Girişleri” bölümünde yer alan “Tavan” başlığı altından “Teras Çatı” alt başlığı seçilerek tavan malzemeleri iç ortamdakinden başlayarak girilerek tavan alanı “Alan” boşluğuna yazılır. Yalıtım malzemesi olarak Ekstrüde Polistiren Köpük (XPS) seçilerek yalıtım kalınlığı “tavsiye edilen U değerleri” tablosu (Tablo 5.6) göz önünde bulundurularak seçilen bölgedeki en yakın U değerini sağlayacak biçimde ayarlanır (“Bölgelere göre en fazla değer olarak kabul edilmesi tavsiye edilen U değerleri” EK1’de yer alan TS 825’e ait Ek-A3’te de verilmiştir.) . Aynı işlemler “Taban” başlığı altında “Toprağa Temas Eden” alt başlığı seçilerek tekrarlanır. Tavanda yoğunlaşmanın engellenebilmesi için PVC örtü buhar dengeleyici olarak kullanılmıştır.

Binanın ısı performansını etkileyen diğer yapı elemanları da yapı boşlukları yani kapı ve pencerelerdir. Tavan ve Tabana ait bilgilerin de girilmesinin ardından “Pencere”lere ait verilerin girişine geçilir. “Pencere” başlığı altından “Dış Ortama Bakan” alt başlığı seçilir. Bu kısımda öncelikle pencere alanı yazılır. Cam tipi ve doğrama tipine göre kullanılan pencere tipi seçilerek  $U_{\text{pencere}}$  değerinin belirlenmesi sağlanır (örnek hesapta pencerenin doğrama tipi Üç Odacıklı Plastik Doğrama olarak, cam tipi ise 16mm ara boşluklu, “Çift Camlı, Low-e Kaplamalı Pencere” olarak seçilmiştir.). Kapı boşluğu hakkında bilgilerin girilmesiyle hesaba devam edilir. Bu kısımda “Kapı” başlığı altında yer alan “Dış Ortama Bakan” alt başlığı seçilerek kapı alanı yazılır. Alanın yazılmasının ardından “Dış Kapı-Metal Isı Yalıtımlı” olarak seçilir.

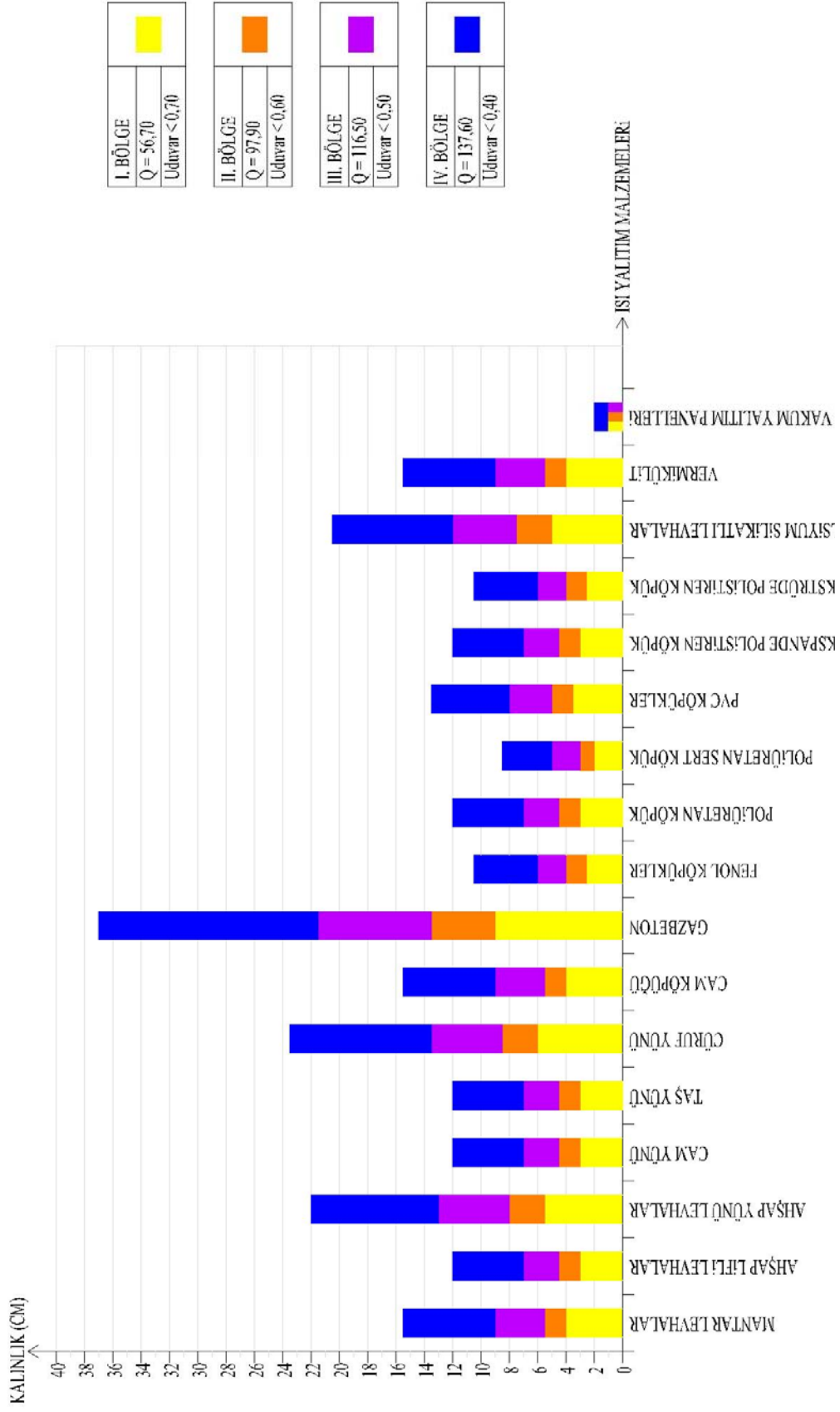
Dış duvar dışında, binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacını (Q) etkileyen tüm yapı elemanlarına ait bilgilerin bahsedilen biçimde girilmesinin ardından hesapta “değişken” olarak alınan dış duvara ait bilgilerin girilmesine geçilir. “Duvar” başlığı altında yer alan “Dış Havaya Açık” alt başlığının seçiminin ardından duvar katmanlaşmasına ait malzemeler, kalınlıkları ve duvar alanına ait veriler girilir. Hesaplarda dış duvarda içten, sandviç ve dıştan uygulamalar sırasıyla her ısı yalıtım malzemesinde girilmiş olup, her ısı yalıtım malzemesi için ayrı ayrı uygulama türlerinde  $U_{\text{duvar}}$  ve Q değerlerini sağlayan kalınlıklar belirlenmiştir.

I. Bölge dışındaki bölgelerde içten ve sandviç sistemle dış duvarda ısı yalıtımı uygulamalarında Polietilen Folyo kullanılmaması durumunda yoğuşma meydana gelmektedir. II., III. Ve IV. bölgelerde bu nedenden ötürü dış duvarda Polietilen Folyo kullanma gerekliliği vardır. Folyonun da belli bir ısı iletkenliğe sahip olarak  $U_{\text{duvar}}$  ve Q değerlerini etkilemesi nedeniyle I. Bölgede de yoğuşma olmamasına rağmen Polietilen Folyo kullanılmıştır.

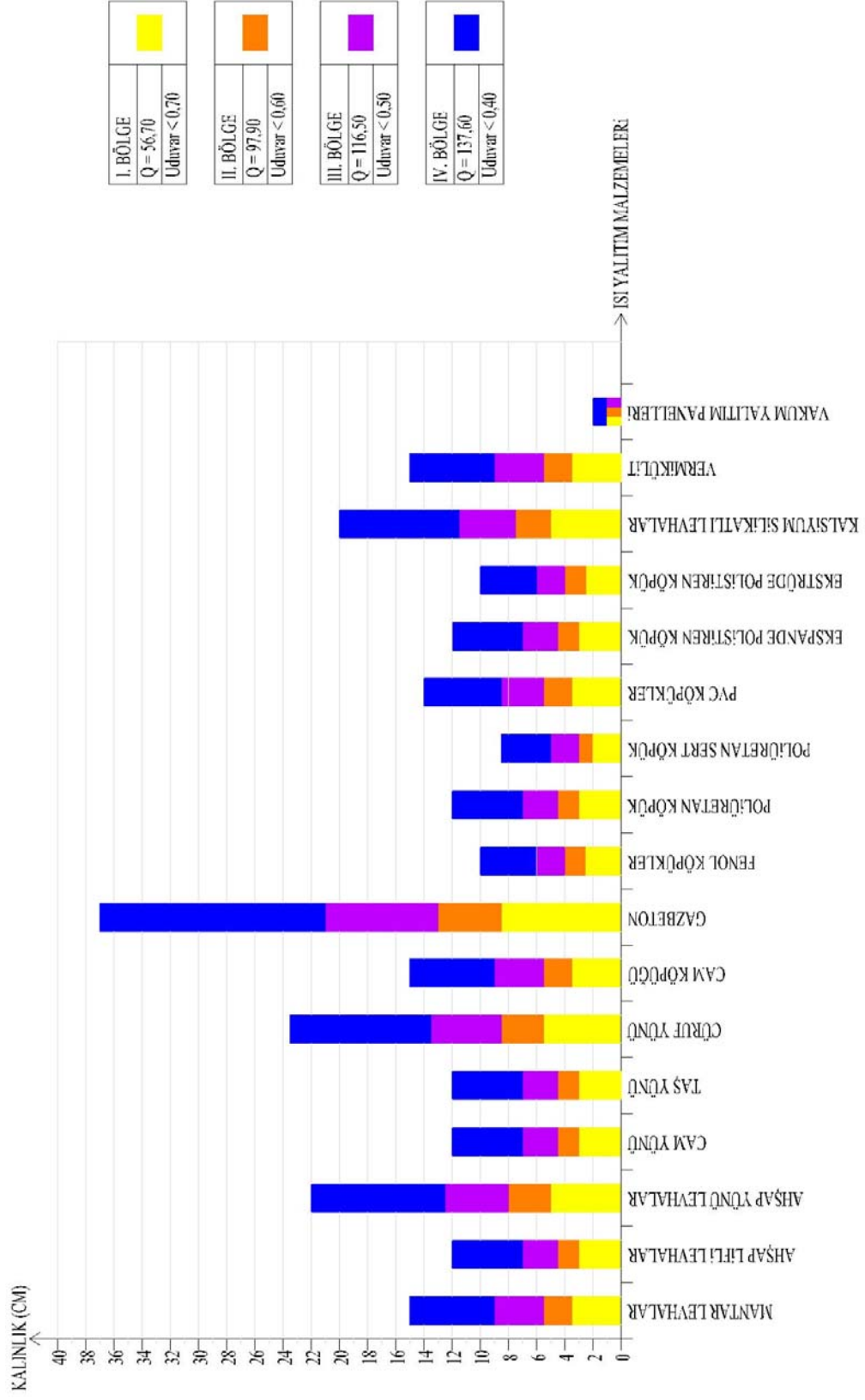
Daha açıklayıcı olması açısından, programda hesaplamının nasıl yapıldığına dair bilgilerin verilmesinin ardından bu sürece ait görseller verilmiştir. EK-3’te yapılan hesaplamaların sürecini gösterir görseller yer almaktadır.

Elde edilen veriler Excel programında bir tablo haline getirilerek EK 4'te sunulmuştur. Bu tabloda her derece gün bölgesi ve yalıtımın uygulama türüne göre, kullanılan ısı yalıtım malzemesinin ısıl iletkenliğine, kalınlığına ve ısı yalıtım malzemesinin ısıl iletkenliğiyle kalınlığının birlikte belirlediği  $U_{duvar}$ ,  $Q$  ve  $H$  değerlerine ait veriler yer almaktadır. Hesap raporları EK-4'te verilmiştir.

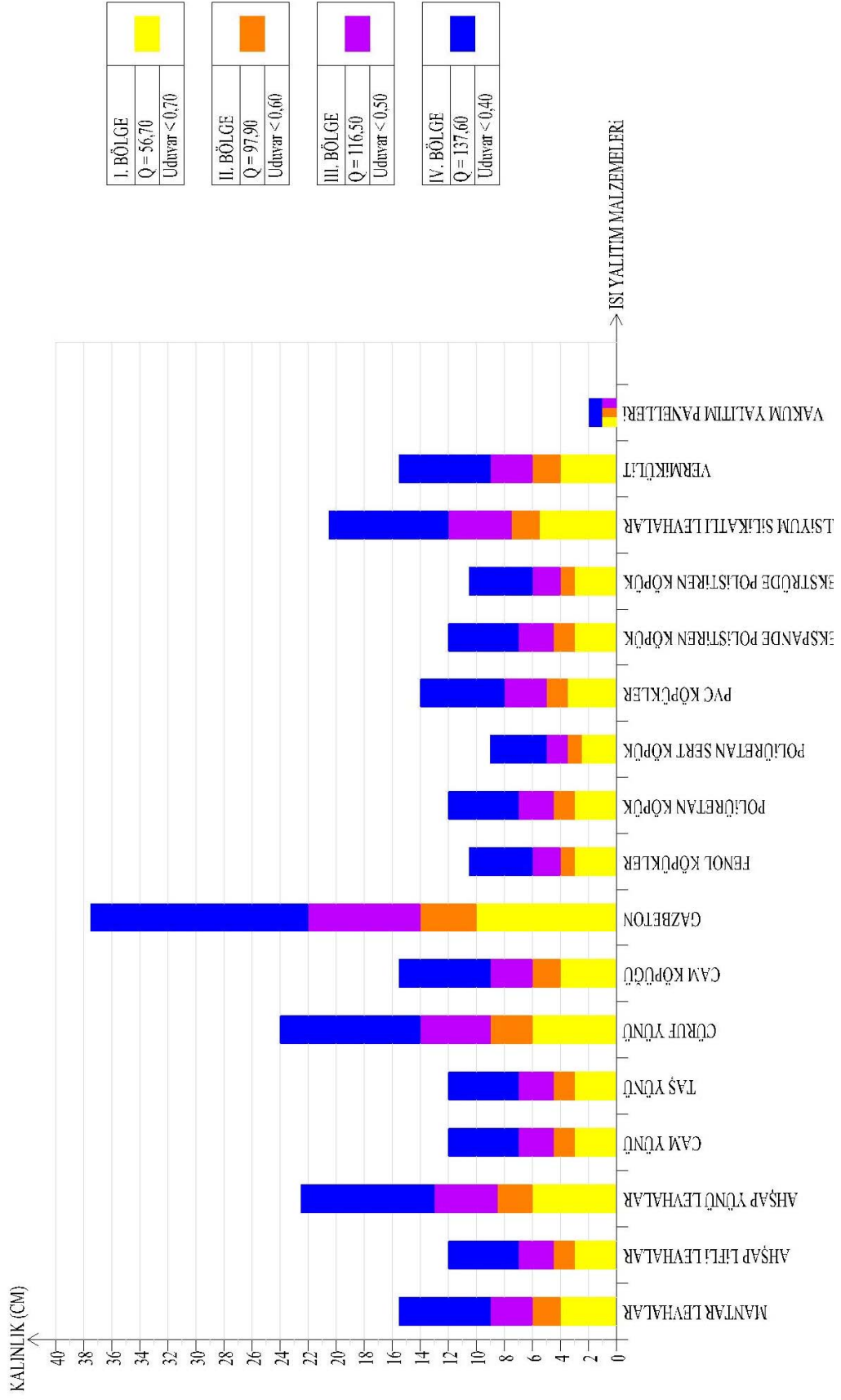
Daha net ve kısa bir anlatım olması açısından bu tabloda yer alan yalıtım kalınlıklarına ait grafikler oluşturulmuştur (Grafik 5.1, Grafik 5.2 ve Grafik 5.3). Bu grafiklerde dört farklı derece gün bölgesi farklı renkler (sıcaklık skalasındaki renkler en sıcak olan I. Bölgeden en soğuk IV. Bölgeye doğru uygulanmıştır.) kullanılarak her uygulama tipi (içten, sandviç, dıştan) için ayrı olmak üzere toplam üç grafik oluşturularak yalıtım kalınlıkları gösterilmiştir. Grafiklerin sağ kısmında her derece gün bölgesine ait renk,  $U_{duvar}$  ve  $Q$  değerlerini gösterir şemalar verilmiştir. Daha önce de belirtildiği gibi verilen kalınlıklar grafiklerin sağ tarafında yer alan şemalardaki  $U_{duvar}$  ve  $Q$  değerlerini sağlamaktadır. Diğer bir deyişle ısı yalıtım malzemesinin kalınlığına (ısıl iletkenliğinin yanında) göre değişen  $U_{duvar}$  ve  $Q$  değerleri bu şemalarda yer alan değerlerden daha küçüktür.



Grifik 5.1 Dış duvarların içten yalıtımında kullanılan ısı yalıtım malzemelerinin Uduvar ve Q değerlerini sağlayan minimum kalınlıkları.



Grafik 5.2 Dış duvarların sandviç sistemle yalıtımında kullanılan ısı yalıtım malzemelerinin Uduvar ve Q değerlerini sağlayan minimum kalınlıkları.



Grafik 5.3 Dış duvarların dıştan yalıtımında kullanılan ısı yalıtım malzemelerinin Uduvar ve Q değerlerini sağlayan minimum kalınlıkları.

## 5.2 Maliyet Karşılaştırması

Dış duvarların yalıtımında yaygın olarak kullanılan ve Birim Fiyat 2009'da yer alan ısı yalıtım malzemeleri arasında maliyet karşılaştırması yapılmıştır. Sadece I. Bölgede (İzmir ili için) dıştan ısı yalıtım uygulamasında kullanılan Taş yünü, Ekspande Polistiren Köpük (EPS), Ekstrüde Polistiren Köpük (XPS) ve Gaz beton izolasyon plakları arasında bir karşılaştırma yapılmıştır. Maliyet hesabı için öncelikle binada kullanılan ısı yalıtım malzemelerine ait birer tablo oluşturulmuştur. Tablo 5.9, Tablo 5.10, Tablo 5.11 ve Tablo 5.12'deki tablolarda döşeme, tavan ve dış duvar ısı yalıtım malzemelerine ait Birim Fiyat 2009'daki Poz ve Rayiç No'ları ve fiyatları ile birimleri, kullanıldığı alan ölçüleri, kullanım miktarlarına ilişkin bilgiler ve maliyetlerine ait veriler yer almaktadır. Toplam maliyetlere ilişkin veriler de her tablonun alt kısmında bulunmaktadır.

19.055/B pozunda yer alan 04.612/2E rayiç no'lu EPS ve 19.055/C1 pozunda yer alan 04.612/4C1A XPS malzemelerinin kalınlığı poz içerisinde 5cm.'e göre hesaplandığı ve I. Bölgede yapılan karşılaştırmada 3cm. kalınlıkta EPS ve XPS malzeme yeterli olduğu için pozların birim fiyatında değişiklikler yapılması gerekmiştir. Bu kapsamda EPS ve XPS malzemenin miktarları m<sup>3</sup> olarak hesap edilerek pozdaki miktarla arasındaki fark m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Bulunan bu m<sup>3</sup> değeri rayiç fiyatı ile çarpılarak poza ait birim fiyattan çıkarılması suretiyle 3cm.'lik yalıtımın kullanıldığı yeni birim fiyat elde edilmiştir. Tablo 5.8'de bu hesaplarda kullanılan poz ve rayiçlere ait bilgiler verilmiştir. Hesaplanan son fiyatlar toplam yalıtım maliyeti tablolarında kullanılan değerlerdir. Maliyet hesabında kullanılan bulunan son 2009 Birim Fiyatları'dır. Ayrıca Poz No'larına göre karşılaştırılan ısı yalıtım malzemelerinin Birim Fiyat Analizleri de EK-5'te yer almaktadır.

Tablolarda yer alan "Toplam Maliyet" değerlerine bakıldığında karşılaştırma yapılan ısı yalıtım malzemeleri arasında maliyeti en fazla olan Taş yünüdür. Taş yünü sırasıyla XPS, EPS ve Gazbeton izlemektedir.

Belirtmek gerekirse, maliyet kavramının yıllara göre, teknolojideki gelişmelere de bağlı olarak, değişken bir yapısı olması sebebi ile maliyet hesap ve karşılaştırmalarının çok uzun süreli bir gösterge olmadığı kaçınılmaz bir gerçektir. Bu sebeple 2009 yılı fiyatlarına göre yapılan maliyet karşılaştırmasının ileriki yıllarda değişebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Tablo 5.8 Maliyet hesabında kullanılan dış duvar ısı yalıtım malzemelerinin maliyetleri (Birim Fiyat 2009).

Poz/Rayıç No	Kısa Poz/Rayıç Tanımı	Birim	Birim Fiyat 2009 (TL)
19.055/A1	3 cm. Taş Yünü mantolama	m <sup>2</sup>	44,04
19.055/B	5 cm. EPS mantolama	m <sup>2</sup>	32,83
19.055/C1	5 cm. XPS mantolama	m <sup>2</sup>	41.68
18.118/03	10 cm. teçhizatsız hafif gaz beton izolasyon plakları	m <sup>2</sup>	16.54
04.612/2E	Polistiren Köpüğü	m <sup>3</sup>	90
04.612/4C1A	XPS (pürüzlü)	m <sup>3</sup>	225

Tablo5.9 I. Bölgede dış duvarların dıştan yalıtımında Taş Yünü kullanımında binada harcanan toplam yalıtımın maliyeti.

YALITIM YERİ/ KALINLIK	POZ / RAYIÇ NO	POZ TANIMI	BİRİM	BİRİM FİYAT (TL)	ALAN (m <sup>2</sup> )	MİKTAR	MALİYET (TL)
DÖŞEME (Toprağa temas eden) 3,5 cm XPS	19.053/2(A)	Zemine oturan döşemelerde 4 cm kalınlıkta yüzeyi düzgün ekstrüde polistren (XPS) köpük ile ısı yalıtımı yapılması (yoğunluğu 30 kg/m <sup>3</sup> ten fazla ve 200 kpa (2kg/ cm <sup>2</sup> ) basınç dayanımlı)	m <sup>2</sup>	11,5725	25	25	289,3125
TAVAN 7 cm XPS	04.612/4C2A	Ekstrüde polistren köpük (yüzeyi düzgün) 200 kPa basınç dayanımlı (2 kg/ cm <sup>2</sup> )	m <sup>3</sup>	230	25	1,75	402,5
DUVAR 3 cm TAŞ YÜNÜ	19.055/A1	3 cm kalınlıkta taşyünü ısı yalıtım levhaları ile dış duvarların dıştan ısı yalıtımı ve ısı yalıtım sıvası yapılması (mantolama)	m <sup>2</sup>	44,04	42,24	42,24	1860,25
					Toplam Maliyet : 2552,0625		

Tablo5.10 I. Bölgede dış duvarların dıştan yalıtımında Ekspande Polistiren kullanımında binada harcanan toplam yalıtımın maliyeti.

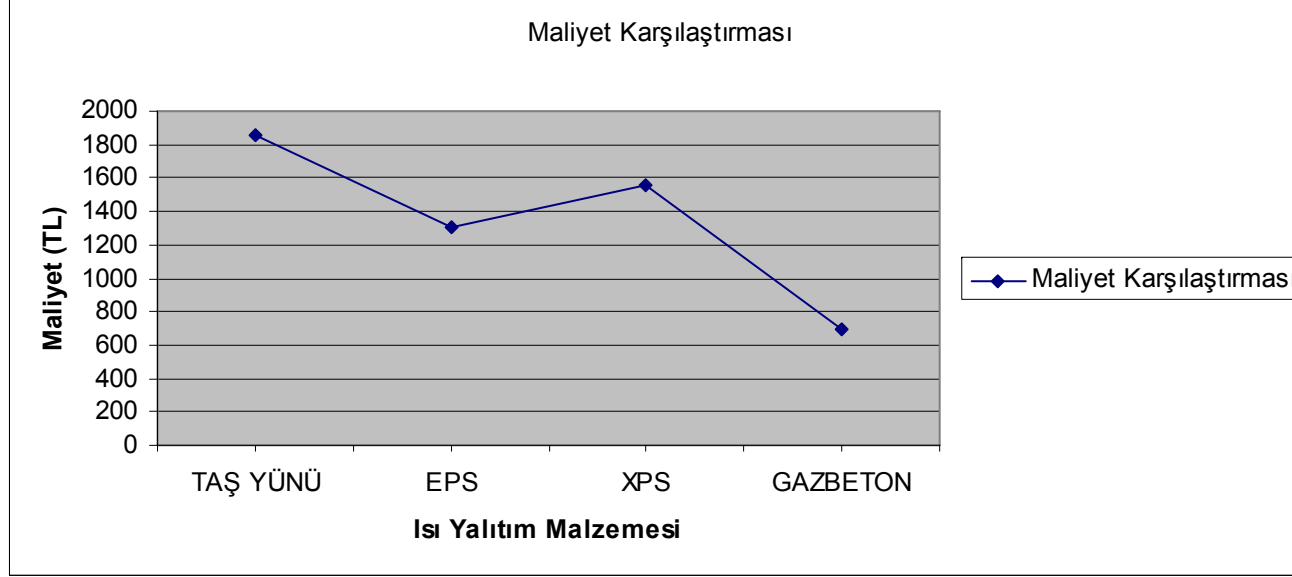
YALITIM YERİ/ KALINLIK	POZ / RAYIÇ NO	POZ TANIMI	BİRİM	BİRİM FİYAT (TL)	ALAN (m <sup>2</sup> )	MİKTAR	MALİYET (TL)
DÖŞEME (Toprağa temas eden) 3,5 cm XPS	19.053/2(A)	Zemine oturan döşemelerde 4 cm kalınlıkta yüzeyi düzgün ekstrüde polistren (XPS) köpük ile ısı yalıtımı yapılması (yoğunluğu 30 kg/m <sup>3</sup> ten fazla ve 200 kpa (2kg/ cm <sup>2</sup> ) basınç dayanımlı)	m <sup>2</sup>	11,5725	25	25	289,3125
TAVAN 7 cm XPS	04.612/4C2A	Ekstrüde polistren köpük (yüzeyi düzgün) 200 kPa basınç dayanımlı (2 kg/ cm <sup>2</sup> )	m <sup>3</sup>	230	25	1,75	402,5
DUVAR 3 cm EPS	19.055/B	5 cm kalınlıkta ekspande polistren (EPS) köpük ısı yalıtım levhaları ile dışduvarların dıştan ısı yalıtımı ve ısı yalıtım sıvası yapılması (mantolama) (16 kg/m <sup>3</sup> yoğunluğunda)	m <sup>2</sup>	30,94	42,24	42,24	1306,9056
					Toplam Maliyet : 1998,7181		

Tablo5.11 I. Bölgede dış duvarların dıştan yalıtımında Ekstrüde Polistiren kullanımında binada harcanan toplam yalıtımın maliyeti.

YALITIM YERİ/ KALINLIK	POZ / RAYIÇ NO	POZ TANIMI	BİRİM	BİRİM FİYAT (TL)	ALAN (m <sup>2</sup> )	MİKTAR	MALİYET (TL)
DÖŞEME (Toprağa temas eden) 3,5 cm XPS	19.053/2(A)	Zemine oturan döşemelerde 4 cm kalınlıkta yüzeyi düzgün ekstrüde polistren (XPS) köpük ile ısı yalıtımı yapılması (yoğunluğu 30 kg/m <sup>3</sup> ten fazla ve 200 kpa (2kg/ cm <sup>2</sup> ) basınç dayanımlı)	m <sup>2</sup>	11,5725	25	25	289,3125
TAVAN 7 cm XPS	04.612/4C2A	Ekstrüde polistren köpük (yüzeyi düzgün) 200 kPa basınç dayanımlı (2 kg/ cm <sup>2</sup> )	m <sup>3</sup>	230	25	1,75	402,5
DUVAR 3 cm XPS	19.055/C1	5 cm kalınlıkta yüzeyi pürüzlü veya pürüzlü ve kanallı ekstrüde polistren (XPS) köpük ısı yalıtım levhaları ile dış duvarların dıştan ısı yalıtımı ve ısı yalıtım sıvası yapılması (mantolama) (yüzeylere dik çekme dayanımı >= 100 kpa TR 100)	m <sup>2</sup>	36,96	42,24	42,24	1561,1904
					Toplam Maliyet : 2253,0029		

Tablo 5.12 I. Bölgede dış duvarların dıştan yalıtımında Gazbeton izolasyon plağı kullanımında binada harcanan toplam yalıtımın maliyeti.

YALITIM YERİ/ KALINLIK	POZ / RAYIÇ NO	POZ TANIMI	BİRİM	BİRİM FİYAT (TL)	ALAN (m <sup>2</sup> )	MİKTAR	MALİYET (TL)
DÖŞEME (Toprağa temas eden) 3,5 cm XPS	19.053/2(A)	Zemine oturan döşemelerde 4 cm kalınlıkta yüzeyi düzgün ekstrüde polistren (XPS) köpük ile ısı yalıtımı yapılması (yoğunluğu 30 kg/m <sup>3</sup> ten fazla ve 200 kpa (2kg/ cm <sup>2</sup> ) basınç dayanımlı)	m <sup>2</sup>	11,5725	25	25	289,3125
TAVAN 7 cm XPS	04.612/4C2A	Ekstrüde polistren köpük (yüzeyi düzgün) 200 kPa basınç dayanımlı (2 kg/ cm <sup>2</sup> )	m <sup>3</sup>	230	25	1,75	402,5
DUVAR 10 cm GAZBETON	18.118/03	10 cm kalınlıkta teçhizatsız hafif gaz beton izolasyon plakları (G2 sınıfı) ile ısıya karşı yalıtım yapılması	m <sup>2</sup>	16,54	42,24	42,24	698,6496
					Toplam Maliyet : 1390,4621		



Grafik 5.4. Dış duvarda kullanılan ısı yalıtı malzemesine göre maliyet karşılaştırması grafiği.

## BÖLÜM ALTI

### SONUÇ

Küresel ısınma, fosil yakıtların hızla tükenmesi / tüketilmesi ve her geçen gün artan enerji ihtiyacı ısı yalıtımını daha da önemli hale getirmektedir. Yapıların projelendirilmesinde ve uygulamasında görev alan mimarlar ve mühendisler, enerji korunumuna en yüksek düzeyde katkısı olacak yaklaşımlarda bulunmalıdır. Bu kapsamda ısı yalıtımının sağlıklı bir biçimde uygulanmasının sağlanması konusunda yapı sektöründe çalışanlara büyük görevler düşmektedir.

Isı yalıtımı ve enerji korunumu birbirleri ile doğru orantılı kavramlardır. Yapılarda enerjinin korunabilme koşullarının başında yapının iyi uygulanmış bir ısı yalıtım sistemine sahip olması gelmektedir. Isı yalıtım malzemeleri/ kaplamaları bina kabuğunu bir örtü gibi sararak onu dış ortam koşullarından korumaktadır.

Bu araştırmada, ısı kavramıyla ilgili genel bilgiler verilmiş, ısı yalıtım malzemelerinin özellikleri anlatılarak sınıflandırılması yapılmış, binalarda dış duvarlarda kullanılan ısı yalıtım kaplamaları tanıtılarak dış duvarlardaki uygulamalarına değinilmiştir. Elde edilen veriler ışığında TS 825 Hesap Programı'nda hesaplar yapılmış, ısı yalıtım malzemelerinin eşit korunum performansını hangi kullanım kalınlıkları ile sağladıkları belirlenmiştir. Hesaplardan elde edilen sonuçlar bir tabloda toplanmış ve grafikler oluşturularak tablodaki anlatım sadeleştirilmiştir. Araştırmada ülkemizde kullanımı en yaygın olan ısı yalıtım malzemeleri arasında yapılan maliyet karşılaştırması ile de ısı yalıtım malzemesi seçiminde önemli bir kriter olan “ucuzluk” performansına ait gösterge oluşturulması planlanmıştır. Isı yalıtım malzemesini seçen ve / veya uygulayan kişiler için yol gösterici olması (kolaylık sağlaması) açısından tez kapsamında değinilen konular tablolar yardımı ile özetlenmiştir. Bu tabloda kısaca ısı yalıtım malzemesinin özellikleri ve sınıflandırılma durumuna dair bilgiler işlenmiştir.

Karşılaştırma tablosu dış duvarlarda kullanılan ve tez kapsamında değinilen her ısı yalıtım kaplamasının özelliklerine ve ait oldukları sınıflara ait bilgiler

sunmaktadır. Excel’de hazırlanan tablo “özellik” ve “sınıflandırma” bölümleri olmak üzere yatayda iki kısma ayrılmaktadır. Aranılan “özellikler” bölümünde değinilen ve malzemelerin incelenmesi sırasında elde edilen veriler ilk yatay kısımda yer almaktadır. Her özellik için birer satır oluşturularak farklı sütunlarda yer alan malzemelerin altına elde edilen değerler girilmiştir. Yine bu bölümde satırlar arası renk farkı ile değerlerin okunmasının kolaylaştırılması planlanmıştır. Tabloda yer alan “sınıflandırma” bölümünde ise üç türde sınıflandırma açılımı yapılmış ve yine renk kullanımı yardımıyla farklı sütunlarda yer alan malzemelerin ait oldukları sınıflar belirtilmiştir. Tabloda renk kullanımı ile hem “özellik” hem de “sınıflandırma” bölümlerinin yalıtım kullanıcısı açısından rahatlıkla okunması amaçlanmıştır.

Tez kapsamında oluşturulan özellik tablosundaki ısı iletim katsayılarına bakıldığında, en iyi ısı yalıtımı sağlayan malzemenin vakum yalıtım panelleri olduğu görülmektedir. Vakum yalıtım panellerini sırasıyla poliüretan köpükler, ekstrüde polistiren köpükler, fenol köpükler ve diğer ısı yalıtım malzemeleri izlemektedir. Ancak sentetik kökenli ısı yalıtım malzemelerinin birçoğu içeriklerine yangın koruyucu kimyasallar katılsa da, yangın tehlikesi olan yapılarda gerekli önlemler alınarak kullanılmalıdır. Bunun yanında yangın tehlikesi yahut da yüksek sıcaklıkların olabileceği yapılarda kalsiyum silikatlı levhalar, taş yünü, cam yünü, cam köpüğü gibi anorganik kökenli ısı yalıtım malzemelerinin kullanılması yerinde olmaktadır.

Yapılarda önemli bir sorun olan yoğuşma ısı yalıtım malzemelerinin buhar difüzyon direnç faktörleri ile doğrudan ilgilidir. Bu açıdan bakıldığında cam köpüğü bünyesine su buharını geçirmeyen yegane ısı yalıtım malzemesi olarak yoğuşma riski olan dış duvarlarda öncelikli olarak tercih edilebilir. Vakum yalıtım panelleri, XPS ve poliüretan köpükler de buhar difüzyon direnç faktörü yüksek olan ısı yalıtım malzemelerindedir. Taş yünü, cam yünü malzemeler düşük buhar difüzyon dirençleri ile yoğuşma riskinin olduğu yapılarda ancak gerekli önlemler alınarak (örneğin; buhar tutucu malzeme ile birlikte uygulanarak) kullanılmalıdır.

Ahşap lifi levhalar, ahşap yünü levhalar gibi organik kökenli malzemeler bünyelerinde parazitleri ve haşeratları barındırabilmektedirler. Parazitler ve mikroorganizmalar malzemelerin niteliklerini yitirmelerine sebep olmaktadır. Anorganik malzemeler bünyelerinde parazit ve mikroorganizmaları barındırmama özelliği ile bu tür risklerin olduğu yapılarda tercih edilmelidir.

Yapılarda kullanılan ısı yalıtım malzemelerinin insan sağlığına ve çevreye zararsız olması istenir. Bu anlamda cam yünü, taş yünü gibi malzemeler ciltte tahrişe yol açmaları bakımından, poliüretan köpük uygulanması açısından çıkardığı zehirli gazlar sebebi ile insan sağlığına zararlı etkilere sahip olup eldiven ve maske gibi tedbirler kullanılarak uygulanmalıdır.

Hesaplamalar bölümünde elde edilen verilere ve grafiklere bakıldığında aynı enerji korunumunu sağlayan ısı yalıtım malzemelerinin kalınlıkları arasında karşılaştırma yapmak mümkün olmaktadır. Buna göre gazbeton ısı izolasyon plakalarının en fazla kalınlıkta kullanım gerekmektedir. En az kalınlıkla eşit enerji korunum performansı sağlayan ısı yalıtım malzemesi ise günümüzde halen gelişimini sürdüren ve ülkemizde kullanımı yaygın olmayan Vakum Yalıtım Panelleri (VYP) dir. Az kalınlıklarda eşit enerji korunum performansı sağlaması açısından, VYP'ini ülkemizde kullanımı yaygın olan poliüretan sert köpük, XPS ve fenol köpükler takip etmektedir. Ayrıca özellik tablosunda yer alan verilere baktığımızda yoğunluğu fazla olan gazbeton ısı izolasyon plakalarının diğer ısı yalıtım malzemelerine göre yapının yükünü arttırdığı bir gerçektir. XPS, EPS ve fenol köpük gibi ısı yalıtım malzemeleri düşük yoğunluklarda kullanılarak yapının yükünü hafifletmektedir.

Maliyet karşılaştırması bölümünde elde edilen veriler her ne kadar değişken nitelikte (yıllara göre) olsa da günümüz açısından bir değerlendirme imkânı yaratmaktadır. Günümüzde yapılan bu değerlendirmeye baktığımızda maliyeti en yüksek olan ısı yalıtım malzemesi taş yünü olarak belirlenmiştir. Taş yünü sırasıyla XPS, EPS ve gazbeton ısı izolasyon plakaları izlemektedir. Maliyet karşılaştırmasının dışında vakum yalıtım panellerinin yeni gelişim göstermesi açısından pahalı bir malzeme olduğunu da belirtmek yerinde olacaktır.

Sonuç olarak, günümüzde teknolojinin gelişmesine paralel biçimde her geçen gün daha iyi özellikte ısı yalıtım malzemelerinin üretilmesi, içinde yaşadığımız yapıların daha korunaklı ve az enerji tketer duruma gelmesine katkıda bulunmaktadır. Bu tez ısı yalıtımının tanıtılması, ısı yalıtımının gerekliliğinin bir kez daha vurgulanması ve daha temiz bir dünya için ısı yalıtımı ile sağlanan enerji korunumunu anlatarak “yapıda ısı yalıtımı” ile ilgilenen herkes için kaynak oluşturması amacı ile hazırlanmıştır.

## KAYNAKÇA

- Akıncı H. (2007). *Günümüzde Uygulanan Isı Yalıtım Malzemeleri, Özellikleri, Uygulama Teknikleri ve Fiyat Analizleri*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Sakarya: Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Eğitimi Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.
- Alma, M.H. ve Şen S. (2001). Mantar Meşesi Kabuklarından Mantar Üretimi ve Mantar Artıklarının Değerlendirilmesi. *Ekoloji Çevre Dergisi, Cilt 11* (41), 8-11. Temmuz 2009, [www.ekolojidergisi.com.tr/resimler/41-2.pdf](http://www.ekolojidergisi.com.tr/resimler/41-2.pdf).
- Altınışik, K. (2006). *Isı Yalıtımı* (1. Basım). Ankara: Nobel Basımevi.
- Anonim, (2007). *Bilim ve Sanat Terimleri Sözlüğü (II)*. Ağustos 2009, [www.tdkterim.gov.tr/?kelime=enerji&kategori=terim&hng=md](http://www.tdkterim.gov.tr/?kelime=enerji&kategori=terim&hng=md).
- Anonim, (Mayıs 2008). *TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı*. Ankara: Türk Standardları Enstitüsü.
- Anonim. (2 Mayıs 2007). Enerji Verimliliği Kanunu. *Resmi Gazete (26510)*. Haziran 2009. <http://mevzuat.dpt.gov.tr/kanun/5627.htm>.
- Anonim. (Mart 2006). *Binalarda Enerji Performansı Direktifi-2002/91/EC*. (T.S., Tağmat, Çev.) <http://mimarlarodasi.org.tr/UIKDocs%5Cenerjiperformansi.pdf>.
- Arıman, S. (2009). Enerji Verimliliğinde Politikalar ve Programlar. *Enerji Verimliliği Forumu, 15-16 Ocak 2009, İstanbul*. Ağustos 2009, <http://www.sektorelfuarcilik.com/uevf/sunumlar/pp05-02.ppt>.
- Atmaca, M. (2006). *Yapıda Isı Yalıtımı*. Ankara: Mühendislik Yayınevi.

Bayülken, Y. ve Kütükoğlu H.C. (Mayıs 2009). *Yalıtım Sektörü Envanter Araştırması (İZODER)*. Eylül 2009, [www.yapi.com.tr/Arastirmalar/yalitim-sektoru-envanter-arastirmasi\\_393.html](http://www.yapi.com.tr/Arastirmalar/yalitim-sektoru-envanter-arastirmasi_393.html).

*Birim Fiyat Analizleri*, (b.t). Eylül 2009, <http://www.birimfiyat.com/BF001.php>

Candan, N. (2007). *Isı Yalıtım Sistemleri ve Özelliklerinin Karşılaştırılması*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Sakarya: Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yapı Malzemesi Bölümü Yüksek Lisans Tezi.

Diz, T. (2008). Yeni TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları Standardı'nın Getirdikleri. *İzolasyon Dünyası (71)*, 12.

*Duvarlarda Isı Yalıtımı*, (b.t). 2008, [www.yalitim.com/isi\\_yalitimi\\_uyg\\_duvar.asp](http://www.yalitim.com/isi_yalitimi_uyg_duvar.asp)

Ecofoam, *XPS Isı Yalıtım Levhaları Ürün Kataloğu*, 2006.

Ekinci, C.E. (2003). *Yalıtım Teknikleri*. Ankara: Nobel Basımevi.

*Enerji Tasarrufu Nedir*, (b.t). Temmuz 2009. [www.eie.gov.tr/turkce/en\\_tasarrufu/konut\\_ulas/bina\\_ulas.html](http://www.eie.gov.tr/turkce/en_tasarrufu/konut_ulas/bina_ulas.html).

Evcil, N. (Şubat 2000). *Isı İzolasyonu ve Dış Duvarların Enerji Etkin Yenilenmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Bölümü Yüksek Lisans Tezi.

*Gazbeton Nedir?, Blok Duvar Uygulamaları*, (b.t). Ekim 2009, <http://www.akg-gazbeton.com/>.

*Isı Enerjisi Nedir?*, (b.t). Mayıs 2009, [http://www.enerjikaynaklari.net/keyf/isi\\_enerjisi\\_nedir?-55.html](http://www.enerjikaynaklari.net/keyf/isi_enerjisi_nedir?-55.html).

*Isı Yalıtım Malzemeleri*, (3 Ağustos 2009). Eylül 2009, [www.insaatfirmalarim.com/haber/isi-yalitimi-malzemeleri-nelerdir?-s58.html](http://www.insaatfirmalarim.com/haber/isi-yalitimi-malzemeleri-nelerdir?-s58.html)

*Isı Yalıtım Malzemelerinde Temel Seçim Kriterleri*, (b.t). Nisan 2009, [http://www.cellubor.com.tr/tr/literatur/isi\\_yalitim\\_malzemelerinde\\_temel\\_secim\\_kriterleri.doc.pdf](http://www.cellubor.com.tr/tr/literatur/isi_yalitim_malzemelerinde_temel_secim_kriterleri.doc.pdf)

*Isı Yalıtımı Temel Kavramı*, (b.t). Temmuz 2009, [www.yuzeytem.com/isi\\_1.aspx](http://www.yuzeytem.com/isi_1.aspx).

*Isı Yalıtımı*, (b.t). Temmuz 2009, [www.izoder.org.tr/isiyalitimi](http://www.izoder.org.tr/isiyalitimi).

İzocam Cam Yünü Ürün Kataloğu, 2008.

İzocam Ekspande Polistiren Ürün Kataloğu, 2008.

İzocam İzopan Ürün Kataloğu, 2009.

İzocam Optimum Ürün Kataloğu, 2009.

İzocam Taş Yünü Ürün Kataloğu, 2008.

İzocam, (bt.). *İzolasyon (Isı+Ses+Yangın)* (2.Baskı).

İzoder, (b.t). *Bina ve Tesisatta Isı Yalıtımı Genel Teknik Şartnamesi* (2. Baskı).

İzoder, (2006). *Türkiye'de Yalıtım Gerçeği* (2.Baskı). İstanbul: Modernart Reklam ve Tanıtım Hizmetleri.

Keskinkol, M. (2007). Isı Yalıtımında Unutulmaması Gereken Noktalar. *İzolasyon Dünyası* (63), 52-53.

- Kılıç, N. (2008). Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik. *Ar&Ge Bülten (2008 Kasım) –Sektörel*. Ağustos 2009, [www.izto.org.tr/NR/rdonlyres/7475BDA1-95B7-4855-B351-9ADCE4362AFE/10974/enerji\\_nurell.pdf](http://www.izto.org.tr/NR/rdonlyres/7475BDA1-95B7-4855-B351-9ADCE4362AFE/10974/enerji_nurell.pdf)
- Kulaksızoğlu, Z. (Eylül 2006). *Isı Yalıtım Sektör Araştırması*. Haziran 2008, [www.yapi.com.tr/Arastirmalar/isi-yalitim-sektor-arastirmasi\\_96.html](http://www.yapi.com.tr/Arastirmalar/isi-yalitim-sektor-arastirmasi_96.html).
- Mardav, (28 Mayıs 2009). *Dow'dan Türkiye'nin CE Belgeli Isı Yalıtım Levhası*. Eylül 2009, <http://www.mardav.com/haber.asp?HaberId=245>
- Mukhopadhyaya, P. (2006). *Yüksek Performanslı Vakum Yalıtım Panelleri* (Ö. Balioğlu, Çev). *Yalıtım Dergisi* (64), 42-52.
- Neden Thermo's Isı Yalıtım Sistemi*, (b.t). Eylül 2009, [www.thermos.com.tr/nedenthermos.htm](http://www.thermos.com.tr/nedenthermos.htm).
- Ode, Ode Isıpan (Extrüde Polistiren Köpük – XPS) Ürün Kataloğu, 2007.
- Onaylı, S. (2002). *Isı Yalıtımı ve Son Teknolojik Gelişmeler*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.
- Öz, E.S. ve Deniz E. (2006). *Vakumlama Tekniği ile Çeşitli Yalıtım Malzemeleri Kullanarak Yüksek Performanslı Yalıtım Malzemeleri Üretimi*. Zonguldak: Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Devlet Planlama Teşkilatı (D.P.T.) Projesi Sunumu. Mayıs 2008, [w3.karaelmas.edu.tr/](http://w3.karaelmas.edu.tr/).
- Özkan, K.S.L. (2005). Yüksek Performanslı Isı Yalıtım Malzemeleri. *Mühendis ve Makina Cilt 42* (501), 33-36. 2009, <http://arsiv.mmo.org.tr/pdf/00000394.pdf>.
- Poliüretan Nedir?*, (b.t). Eylül 2008, [www.izotem.com/Poliüretan%20Nedir.htm](http://www.izotem.com/Poliüretan%20Nedir.htm).

Polpan, Extrüde Polistiren Isı Yalıtım Levhaları Ürün Kataloğu, 2007.

Serpo Therm, *Dış Cephe Isı Yalıtım Sistemleri Ürün Kataloğu*, Maxit Group, 2007.

*Sıvax Isı Levha Sıvası*, (b.t). Ekim 2009, <http://www.akdenizsiva.com.tr/s6.shtml>

Şayan, U. (2005). Enerjinin Etkin Kullanımı ve Binalarda Isı Yalıtımı. *İzolasyon Dünyası* (52), 38.

*Taş Yünü*, (b.t). Ekim 2009, <http://www.makroteknik.com.tr/tr/tasyunu.asp?pn=4>.

Taşdemir, C. (b.t). *Yapılarda Isı - Nem ve Su Yalıtımı*. Mayıs 2009, <http://www.imoistanbul.org.tr/worddosya/kursnotlari/ctasdemirSunum.zip>

Toksoy, F. (1997). *Vermikülit: Mineroloji, Jeolojik Oluşum, Endüstriyel Kullanım ve Türkiye'deki Durumu*. 2. Endüstriyel Hammadde Sempozyumu, İzmir. Eylül 2009, [www.maden.org.tr/resimler/ekler/12d1f7cc7c4b41a\\_ek.pdf](http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/12d1f7cc7c4b41a_ek.pdf).

Toydemir, N., Gürdal, E., Tanaçan, L. (2000). *Yapı Elemanında Malzeme Tasarımı*. İstanbul: Mart Matbaacılık.

Türker,A. (2003). Soğuk Hat Yalıtımında Elastomerik Kauçuk Köpüğü. *VI. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, 15-18 Ekim.2003, İzmir*. Eylül 2008, [http://www.mmo.org.tr/resimler/ekler/de2724fab7fa28c\\_ek.pdf](http://www.mmo.org.tr/resimler/ekler/de2724fab7fa28c_ek.pdf)

Türkiye Gazbeton Üreticileri Birliği (TGÜB), (2004). *Gazbeton Sektörü Raporu 2004*. Eylül 2008, [http://www.yapi.com.tr/Arastirmalar/gazbeton-sektoru-raporu-2004\\_31.html](http://www.yapi.com.tr/Arastirmalar/gazbeton-sektoru-raporu-2004_31.html).

Yüzügür, G. (2007). *Isı Yalıtımı Eğitimi Sunumu*. İzmir Mimarlar Odası.

EK'LER

**EK-1 ve EK-2 HESAPLARDA KULLANILAN TS 825 -  
BİNALARDA ISI YALITIM KURALLARI HAKKINDA GENEL  
BİLGİLER\***

**\* EK-1 ve EK-2'nin tamamı TS 825 - BİNALARDA ISI YALITIM  
KURALLARI (ICS 91.120.10) - MAYIS 2008'den alınmıştır.**

## EK-1

### 2 Hesap metodu

#### 2.1 Temel bilgiler

##### 2.1.1 Isıl geçirgenlik direncinin (R) hesaplanması

###### 2.1.1.1 Tek tabakalı yapı bileşenleri

Isıl geçirgenlik direnci (R) eşitlik 1’de belirtildiği gibi, yapı bileşeninin kalınlık (d) değerinin, ısıl iletkenlik hesap değerine ( $\lambda_h$ ) bölünmesi ile hesaplanır. “ $\lambda_h$ ” değerleri Ek E’de liste hâlinde verilmiştir.

$$R = \frac{d}{\lambda_h} \quad (1)$$

Burada;

R : Isıl geçirgenlik direnci ( $m^2.K/W$ ),  
d : Yapı bileşeninin kalınlığı (m),  
 $\lambda_h$  : Isıl iletkenlik hesap değeri ( $W/m.K$ )  
dir.

###### 2.1.1.2 Çok tabakalı yapı bileşenleri

Çok tabakalı yapı bileşenlerinde ısıl geçirgenlik direnci (R), tek tek yapı elemanı kalınlıkları ( $d_1, d_2, \dots, d_n$ ) ve bu yapı elemanlarının, ısıl iletkenlik hesap değerleri ( $\lambda_{h1}, \lambda_{h2}, \dots, \lambda_{hn}$ ) kullanılarak eşitlik 2 ile hesaplanır.

$$R = \frac{d_1}{\lambda_{h1}} + \frac{d_2}{\lambda_{h2}} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_{hn}} \quad (2)$$

##### 2.1.2 Toplam ısıl geçirgenlik direncinin (1/U) hesaplanması

Bir yapı bileşeninin toplam ısıl geçirgenlik direnci (1/U), yapı bileşenlerinin ısıl geçirgenlik dirençlerine (R), yüzeysel ısıl iletim direnç değerleri ( $R_i, R_e$ ) eklenerek eşitlik 3’e göre hesaplanır.

$$\frac{1}{U} = R_i + R + R_e \quad (3)$$

Burada;

1/ U : Yapı bileşeninin toplam ısıl geçirgenlik direnci ( $m^2.K/W$ ),  
 $R_i$  : İç yüzeyin yüzeysel ısıl iletim direnci ( $m^2.K/W$ ),  
 $R_e$  : Dış yüzeyin yüzeysel ısıl iletim direnci ( $m^2.K/W$ )  
dir.

##### 2.1.3 Toplam ısıl geçirgenlik katsayısının (U) hesaplanması

### 2.1.3.1 Tek tabakalı ve çok tabakalı yapı bileşenleri

Bir yapı bileşeninin toplam ısı geçirgenlik katsayısı (U), eşitlik 3'teki denklemin aritmetik tersi alınarak eşitlik 4'e göre hesaplanır.

$$U = \frac{1}{R_i + R + R_e} \quad (4)$$

Burada ;

U : Yapı bileşeninin toplam ısı geçirgenlik katsayısı (W/m<sup>2</sup>.K)'dir.

### 2.1.6 Yapı bileşeninin ısı kaybı hesabı

Kararlı durumdaki bir ısı akış yoğunluğu (q), eşitlik 7'ye göre hesaplanır.

$$q = U \cdot (\theta_i - \theta_e) \dots\dots\dots (7)$$

Burada;

q : Isı akış yoğunluğu (W/m<sup>2</sup>),

$\theta_i$  : İç ortam sıcaklığı (°C),

$\theta_e$  : Dış ortam sıcaklığı (°C),

U : Yapı bileşeninin toplam ısı geçirgenlik katsayısı (W/m<sup>2</sup>.K)

dır.

### 2.2.1 Tek hacimli bina için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının hesabı

Binalarda tek bina bölümü için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır.

$$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} \dots\dots\dots (8)$$

$$Q_{ay} = [ H(\theta_i - \theta_e) - \eta_{ay} (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) ] \cdot t \dots\dots\dots (9)$$

Burada;

Q<sub>yıl</sub> : Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ..... (Joule),

Q<sub>ay</sub> : Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı ..... (Joule),

H : Binanın özgül ısı kaybı ..... (W/K),

$\theta_i$  : Aylık ortalama iç sıcaklık ..... (°C),

$\theta_e$  : Aylık ortalama dış sıcaklık ..... (°C),

$\eta_{ay}$  : Kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörü .. (birimsiz),

$\phi_{i,ay}$  : Aylık ortalama iç kazançlar (sabit alınabilir) ..... (W),

$\phi_{s,ay}$  : Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı..... (W),

t : Zaman, (saniye olarak bir ay = 86400 x 30)..... (s)

dir.

**Not** - 9 no'lu eşitlikte köşeli parantez içindeki ifadenin pozitif olduğu aylar için toplama yapılacaktır. Negatif olan aylar dikkate alınmaz.

Hesaplamalar aşağıda verilen işlem sırasına göre yapılmalıdır:

- Isıtılan ortamın sınırları ve gerekli ise farklı sıcaklıktaki bölgelerin veya ısıtılmayan ortamların sınırları belirlenir.
- Tek hacimli bir binada, binanın özgül ısı kaybı (H) hesaplanmalıdır (Madde 2.2.1.1).
- Aylık ortalama iç sıcaklıklar ( $\theta_i$ ) Ek B, Madde B.1'den alınmalıdır.
- Aylık ortalama dış sıcaklıklar ( $\theta_e$ ) Ek B, Madde B.2'den alınmalıdır.
- Aylık iletim ve havalandırma ile ısı kaybı “[H( $\theta_i - \theta_e$ )]” eşitliği kullanılarak hesaplanmalıdır.
- Aylık ortalama iç kazançlar ( $\phi_{i,ay}$ ) hesaplanmalıdır (Madde 2.2.1.2).
- Aylık ortalama güneş enerjisi kazançları ( $\phi_{s,ay}$ ) hesaplanmalıdır (Madde 2.2.1.3). Hesap sırasında kullanılacak ( $I_{i,ay}$ ) değerleri Ek C'den alınmalıdır.
- Aylık ortalama dış sıcaklık değerleri kullanılarak aylık kazanç/kayıp oranı (KKO) ve ısı kazancı yararlanma faktörü ( $\eta_{ay}$ ) hesaplanmalıdır (Madde 2.2.1.4).
- Aylık ortalama değerler kullanılarak, “[ $\eta_{ay} (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})$ ]” eşitliği ile faydalı kazançlar “W” cinsinden hesaplanmalıdır
- Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı eşitlik (9) 'a göre hesaplanmalıdır.
- Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı eşitlik (8) 'e göre hesaplanmalıdır.

Isıtılan binanın bölümlerinde farklı sıcaklıklar isteniyorsa, hesap Madde 2.2.3'te verilen metodlardan birine göre yapılmalıdır.

### 2.2.1.1 Binanın özgül ısı kaybının hesabı

Binanın özgül ısı kaybı (H), iletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ( $H_T$ ) ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybının ( $H_v$ ) toplanması ile bulunur.

$$H = H_T + H_v \dots\dots\dots(10)$$

#### 2.2.1.1.1 İletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybının hesabı

İletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (11) no'lu eşitlikle hesaplanır. Bu eşitlikte yapı elemanlarının bünyesinden iletilen ısı kaybına, varsa ısı köprülerinden iletilen ısı kaybı eklenir. Isı köprüsü, bitişik yüzeye göre bileşimi değişik, ısı kaybı binanın ortalama ısı kaybından daha yüksek ve kışın kararlı durum için iç yüzey sıcaklığının daha düşük olduğu bölümdür.

$$H_T = \Sigma AU + I U_l \dots\dots\dots(11)$$

$$\Sigma AU = U_D A_D + U_p A_p + U_k A_k + 0.8 U_T A_T + 0.5 U_t A_t + U_d A_d + 0.5 U_{ds} A_{ds} \dots\dots\dots(12)$$

Burada;

$U_D$  : Dış duvarın ısı geçirgenlik katsayısı .....  
W/m<sup>2</sup>K,

$U_p$  : Pencerenin ısı geçirgenlik katsayısı .....  
W/m<sup>2</sup>K,

$U_k$  : Dış kapının ısı geçirgenlik katsayısı .....  
W/m<sup>2</sup>K,

$U_T$  : Tavanın ısı geçirgenlik katsayısı.....  
 $W/m^2K$ ,  
 $U_t$  : Zemine oturan tabanın /döşemenin ısı geçirgenlik katsayısı.....  
 $W/m^2K$ ,  
 $U_d$  : Dış hava ile temas eden tabanın ısı geçirgenlik katsayısı.....  
 $W/m^2K$ ,  
 $U_{ds}$  : Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının  
ısı geçirgenlik katsayısı.....  
 $W/m^2K$ ,  
 $A_D$  : Dış duvarın alanı .....  
 $m^2$ ,  
 $A_P$  : Pencerenin alanı .....  
 $m^2$ ,  
 $A_k$  : Dış kapının alanı .....  
 $m^2$ ,  
 $A_T$  : Tavan alanı.....  
 $m^2$ ,  
 $A_t$  : Zemine oturan taban/döşeme alanı .....  
 $m^2$ ,  
 $A_d$  : Dış hava ile temas eden tabanın/döşemenin alanı.....  
 $m^2$ ,  
 $A_{ds}$  : Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının alanı.....  
 $m^2$   
dır.

**UYARI :** Çatı döşemesi doğrudan dış hava ile temas ediyorsa, eşitlikte yer alan  $U_T$ 'nin önündeki 0,8 katsayısı 1 olarak alınır.

U değerinin hesaplanması Madde 2.1'de belirtilen hesap metodu ile yapılır. Hesap yapılırken kullanılması gereken ve malzemelerin ısı iletkenliğini gösteren  $\lambda_h$  değerleri Ek E'de milli veya milletler arası standartları olan malzemeler için verilmiştir.

(11) no'lu eşitlikde "I", ısı köprüsü uzunluğunu (m cinsinden) " $U_1$ ", ısı köprüsünün doğrusal geçirgenliğini ( $W/mK$  cinsinden) göstermektedir.

Isı köprüsü olması durumunda ilgili büyüklükler TS EN ISO 10211-1, TS EN ISO 10211-2 ve TS EN ISO 14683'e göre veya TS EN ISO 6946'da verilen metot ile hesaplanmalıdır.

**Not -** Doğrudan ısı geçirgenlik katsayısının;  $\square_{i,e} < 0,1 W/m.K$  olarak hesaplandığı ayrıntılı durumlarda, ısı köprülerinin etkisi ihmal edilebilir. Bu durumda 11 no'lu eşitlikde " $U_1$ " değeri "sıfır" olarak alınır.

### 2.2.1.1.2 Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybının hesabı

Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (13) no'lu eşitlik ile hesaplanır.

$$H_v = \rho \cdot c \cdot V^1 \dots \dots \dots (13)$$

**Doğal havalandırma :**

$$H_v = \rho \cdot c \cdot V^l = \rho \cdot c \cdot n_h \cdot V_h = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h$$

Burada;

- $\rho$  : Havanın birim hacim kütlesi ..... ( $\text{kg/m}^3$ ),  
 $c$  : Havanın özgül ısısı ..... ( $\text{J/kgK}$ ),  
 $V^l$  : Hacimce hava değişim debisi ..... ( $\text{m}^3/\text{h}$ ),  
 $n_h$  : Hava değişim oranı ..... ( $\text{h}^{-1}$ ),  
 $V_h$  : Havalandırılan hacim ( $V_h = 0,8 \times V_{\text{brüt}}$ ) ..... ( $\text{m}^3$ )  
 dir.

“ $\rho$ ” ve “ $c$ ” sıcaklık ve basınca bağlı olarak az da olsa değişir, fakat aşağıdaki denklemde bu durum ihmal edilmiştir. Alınan değerler  $20^\circ\text{C}$  ve  $100\text{ kPa}$  içindir. Giren ve çıkan hava arasındaki entalpi artışı ihmal edilmiştir. 0,33 katsayısının hesabında kullanılan eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$0,33 = (\rho \cdot c / 3600) = (1,184 \cdot 1006 / 3600) = 0,33 \text{ Jh/m}^3\text{Ks} = \text{Wh/m}^3\text{K}$$

Doğal havalandırma yapılan binalarda havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı hesabında havalandırma sayısı “ $n_h$ ” değeri  $0,8 \text{ (h}^{-1}\text{)}$  olarak alınır.

**Mekanik havalandırma :**

Binada mekanik havalandırma uygulanıyorsa, hacimce hava değişim debisi aşağıdaki eşitliklerden faydalanılarak hesaplanır ve 13 nolu eşitlikte yerine konularak havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı hesaplanır.

Hacimce toplam hava değişim debisi, sistem vantilâtörleri çalışırken vantilâtörlerdeki ortalama hacimce hava değişim debisi ile, hava sızıntısı ile oluşan ilâve hacimce hava değişim debisinin toplamına eşittir:

$$V^l = V_f + V_x \text{ ..... (14)}$$

Burada;

- $V^l$  : Hacimce toplam hava değişim debisi ( $\text{m}^3/\text{h}$ ),  
 $V_f$  : Sistem vantilâtörleri çalışırken vantilâtörlerdeki ortalama hacimce hava değişim debisi ( $\text{m}^3/\text{h}$ ),  
 $V_x$  : Hava sızıntısı ile oluşan ilâve hacimce hava değişim debisi ( $\text{m}^3/\text{h}$ )  
 dir.

**Sistem sürekli ve kararlı hâlde çalışıyorsa ;** hacimce hava değişim debisi ( $V_f$ ), taze hava giriş debisi ( $V_S$ ) ile çıkış debisinden ( $V_E$ )’den büyük olana eşit alınır. “ $V_x$ ” in yaklaşık olarak hesaplanması için aşağıdaki eşitlikten yararlanır:

$$V_x = \frac{V_h \cdot n_{50} \cdot e}{1 + \frac{f}{e} \cdot \left[ \frac{V_S - V_E}{V_h \cdot n_{50}} \right]^2} \text{ ..... (15)}$$

Burada;

- $V_h$  : Havalandırılan hacim ( $\text{m}^3$ ),

$n_{50}$  : İç ve dış ortamlar arasında 50 Pa basınç farkı varken hava değişim oranı (Çizelge 3'ten alınır),  
 $f$  : Binada dış ortama açık bir yüzey varsa 15, birden fazla yüzey varsa 20 alınır,  
 $e$  : Çizelge 4 'ten alınacak katsayı,  
 $V_s$  : Dış ortamdan alınan taze hava giriş debisi ( $m^3/h$ ),  
 $V_E$  : Hava çıkış debisi ( $m^3/h$ )  
 dir.

**Çizelge 3 - İç ve dış ortamlar arasında 50 Pascal basınç farkı varken, oluşan hava değişim oranı**

Katta çok dairesel binalar	Katta tek dairesel binalar	Bina zarfının sızdırmazlık durumu
$n_{50} < 2$	$n_{50} < 4$	Yüksek
$2 \leq n_{50} \leq 5$	$4 \leq n_{50} \leq 10$	Orta
$5 < n_{50}$	$10 < n_{50}$	Düşük

**Çizelge 4 - Bina sınıfı ve "e" değerleri**

Bina sınıfı	"e" değeri	
	Birden fazla dışa açık yüzey	Dışa açık bir yüzey
Açık alandaki binalar veya şehir içindeki 10 kattan daha yüksek binalar	0,10	0,03
Kırsal alandaki binalar	0,07	0,02
Şehir merkezlerindeki 10 kattan daha az katlı binalar	0,04	0,01

**Binadaki havalandırma sistemi zaman zaman kapatılıyorsa ;** hacimce hava değişim debisi için aşağıdaki eşitlik kullanılır:

$$V^I = V_0 (1-\beta) + (V_f + V_x).\beta$$

Burada;

$V_0$  : Vantilâtorlerin çalışmadığı durum için hacimce hava değişim debisi,

$\beta$  : Vantilâtorlerin çalıştığı zaman oranı

dir.

Mekanik sistem farklı " $V_f$ " 'ler için tasarlanmışsa, " $V_f$ " olarak ortalama değer kullanılır.

Mekanik havalandırma sistemi dışarı atılan havadaki ısı enerjisi ortama gönderilen havanın ön ısıtmasını sağlamak amacıyla kullanılacak bir ısı değiştiricisine (eşanjörüne) ve geri kazanım sistemine sahip ise; mekanik havalandırma ile meydana gelecek ısı kayıplarının hesaplanmasında bir azaltma faktörünün kullanılması gerekir. Bu amaçla hacimce hava değişim debisinin hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik kullanılır.

$$V^l = V_f (1 - \eta_v) + V_x$$

Burada;

$\eta_v$  : Havadan havaya ısı geri kazanım sisteminin verimidir.

Yukarıdaki eşitlik, ısı geri kazanım sistemi dışarı atılan havadan alınan ısı enerjisini, sıcak su sistemine veya ısı pompası gibi bir başka sistem aracılığıyla ısıtma sistemine iletiyorsa kullanılmaz. Bu durumlarda azaltma, ilgili sistemin enerji tüketiminin hesaplanması sırasında dikkate alınmalıdır.

**Not** - Mekanik havalandırma tesisatı ve havalandırma ihtiyacı ile ilgili hesaplamalar yapılırken gerekli olan bina kabuğuna ait ısı geçirgenlik katsayıları için hesaplanmış kesin değerler olmadığında Madde A.3'te verilen U değerleri kullanılır.

### 2.2.1.2 Aylık ortalama iç kazançlar ( $\phi_{i,ay}$ )

İç kazançlar aşağıda verilenleri kapsar:

- İnsanlardan kaynaklanan metabolik ısı kazançları,
- Sıcak su sisteminden kaynaklanan ısı kazançları,
- Yemek pişirme işleminden kaynaklanan ısı kazançları,
- Aydınlatma sisteminden kaynaklanan ısı kazançları,
- Binalarda kullanılan muhtelif elektrikli cihazlardan kaynaklanan ısı kazançları.

Ortalama değerler ile çalışılması hâlinde, aydınlatma dışındaki ortalama değerler yıl boyunca hemen hemen sabittir. Bu standardda aydınlatmadan kaynaklanan kazançlar da sabit kabul edilmiştir ve her bir kaynak için alınacak değerler aşağıda verilmiştir.

Konutlarda, okullarda ve normal donanımlı (büro binaları vb.) binalarda iç kazançlar olarak birim kullanım alanı başına en fazla  $5 \text{ W/m}^2$  alınırken; yemek fabrikaları gibi pişirme işleminin ağırlıklı olduğu binalarda, normalin üstünde elektrikli cihaz çalıştırılan binalarda (aydınlatmanın sadece elektrikle sağlandığı binalar, tekstil atölyeleri, vb.) veya etrafa ısı veren sanayi cihazların kullanıldığı binalarda, iç kazançlar için birim döşeme alanı başına en fazla  $10 \text{ W/m}^2$  değeri alınır.

Konutlarda, okullarda ve normal donanımlı binalarda ..  $\phi_{i,ay} \leq 5 \times A_n$  (W)

Yüksek iç enerji kazançlı binalarda .....  $\phi_{i,ay} \leq 10 \times A_n$  (W)

$A_n$  : Bina kullanım alanı ( $\text{m}^2$ )

$$A_n = 0,32 \times V_{\text{brüt}} \dots\dots\dots (16)$$

$V_{\text{brüt}}$  : Binanın ısıtılan brüt hacmi ( $\text{m}^3$ )

### 2.2.1.3 Aylık ortalama güneş enerjisi kazançları ( $\phi_{s,ay}$ )

Bu madde pencerelerden sağlanan doğrudan güneş ışınımının hesaplanmasını tarif etmektedir. Pasif güneş enerjisi sistemlerinden sağlanacak kazançlar ihmal edilmiştir.

Aylık ortalama güneş enerjisi kazançları ( $\phi_{s,ay}$ ); TS EN 832’de verilen ayrıntılı hesaplama metodu uygulanarak hesaplanabileceği gibi, binanın durumuna bağlı olarak Çizelge 5’te verilen gölgelenme faktörü ( $r_{i,ay}$ ) değerleri doğrudan alınıp 17 no’lu eşitlik kullanılarak da hesaplanabilir.

Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı ( $\phi_{s,ay}$ ) aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$\phi_{s,ay} = \sum r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i \dots\dots\dots (17)$$

Burada;

$r_{i,ay}$  : “i” yönünde saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü,  
 $g_{i,ay}$  : “i” yönündeki saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü,  
 $I_{i,ay}$  : “i” yönünde dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti ( $W/m^2$ ),  
 $A_i$  : “i” yönündeki toplam pencere alanı ( $m^2$ )  
 dır.

$I_{i,ay}$  değerleri Ek C’den alınır.

**Çizelge 5 - Saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü ( $r_{i,ay}$ )**

	$r_{i,ay}$
Ayrık (müstakil) ve/veya az katlı (3 kata kadar) binaların bulunduğu yönlerde	0,8
Ağaçlardan kaynaklanan gölgelenmenin olduğu ve/veya 10 kata kadar yükseklikteki binaların bulunduğu yönlerde	0,6
Bitişik nizam ve/veya 10 kattan daha yüksek binaların bulunduğu yönlerde	0,5

**Güneş enerjisi geçirme faktörü :**

$$g_{i,ay} = F_w \cdot g_{\perp} \dots\dots\dots (18)$$

Burada;

$F_w$  : Camlar için düzeltme faktörüdür.  $F_w = 0,8$  alınır  
 $g_{\perp}$  : Laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörüdür.

Ölçü değerlerinin olmaması durumunda “ $g_{\perp}$ ” için aşağıdaki değerler kullanılabilir.

**Çizelge 6 - Laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörü**

Cam türü	$g_{\perp}$
Renksiz tek cam için	0,85
Renksiz yalıtım camı birimi için	0,75
* Isıl geçirgenlik katsayısı $2 W/m^2K$ ’den daha küçük olan diğer ısı yalıtım birimleri için	0,50

\* Isıl geçirgenlik katsayısı  $2 W/m^2K$ ’den daha küçük olan diğer ısı yalıtım birimleri için imalatçı firma tarafından belgelendirilmiş geçirme faktörü ( $g_{\perp}$ ) varsa, beyan edilen bu değer alınarak hesaba katılır.

**EK-2****Ek A****A.1 En büyük ve en küçük  $A_{top}/V_{brüt}$  oranları için ısıtma enerjisi değerleri**

		A/V < 0,2 için	A/V > 1,05 için	
1. Bölge	$A_n$ ile ilişkili $Q'_{1.DG} =$	19,2	56,7	kWh/m <sup>2</sup> ,yıl
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{1.DG} =$	6,2	18,2	kWh/m <sup>3</sup> ,yıl
2. Bölge	$A_n$ ile ilişkili $Q'_{2.DG} =$	38,4	97,9	kWh/m <sup>2</sup> ,yıl
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{2.DG} =$	12,3	31,3	kWh/m <sup>3</sup> ,yıl
3. Bölge	$A_n$ ile ilişkili $Q'_{3.DG} =$	51,7	116,5	kWh/m <sup>2</sup> ,yıl
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{3.DG} =$	16,6	37,3	kWh/m <sup>3</sup> ,yıl
4. Bölge	$A_n$ ile ilişkili $Q'_{4.DG} =$	67,3	137,6	kWh/m <sup>2</sup> ,yıl
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{4.DG} =$	21,6	44,1	kWh/m <sup>3</sup> ,yıl

**A.2 Bölgelere ve ara değer  $A_{top}/V_{brüt}$  oranlarına bağlı olarak sınırlandırılan  $Q^I$ 'nin hesaplanması**

1. Bölge	$A_n$ ile ilişkili $Q'_{1.DG} = 44,1 \times A/V + 10,4$ [kWh/m <sup>2</sup> ,yıl]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{1.DG} = 14,1 \times A/V + 3,4$ [kWh/m <sup>3</sup> ,yıl]
2. Bölge	$A_n$ ile ilişkili $Q'_{2.DG} = 70 \times A/V + 24,4$ [kWh/m <sup>2</sup> ,yıl]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{2.DG} = 22,4 \times A/V + 7,8$ [kWh/m <sup>3</sup> ,yıl]
3. Bölge	$A_n$ ile ilişkili $Q'_{3.DG} = 76,3 \times A/V + 36,4$ [kWh/m <sup>2</sup> ,yıl]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{3.DG} = 24,4 \times A/V + 11,7$ [kWh/m <sup>3</sup> ,yıl]
4. Bölge	$A_n$ ile ilişkili $Q'_{4.DG} = 82,8 \times A/V + 50,7$ [kWh/m <sup>2</sup> ,yıl]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{4.DG} = 26,5 \times A/V + 16,3$ [kWh/m <sup>3</sup> ,yıl]

**A.3 Bölgelere göre en fazla değer olarak kabul edilmesi tavsiye edilen U değerleri**

	$U_D$ (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	0,70	0,45	0,70	2,4
2. Bölge	0,60	0,40	0,60	2,4
3. Bölge	0,50	0,30	0,45	2,4
4. Bölge	0,40	0,25	0,40	2,4

\* : Pencerelemlerin ısıll geçirgenlik katsayıları(  $U_p$ ) Madde A.3'te ve Madde A.4'te verilmiş olup pencerelemlerden olan ısı kayıplarının en aza indirilmesi açısından  $U_p$  değerinin kaplamalı camlar kullanılarak  $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'e kadar dūřurūlecek şekilde tasarımılanması tavsiye edilir. Dięer kapı ve pencere tūrleri için TS 2164'te verilen 11.05.2000 revizyon tarihli izelge 6a ve izelge 6b kullanılarak ısıll geçirgenlik katsayıları bulunur ve hesaba katılır. Bazı pencere tipleri için TS 2164'ten faydalanılarak bulunan  $U_p$  değerleri Madde A.4'te verilmiştir.

#### A.4 Bazı pencere sistemlerinin $U_p$ değerleri

Tūrkiye'deki ısıll bōlgelerine uygun cam seçiminde kullanılmak ūzere hazırlanmıř pencere ısıll geçirgenlik ( $U_p$ ) katsayıları $\text{W/m}^2\text{K}$		TEK CAMLI PENCERE	ÇİFT CAMLI PENCERE (kaplamasız cam)				ÇİFT CAMLI LOW-E KAPLAMALI PENCERE			
			ARA BOşLUK (mm)				ARA BOşLUK (mm)			
			6	9	12	16	6	9	12	16
	DOğRAMASIZ	5,7	3,3	3,0	2,9	2,7	2,6	2,1	1,8	1,6
D O ę R A M A  T İ P İ	AHşAP DOğRAMA (meşe, dişbudak/sert ağaçlar)	5,1	3,3	3,1	3,0	2,8	2,8	2,3	2,2	2,0
	AHşAP DOğRAMA (iğne yapraklı yumuşak ağaçlar)	4,9	3,1	2,9	2,8	2,6	2,6	2,2	2,0	1,8
	PLASTİK DOğRAMA (2 odacıklı)	5,2	3,4	3,2	3,0	2,9	2,9	2,4	2,3	2,1
	PLASTİK DOğRAMA (3 odacıklı)	5,0	3,2	3,0	2,8	2,7	2,7	2,2	2,1	1,9
	ALŪMİNYUM DOęRAMA	5,9	4,0	3,9	3,7	3,6	3,6	3,1	3,0	2,8
	ALŪMİNYUM DOęRAMA (yalıtım kōprūlū)	5,2	3,4	3,2	3,0	2,9	2,9	2,4	2,3	2,1

#### Açıklamalar

- Bu izelge 11 Mayıs 2000 tarihinde revize edilen TS 2164 izelge 6a ve izelge 6b esas alınarak hazırlanmıştır.
- Bu izelgede yer almayan diğer pencere sistemlerine ait ısıll geçirgenlik katsayıları TS 2164'te verilen izelge 6a ve izelge 6b'den yararlanılarak bulunabilir.

**EK-2****Ek B****B.1 Farklı amaçlarla kullanılan binalar için hesaplamalarda kullanılacak aylık ortalama iç sıcaklık değerleri [ $\theta_i$  (°C)]**

	Isıtılacak binanın adı	Sıcaklığı (°C)
1	Konutlar	19
2	Yönetim binaları	
3	İş ve hizmet binaları	
4	Otel, motel ve lokantalar	20
5	Öğretim binaları	
6	Tiyatro ve konser salonları	
7	Kışlalar	
8	Ceza ve tutuk evleri	
9	Müze ve galeriler	
10	Hava limanları	22
11	Hastaneler	
12	Yüzme havuzları	26
13	İmalat ve atölye mahalleri	16

**B.2 Farklı derece gün (dg) bölgeleri için ısı kaybı ve yoğuşma hesaplamalarında kullanılacak aylık ortalama dış sıcaklık değerleri [ $\theta_e$  (°C)]**

	1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge	4. Bölge
OCAK	8,4	2,9	-0,3	-5,4
ŞUBAT	9,0	4,4	0,1	-4,7
MART	11,6	7,3	4,1	0,3
NİSAN	15,8	12,8	10,1	7,9
MAYIS	21,2	18,0	14,4	12,8
HAZİRAN	26,3	22,5	18,5	17,3
TEMMUZ	28,7	24,9	21,7	21,4
AĞUSTOS	27,6	24,3	21,2	21,1
EYLÜL	23,5	19,9	17,2	16,5
EKİM	18,5	14,1	11,6	10,3
KASIM	13,0	8,5	5,6	3,1
ARALIK	9,3	3,8	1,3	-2,8

## EK C

**Bütün derece gün bölgeleri için hesaplamalarda kullanılacak olan ortalama aylık güneş ışınımı şiddeti değerleri [W/m<sup>2</sup>]**

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
I güney =	72	84	87	90	92	95	93	93	89	82	67	64
I kuzey =	26	37	52	66	79	83	81	73	57	40	27	22
I batı/doğu =	43	57	77	90	114	122	118	106	81	59	41	37

**Not -** Ara yönlerin aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti değerleri olarak, hakim yönlerin değerleri, yatay camlamalarda ise Güney yönü için verilen değerler alınır.

## EK-2

ICS 91.120.10

TÜRK STANDARDI

TS 825/Mayıs 2008

**Ek D**  
**İllere göre derece gün bölgeleri**

<b>1. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ</b>				
ADANA	AYDIN	MERSİN	OSMANIYE	
ANTALYA	HATAY	İZMİR		
<b>İli 2. Bölgede olupda kendisi 1.Bölgede olan belediyeler</b>				
AYVALIK (Balıkesir)	DALAMAN (Muğla)	FETHİYE (Muğla)	MARMARİS(Muğla)	
BODRUM (Muğla)	DATÇA (Muğla)	KÖYCEĞİZ (Muğla)	MİLAS (Muğla)	
GÖKOVA (Muğla)				
<b>2. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ</b>				
SAKARYA	ÇANAKKALE	KAHRAMAN MARAŞ	RİZE	TRABZON
ADYAMAN	DENİZLİ	KİLİS	SAMSUN	YALOVA
AMASYA	DIYARBAKIR	KOCAELİ	SİİRT	ZONGULDAK
BALIKESİR	EDİRNE	MANİSA	SINOP	DÜZCE
BARTIN	GAZİ ANTEP	MARDİN	ŞANLI URFA	
BATMAN	GİRESUN	MUĞLA	ŞIRNAK	
BURSA	İSTANBUL	ORDU	TEKİRDAĞ	
<b>İli 3. Bölgede olupda kendisi 2.Bölgede olan belediyeler</b>				
HOPA (Artvin)	ARHAVİ (Artvin)			
<b>İli 4. Bölgede olupda kendisi 2.Bölgede olan belediyeler</b>				
ABANA(Kastamonu)	BOZKURT (Kastamonu)	ÇATALZEYTİN (Kastamonu)		
İNEBOLU (Kastamonu)	CİDE (Kastamonu)	DOĞANYURT (Kastamonu)		
<b>3. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ</b>				
AFYON	BURDUR	KARABÜK	MALATYA	
AKSARAY	ÇANKIRI	KARAMAN	NEVŞEHİR	
ANKARA	ÇORUM	KIRIKKALE	NİĞDE	
ARTVIN	ÉLAZİĞ	KIRKLARELİ	TOKAT	
BİLECİK	EŞKİŞEHİR	KIRŞEHİR	TUNCELİ	
BİNGÖL	İĞDIR	KONYA	UŞAK	
BOLU	İSPARTA	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)				
<b>4. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ</b>				
AĞRI	ERZURUM	KAYSERİ		
ARDAHAN	GÜMÜŞHANE	MUŞ		
BAYBURT	HAKKÂRİ	SİVÂS		
BİTLİS	KARS	VAN		
ERZİNCAN	KASTAMONU	YOZGAT		
<b>İli 2. Bölgede olupda kendisi 4.Bölgede olan belediyeler</b>				
KELES (Bursa)	ŞEBİNKARAHİSAR (Giresun)	ELBİSTAN (K.Maraş)	MESUDİYE (Ordu)	
ULUDAĞ (Bursa)	AFŞİN (K.Maraş)	GÖKSUN (K.Maraş)		
<b>İli 3. Bölgede olupda kendisi 4.Bölgede olan belediyeler</b>				
KİĞİ (Bingöl)	PÜLÜMÜR (Tunceli)	SOLHAN (Bingöl)		

Not - Ek'te adı bulunmayan yerleşim birimleri, bağlı oldukları belediyenin bölgesinde sayılır.

## EK-2

ICS 91.120.10

TÜRK STANDARDI

TS 825/Mayıs 2008

**Ek I**  
**(Bilgi için)**  
**Binanın özgül ısı kaybı hesaplama çizelgesi**

Binadaki yapı elemanları		Yapı elemanı kalınlığı	Isıl iletkenlik hesap değeri $\lambda_n$ (W/mK)	Isıl iletkenlik direnci $R$ ( $m^2K/W$ )	Isı geçirgenlik katsayısı $U$ ( $W/m^2K$ )	Isı kaybedilen yüzey $A_s$ ( $m^2$ )	Isı kaybı $A \times U$ W/K
Duvar yüzeyleri							
Toplam							
Betonarme yüzeyler							
Toplam							
Taban/döşeme							
Toplam							
Tavan							
Toplam							
Dış kapı							
Pencere							
Yapı elemanlarından iletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı toplamı =							
$\Sigma AU = U_D A_D + U_P A_P + 0,8 U_T A_T + 0,5 U_I A_I + U_G A_G + \dots$ $\Sigma AU =$ Özgül ısı kaybı ; $H = H_T + H_V$				İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $H_T = \Sigma AU + I U_i$ Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_V = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h = \dots\dots\dots W/K$			
$H = H_T + H_V = \dots\dots\dots W/K$							

## EK-2

ICS 91.120.10

TÜRK STANDARDI

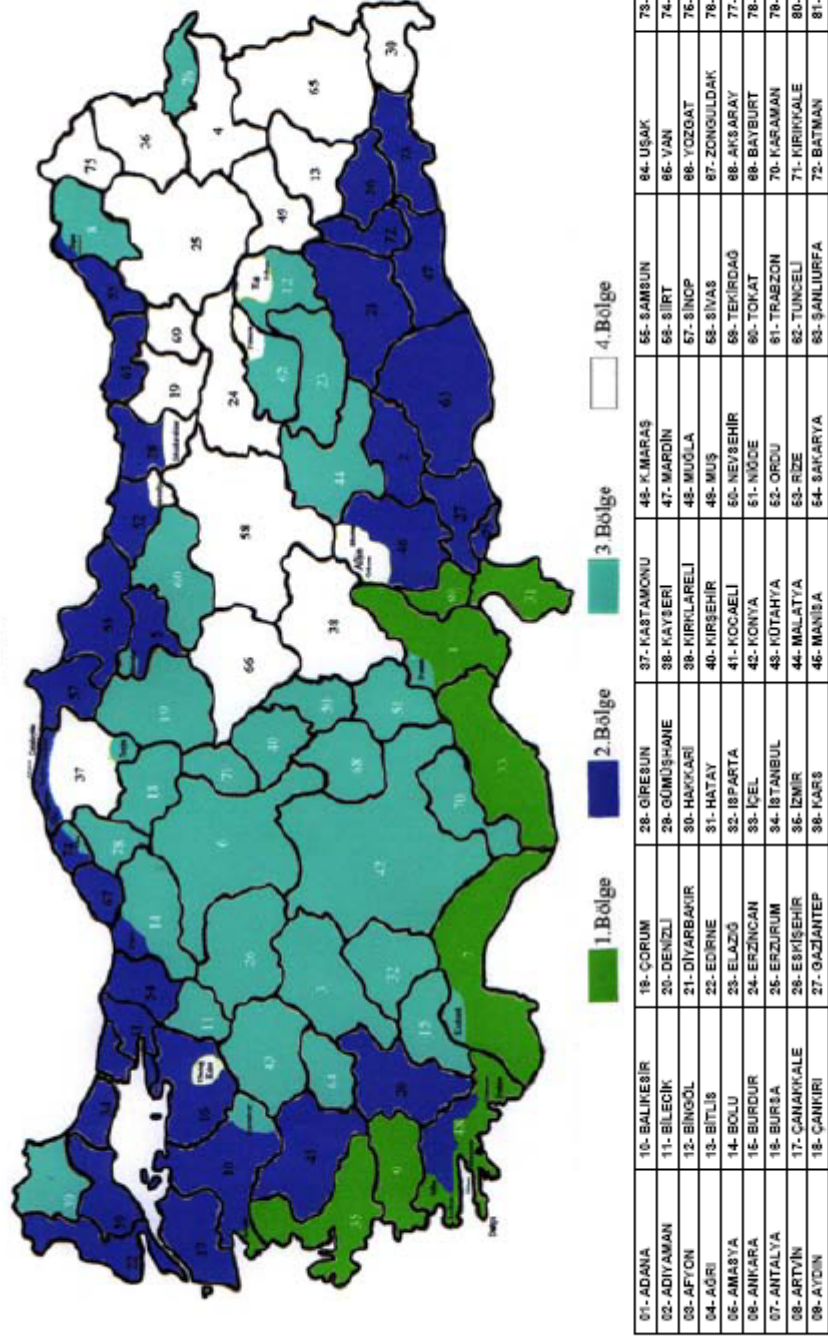
TS 825/Mayıs 2008

**Ek J**  
**(Bilgi için)**

**Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplama çizelgesi**

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H=H_1+H_v$ (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									
Şubat									
Mart									
Nisan									
Mayıs									
Haziran									
Temmuz									
Ağustos									
Eylül									
Ekim									
Kasım									
Aralık									
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t$ (Joule)							$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} =$		
<p>Toplam ısı kaybı <math>Q_{yıl} = 0,278 \times 10^{-3} \times \dots</math> (kj) = .....kWh</p> <p>Konutlar için iç ısı kazancı <math>\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n</math> (W)</p> <p>Güneş enerjisi kazancı <math>\phi_{s,ay} = \sum f_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i</math></p> <p>Kazanç kayıp oranı <math>KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})</math></p> <p>Kazanç kullanım faktörü <math>\eta_{ay} = 1 - e^{-(1/KKO_{ay})}</math></p> <p>Örnek binadaki kullanım alanı <math>A_n</math> başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı;  <math>Q = Q_{yıl}/A_n = \dots</math> kWh/m<sup>2</sup> <math>A_n = 0,32 V_{brüt} = \dots</math> m<sup>2</sup></p> <p>Örnek binadaki ısıtılan yapı hacmi (<math>V_{brüt}</math>) başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı <math>Q = Q_{yıl}/V_{brüt}</math>  <math>A_{top}/V_{brüt} = \dots</math> oranı ..... bölge için Ek A'dan alınan <math>Q' = \dots</math> eşitliğinde yerine konduğunda örnek bina için olması gereken en büyük ısı kaybı <math>Q' = \dots</math> kWh/m<sup>2</sup> veya <math>Q = \dots</math> kWh/m<sup>3</sup> bulunur ve hesaplanan <math>Q</math> ile karşılaştırılarak projenin ısı kaybı açısından uygunluğu tanımlanır.</p> <p>Yapılan hesaplamada .....&lt;..... yani <math>Q &lt; Q'</math> olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının olması gereken en büyük değerinin altında olduğu görülmektedir. O halde bu proje, bu standardda verilen hesap metoduna uygundur.</p>									

**Ek K**  
**(Bilgi için)**  
**Derece gün bölgelerine göre illerimiz**



**EK- 3 – TS 825 HESAPLAMA PROGRAMI'NDA HAZIRLANAN  
HESAP ÖRNEĞİ**

Dosya Düzen Özel Fonksiyonlar Yardım

**Veri Girişleri**

Proje

Dosya Aç

Yeni Proje Oluştur

**Proje Bilgileri**

Duvar

Tavan

Taban

Pencere

Kapı

Güneş Enerjisi Kazancı

**Binanın**

Sahibi : Güler

Bina Tipi : **İmalat ve Atölye Mahalleri**

Kat Adedi : 1

**Arsanın**

İli : **İZMİR**

İlçesi : MERKEZ

Mahallesi :

Sokağı :

Pafta :

Ada :

Parsel :

İmza :

**Isı Yalıtım Projesi Yapanın**

Adı Soyadı : Güler KİPER YILMAZ

Ünvanı : Mimar

Sicil No : 35023

Kuruluşu :

**Hesaplama Bilgileri**

**Net Oda Yüksekliği**

≤2,6 m

>2,6 m

**Havalandırma Tipi**

Doğal

Mekanik

$\theta_i$  : 16 °C

$H_T$  : 62,8 W/K

$H_V$  : 13,728 W/K

$H$  : 76,528 W/K

$n_h$  : 0,8

$A_{top}$  : 98 m<sup>2</sup>

$AV$  : 1,507 m<sup>-1</sup>

$V_{brüt}$  : 65 m<sup>3</sup>

**Enerji kullanımı - İç ısı kazançları**

Normal (Konutlarda, okullarda ve normal donanımlı büro binaları vb.)

Yüksek (Yemek fabrikaları, aydınlatmanın sadece elektrik ile sağlandığı binalar vb.)

**Geri Ödeme Süresi Hesap Bilgileri**

$U_p$  : W/m<sup>2</sup>K Yalıtımsız durumdaki pencerenin ısı geçirgenlik değeri

Proje Bilgilerinin girilmesi.

Dosya Düzen Özel Fonksiyonlar Yardım

**Veri Girişleri**

Proje

Duvar

Tavan

Kırma Çatı (Kullanılan Çatı Arası)

Kırma Çatı (Kullanılmayan Çatı Arası)

Taban

Pencere

Kapı

Güneş Enerjisi Kazancı

**Hesaplamaya Katılacak Malzemeler**

Liste Adı : TERAS\_CATI\_XPS Ekle Sil Asmolen

No	d(m)	Malzemenin Cinsi veya bileşenin Çeşidi	Isıl İletkenlik Hesap	$\mu$
1	0,02	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	1	15
2	0,15	5.1.1 Donatılı	2,5	80
3	0,03	5.1.2 Donatısız	1,65	70
4	0,003	9.2.3.2 PVC örtü	0,19	42000
5	0,07	10.3.2.1.2 Ekstrüde polistren köpüğü - TS 21989 EN 13164e uygu	0,035	80
6	0,003	9.2.2.1.1 Bitümlü karton	0,19	2000

**Malzemeler**

Malzeme veya Bileşenin Çeşidi	Birim Hacim Kütle (1,2)	Isıl İletkenlik Hesap De...	Su Buharı Difüzyo...
+ 1 Doğal Taşlar			
+ 2 Doğal Zeminler (Doğal Nemlikte)			
+ 3 Dökme Malzemeler (Hava kurusunda, ...			
+ 4 Sıvalar,Şaplar Ve Diğer Harç Tabakaları			
+ 5 Beton Yapı Elemanı (Bu bölümde yer a...			
+ 6 Yapı Plakları ve Levhalar			
+ 7 Kargir Duvarlar(Harç fugaları - derzler...			
+ 8 Ahşap ve Ahşap Mamulleri			
+ 9 Kaplamalar			
+ 10 Isı Yalıtım Malzemeleri			
+ 11 TS 2164 Bileşenleri			

**Tavsiye Edilen U Değerleri**

BÖLGE	U <sub>Duvar</sub>	U <sub>Tavan</sub>	U <sub>Taban</sub>	U <sub>Pencere</sub>
1. Bölge	0,7	0,45	0,7	2,4
2. Bölge	0,6	0,4	0,6	2,4
3. Bölge	0,5	0,3	0,45	2,4
4. Bölge	0,4	0,25	0,4	2,4

Alan : 25 U Değeri : 0,43

**Tavan (Teras Çatı)**

**Kesit Görüntüsü**

Tavana ait bilgilerin girilmesi

Veri Girişleri

Hesaplama Katılacak Malzemeler

Liste Adı : DOSEME\_ZEMIN

No	h (m)	Malzemenin Cinsi veya Bileşenin Çeşidi	Isıl İletkenlik Hesap	μ
1	0,01	9.1.3 Sentetik malzemeden kaplamalar (örneğin PVC)	0,23	50000
2	0,05	4.6 Çimento harçlı şap	1,4	15
3	0,035	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS 11989 EN 13164e uygu	0,03	80
4	0,006	9.2.2.1.4 Cam tülü armatürlü polimer bitümlü membran	0,19	14000
5	0,04	4.6 Çimento harçlı şap	1,4	15
6	0,1	5.3.1.2 Gözeneksiz agregalar kullanılarak yapılmış betonlar	1,1	3

Malzemeler

Malzeme veya Bileşenin Çeşidi	Birim Hacim Kütle (1,2)	Isıl İletkenlik Hesap De...	Su Buharı Difüzyo...
+ 1 Doğal Taşlar			
+ 2 Doğal Zeminler (Doğal Nemlikte)			
+ 3 Dökme Malzemeler (Hava kurusunda, ...)			
+ 4 Sıvalar,Şaplar Ve Diğer Harç Tabakaları			
+ 5 Beton Yapı Elemanı (Bu bölümde yer a...			
+ 6 Yapı Plakları ve Levhalar			
+ 7 Kargir Duvarlar(Harç fugaları - derzler...			
+ 8 Ahşap ve Ahşap Mamulleri			
+ 9 Kaplamalar			
+ 10 Isı Yalıtım Malzemeleri			
+ 11 TS 2164 Bileşenleri			

Tavsiye Edilen U Değerleri

BÖLGE	U Duvar	U Tavan	U Taban	U Pencere
1. Bölge	0,7	0,45	0,7	2,4
2. Bölge	0,6	0,4	0,6	2,4
3. Bölge	0,5	0,3	0,45	2,4
4. Bölge	0,4	0,25	0,4	2,4

Alan : 25 U Değeri : 0,638

Hesapla

Taban (Toprağa Temas Eden)

Kesit Görüntüsü

Tabana ait bilgilerin girilmesi

Veri Girişleri

Adı : Dış Pencere1

Alan : 3,6 U Değeri : 1,9

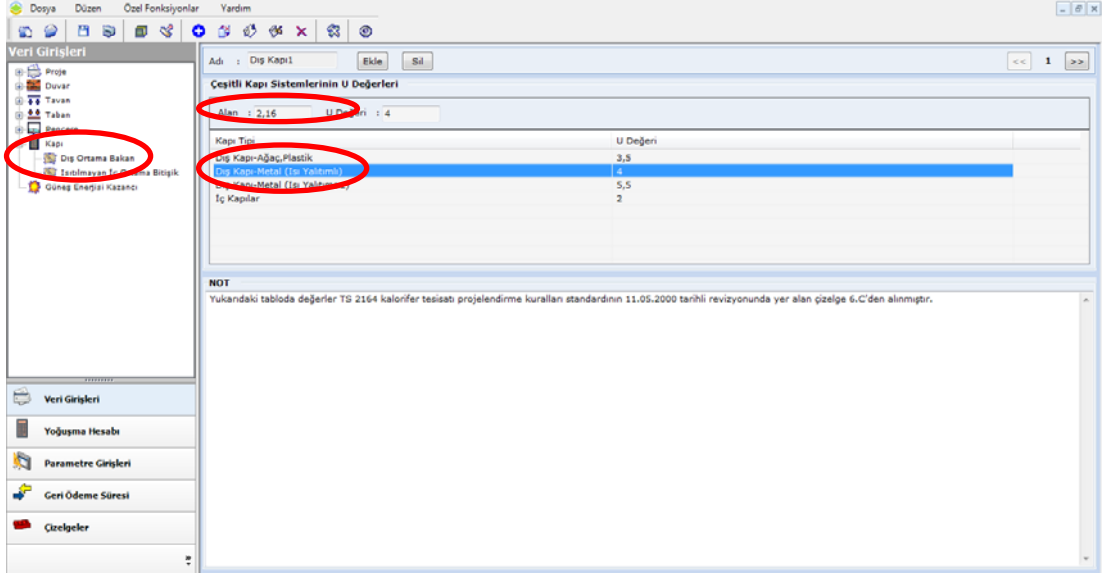
Pencere Tipi : Cam Tipi :

Cam Tipi	Tebk Cam	Çift Camlı Pencere (Kaplama Cam)				Çift Camlı Lamine Kaplamalı Pencere			
		5	6	8	10	5	6	8	10
Doğramasız Camlar	5,7	3	3	2,9	2,7	2,6	2,1	1,8	1,6
Ahşap Doğrama (Meşe,Dişbudak-Sert Ağaçlar)	5,1	3,3	3,1	3	2,8	2,8	2,3	2,2	2
Ahşap Doğrama (İğne Yapraklı Yumuşak Ağaçlar)	4,9	3,1	2,9	2,8	2,6	2,6	2,2	2	1,8
Plastik Doğrama (İki Odacıklı)	5,2	3,4	3,2	3	2,9	2,9	2,4	2,3	2,1
Plastik Doğrama (Üç Odacıklı)	5	3,2	3	2,8	2,7	2,7	2,2	2,1	1,9
Alüminyum Doğrama	5,9	4	3,9	3,7	3,6	3,6	3,1	2,9	2,7
Alüminyum Doğrama (Yalıtım Köprülü)	5,2	3,4	3,2	3	2,9	2,9	2,4	2,3	2,1

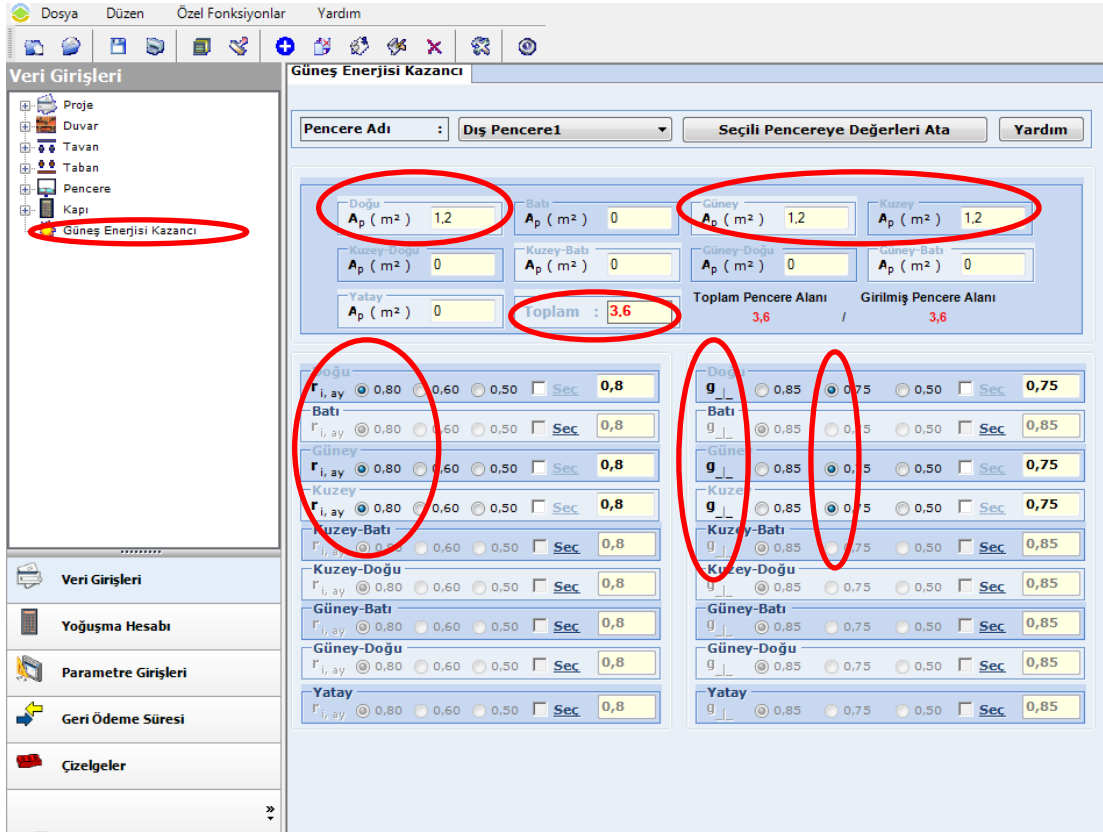
Pencere (Tip1) NOT

Yukarıdaki tablodaki değerler TS 2164 11.05.2000 tarihli revizyonunda yer alan çizelge 6.A ve 6.B'de verilen değerler ve sektörde yer alan cam ve doğrama üreticilerinin bir kısmının U<sub>g</sub> ve U<sub>f</sub> değerlerini bildiren belgeleri esas alınarak TS 2164'e göre belirlenmiştir. Bu değerlerin hesaplamalarda kullanılması durumunda, hangi üreticilerin ürünü kullanılıyor ise bu üreticilerin U<sub>g</sub> (glass) ve U<sub>f</sub> (frame) belgeleri istenmeli ve TS 2164'e göre yeniden kontrol edilmelidir.

Pencerelere ait bilgilerin girilmesi



Dış Kapiya ait bilgilerin girilmesi.



Güneş Enerjisi Kazancı için gerekli bilgilerin girilmesi.

Veri Girişleri

Hesaplamaya Katılacak Malzemeler

Liste Adı : MANTAR\_LEVHA\_1

No	İçim	Malzemenin Cinsi veya Bileşenin Çeşidi	Isıl İletkenlik Hesap	μ
1	0,02	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	1	15
2	0,19	7.1.2.1 TS EN 771-1 e uygun dolu veya düşey delikli tuğlalarla du	0,5	5
3	0,04	10.8.1.1 Mantar levhalar - TS 304 EN 13170 e uygun Isı iletkenlik	0,045	5
4	0,03	4.2 Çimento harcı	1,6	15

Malzemeler

Malzeme veya Bileşenin Çeşidi	Birim Hacim Kütle (1,2)	Isıl İletkenlik Hesap De...	Su Buharı Difüzyo...
+ 1 Doğal Taşlar			
+ 2 Doğal Zeminler (Doğal Nemlikte)			
+ 3 Dökme Malzemeler (Hava kurusunda, ...)			
+ 4 Sıvalar,Şaplar Ve Diğer Harç Tabakaları			
+ 5 Beton Yapı Elemanı (Bu bölümde yer a...			
+ 6 Yapı Plakları ve Levhalar			
+ 7 Kargir Duvarlar(Harç fugaları - derzler...			
+ 8 Ahşap ve Ahşap Mamulleri			
+ 9 Kaplamalar			
+ 10 Isı Yalıtım Malzemeleri			
+ 11 TS 2164 Bileşenleri			

Tavsiye Edilen U Değerleri

BÖLGE	U Duvar	U Tavan	U Taban	U Pencere
1. Bölge	0,7	0,45	0,7	2,4
2. Bölge	0,6	0,4	0,6	2,4
3. Bölge	0,5	0,3	0,45	2,4
4. Bölge	0,4	0,25	0,4	2,4

Alan : 42,24 U Değeri : 0,677

Dış cepheye havalandırılan hava boşluğu ve dış cephe kaplaması var.

Hesapla

Duvar (Dış Havaya Açık)

Kesit Görüntüsü

Dış Duvara ait bilgilerin girilmesi.



### Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı	
		d(m)	$\lambda$ (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 MANTAR_LEVHA_1_DIS	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130				
	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020				
	7.1.2.1 TS EN 771-1 e uygun dolu veya	0,19	0,5	0,380				
	10.8.1.1 Mantar levhalar - TS 304 EN 13170	0,04	0,045	0,889				
	4.2 Çimento harcı	0,03	1,6	0,019				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (dış)			0,040				
<b>TOPLAM</b>				<b>1,478</b>	<b>0,677</b>	<b>42,24</b>	<b>28,59</b>	
TAVAN:Üzeri Açık TERAS_CATI_XPS	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130				
	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020				
	5.1.1 Donatılı	0,15	2,5	0,060				
	5.1.2 Donatısız	0,03	1,65	0,018				
	9.2.3.2 PVC örtü	0,003	0,19	0,016				
	10.3.2.1.2 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,07	0,035	2,000				
	9.2.2.1.1 Bitümlü karton	0,003	0,19	0,016				
	5.1.2 Donatısız	0,04	1,65	0,024				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (dış)			0,040				
<b>TOPLAM</b>				<b>2,324</b>	<b>0,430</b>	<b>25,00</b>	<b>10,76</b>	
TABAN:Toprak Temaslı DOSEME_ZEMİN	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,170				
	9.1.3 Sentetik malzemeden kaplamalar	0,01	0,23	0,043				
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036				
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,035	0,03	1,167				
	9.2.2.1.4 Cam tülü armatürlü polimer	0,006	0,19	0,032				
	4.6 Çimento harçlı şap	0,04	1,4	0,029				
	5.3.1.2 Gözeneksiz agregalar kullanılarak	0,1	1,1	0,091				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (dış)			0,000				
<b>TOPLAM</b>				<b>0,5 x A x U</b>	<b>1,567</b>	<b>0,638</b>	<b>25,00</b>	<b>7,98</b>
Dış Pencere1					1,9	3,6	6,84	
Dış Kapı1					4	2,16	8,64	
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =						<b>62,8</b>		
$\Sigma AU = U_d A_d + U_p A_p + U_k A_k + 0.8 U_T A_T + 0.5 U_{At} + U_d A_d + \dots$				İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $H_T = \Sigma AU + I U_I$				
$\Sigma AU =$ <b>62,8</b>				Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h =$ <b>13,73 W/K</b>				
Özgül ısı kaybı ; $H = H_T + H_v$				$H = H_i + H_h = \dots\dots$ <b>76,53</b> ..... W/K				

(\*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi.



### Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H = H_T + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	$\phi_i$ (W)	$\phi_s$ (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)			
OCAK	76,53	7,6	582	104	82	186	0,32	0,96	1.044.649
ŞUBAT		7,0	536		103	207	0,39	0,92	895.044
MART		4,4	337		125	229	0,68	0,77	415.840
NİSAN		0,2	15		143	247	16,14	0,00	0
MAYIS		0,0	0		165	269	0,00	0,00	0
HAZİRAN		0,0	0		174	278	0,00	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		169	273	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		158	262	0,00	0,00	0
EYLÜL		0,0	0		132	236	0,00	0,00	0
EKİM		0,0	0		105	209	0,00	0,00	0
KASIM		3,0	230		78	182	0,79	0,72	255.545
ARALIK		6,7	513		71	175	0,34	0,95	898.001
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})].t(J)$ $1 \text{ kJ} = 0,278 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}$							$Q_{yil} = \sum Q_{ay} = 3.509.764$		
Toplam ısı kaybı $Q_{yil} = 0,278 \times 10^{-3} \times 3.509.764 \text{ (kj)} = 976 \text{ kWh}$									
İç ısı Kazancı		$\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)}$							
Güneş enerjisi kazancı		$\phi_{g,ay} = \sum \eta_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$							
Kazanç kayıp oranı		$KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$							
Kazanç kullanım faktörü		$\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$							
$A_{toplam} = 98 \text{ m}^2$									
$V_{brüt} = 65 \text{ m}^3$									
<i>Hesaplama yapılan binadaki birim alan başına düşen yıllık ısıtma enerjisi</i>									
$Q = Q_{yil} / A_n = 46,91 \text{ kWh/m}^2$ $A_n = 0,32 \times V_{brüt} = 20,8 \text{ m}^2$									
$A_{top} / V_{brüt} = 1,51$ oranı 1. bölge için EK A.1' den alınan $Q' = A/V > 1,05 \rightarrow = 56,7$ formülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 56,70 \text{ kWh/m}^2$ bulunur.									
$Q < Q'$ (46,91 < 56,70) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerdir. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.									

### Binanın Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi

## **EK – 4 – HESAP VERİLERİ / RAPORLARI**

(EK-4 içerisinde yer alan bütün tablolardaki veriler İZODER'e ait TS 825 Hesap Programı kullanılarak elde edilmiş olup Bölüm Beş'te anlatılan hesap metodunun sonuç tablosudur.)

ISI YALITIM MALZEMELERİ →		1) MANTAR LEVHALAR				2) AHŞAP LİFLİ LEVHALAR				3) AHŞAP YÜNÜ LEVHALAR			
DERECE GÜN BÖLGESİ ↓	HESAP DEĞERLERİ →	d (cm)	Uduvar	Q	H	d (cm)	Uduvar	Q	H	d (cm)	Uduvar	Q	H
	UYGULAMA ↓												
<b>I. BÖLGE</b> (Q'=56,70) (Uduvar=0,7)	İÇTEN	4	0,655	46,14	75,63	3	0,668	46,57	76,13	5,5	0,673	46,71	76,33
	SANDVIÇ	3,5	0,693	47,45	77,23	3	0,657	46,18	75,73	5	0,697	47,55	77,33
	DIŞTAN	4	0,677	46,91	76,53	3	0,692	47,35	77,13	6	0,661	46,28	75,83
<b>II. BÖLGE</b> (Q'=97,90) (Uduvar=0,6)	İÇTEN	5,5	0,537	97,49	68,73	4,5	0,52	96,04	67,93	8	0,535	97,29	68,63
	SANDVIÇ	5,5	0,53	96,88	68,43	4,5	0,513	95,43	67,63	8	0,528	96,76	68,33
	DIŞTAN	6	0,52	96,04	67,93	4,5	0,533	97,08	68,53	8,5	0,527	96,56	68,23
<b>III. BÖLGE</b> (Q'=116,50) (Uduvar=0,5)	İÇTEN	9	0,379	115,27	58,03	7	0,379	115,27	58,03	13	0,379	115,27	58,03
	SANDVIÇ	9	0,375	114,72	57,83	7	0,375	114,72	57,83	12,5	0,386	116,02	58,33
	DIŞTAN	9	0,386	116,02	58,33	7	0,386	116,02	58,33	13	0,386	116,02	58,33
<b>IV. BÖLGE</b> (Q'=137,60) (Uduvar=0,4)	İÇTEN	15,5	0,245	136,83	50,63	12	0,246	136,83	50,63	22	0,249	137,57	50,83
	SANDVIÇ	15	0,25	137,57	50,83	12	0,244	136,83	50,63	22	0,247	137,2	50,73
	DIŞTAN	15,5	0,248	137,2	50,73	12	0,249	137,57	50,83	22,5	0,247	137,2	50,73

ISI YALITIM MALZEMELERİ →		MİNERAL ELYAFLAR ve YÜNLER											
		4) CAM YÜNÜ				5) TAŞ YÜNÜ				6) CÜRUF YÜNÜ			
DERECE GÜN BÖLGESİ ↓	HESAP DEĞERLERİ →	d (cm)	Uduvar	Q	H	d (cm)	Uduvar	Q	H	d (cm)	Uduvar	Q	H
	UYGULAMA ↓												
<b>I. BÖLGE</b> (Q'=56,70) (Uduvar=0,7)	İÇTEN	3	0,668	46,57	76,13	3	0,668	46,57	76,13	6	0,668	46,57	76,13
	SANDVIÇ	3	0,657	46,18	75,73	3	0,657	46,18	75,73	5,5	0,697	47,55	77,33
	DIŞTAN	3	0,692	47,35	77,13	3	0,692	47,35	77,13	6	0,692	47,35	77,13
<b>II. BÖLGE</b> (Q'=97,90) (Uduvar=0,6)	İÇTEN	4,5	0,52	96,04	67,93	4,5	0,52	96,04	67,93	8,5	0,54	97,69	68,83
	SANDVIÇ	4,5	0,513	95,43	67,63	4,5	0,513	95,43	67,63	8,5	0,532	96,88	68,43
	DIŞTAN	4,5	0,533	97,08	68,53	4,5	0,533	97,08	68,53	9	0,533	97,08	68,53
<b>III. BÖLGE</b> (Q'=116,50) (Uduvar=0,5)	İÇTEN	7	0,379	115,27	58,03	7	0,379	115,27	58,03	13,5	0,389	116,3	58,43
	SANDVIÇ	7	0,375	114,72	57,83	7	0,375	114,72	57,83	13,5	0,386	116,02	58,33
	DIŞTAN	7	0,386	116,02	58,33	7	0,386	116,02	58,33	14	0,386	116,02	58,33
<b>IV. BÖLGE</b> (Q'=137,60) (Uduvar=0,4)	İÇTEN	12	0,246	136,83	50,63	12	0,246	136,83	50,63	23,5	0,25	137,57	50,83
	SANDVIÇ	12	0,244	136,83	50,63	12	0,244	136,83	50,63	23,5	0,249	137,57	50,83
	DIŞTAN	12	0,249	137,57	50,83	12	0,249	137,57	50,83	24	0,249	137,57	50,83

ISI YALITIM MALZEMELERİ →		MİNERAL KÖPÜKLER								SENTETİK KÖPÜKLER			
		7) CAM KÖPÜĞÜ				8) GAZBETON				9) FENOL KÖPÜKLER			
DERECE GÜN BÖLGESİ ↓	HESAP DEĞERLERİ →	d (cm)	Uduvar	Q	H	d (cm)	Uduvar	Q	H	d (cm)	Uduvar	Q	H
	UYGULAMA ↓												
<b>I. BÖLGE</b> (Q'=56,70) (Uduvar=0,7)	İÇTEN	4	0,655	46,14	75,63	9	0,686	47,23	76,93	2,5	0,679	47,01	76,63
	SANDVIÇ	3,5	0,693	47,45	77,23	8,5	0,696	47,55	77,33	2,5	0,668	46,57	76,13
	DIŞTAN	4	0,677	46,91	76,53	10	0,668	46,57	76,13	3	0,629	45,19	74,53
<b>II. BÖLGE</b> (Q'=97,90) (Uduvar=0,6)	İÇTEN	5,5	0,537	97,49	68,73	13,5	0,536	97,29	68,63	4	0,507	95,03	67,43
	SANDVIÇ	5,5	0,53	96,88	68,43	13	0,542	97,89	68,93	4	0,501	94,43	67,13
	DIŞTAN	6	0,52	96,04	67,93	14	0,537	97,49	68,73	4	0,52	96,04	67,93
<b>III. BÖLGE</b> (Q'=116,50) (Uduvar=0,5)	İÇTEN	9	0,379	115,27	58,03	21,5	0,386	116,02	58,33	6	0,379	115,27	58,03
	SANDVIÇ	9	0,375	114,72	57,83	21	0,389	116,3	58,43	6	0,375	114,72	57,83
	DIŞTAN	9	0,386	116,02	58,33	22	0,386	116,02	58,33	6	0,386	116,02	58,33
<b>IV. BÖLGE</b> (Q'=137,60) (Uduvar=0,4)	İÇTEN	15,5	0,245	136,83	50,63	37	0,25	137,57	50,83	10,5	0,242	136,46	50,53
	SANDVIÇ	15	0,25	137,57	50,83	37	0,248	137,2	50,73	10	0,25	137,57	50,83
	DIŞTAN	15,5	0,248	137,2	50,73	37,5	0,25	137,57	50,83	10,5	0,245	136,83	50,63

ISI YALITIM MALZEMELERİ →		SENTETİK KÖPÜKLER											
		YERİNDE İMAL EDİLEN				11) POLİÜRETAN SERT KÖPÜK				12) PVC KÖPÜKLER			
DERECE GÜN BÖLGESİ ↓	HESAP DEĞERLERİ →	10) POLİÜRETAN KÖPÜK											
	UYGULAMA ↓	d (cm)	Uduvar	Q	H	d (cm)	Uduvar	Q	H	d (cm)	Uduvar	Q	H
<b>I. BÖLGE</b> (Q'=56,70) (Uduvar=0,7)	İÇTEN	3	0,668	46,57	76,13	2	0,695	47,55	77,33	3,5	0,661	46,28	75,83
	SANDVIÇ	3	0,657	46,18	75,73	2	0,683	47,13	76,83	3,5	0,65	45,94	75,43
	DIŞTAN	3	0,692	47,35	77,13	2,5	0,629	45,19	74,53	3,5	0,683	47,13	76,83
<b>II. BÖLGE</b> (Q'=97,90) (Uduvar=0,6)	İÇTEN	4,5	0,52	96,04	67,93	3	0,544	97,89	68,93	5	0,529	96,76	68,33
	SANDVIÇ	4,5	0,513	95,43	67,63	3	0,536	97,29	68,63	5	0,522	96,16	68,03
	DIŞTAN	4,5	0,533	97,08	68,53	3,5	0,503	94,63	67,23	5	0,544	97,89	68,93
<b>III. BÖLGE</b> (Q'=116,50) (Uduvar=0,5)	İÇTEN	7	0,379	115,27	58,03	5	0,379	115,27	58,03	8	0,379	115,27	58,03
	SANDVIÇ	7	0,375	114,72	57,83	5	0,375	114,72	57,83	8	0,375	114,72	57,83
	DIŞTAN	7	0,386	116,02	58,33	5	0,386	116,02	58,33	8	0,386	116,02	58,33
<b>IV. BÖLGE</b> (Q'=137,60) (Uduvar=0,4)	İÇTEN	12	0,246	136,83	50,63	8,5	0,248	137,2	50,73	13,5	0,249	137,57	50,83
	SANDVIÇ	12	0,244	136,83	50,63	8,5	0,246	136,83	50,63	13,5	0,248	137,2	50,73
	DIŞTAN	12	0,249	137,57	50,83	9	0,239	136,09	50,43	14	0,245	136,83	50,63

ISI YALITIM MALZEMELERİ →		SENTETİK KÖPÜKLER								DANELİ YAPIDA OLANLAR			
		POLİSTİREN (PS) KÖPÜKLER								15) KALSİYUM SİLİKATLI LEVHALAR			
DERECE GÜN BÖLGESİ ↓	HESAP DEĞERLERİ →	13) EKSPANDE POLİSTİREN (EPS)				14) EKSTRÜDE POLİSTİREN (XPS)							
	UYGULAMA ↓	d (cm)	Uduvar	Q	H	d (cm)	Uduvar	Q	H				
<b>I. BÖLGE</b> (Q'=56,70) (Uduvar=0,7)	İÇTEN	3	0,668	46,57	76,13	2,5	0,679	47,01	76,63	5	0,679	47,01	76,63
	SANDVIÇ	3	0,657	46,18	75,73	2,5	0,668	46,57	76,13	5	0,668	46,57	76,13
	DIŞTAN	3	0,692	47,35	77,13	3	0,629	45,19	74,53	5,5	0,664	46,47	76,03
<b>II. BÖLGE</b> (Q'=97,90) (Uduvar=0,6)	İÇTEN	4,5	0,52	96,04	67,93	4	0,507	95,03	67,43	7,5	0,529	96,76	68,33
	SANDVIÇ	4,5	0,513	95,43	67,63	4	0,501	94,43	67,13	7,5	0,522	96,16	68,03
	DIŞTAN	4,5	0,533	97,08	68,53	4	0,52	96,04	67,93	7,5	0,544	97,89	68,93
<b>III. BÖLGE</b> (Q'=116,50) (Uduvar=0,5)	İÇTEN	7	0,379	115,27	58,03	6	0,379	115,27	58,03	12	0,379	115,27	58,03
	SANDVIÇ	7	0,375	114,72	57,83	6	0,375	114,72	57,83	11,5	0,387	116,02	58,33
	DIŞTAN	7	0,386	116,02	58,33	6	0,386	116,02	58,33	12	0,386	116,02	58,33
<b>IV. BÖLGE</b> (Q'=137,60) (Uduvar=0,4)	İÇTEN	12	0,246	136,83	50,63	10,5	0,242	136,46	50,53	20,5	0,247	137,2	50,73
	SANDVIÇ	12	0,244	136,83	50,63	10	0,25	137,57	50,83	20	0,25	137,57	50,83
	DIŞTAN	12	0,249	137,57	50,83	10,5	0,245	136,83	50,63	20,5	0,25	137,57	50,83

ISI YALITIM MALZEMELERİ →		DANELİ YAPIDA OLANLAR				17) VAKUM YALITIM PANELLERİ			
DERECE GÜN BÖLGESİ ↓	HESAP DEĞERLERİ →	16) VERMİKÜLİT				d (cm)	Uduvar	Q	H
	UYGULAMA ↓	d (cm)	Uduvar	Q	H				
<b>I. BÖLGE</b> (Q'=56,70) (Uduvar=0,7)	İÇTEN	4	0,655	46,14	75,63	1	0,379	35,95	63,93
	SANDVIÇ	3,5	0,693	47,45	77,23	1	0,375	35,83	63,73
	DIŞTAN	4	0,677	46,91	76,53	1	0,386	36,25	64,23
<b>II. BÖLGE</b> (Q'=97,90) (Uduvar=0,6)	İÇTEN	5,5	0,537	97,49	68,73	1	0,379	84,89	62,03
	SANDVIÇ	5,5	0,53	96,88	68,43	1	0,375	84,57	61,83
	DIŞTAN	6	0,52	96,04	67,93	1	0,386	85,5	62,33
<b>III. BÖLGE</b> (Q'=116,50) (Uduvar=0,5)	İÇTEN	9	0,379	115,27	58,03	1	0,379	115,27	58,03
	SANDVIÇ	9	0,375	114,72	57,83	1	0,375	114,72	57,83
	DIŞTAN	9	0,386	116,02	58,33	1	0,386	116,02	58,33
<b>IV. BÖLGE</b> (Q'=137,60) (Uduvar=0,4)	İÇTEN	15,5	0,245	136,83	50,63	2	0,216	132,8	49,43
	SANDVIÇ	15	0,25	137,57	50,83	2	0,214	132,43	49,33
	DIŞTAN	15,5	0,248	137,2	50,73	2	0,218	133,08	49,53

**EK-5 – BİRİM FİYAT ANALİZLERİ**  
**([www.birimfiyat.com](http://www.birimfiyat.com))**

Poz Bilgileri			
<b>Poz No</b>	19.055/A1		
<b>Tanımı</b>	3 cm kalınlıkta taşıyıcı ısı yalıtım levhaları ile dış duvarların dıştan ısı yalıtımı ve ısı yalıtım sıvası yapılması (mantolama)		
<b>Birimi</b>	m <sup>2</sup>		
Yapım Şartları			
<p>Dış duvarlarda, onaylanmış detay projesine ve TS 825#e uygun olarak # cm kalınlığında taşıyıcı ısı yalıtım levhalarının m2 ye 4 kg. gidecek şekilde ısı yalıtım yapıştırıcısı ile duvara yapıştırılarak, çelik çivili ısı yalıtım dübeli ile yüzeye tespiti, levha üzerine sıva filesi konulduktan sonra m2ye 4 kg gidecek şekilde ısı yalıtım sıvası yapılması, inşaat yerindeki yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma, her türlü malzeme ve zayıtı, işçilik, araç ve giderleri, müteahhit kârı ve genel giderler dahil 1 m2 fiyatı.</p> <p>Ölçü : Projesi üzerinden yalıtım yapılan yüzeyler #m2# olarak ölçülür.</p> <p>Not: İdarenin yazılı izni ile uygulanır.</p> <p>5 cm ekstürüde polistren (XPS) köpük ısı yalıtım levhaları ile dış duvarların dıştan ısı yalıtımı ve ısı yalıtım sıvası yapılması (mantolama)</p>			
Analizi			
Rayıç No	Tanımı	Birimi	Miktar
	MALZEME		
04.734/B16A	Taş yünü levha (3 cm kalınlıkta)	m <sup>2</sup>	1.050000
04.274/2A1	Çelik çivili ısı yalıtım dübeli	Adet	6.000000
04.480	Isı yalıtım levhaları yapıştırıcısı	kg	4.000000
04.479	Sıva filesi	m <sup>2</sup>	1.100000
04.481	Isı yalıtım sıvası	kg	5.000000
04.031	Su	m <sup>3</sup>	0.002500
	İŞÇİLİK		
01.010	Yalıtımcı ustası	Saat	1.500000
01.210	Yalıtımcı usta yardımcısı	Saat	0.750000
01.501	Düz işçi	Saat	0.750000

Poz Bilgileri			
<b>Poz No</b>	19.055/B		
<b>Tanımı</b>	5 cm kalınlıkta ekspande polistren (EPS) köpük ısı yalıtım levhaları ile dışduvarların dıştan ısı yalıtımı ve ısı yalıtım sıvası yapılması (mantolama) (16 kg/m <sup>3</sup> yoğunluğunda)		
<b>Birimi</b>	m <sup>2</sup>		
Analizi			
Rayiç No	Tanımı	Birimi	Miktar
	TS 825#e göre ısı yalıtım kalınlığı hesapları yapılacaktır.		
	MALZEME		
04.612/2E	Ekspande polistren köpük (zayıtıyla)	m <sup>3</sup>	0.052500
04.274/2B1	PlastikÇivili ısı yalıtım dubeli	Adet	6.000000
04.480	Isı yalıtım yapıştırıcısı	kg	4.000000
04.479	Sıva filesi	m <sup>2</sup>	1.100000
04.481	Isı yalıtım sıvası	kg	5.000000
04.031	Su	m <sup>3</sup>	0.002500
	İŞÇİLİK		
01.010	Yalıtım ustası	Saat	1.500000
01.210	Yalıtım usta yardımcısı	Saat	0.750000
01.501	Düz işçi (İnşaat yerinde yatay ve düşey taşıma, yükleme, boşaltma karşılığı)	Saat	0.750000

Poz Bilgileri			
<b>Poz No</b>	19.055/C1		
<b>Tanımı</b>	5 cm kalınlıkta yüzeyi pürüzlü veya pürüzlü ve kanallı ekstrüde polistren (XPS) köpük ısı yalıtım levhaları ile dış duvarların dıştan ısı yalıtımı ve ısı yalıtım sıvası yapılması (mantolama) (yüzeylere dik çekme dayanımı $\geq 100$ kpa TR 100)		
<b>Birimi</b>	m <sup>2</sup>		
Yapım Şartları			
<p>Dış duvarlarda onaylanmış detay ve projesine ve TS 825#e uygun olarak 5 cm ekspande polistren köpük ısı yalıtım levhalarının [yüzeylere dik çekme dayanımı <math>\geq 100</math> kPa (TR 100)] m2ye 4 kg gidecek şekilde ısı yalıtım yapıştırıcısı ile duvara yapıştırılarak plastik çivili ısı yalıtım dübeli ile yüzeye tespiti levha üzerine sıva filesi konulduktan sonra m2ye 4 kg gidecek şekilde ısı yalıtım sıvası yapılması, inşaat yerindeki yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma, her türlü malzeme ve zayıatı, işçilik, araç ve giderleri, müteahhit kârı ve genel giderler dahil 1 m2 fiyatı.</p> <p>Ölçü : Projesi üzerinden yalıtım yapılan yüzeyler #m2# olarak ölçülür.</p> <p>NOT: 1) TS 825#e göre ısı yalıtım kalınlığı hesaplanacaktır. 2) İdarenin yazılı izni ile uygulanır.</p>			
Analizi			
Rayiç No	Tanımı	Birimi	Miktar
	MALZEME		
04.612/4C1A	Ekstrüde polistren köpük 5 cm (zayıatıyla)	m <sup>3</sup>	0.052500
04.274/2B1	Plastikçivili ısı yalıtım dübeli	Adet	6.000000
04.480	Isı yalıtım levhaları yapıştırıcısı	kg	4.000000
04.479	Sıva filesi	m <sup>2</sup>	1.100000
04.481	Isı yalıtım sıvası	kg	5.000000
04.031	Su	m <sup>3</sup>	0.002500
	İŞÇİLİK		
01.010	Yalıtımcı ustası	Saat	1.500000
01.210	Yalıtımcı usta yardımcısı	Saat	0.750000
01.501	Düz işçi	Saat	0.750000

Poz Bilgileri			
<b>Poz No</b>	18.118/03		
<b>Tanımı</b>	10 cm kalınlıkta teçhizatsız hafif gaz beton izolasyon plakları (G2 sınıfı) ile ısıya karşı yalıtım yapılması		
<b>Birimi</b>	m <sup>2</sup>		
Analizi			
Rayıç No	Tanımı	Birimi	Miktar
	Malzeme		
04.751/3	Hafif gaz beton teçhizatsız izolasyon plaklar 10 cm	m <sup>2</sup>	1.030000
	İşçilik		
01.013	Duvarcı ustası	Saat	0.200000
01.501	Düz işçi (inşaat işçisi)	Saat	0.500000
	(İnşaat yerinde yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma)		

Poz Bilgileri			
<b>Poz No</b>	19.053/2		
<b>Tanımı</b>	Zemine oturan döşemelerde 4 cm kalınlıkta yüzeyi düzgün ekstrüde polistren (XPS) köpük ile ısı yalıtımı yapılması (yoğunluğu 30 kg/m <sup>3</sup> ten fazla ve 200 kpa (2kg/ cm <sup>2</sup> ) basınç dayanımlı)		
<b>Birimi</b>	m <sup>2</sup>		
Analizi			
Rayıç No	Tanımı	Birimi	Miktar
01.010	Yalıtımcı ustası	Saat	0.080000
01.501	Düz işçi (inşaat işçisi)	Saat	0.050000
04.612/4C2A	Ekstrüde polistren köpük (yüzeyi düzgün) 200 kPa basınç dayanımlı (2 kg/ cm <sup>2</sup> )	m <sup>3</sup>	0.042000