

**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KONUTLARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE**  
**DERECE GÜN BÖLGELERİNE GÖRE FARKLI**  
**MALZEMELERDE OPTİMUM YALITIM**  
**KALINLIĞININ TESPİTİ**

**Tarık TUNCER**

**Eylül, 2012**  
**İZMİR**

**KONUTLARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE  
DERECE GÜN BÖLGELERİNE GÖRE FARKLI  
MALZEMELERDE OPTİMUM YALITIM  
KALINLIĞININ TESPİTİ**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Yüksek Lisans Tezi  
Makina Mühendisliği Bölümü, Enerji Anabilim Dalı**

**Tarık TUNCER**

**Eylül, 2012  
İZMİR**

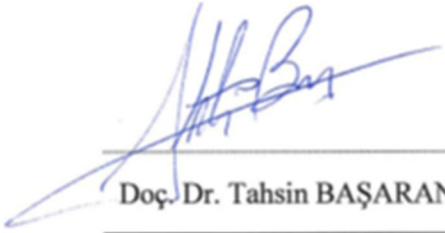
## YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

TARIK TUNCER, tarafından PROF. DR. İSMAİL HAKKI TAVMAN yönetiminde hazırlanan “KONUTLARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE DERECE GÜN BÖLGELERİNE GÖRE FARKLI MALZEMELERDE OPTİMUM YALITIM KALINLIĞININ TESPİTİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



Prof. Dr. İsmail Hakkı TAVMAN

Yönetici



Doç. Dr. Tahsin BAŞARAN

Jüri Üyesi



Yrd. Doç. Dr. Alpaslan TURGUT

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Mustafa ŞABUNCU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

## TEŞEKKÜR

Bu çalıőmayı hazırlamamda, bilgilerini ve yardımlarını benden esirgemeyen, yüksek lisans eğitimim boyunca iş ve okul hayatının birlikte yurütulmesinde bana destek olan değerli Hocam Prof. Dr. İsmail Hakkı TAVMAN'a teőekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım Sayın Hocam Doç. Dr. Dilek KUMLUTAŐ'a gösterdiği ilgi için ayrıca teşekkür ederim.

Tez çalıőmalarımnda hazırlamıő oldukları TS 825 Hesap Programını kullanmama izin verdikleri için Isı Su Ses ve Yangın Yalıtımcıları Derneği'ne (İZODER) teőekkürlerimi borç bilirim.

Tarık TUNCER

# KONUTLARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE DERECE GÜN BÖLGELERİNE GÖRE FARKLI MALZEMELERDE OPTİMUM YALITIM KALINLIĞININ TESPİTİ

## ÖZ

Enerjinin pahalı olduğu ülkemizde enerji verimliliği, ön plana çıkmakta ve yasal düzenlemeler getirilmektedir. Enerji Verimliliği Kanunu ve buna bağlı olarak çıkarılan Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği bu düzenlemelerden bazılarıdır. Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği'nin amacı binalarda enerjinin verimli kullanılmasına ve çevrenin korunmasına ilişkin kuralları düzenlemektir. Dolayısıyla binalarda yalıtım uygulamaları söz konusu yönetmelikle zorunlu hale gelmektedir.

Bu tezin amacı yalıtımın önemini vurgulamak ve ayrıca İzmir, İstanbul, Ankara ve Erzurum şehirlerinde seçtiğimiz örnek bina için farklı yalıtım malzemelerine göre optimum yalıtım kalınlıklarını ve enerji kazançlarını tespit etmektir. Optimum ısı yalıtım kalınlıklarını belirlemede TS 825 Isı Yalıtım Kuralları Standardı ile Ömür Maliyet Analizi yöntemleri kullanılmıştır. Yalıtım kalınlıklarının tespitinde İZODER (Isı Su Ses ve Yangın Yalıtımcıları Derneği) tarafından hazırlanan TS 825 Hesap programı kullanılmıştır. TS 825 standardında ülkemiz dört iklim bölgesine bölünmüş ve her bölge için ortalama sıcaklık değerleri belirlenmiştir. Bu çalışmada dört şehrin Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan 1975-2011 yılı ortalama dış sıcaklık değerlerine göre de hesaplamalar yapılmış alınan sonuçlar karşılaştırılmıştır. TS 825 standardı binanın yapısına ve çevre koşullarına göre ısı kaybını belirleyerek enerji ihtiyacını yıllık olarak hesaplayan bir metottur. Isı yalıtım kalınlıkları standardın izin verdiği ısı kaybı değerlerine göre belirlenir. Ömür Maliyet Analizi yönteminde ise ısı yalıtım kalınlıkları yakıt ve malzeme maliyetlerine göre belirli bir ömür süresi için hesaplanır. Bu iki yöntem ile yapılan hesapların sonuçları tablolarda ve grafiklerde gösterilmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Enerji verimliliği, ısı yalıtımı, yalıtım malzemeleri, yalıtım kalınlığı.

**ENERGY EFFICIENCY IN BUILDINGS AND ACCORDING TO DEGREE  
DAY REGIONS OF DETERMINATION OF OPTIMUM INSULATION  
THICKNESS WITH DIFFERENT MATERIALS**

**ABSTRACT**

Energy costs are high in our country, so energy efficiency is becoming important and laws and regulations are formed. Energy performance of buildings directive which issued according to the Energy Efficiency Law, is some of these arrangements. The purpose of the directive is to regulate the rules related to environmental protection and rational use of energy in buildings. Therefore, insulation applications in buildings are now a requirement by regulation.

The purpose of this thesis is to emphasize the importance of insulation and determine the optimum thickness of insulation and energy benefits of the typical building for Izmir, Istanbul, Ankara and Erzurum. TS 825 Thermal Insulation Standard and Life Cost Analysis methods were used for determining the optimum thickness of insulation. The TS 825 Heat Losses Program was used for determining the optimum insulation thickness which was prepared by İZODER (Association of Thermal Insulation Water Sound and Fire). TS 825 standard divide our country in four climatic zones and defined the average temperature values for each region. In this study, we have also made calculations based on the average outdoor temperature for each city reported by the General Directorate of State Meteorology between the years 1975-2011 and compared the two results. TS 825 standard is a method to determine the heat loss according to environmental conditions and building structure then calculates the annual energy needs of the building. Optimum thermal insulation thickness is determined by the values of heat loss permitted by the standard. On the other hand optimum thermal insulation thickness is calculated according to fuel and material costs for a given life time in the Life Cost Analysis method. The results of calculations made by these two methods are shown in tables and graphs.

**Keywords:** Energy efficiency, heat insulation, insulating materials, thickness of insulation.

## İÇİNDEKİLER

Sayfa

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU.....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
ÖZ .....	iv
ABSTRACT .....	v
<b>BÖLÜM BİR - GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>BÖLÜM İKİ - ENERJİ .....</b>	<b>6</b>
2.1 Enerjinin Tanımı Ve İlgili Kavramlar .....	6
2.2 Türkiye'nin Enerji Durumu .....	9
2.3 Enerji Verimliliği .....	13
2.3.1 Ülkemizdeki Enerji Verimliliği Potansiyeli .....	15
2.3.2 Enerji Verimliliği Kanunu .....	15
2.3.3 Enerji Verimliliği Kanuna Bağlı Yönetmelikler.....	17
2.3.3.1 Merkezi Isıtma ve Sıcak Su Sistemlerinde Isınma ve Sıhhi Sıcak Su Giderlerinin Paylaştırılmasına İlişkin Yönetmelik .....	17
2.3.3.2 Ulaşımında Enerji Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik.....	17
2.3.3.3 Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğinin Artırılmasına Dair Yönetmelik .....	18
2.3.3.4 Sıvı ve Gaz Yakıtlı Yeni Sıcak Su Kazanlarının Verimlilik Gereklere Dair Yönetmelik.....	18
2.3.3.5 Ev Tipi Buzdolapları, Derin Dondurucular, Buzdolabı Derin Dondurucular Ve Bunların Bileşimlerinin Enerji Etiketlemesine Dair Yönetmelik .....	18
2.4 Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği.....	18
<b>BÖLÜM ÜÇ - ISI YALITIMI.....</b>	<b>24</b>

3.1 Isı Yalıtım Malzemeleri .....	29
3.1.1 Cam Yünü .....	31
3.1.2 Taş Yünü .....	32
3.1.3 Seramik Yünü .....	32
3.1.4 Extrude Polistren Köpük (XPS).....	33
3.1.5 Ekspande Polistren Köpük (EPS) .....	33
3.1.6 Fenol Köpüğü .....	34
3.1.7 Poliüretan Köpük .....	35
3.1.8 Cam Köpüğü.....	35
3.1.9 Melamin Köpüğü .....	35
3.1.10 Kauçuk Köpüğü .....	36
3.1.11 Odun Talaşı Levhalar .....	36
3.1.12 Mantar Levhalar .....	37
3.1.13 Nanowen Keçe .....	37
3.2 Isı Yalıtım Uygulamaları .....	37
3.2.1 Duvarlarda Isı Yalıtım Uygulamaları.....	38
3.2.1.1 Dıştan Isı Yalıtımı .....	38
3.2.1.2 İçten Isı Yalıtımı.....	41
3.2.1.4 Isı Köprülerinin Dıştan Isı Yalıtımı .....	44
3.2.1.5 Toprak Altı Dış Duvarlarda Isı Yalıtımı .....	45
3.2.2 Döşemelerde Isı Yalıtımı.....	46
3.2.2.1 Zemine Oturan Döşemelerde Isı Yalıtımı .....	46
3.2.2.2 Ara Kat Döşemelerde Isı Yalıtımı .....	47
3.2.2.3. Açık Geçit Üzeri Döşemelerde Isı Yalıtımı .....	48
3.2.3. Çatılarda Isı Yalıtım Uygulamaları.....	48
3.2.3.1. Kıрма Çatılarda Isı Yalıtımı.....	48
3.2.3.2. Teras Çatılarda Isı Yalıtımı .....	50

## **BÖLÜM DÖRT - METOD VE ANALİZ.....54**

4.1 TS 825 Isı Yalıtım Kuralları Standartı.....	54
4.2 TS 825 Hesap Metodu .....	57

4.2.1 Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Sınır Değerleri .....	58
4.2.2 Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Hesabı.....	60
4.2.3 Yoğuşma ve Buharlaşma.....	66
4.3 TS 825 Standardına Göre Isı Kaybı Hesapları.....	67
4.3.1 Bölgelerin Ortalama Sıcaklık Değerlerine Göre Isı Kaybı Hesabı.....	72
4.3.2 Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden Alınan Ortalama Sıcaklıklara Göre Isı Kaybı Hesapları.....	77
4.3.3 Yıllık Yakıt Sarfıyatı.....	80
4.3.4 Geri Ödeme Sürelerinin Tespiti.....	85
4.4 Ömür Maliyet Analizi.....	87
4.4.1 Ömür Maliyet Analizi Hesap Yöntemi .....	88
4.4.2 Ömür Maliyet Analizi İle Yapılan Hesaplar.....	91
<b>BÖLÜM BEŞ - SONUÇLAR.....</b>	<b>99</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>103</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>108</b>

## **BÖLÜM BİR**

### **GİRİŞ**

Enerji, ekonomik ve sosyal kalkınmanın önemli bileşenlerinden biridir. Ülkelerin hızla kalkınması sonucunda dünyadaki toplam enerji ihtiyacı her geçen gün artmakta ve nihayetinde enerji, çağımızın en önemli stratejik değeri haline gelmektedir.

Enerji, insanoglunun yaşamında temel kaynak olarak yerini almış olup yaşamın her alanında enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Enerji kaynağı olarak fosil yakıtlar (petrol, doğal gaz, kömür v.b.) temel kaynak olarak yerini korumakla beraber halihazırda dünya enerji ihtiyacının önemli bir bölümünü karşılamaktadır. Ancak fosil yakıtların rezervleri hızla tükenmekte olduğundan yenilenebilir enerji kaynakları da (rüzgar, güneş, hidrolik v.b.) toplam enerji kullanımındaki oranlarını her geçen gün arttırmaktadırlar. Nükleer enerji de ilk yatırım ve atıkların depolanma maliyetlerinin yüksek olmasına rağmen alternatif bir enerji kaynağı olarak kullanımını devam ettirmektedir.

Hızla tükenen fosil yakıtların yerine bir yandan alternatif enerji kaynakları aranırken, diğer yandan mevcut kaynakların etkin biçimde değerlendirilmesi gündeme gelmekte ve enerji üretiminin yanında üretilen enerjinin doğru bir şekilde kullanılması daha da önem kazanmaktadır. Türkiye’de son yıllarda enerji verimliliğine yönelik bazı çalışmalar yürütülmeye başlanmıştır. Enerji Verimliliği Kanunu ve buna bağlı olarak çıkarılan yönetmelikler bu düzenlemelerden bazılarıdır. Ülkemizde uzun yıllardır ihmale uğramış olan elektrik enerjisi tasarrufu ve verimlilik konusundaki planlı uygulamaların gerekli işlemlerin ve yasal düzenlemelerin tamamlanması gerekmektedir. Bu uygulamalar sonucunda enerji yoğunluğunun azalması, talep artış hızının azalması, kaynak israfının önlenmesi, emisyonların azaltılması gibi çok önemli yararlar yanında üretim, iletim ve dağıtımda yeni yatırım gereksinimi de azalacaktır.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı istatistiklerine göre ülkemizde, bina sektöründe %30, sanayi sektöründe %20 ve ulaşım sektöründe %15 olmak üzere önemli düzeyde enerji tasarruf potansiyeli olduğu tespit edilmiştir. Binalarda

tüketilen enerjinin büyük bir kısmı ısıtma enerjisi olarak kullanılmaktadır. Isıtma enerjisini en aza indirmek için yapılması gereken en önemli uygulamalardan biri ısı yalıtımıdır. Binalarda uygulanan ısı yalıtımıyla, ısıtma ve soğutma için gereken enerji ihtiyacı azalmakta ve yakıt tüketiminde tasarruf sağlanmaktadır.

Binalarda yalıtım kalınlığı, dış duvar sistemlerinin dizaynında önemli bir parametredir. Düşük yalıtım kalınlığı, ısının içeriden dışarıya ya da dışarıdan içeriye daha fazla geçmesine neden olur ve sonuçta ısı konforu ve enerji tasarrufu üzerinde olumsuz bir etki oluşturur. Binalarda artan yalıtım kalınlığı ile ısı kaybı dolayısıyla, ısıtma yükü ve yakıt maliyeti azalır. Ancak yalıtım kalınlığının artması yalıtım maliyetinin artması demektir. Yakıt ve yalıtım maliyetinin toplamından oluşan toplam maliyet, belirli bir değere kadar azalır; bu seviyeden sonra artar. Dolayısıyla yalıtım kalınlığı için optimum bir değer söz konusudur. Literatürde ısı yalıtımı ve optimum yalıtım kalınlığını tespiti konularında bir çok araştırmaya mevcuttur.

Öztuna ve Dereli; Edirne ilinde ömür maliyet analizi yöntemini kullanarak, 6 farklı yakıt (yerli ve ithal kömür, doğalgaz, LPG, elektrik, fuel-oil) için; bina dış duvarına EPS ve taş yünü yalıtım malzemesi ile sandviç duvar da EPS yalıtım malzemesinin uygulanması durumlarında yapılması gereken optimum yalıtım kalınlıklarını derece gün sayısı esas alarak hesaplamıştır. 5 farklı duvar modeli için, 2 farklı yalıtım maddesi uygulayarak ve her bir yakıt için hesaplanan optimum yalıtım kalınlıklarını geri ödeme sürelerini ve yıllık yakıt ve enerji tasarruflarını belirlemiştir. Çalışmada en iyi sonucun yakıt olarak yerli kömür ve ısı yalıtım malzemesi olarakta EPS olduğu tespit edilmiştir. Öztuna ve Dereli optimum yalıtım kalınlıklarını 0,028-0,039 m, geri ödeme sürelerini 2,1- 4,2 yıl, enerji tasarrufu oranlarını da %24-%47 olarak hesaplamıştır.

Aksoy ve Aytaç çalışmalarında; Öztuna ve Dereli'nin çalışmasındaki gibi beş farklı yakıt türü (kömür, doğalgaz, fuel oil, LPG, elektrik) ve iki farklı yalıtım malzemesi (genleştirilmiş polistiren, taşyünü) için optimum yalıtım kalınlıklarını Elazığ ili için hesaplamıştır. Bu hesaplamalar dıştan yalıtımlı ve sandviç duvar olmak üzere iki farklı duvar modeli üzerinde yapılmıştır. Araştırmaya göre en iyi sonucun,

yakıt olarak kömür ve yalıtım malzemesi olarak geliştirilmiş polistiren olduğu, dıştan yalıtımlı bir binada 4,6 yıl geri dönüşüm süresi ve yılda 16,4  $\$/m^2$  enerji tasarrufu, sandviç duvarda ise bu değerlerin, 4,2 yıl ve 20,2  $\$/m^2$  olduğu tespit edilmiştir.

İnallı, Balo, Uçar çalışmalarında; dört iklim bölgesinden birer şehir (İzmir, Diyarbakır, Uşak, Bayburt) için derece gün metodu, termoekonomik optimizasyon metodu ve TS 825 standardını kullanarak binaların dış duvarlarında kullanılan yalıtım malzemesinin optimum kalınlıklarını belirlemişlerdir. Optimizasyon metodlarına bağlı olarak optimum yalıtım kalınlıklarının 0.038 cm ve 0.144 cm arasında, enerji kazançlarının 2.122  $\$/m^2$  ve 5.992  $\$/m^2$  arasında ve geri ödeme sürelerinin ise 1.99 yıl ve 3.143 yıl arasında olduğu tespit edilmiştir.

Özel ve Duranay çalışmalarında; duvar kalınlığının yalıtım kalınlığına oranının ısı yük seviyesi açısından tespitini sayısal olarak araştırmışlardır. Araştırmalarında değişik yönlere bakan duvarların dış tarafına, iç tarafına ve orta kısmına yalıtım malzemesi yerleştirmişler, yalıtım malzemesini duvar kalınlığı boyunca artırırken duvar kalınlığı da aynı oranda azaltılmışlardır. Araştırmalarında düşük yalıtım oranlarında ısı yük seviye parametresi üzerinde, yalıtım malzemelerinin ısı depolama kapasitelerinin değil, sadece ısı iletkenlik katsayılarının etkin olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca çalışmada yalıtımın dış yüzeyde olmasının iç yüzeyde veya ortada olmasından daha iyi olduğu da belirtilmiştir.

Arısoy ve Çetegen araştırmalarında; örnek bir yapının belirlenen bir iklimde ısıtma amaçlı yakıt tüketiminin minimizasyonu amacıyla ısı yalıtımıyla birlikte ısıtma sistemi optimizasyonunu ele almışlar ve pencere cinsleri ve termostatik vana kullanımını da optimizasyona ilave etmişlerdir. Yaptıkları araştırmaya göre yakıt tüketimini minimize eden en uygun çözümlerin ısı yalıtımı ile beraber ısıtma sisteminin ortak iyileştirmesiyle elde edilmektedir.

Aslan ve Yüksel çalışmalarında; Gönen jeotermal bölge ısıtma sistemi ile ısıtılan ve farklı dış duvar yapısına sahip 4 ayrı binayı seçmişler, dış duvarların ısı transfer

katsayılarını ve optimum yalıtım kalınlıklarını araştırmışlardır. Optimum yalıtım kalınlıklarını hesaplarken; ömür maliyet analizi yöntemini, yakıt olarak kömür ve jeotermal enerjiyi, yalıtım malzemesi olarak ise XPS ile EPS kullanmışlardır. Araştırmalarında optimum yalıtım kalınlıkları 0.026 ile 0.122 m arasında, yıllık tasarruf 21.37 \$/m<sup>2</sup> ve en kısa geri ödeme süresi ise 1.67 yıl olarak hesaplanmıştır.

Abalı, Dombaycı ve Gölcü çalışmalarında; Denizli ili için kömür, doğal gaz, LPG, akaryakıt ve elektrik olmak üzere beş farklı enerji kaynağı ile polistiren ve taş yünü olmak üzere iki farklı yalıtım malzemesi kullanılarak bina dış duvarının optimum yalıtım kalınlıklarını ömür maliyet analizi ile hesaplamışlardır. Araştırmalarında en uygun enerji kaynağının kömür ve yalıtım malzemesinin genleştirilmiş polistiren olduğu saptanmıştır. Çalışmada, binalarda optimum yalıtım kalınlığı uygulandığında enerji tasarrufunun 14.09 \$/m<sup>2</sup> ve geri ödeme süresinin ise 1,43 yıl olduğu tespit edilmiştir.

Karadeniz ve Kaynaklı çalışmalarında; bir bölgenin derece-gün (DG) sayısının hesaplanmasına ve dış duvarlara uygulanacak yalıtım kalınlığının tespitine yönelik bir yöntem sunmuşlardır. Dış hava sıcaklık verilerinden yararlanarak DG (derece-gün) değeri ve yıllık ısıtma enerji gereksinimini hesaplayarak, yakıt olarak doğalgaz kullanılması durumunda yıllık yakıt giderlerini farklı yalıtım kalınlıkları için belirlemişlerdir.

Usta çalışmasında; örnek bir konut binasının yalıtımsız ve TS 825 Standartında göre yalıtımlı haldeki ısı kayıplarını hesaplamıştır. Araştırmasında yalıtımlı haldeki binanın yakıt tüketiminin ilk durumuna göre % 74 oranında azaldığını tespit etmiştir.

Bolattürk'ün çalışmasında Türkiye'nin dört iklim bölgesinden 16 farklı şehir seçerek optimum yalıtım kalınlıklarını, enerji tasarruflarını ve geri ödeme sürelerini ömür maliyet analizi yöntemi ile hesaplamıştır. Yakıt olarak kömür, doğal gaz, akaryakıt, LPG ve elektrik, yalıtım malzemesi olarak da polistiren kullanmıştır. Optimum yalıtım kalınlıklarının 2 ile 17 cm arasında, enerji tasarruflarının % 22 ile

79 arasında ve geri ödeme sürelerinin ise 1.3 ile 4.5 yıl arasında değiştiğini tespit etmiştir.

Daşdemir ve Gürel, çalışmalarında Türkiye'nin farklı iklim bölgelerinden seçilen dört şehirde (Aydın, Edirne, Malatya ve Sivas) ısıtma ve soğutma yükleri için oluşan optimum yalıtım kalınlıklarını ve enerji tasarruflarını hesaplamışlardır. Araştırmada yalıtım malzemesi olarak XPS (sıkıştırılmış polistiren) ve EPS (genleştirilmiş polistiren), yakıt olarak ısıtma için doğalgaz, soğutma için ise elektrik kullanmıştır.  $P_1 - P_2$  yöntemi ile mali analiz yapılmıştır. Çalışmalarında optimum yalıtım kalınlıklarının 0.036 ve 0.1 m arasında, enerji tasarruflarının 12.08 TL/m<sup>2</sup> ve 58.28 TL/m<sup>2</sup> arasında ve geri ödeme sürelerinin ise 1.5 ve 2.52 yıl arasında değiştiğini tespit etmişlerdir.

Bu tez çalışmasında, yalıtımsız konut amaçlı örnek bir bina için Türkiye'deki dört derece-gün bölgesinden birer şehir seçilmiş (İzmir, İstanbul, Ankara ve Erzurum), dıştan yalıtımlı duvar için üç farklı yalıtım (taşyünü, EPS ve XPS) malzemesi kullanılarak optimum yalıtım kalınlıkları, yıllık tasarruf miktarları, geri ödeme süreleri hesaplanmıştır. Hesaplamalarda TS 825 Standartı ve ömür maliyet analizi yöntemleri kullanılmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

TS 825 standartında derece-gün bölgelerine göre dış ortam sıcaklıkları ortalama değerler olarak alınmıştır. İzmir, İstanbul, Ankara ve Erzurum illerinin 1975-2011 yılları arasında Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan ortalama dış ortam sıcaklıklarına göre de hesaplamalar yapılmış sonuçlar karşılaştırılmıştır. İzmir ve Ankara için optimum yalıtım kalınlıklarında; standarttan ve meteorolojiden alınan sıcaklık değerlerine göre yapılan hesaplamalarda benzer sonuçlar elde edilmiştir. Ancak İstanbul ve Erzurum için standart ile meteorolojinin ortalama sıcaklık değerlerinde 4-5 °C fark bulunduğundan yapılan hesaplarda optimum yalıtım kalınlıklarında önemli ölçüde farklılıkların bulunduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle optimum yalıtım kalınlığı ve buna bağlı olarak enerji tasarrufu ve geri ödeme süreleri hesaplanırken bölgenin yanı sıra il veya ilçe bazında dış ortam sıcaklıklarının kullanılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

## BÖLÜM İKİ

### ENERJİ

#### 2.1 Enerjinin Tanımı Ve İlgili Kavramlar

Enerji; bir cisim ya da sistemin iş yapabilme kapasitesidir ve değişik formlarda karşımıza çıkar. Isı enerjisi, ışık (radyant enerji), mekanik enerji, elektrik enerjisi, kimyasal enerji ve nükleer enerji gibi. Enerji, "etkiyen kuvvet" anlamına gelip iş yapabilme yeteneği ve depolanan iş olarak ta tanımlanır. Enerji, Potansiyel Enerji ve Kinetik Enerji olarak iki ana başlık altında incelenmekle birlikte enerji yönetimi açısından enerji kaynakları; yenilenebilir enerji, tükenebilir (veya yenilenemeyen) enerji olmak üzere iki grup altında toplanır.

Yenilenebilir enerji, pratik olarak sınırsız varsayılan, sürekli ve tekrar tekrar kullanılabilen enerjidir. Örneğin güneş enerjisi, güneşten gelir ve elektriğe veya ısı enerjisine dönüştürülebilir. Rüzgâr enerjisi, yerküreden gelen jeotermal enerji, bitkilerden üretilen biokütle ve sudan elde edilen hidro güç de yenilenebilir enerji grubunda değerlendirilmektedir. Yenilenebilir enerji, kısa sürede yerine konulan enerjidir.

Tükenebilir yada yenilenemeyen enerji ise, kullanıldıktan sonra kısa zaman aralığında yeniden oluşmayan enerji olarak tanımlanır. Bunlar genelde, petrol, doğal gaz ve kömür gibi fosil yakıtlardır. Bu tür enerjiler, yaşamları milyonlarca yıl önce sona ermiş bitki ve hayvan gibi organik kalıntıların fosillerinden kaynaklanmaktadır.

Enerji ile ilgili kavramlar aşağıda verilmiştir.

❖ **Verimlilik:** Elde edilen ürün ve hizmetin kalitesini artırma, çevreyi koruma, çalışma koşullarını iyileştirme ve üretim miktarını artırma çabaları sonucunda kalkınmanın, ülke veya toplum olmanın ölçütlerinden birisi olarak tanımlanabilir.

❖ **Enerji verimliliği:** Binalarda yaşam standardında ve hizmet kalitesinde, endüstriyel işletmelerde ise üretim kalitesinde ve miktarında düşüşe yol açmadan enerji tüketiminin azaltılmasıdır.

❖ **Enerji tasarrufu:** Kullanılan enerji miktarının değil ürün başına tüketilen enerjinin azaltılması olarak tanımlanır.

❖ **Enerji yoğunluğu:** Gayri safi yurt içi hasıla başına tüketilen enerji miktarıdır. Yani enerjinin verimli kullanılıp kullanılmadığını göstermektedir.

❖ **Enerji kimlik belgesi:** Asgari olarak binanın enerji ihtiyacı, yalıtım özellikleri ve ısıtma ve/veya soğutma sistemlerinin verimi ile ilgili bilgileri içeren belgedir.

❖ **Enerji yönetimi:** Enerji kaynaklarının ve enerjinin verimli kullanılmasını sağlamak üzere yürütülen eğitim, etüd, ölçüm, izleme, planlama ve uygulama faaliyetleri olarak tanımlanır.

❖ **Enerji verimliliği koordinasyon kurulu:** Enerji verimliliği çalışmalarının ülke genelinde tüm ilgili kuruluşlar nezdinde etkin olarak yürütülmesi, sonuçlarının izlenmesi ve koordinasyonu amacıyla Enerji Verimliliği Koordinasyon Kurulu oluşturulur.

❖ **Enerjide sürdürülebilirlik:** Enerjinin farklı bölgelere uygun, farklı stratejilerin sistem amaçlarını gerçekleştirinceye kadar sürdürülebilme becerisidir.

Enerji ölçülemez, buna karşılık şekil değiştirmelerinin hangi oranlar içinde olduğunu belirleyen katsayılar bulunabilir. Başlıca ölçü birimleri şunlardır:

❖ **Küçük kalori (Isı ölçme birimi) :** Bir gram damıtılmış suyun sıcaklığını 15 °C' den 16 °C' ye yükseltmek için gerekli ısı miktarıdır.

❖ **Newton (Kuvvet birimi):** Bir kilogramlık kütleyle saniyede 1 metre/ saniye' lik hız değişimi sağlayan kuvvet olarak tanımlanır. Dolayısıyla bir kilogramlık bir kütleyle etkileyen yerçekimi yaklaşık 9,81 Newton' dur.

❖ **Joule (İşölçü birimi):** Bir Newtonluk kuvvetin bir metrelik yol boyunca hareket etmesi sırasında yapılan iş olarak belirtilir. Joule, işi ölçmek için kullanılan uluslararası bir birimdir.

❖ **Watt (Güç ölçü birimi):** Saniyede yapılan 1 Joule'luk iştir. Çok kullanılan watt-saat(Wh) bir güç birimi olmayıp, bir watt' lık bir gücün bir saat içinde ürettiği ısı veya iştir. Dolayısıyla 3600 Joule'e eşittir.

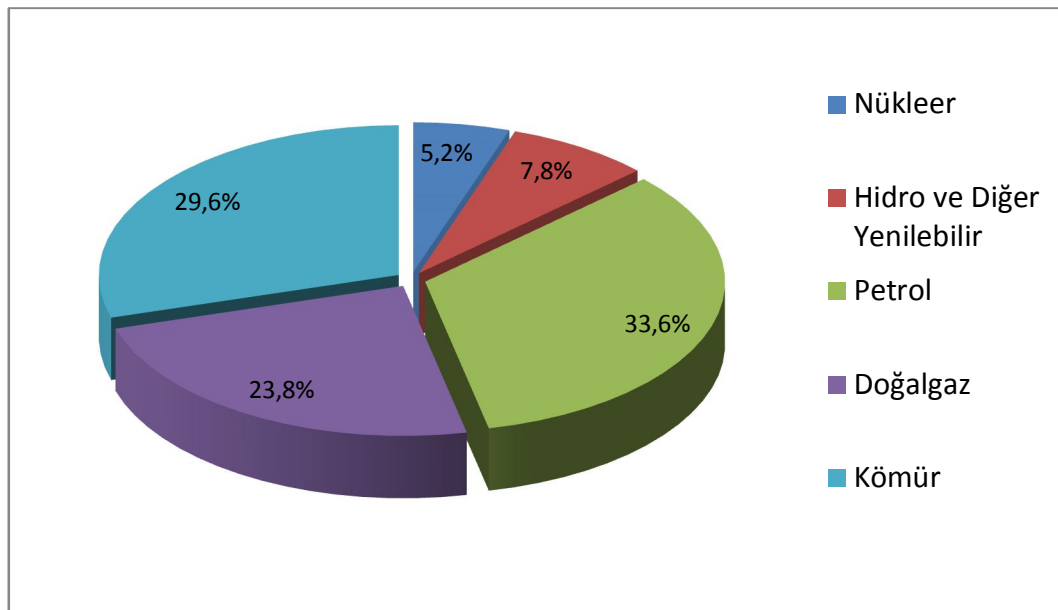
Enerjinin bütün fiziksel görünüşlerini bu ölçü birimlerinden biriyle belirtmek mümkündür. Örneğin; bir ton kömür 7000 m<sup>3</sup> suyun sıcaklığını 15 °C'den 16°C'ye yükseltmektedir. Bu, 7000 termi değerindedir. Bu değer, kömürün ısıl değerini, yani kömürün yanmasıyla ısıya dönüşen enerji kapsamını gösterir. Bir ton ham petrolün yanmasıyla 10.000 m<sup>3</sup> suyun sıcaklığı 15°C'den 16°C'ye yükseldiğinden, bunun ısıl değeri 10.000 termidir. Bir ton petrolün ağırlık birimiyle değil, ısı birimiyle değeri 1,43 tec (ton eşdeğer kömür), yani 10.000/7000 olmaktadır. Bunun tersi şeklindeki oran, bir ton kömürün 0,7 tep (ton eşdeğer petrol) olduğunu göstermektedir. Ayrıca 1 kwh 0,86 termi olduğuna göre, 1000 kwh böylece 0,086 tep'e [0,86 x 1000/ 10.000] karşılıktır.

Tablo 2.1 Enerji dönüşüm tablosu

BİRİMLER	MJ	KCal	KWh	TEP	Btu
<b>1 MEGA JOULE (10<sup>6</sup> J)</b>	1	239	0,28	23,89x 10 <sup>-4</sup>	947,8
<b>1 KİLOKALORİ (kcal)</b>	4,184 x 10 <sup>-3</sup>	1	1,162 x 10 <sup>-3</sup>	1 x 10 <sup>-7</sup>	3,97
<b>1 KİLOWATTSAAAT(KWh)</b>	3,6	860	1	86 x 10 <sup>-6</sup>	3412
<b>1 TON EŞDEĞER PETROL (TEP)</b>	41855	10 x 10 <sup>6</sup>	11626	1	39,67 x 10 <sup>6</sup>
<b>1 İNGİLİZİ ISI BİRİMİ (Btu)</b>	1,055 x 10 <sup>-3</sup>	0.2521	0,293 x 10 <sup>-3</sup>	0,251 x 10 <sup>-7</sup>	1

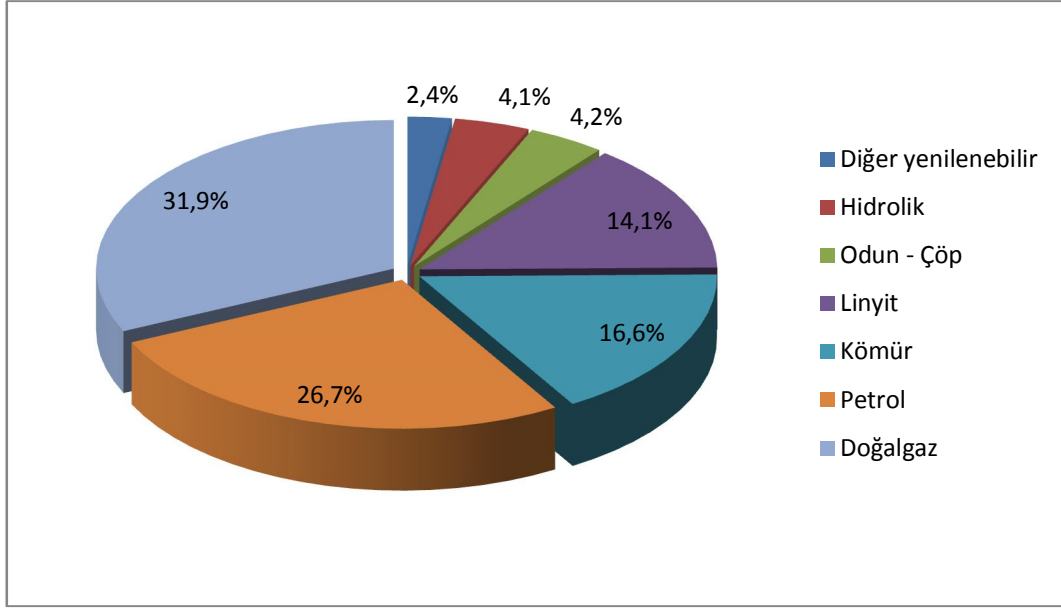
## 2.2 Türkiye'nin Enerji Durumu

Dünya Birincil Enerji Tüketiminin 2010 yılı sonu itibariyle 12 milyar TEP'tir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı,ETKB,2011). Dünya enerji tüketiminde fosil kaynaklar eskiden olduğu gibi üretimdeki en büyük kaynaklar olmaya devam etmektedir.



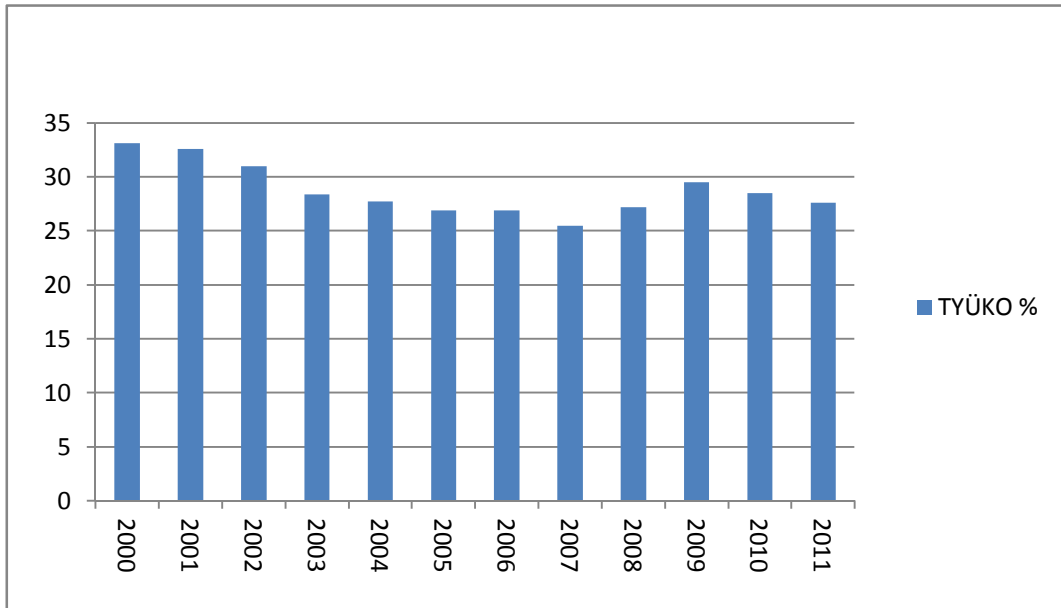
Şekil 2.1 Dünya birincil enerji tüketimi kaynaklar bazında (%), 2010 sonu (ETKB,2011).

Türkiye 2010 yılında 109,3 milyon TEP enerji tüketimi ile dünyadaki enerji tüketiminde en yüksek 22. ülke olmuştur. Tüketimin %89.3'ü fosil yakıtlardır. Türkiye Avrupa'nın altıncı büyük ekonomisine sahip ülkedir. Enerji konusunda dışa bağımlılığı %71,5'dir. Enerji talebinin karşılanmasında yüksek oranda dışa bağımlı olduğundan yerli ve yenilenebilir kaynakların değerlendirilmesi gerekmektedir. Türkiye'nin yıllık enerji talep artışı 1990'dan itibaren ortalama %4,6'dır. Hızlı talep artışı nedeniyle enerji yatırımlarında planlamanın ve kamusal denetimin zorunluluğu önem kazanmaktadır (Türkyılmaz,2012).



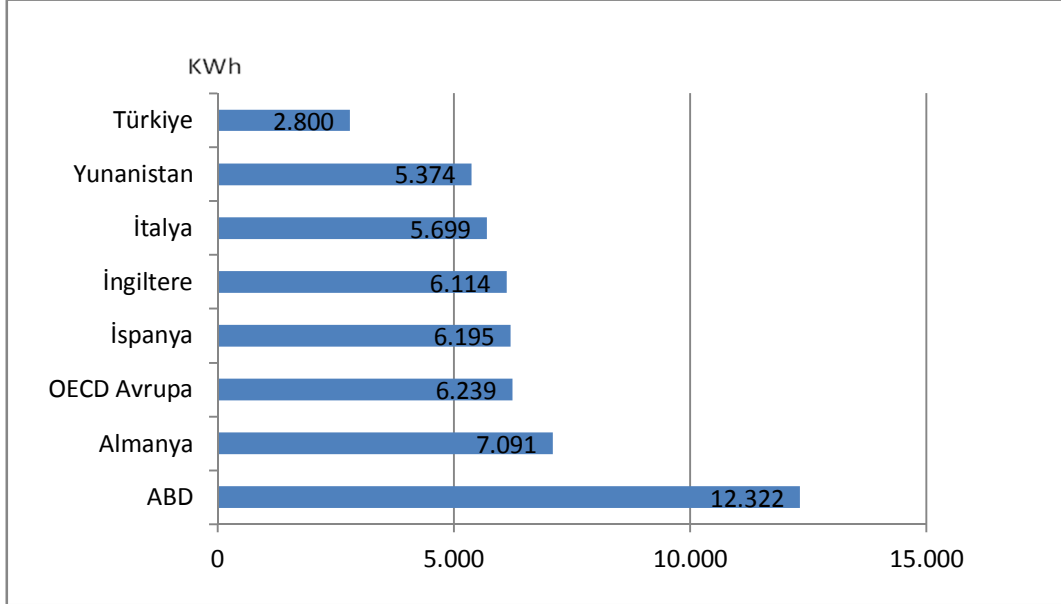
Şekil 2.2 Türkiye birincil enerji tüketimi 2010 (ETKB,2011).

Ülkemizin birincil enerji tüketiminin yerli üretimle karşılama oranı yaklaşık % 30 civarındadır. Türkiye'nin toplam elektrik enerjisi üretimi 2011 yılında 228,4 TWh olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 2.3 Birincil enerji tüketiminin yerli üretimle karşılama oranı (Türkyılmaz,2012).

Türkiye’de yıllık kişi başına düşen elektrik tüketimi gelişmiş ülkelere göre düşük seviyelerdedir.



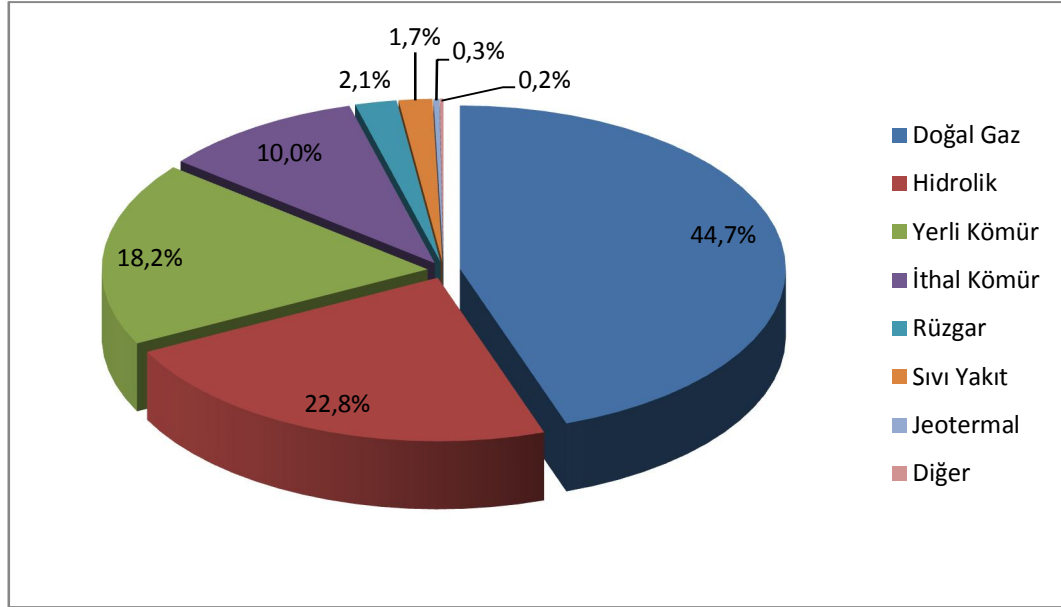
Şekil 2.4 Yıllık kişi başına düşen elektrik tüketimi (IEA,2009).

Elektrik üretiminde kullanılan kaynaklara göre kurulu güçler Tablo 2.2’de gösterilmiştir.

Tablo 2.2 2011 sonu itibariyle kurulu güç (EÜAŞ)

Kaynak Türü	Kurulu Güç (MW)	Kurulu Güç Payı (%)
Doğal Gaz	16220,5	30,6
Hidrolik	17080,7	32,2
İthal Kömür	3282,5	7,9
Linyit + Taş Kömürü	8473,2	15,4
Rüzgar	1691,8	3,2
Sıvı Yakıt	1392,5	2,6
Diğer	4309,6	8,1
Toplam	53050,8	100

Ülkemizde elektrik üretiminde en büyük pay doğalgaz, hidrolik ve kömür olarak sıralanmakta, yenilebilir kaynakların payı fosil yakıtlara göre çok düşük kalmaktadır. Elektrik üretiminde kullanılan kaynaklara göre dağılım Şekil 2.5'te gösterilmiştir.



Şekil 2.5 2011 elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı (Türkyılmaz,2012).

Yenilebilir kaynaklı santrallerin 2011 yılı itibariyle mevcut ve planlanan durumları Tablo 2.3'te gösterilmiştir.

Tablo 2.3 Yenilenebilir kaynaklar 2011 (EPDK)

Kaynak	Potansiyel	İnşa Halinde	İşletmede
Hidro	45000 MW	14600 MW	16160 MW
Rüzgar	48000 MW	2130 MW	1360 MW
Güneş	300 TW/YIL	-	-
Jeotermal	600 MW	118 MW	94 MW
Bio-Enerji	17 MTEP	50 MW	97 MW

### 2.3 Enerji Verimliliği

Enerji verimliliği, yaşam kalitesinden ve üretimden ödün vermeksizin enerjiyi tasarruflu kullanmak olarak tarif edilir. Endüstriyel manada ise enerji verimliliği; kalite ve performansı düşürmeden bir mal veya hizmeti elde etmek için gerekli olan enerji miktarının azaltılması olarak tanımlanmıştır. Bunun sonucunda sağlanacak enerji tasarrufu, en hızlı ve maliyeti diğerlerinden daha ucuz olan temiz bir enerji kaynağı olarak sayılabilir. Enerji verimliliği; enerjide arz güvenliğinin sağlanması, dışa bağımlılıktan kaynaklanan risklerin azaltılması, enerji maliyetlerinin sürdürülebilir kılınması, çevrenin korunması ve iklim değişikliği ile mücadele gibi ulusal stratejik hedefleri tamamlayan bir kavramdır (Şenol,2011).

Ülkemiz enerji yoğunluğu açısından gelişmiş ülkelere bakıldığında yüksek bir değere sahiptir. Enerji fiyatları arttıkça enerji yoğunluğu artacağından enerji verimliliği çalışmaları daha da önem arz etmektedir. Enerji arzında ve küresel iklim değişikliği ile mücadelede en ekonomik araç enerji verimliliğinin artırılmasıdır.

Enerji verimliliği uygulamalarından ilki ileri saat uygulaması sayılabilir. 10 Ekim 1946'da Montreux'da yapılan Avrupa Doğu Münasebetleri ve Tren Seferleri Konferansında İleri saat uygulaması ile ilgili bir karar alınmış olup, ülkemizde de 05 Aralık 1946 tarih ve 5049 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile uygulamaya koyulmuştur. 06.12.1984 tarihinde 697 sayılı Kanun'un (Değişik: 6/12/1984 - 3097/1 md.) 2. Maddesine göre” Greenwich'e göre otuzuncu derecede bulunan boylam dairesi bütün Türkiye Cumhuriyeti saatleri için esas alınır. Ayrıca başlangıç ve bitiş tarihleri belirtilmek ve bir saati aşmamak şartıyla yaz saati uygulamaya Bakanlar Kurulu yetkilidir.” denilmektedir. (ETKB). İleri saat uygulaması ile önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlanmıştır.

1973'te ve 1978'de yaşanan petrol krizleriyle ülkemiz de dahil olmak üzere birçok ülkede önemli ölçüde enerji sıkıntısı yaşanmıştır. Bunun sonucunda tüm dünyada enerji tasarruf bilinci ve tasarruf tedbirleri bilimsel yöntemlerle incelenmeye başlanmıştır.

Ülkemizde enerji tasarrufuna yönelik yapılan çalışmalar özel sektörün gelişmesiyle beraber 1980'den sonra başlamıştır.

- 1981 yılında Başbakanlık talimatı ile Enerji Tasarrufu Koordinasyon Kurulu kurulmuştur.
- 1985 tarihli binalarda ısı yalıtımı kurallarını belirleyen Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları TS825 Standardı yayınlanmıştır. Standart 1998 yılında ve en son olarak 2008 yılında revize edilmiştir.
- 1 Kasım 1995 tarihinde 'Sanayide Enerji Verimliliği Yönetmeliği' yayınlanmış ve uygulamaya geçmiştir. Enerji Verimliliği Yönetmeliği ise, 11 Kasım 1995 tarih ve 22400 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe girmiştir.
- 1993 yılında EİE-Ulusal Enerji Tasarruf Merkezi (UETM) kurulmuştur.
- 18 Mayıs 2005'te 5346 sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun” yürürlüğe girmiştir.
- Enerji Verimliliği Kanun Tasarısı Taslağı Haziran 2006 yılında hazırlanmıştır. 22 Şubat 2007 tarihinde Enerji Verimliliği Kanunu, TBMM'de kabul edilmiş, 02 Mayıs 2007 tarihinde 5584 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.

Enerji verimliliğine yönelik çalışmaların etkin olabilmesi için halk bilinçlendirilmeli özellikle binaların yalıtımında ve yenilenebilir enerjinin evsel kullanımı konularında yatırımlar teşvik edilmelidir. Özel sektörde kojenerasyon, yenilenebilir enerjinin kullanımı gibi uygulamalar özendirilmelidir. Kamu kurum ve kuruluşlarında enerji tasarrufuna yönelik önlemlerin alınması, enerji verimliliği uygulamalarında öncülük etmeleri gerekmektedir.

### **2.3.1 Ülkemizdeki Enerji Verimliliği Potansiyeli**

Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğünce sanayide %20, bina ve hizmette %30, ulaşırmada %15 tasarruf potansiyelimizin olduğu bildirilmektedir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın Stratejik Planında birincil enerji yoğunluğunun 2015 yılına kadar 2008 yılı değerine göre %10 azaltılmasını, buna göre birincil enerji yoğunluğunun 2014 yılı sonunda 0,254 TEP seviyesine indirilmesini öngörmektedir. Ayrıca ülkemizdeki enerji verimliliği açısından önemli bir gösterge olan enerji yoğunluğu da, gelişmiş ülkelerden en az iki kat daha kötüdür. Buda ülkemizin tasarruf potansiyelinin yüksek olduğu anlamına gelmektedir. Elektrik İşleri Etüt İdaresi, Türkiye'deki tasarruf potansiyelinin en az %30 olduğunu ifade etmektedir.

Enerjinin kullanım alanları incelendiğinde ise önemli bir payın binalara ait olduğu görülmektedir. Binalarda tüketilen enerjinin toplamdaki payı %24'tür. Diğer taraftan, İyimser bir tahminle, Türkiye'deki bina stokunun % 5,6'sı ve konut stokunun % 10'u ısı yalıtımı standartlarına uygun olduğu düşünülmektedir (EİE,2009). İZODER tarafından yapılan açıklamalarda, yalnızca bina kalitesinin düşüklüğünden (yalıtım olmaması) dolayı yıllık enerji kaybı yaklaşık 7 Milyar \$ olarak hesaplanmaktadır.

Enerji tasarrufu potansiyeliyle ilgili olan sanayi, bina ve ulaşım sektörlerinde enerji ve enerji tüketimini etkileyen hususlarda çeşitli istatistiklerin düzenli olarak toplanması ve enerji verimliliğiyle ilgili göstergelerin hesaplanarak izlenmesi gerekmektedir. Enerji tüketim değerlerinin doğru analiz edilebilmesi için, gerçek tüketim değerleri ile birlikte teorik tüketim tahminlerini de hesaplanması ve aradaki farkların analiz edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmalar için gerekli verileri periyodik olarak toplayıp değerlendirecek bir yapı oluşturulmalıdır.

### **2.3.2 Enerji Verimliliği Kanunu**

5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu 18.04.2007 tarihinde kabul edilmiş, 02.05.2007 tarihinde 26510 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanmış ve yürürlüğe girmiştir. Bu Kanunun amacı; enerjinin etkin kullanılması, enerji israfının önlenmesi,

enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılmasıdır.

Enerji Verimliliği Kanunu ile ; enerjinin üretim, iletim, dağıtım ve tüketim aşamalarında, fabrikalar ve benzeri 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 usûl ve esaslar belirlenmiştir (Enerji Verimliliği Kanunu, EVK, 2007).

Enerji Verimliliği Kanunu ile kurum ve kuruluşların yetki çerçevesi belirlenmiş, enerji yöneticisi kavramı ortaya konmuş ve enerji yöneticilerinin nerelerde görev yapmaları gerektiği belirlenmiştir. Kanun bünyesinde verimlilik artırıcı projelere verilebilecek destekler hakkında da açıklamalar getirilmiştir. Kanunun getirdiği yenilikler;

- Enerji Koordinasyon Kurulu Kurulması
- Enerji Yöneticisi Kavramı,
- Enerji Tüketim Bildirimleri (Bina, Endüstri, Ulaşım),
- Enerji Kimlik Belgeleri
- Enerji Verimlilik Danışma Şirketleri ve Enerji Etütleri
- Verimlilik Arttırıcı Proje uygulamalarıdır.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından ülkemizin enerji arz güvenliği sağlanmasına yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalar; yerli kaynaklara öncelik verilmek sureti ile kaynak çeşitlendirmesini sağlamak, yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji arzı içindeki payını arttırmak, enerji verimliliğini arttırmak, serbest piyasa koşullarına tam işlerlik kazandırmak ve yatırım ortamının iyileşmesini sağlamak, petrol ve doğalgaz alanlarında kaynak çeşitliliğini sağlamak ve ithalattan kaynaklanan riskleri azaltacak tedbirleri almaktır.

Enerji Bakanlığının stratejik planında; jeostratejik konumumuzu etkin kullanarak, Bakü-Tiflis-Ceyhan boru hattı ve Nabucco boru hattı gibi projeler ile ülkemiz enerji koridoru haline getirmek, fosil yakıtlı santrallerin ve buna benzer enerji ve tabii kaynaklar alanlarındaki faaliyetlerin çevreye olan olumsuz etkilerini en aza indirmek, tabii kaynaklarımızın ülke ekonomisine katkısını artırmak, endüstriyel hammadde, metal ve metal dışı madenlerimizin üretimlerini artırarak yurt içinde değerlendirilmesini sağlamak gibi projeler yer almaktadır.

### ***2.3.3 Enerji Verimliliği Kanuna Bağlı Yönetmelikler***

Enerji Verimliliği Kanunu'nun yürürlüğe girmesinden sonra kanunda öngörülen ikincil mevzuat düzenlemelerine gidilerek ilgili eski yönetmelikler revize edilmiş ve üzerine yeni yönetmelikler oluşturulmuştur. Bu yönetmelikler aşağıda verilmiştir.

#### ***2.3.3.1 Merkezi Isıtma ve Sıcak Su Sistemlerinde Isınma ve Sıhhi Sıcak Su Giderlerinin Paylaştırılmasına İlişkin Yönetmelik***

Bu yönetmelik 14.04.2008 tarihinde 26847 sayılı Resmi Gazete ile yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmeliğin amacı; mevcut ve yeni yapılacak birden fazla bağımsız bölüme sahip merkezi veya bölgesel ısıtma sistemli ve sıhhi sıcak su sistemli binalarda, ısıtma ve sıhhi sıcak su giderlerinin, bağımsız bölüm kullanıcılarına paylaştırılmasına ilişkin usul ve esasları belirlemektir.

#### ***2.3.3.2 Ulaşımında Enerji Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik***

Bu yönetmelik 09.06.2008 tarihinde 26901 sayılı Resmi Gazete ile yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmelik ulaşımında enerji verimliliğinin artırılması amacıyla; motorlu araçların birim yakıt tüketimlerinin düşürülmesine, araçlarda verimlilik standartlarının yükseltilmesine, toplu taşımacılığın yaygınlaştırılmasına, trafik akımının arttırılmasına yönelik sistemlerin kurulmasına ilişkin usul ve esasları kapsar.

### *2.3.3.3 Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğinin Artırılmasına Dair Yönetmelik*

Bu yönetmelik 27.10.2011 tarihinde 28097 sayılı Resmi Gazete ile yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmeliğin amacı; enerjinin etkin kullanılması, enerji israfının önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılmasına ilişkin usul ve esasları düzenlemektir.

### *2.3.3.4 Sıvı ve Gaz Yakıtlı Yeni Sıcak Su Kazanlarının Verimlilik Gereklere Dair Yönetmelik*

Bu yönetmelik 05.06.2008 tarihinde 26897 sayılı Resmi Gazete ile yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmeliğin amacı, sıvı veya gaz yakıtlı yeni sıcak su kazanlarına uygulanabilir verim gereklerini belirleyerek enerji verimliliğini artırmaktır.

### *2.3.3.5 Ev Tipi Buzdolapları, Derin Dondurucular, Buzdolabı Derin Dondurucular Ve Bunların Bileşimlerinin Enerji Etiketlemesine Dair Yönetmelik*

Bu yönetmelik 30.01.2010 tarihinde 27478 sayılı Resmi Gazete ile yürürlüğe girmiştir. Bu Yönetmeliğin amacı, enerji tüketiminde tasarruf edilmesinin temini bakımından tüketicilerin enerjiyi daha verimli kullanan elektrikli cihazları tercih edebilmelerini sağlamak için elektrik enerjisi ile çalışan ev tipi buzdolapları, derin dondurucular, buzdolabı derin dondurucular ve bunların bileşimlerinin enerji etiketlemesiyle ilgili kuralları ve performans standartlarını belirlemektir.

## **2.4 Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği**

Enerji Verimliliği Kanunu'nun 7'nci maddesinin birinci fıkrasının (ç) ve (d) bentleri ile İmar Kanunu'nun 44'üncü maddesine dayanılarak hazırlanan Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, 5.12.2008 günlü ve 27075 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanmıştır. Yönetmeliğin amacı, "dış iklim şartlarını, iç mekan gereksinimlerini,

mahalli şartları ve maliyet etkinliğini de dikkate alarak, bir binanın bütün enerji kullanımlarının değerlendirilmesini sağlayacak hesaplama kurallarının belirlenmesini, birincil enerji ve karbondioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonu açısından sınırlandırılmasını, yeni ve önemli oranda tadilat yapılacak mevcut binalar için minimum enerji performans gereklerinin belirlenmesini, yenilenebilir enerji kaynaklarının uygulanabilirliğinin değerlendirilmesini, ısıtma ve soğutma sistemlerinin kontrolünü, sera gazı emisyonlarının sınırlandırılmasını, binalarda performans kriterlerinin ve uygulama esaslarının belirlenmesini ve çevrenin korunmasını düzenlemek” olarak belirtilmiştir. Resmî Gazete’de yayımlandığı tarihten bir yıl sonra yürürlüğe giren yönetmelikle, 9.10.2008 tarihli ve 27019 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği yürürlükten kaldırılmıştır.

Binalarda enerji performansı yönetmeliğine kadar binalar için yalnızca ısıtma ihtiyacı hesapları yapılmakta iken söz konusu yönetmelikle;

- Binaların tüm enerji ihtiyacının belirlenmesi,
- Enerjinin verimliliğine yönelik zorunlu uygulamaların getirilmesi (merkezi ısıtma, yenilenebilir enerji etüdü, otomatik kontrol, kojenerasyon v.b.)
- Enerji tüketimlerine göre sınıflandırılmasına yönelik hesaplar yapılmaktadır.

BEP Yönetmeliği kapsamına giren binaların yıllık m<sup>2</sup> başına düşen enerji tüketim miktarını ve buna bağlı olarak CO<sub>2</sub> salınımının nasıl hesaplanacağını yol haritası olarak BEP Hesaplama Yöntemi (BEP-HY) ve bununla beraber yöntemin yazılımı olan BEP-TR oluşturulmuştur.

BEP-TR Aralık 2009'da BEP-HY'nin tebliği olarak yayımlanmıştır. İnternet tabanlı bir yazılım olup girilen bilgiler bakanlık kontrolünde olan merkezi veri tabanına yüklenir. Böylece Türkiye'de binalarla ilgili hedeflenen ayrıntılı bir takip sistemi ve veritabanı oluşturulmaktadır. “Türkiye için bina enerji performansı ulusal hesaplama yöntemi”, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı ve EVD Şirketinin eşgüdümünde, üniversitelerde görev alan yirmiyi aşkın bilim insanı tarafından,

binanın enerji tüketimine etki eden tüm parametrelerin, binaların enerji verimliliğine etkisini değerlendirmek ve enerji performans sınıfını belirlemek için geliştirilmiştir[ekomim,b.t.].

Bir binanın enerji performansı;

- a) Binanın m<sup>2</sup> başına düşen yıllık enerji tüketiminin belirlenmesi,
- b) Bu değere göre CO<sub>2</sub> salımının hesaplanması,
- c) Bu değerlerin referans bir bina'nınki ile kıyaslanması,
- d) Kıyaslama sonucuna göre binanın A-G arası bir enerji sınıfına yerleştirilmesi ile gerçekleşir.

Bina enerji performansı, enerji tüketimi için aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$E_{p,EP} = 100 (EP_a / EP_r) \quad [1]$$

Burada,

E<sub>p</sub>: Binanın enerji performansını (-),

EP: Binanın yıllık m<sup>2</sup> başına düşen enerji tüketim miktarını, birincil enerjiye dönüştürülmüş şekilde (kWh/m<sup>2</sup>-yıl),

r: Referans binayı,

a: Asıl binayı ifade eder.

CO<sub>2</sub> salımı için ise aşağıdaki formül kullanılır:

$$E_{p,SEG} = 100 (SEG_a / SEG_r) \quad [2]$$

Burada,

E<sub>p</sub>: Binanın performansını (-),

SEG: Binanın yıllık m<sup>2</sup> başına düşen CO<sub>2</sub> salım miktarını (kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>-yıl),

r: Referans binayı,

a: Asıl binayı ifade eder.

BEP yönetmeliğinin en önemli yeniliklerinden biride mevzuat kapsamındaki binalara (>1000 m<sup>2</sup>) “Enerji Kimlik Belgesi” hazırlama zorunluluğudur. Enerji Kimlik Belgesinde asgari olarak binanın enerji ihtiyacı ve enerji tüketim sınıflandırması, yalıtım özellikleri ve ısıtma ve/veya soğutma sistemlerinin verimi ile ilgili bilgileri içermektedir.

Yönetmelik kapsamında 1 Ocak 2011 tarihinden sonra yapılacak yeni binaların ruhsat alabilmeleri için EKB almaları gerekmektedir. Bu tarihten itibaren de yasal olarak, inşaat ruhsatı verilebilmesi için binaların mimari, mekanik ve elektrik tesisat açısından en az C sınıfında olduğunu gösteren Enerji Kimlik Belgesinin BEP-TR programı ile oluşturulması, ilgili belediye tarafından onaylanması istenilmektedir. Mevcut binalarda ise EKB alımı için 2017 yılına kadar süre tanınmıştır. Mevcut binalar için kanunda belirtilen hüküm dışında bir yaptırım söz konusu değildir. Ancak alım, satım ve kiralama gibi durumlarda bu belge istenilmektedir.

Bu belge ile konutlar, beyaz eşyalarda olduğu gibi A’dan G’ye kadar sınıflandırılmaktadır. A sınıfı; tasarruflu ve SEG (Sera Gazları Emisyonu Göstergesi) emisyonu düşük konutları, G sınıfı ise enerji israf eden ve SEG emisyonu yüksek konutları işaret eder. Hazırlanacak enerji kimlik belgeleri ile binalar enerji kalitesi ve sera gazı emisyonları açısından sınıflandırılmış olacaklardır.

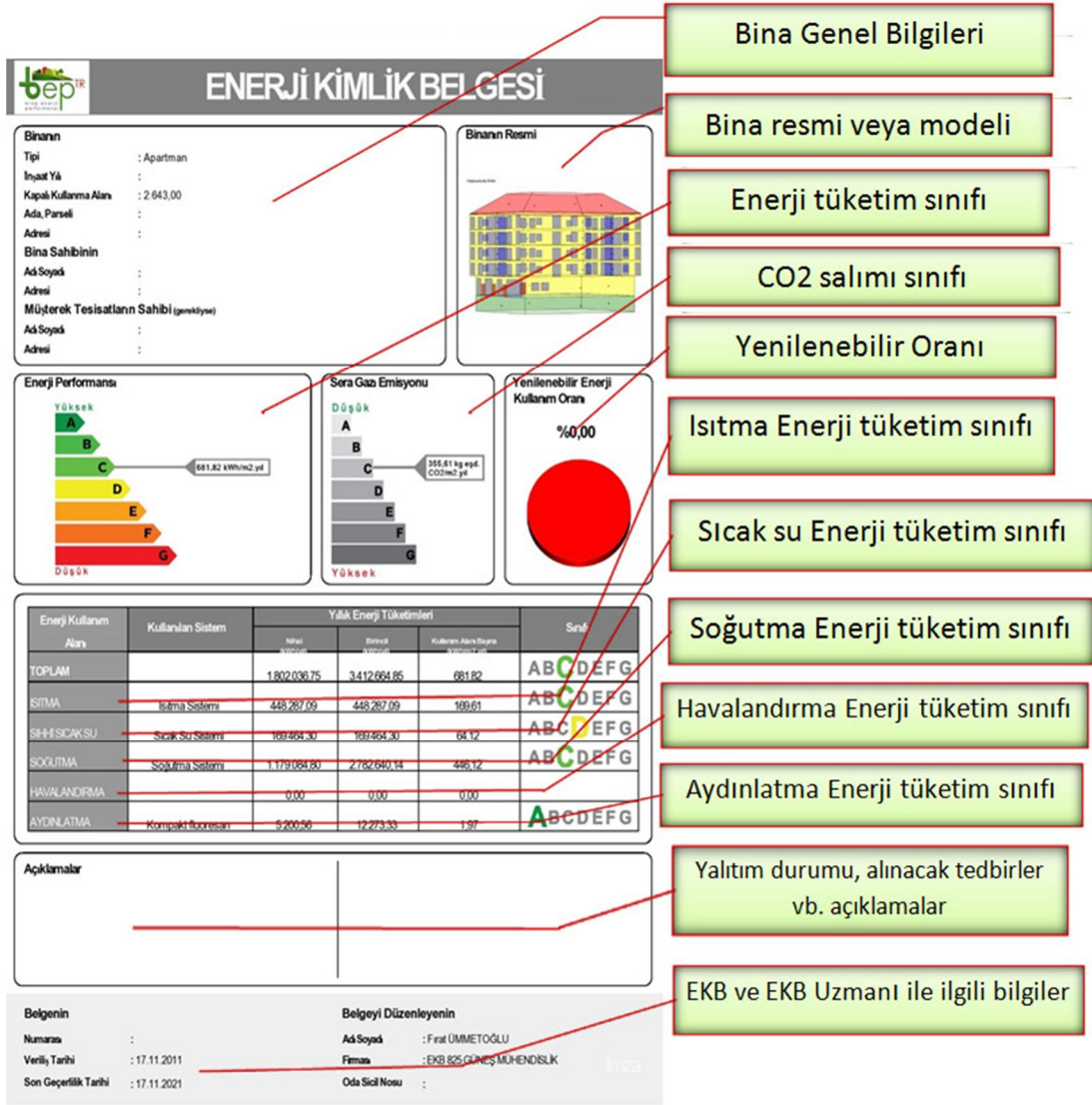
Tablo 2.4 Ep değerlerine göre enerji sınıfları

ENERJİ SINIFI	Ep ARALIKLARI
A	0-39 PUAN
B	40-79 PUAN
C	80-99 PUAN
D	100-119 PUAN
E	120-139 PUAN
F	140-174 PUAN
G	175-.... PUAN

Enerji Kimlik Belgesi, aşağıda belirtilen yapıların dışında tüm binalarda kullanılacaktır.

- Sanayi alanlarında üretim faaliyetleri yürütülen binalar,
- Planlanan kullanım süresi iki yıldan az olan binalar,
- Toplam kullanım alanı 50 m<sup>2</sup>'nin altında olan binalar,
- Seralar, atölyeler,
- Münferit olarak inşa edilen ve ısıtılmasına, soğutulmasına gerek duyulmayan depo, ardiye, ahır, ağıl gibi binalar,
- Mücavir alan dışında kalan ve toplam inşaat alanı 1.000 m<sup>2</sup>'den az olan binalar.

Enerji Kimlik Belgeleri SMM belgesine sahip mimar ve mühendislerden oluşan EKB Uzmanları tarafından verilmektedir. Bakanlık, eğitimi tamamlamış ve sınavdan başarılı şekilde geçerek akredite olmuş Enerji Kimlik Belgesi (EKB) Uzmanlarına, kişiye özgü kullanıcı adı ve şifre verir. Uzmanlar, şifreleriyle giriş yaptıkları yazılımın internet sitesinde, binaya ait bilgilerin girişini yapar. Girilen bilgiler tamamlandığında, dosya merkezi veritabanına gönderilir. Hesaplama, merkezi sistemde yapılır. Hesaplama sonucu üretilen sertifika, e-mail ile EKB Uzmanına gönderilir. EKB düzenleme tarihinden itibaren 10 yıl geçerlidir. Bu srenin sonunda Enerji Kimlik Belgesi hazırlanılacak bir rapor doğrultusunda yeniden düzenlenir.

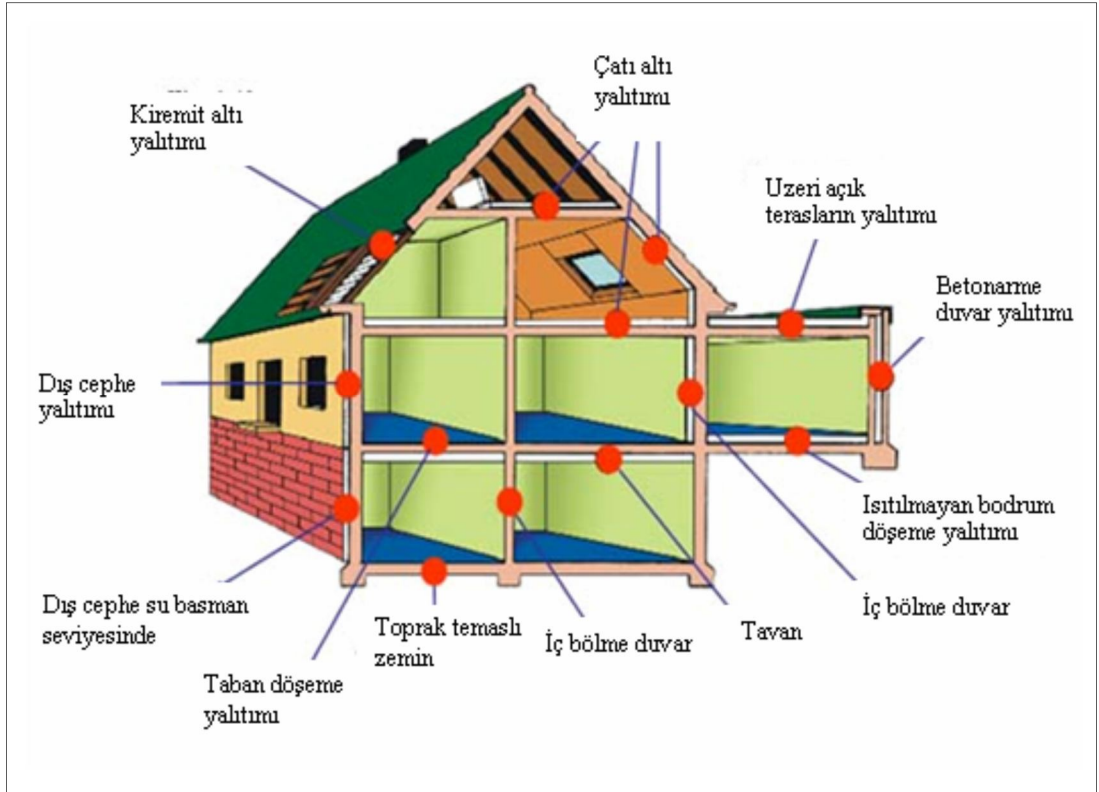


Şekil 2.6 Enerji Kimlik Belgesi (<http://www.enerjikimlikbelgesi.tc/ekb-ornegi.html>).

## BÖLÜM ÜÇ

### ISI YALITIMI

Yapı fiziğinde yalıtım, arzu edilmeyen fiziksel etkilerin ya da olayların bir taraftan diğer tarafa geçmesini engelleyen işlem ve sistemler olarak tanımlanır. Örneğin bir binaya istenmeyen suyun girmesinin engellenmesi, ısı enerjisinin içeri veya dışarı kaçmasının engellenmesi, gürültü kapsamındaki seslerin engellenmesi, elektrik akımından korunmak üzere elektrik akımının yalıtılması gibi işlemler bu kapsamda ele alınabilir. Ancak bu yalıtımın gerçekleştirilebilmesi için yalıtkan denen özel maddeler gerekmektedir. Bu özel malzemeler su yalıtımında bitüm emdirilmiş ve/veya plastik kökenli malzemeler olabileceği gibi, ısı yalıtımını sağlamak için gözenekli hafif malzemeler, ses yalıtımı içinde birim hacim ağırlığı yüksek malzemeler de olabilir (Toydemir, Tanaçan, Gürdal,2006). Yapıda uygulanan yalıtımlar, Şekil 3.1’ de uygulama bölgeleri ile genel olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Yapılarda yalıtım.

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

Binalarda, ısı yalıtımı; kışın binayı ısıtmak için üretilen sıcak havanın dışarıya kaçmasını önleyerek ısı, yazında dışarıdaki sıcak havanın içeriye girmesini önleyerek ısı konfor sağlamak amacıyla yapılır. Binalarda ısı yalıtımı enerjiden tasarruf ederek gaz, kurum ve toz emisyonunu azaltıp çevre kirliliğini de önler.

Sağlıklı ve rahat yaşam, sadece uygun ısı ve nem şartlarına sahip olan mekanlarda mümkündür. Binaların ısı etkilerinden korunması; insan sağlığı, onarım giderleri, yakıt ekonomisi ve ilk yapım giderleri açısından önemlidir. Isı etkilerinden yeterli bir koruma sağlanması ile, hacmi çevreleyen yapı bileşenlerinin yüzey ve içlerinde terleme olayını, tesisat borularının donmasını ve bunlara bağlı olarak meydana gelen zararları önleyerek, yapının bakım ve onarım giderlerini azaltır. (Özcan,2002).

Isı yalıtımı ile ısı kayıplarının önlenmesinin yanında yapılar; nem, rutubet ve korozyona karşı da korunmaktadır. Böylece binada bulunan ısı yalıtımı, binanın ömrüne olumlu yönde etki ederek bina ömrünü arttırır. Isı yalıtımı ile binalarda taşıma ve destek görevi gören elemanların iç ve dış yüzeylerinde ısı farklılıklarına bağlı olarak meydana gelen termal gerilmelerin de önüne geçilmiş olur. Bu sayede yapı elemanlarında termal gerilmeye bağlı oluşabilecek olası çatlakların oluşması önlenmiş olur. Bu durum; ülkemizin deprem kuşağında olması gerçeği göz önüne alınması durumunda dikkat ve hassasiyet gösterilmesi gereken bir konu olarak da karşımıza çıkmaktadır.

Isı yalıtımının tasarruf etkisini kısa dönemde açıkça görmek mümkündür. Isı yalıtımı için harcanan maliyetler, az yakıt kullanımı sayesinde yapılan tasarruf ile

kendini kısa zaman içerisinde amorti eder. Sağladığı bu faydalardan dolayı gelişmiş ülkelerde ısı yalıtımı devlet tarafından teşvik edilmekte ve bağlayıcı yönetmeliklerle uygulama sağlanmaktadır (Akıncı,2006). Ülkemizde ısı yalıtımı konusunda devlet tarafından teşvik sistemi gelişmemiştir. Ancak Bina Enerji Performans Yönetmeliği ile yeni yapılmakta olan binaların yalıtım olması mevcut binaların ise 2017 yılına kadar yalıtılması zorunluluğu bulunmaktadır.

Bina yapımındaki gelişmeler ile birlikte, yapılar kalın boyutlu ve ağır malzemelerden ince boyutlu hafif malzemelere geçmiştir. Bu durum, fiziksel ve mali yönden birçok yarar sağlamıştır bununla beraber ısı yalıtımı konularında daha dikkatli davranmak gerektiği de anlaşılmıştır. Binanın ısı yalıtımı; yapının gerek kışın, gerekse yazın karşılaşıacağı dış şartları güvenle karşılayabilecek şekilde yapılmalıdır. (Ekinci,2003).

Isı yalıtımını faydaları aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- 1) Yazın aşırı sıcaktan, kışın soğuktan rahatsız olmamak, daha az yakıt tüketimi ile daha az yakıt harcaması yapmak,
- 2) Konforlu yaşam şartlarında yaşamak,
- 3) Isıtma ve soğutma amacı ile kullanılan enerjinin boşa harcanmaması, verimli kullanılması ve bunun sonucunda işletme giderlerinden tasarruf sağlamak,
- 4) Isı yalıtımı ile binadaki ısı kaybı azalacağından, daha küçük ısıtma, soğutma cihazları ve armatürleri kullanarak ilk yatırım maliyetlerini azaltmak,
- 5) Hava kirliliğini ve ozon tabakasının tahribatını önlemek,
- 6) Bina içinde ve duvar yüzeyinde soğuk noktaları önleyebilmek, dolayısıyla rutubet ve yoğuşmayı önlemek,
- 7) Binaların dış kabuğunu ve yapı elemanlarını büyük ısasal gerilimlerin ve rutubetin tahribatından korumak, bakım giderlerinden tasarruf sağlamak böylelikle bina ömrünü uzatabilmek,
- 8) Zararlı madde emisyonunu azaltarak, sağlıklı çevre oluşturulmasına imkân vermek, ahşap yüzeylerde mantarlaşmayı önlemektir.

Isı yalıtımı hesaplarında kullanılan tanımlar aşağıda verilmiştir.

❖ **Isıl geçirgenlik:** Bir yapı bileşeninin birbirine paralel yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkı 1 °C olduğu zaman, birim zamanda, birim kalınlıkta ve birim alandan, bu yüzeylere dik yönde geçen ısı miktarıdır. Isıl geçirgenlik,

$$R = \frac{k}{L} \quad [3]$$

şeklinde hesaplanır ve birimi W/m<sup>2</sup>K' dir.

❖ **Özgül Isı:** Birim kütle için sıcaklığını 1 °C arttırmak için gerekli ısı miktarıdır. Boyutu W/kgK veya J/kgK' dir ve °C ile gösterilir.

❖ **Isı iletim direnci:** L Kalınlığındaki bir cismin iki yüzü arasındaki sıcaklık farkı 1 °C olduğu zaman yüzeyin ısı geçişine karşı gösterdiği dirençtir. Birim m<sup>2</sup>K/W olarak verilir. Fourier ısı iletim yasası,

$$q = kA \frac{T_1 - T_2}{L} \quad [4]$$

şeklinde yazılır.

❖ **Isı iletim katsayısı:** Isı iletim katsayısı birim kalınlıkta sıcaklık artışı için iletilen ısı transfer hızıdır ve malzemeden malzemeye değişir. Isı iletim katsayısı k (λ) harfi ile gösterilir ve birimi W/mK' dir.

❖ **Buhar basıncı :** Buhar basıncı, su buharının nemli hava içindeki kısmi basıncıdır. Nemli hava, su buharı ve kuru havadan oluşur. Dalton Yasası'na göre P toplam basıncı, P<sub>b</sub> su buharının kısmi basıncını, P<sub>h</sub> kuru hava basıncını ve P<sub>d</sub> aynı sıcaklıktaki doyma basıncını gösterdiğine göre, buhar basıncı aşağıdaki şekilde verilebilir.

$$P = P_h + P_b + P_h + \phi \cdot P_d \quad [5]$$

❖ **Bağıl (izafi) Nem:** Havadaki su buharı kısmi basıncının, aynı sıcaklıkta doymuş havadaki su buharı kısmi basıncına oranıdır.

$$\varphi = \left( \frac{P_b}{P_d} \right)_T \quad [6]$$

❖ **Mutlak Nem:** Nemli havanın birim hacmine karşı gelen nem miktarı olup  $\tau$  ile verilir. Aşağıdaki bağıntı mutlak nemi tanımlamaktadır.

$$\tau_b = \frac{m_b}{V} \quad [7]$$

❖ **Özgül nem:** Su buharı kütlelerinin, kuru havanın kütlelerine oranıdır ve  $x$  ile tanımlanır. Özgül nem eşitlik (6) ile hesaplanır.

$$x = \frac{m_b}{m_h} \quad [8]$$

❖ **Çiğ noktası :** Havanın verilen bir nem oranı için yoğuşma veya doyma sıcaklığı, çiğ noktası olarak adlandırılır. Doymuş havada sıcaklık, çiğ noktasının altına düştüğü zaman yoğuşma meydana gelir. Çiğ noktası sıcaklığı, su buharının yoğuşmaya başladığı noktadır.

❖ **Diffüzyon direnci :** Difüzyon direnci kuru malzemelerde sıcaklığa bağlı olmayan bir madde sabitesi olup, belli bir nem değeri olan malzemelerde nem köprüsünün etkisini taşır.  $\mu$  ile gösterilir.

❖ **Terleme :** Terleme çiğ noktası sıcaklığı ile ilgili olup, yapı elemanlarının yüzünde su buharının yoğuşması sonucu su haline dönüşmesidir.

❖ **Yoğuşma:** Yapı elemanlarının iç tarafında meydana gelen ve ilk oluşumda göz ile fark edilemeyen su birikimidir.

### 3.1 Isı Yalıtım Malzemeleri

Türk Standartları TS 825 ve Alman DIN normu 4108' e göre, taş yünü, extrude polistren, expanded polistren, camyünü, polietilen, poliüretan, cam köpüğü, fenol köpüğü gibi ısı iletkenlik değeri ( $\lambda$ ) 0,065 W/mK değerinin altında olan malzemelere “ısı yalıtım malzemesi”, bu değerin üstünde kalanlara da “yapı malzemesi” denilmektedir.

Isı yalıtım malzemeleri; ısı geçişine karşı koyarak mevcut ısının uzun süre korunmasını sağlayan düşük ısı iletkenliğine sahip malzemelerdir. Ayrıca ısı yalıtım ürünleri genellikle heterojen yapıli malzemelerin bir karışımı olarak ele alınabilir ve çoğunlukla hava dolu hücreleri saran, katı bir çerperden oluşan bir iskelet şeklindedir. Bu yapısından dolayı ısı yalıtım malzemeleri hafiftir.

Isı yalıtım malzemeleri, yalıtılacak bölgenin özelliklerine göre seçilir. Örneğin zeminlerde kullanılan ısı yalıtım malzemesinin dış duvarlarda kullanılan yalıtım malzemesine göre yüksek mukavemetli olması gerekir. Isıl yalıtımlar, doğru uygulandığında, iletim, taşınım ve/veya ışınım ısı geçişi tipleri ile enerji geçişini azaltan malzemelerdir. Bu yalıtım malzemeleri lifli, taneli, film-tabaka, blok veya tek parçadan yapılmış, açık kapalı hücreli, kimyasal-mekanik olarak birbirine bağlanmış veya desteklenmiş karma malzemelerden oluşabilir (Ekinci,2003).

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

Isı yalıtım malzemelerinin istenilen performansı karşılayabilmeleri için boşluk oranı fazla, yoğunluğunun düşük, nem oranının az olması gerekmektedir. Sadece ısı iletkenliği düşünülerek oluşturulan yapı elemanlarının istenilen sonuçları vermediği anlaşılmıştır. Isı yalıtımının yanında yoğuşma olayının önlenmesi için yalıtım malzemesinde başka nitelikleri aramayı gerekli kılmıştır. Isı yalıtım malzemelerinin buhar, difüzyon, direnç faktörlerinin büyük olması durumunda buhardan daha az

etkilenmektedir. Ayrıca sıcaklık değişimlerinden daha az etkilenmek ve ısıyı depo edebilmek için yoğunluğunun büyük, ısınma ısısının da yüksek olması beklenmektedir (Ekinci,2003).

Tek bir malzemenin bu ve benzeri tüm gereksinmelere sahip olması mümkün değildir. Çeşitli kullanım yerlerine göre, iyi bir izolasyon beklenen genel özellikler şunlardır:

- Isı geçişine karşı yüksek direnç ( Düşük ısı iletkenlik katsayısı),
- Yeterli basınç mukavemetine sahip olması, zamanla çökme yapmaması,
- Yeterli çekme mukavemetine sahip olması,
- Kullanılan sıcaklıkta bozulmaması, yanmazlık ve alev geçirmezlik,
- Birlikte kullanılan malzemelerle reaksiyona girmemesi ve bozulmaması (Kimyasal kararlılık ve dayanıklılık),
- Suya ve neme karşı yüksek dayanım, küf tutmaması, kokusuz olması,
- Uygulama ve işçilik kolaylığı,
- Boyutsal kararlılık, hafiflik
- İnsan sağlığına ve çevreye zarar vermemesi, kaşıntı ve alerji yapmaması,
- Çeşitli böcek ve mikroorganizmalar tarafından bozulmaması,
- Ekonomik olması.

Isı yalıtım malzemelerini aşağıdaki şekilde sınıflandırabiliriz.

Yapıldığı hammaddeye göre ısı yalıtım malzemeleri:

- Bitkisel ve hayvansal kökenli ısı yalıtım malzemeleri: Mantar, ahşap, talaş ve lif levhalar, hayvansal dokumalık lifler, bitkisel dokumalık lifler, saman, yosunlar.
- Mineral kökenli ısı yalıtım malzemeleri: Asbest, cam elyafı, taşıyünü, seramik yünü, cam köpüğü, fosil silisler, mikalar, perlit, bazalt.
- Sentetik kökenli ısı yalıtım malzemeleri: Polietilen, polivinilklorür köpükleri (PVC), polistren köpükleri, poliüretan köpükleri, fenolformaldehit köpükleri
- Yüksek performanslı ısı yalıtım malzemeleri: Saydam yapıli yalıtkanlar, vakumlanmış yalıtım panelleri, kompozit yalıtkanlar.

Yapısına göre ısı yalıtım malzemeleri:

- Yapıya sahip yalıtkanlar : Genleştirilmiş granüle, mantar, fosil silisli taneler, perlit, mikalar
- Elyafly yalıtkanlar: Asbest lifleri, cam elyafı, taş yünü, ahşap lifli levhalar
- Sentetik köpük yalıtkanlar: Polivinilklorür, köpükler, polistren köpükleri, poliüretan köpükler, formaldehit köpükler
- Mineral köpük yalıtkanlar: Hafif Betonlar (Gaz Betonlar, Hafif Agregalı Sünger Taşı ( Bims ), cam köpüğü.
- Polimer bağlayıcıly yalıtkanlar: Bitümlü Maddeler, plastikler, boyalar

Başlıca ısı yalıtım malzemeleri aşağıda verilmiştir.

### **3.1.1 Cam Yünü**

Cam yünü, silis kumunun 1200 °C -1250 °C'de ergitilerek elyaf haline getirilmesi ile elde edilir. Kullanım yerine, amacına göre farklı boyut ve teknik özelliklerde, değişik kaplama malzemeleriyle, şilte, levha, dökme, boru şeklinde üretilir. Isı ve ses yalıtımında kullanılır. Alman Normu olan DIN 4102'ye ve Türk Standardı TS EN 13501-1'e göre "A" sınıfı yanmaz malzemeler grubunda olmaları sebebiyle yangın güvenliğini sağlar. Azami kullanım sıcaklığı -50/+250 °C aralığındadır. -200°C'ye veya +550°C'ye kadar kullanılan özel cam yünü ürünler de üretilir. Cam yünleri 14-100 kg/m<sup>3</sup> arasındaki yoğunluklarda üretilir. Isı iletkenlik hesap değeri 0,040 W/mK, su buharı difüzyon direnç faktörü  $\mu=1$ ' dir (Karagöz, şenkal,2004).

Diğer izolasyon malzemelerine nazaran pratikte oldukça geniş bir kullanım sahası bulunan cam yünü yanıcı değildir. Higroskopik değildir. Kimyasal olarak nötrdür ve korozyon tehlikesi yoktur. Atmosferik şartlara dayanıklıdır. Hidrofluorik asit hariç genel olarak asitlere karşı dayanıklıdır. Küf tutmaz ve haşerelerin yuvalanması olmaz. Bıçakla kolayca kesilebildiğinden işçiliği kolaydır.

### 3.1.2 Taş Yünü

Taş yünü, bazalt veya diabez taşının 1350°C - 1400°C'de ergitilerek elyaf haline getirilmesi ile elde edilen bir ısı yalıtım malzemesidir. Kullanım yerine, amacına göre farklı boyut ve teknik özelliklerde, değişik kaplama malzemeleriyle, şilte, levha, dökme, boru şeklinde üretilir. Isı, ses ve yangın yalıtımında kullanılır. Yüksek dayanım sıcaklıkları ve TS EN 13501-1'e göre "A" sınıfı yanmaz malzemeler grubunda olmaları nedeniyle cam yününe olduğu gibi kullanım yerlerinde yangın yalıtımı sağlar. Azami kullanım sıcaklığı -50/+750 °C aralığındadır. 30-200 kg/m<sup>3</sup> arasındaki yoğunluklarda üretilir. Isı iletkenlik hesap değeri 0,040W/mK, su buharı difüzyon direnç faktörü  $\mu =1$ 'dir.

Taş yünü yalıtım malzemelerinin diğer özellikleri şunlardır: % 100 boyutsal kararlılığa sahiptirler. Sıcağa ve rutubete maruz kaldığında boyutları değişmez. Zamanla bozulmaz, çürümez, küf tutmaz, korozyon ve paslanma yapmaz. Böcekler ve mikroorganizmalar tarafından tahrip edilemez. Higroskopik ve kapiler değildir. Ergime sıcaklığı >1000 °C dir. Kolay kesilmesinden dolayı işçiliği kolaydır (İzocam Diyalog Dergisi,2004).

### 3.1.3 Seramik Yünü

Seramik yünü çok yüksek sıcaklıklarda (1200-1400 °C sıcaklıklar için) kullanılan lifli bir malzemedir. Rulo, levha, dökme şekillerinde bulunur. Yoğunluğu malzemenin şekline göre 100-150 kg/m<sup>3</sup> arasında değişir. Beyaz renkli ve yumuşak bir malzeme olup, levha tiplerinin basınca dayanımı fazla değildir. 160 kg/m<sup>3</sup> yoğunluktaki rulo tiplerinin ısı iletkenlikleri şöyledir.

°C	400	600	800	1000	1200
W/mK	0,0688	0,0946	0,1376	0,1806	0,2752

Seramik yünü yanmaz bir malzemedir. Hidroflorik asit ve fosforik asit dışında diğer asitlerden etkilenmez (Özer,2006).

### **3.1.4 Extrude Polistren Köpük (XPS)**

Ekstrüde polistren levha, polistiren hammaddesinin ekstrüzyonla levha halinde çekilmesiyle üretilen bir ısı yalıtım malzemesidir. Isı yalıtımı maksadıyla kullanılmaktadır. 25-45 kg/m<sup>3</sup> arası yoğunluklarda üretilir. Isı iletkenlik beyan değeri  $\lambda \leq 0,035$  W/mK'dır. Su buharı difüzyon direnç faktörü  $\mu=90-100$ 'dür. Kullanım sıcaklığı -50/+75°C aralığındadır. %100 kapalı gözenekli homojen hücre yapısına sahip olup bünyesine su almamaktadır. Kapiler emiciliği yoktur. Basma dayanımı çok yüksektir. TS EN 13501-1'e göre E sınıfındadır (İzoder,2003).

Ekstrüde polistrenin avantajlarının kaynağı üretim teknolojisini oluşturan haddeleme (ekstrüzyon) işlemi elde edilen kapalı gözenekli hücre yapısıdır. Malzemenin hammaddesi olan tanecikler halindeki polistren, üretim hattına girdikten sonra eritilir, başka katkı maddeleri eklenip ve köpük yapısının sağlanabilmesi için şişirme ajanı eklenir. Bu karışım belirli ısı ve basınç koşulları altında bir hat boyunca istenilen kalınlıkta çekilir. Hatta çıkan malzemenin boyunun ve yüzey yapısının (kenar binileri, kanallar, pürüzlendirme) ihtiyaçlar doğrultusunda düzenlenmesiyle son ürün elde edilir. Bu işlem malzemenin homojen ve kalitesinin hep aynı seviyede olmasını sağlar. Bu sürecin sonucunda bal peteği formunda hücre çeperlerinden oluşmuş bir yapı elde edilir. Sürekli ve düzenli hücre yapısı ekstrüde polistreni suya ve zamana karşı dayanıklı yapar, yalıtım becerisi ve yüke karşı dayanımının yüksek olmasını sağlar. Polistren termoplastiktir. İşlendikten sonra yeniden üretim hattına sokulabilir. Bu nedenle ekstrüde polistren tesisleri genellikle firesiz çalışırlar (Güç,2005).

### **3.1.5 Ekspande Polistren Köpük (EPS)**

Ekspande Polistren Sert Köpük (EPS-Genleştirilmiş Polistren Köpük), petrolden elde edilen köpük halindeki termoplastik, kapalı gözenekli bir ısı yalıtım malzemesidir. Isı yalıtımında ve ambalajlarda kullanılmaktadır. 15-30 kg/m<sup>3</sup> arasındaki yoğunluklarda üretilir. Isı iletkenlik değeri  $\lambda \leq 0,040$  W/mK'dır. Su buharı difüzyon direnç faktörü  $\mu = 20-100$ 'dür. Kullanım sıcaklığı -50/+75°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. Güneş ışınlarına karşı hassastır. TS EN 13501-1'e göre E ve F sınıfındadır.

Polistren taneciklerinin şişirilmesi ve birbirine kaynaşması ile elde edilen EPS (Genleştirilmiş Potistren Sert Köpük), taneciklerin şişirilmesinde ve köpük elde edilmesinde kullanılan gaz pentandır. Pentan tanecikler içinde çok sayıda çok kısa sürede hava ile yer değiştirir. Böylece EPS levhaların bünyesinde bulunan çok sayıdaki (1m<sup>3</sup> EPS 'de 3–6 milyar) küçücük kapalı gözenekli hücreler içinde durgun hava hapsolür. Malzemenin %98 'i hareketsiz ve durgun havadır. EPS üretiminin kalıplama aşamasında, taneciklerin birbiri ile sıkıca kaynaşması sağlanır. EPS blok halinde ve kesilmek suretiyle levha haline getirilir ve/veya levha şeklinde kalıp içinde genleştirilerek üretilebilir (İzoder,2003).

### **3.1.6 Fenol Köpüğü**

Fenol köpükleri (PF), fenol-formaldehit bakalitine anorganik şişirici ve sertleştirici maddelerin katılmasıyla elde edilir. Düşük (30-60 kg/m<sup>3</sup>) ve yüksek (80-120 kg/m<sup>3</sup>) yoğunlukta olmak üzere iki şekilde üretilir. Fenol köpükleri, blok, pano, plak, kabuk veya yerinde döküm olarak kullanılabilirler.

Düşük yoğunluklu tipleri, 10°C 'de 0,018-0,022 W/mK ve 100°C'de 0,027-0,031 W/mK'lik ısı iletkenlik değerine, yüksek yoğunluklu tipleri ise, 20°C'de 0,024-0,029 W/mK ve 50°C'de 0,027-0,032 W/mK 'lik ısı iletkenlik değerine sahip olan fenol köpükler açık gözenekli yapıları sebebiyle, su, hava ve buhara karşı yalıtımları düşüktür. Buhar difüzyon direnç katsayıları  $\mu = 6,8-10$  değerindedir. Fenol köpükleri, kolay su alabilen, kapiler özellikte, kırılğan ve düşük mekanik dayanımındadırlar (Evcil,2000).

### **3.1.7 Poliüretan Köpük**

Poliüretan, iki ayrı kimyasal komponentin bir araya getirilmesi ile üretilir. Levha, sandviç panel ve püskürtme yöntemiyle kullanılan bir ısı yalıtım malzemesidir. Poliüretanların özellikleri ısı iletkenlik değeri  $\lambda \leq 0,035$  W/mK'dir. Su buharı difüzyon direnç faktörü  $\mu = 30$  -100'dür. Kullanım sıcaklığı -200 / +110 °C arasındadır. Yanma sınıfı B1-B2-B3 sınıfı zor, normal ve kolay alev alan bir malzemedir. Yoğunluğu 30-40 kg/m<sup>3</sup> ve su emme oranı hacimce %3-5 arasındadır. Mekanik dayanımı ise 100-400 kPa'dır (Özer,2006).

### **3.1.8 Cam Köpüğü**

Cam köpüğü levhalar çok sert, basınca çok dayanıklı, kolay kırılabilen, sürtünmeye dayanıksız, yüzeyi sürtünmeyle kolay aşınabilir, buharı hiç geçirmeyen ( $m = \infty$ ) bir yalıtım malzemesidir.

Kapalı gözenekli olan cam köpüğü su almaz, sadece yüzeyindeki girintilere su dolabilir. Higroskopik ve kapılar değildir. Ancak devamlı olarak suya maruz kalması halinde az miktarda korozyona uğrar. Çürümez, küflenmez ve hasarat barındırmaz. Levhalar küçük boyutlu olabildiği gibi büyük panolar şeklinde de üretilebilmektedir. Levhalara çeşitli malzemeler kaplanarak (Alüminyum folyo, cam, Alçı- karton levha vs.) kullanılabilir (Özer,2006).

### **3.1.9 Melamin Köpüğü**

Melamin köpüğü yüksek ses yutuculuğu ve mükemmel ısı yalıtım özelliğine sahip bir malzemedir. Hafif ve kolay uygulanabilmesi, dekoratifliğiyle günümüzde yapılarda çok kullanılan bir malzemedir. Piyasada çeşitli tip ve boyutlarda bulunmaktadır. Melamin köpüğünün özellikleri ısı iletkenlik katsayısı 0,034 W/mK'dir. Yoğunluğu 11 kg/m<sup>3</sup>, kullanım sıcaklığı -60 °C ile + 150 °C arasındadır. Ses yutma katsayısı 0,30-1,20 arasında, yangın sınıfı ise Class 0 'dır (Özer,2006).

### **3.1.10 Kauçuk Köpüğü**

Kauçuk köpüğü esaslı, elastomerik yalıtım ürünleri ülkemize 9-10 yıl önce gelmiş ve kullanımı gittikçe yaygınlaşmaktadır. Tamamen esnek, kapalı hücreli, geliştirilmiş siyah sentetik siyah boru ve levhalardır. Sıcak borularda ısı kaybını, soğuk borularda ise ısı kazancını önemli miktarda azaltır.

Elastomerik kauçuk köpüğünün özellikleri ısı iletkenlik katsayısı 0,034-0,038 W/mK'dir. Yoğunluğu 60-80 kg/m<sup>3</sup> arasında olup, mükemmel bir esnekliğe sahiptir. Kapalı gözenekli olduğu için bünyesinde pratik olarak su bulunmaz. Kauçuk köpüğü genel olarak kimyasallara (yağ, madeni yağ) karşı dayanıklıdır.

Elastomerik kauçuk köpüğü yalıtım malzemeleri arasında buhar geçirimsizliği yüksek malzemelerdendir. Su buharı geçirgenliği 0,21-0,07 gm/Nh olup su buharı geçirgenlik direnci katsayısı değeri 3000-10000 arasındadır. Isı yalıtım malzemeleri arasında su buharı geçirimsizliği bakımından nitelikli bir malzeme olup, yoğuşma problemi olan yerlerde özellikle önerilmektedir (Özer,2006).

### **3.1.11 Odun Talaşı Levhalar**

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

Odun talaşı levhaların kullanım sıcaklığı maksimum +110 °C aralığındadır. Isı iletkenlik hesap değeri 0,09–0,15 W/mK, su buharı difüzyon direnç faktörü ( $\mu$ ) 2-5 arasındadır. Yanma sınıfı BS476 standardına göre Class 1'tir. Yoğunluğu 360–570 kg/m<sup>3</sup> aralığında, su emme oranı hacimce yaklaşık %10 ve basınç dayanımları 200 kPa (20 ton/m<sup>2</sup>)'dir (İzoder,2003).

### **3.1.12 Mantar Levhalar**

Bitkisel kökenli yalıtkanlardan biri olan mantar, taneli bir yapıdadır. Doğal mantar veya meşe mantarı olarak da bilinir. Heterojen yapılı ve değişen ısı iletkenlik katsayısına sahip olan mantar, piyasada kabuk, pano, karo vb. şekillerde bulunmaktadır. Ayrıca mantar, bir bağlayıcı ya da çimento harcına katılarak, ısı tutucu katkılı sıva veya şap halinde de uygulanır.

Genel özellikleri açısından yapıştırılması, çivilenmesi, kesilmesi kolay, çürümeyen, zor yanan (ancak alev alınca, sonuna kadar yanan), is çıkararak yanan, +130°C 'ye kadar kullanılabilen bir malzemedir. Isı iletkenlik değeri 0,04–0,06 kcal/mh°C ve yoğunluğu 120-190 kg/m<sup>3</sup>'tür. Bu özelliklerin yanında higroskopik (havanın nemini çeken), kimyevi maddelere dayanıklı, ancak halojenlere, amonyağa ve eter yağlarına dayanıksız olan mantar, basınç altında bitüm gibi bir bağlayıcı eklenerek daha dayanıklı hale getirilebilir (Evcil,2000).

### **3.1.13 Nanowen Keçe**

Nanowen keçenin hammaddesi polyester olup, 7-9-10-14 mm kalınlıklarda üretilmektedir. Isıl iletkenlik değeri 0.0336 W/mK'dir. 71-112 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğa sahip bir malzemedir. Kullanım sıcaklığı -150 ile +150°C'dir. Yangın dayanım sınıfı B1 S1 d0'dır. Gürültü azaltma katsayısı  $\alpha=0,075$ 'tir. Malzemenin inorganik yapısı nedeniyle bulunduğu yerde nem, küf ve bakteri barındırmaz. Yüksek yapışma ve aderans nedeniyle çivi ve dübel kullanımı gerektirmez (İzobozz, b.t.).

## **3.2 Isı Yalıtım Uygulamaları**

Konutlarda uygulanan ısı yalıtımının amaçlarından biri, konutun yıllık olarak tükettiği enerji miktarını olabilecek en düşük seviyede tutmaktır. Bu nedenle yapının dış koşullara açık olan tüm yüzeylerinin, çatı, duvar ve temel bölümlerinin doğru bir şekilde yalıtılması gerekmektedir. Isı kayıpları binanın tek veya çok katlı olmasına

göre değişmektedir. Tek ve çok katlı yapılarda ısı kayıplarının oranları Tablo 3.1’de görülmektedir.

Tablo 3.1 Tek ve çok katlı yapılarda ısı kayıp yerleri ve oranları (Dağsöz, 2002)

%	Duvar	Çatı	Bodrum	Pencere	Hava Kaçağı
Tek katlı yapılar	25	22	20	20	13
Çok katlı yapılar	40	7	6	30	17

### 3.2.1 Duvarlarda Isı Yalıtım Uygulamaları

Duvarlardaki enerji kayıplarını azaltmak, yalnızca optimal ısı yalıtımı ile gerçekleştirilebilir. Duvarlarda yapılacak ısı yalıtımı için malzeme tercihi ve seçilen malzemenin kalınlığı en önemli iki faktördür. Duvarlarda ısı yalıtım uygulamaları üç şekilde olmaktadır. Bunlar, dıştan, ortadan ve içten ısı yalıtımıdır.

#### 3.2.1.1 Dıştan Isı Yalıtımı

Binalarımızın ısı yalıtımını etkin biçimde sağlayan ve yalıtımın bir bütün olduğunu benimseyen dış cephe ısı yalıtım sistemleri (mantolama) hem duvar elemanlarının oluşturdukları yüzeyleri, hem de kolon kiriş, perde duvar gibi betonarme yüzeyleri yalıtarak ısı köprülerini ortadan kaldırmaktadır. Bu sistemlerin bir diğer avantajı ise yüzeyde veya iç katmanlarda oluşan yoğuşma probleminin ortadan kaldırılmasıdır. Ayrıca bu yalıtım sistemi ile binalarımız farklı iklim koşullarında oluşabilecek genişleme ve büzülme gibi yapı bileşenlerinde meydana gelen fiziksel değişimleri, dolayısıyla duvar iç gerilmeleri, çatlak ve yapı hasarlarını önlemekte, binaların daha güvenli ve uzun ömürlü olmasını sağlamaktadır (Güç, 2005).

Dıştan ısı yalıtım (mantolama) sistemlerinde, ısı yalıtım malzemesi olarak ekspande polistren, ekstrüde polistren ve taş yünü ısı yalıtım levhaları

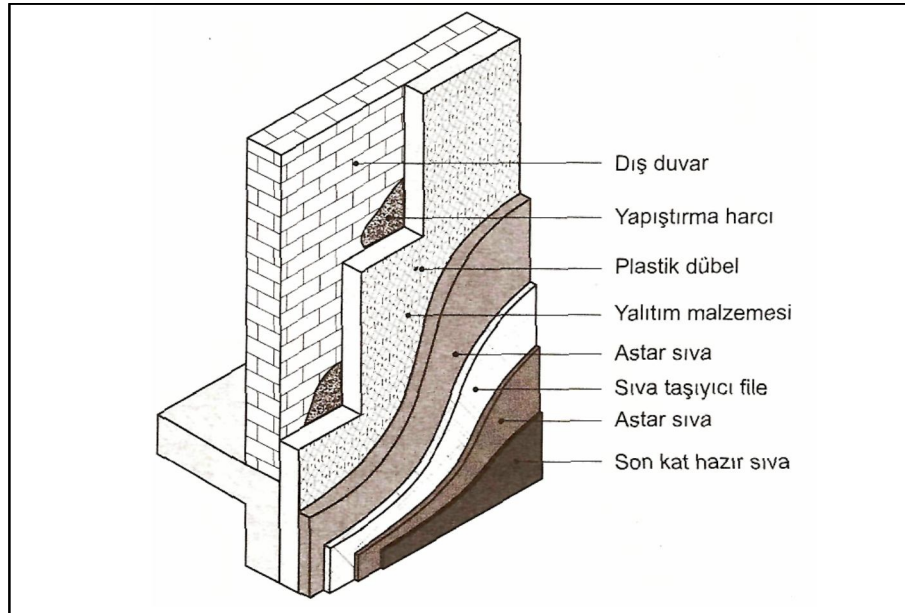
kullanılabilmektedir. Dıştan ısı yalıtım uygulamasına başlamadan önce ilk olarak yapının bütün cephelerinin yatay ve düşey terazisi belirlenmelidir. Isı yalıtım levhalarının yapışacağı yüzey düzgün olmalı, alt eğriliği 1-2 cm 'den büyük olmamalıdır. Isı yalıtımı yapılması sırasında yapı kabuğunun tamamen kurumuş olması gerekmektedir. Isı yalıtım levhalarının yapıştırılacağı yüzeyler kir, toz, yağ, kabarmış boya, kalkmış sıva gibi etkenlerden arındırılmış ve yapıştırıcı ile yapışmayı sağlayacak pürüzlülüğe sahip olmalıdır.

Isı yalıtım levhalarının başladığı seviyede, sıva uygulamasında master görevi görmek amacıyla su basman profili yerleştirilir. Başlangıç profilinin ölçüsü, tercih edilen yalıtım levhalarının kalınlığına ve uygulanacak olan sisteme göre belirlenmektedir. Profiller duvara özel dübelleri ile 50 cm aralıklarla tespit edilir. Isı yalıtım levhaları, duvar yüzeyine reçine katkılı çimento esaslı harçlar ile yapıştırılır. Yalıtım levhalarının yapıştırılacak yüzeyinin kenarları boyunca bir çerçeve oluşturacak şekilde ve orta kısımlara da noktasal olarak yapıştırıcı sürülür. Levha yüzeyinin en az %40'ı yalıtılacak yüzeye yapışmış olmalıdır. Yapıştırıcı sürülmesi işleminden sonra, ısı yalıtım levhaları su basman profiline oturtularak, hafifçe kaydırılıp duvar yüzeyine birbirlerine bitişirilerek yerleştirilir.

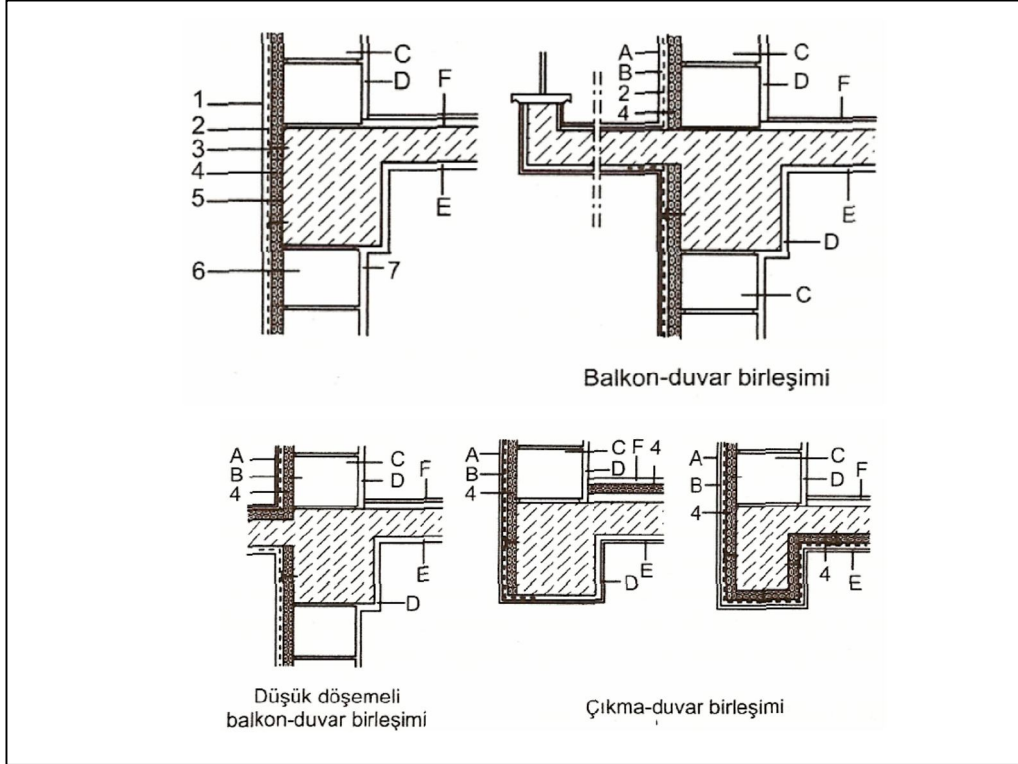
Dübelleme işlemine başlamadan önce, yapıştırıcının tamamen kuruması beklenmelidir. Daha sonra, yalıtım levhaları uygun bir matkap ile delik açılarak dübel yerleştirilir ve çakılarak sabitleştirilir. Dübellere için yüzeyde minimum 3 cm genişlikte, tuğla duvarlara en az 5 cm gazbeton duvarlara en az 6 cm, ve beton duvarlara ise en az 4 cm derinliğinde delik açılmalıdır. Delik boyu, dübel boyundan 1 cm büyük daha büyük olmalıdır. Düzgün bir dış cephe yüzeyi elde edebilmek için, dübel kafaları yalıtım levhası yüzeyi ile aynı seviyede olacak şekilde monte edilmelidir. Dübellerin köşe ve pencere kenarlarına olan uzaklıkları, m<sup>2</sup> 'ye 6 adet düşecek şekilde, en az 50 cm olmalıdır.

Dış cephe ısı yalıtım sistemi uygulamalarında, pencere, kapı ve duvar yüzeylerinin oluşturduğu köşelerde düzgün bir kenar oluşturabilmek için köşe profilleri kullanılır. Köşe profilleri yerleştirildikten sonra üzeri sıva ile kapatılır. Bu

sıvanın üzerine tüm duvar yüzeyini kaplayacak şekilde alkaliye dayanıklı cam elyafı file yerleştirilir. Sıva filesi tabakalarının ek yerleri birbirine yatayda ve düşeyde en az 10 cm olacak şekilde yerleştirilmelidir. İlave olarak file, pencere ve kapı köşelerinde yaklaşık 30x40 cm ebatlarında, yatayla 45°'lik açı yapacak şekilde uygulanmalıdır. Sıva filesi; 3-4 mm'lik toplam sıva kalınlığının 2/3'ü file altında, 1/3'ü file üstünde kalacak şekilde uygulanır. Daha sonra, filenin üzeri tekrar sıvanır ve sıva kurduktan sonra binanın dış cephesi boyanarak bitirilir (İzoder b.t., Ekinci,2003).



Şekil 3.2 Dıştan yalıtılmış bir duvarın yalıtım detaylarının perspektif görünümü.



Şekil 3.3 Duvarlarda dıştan ısı yalıtım uygulaması.

A.Dış cephe kaplaması, B.Sıva, C.Duvar kontrüksiyonu, D.İç sıva, E.Tavan sıvası, F.Döşeme kaplaması

1. Dış cephe kaplaması, 2. File taşıyıcılı ince sıva veya Rabitz telli normal dış sıva, 3. Dübel (ısı yalıtımı kalıp içerisine konursa gerek yoktur), 4. Isı yalıtımı, 5. Yapıştırıcı (ısı yalıtımı kalıp içerisine konursa gerek yoktur), 6. Duvar konstrüksiyonu, 7. İç sıva

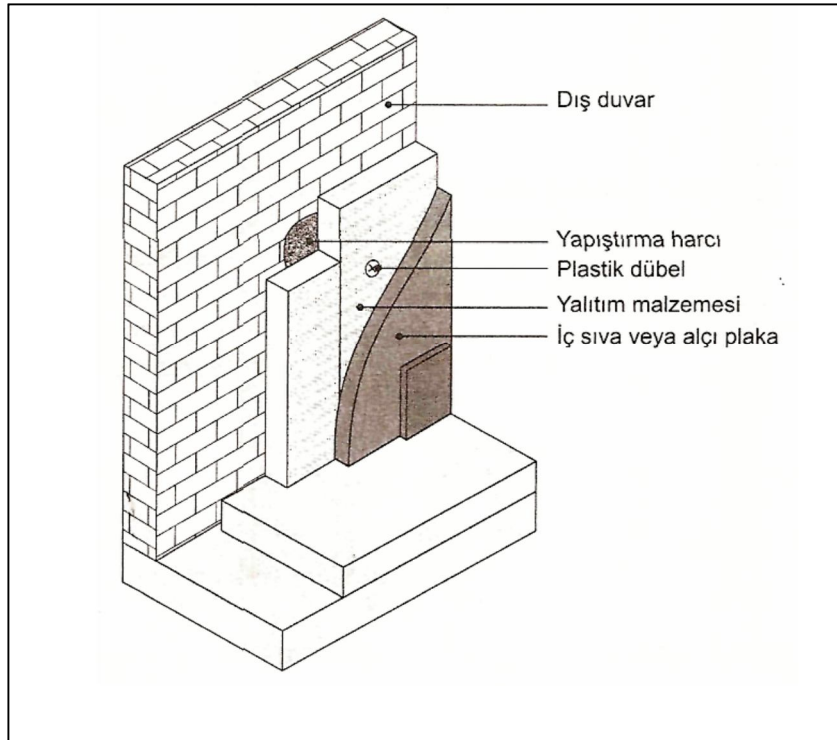
### 3.2.1.2 İçten Isı Yalıtımı

Dış cepheye ısı yalıtımı uygulamalarının gerçekleştirilmesinin mümkün olmadığı durumlarda ısı yalıtımı içten uygulanmaktadır. Duvarların içten yalıtılması durumunda, yoğuşma kontrolü yapılmalıdır. Isı yalıtımının sıcak tarafına buhar kesici uygulanmalı, buhar kesici tabakanın ek yerlerinde buhar kesici bantlar ile geçirimsizlik sağlanmalıdır. Isı yalıtım malzemesi sürekli olarak uygulanmalı, ısı köprüsü oluşturacak profil ve benzeri tespit elemanlarından kaçınılmalıdır (Ekinci ,2003).

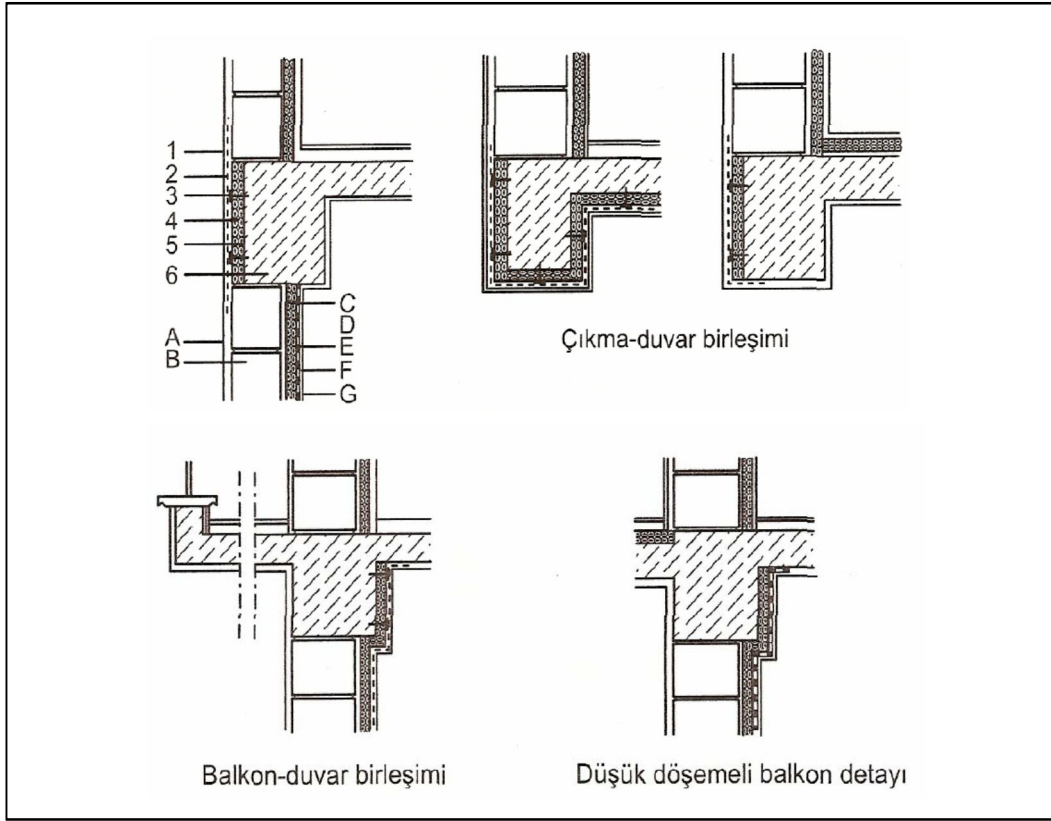
İçten ısı yalıtım uygulamalarında ekspande polistren levha, ekstrüde polistren levha ve taş yünü ısı yalıtım levhaları kullanılır. Bu uygulamada çimento esaslı özel yapıştırıcılar kullanılarak, uygulama yüzeyinin düzgün olması durumunda öbikleme

(kenarları boyunca sürekli, orta kısımları noktasal) metodu ile levhalar bir süre duvara bastırılarak yapıştırılır. Plastik çivili yalıtım dübelleri, duvar yüzeyinin uygun olmaması ve kat yüksekliğinin 3 m'yi aştığı durumlarda kullanılmalıdır. Yapıştırılan levhaların birleşim derzlerine sıva filesi yapıştırıldıktan sonra ısı yalıtımı üzerine alçı sıva yapılarak uygulama tamamlanır. Alçı sıvalı yalıtım uygulamalarında sıcak tarafa buhar kesici yerleştirilemediğinden TS 825 'Standardına göre yoğuşma hesabı yapılmalı ve uygun kalınlıklarda ısı yalıtım levhaları kullanılmalıdır (İzoder,b.t.).

Isı yalıtım malzemesi, olarak cam yünü veya taş yünü kullanılacak ise, bu malzemeler rijit olmadıkları için genellikle, alçıpan, sunta veya OSB arkasında profiller arasında kullanılırlar. Profiller yalıtım malzemelerinin boyutlarına göre duvar yüzeyine tespit edilir ve levhalar bu profiller arasına, boşluk kalmayacak şekilde yerleştirilir. Yalıtım levhalarının yerleştirilmesinden sonra ahşap veya alçı plakalar profiller üzerine tespit edilerek uygulama tamamlanır. Bu malzemeler suya dayanıklı olmadıklarından dolayı sıcak taraftan yoğuşmanın önlenmesi amacıyla buhar kesici kullanılmalıdır. Yoğuşma tahkiki TS 825 Standardına göre yapılmalı ve hesaplamalarda profiller göz önüne alınmalıdır (Ünal ,2002).



Şekil 3.4 İçten yalıtılmış bir dış duvarın yalıtımına ait perspektif.



Şekil 3.5 Duvarlarda içten ısı yalıtım uygulaması.

1. Dış cephe kaplaması, 2. Rabitz telli sıva, 3. Dübel (ısı yalıtımı kalıp içerisine konursa gerek yoktur), 4. Isı yalıtımı, 5. Yapıştırıcı (ısı yalıtımı kalıp içerisine konursa gerek yoktur), 6. Betonarme kiriş,
- A. Dış cephe kaplaması, B. Duvar konstrüksiyonu, C. Yapıştırıcı, D. Isı yalıtımı, E. Buhar kesici membran (yoğuşma kontrolüne göre gerekiyorsa), F. Alçı sıva (donaltı filesi ile) veya alçı plaka (ek yerlerine file bandı kullanılmalıdır), G. Saten alçı ve iç kaplama

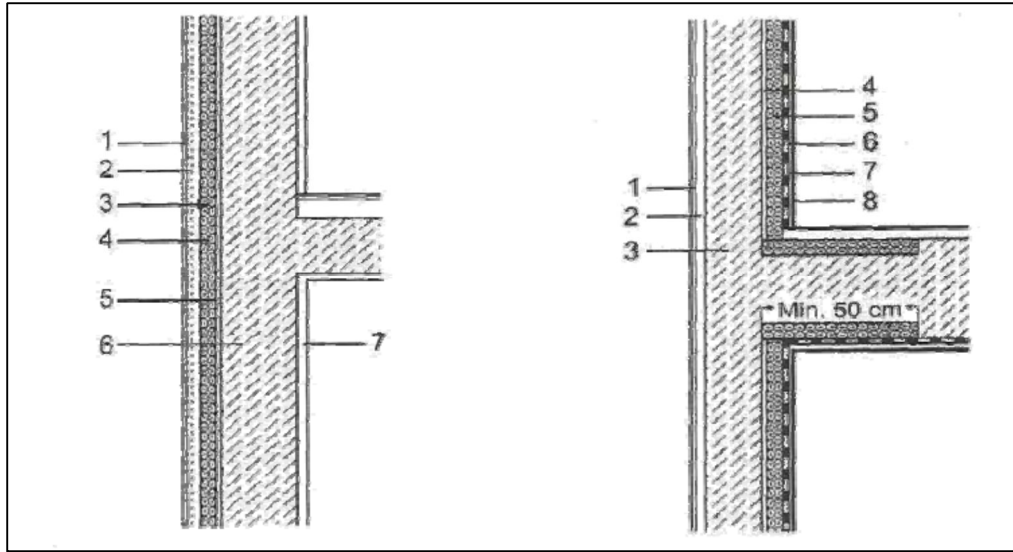
### 3.2.1.3 Ortadan Isı Yalıtımı

İki yapı kabuğu arasında yer alan ısı yalıtım katmanının oluşturduğu çift kabuk dış duvar sistemi “ortadan ısı yalıtımlı duvar” olarak tanımlanmaktadır. Ortadan ısı yalıtımlı dış duvarlar boşluklu ve boşluksuz olarak iki şekilde uygulanabilir. Boşluklu sandviç duvar uygulamalarında ısı yalıtım levhaları, iç tarafta bulunan duvar yüzeyine tespit edilir ve boşluk dış duvar ile levha arasında bırakılır. Boşluksuz sandviç duvar uygulamalarında ısı yalıtım levhaları dış duvarın iç bakan yüzeyine yapıştırıldıktan sonra, iç duvar boşluk bırakılmayacak şekilde örülür. İç duvar bünyesinde kalan kolon, kiriş gibi ısı köprüsü oluşturabilecek tüm yapı

elemanları ısı yalıtım tabakası ile dıştan kaplanması gerekmektedir. Isı yalıtımının tüm cephe boyunca sürekli olması sağlanmalıdır. Aksi halde ısı köprüleri oluşarak ciddi ısı kayıpları ile yoğuşma ve küflenme gerçekleşir (İzoder,b.t.).

#### 3.2.1.4 Isı Köprülerinin Dıştan Isı Yalıtımı

Sandviç duvar ve içten yapılan ısı yalıtımı uygulamalarında, TS 825 standardına göre gerek enerji kayıpları yönünden gerekse de yoğuşmanın önlenmesi için ısı köprüsü oluşturan, kolon, kiriş ve perde duvarlar yalıtılması zorunludur. Kolon, kiriş ve perde duvarların ısı yalıtımı, beton dökülmeden önce kalıp içine levhaların yerleştirilmesi veya beton döküldükten sonra levhaların dış yüzeye tespit edilmesi ile uygulanır. Bu uygulamalarda; iki yüzü pürüzlü ve kanallı basma dayanımı en az 200 kPa olan ısı yalıtım levhaları kullanılır (İzoder,b.t.).



Şekil 3.6 Isı köprülerinin dıştan ısı yalıtım uygulaması.

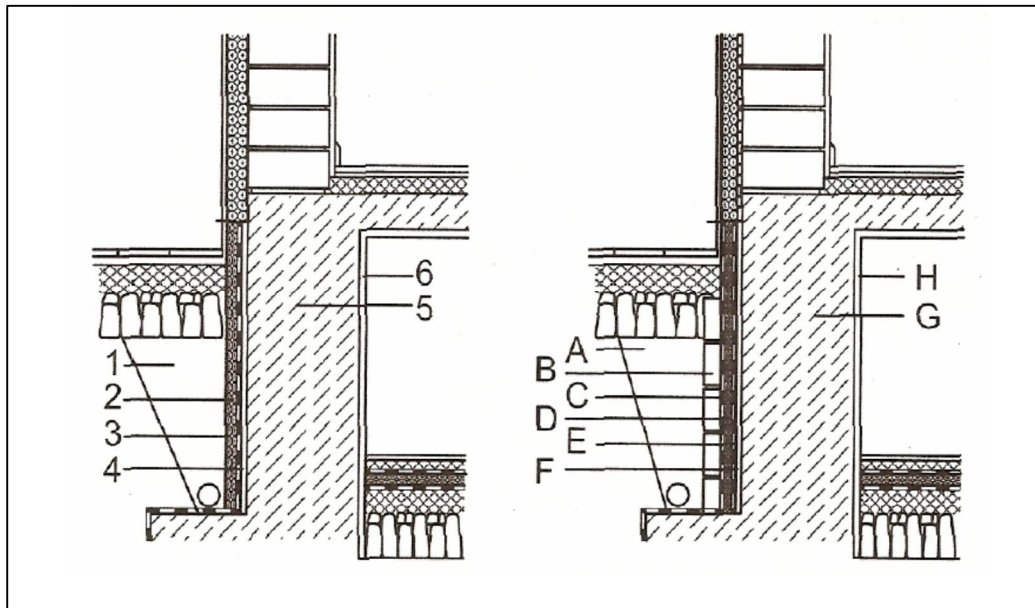
(a) 1. Dış cehe kaplaması, 2. File taşıyıcılı ince sıva veya, 3. Rabitz telli normal sıva, 4. Dübel (ısı yalıtımı kalıp içeri sine konursa gerek yoktur) ısı yalıtımı, 5. Yapıştırıcı (ısı yalıtımı kalıp içerisine konursa gerek yoktur), 6. Duvar kontrüksiyonu, 7. İç sıva

(b) 1. Dış cephe kaplaması, 2. Sıva, 3. Betonarme perde, 4. Yapıştırıcı (ısı yalıtımı kalıp içerisine, 5. Isı yalıtımı, 6. Buhar kesici membran (yoğuşma kontrolüne göre gerekiyorsa), 7. Alçı sıva (donatı filesi ile) veya alçı plaka (ek yerlerine file bandı kullanılmalıdır), 8. İç kaplama

### 3.2.1.5 Toprak Altı Dış Duvarlarda Isı Yalıtımı

Su ile doğrudan temas eden ısı yalıtım uygulamalarında, toprak altı dış duvarların yüzeyi düzeltilip su yalıtımı yapıldıktan sonra, ısı yalıtım levhaları yapıştırılarak uygulama yapılır. Bu sistemlerde minimum yoğunluğu  $30 \text{ kg/m}^3$ , hacimce difüzyon ile su emmesi % 3'ün altında olan ve minimum 300 kPa basma mukavemetine sahip, ısı yalıtım levhaları kullanılmalıdır. Isı yalıtım levhalarının su yalıtım örtülerinin üzerine uygulanmasında solvent içermeyen soğuk bitüm esaslı yapıştırıcı veya çift tarafı yapışkanlı bitümlü örtüler kullanılmaktadır.

Isı yalıtımının yapıştırılmasından sonra kademeli olarak toprak dolgu yapılır ve yalıtım levhalarının toprak basıncı ile duvara montajı sağlanır. Eğer kademeli toprak dolgu işlemi yapılmayacak ise ısı yalıtım levhalarının dış tarafına baskı duvarı örülür. Toprak altı dış duvarlarda ve su basmanda kullanılan ısı yalıtım levhalarının tespitinde su yalıtım örtüsünü delmemek için dübel kullanılmamalıdır (İzoder,b.t.).



Şekil 3.7 Toprak altı dış duvarlarda ısı yalıtım uygulaması.

1. Toprak, 2. Isı yalıtım levhası, 3. Su yalıtım membranı, 4. Düzeltme sıvası, 5. Betonarme perde duvarı, 6. İç sıva,  
A. Toprak, B. Baskı duvarı, C. Su yalıtım membranı, D. Isı yalıtım levhası, E. Su yalıtım membranı, F. Düzeltme sıvası, G. Betonarme perde, H. İç Sıva

### **3.2.2 Döşemelerde Isı Yalıtımı**

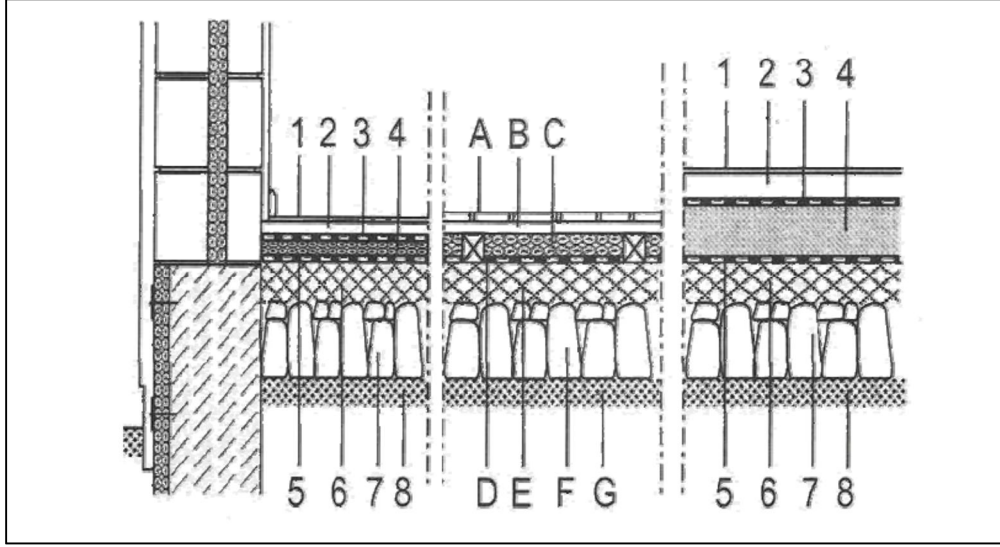
Döşemelerde ısı yalıtımı; zemine oturan döşemelerde, ara kat döşemelerinde ve açık geçit (çıkmalarda) üzerindeki döşemelerde yapılmaktadır.

#### *3.2.2.1 Zemine Oturan Döşemelerde Isı Yalıtımı*

Zemine kat döşemelerinde uygulanan ısı yalıtımı, diğer bölümlerde uygulanan ısı yalıtımlarından daha farklıdır. Bunun nedeni, zemine oldukça yakın ya da doğrudan ilişkili olmasından kaynaklanmaktadır. Zemin kat döşemelerindeki ısı yalıtımları incelenirken döşeme ve dış duvarlardaki gibi su, buhar yalıtımları uygulanması gerekmektedir (Ekinci, 2003).

Toprak zemine oturan döşemelerde blokaj ve grobeton yapıldıktan sonra su yalıtım örtüsü serilir ve üzerine yüksek mukavemetli ısı yalıtım tabakaları uygulanır. Isı yalıtım malzemesinin ıslanmasını önlemek amacıyla üzerine bir malzeme örtülür ve üzerine şap dökülür. Şap üzerine istenilen döşeme kaplaması uygulanabilir. Bu gibi detaylarda ısı yalıtım malzemesi olarak kapalı gözenekli sert köpük levhalar (ekstrüde polistren levhalar) kullanılması durumunda su yalıtım malzemesi yerine ayırıcı keçe tabakası serilebilir. Kullanılmakta olan binalarda ısı yalıtım malzemesi üzerine şap uygulanmasının mümkün olmadığı durumda ise ısı yalıtım malzemesi ahşap kadronlar arasına yerleştirilir ve ahşap parkenin döşenmesiyle de uygulama tamamlanır.

Bir başka uygulama şekli de blokaj üzerine grobeton uygulanmayarak tesviye şapı atılmasıdır. Bu tesviye şapı üzerine ısı yalıtım malzemeleri yapıştırılmadan yerleştirilmelidir. Isı yalıtım malzemesi üzerine su yalıtım örtüsü uygulanır. Su yalıtım örtüsünün üzerine ve grobeton dökülerek mala perdahı veya tesviye şapı uygulanması ile birlikte en üste de istenilen döşeme kaplaması uygulanır (Karagöz, Şenkal ,2004).



Şekil 3.8 Toprağa oturan döşemelerde ısı yalıtım uygulaması.

- a) 1.Dış cephe, 2. Şap min. 5 cm, 3. Su yalıtım membranı, 4. Isı yalıtımı, 5. Su yalıtım membranı, 6 Grobeton, 7. Blokaj, 8. Toprak zemin  
b) A Ahşap parke, B. Ahşap kör döşeme, C. Ahşap kadranlar, D. Su yalıtım membranı, E. Grobeton F. Blokaj, G. Toprak zemin  
c) 1. Döşeme kaplaması, 2. Şap min. 5 cm, 3. Su yalıtım membranı kaplaması, 4.Cüruf veya perlit- 5.Su yalıtım membranı, 6. Grobeton (mala perdahlı), 7. Blokaj, 8.Toprak zemin

### 3.2.2.2 Ara Kat Döşemelerde Isı Yalıtımı

Ara kat döşemelerde ısı yalıtımı, ses yalıtımı sağlamak için yüzer şap uygulaması ile yapılır. Döşeme betonu üzerine yüzer levhaların serbest olarak yerleştirilmesinden sonra su geçirimsiz bir örtü serilir ve şap betonu dökülür. Şap işleminden sonra döşeme kaplamasıyla uygulama tamamlanır.

Kullanılmakta olan binalarda ise yüzer şap mümkün değil ise döşeme altından (alt kattan) kadronlar döşenerek arasına yalıtım levhaları konular ve kaplama yapılır. Arakat döşemelerde; minimum  $30 \text{ kg/m}^3$  yoğunlukta, %10 deformasyonda basma mukavemeti minimum 200 kPa, yanma sınıfı minimum B1 sınıfı olan ekspande polistiren köpük levhalar, minimum  $30 \text{ kg/m}^3$  yoğunlukta, %10 deformasyonda basma mukavemeti minimum 200 kPa, yanma sınıfı minimum B1 sınıfı olan ekstrüde polistiren köpük levhalar veya yanma sınıfı A sınıfı olan minimum  $100 \text{ kg/m}^3$  yoğunlukta taşıyıcı levhalar kullanılabilir (Karagöz, Şenkal, 2004).

### 3.2.2.3 Açık Geçit Üzeri Döşemelerde Isı Yalıtımı

Bu tip döşemelerde ara kat döşemelerindeki sistem uygulanabileceği gibi döşemenin dış yüzüne ısı yalıtım levhalarının dübel ile tespiti şeklinde bir uygulama yapılabilmektedir. Levhaların bağlantısı, donatı katmanının oluşturulması ve son kat hazır sıva uygulaması, dış duvarların dıştan yalıtım detayı ile aynıdır. Açık geçit üzeri döşemelerde ısı yalıtım uygulamasının bir diğer yöntemi de ısı yalıtım levhalarının döşeme kalıbı içerisine yerleştirilmesi ve üzerine betonun dökülmesidir (Karagöz, Şenkal ,2004).

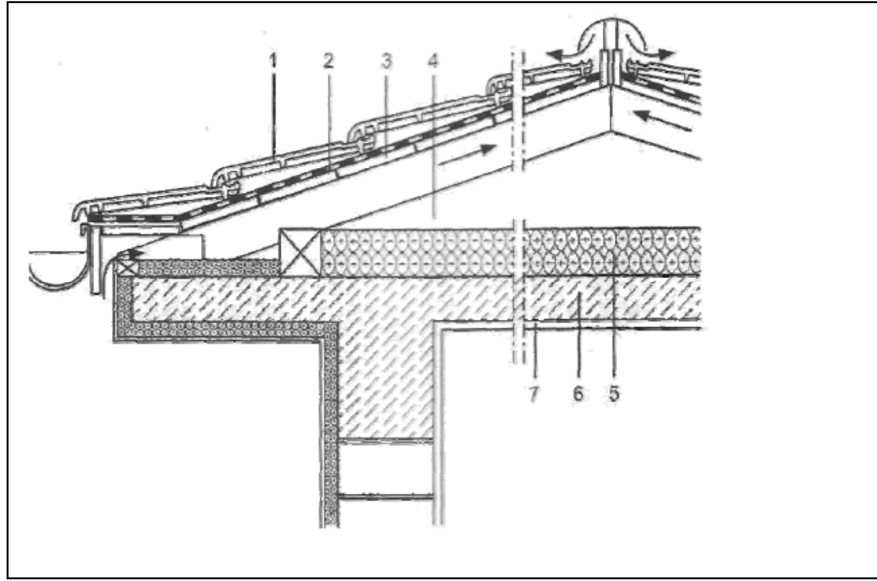
### 3.2.3 Çatılarda Isı Yalıtım Uygulamaları

#### 3.2.3.1 Kıрма Çatılarda Isı Yalıtımı

Eğimli betonarme döşeme ile örtülü çatı katlarında ısı yalıtımı döşemenin üzerine uygulanmaktadır. Döşeme üzerinde, genellikle çatı altı ahşap kadronları yer aldığı için, ısı yalıtım levhaları da bu kadronların arasına döşenir. Isı yalıtım malzemesi olarak mineral yünlü ve polistren malzemeler uygulanabilir. Kadron ara mesafelerine uygun ölçüde kesilen yalıtım malzemesi, çıplak ve serbest olarak döşenir. Eğimli betonarme döşeme üzerine yapılan ısı yalıtımı uygulamasında, ısı yalıtımının dış (üst) yüzünün havalandırılması gerekmektedir. Saçaktan hava girişi, mahyadan da hava çıkışı detaylandırılarak havanın sirkülasyonu sağlanarak üzerine serilen su yalıtım örtüsünün ardından çatı kaplaması yapılarak uygulama tamamlanır.

Çatı katı üzerinde, ahşap konstrüksiyon bulunan durumlarda mertek üzerinden, mertek arasından ve mertek altından yalıtım uygulamaları yapılmaktadır. Mertek üzerinden ısı yalıtım uygulamalarında, belirlenen aralıklarda mertekler döşenir. Merteklerin ucuna alın tahtası çakılır ve ısı yalıtım levhaları mertekler üzerine yerleştirilir. Nefes alan su yalıtım örtüsü serilir. Baskı çıtaları, merteklerin üzerine gelecek şekilde başlıklı çivilerle sabitlenir ve çatı kaplamaları yerleştirilir. Mertek aralıklarına uygulamalarda ise, mertek aralıklarına uygun genişlikte üretilmiş veya kesilmiş yalıtım malzemesinin mertek aralarına yerleştirilmesi ardından, iç yüzeyde

buhar kesici örtü ve üstüne ahşap, sunta veya alçı esaslı malzemelerle kaplama yapılarak uygulama tamamlanır. Mertek arası uygulamalarda ise 50 cm genişlikte özel üretilen bir yüzü alüminyum folyo kaplı camyünü şilteler, hem ısı yalıtımı hem de buhar kesici ihtiyacını birlikte karşılamaktadır. Mertek altından yalıtım uygulamalarında, levhalar mertekler üzerine sabitlenir. Daha sonra alçı plaka veya lambri gibi bir iç yüzey kaplaması levhalar üzerine dübellenerek uygulama tamamlanır.



Şekil 3.9 Tavan arası döşeme üzerinde yapılan ısı yalıtım uygulaması.

1.Çatı örtüsü, 2.Su yalıtım membranı 3.Çatı tahtası, 4.Havalandırma boşluğu, 5.İsı yalıtımı, 6. Betonarme veya asmolen veya gazbeton döşeme paneli, 7.Tavan sıvası

Kullanılmayan çatı aralarında yalıtımın yeri döşeme üzeridir. Su yalıtımı ile akmaya karşı önlem alınmış çatı altında, çatı arasının en uzak kısmından başlanarak çatı arası çıkış kapağına doğru serbest bir şekilde döşenen ısı yalıtım malzemesi; duvar diplerinde 15-20 cm duvar yüksekliği boyunca yukarı doğru kıvrılmalı, çatıyı taşıyan ahşap dikmelerin etrafında ısı yalıtım malzemesi ile sarılmalıdır. Çatı arası havalandırması saçaklarda hava girişi, mahyada hava çıkış boşluğu bırakılarak sağlanmalıdır.

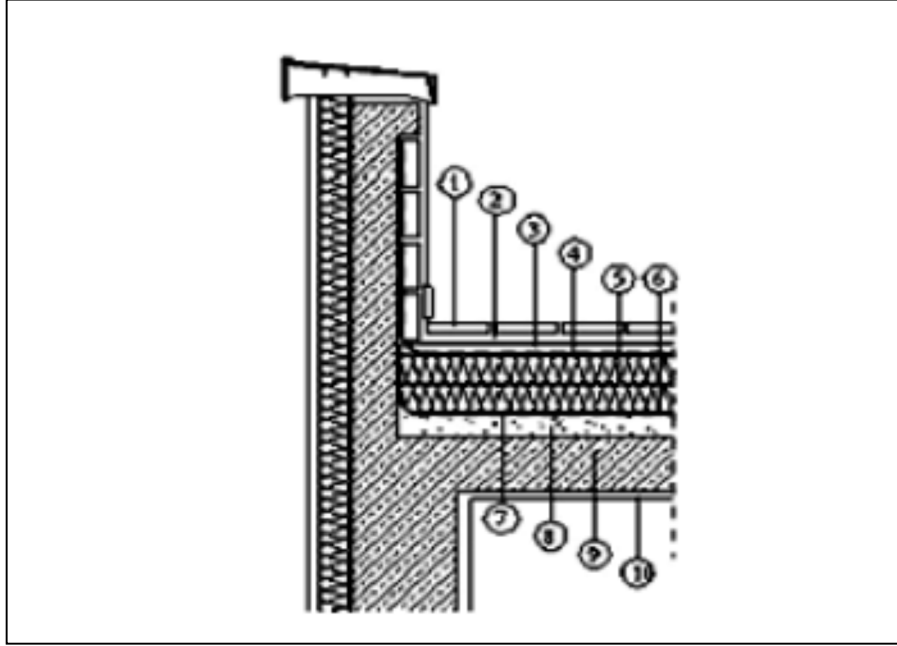
Isı yalıtım malzemesi olarak mineral yün esaslı camyünü şilte seçimi halinde, malzemenin yüklenemez olması nedeniyle üzerine ağırlık konulmaması gerekmektedir. Böyle bir uygulamada, ahşap kadronların yalıtım malzemesi kalınlığı ile uyumlu olmasına dikkat edilmeli çatı arası boşluğunun ardiye amaçlı kullanımı halinde ise; çatının yük taşıyacak kısmı diğer kısımlarla aynı kalınlıkta yalıtım sağlayacak şekilde, basma mukavemeti yüksek yalıtım malzemeleri ile yalıtılmalıdır. (Karasu, Büyüklü ,2003).

### 3.2.3.2 Teras Çatılarda Isı Yalıtımı

Teras çatılarda; ısı yalıtımı, su yalıtımı, koruyucu tabakalar ile tavan döşemesi bir bütün olarak (arasında hava boşluğu bırakılmaksızın) yer alır. Teras çatılarda yapılacak ısı yalıtımı sadece soğuğu ve sıcığı önlemekle kalmayıp aynı zamanda betonarme döşemeyi ısıl gerilmelerden ve çatlaklardan korur.

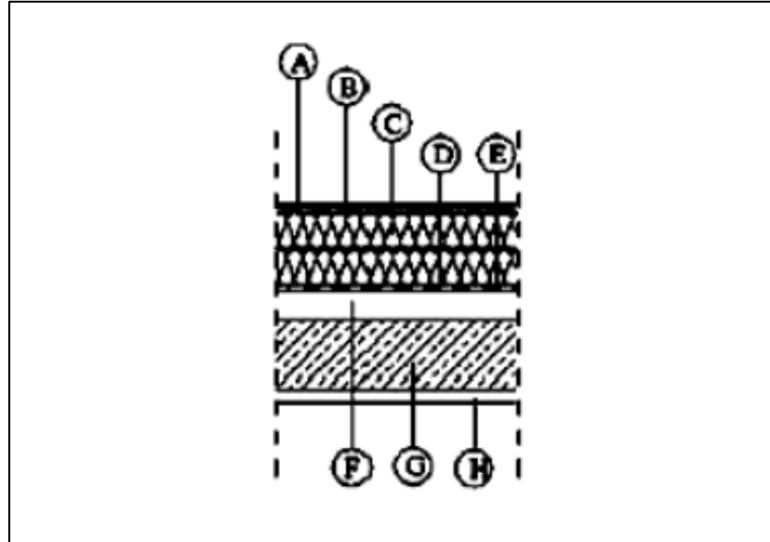
Geleneksel teras çatılarda, su yalıtımı ısı yalıtımının üzerinde yer alır. Isı yalıtım malzemesi, su yalıtım malzemesinin yapıştırma sıcaklığına dayanıklı ve rijit olmalıdır. Yoğuşmayı önlemek için; ısı yalıtımının altına (sıcak tarafa) yüksek performanslı buhar kesici uygulanmalıdır. Eğer ısı yalıtım malzemesi, su yalıtım malzemesinin yapıştırma sıcaklığına dayanıklı ve rijit değil ise ısı yalıtım katmanı üzerine eğim betonu dökülmeli ve su yalıtım malzemesi eğim betonun üzerine uygulanmalıdır. Geleneksel teras çatı yalıtım uygulamasını ters teras çatı uygulamasından ayıran en önemli özellik ise; ısı yalıtımının altında buhar kesici örtü ve üstünde su yalıtım örtüsü kullanmak kaydıyla, ısı yalıtımı için kullanılan malzemelerin su yalıtımının altında kalmasıdır (Karasu, Büyüklü, 2003).

Üzerinde gezilebilen teras çatılarda; su yalıtımı üzerine harç uygulanmadan önce mutlaka ayırıcı tabaka kullanılmalıdır. Ayırıcı tabaka ile hem harç uygulaması esnasında su yalıtım malzemeleri korunur hem de farklı ısıl genleşmelere sahip malzemelerin su yalıtımına zarar vermesi önlenir.



Şekil 3.10 Üzerinde gezilen teras çatılarda ısı yalıtım uygulaması.

1.Döşeme kaplaması, 2.harç3.Koruma betonu, 4.Su yalıtım membranı, 5.Isı yalıtımı, 6. Buhar kesici, 7.Buhar dengeleyici, 8. Eğim Betonu, 9. Döşeme, 10. Tavan Sıvası

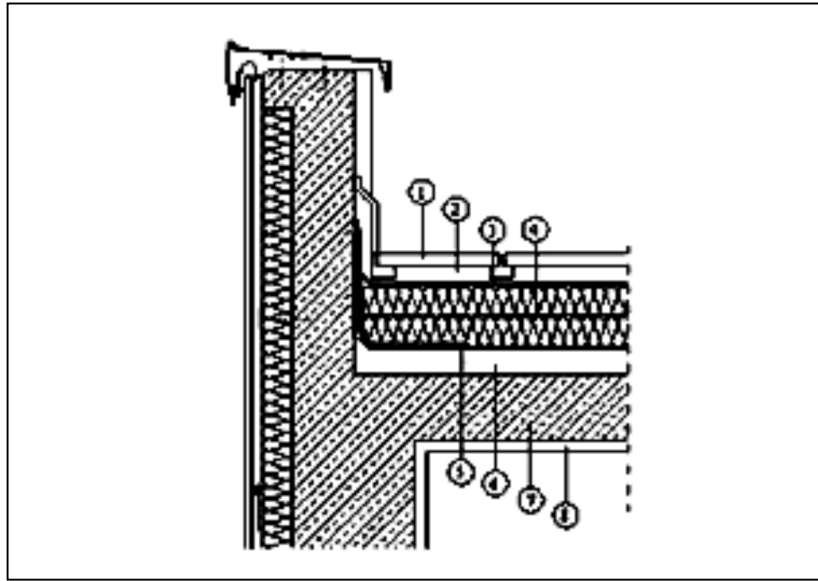


Şekil 3.11 Üzerinde gezilmeyen teras çatılarda ısı yalıtım uygulaması.

A.Çakıl, B. Ayırıcı keçe, C. Isı yalıtımı, D. Su yalıtımı, E. Eğim betonu, F. Döşeme, G. Tavan Sıvası

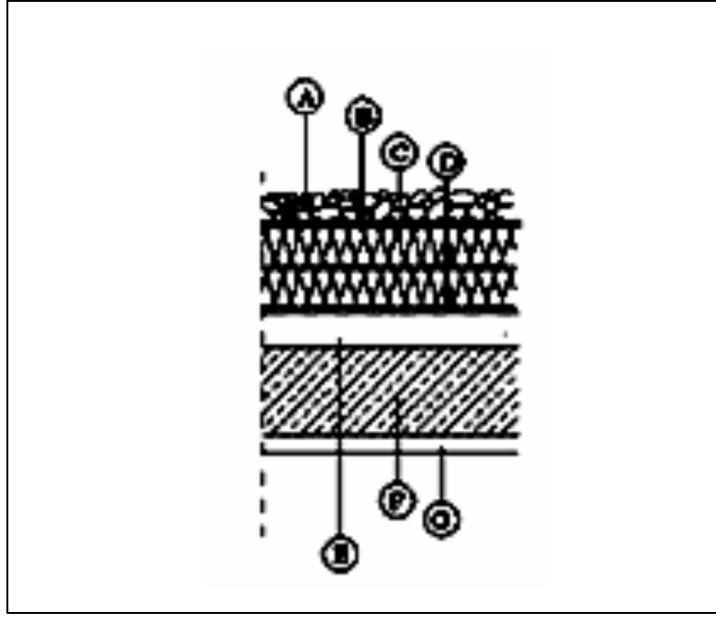
Ters teras çatılarda ısı yalıtımı su yalıtımının üzerinde yer alır. Bu çatılar bu yerleşiminden ötürü ters teras çatı olarak tanımlanırlar. Ters teras çatı yalıtımında; yüksek basma mukavemeti ve kapalı gözenek yapısı ile bünyesine su almama özelliklerine sahip ısı yalıtım malzemesi, bu özellikleri sayesinde su yalıtımının üzerinde yer alarak onu dış ortamdan (sıcaklık farklılıkları ve ısıl gerilmeler) ve mekanik etkilerden korur. Su yalıtım malzemesi sıcak tarafta yer aldığından buhar kesici kullanılması gerekmez. Su yalıtım malzemesi uygulaması yapılırken; ilk kat su yalıtım örtüsü noktasal veya şeritsel şekilde yapıştırılmalıdır.

Mevcut betonarme döşemenin üzerine parapetlerde 45° yukarı dönecek şekilde eğim betonu uygulanmasının ardından; hem buhar kesici hem de su yalıtımı görevini yapacak su yalıtım örtüsü yüzeye uygulanır, yeterli basma mukavemetine sahip ısı yalıtım levhaları serbest olarak döşenir, üzerine ayırıcı keçe serilir ve istenilen şekilde yüzey kaplaması ile uygulama tamamlanır (Karasu , Büyüklü ,2003).



Şekil 3.12 Üzerinde gezilen ters teras çatılarda ısı yalıtım uygulaması.

1.Döşeme kaplaması, 2.Harç, 3.Ayırıcı keçe, 4.İsı yalıtımı, 5.Su yalıtım membranı, 6. Eğim Betonu, 7 Betonarme plak veya asmolen döşeme veya gazbeton döşeme paneli, 10. Tavan Sıvası



Şekil 3.13 Üzerinde gezilmeyen ters teras çatılarda ısı yalıtım uygulaması.

A. Çakıl, B. Ayırıcı keçe, C. Isı yalıtımı, D. Su yalıtımı, E. Eğim betonu, F. Betonarme plak veya asmolen döşeme veya gazbeton döşeme paneli, G. Tavan Sıvası

## **BÖLÜM DÖRT**

### **METOD VE ANALİZ**

Isı, sıcaklık farkından kaynaklanan bir enerji geçiştir. Binalarda ısı enerjisi tasarrufu, ancak doğru uygulanmış bir ısı yalıtımı ile sağlanabilmektedir. Evler ve binalar verimli ve doğru bir şekilde yalıtıldığında, enerji verimi artacak ve parasal olarak tasarruf sağlanacaktır. Isı yalıtımına verilen önemin her geçen gün arttığı ülkemizde yalıtım uygulamaları da çeşitlilik göstermektedir. Bu doğrultuda, optimal konfor koşullarının sağlanmasında, dış duvar ısı yalıtım sistemlerinin doğru şekilde seçilmesi oldukça önemlidir. Düşük yalıtım kalınlığı, ısının içeriden dışarıya ya da dışarıdan içeriye daha fazla geçmesine neden olur ve sonuçta ısı konfor ve enerji tasarrufu üzerinde olumsuz bir etki oluşturur. Binalarda artan yalıtım kalınlığı ile ısı kaybı dolayısıyla, ısıtma yükü ve yakıt maliyeti azalır. Ancak kalınlığın artması yalıtım maliyetinin artması demektir. Yakıt ve yalıtım maliyetinin toplamından oluşan toplam maliyet, belirli bir değere kadar azalır; bu seviyeden sonra artar. Dolayısıyla yalıtım kalınlığı için optimum bir değer söz konusudur. Bu nedenle optimum yalıtım kalınlıklarının tespiti ve konutlarda uygulanması önem arz etmektedir.

Türkiye ısıtma için ortalama sıcaklıklara göre belirlenmiş derece-gün değerlerine bağlı olarak dört iklim bölgesine bölünmüştür. Bu çalışmada Türkiye'nin dört farklı iklim bölgesinden birer il temel alınarak (İzmir, İstanbul, Ankara, Erzurum), iki farklı metot (TS 825 standartı, Ömür maliyet analizi metodu) için kıyaslama yapılmıştır. Ayrıca TS825 hesap metodunda bölgelere göre ortalama sıcaklıkların yanı sıra Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan 1975-2011 sıcaklık ortalamalarına göre hesaplamalar yapılmış ve sonuçlar tablolar ve grafikler halinde verilmiştir.

#### **4.1 TS 825 Isı Yalıtım Kuralları Standartı**

Enerji verimliliği ile ilgili görüşlerini bu çerçevede değerlendiren Türk Standartları Enstitüsü, ilk defa 1970 yılında yayımladığı TS 825 standardını, 1998

yılında geniş çapta bir revizyona tâbi tutmuş ve konuya verdiği önem nedeniyle TS 825'in zorunlu bir standart olması teklifini Bayındırlık ve İskân Bakanlığı'na sunmuştur. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı da teklifi uygun görerek söz konusu standardın zorunlu uygulama kararını 1999 yılında Resmi Gazete'de yayımlamış ve uygulamayı başlatmıştır. TS 825 standardı son olarak, Türk Standartları Enstitüsü'nün Mühendislik Hizmetleri İhtisas Grubu'nca güncellenerek TSE Teknik Kurulu'nun 22 Mayıs 2008 tarihli toplantısında kabul edilmiştir.

TS 825 standardının amacı, enerji ihtiyacının hesaplanması sırasında kullanılacak hesap metodunu ve değerlerini belirleyerek, ülkemizdeki binaların ısıtılmasında kullanılan enerji miktarlarını sınırlamaktır. Bu standart yeni yapılacak binalarda en uygun enerji performansını sağlayacak şekilde tasarımlarının yapımında, mevcut binaların yenileme projelerinde enerji tasarrufu miktarlarını belirlenmesinde kullanılabilir.

Bu standart; konutlar, yönetim binaları, iş ve hizmet binaları, otel, motel ve lokantalar, öğretim binaları, tiyatro ve konser salonları, kışlalar, ceza ve tutuk evleri, müze ve galeriler, hava limanları, hastaneler, yüzme havuzları, imalât ve atölye mahalleri, genel kullanım amaçları dolayısıyla iç sıcaklıkları asgari 15°C olacak şekilde ısıtılan iş yerleri ile endüstri ve sanayi binaları veya bunlara benzer amaçlar için kullanılan binalarda kullanılır. Bu standart, yeni inşa edilecek binalar ile mevcut binaların tümünde veya bağımsız bölümlerinde yapılacak olan esaslı tamir, tadil ve eklemelerdeki (mevcut binaların oturma alanının %15'i oranında ve üzerinde yapılacak tadilatlardaki) ısıtma enerjisi ihtiyacını hesaplama kurallarını, izin verilebilecek en yüksek ısı kaybı değerlerini ve hesaplama ile ilgili bilgilerin sunuş şeklini kapsamakta ve binalarda ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplanmasına yönelik bir metot belirlemektedir.

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

TS 825 içinde il ve bazı ilçeler, buldukları coğrafi konumun iklim şartlarına göre 4 farklı derece-gün bölgesi olarak sınıflandırılmıştır.

Tablo 4.1 İllere görederece gün bölgeleri

<b>1. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ</b>				
ADANA	AYDIN	MERSİN	OSMANİYE	
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
ADİYAMAN	DENİZLİ	KİLİS	SAMSUN	YALOVA
AMASYA	DIYARBAKIR	KOCAELİ	SİİRT	ZONGULDAK
BALIKESİR	EDİRNE	MANİSA	SİNOP	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	
ARTVİN	ÉLAZİĞ	KIRKLARELİ	TOKAT	
BİLECİK	EŞKİŞEHİR	KİRŞEHİR	TUNCELİ	
BİNGÖL	İĞDIR	KONYA	UŞAK	
BOLU	ISPARTA	KÜTAHYA		
<b>İli 1. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan belediyeler</b>				
POZANTI (Adana)	KORKUTELİ (Antalya)			
<b>İli 2. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan belediyeler</b>				
MERZİFON (Amasya)	DURSUNBEY (Balıkesir)	ULUS (Bartın)		
<b>İli 4. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan belediyeler</b>				
TOSYA (Kastamonu)				
<b>4. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ</b>				
AĞRI	ERZURUM	KAYSERİ		
ARDAHAN	GÜMÜŞHANE	MUŞ		
BAYBURT	HAKKÂRİ	SİVAS		
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>				
KIĞI (Bingöl)	PÜLÜMÜR (Tunceli)	SOLHAN (Bingöl)		

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

TS 825 standardında verilen ısı geçirgenlik kat sayılarına (Tablo 4.2) eşit ya da daha küçük değerlerin sağlanması bakımından uyulmalıdır.

Tablo 4.2 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	0,7	0,45	0,7	2,4
2. Bölge	0,6	0,4	0,6	2,4
3. Bölge	5	0,3	0,45	2,4
4. Bölge	0,4	0,25	0,4	2,4

Binalarda sağlanması gereken ısı enerjisi miktarı, toplam kayıplardan iç ve dış kaynaklardan (elektrikli aletler, güneş enerjisi gibi) sağlanan enerjinin çıkartılmasıyla hesaplanır. Tanımlanan hesap metodunda, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ısıtma dönemini kapsayan aylık ısıtma enerjisi ihtiyaçlarının toplanması ile bulunmaktadır. Ayrıca dış ortam ile temas halinde bulunan tüm yapı bileşenlerinde meydana gelen buhar difüzyonunun analiz edilmesi ve standartta verilen şartları her bir yapı elemanının sağlayacak şekilde tasarlanması da gerekmektedir. TS 825'e göre yoğuşan su miktarının, yoğuşmanın meydana geldiği ara kesitteki malzemelere zarar vermeyeceği kabul edilen belirli bir sınır değeri aşmaması ve kuruma periyodunda tamamen buharlaşması gerekmektedir.

Binanın ısıtma enerjisi ihtiyacını etkileyen faktörler; binanın özellikleri, kullanılacak olan ısıtma sisteminin özellikleri, iç ve dış iklim şartları, iç ve dış ısı kazanç kaynaklarıdır.

#### 4.2 TS 825 Hesap Metodu

TS 825 hesap metodunda kullanılan tanımlar aşağıda belirtilmiştir.

- **Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı ( $Q_{i,ay}$ )** : Isıtma sisteminden ısıtılan ortama bir ay içinde verilmesi gereken ısı enerjisi miktarı. Birimi "Joule"dür.
- **Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ( $Q_{i,yıl}$ )** : Isıtma sisteminden ısıtılan ortama bir yıl içinde verilmesi gereken ısı enerjisi miktarı. Birimi "Joule"dür.

- **Binanın özgül ısı kaybı (H) :** İç ve dış ortamlar arasında 1 K sıcaklık farkı olması durumunda, binanın dış kabuğundan iletim ve havalandırma yolu ile birim zamanda kaybedilen ısı enerjisi miktarı. Birimi "Watt/Kelvin"dir.
- **Aylık ortalama dış ortam sıcaklığı ( $\theta_e$ ) :** Dış sıcaklığın aylık ortalama değeri. Birimi " $^{\circ}\text{C}$ "tur.
- **Aylık ortalama iç ortam sıcaklığı ( $\theta_i$ ) :** İç sıcaklığın aylık ortalama değeri. Birimi " $^{\circ}\text{C}$ "tur.
- **Binanın iç ısı kazançları ( $\phi_i$ ) :** Binanın ısıtma sisteminin dışında, ısıtılan ortam içinde bulunan ısı kaynaklarından, ısıtılan ortama birim zamanda yayılan ısı enerjisi miktarı. Birimi "Watt"tır.
- **Güneş enerjisi kazançları ( $\phi_s$ ) :** Isıtılan ortama birim zamanda, doğrudan ulaşan güneş enerjisi miktarı. Birimi "Watt"tır.
- **Kazanç kullanım faktörü ( $\eta$ ) :** İç ısı kazançlarının ve güneş enerjisi kazancının toplamının ortamın ısıtılmasına olan katkı oranı. Birimsizdir.
- **Bina kullanım alanı ( $A_n$ ) :** Binanın net kullanım alanı. Birimi " $\text{m}^2$ "dir.
- **Binanın ısıtılan brüt hacmi ( $V_{\text{brüt}}$ ) :** Binanın ısı kaybeden yüzeylerini çevreleyen ve dış kabuğun ölçülerine göre hesaplanan hacim. Birimi " $\text{m}^3$ " tür.
- **Binanın ısı kaybeden yüzeylerinin toplam alanı ( $A_{\text{top}}$ ) :** Dış duvar, tavan, taban/döşeme, pencere, kapı vb. yapı bileşenlerinin ısı kaybeden yüzey alanlarının dış ölçülere göre bulunan toplamı. Birimi " $\text{m}^2$ "dir.
- **$A_{\text{top}} / V_{\text{brüt}}$  oranı :** Isı kaybeden toplam yüzey alanının ( $A_{\text{top}}$ ), yapının ısıtılan brüt hacmine ( $V_{\text{brüt}}$ ) oranı. Birimi " $\text{m}^{-1}$ "dir.

#### 4.2.1 Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Sınır Değerleri

Isıtılacak yapıda oda yükseklikleri 2,60 m veya daha az olması durumunda binanın kullanım alanı ( $A_n$ ) ile ilgili denklemler kullanılır. Oda yüksekliklerinin 2,60 m'den yüksek olması durumunda ısıtılacak yapı hacmiyle ilişkili olarak verilen ( $V_{\text{brüt}}$ ) ile ilgili denklemler kullanılır. Isıtılacak yapı hacmi ( $V_{\text{brüt}}$ ) ile ve binanın kullanım alanı ( $A_n$ ) ile ilişkili olarak azami yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı değerleri ( $A_{\text{top}}/V_{\text{brüt}}$ ) oranlarına bağlı olarak; Tablo 4.3'te verilen değerleri aşmamalıdır.

Tablo 4.3 En büyük ve en küçük Atop/Vbrüt oranları için ısıtma enerjisi değerleri

		A/V <0,2	A/V >1,05	
1. Bölge	An ile ilişkili	19,2	56,7	kWh/m <sup>2</sup> ,yıl
	Vbrüt ile ilişkili	6,2	18,2	kWh/m <sup>3</sup> ,yıl
2. Bölge	An ile ilişkili	38,4	97,9	kWh/m <sup>2</sup> ,yıl
	Vbrüt ile ilişkili	12,3	31,3	kWh/m <sup>3</sup> ,yıl
3. Bölge	An ile ilişkili	51,7	116,5	kWh/m <sup>2</sup> ,yıl
	Vbrüt ile ilişkili	16,6	37,3	kWh/m <sup>3</sup> ,yıl
4. Bölge	An ile ilişkili	67,3	137,6	kWh/m <sup>2</sup> ,yıl
	Vbrüt ile ilişkili	21,6	44,1	kWh/m <sup>3</sup> ,yıl

Tablo 4.4 Bölgelere ve ara değer Atop/Vbrüt oranlarına bağlı olarak sınırlandırılan Q<sub>1</sub>'nin hesaplanması

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

Belediye ve mücavir alan sınırları dışında köy nüfusuna kayıtlı ve köyde sürekli oturanların dışında köy yerleşik alanları civarında ve mezralarda 2 kat'a kadar olan ve toplam döşeme alanı 100 m<sup>2</sup>'den küçük (dış havaya açık balkon, teras, merdiven, geçit, aydınlık vb. hariç) yeni binalardaki yapı bileşenlerinin ısı geçirgenlik katsayılarının (U), Tablo 4.2'te belirtilen yapı bileşenlerine ait U değerlerine eşit veya daha küçük olması ve toplam pencere alanının, ısı kaybeden dış duvar alanının %12'sine eşit veya daha küçük olması halinde "ısı yalıtım projesi" yapılması şartı aranmaz.

#### 4.2.2 Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Hesabı

Isıtma enerjisi ihtiyacı ile, ısıtma sisteminin net çıktısı kastedilmektedir. Isıtma sistemlerinin verimlerinin 1'den küçük olması ve ayrıca dağıtım sırasında meydana gelen kayıplar nedeniyle ısıtma sisteminin girdi enerjisi ısıtma enerjisi ihtiyacından büyük olmak zorundadır.

Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının hesabı aşağıda verilen işlem sırasına göre yapılmalıdır:

- 1) Isıtılan ortamın sınırları ve gerekli ise farklı sıcaklıktaki bölgelerin veya ısıtılmayan ortamların sınırları belirlenir.
- 2) Tek hacimli bir binada, binanın özgül ısı kaybı (H) hesaplanır.

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.

$$H = H_T + H_v \quad [9]$$

İletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (9) 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. Binaların köşeleri, kolon, kirişler ısı köprülerine örnek olarak verilebilir. "T", ısı köprüsü uzunluğunu (m cinsinden) "U<sub>1</sub>", 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. Doğrudan ısı geçirgenlik katsayısının;  $\Psi_{i,e} < 0,1$  W/m.K olarak hesaplandığı ayrıntılı durumlarda, ısı köprülerinin etkisi ihmal edilebilir. Bu durumda (10) no'lu eşitlikte "U<sub>1</sub>" değeri "sıfır" olarak alınır.

$$H_T = \Sigma AU + I U_I \quad [10]$$

$$\Sigma AU = U_D.A_D + U_p.A_p + U_k.A_k + 0.8 U_T.A_T + 0.5 U_t.A_t + U_d.A_d + 0.5U_{ds}A_{ds} \quad [11]$$

Çatı döşemesi doğrudan dış hava ile temas ediyorsa, (11) nolu eşitlikte yer alan  $U_T$ 'nin önündeki 0,8 katsayısı 1 olarak alınır. Hesap yapılırken kullanılması gereken ve malzemelerin ısı iletkenliğini gösteren  $\lambda_h$  değerleri ile su buharı direnç faktörü  $\mu$  değerleri TS 825 standartının E ekinde verilmiştir.

Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (12) nolu eşitlik ile hesaplanır.

$$H_v = \rho.c.V_I \quad [12]$$

TS 825 standartında havalandırmalar; doğal havalandırma ve mekanik havalandırma olmak üzere iki şekilde ele alınmıştır. Doğal havalandırma (13) nolu eşitlikle hesaplanır.

$$H_v = \rho.c.V_I = \rho.c.n_h V_h = 0.33 n_h.V_h \quad [13]$$

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

Binada mekanik havalandırma uygulanıyorsa, hacimce hava değişim debisi (14) nolu eşitlikte hesaplanır.

$$V_I = V_f + V_x \quad [14]$$

$V_I$  : Hacimce toplam hava değişim debisi ( $m^3/h$ ),

$V_f$  : Sistem vantilâtörleri çalışırken vantilâtörlerdeki ortalama hacimce hava değişim debisi ( $m^3/h$ ),

$V_x$  : Hava sızıntısı ile oluşan ilâve hacimce hava değişim debisi ( $m^3/h$ ) dir.

3) Aylık ortalama iç sıcaklıklar ( $\theta_i$ ) Tablo 4.5'ten alınmalıdır.

Tablo 4.5 Farklı amaçlarla kullanılan binalar için hesaplamalarda kullanılacak aylık ortalama iç sıcaklık değerleri

	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

4) Aylık ortalama dış sıcaklıklar ( $\theta_e$ ) Tablo 4.6'dan alınmalıdır.

Tablo 4.6 Farklı derece gün (dg) bölgeleri için ısı kaybı ve yoğuşma hesaplamalarında kullanılacak aylık ortalama dış sıcaklık değerleri

	1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge	4. Bölge
Ocak	8,4	2,9	-0,3	-5,4
Şubat	9	4,4	0,1	-4,7
Mart	11,6	7,3	4,1	0,3
Nisan	15,8	12,8	10,1	7,9
Mayıs	21,2	18	14,4	12,8
Haziran	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
Ekim	18,5	14,1	11,6	10,3
Kasım	13	8,5	5,6	3,1
Aralık	9,3	3,8	1,3	-2,6

5) Aylık iletim ve havalandırma ile ısı kaybı “[H( $\theta_i - \theta_e$ )]” eşitliği kullanılarak hesaplanmalıdır.

6) Aylık ortalama iç kazançlar ( $\varphi_{i,ay}$ ) hesaplanmalıdır.

İç kazançlar; insanlardan kaynaklanan metabolik ısı kazançları, sıcak su sisteminden kaynaklanan ısı kazançları, yemek pişirme ve benzeri işlemlerden kaynaklanan ısı kazançları, aydınlatma sisteminden kaynaklanan ısı kazançları, binalarda kullanılan muhtelif elektrikli cihazlardan kaynaklanan ısı kazançlarından oluşmaktadır.

Konutlarda, okullarda ve normal donanımlı binalarda:  $\varphi_{i,ay} \leq 5 \times A_n (W)$  [15]

Yüksek iç enerji kazançlı binalarda:  $\varphi_{i,ay} \leq 10 \times A_n (W)$  [16]

$A_n = 0,32 \times V_{brüt}$  [17]

7) Aylık ortalama güneş enerjisi kazançları ( $\varphi_{s,ay}$ ) hesaplanmalıdır.

Aylık ortalama güneş enerjisi kazançları; pencerelerden sağlanan doğrudan güneş ışınımının hesaplanmasını tarif etmektedir. Pasif güneş enerjisi sistemlerinden sağlanacak kazançlar ihmal edilmiştir. Aylık ortalama güneş enerjisi kazançları ( $\varphi_{s,ay}$ ) binanın durumuna bağlı olarak (18) no’lu eşitlik kullanılarak da hesaplanabilir.

$\varphi_{s,ay} = \sum r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$  [18]

Tablo 4.7 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

$$g_{i,ay} = F_w \cdot g_{\perp} \quad [19]$$

Burada;  $F_w = 0,8$  alınır .

Tablo 4.8 Laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörü

	$g_{\perp}$
Renksiz tek cam	0,8
Renksiz yalıtım camı için	0,6
Isıl geçirgenlik katsayısı $2W/m^2K$ 'den daha küçük olan ısı yalıtım camları için	0,5

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.

8) Hesap sırasında kullanılacak ( $I_{i,ay}$ ) değerleri Tablo 4.9'dan alınmalıdır.

Tablo 4.9 Bütün derece gün bölgeleri için hesaplamalarda kullanılacak olan ortalama aylık güneş ışınımı şiddeti değerleri [ $W/m^2$ ]

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

9) Aylık ortalama dış sıcaklık değerleri kullanılarak aylık kazanç/kayıp oranı (KKO) ve ısı kazancı yararlanma faktörü ( $\eta_{ay}$ ) hesaplanmalıdır.

Isı kazançlarının yüksek olduğu sürelerde, kazançlar anlık kayıplardan fazla olabilir veya kazançlar ısıtmanın gerekmediği zamanlarda gelebilir. Yapı elemanlarının bünyesinde bir miktar ısı depolanır. Bu nedenle iç kazançlar ve güneş

enerjisi kazançları bir yararlanma faktörü ile azaltılır; bu faktörün büyüklüğü, kazançların ve kayıpların bağıl büyüklüğüne ve binanın ısıl kütesine bağlıdır. Aylık ortalama kazanç kullanım faktörü, eşitlik (20) ile hesaplanır.

$$\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})} \quad [20]$$

$$KKO_{ay} = (\varphi_{i,ay} + \varphi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay}) \quad [21]$$

$KKO_{ay}$  oranı 2,5 ve üzerinde olduğunda o ay için ısı kaybı olmadığı kabul edilir. Aylık ortalama değerler kullanılarak, “[ $\eta_{ay} (\varphi_{i,ay} + \varphi_{s,ay})$ ]” eşitliği ile faydalı kazançlar “W” cinsinden hesaplanmalıdır.

10) Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı eşitlik (22) 'ye göre hesaplanmalıdır.

$$Q_{ay} = [ H(\theta_i - \theta_e) - \eta_{ay} (\varphi_{i,ay} + \varphi_{s,ay}) ]. t \quad [22]$$

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

(20) no'lu eşitlikte köşeli parantez içindeki ifadenin pozitif olduğu aylar için toplama yapılacaktır. Negatif olan aylar dikkate alınmaz.

11) Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı eşitlik (23)'e göre hesaplanmalıdır.

$$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} \quad [23]$$

Binadaki farklı amaçlar için kullanılan birimler içerisinde sıcaklık farkı 4 K'den büyük ortamlar mevcut ise, farklı ısıtma bölümlerinin sınırları belirlenerek tek hacimli bina için verilen hesap metodu, farklı sıcaklıktaki her bina bölümü için ayrı ayrı uygulanmalı ve her bina hacmi için hesaplanan ısıtma enerjisi ihtiyacı toplanmalıdır.

### 4.2.3 Yoğuşma ve Buharlaşma

Bir yapı elemanının iki yüzü arasında, sıcaklıkların ve bağıl nemin farklı olması dolayısıyla farklı kısmi buhar basınçları meydana gelir. Bu basınç farkı nedeniyle havadaki buhar molekülleri ısı akımı ile aynı yönde hareket ederek yapı elemanı gözeneklerinden geçer ve dış ortama ulaşır. Su buharı bu geçişi sırasında yapı elemanı içerisinde, doyma sıcaklığında veya daha düşük sıcaklıkta bir yüzeyle temas ederse, bir kısmı yoğuşarak su hâline geçer ve yapı elemanı içerisinde veya yüzeyinde birikerek yapıya zarar verir. Yapı elemanı yüzeyindeki yoğuşma kendisini siyah lekeler, küf, mantar vb. organizma oluşumu ile göstererek, insan sağlığı ve ortamın konfor şartlarını olumsuz etkiler.

Yoğuşma esnasında ilgili yapı bileşeninin içinde toplanan su miktarının, buharlaşma süresi boyunca buharlaşarak tekrar çevredeki atmosfere verilebilmesi sağlanmalıdır. Yoğuşan su miktarının tamamının buharlaşma süresi boyunca sistemden uzaklaşmaması durumunda yapı bileşeni yeniden tasarlanmalı ve uygunluk sağlanana kadar yoğuşma tahkiki tekrarlanmalıdır.

Tavan, duvar ve yapı bileşenlerinde oluşan yoğuşma suyu kütlesinin miktarı toplam olarak  $1,0 \text{ kg/m}^2$ 'yi aşmamalıdır. Betonarme duvarlara içeriden yalıtım yapılması durumunda, müsaade edilen yoğuşma suyu kütlesinin miktarı  $0,5 \text{ kg/m}^2$ 'yi aşmamalıdır. Ahşap malzemelerdeki nem muhtevasının kütle cinsinden ifade edildiği durumda, ahşap malzemenin kütlesinin nem nedeniyle %5'ten daha fazla artmasına izin verilmez. İşlenmiş ahşap mamullerinde (sunta vb.) ise %3'ten daha fazla artmamalıdır.

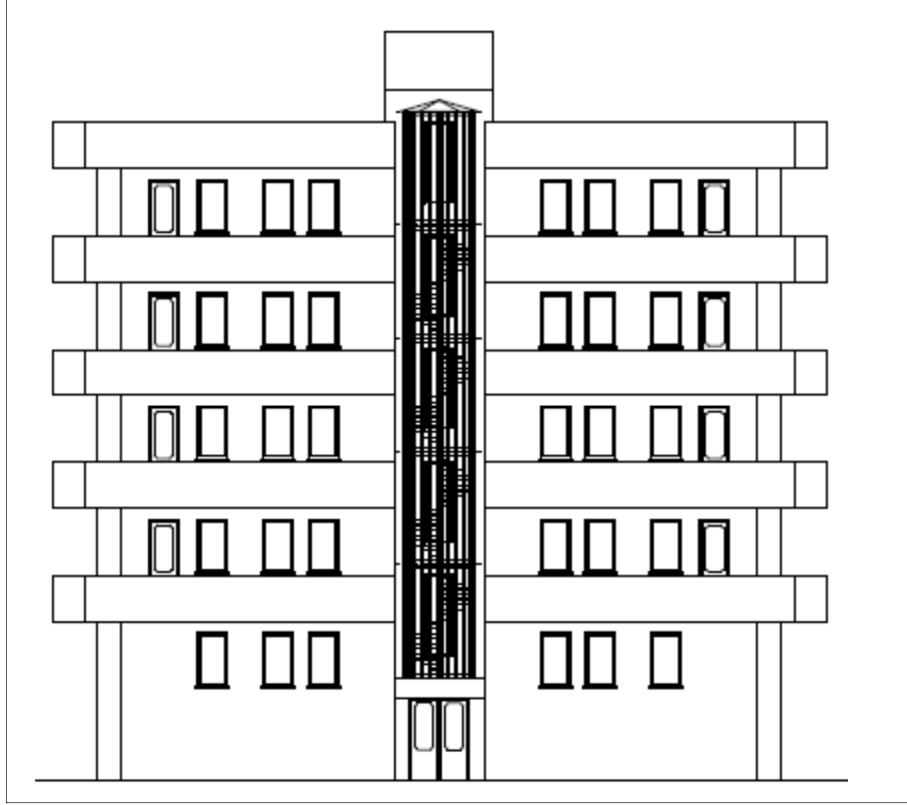
Bu çalışmada TS 825 standardına göre elde edilen optimum yalıtım kalınlıklarına göre binanın yoğuşma hesapları TS 825 hesap programı ile yapılmış standarda göre uygun oldukları tespit edilmiştir. Örnek olarak 5 cm taşyünü , EPS ve XPS yalıtım malzemelerine göre elde edilen yoğuşma grafikleri ve raporları EK C'de gösterilmiştir.

### 4.3 TS 825 Standardına Göre Isı Kaybı Hesapları

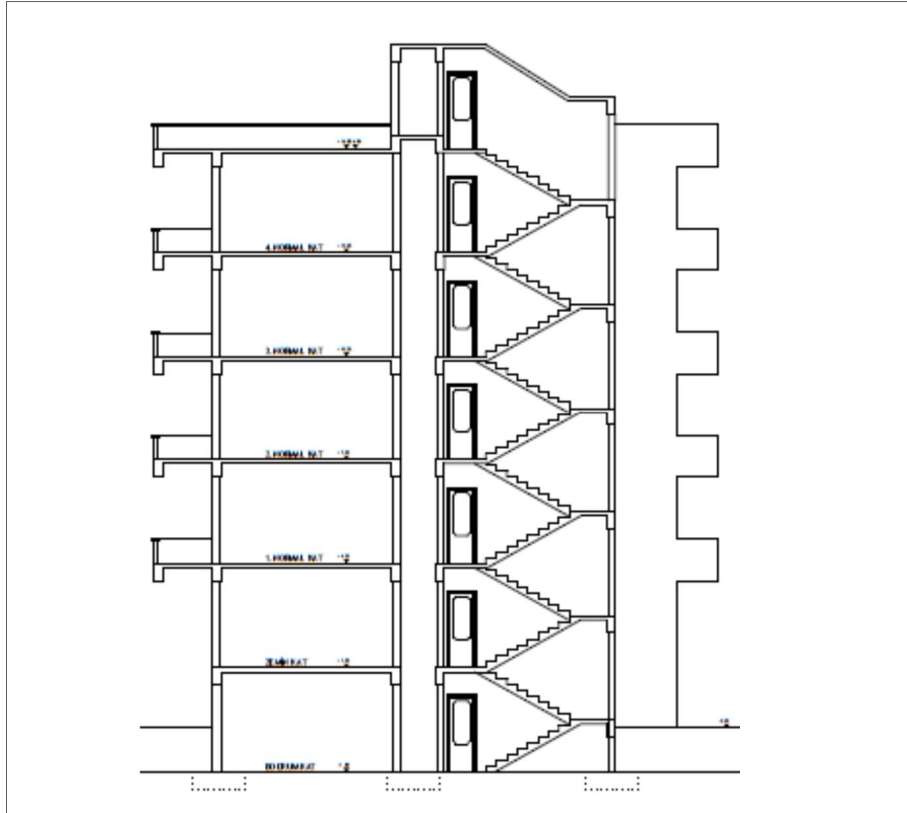
TS 825 analizi İzmir, İstanbul, Ankara ve Erzurum illerinde bulunan konut amaçlı kullanılan ve detaylı bilgileri Tablo 4.10’ da sunulan bir binaya uygulanmıştır. Bina ilk önce yalıtımsız olarak ele alınmış, daha sonra 3 farklı yalıtım malzemesi (taşyünü, eps, xps) kullanılarak ısı kayıpları hesaplanmıştır. Isı kayıpları, ısı kazançları ve ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplamalarında, TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” Standardı ve bu standart doğrultusunda İZODER (Isı, su, ses ve yangın yalıtımcıları derneği) tarafından hazırlanan paket program kullanılmıştır.

Tablo 4.10 Bina Bilgileri

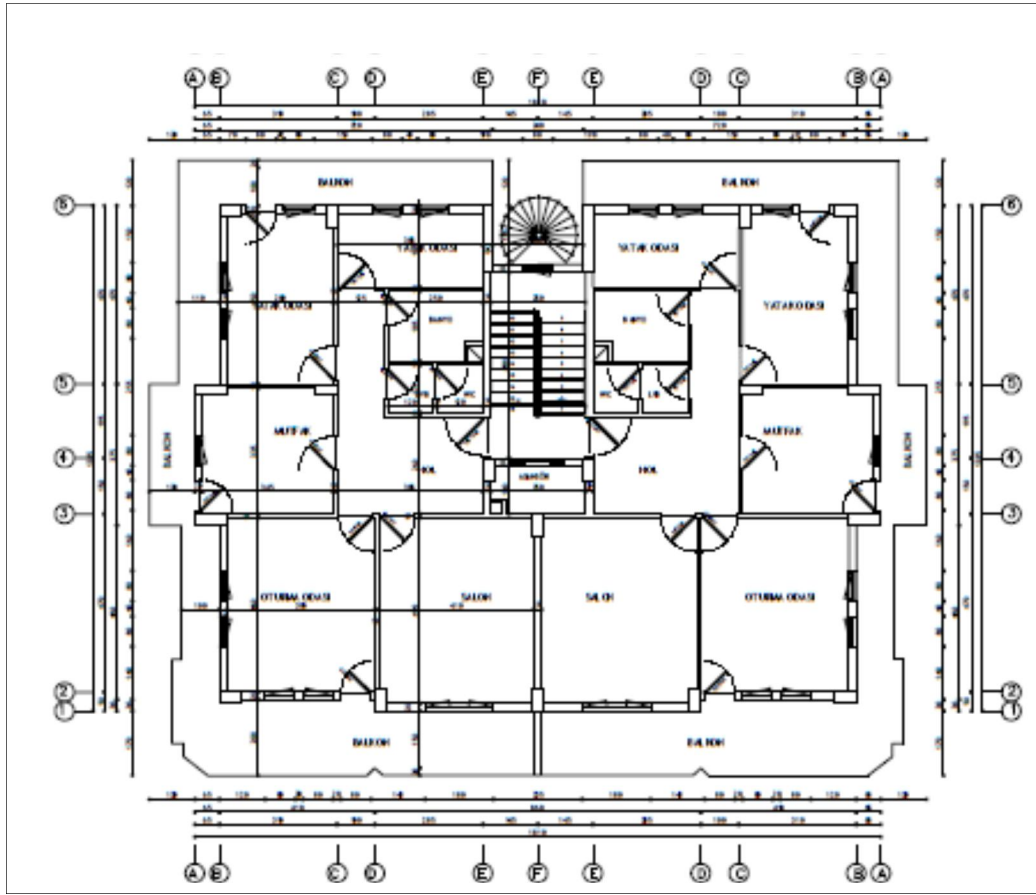
Brüt hacim	4028,4 m <sup>3</sup>
Kullanım Alanı	1289,1 m <sup>2</sup>
Kat Yüksekliği	2,88 m
İç sıcaklık	19 °C
Kat Adedi	6
Bina tipi	Konut
Yakıt türü	Doğalgaz
Havalandırma durumu	Doğal Havalandırma
Bina durumu	Ayrık Bina
Pencere / Duvar alanı oranı	%60 dan az
Taban alanı	223,8 m <sup>2</sup>
Tavan alanı	307 m <sup>2</sup>
Dış duvar (hava temaslı)	632 m <sup>2</sup>
Dış duvar (ısıtılmayan iç ortama bitişik)	93,6 m <sup>2</sup>
Dış duvar (toprak temaslı)	67 m <sup>2</sup>
Kolon+Kiriş alanı	439,35 m <sup>2</sup>
Kapı alanı	29,44 m <sup>2</sup>
Pencere alanı	166,88 m <sup>2</sup>
Güney Cephe Pencere Alanı	32,48 m <sup>2</sup>
Doğu Cephe Pencere Alanı	42,56 m <sup>2</sup>
Kuzey Cephe Pencere Alanı	32,48 m <sup>2</sup>
Batı Cephe Pencere Alanı	59,36 m <sup>2</sup>



Şekil 4.1 Binanın doğu cephesi görünüşü.



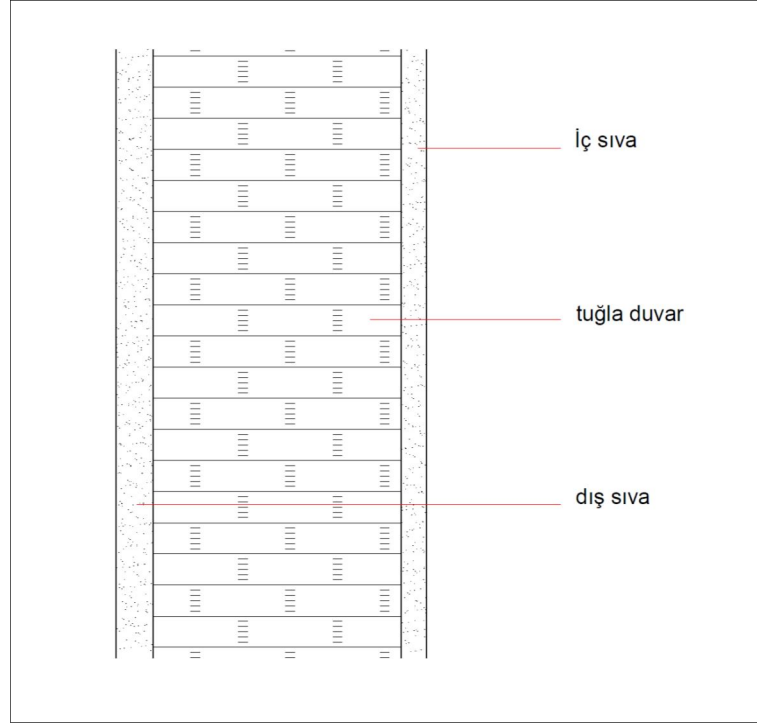
Şekil 4.2 Binanın kesit görünüşü.



Şekil 4.3 Binanın kat planı.

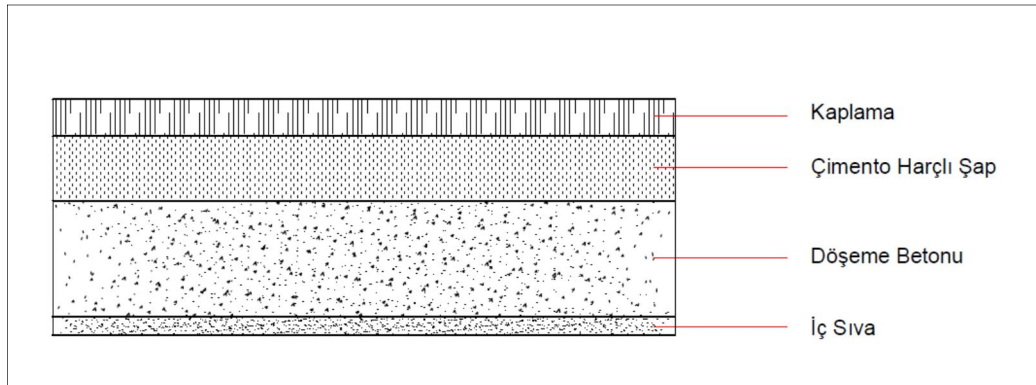
Bina duvarlarında 20 cm kalınlığındaki yatay delikli tuğlalar kullanılmıştır. Binadaki kirişler 30x50 cm, kolonlar ise 30x60 cm kesit boyutlarındadır. Dış duvarlar, kolon ve kirişlerin iç yüzeyleri kireç-çimento harcından imal edilen 2 cm kalınlığındaki sıva ile dış yüzeyleri ise çimento harcından imal edilen 3 cm kalınlığındaki sıva ile kaplanmıştır. Dış yüzeylerin sıvasında çimento harcı, iç yüzeylerin sıvasında ise kireç-çimento harcı kullanılmıştır. Binadaki bütün taşıyıcı döşememelerinin kalınlığı 12 cm olarak projelendirilmiştir. Tavanlar kireç çimento harcından imal edilen 2 cm kalınlığındaki sıva ile kaplanmıştır. Havalandırma sistemi olarak, kapı ve pencereler ile gerçekleştirilen doğal havalandırma sistemi kullanılmıştır. Bina katlarındaki tümkapı ve pencereler ahşap doğramadan ve tek camlı olarak imal edilmiştir. Dış kapı ise demir doğramadan ve camsız olarak imal edilmiştir.

Duvar kesitine ait detay çizimleri Şekil 4.4'te verilmiştir.

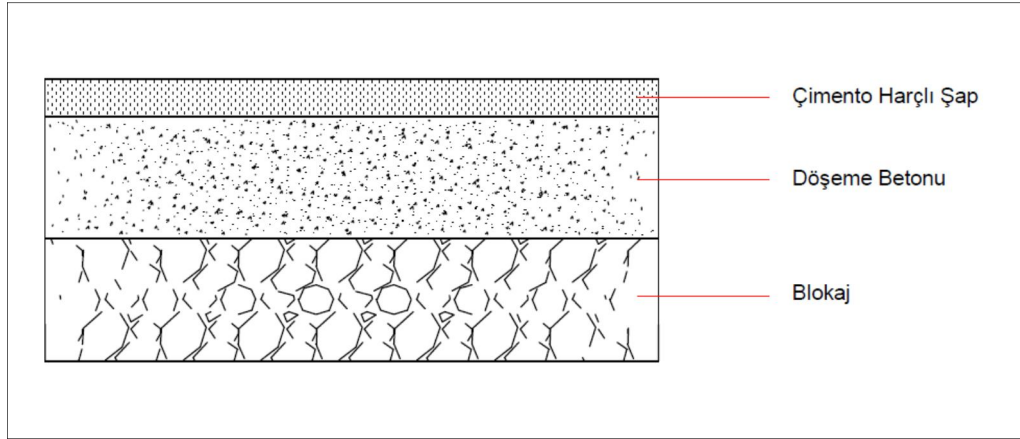


Şekil 4.4 Yalıtımsız duvar kesiti.

Binanın temeli toprağın 1.25 metre altından başlamaktadır. Isıtma her katta doğalgaz ile yapılmakta, bodrum katı ısıtılmamaktadır. Bodrum kat ve zemin kat döşemelerine ait detay çizimleri Şekil 4.5' ve Şekil 4.6'da verilmiştir.

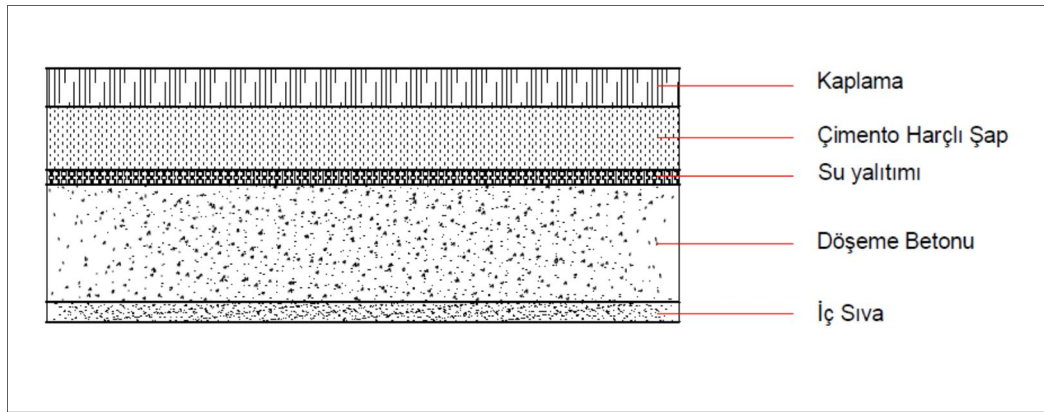


Şekil 4.5 Yalıtımsız döşeme kesiti.



Şekil 4.6 Yalıtımsız taban kesiti.

Binanın tavanı teras çatı şeklinde olup, detay çizimleri Şekil 4.7’de gösterilmiştir.



Şekil 4.7 Yalıtımsız teras çatı kesiti.

Isı kayıpları, ısı kazançları ve ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplamalarında balkon kapılarındaki cam yüzeylerin alanları toplamı yapının pencere alanları toplamına ilave edilmiştir. Balkon kapıları, kapı genişliğince yüksekliğinin yarısı metal doğrama diğer yarısı da cam olacak şekilde imal edilmiştir. Hesaplamalarda pencereler “pencere”, balkon kapılarının metal doğrama kısımları dış kapı alanına dahil edilmiştir. Kapı ve pencerelerin hesaplamalarda dikkate alınan ısıl geçirgenlik katsayıları pencere için 5,9 (W/m<sup>2</sup>.K)ve kapılar için 5,5 (W/m<sup>2</sup>.K) alınmıştır.

### 4.3.1 Bölgelerin Ortalama Sıcaklık Değerlerine Göre Isı Kaybı Hesabı

Binanın yalıtımsız durumu için belirlenen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı değerleri (Q) ile olması gereken en büyük ısı kaybı değerleri ( $Q_1$ ) derece gün bölgelerine göre TS 825 Hesap Program ile hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalarda önce ısı köprüleri ihmal edilmiş ve daha sonra ısı köprüleri hesaba dahil edilmiştir. Balkon ve çatı döşemeleri, kolonlarda ve köşelerde meydana gelen ısı köprüleri hesaba dahil edildiğinde ortalama % 13'lük daha fazla ısı kaybının olduğu belirlenmiştir.

Hesaplamalar sonucunda  $Q > Q_1$  durumu ile karşılaşıldığı için binanın TS 825 "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" Standardına uygun olmadığı kabul edilmiştir. Yapılan hesapların sonuçları Tablo 4.11' de gösterilmiştir.

Tablo 4.11 Yalıtımsız binanın ısı kaybı hesap değerleri

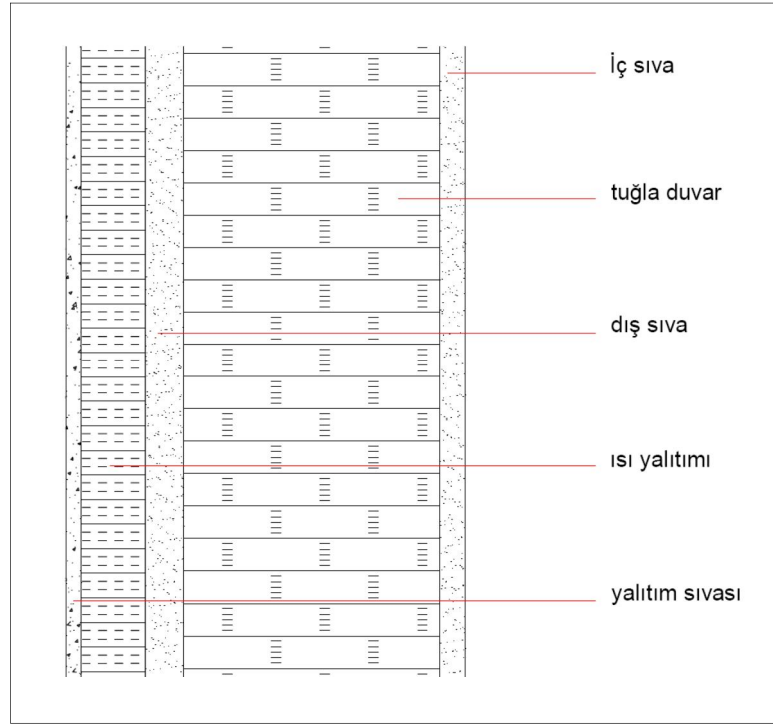
Bölge	TS825 Standartına göre olması gereken ısı kaybı (Kwh/m <sup>3</sup> )	Isı köprüsü ihmal edilerek hesaplanan ısı kaybı (Kwh/m <sup>3</sup> )	Isı köprüsü dahil edilerek hesaplanan ısı kaybı (Kwh/m <sup>3</sup> )
1.bölge	11,04	38,3	43,6
2.bölge	19,94	70,17	79,58
3.bölge	24,92	95,76	108,12
4.bölge	30,66	123,49	138,99

Dış duvarlarda mantolama tipi ısı yalıtımı uygulanmıştır. Isı yalıtım malzemesi olarak taşyünü, EPS ve XPS levhalar kullanılmıştır. Isı yalıtım malzemelerinin teknik özellikleri tablo 4.12 'de verilmiştir.

Tablo 4.12 Isı yalıtım malzemeleri teknik özellikleri

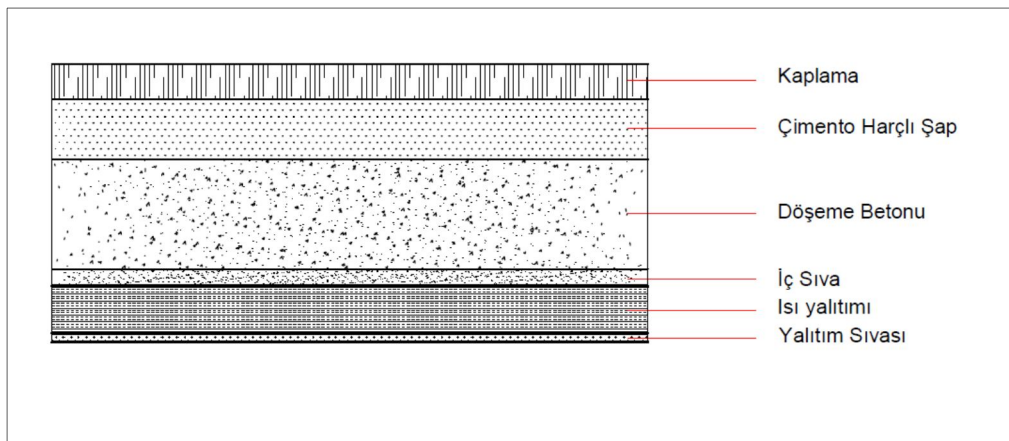
	Taş yünü	EPS	XPS
Uygulama yeri	Dış Duvar	Dış Duvar	Dış Duvar
Yalıtım amacı	Isı, ses, yangın	Isı	Isı
Isı iletkenliği (W/mK)	0,04	0,035	0,03
Yangın sınıfı	TS EN 13501-1'e göre A sınıfı	TS EN 13501-1'e göre E ve F sınıfı	TS EN 13501-1'e göre E sınıfı

Isı yalıtımı uygulanmış duvar kesiti şekil 4.8’ de gösterilmiştir.

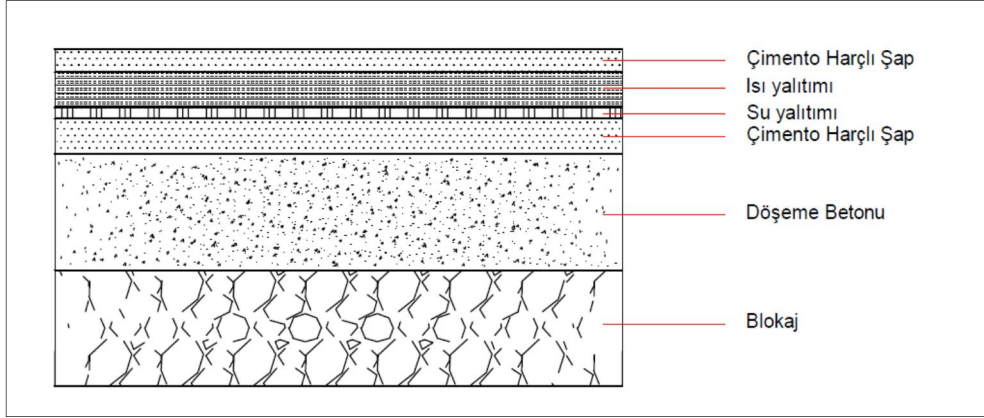


Şekil 4.8 Yalıtımlı duvar kesiti.

Yalıtımlı zemin kat döşemesi ve bodrum katın tabanının kesit çizimleri Şekil 4.9 ve 4.10’da gösterilmiştir.

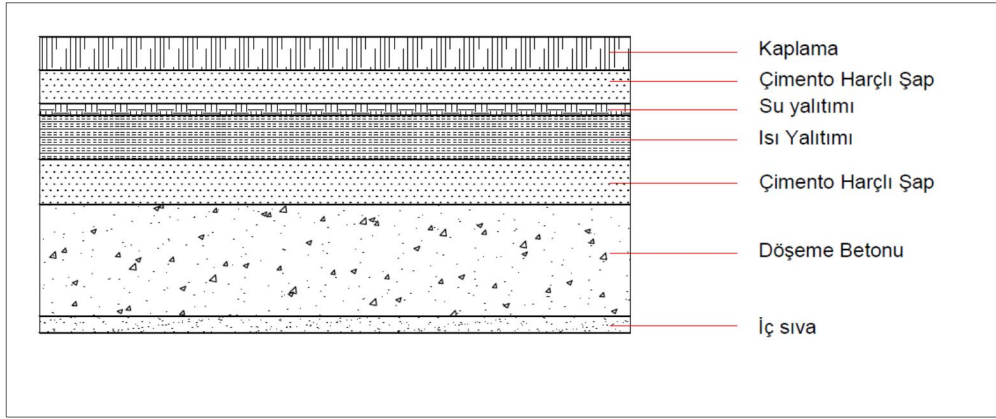


Şekil 4.9 Yalıtımlı döşeme kesiti



Şekil 4.10 Yalıtımlı zemin kesiti.

Isı yalıtımı uygulanmış çatı kesiti şekil 4.11’ de gösterilmiştir



Şekil 4.11 Yalıtımlı teras çatı kesiti.

Hesaplamalarda pencereler “pencere”, balkon kapılarının metal doğrama kısımları dış kapı alanına dahil edilmiştir. Kapı ve pencerelerin hesaplamalarda dikkate alınan ısıl geçirgenlik katsayıları pencere için 2,4 (W/m<sup>2</sup>.K) ve kapılar için 4 (W/m<sup>2</sup>.K) alınmıştır.

Bina bodrumu katı ısıtılmadığından zemin kat ile bodrum kat arasında 4 °K sıcaklık farkı bulunmaktadır. Bodrum katın tavanında ısı yalıtımı uygulanmıştır. Bodrum katının kalan kısımları (dış duvarlar, zemin) yalıtılmadığında ısı kayıplarında % 14’lük artış görülmüş ve maliyeti arttırdığından dolayı bodrum katının toprağa temas eden kısımları içten yalıtılmıştır. TS 825 standardına uygun değerlerde bodrum katının yalıtımsız hallerdeki ısı kaybı sonuçları Ek A’da belirtilmiştir.

Örnek binanın bölgelerin ortalama sıcaklık değerlerine göre taşıyünü, eps ve xps yalıtım malzemeleri kullanılarak yapılan ısı kaybı sonuçları aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir. İZODER TS 825 Hesap programı ile yapılan ve standarda uygun değerlerdeki hesap raporları EK B’de verilmiştir.

Tablo 4.13 Bölgelerin ortalama sıcaklık değerlerine göre taşıyünü kullanılarak hesaplanan ısı kayıp değerleri

<b>Bölgelerin Ortalama Sıcaklık Değerlerine Göre Yalıtımlı Hesap Değerleri</b>					
<b>TS 825 Standartına uygun değer</b>	11,04	19,94	24,92	30,66	
<b>Yalıtım Kalınlığı (cm)</b>	<b>1.bölge (kWh/m<sup>3</sup>)</b>	<b>2.bölge (kWh/m<sup>3</sup>)</b>	<b>3.bölge (kWh/m<sup>3</sup>)</b>	<b>4.bölge (kWh/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Özgül ısı kaybı (W/K)</b>
3	13,22	26,19	36,52	48,61	2.749,10
4	11,58	23,13	32,42	43,35	2.515,60
5	10,44	21,01	29,53	39,68	2.349,30
6	9,62	19,47	27,45	36,89	2.226,30
8	8,46	17,31	24,54	32,99	2.054,00
10	7,74	15,93	22,61	30,54	1.940,10
12	7,22	14,92	21,23	28,75	1.858,40

Tablo 4.14 Bölgelerin ortalama sıcaklık değerlerine göre EPS kullanılarak hesaplanan ısı kayıp değerleri

<b>Bölgelerin Ortalama Sıcaklık Değerlerine Göre Yalıtımlı Hesap Değerleri</b>					
<b>TS 825 Standartına uygun değer</b>	11,04	19,94	24,92	30,66	
<b>Yalıtım Kalınlığı (cm)</b>	<b>1.bölge (kWh/m<sup>3</sup>)</b>	<b>2.bölge (kWh/m<sup>3</sup>)</b>	<b>3.bölge (kWh/m<sup>3</sup>)</b>	<b>4.bölge (kWh/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Özgül ısı kaybı (W/K)</b>
3	12,43	24,77	34,55	46,08	2.637,70
4	10,89	21,85	30,64	41,08	2.414,20
5	9,8	19,86	27,99	37,64	2.258,60
6	9,04	18,41	26	34,93	2.142,60
8	8,02	16,48	23,35	31,46	1.983,80
10	7,33	15,22	21,62	29,23	1.879,30
12	6,86	14,32	20,38	27,64	1.805,00

Tablo 4.15 Bölgelerin ortalama sıcaklık değerlerine göre XPS kullanılarak hesaplanan ısı kayıp değerleri

<b>Bölgelerin Ortalama Sıcaklık Değerlerine Göre Yalıtımlı Hesap Değerleri</b>					
<b>TS 825 Standartına uygun değer</b>	11,04	19,94	24,92	30,66	
<b>Yalıtım Kalınlığı (cm)</b>	<b>1.bölge (kWh/m<sup>3</sup>)</b>	<b>2.bölge (kWh/m<sup>3</sup>)</b>	<b>3.bölge (kWh/m<sup>3</sup>)</b>	<b>4.bölge (kWh/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Özgül ısı kaybı (W/K)</b>
3	11,58	23,13	32,42	43,35	2.515,60
4	10,1	20,46	28,75	38,63	2.304,40
5	9,14	18,66	26,3	35,45	2.159,80
6	8,46	17,31	24,54	32,99	2.054,00
8	7,52	15,56	22,09	29,85	1.909,70
10	6,92	14,41	20,56	27,87	1.815,60
12	6,35	13,66	19,45	26,45	1.749,30

Örnek binanın TS 825 standardına uygun değerlerde ısı yalıtımı yapıldığında; taş yünü için 1. Bölgede 4,5 cm, 2. Bölgede 5,7 cm, 3. Bölgede 7,7 cm, 4. Bölgede 9,9 cm ısı yalıtım malzemesi, EPS kullanıldığında; 1. Bölgede taş yünü için 3,9 cm, 2. Bölgede 5 cm, 3. Bölgede 6,8 cm, 4. Bölgede 8,7 cm ısı yalıtım malzemesi, XPS kullanıldığında ise; 1. Bölgede taş yünü için 3,4 cm, 2. Bölgede 4,3 cm, 3. Bölgede 5,8 cm, 4. Bölgede 7,5 cm ısı yalıtım malzemesi kullanılması gerekmektedir.

Isı yalıtımı uygulamalarında piyasada belirli kalınlıklarda ısı yalıtım malzemesi üretimi yapıldığından yalıtım maliyetleri, yakıt tüketimleri ve geri ödeme süreleri hesaplanırken piyasada bulunan yalıtım malzemelerine göre hesaplama yapılmıştır. Buna göre; taşyünü için 1. bölgede 5cm, 2. Bölgede 6 cm, 3. Bölgede 8 cm, 4. Bölgede 10 cm ısı yalıtım malzemesi, EPS için 1. bölgede 4 cm, 2. Bölgede 5 cm, 3. Bölgede 8 cm, 4. Bölgede 10 cm ısı yalıtım malzemesi, XPS için 1. bölgede 4 cm, 2. Bölgede 5 cm, 3. Bölgede 6 cm, 4. Bölgede 8 cm ısı yalıtım malzemesi kullanılmıştır.

#### 4.3.2 Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden Alınan Ortalama Sıcaklıklara Göre Isı Kaybı Hesapları

TS 825 standardında bölgelere göre ortalama dış sıcaklık değerleri alınmıştır. İzmir, İstanbul, Ankara ve Erzurum için Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan 1970-2011 arası ortalama dış sıcaklık değerleri ile karşılaştırıldığında 4-5 °C 'ye varan sıcaklık farkları bulunduğu tespit edilmiştir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan sıcaklık değerleri ile yapılan hesaplamalarda ısı yalıtım kalınlıklarında önemli ölçüde farklılıklar tespit edilmiş ve elde edilen sonuçlar tablolarda gösterilmiştir.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan 1970-2011 arası ortalama dış sıcaklık değerleri ile TS 825 standardında bulunan bölgelere göre ortalama sıcaklık değerleri tabloda gösterilmiştir.

Tablo 4.16 M.G.M'den alınan ortalama sıcaklık değerleri ile bölgelerin ortalama sıcaklık değerleri

Ay	İzmir		İstanbul		Ankara		Erzurum	
	M.G.M. (°C)	TS825 (°C)	M.G.M. (°C)	TS825 (°C)	M.G.M. (°C)	TS825 (°C)	M.G.M. (°C)	TS825 (°C)
Ocak	8,9	8,4	6,6	2,9	0,3	-0,3	-9,9	-5,4
Şubat	9,4	9	6,6	4,4	2,1	0,1	-8,2	-4,7
Mart	11,8	11,6	8,4	7,3	6,2	4,1	-2,2	0,3
Nisan	15,9	15,8	12,7	12,8	11,3	10,1	5,5	7,9
Mayıs	20,9	21,2	17,4	18	16,1	14,4	10,4	12,8
Haziran	25,8	26,3	22,1	22,5	20,2	18,5	14,9	17,3
Temmuz	28,1	28,7	24,5	24,9	23,6	21,7	19,3	21,4
Ağustos	27,6	27,6	24,2	24,3	23,3	21,2	19,3	21,1
Eylül	23,7	23,5	20,8	19,9	18,7	17,2	14,4	16,5
Ekim	18,8	18,5	16,4	14,1	13	11,6	7,8	10,3
Kasım	13,7	13	11,9	8,5	6,7	5,6	0,1	3,1
Aralık	10,3	9,3	8,5	3,8	2,3	1,3	-6,6	-2,8

Meteorolojiden alınan ortalama sıcaklık değerlerine göre yapılan yalıtımsız ısı kaybı hesapları Tablo 4.17’de de gösterilmiştir.

Tablo 4.17 M.G.M’den alınan sıcaklık değerlerine göre hesaplanan yalıtımsız ısı kaybı değerleri

Şehir	TS 825 Standartına göre olaması gereken ısı kaybı değeri (Kwh/m <sup>3</sup> )	Bölgelerin ortalama sıcaklıklarına göre hesaplanan ısı Kaybı (Kwh/m <sup>3</sup> )	M.G.M. ortalama sıcaklıklarına göre hesaplanan ısı Kaybı (Kwh/m <sup>3</sup> )
İzmir	11,04	43,60	40,28
İstanbul	19,94	70,17	59,76
Ankara	24,92	95,76	94,75
Erzurum	30,66	138,99	171,87

Örnek binanın Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden alınan ortalama sıcaklık değerlerine göre taşıyıcı, eps ve xps yalıtım malzemeleri kullanılarak yapılan ısı kaybı sonuçları aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir.

Tablo 4.18 M.G.M’den alınan sıcaklık değerlerine göre taşıyıcı kullanılarak hesaplanan ısı kayıp değerleri

M.G.M’den alınan ortalama sıcaklıklara göre hesap değerleri					
TS 825 Standartına uygun değer	11,04	19,94	24,92	30,66	
Yalıtım Kalınlığı (cm)	İzmir (kWh/m <sup>3</sup> )	İstanbul (kWh/m <sup>3</sup> )	Ankara (kWh/m <sup>3</sup> )	Erzurum (kWh/m <sup>3</sup> )	Özgül ısı kaybı (W/K)
3	12	18,63	31,86	61,65	2.749,10
4	10,5	16,35	28,25	54,68	2.515,60
5	9,43	14,77	25,7	50,1	2.349,30
6	8,67	13,62	23,85	46,74	2.226,30
8	7,63	12,04	21,28	42,06	2.054,00
10	6,96	11,02	19,6	38,99	1.940,10
12	6,5	10,3	18,42	36,81	1.858,40
14	6,1	9,78	17,54	35,19	1.797,30
16	5,89	9,38	16,87	33,95	1.750,50
18	5,68	9,05	16,32	32,93	1.711,80
20	5,51	8,79	15,89	32,12	1.681,00
22	5,37	8,57	15,52	31,42	1.654,50
24	5,25	8,39	15,21	30,85	1.632,40
25	5,19	8,31	15,08	30,61	1.623,00

Tablo 4.19 M.G.M'den alınan sıcaklık değerlerine göre EPS kullanılarak hesaplanan ısı kayıp değerleri

<b>M.G.M'den alınan ortalama sıcaklıklara göre hesap değerleri</b>					
<b>TS 825 Standartına uygun değer</b>	11,04	19,94	24,92	30,66	
<b>Yalıtım Kalınlığı (cm)</b>	<b>İzmir (kWh/m<sup>3</sup>)</b>	<b>İstanbul (kWh/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Ankara (kWh/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Erzurum (kWh/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Özgül ısı kaybı (W/K)</b>
3	11,27	17,54	30,13	58,07	2.637,70
4	9,84	15,38	26,7	51,89	2.414,20
5	8,87	13,92	24,34	47,62	2.258,60
6	8,16	12,85	22,6	44,46	2.142,60
8	7,22	11,41	20,25	40,17	1.983,80
10	6,61	10,49	18,73	37,37	1.879,30
12	6,19	9,85	17,65	35,34	1.805,00
14	5,88	9,37	16,85	33,92	1.749,30
16	5,65	9	16,26	32,79	1.706,70
18	5,46	8,72	15,77	31,9	1.672,60
20	5,32	8,49	15,39	31,18	1.645,00
22	5,19	8,3	15	30,58	1.621,90

Tablo 4.20 M.G.M'den alınan sıcaklık değerlerine göre EPS kullanılarak hesaplanan ısı kayıp değerleri

<b>M.G.M'den alınan ortalama sıcaklıklara göre hesap değerleri</b>					
<b>TS 825 Standartına uygun değer</b>	11,04	19,94	24,92	30,66	
<b>Yalıtım Kalınlığı (cm)</b>	<b>İzmir (kWh/m<sup>3</sup>)</b>	<b>İstanbul (kWh/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Ankara (kWh/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Erzurum (kWh/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Özgül ısı kaybı (W/K)</b>
3	10,45	16,35	28,25	54,68	2.515,60
4	9,15	14,35	25,03	48,87	2.304,40
5	8,26	13	22,85	44,93	2.159,80
6	7,63	12,04	21,28	42,06	2.054,00
8	6,79	10,76	19,16	38,18	1.909,70
10	6,25	9,94	17,8	35,67	1.815,60
12	5,88	9,36	16,86	33,92	1.749,30
14	5,61	8,96	16,17	32,63	1.700,60
16	5,41	8,64	15,64	31,64	1.662,80
18	5,25	8,39	15,21	30,85	1.632,50
19	5,18	8,29	15,04	30,53	1.620,20

Meterolojiden alınan ortalama sıcaklık değerlerine göre hesaplamalar yapıldığında taş yünü için İzmir’de 3,6 cm, İstanbul’da 2,4 cm, Ankara’da 5,4 cm, Erzurum’da 24,8 cm ısı yalıtım malzemesi; EPS kullanıldığında İzmir’de 3,2 cm, İstanbul’da 1,9 cm, Ankara’da 5,2 cm, Erzurum’da 21,7 cm ısı yalıtım malzemesi, XPS kullanıldığında ise; İzmir’de 2,5 cm, İstanbul’da 1,2 cm, Ankara’da 4,1 cm, Erzurum’da 18,6 cm ısı yalıtım malzemesi gerekmektedir.

Maliyet hesaplarında ise taş yünü için İzmir’de 4 cm, İstanbul’da 3 cm, Ankara’da 6 cm, Erzurum’da 25 cm ısı yalıtım malzemesi; EPS kullanıldığında İzmir’de 4 cm, İstanbul’da 3 cm, Ankara’da 5 cm, Erzurum’da 22 cm ısı yalıtım malzemesi, XPS kullanıldığında ise; İzmir’de 3 cm, İstanbul’da 3 cm, Ankara’da 5 cm, Erzurum’da 19 cm ısı yalıtım malzemesi kullanılmıştır.

#### 4.3.3 Yıllık Yakıt Sarfıyatı

Yakıt birim fiyatı DOSİDER (Doğal Gaz Cihazları Sanayicileri ve İşadamları Derneği) 05.06.2012 tarihli güncel yakıt fiyatlarının illere göre ortalaması alınarak 0,94 TL/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir. Doğalgaz alt ısıl değeri 34526 kJ/m<sup>3</sup>, sistem verimi ise 0,85 alınmıştır. Yıllık yakıt miktarı denklem (24) ile hesaplanır.

$$B_y = \frac{Q_{yıl}}{H_u \cdot \eta_k} \quad [24]$$

Tablo 4.21 Yalıtımsız binanın bölgelerin ortalama sıcaklık değerlerine göre hesaplanan yıllık yakıt miktarları ve maliyetleri

<b>Bölgelerin Ortalama Sıcaklık Değerlerine Göre Yalıtımsız Hesap Değerleri</b>				
<b>Bölge</b>	<b>Hesaplanan ısı kaybı (kWh)</b>	<b>Yıllık ısı kaybı (kJ)</b>	<b>Doğalgaz tüketimi (m<sup>3</sup>/yıl)</b>	<b>Yakıt maliyeti (TL/yıl)</b>
1.bölge	43,60	631.792.230,22	21.528,27	20.236,57
2.bölge	79,58	1.153.165.726,62	39.294,03	36.936,38
3.bölge	108,12	1.566.728.805,76	53.386,15	50.182,98
4.bölge	138,99	2.014.055.093,53	68.628,76	64.511,03

Tablo 4.22 Taşyünü kullanılarak yalıtılmış binanın bölgelerin ortalama sıcaklık değerlerine göre hesaplanan yıllık yakıt miktarları ve maliyetleri

<b>Taşyünü İçin Bölgelerin Ortalama Sıcaklık Değerlerine Göre Hesap Değerleri</b>				
<b>Bölge</b>	<b>Hesaplanan ısı kaybı (kWh)</b>	<b>Yıllık ısı kaybı (kJ)</b>	<b>Doğalgaz tüketimi (m<sup>3</sup>/yıl)</b>	<b>Yakıt maliyeti (TL/yıl)</b>
1.bölge	10,44	151.282.359,71	5.154,93	4.845,64
2.bölge	19,47	282.132.906,47	9.613,66	9.036,84
3.bölge	24,54	355.600.489,21	12.117,06	11.390,03
4.bölge	30,54	442.544.374,10	15.079,66	14.174,88

Tablo 4.23 EPS kullanılarak yalıtılmış binanın bölgelerin ortalama sıcaklık değerlerine göre hesaplanan yıllık yakıt miktarları ve maliyetleri

<b>EPS İçin Bölgelerin Ortalama Sıcaklık Değerlerine Göre Hesap Değerleri</b>				
<b>Bölge</b>	<b>Hesaplanan ısı kaybı (kWh)</b>	<b>Yıllık ısı kaybı (kJ)</b>	<b>Doğalgaz tüketimi (m<sup>3</sup>/yıl)</b>	<b>Yakıt maliyeti (TL/yıl)</b>
1.bölge	10,89	157.803.151,08	5.377,13	5.054,50
2.bölge	19,86	287.784.258,99	9.806,22	9.217,85
3.bölge	23,35	338.356.618,71	11.529,47	10.837,71
4.bölge	29,23	423.561.625,90	14.432,83	13.566,86

Tablo 4.24 XPS kullanılarak yalıtılmış binanın bölgelerin ortalama sıcaklık değerlerine göre hesaplanan yıllık yakıt miktarları ve maliyetleri

<b>XPS İçin Bölgelerin Ortalama Sıcaklık Değerlerine Göre Hesap Değerleri</b>				
<b>Bölge</b>	<b>Hesaplanan ısı kaybı (kWh)</b>	<b>Yıllık ısı kaybı (kJ)</b>	<b>Doğalgaz tüketimi (m<sup>3</sup>/yıl)</b>	<b>Yakıt maliyeti (TL/yıl)</b>
1.bölge	10,10	146.355.539,57	4.987,05	4.687,83
2.bölge	18,66	270.395.482,01	9.213,70	8.660,88
3.bölge	24,54	355.600.489,21	12.117,06	11.390,03
4.bölge	29,85	432.545.827,34	14.738,96	13.854,63

Meteorolojiden 1975-2011 yılları arası İzmir, İstanbul, Ankara ve Erzurum için ortalama sıcaklık değerleri alınarak yapılan hesaplamalara göre ısı yalıtımsız ve ısı yalıtımlı yıllık yakıt sarfiyat ve tutarları tablolarda gösterilmiştir.

Tablo 4.25 Yalıtımsız binanın M.G.M.'den alınan ortalama sıcaklıkdeğerlerine göre hesaplanan yıllık yakıt miktarları ve maliyetleri

<b>M.G.M.'den Alınan Ortalama Sıcaklıklara Göre Yalıtımsız Hesap Değerleri</b>				
<b>Şehir</b>	<b>Hesaplanan ısı kaybı</b>	<b>Yıllık ısı kaybı (kj)</b>	<b>Doğalgaz tüketimi (m3/yıl)</b>	<b>Yakıt maliyeti (TL/yıl)</b>
İzmir	40,28	583.683.280,58	19.888,96	18.695,62
İstanbul	59,76	865.961.093,53	29.507,55	27.737,10
Ankara	94,75	1.372.988.848,92	46.784,48	43.977,41
Erzurum	171,87	2.490.507.582,73	84.863,84	79.772,01

Tablo 4.26 Taşyünü kullanılarak yalıtılmış binanın M.G.M.'den alınan ortalama sıcaklıkdeğerlerine göre hesaplanan yıllık yakıt miktarları ve maliyetleri

<b>Taşyünü İçin M.G.M.'den Alınan Ortalama Sıcaklıklara Göre Hesap Değerleri</b>				
<b>Şehir</b>	<b>Hesaplanan ısı kaybı</b>	<b>Yıllık ısı kaybı (kj)</b>	<b>Doğalgaz tüketimi (m3/yıl)</b>	<b>Yakıt maliyeti (TL/yıl)</b>
İzmir	10,50	152.151.798,56	5.184,56	4.873,49
İstanbul	18,63	269.960.762,59	9.198,89	8.646,96
Ankara	23,85	345.601.942,45	11.776,36	11.069,78
Erzurum	30,61	443.558.719,42	15.114,23	14.207,37

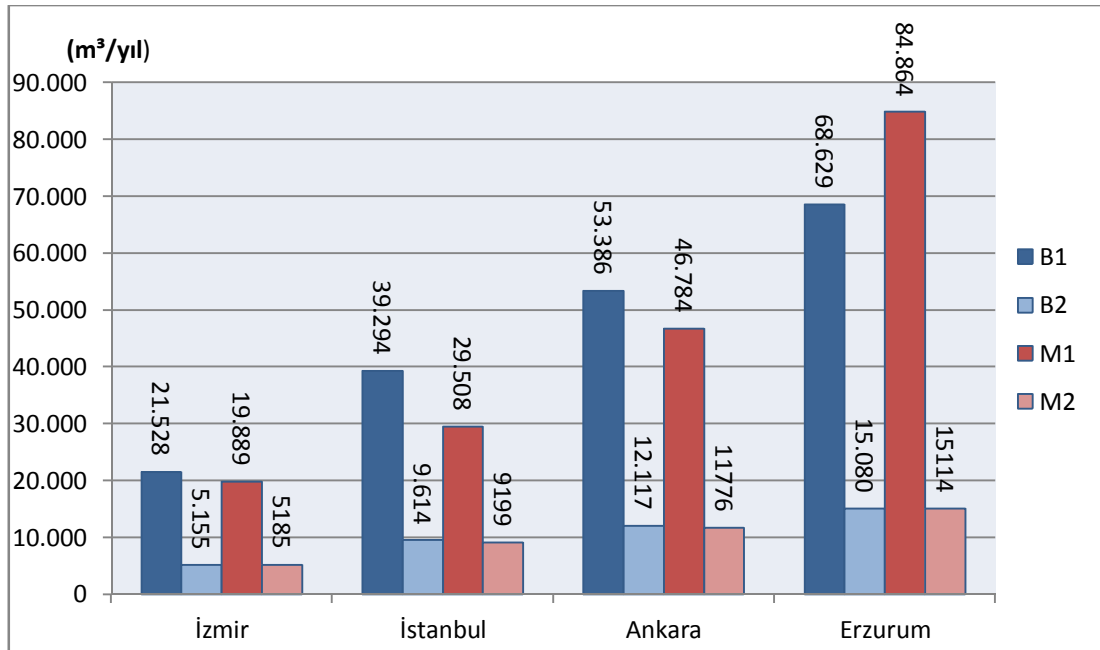
Tablo 4.27 EPS kullanılarak yalıtılmış binanın M.G.M.'den alınan ortalama sıcaklıkdeğerlerine göre hesaplanan yıllık yakıt miktarları ve maliyetleri

<b>EPS İçin M.G.M.'den Alınan Ortalama Sıcaklıklara Göre Hesap Değerleri</b>				
<b>Şehir</b>	<b>Hesaplanan ısı kaybı</b>	<b>Yıllık ısı kaybı (kj)</b>	<b>Doğalgaz tüketimi (m3/yıl)</b>	<b>Yakıt maliyeti (TL/yıl)</b>
İzmir	9,84	142.587.971,22	4.858,67	4.567,15
İstanbul	17,54	254.165.956,83	8.660,68	8.141,04
Ankara	24,34	352.702.359,71	12.018,30	11.297,21
Erzurum	30,58	443.124.000,00	15.099,41	14.193,45

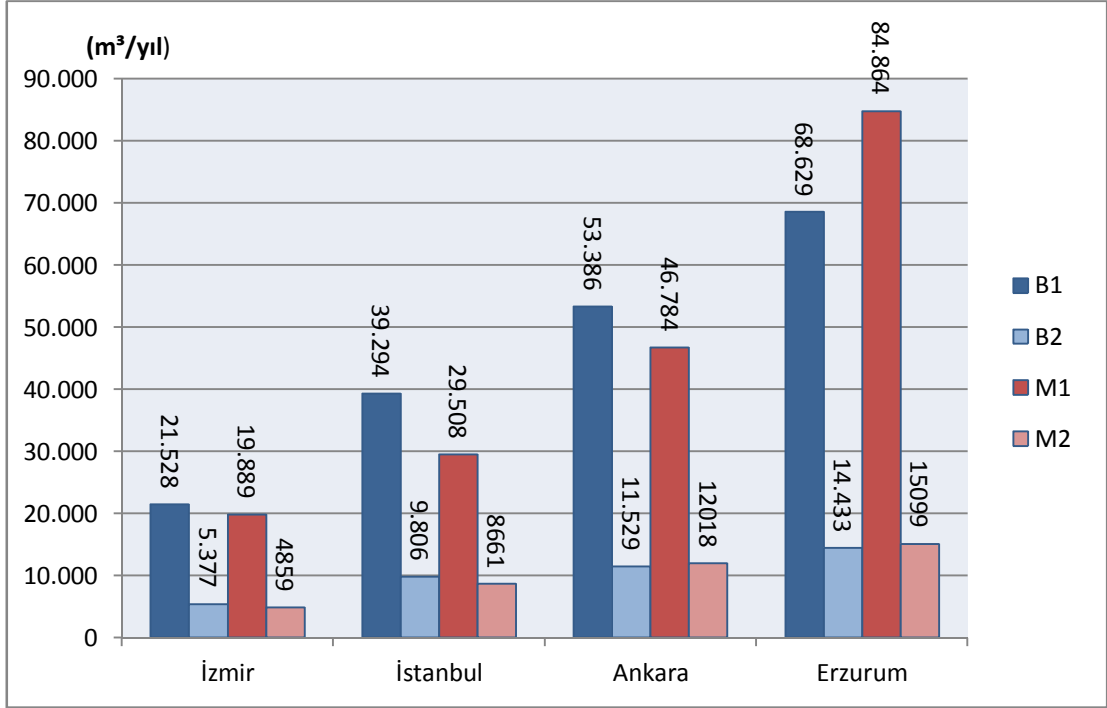
Tablo 4.28 XPS kullanılarak yalıtılmış binanın M.G.M.'den alınan ortalama sıcaklık değerlerine göre hesaplanan yıllık yakıt miktarları ve maliyetleri

XPS İçin M.G.M.'den Alınan Ortalama Sıcaklıklara Göre Hesap Değerleri				
Şehir	Hesaplanan ısı kaybı	Yıllık ısı kaybı (kj)	Doğalgaz tüketimi (m <sup>3</sup> /yıl)	Yakıt maliyeti (TL/yıl)
İzmir	10,45	151.427.266,19	5.159,87	4.850,28
İstanbul	16,35	236.922.086,33	8.073,10	7.588,71
Ankara	22,85	331.111.294,96	11.282,59	10.605,63
Erzurum	30,53	442.399.467,63	15.074,73	14.170,24

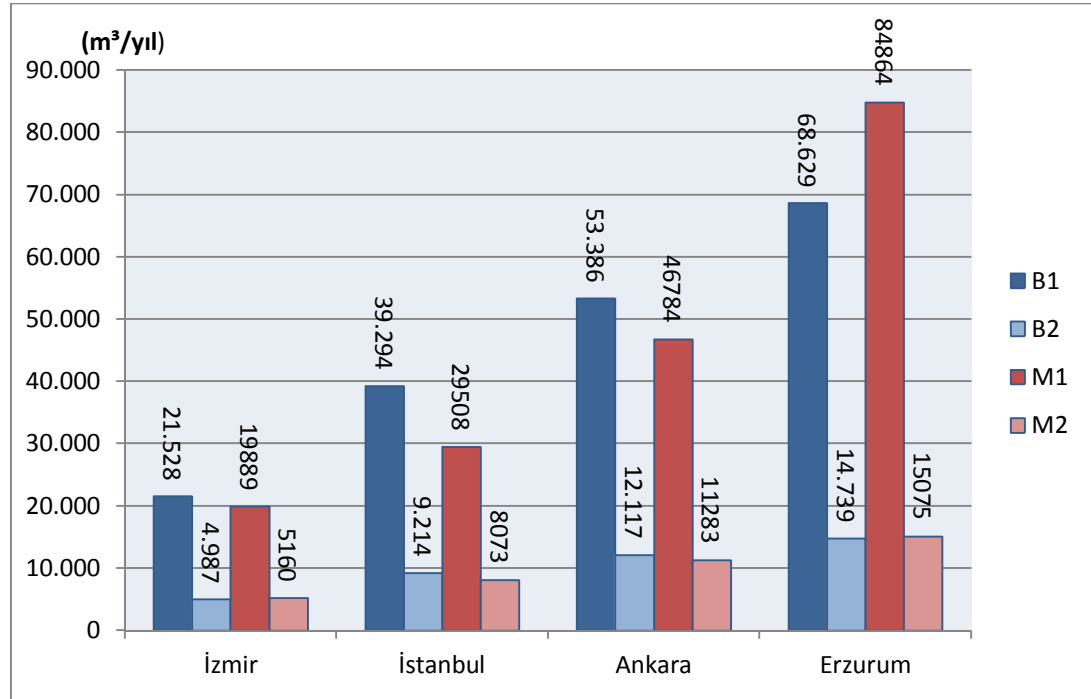
Bölgelere göre ortalama sıcaklık değerleri ile yapılan hesaplamalara göre yıllık yakıt tüketimleri ile Metereoloji Genel Müdürlüğü'nden alınan ortalama sıcaklık değerlerine göre hesaplanan yıllık yakıt tüketimlerinin karşılaştırmalı grafikleri aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 4.12 Taşyünü kullanılarak yalıtılmış binanın yıllık yakıt tüketimleri (Bölgelerin ortalama sıcaklık değerlerine göre B1:yalıtımsız, B2:yalıtlı, Meteorolojiden alınan sıcaklık değerlerine göre M1:yalıtımsız, M2:yalıtlı).



Şekil 4.13 EPS kullanılarak yalıtılmış binanın yıllık yakıt tüketimleri (Bölgelerin ortalama sıcaklık değerlerine göre B1:yalıtımsız, B2:yalıtlımlı, Meteorolojden alınan sıcaklık değerlerine göre M1:yalıtımsız, M2:yalıtlımlı).



Şekil 4.14 XPS kullanılarak yalıtılmış binanın yıllık yakıt tüketimleri (Bölgelerin ortalama sıcaklık değerlerine göre B1:yalıtımsız, B2:yalıtlımlı, Meteorolojden alınan sıcaklık değerlerine göre M1:yalıtımsız, M2:yalıtlımlı).

#### 4.3.4 Geri Ödeme Sürelerinin Tespiti

Geri Ödeme Süresi (GÖS) yöntemi, yatırımın kaçyıl içerisinde gelirlerin giderleri karşılayacağını hesaplayan bir yöntemdir. Bu yöntem yatırımın yıllık net karlarının başlangıçtaki yatırım tutarına eşitleyen süredir.

$$GÖS = \frac{\text{Yatırım Tutarı}}{\text{Yıllık ortalama net karlar}} \quad [25]$$

Yapılan çalışmada geri ödeme süresi (26) no'lu eşitlikteki gibi hesaplanır.

$$GÖS = \frac{\text{Yatırım Tutarı}}{\text{Yalıtımsız yıllık yakıt tutarı} - \text{Yalıtımlı yıllık yakıt tutarı}} \quad [26]$$

Yalıtım maliyeti hesaplanırken yapıştırma harcı, plastik dübel, ısı yalıtım sıvası, boya, su yalıtımı (taban ve tavanda) işçilik gibi maliyetlerde göz önünde bulundurularak hesaplama yapılmıştır. TS 825 standardında verilen bölgelerin ortalama sıcaklık değerlerin alınarak yapılan hesaplamalara göre yatırım maliyeti ve geri ödeme süreleri tablolarda belirtilmiştir.

Tablo 4.29 Taşyünü kullanılarak yalıtılmış binanın bölgelerin ortalama sıcaklık değerlerine göre hesaplanan geri ödeme süreleri

<b>Taşyünü İçin Bölgelerin Ortalama Sıcaklık Değerlerine Göre Hesap Değerleri</b>				
<b>Bölge</b>	<b>Yalıtım maliyeti (TL)</b>	<b>Yalıtımsız yıllık yakıt maliyeti (TL)</b>	<b>Yalıtımlı yıllık yakıt maliyeti (TL)</b>	<b>Geri Ödeme süresi (yıl)</b>
İzmir	115.570,11	20.236,57	4.845,64	7,5
İstanbul	127.167,91	36.936,38	9.036,84	4,6
Ankara	150.774,11	50.182,98	11.390,03	3,9
Erzurum	182.622,87	64.511,03	14.174,88	3,6

Tablo 4.30 EPS kullanılarak yalıtılmış binanın bölgelerin ortalama sıcaklık değerlerine göre hesaplanan geri ödeme süreleri

<b>EPS için Bölgelerin Ortalama Sıcaklık Değerlerine Göre Hesap Değerleri</b>				
<b>Bölge</b>	<b>Yalıtım maliyeti (TL)</b>	<b>Yalıtımsız yıllık Yakıt maliyeti (TL)</b>	<b>Yalıtımlı Yıllık Yakıt maliyeti (TL)</b>	<b>Geri Ödeme süresi (yıl)</b>
İzmir	68.837,63	20.236,57	5.054,50	4,5
İstanbul	73.074,94	36.936,38	9.217,85	2,6
Ankara	85.190,27	50.182,98	10.837,71	2,2
Erzurum	93.539,09	64.511,03	13.566,86	1,8

Tablo 4.31 XPS kullanılarak yalıtılmış binanın bölgelerin ortalama sıcaklık değerlerine göre hesaplanan geri ödeme süreleri

<b>XPS için Bölgelerin Ortalama Sıcaklık Değerlerine Göre Hesap Değerleri</b>				
<b>Bölge</b>	<b>Yalıtım maliyeti (TL)</b>	<b>Yalıtımsız yıllık Yakıt maliyeti (TL)</b>	<b>Yalıtımlı Yıllık Yakıt maliyeti (TL)</b>	<b>Geri Ödeme süresi (yıl)</b>
İzmir	81.377,06	20.236,57	4.687,83	5,2
İstanbul	88.721,36	36.936,38	8.660,88	3,1
Ankara	96.850,97	50.182,98	11.390,03	2,5
Erzurum	113.846,92	64.511,03	13.854,63	2,2

Meterolojiden 1975-2011 yılları arası İzmir, İstanbul, Ankara ve Erzurum için ortalama sıcaklık değerleri alınarak yapılan hesaplamalara göre maliyeti ve geri ödeme süreleri tablolarda belirtilmiştir.

Tablo 4.32 Taşyünü kullanılarak yalıtılmış binanın M.G.M.'den alınan ortalama sıcaklık değerlerine göre hesaplanan geri ödeme süreleri

<b>Taşyünü için Bölgelerin Ortalama Sıcaklık Değerlerine Göre Hesap Değerleri</b>				
<b>Bölge</b>	<b>Yalıtım maliyeti (TL)</b>	<b>Yalıtımsız yıllık Yakıt maliyeti (TL)</b>	<b>Yalıtımlı Yıllık Yakıt maliyeti (TL)</b>	<b>Geri Ödeme süresi (yıl)</b>
İzmir	99.440,44	18.695,62	17.573,88	7,2
İstanbul	92.218,19	27.737,10	26.072,87	4,9
Ankara	127.167,91	43.977,41	41.338,77	3,9
Erzurum	356.359,22	79.772,01	74.985,69	5,4

Tablo 4.33 EPS kullanılarak yalıtılmış binanın M.G.M.'den alınan ortalama sıcaklık değerlerine göre hesaplanan geri ödeme süreleri

<b>EPS için Bölgelerin Ortalama Sıcaklık Değerlerine Göre Hesap Değerleri</b>				
<b>Bölge</b>	<b>Yalıtım maliyeti (TL)</b>	<b>Yalıtımsız yıllık Yakıt maliyeti (TL)</b>	<b>Yalıtımlı Yıllık Yakıt maliyeti (TL)</b>	<b>Geri Ödeme süresi (yıl)</b>
İzmir	68837,63	18695,62	17573,88	5,0
İstanbul	64898,63	27737,10	26072,87	3,5
Ankara	73074,94	43977,41	41338,77	2,2
Erzurum	158407,86	79772,01	74985,69	2,4

Tablo 4.34 XPS kullanılarak yalıtılmış binanın M.G.M.'den alınan ortalama sıcaklık değerlerine göre hesaplanan geri ödeme süreleri

<b>XPS için Bölgelerin Ortalama Sıcaklık Değerlerine Göre Hesap Değerleri</b>				
<b>Bölge</b>	<b>Yalıtım maliyeti (TL)</b>	<b>Yalıtımsız yıllık Yakıt maliyeti (TL)</b>	<b>Yalıtımlı Yıllık Yakıt maliyeti (TL)</b>	<b>Geri Ödeme süresi (yıl)</b>
İzmir	74550,28	18695,62	17573,88	5,4
İstanbul	74550,28	27737,10	26072,87	3,7
Ankara	88721,36	43977,41	41338,77	2,7
Erzurum	213925,06	79772,01	74985,69	3,3

#### 4.4 Ömür Maliyet Analizi

Enerji ve yalıtım maliyetlerinden oluşan toplam maliyetin minimizasyonu için ömür maliyet analizi (life cycle cost), yalıtılmış bir binada, ısıtma ve soğutma maliyeti açısından bina ömrü boyunca elde edilen net kazancın belirlenmesinde çok sık kullanılan bir metottür. Bu metot, hem yalıtım malzemelerinin ve yakıtların fiyatlarını hem de enflasyon ve ilk yatırım maliyetlerindeki değişimlerin etkilerini hesaba katarak optimum yalıtım kalınlığını belirlemekte kullanılır. En uygun yalıtım kalınlığı tespit edilirken, ısıtma yapılan gün sayısı, günlük ısıtma süresi, bu süre esnasında dış ortam hava sıcaklığı, yakıt birim fiyatı, yakıtın ısıl değeri, sistem verimi, ısı yalıtım malzemesinin ısı yalıtım kabiliyeti, ısı yalıtım malzemesinin birim fiyatı, ısı yalıtım malzemesinin kullanım ömrü, enflasyon ve faiz oranları, binanın

yapı bileşenlerinin ısı transfer özellikleri gibi kriterler dikkate alınır. Ülkemizdeki binaların ısıtılmasında kullanılan enerji miktarını sınırlamak, dolayısıyla enerji tasarrufunu artırmak ve enerji ihtiyacının hesaplanması sırasında kullanılacak standart hesap metodunu belirlemek için öncelikle mevcut binaların ısıtma enerji tüketimlerini belirlemek gerekir (İnalı, Uçar, Balo ,2011).

#### 4.4.1 Ömür Maliyet Analizi Hesap Yöntemi

Dış duvarın birim yüzeyinden olan ısı kaybı, (27) no'lu eşitlikle hesaplanır.

$$q=U(T_b-T_o) \quad [27]$$

Burada U duvarın toplam ısı transfer katsayısıdır. DG kavramından yararlanılarak birim yüzey alan için yıllık ısı kaybı ise eşitlik (28) ile bulunabilir.

$$q=86400.DG.U \quad [28]$$

Dış duvarın birim yüzeyinden oluşan ısı kaybı sebebiyle, ısıtma için gerekli yıllık enerji miktarı EA, yıllık ısı kaybının yakma sisteminin verimine bölünmesiyle hesaplanabilir.

$$E_A = \frac{86400.DG.U}{\eta} \quad [29]$$

Yalıtımın da olduğu tipik bir duvar için toplam ısı geçirgenliği, (30) no'lu eşitlikle hesaplanır

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + R_d + \frac{x}{\lambda} + \frac{1}{h_o}} \quad [30]$$

Burada  $h_i$  ve  $h_o$  sırasıyla iç ve dış taraftaki ısı taşınım katsayıları,  $R_d$  yalıtımsız duvarın ısı direnci,  $x$  ve  $\lambda$  sırasıyla yalıtım malzemesinin kalınlığı ve ısı iletim

katsayıdır. Binanın iç ve dış tarafındaki ısı taşınım katsayıları için  $h_i = 8,29 \text{ W/m}^2\text{K}$  ve  $h_o = 34,0 \text{ W/m}^2\text{K}$  değerleri kullanılmıştır (Çengel,1998).

Yalıtımsız duvarın toplam ısıl direnci  $R_{t,d}$  olmak üzere toplam ısı geçirgenliği yeniden düzenlenirse,

$$U = \frac{1}{R_{t,d} + \frac{x}{\lambda}} \quad [31]$$

elde edilir. Bu durumda, ısıtma için gerekli yıllık enerji ihtiyacı eşitlik (32) yardımıyla hesaplanabilir.

$$E_A = \frac{86400 \cdot DG}{(R_{t,d} + \frac{x}{\lambda}) \cdot \eta} \quad [32]$$

Burada  $\eta$  ısıtma sisteminin verimidir.  $H_u$  doğalgazın alt ısıl değeri olmak üzere, tüketilen yıllık yakıt (doğalgaz) miktarı (33) no'lu eşitlikle hesaplanır.

$$m_f = \frac{86400 \cdot DG}{(R_{t,d} + \frac{x}{\lambda}) \cdot H_u \cdot \eta} \quad [33]$$

Yıllık yakıt miktarı bulunduktan sonra bu değerın yakıtın birim fiyatı ( $C_f$ ) ile çarpılması yakıt maliyetini verir. Birim yüzey alan için ısıtmanın yıllık maliyeti eşitlik (34) ile hesaplanabilir.

$$C_A = \frac{86400 \cdot DG \cdot C_f}{(R_{t,d} + \frac{x}{\lambda}) \cdot H_u \cdot \eta} \quad [34]$$

Toplam ısıtma maliyeti hesaplanırken ömür süresi (LT) ve bugünkü değer (PV) birlikte değerlendirilmesi gerekir. PV değeri, gerçek faiz oranına ( $r$ ) ve zamana bağlıdır. Gerçek faiz oranı aşağıda verilen eşitlik (35) ile bulunur.

$$r = \frac{(i-g)}{(1+g)} \quad [35]$$

Burada g enflasyon oranı ve i faiz oranıdır. Bu durumda PV (Mearing T., Coffee N., Morgan M,1998),

$$PV = \frac{(1+r)^{LT}-1}{r(1+r)^{LT}} \quad [36]$$

Burada LT ömür süresidir ve 10 yıl olarak kabul edilmiştir (Bolattürk,2006). Yalıtımın toplam maliyeti ( $C_{t,ylt}$ ) aşağıda verilen denklemlerle bulunur.

$$C_{t,ylt} = C_{ylt} \cdot x \quad [37]$$

Toplam yalıtımlı haldeki ısıtma maliyeti eşitlik (36) ile hesaplanabilir.

$$C_{T,ylt} = \frac{86400 \cdot DG \cdot C_f \cdot PV}{(R_{t,d} + \frac{x}{\lambda}) \cdot H_u \cdot \eta} + C_{t,ylt} \quad [38]$$

Toplam ısıtma maliyetinin, yalıtım kalınlığına (x) göre türevi alınıp sıfıra eşitlenirse optimum yalıtım kalınlığı elde edilir (Kaynaklı Ö., Yamankaradeniz R.,2007).

$$x_{opt} = 293,94 \left( \frac{DG \cdot C_f \cdot \lambda \cdot PV}{H_u \cdot C_{ylt} \cdot \eta} \right)^{1/2} - \lambda \cdot R_{t,d} \quad [39]$$

Yalıtımsız haldeki ısıtma maliyeti (40) nolu denklem ile bulunur.

$$C_t = \frac{86400 \cdot DG \cdot PV \cdot C_f}{R_{t,d} \cdot H_u \cdot \eta} \quad [40]$$

En iyi yalıtım kalınlığında toplam ısıtma maliyeti kazancı, yalıtımlı ile yalıtımsız arasındaki farktan elde edilir (Gölcü , Dombaycı , Abalı,2006).

$$E = C_t - C_{T,ylt} \quad [41]$$

Geri ödeme süresi (42) no'lu eşitlikle hesaplanır.

$$t = \frac{C_1}{E} \quad [42]$$

#### 4.4.2 Ömür Maliyet Analizi İle Yapılan Hesaplar

Çalışmada ele alınan duvar tipinin özelliği, yakıtla ilgili özellikler ve PV analizinde kullanılan bazı finansal ve maliyet parametreler Tablo 4.35'te verilmiştir.

Tablo 4.35 Ömür maliyet analizinde kullanılan parametreler

Parametre	Değer
Duvar ısı iletim katsayısı (W/m <sup>2</sup> K)	0,642
<b>Yakıt tipi Doğalgaz</b>	
Alt ısı değeri (kJ/m <sup>3</sup> )	34526
Yakıt birim fiyatı (TL/m <sup>3</sup> )	0,94
Isıtma Sistemi verimi	0,85
<b>Finansal Parametreler</b>	
Enflasyon Oranı	10,45
Faiz Oranı	17,75
Ömür (yıl)	10
<b>Yalıtım Malzemesi</b>	
<b>Taş Yünü</b>	
Isı iletm katsayısı (W/mK)	0,04
Birim fiyatı (TL/m <sup>3</sup> )	468
<b>EPS</b>	
Isı iletm katsayısı (W/mK)	0,035
Birim fiyatı (TL/m <sup>3</sup> )	162
<b>XPS</b>	
Isı iletm katsayısı (W/mK)	0,03
Birim fiyatı (TL/m <sup>3</sup> )	295

2011 yılı için enflasyon oranı Türkiye İstatistik Kurumundan, yıllık faiz oranı ise Merkez Bankası verilerinden alınmıştır.

$$r = \frac{(0,1775 - 0,1042)}{(1 + 0,1042)} = 0,066$$

$$PV = \frac{(1 + 0,066)^{10} - 1}{0,066(1 + 0,066)^{10}} = 7,15$$

Isıtma gün-dereceleri 1975-2005 yıllarına ait ortalama yıllık değerlerdir. Isıtma gün-derece sayıları İzmir için 1115, İstanbul için 1937, Ankara için 2604 ve Erzurum için 4642'dir (Şensoy ,Sağır , Eken , Ulupınar ,2011).

İzmir için hesap yapıldığında;

Taşıyünü için:

$$x_{opt} = 293,94 \left( \frac{1115 \cdot 0,94 \cdot 0,04 \cdot 7,15}{34526 \cdot 10^3 \cdot 468 \cdot 0,85} \right)^{1/2} - 0,04 \cdot 0,642 = 0,018 \text{ m}$$

$$C_t = \frac{86400 \cdot 1115 \cdot 0,94 \cdot 7,15}{0,642 \cdot 34526 \cdot 10^3 \cdot 0,85} = 34,4 \text{ TL/m}^2$$

$$C_{T,ylt} = \frac{86400 \cdot 1115 \cdot 0,94 \cdot 7,15}{\left(0,642 + \frac{0,018}{0,04}\right) \cdot 34526 \cdot 10^3 \cdot 0,85} + 0,018 \cdot 468 = 28,6 \text{ TL/m}^2$$

$$E = 34,4 - 28,6 = 5,8 \text{ TL/m}^2$$

$$t = \frac{34,4}{5,8} = 5,98 \text{ yıl}$$

EPS için:

$$x_{opt} = 293,94 \left( \frac{1115 \cdot 0,94 \cdot 0,035 \cdot 7,15}{34526 \cdot 10^3 \cdot 162 \cdot 0,85} \right)^{1/2} - 0,035 \cdot 0,642 = 0,047 \text{ m}$$

$$C_t = \frac{86400 \cdot 1115 \cdot 0,94 \cdot 7,15}{0,642 \cdot 34526 \cdot 10^3 \cdot 0,85} = 34,4 \text{ TL/m}^2$$

$$C_{T,ylt} = \frac{86400 \cdot 1115 \cdot 0,94 \cdot 7,15}{\left(0,642 + \frac{0,047}{0,035}\right) \cdot 34526 \cdot 10^3 \cdot 0,85} + 0,047 \cdot 162 = 18,7 \text{ TL/m}^2$$

$$E = 34,4 - 18,7 = 15,7 \text{ TL/m}^2$$

$$t = \frac{34,4}{18,7} = 2,2 \text{ yıl}$$

XPS için:

$$x_{opt} = 293,94 \left( \frac{1115 \cdot 0,94 \cdot 0,03 \cdot 7,15}{34526 \cdot 10^3 \cdot 295 \cdot 0,85} \right)^{1/2} - 0,03 \cdot 0,642 = 0,028 \text{ m}$$

$$C_t = \frac{86400 \cdot 1115 \cdot 0,94 \cdot 7,15}{0,642 \cdot 34526 \cdot 10^3 \cdot 0,85} = 34,4 \text{ TL/m}^2$$

$$C_{T,ylt} = \frac{86400 \cdot 1115 \cdot 0,94 \cdot 7,15}{\left(0,642 + \frac{0,028}{0,03}\right) \cdot 34526 \cdot 10^3 \cdot 0,85} + 0,028 \cdot 295 = 22,3 \text{ TL/m}^2$$

$$E = 34,4 - 22,3 = 12,1 \text{ TL/m}^2$$

$$t = \frac{34,4}{12,1} = 2,84 \text{ yıl}$$

İstanbul için hesap yapıldığında;

Taşünü için:

$$x_{opt} = 293,94 \left( \frac{1937 \cdot 0,94 \cdot 0,04 \cdot 7,15}{34526 \cdot 10^3 \cdot 468 \cdot 0,85} \right)^{1/2} - 0,04 \cdot 0,642 = 0,032 \text{ m}$$

$$C_t = \frac{86400 \cdot 1937 \cdot 0,94 \cdot 7,15}{0,642 \cdot 34526 \cdot 10^3 \cdot 0,85} = 59,7 \text{ TL/m}^2$$

$$C_{T,ylt} = \frac{86400 \cdot 1937 \cdot 0,94 \cdot 7,15}{\left(0,642 + \frac{0,032}{0,04}\right) \cdot 34526 \cdot 10^3 \cdot 0,85} + 0,032 \cdot 468 = 41,6 \text{ TL/m}^2$$

$$E = 59,7 - 41,6 = 18,1 \text{ TL/m}^2$$

$$t = \frac{59,7}{18,1} = 3,3 \text{ yıl}$$

EPS için:

$$x_{opt} = 293,94 \left( \frac{1937 \cdot 0,94 \cdot 0,035 \cdot 7,15}{34526 \cdot 10^3 \cdot 162 \cdot 0,85} \right)^{1/2} - 0,035 \cdot 0,642 = 0,069 \text{ m}$$

$$C_t = \frac{86400 \cdot 1937 \cdot 0,94 \cdot 7,15}{0,642 \cdot 34526 \cdot 10^3 \cdot 0,85} = 59,7 \text{ TL/m}^2$$

$$C_{T,ylt} = \frac{86400 \cdot 1937 \cdot 0,94 \cdot 7,15}{\left(0,642 + \frac{0,069}{0,035}\right) \cdot 34526 \cdot 10^3 \cdot 0,85} + 0,069 \cdot 162 = 25,9 \text{ TL/m}^2$$

$$E = 59,7 - 25,9 = 33,8 \text{ TL/m}^2$$

$$t = \frac{59,7}{33,8} = 1,77 \text{ yıl}$$

XPS için:

$$x_{opt} = 293,94 \left( \frac{1937 \cdot 0,94 \cdot 0,03 \cdot 7,15}{34526 \cdot 10^3 \cdot 295 \cdot 0,85} \right)^{1/2} - 0,03 \cdot 0,642 = 0,043 \text{ m}$$

$$C_t = \frac{86400 \cdot 1937 \cdot 0,94 \cdot 7,15}{0,642 \cdot 34526 \cdot 10^3 \cdot 0,85} = 59,7 \text{ TL/m}^2$$

$$C_{T,ylt} = \frac{86400 \cdot 1937 \cdot 0,94 \cdot 7,15}{\left(0,642 + \frac{0,043}{0,03}\right) \cdot 34526 \cdot 10^3 \cdot 0,85} + 0,043 \cdot 295 = 31,2 \text{ TL/m}^2$$

$$E = 59,7 - 31,2 = 28,5 \text{ TL/m}^2$$

$$t = \frac{59,7}{28,5} = 2,1 \text{ yıl}$$

Ankara için hesap yapıldığında;

Taşıyünü için:

$$x_{opt} = 293,94 \left( \frac{2604 \cdot 0,94 \cdot 0,04 \cdot 7,15}{34526 \cdot 10^3 \cdot 468 \cdot 0,85} \right)^{1/2} - 0,04 \cdot 0,642 = 0,041 \text{ m}$$

$$C_t = \frac{86400 \cdot 2604 \cdot 0,94 \cdot 7,15}{0,642 \cdot 34526 \cdot 10^3 \cdot 0,85} = 80,3 \text{ TL/m}^2$$

$$C_{T,ylt} = \frac{86400 \cdot 2604 \cdot 0,94 \cdot 7,15}{\left(0,642 + \frac{0,041}{0,04}\right) \cdot 34526 \cdot 10^3 \cdot 0,85} + 0,041 \cdot 468 = 50,1 \text{ TL/m}^2$$

$$E = 80,3 - 50,1 = 30,2 \text{ TL/m}^2$$

$$t = \frac{80,3}{30,2} = 2,66 \text{ yıl}$$

EPS için:

$$x_{\text{opt}} = 293,94 \left( \frac{2604 \cdot 0,94 \cdot 0,035 \cdot 7,15}{34526 \cdot 10^3 \cdot 162 \cdot 0,85} \right)^{1/2} - 0,035 \cdot 0,642 = 0,083 \text{ m}$$

$$C_t = \frac{86400 \cdot 2604 \cdot 0,94 \cdot 7,15}{0,642 \cdot 34526 \cdot 10^3 \cdot 0,85} = 80,3 \text{ TL/m}^2$$

$$C_{T,\text{yıl}} = \frac{86400 \cdot 2604 \cdot 0,94 \cdot 7,15}{\left(0,642 + \frac{0,083}{0,035}\right) \cdot 34526 \cdot 10^3 \cdot 0,85} + 0,083 \cdot 162 = 30,6 \text{ TL/m}^2$$

$$E = 80,3 - 30,6 = 49,7 \text{ TL/m}^2$$

$$t = \frac{80,3}{49,7} = 1,62 \text{ yıl}$$

XPS için:

$$x_{\text{opt}} = 293,94 \left( \frac{2604 \cdot 0,94 \cdot 0,03 \cdot 7,15}{34526 \cdot 10^3 \cdot 295 \cdot 0,85} \right)^{1/2} - 0,03 \cdot 0,642 = 0,053 \text{ m}$$

$$C_t = \frac{86400 \cdot 2604 \cdot 0,94 \cdot 7,15}{0,642 \cdot 34526 \cdot 10^3 \cdot 0,85} = 80,3 \text{ TL/m}^2$$

$$C_{T,\text{yıl}} = \frac{86400 \cdot 2604 \cdot 0,94 \cdot 7,15}{\left(0,642 + \frac{0,053}{0,030}\right) \cdot 34526 \cdot 10^3 \cdot 0,85} + 0,053 \cdot 295 = 37,3 \text{ TL/m}^2$$

$$E = 80,3 - 37,3 = 43 \text{ TL/m}^2$$

$$t = \frac{80,3}{43} = 1,87 \text{ yıl}$$

Erzurum için hesap yapıldığında;

Taşıyünü için:

$$x_{\text{opt}} = 293,94 \left( \frac{4642 \cdot 0,94 \cdot 0,04 \cdot 7,15}{34526 \cdot 10^3 \cdot 468 \cdot 0,85} \right)^{1/2} - 0,04 \cdot 0,642 = 0,063 \text{ m}$$

$$C_t = \frac{86400 \cdot 4642 \cdot 0,94 \cdot 7,15}{0,642 \cdot 34526 \cdot 10^3 \cdot 0,85} = 143,1 \text{ TL/m}^2$$

$$C_{T,\text{yıl}} = \frac{86400 \cdot 4642 \cdot 0,94 \cdot 7,15}{\left(0,642 + \frac{0,063}{0,04}\right) \cdot 34526 \cdot 10^3 \cdot 0,85} + 0,063 \cdot 468 = 70,9 \text{ TL/m}^2$$

$$E = 143,1 - 70,9 = 72,2 \text{ TL/m}^2$$

$$t = \frac{143,1}{72,2} = 1,98 \text{ yıl}$$

EPS için:

$$x_{\text{opt}} = 293,94 \left( \frac{4642 \cdot 0,94 \cdot 0,035 \cdot 7,15}{34526 \cdot 10^3 \cdot 162 \cdot 0,85} \right)^{1/2} - 0,035 \cdot 0,642 = 0,118 \text{ m}$$

$$C_t = \frac{86400 \cdot 4642 \cdot 0,94 \cdot 7,15}{0,642 \cdot 34526 \cdot 10^3 \cdot 0,85} = 143,1 \text{ TL/m}^2$$

$$C_{T,\text{yıl}} = \frac{86400 \cdot 4642 \cdot 0,94 \cdot 7,15}{\left(0,642 + \frac{0,118}{0,035}\right) \cdot 34526 \cdot 10^3 \cdot 0,85} + 0,118 \cdot 162 = 42 \text{ TL/m}^2$$

$$E = 143,1 - 42 = 101,1 \text{ TL/m}^2$$

$$t = \frac{143,1}{101,1} = 1,42 \text{ yıl}$$

XPS için:

$$x_{opt} = 293,94 \left( \frac{4642 \cdot 0,94 \cdot 0,03 \cdot 9,34}{34526 \cdot 10^3 \cdot 295 \cdot 0,85} \right)^{1/2} - 0,03 \cdot 0,642 = 0,077 \text{ m}$$

$$C_t = \frac{86400 \cdot 4642 \cdot 0,94 \cdot 7,15}{0,642 \cdot 34526 \cdot 10^3 \cdot 0,85} = 143,1 \text{ TL/m}^2$$

$$C_{T,ylt} = \frac{86400 \cdot 4642 \cdot 0,94 \cdot 7,15}{\left(0,642 + \frac{0,077}{0,03}\right) \cdot 34526 \cdot 10^3 \cdot 0,85} + 0,077 \cdot 295 = 51,4 \text{ TL/m}^2$$

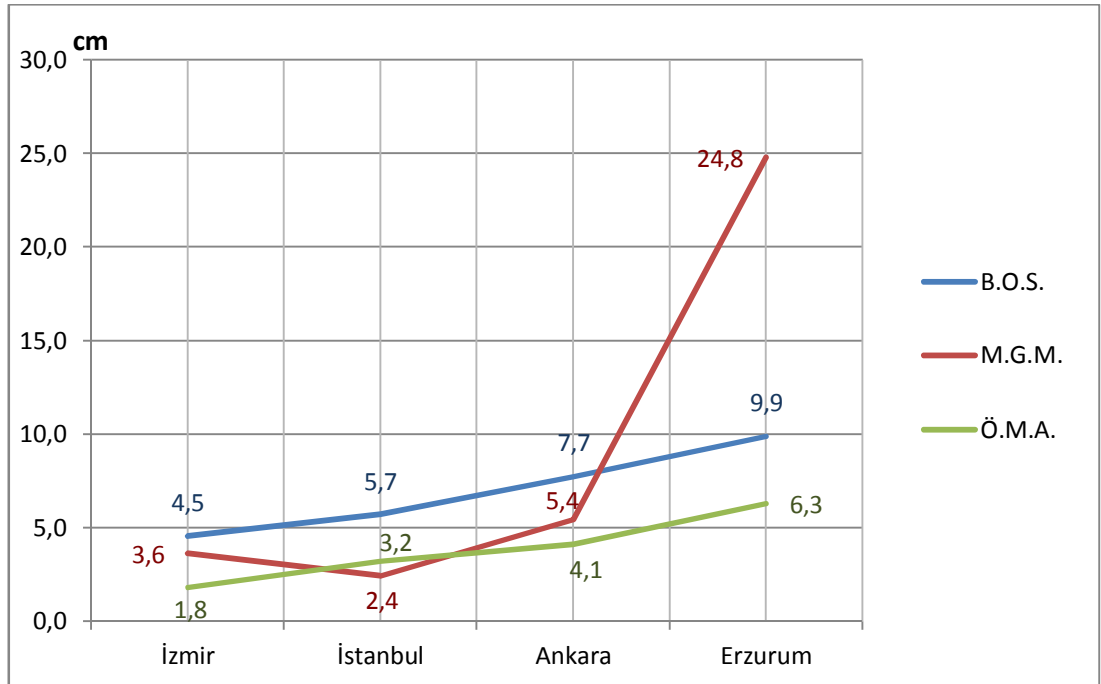
$$E = 143,1 - 51,4 = 91,7 \text{ TL/m}^2$$

$$t = \frac{143,1}{91,7} = 1,56 \text{ yıl}$$

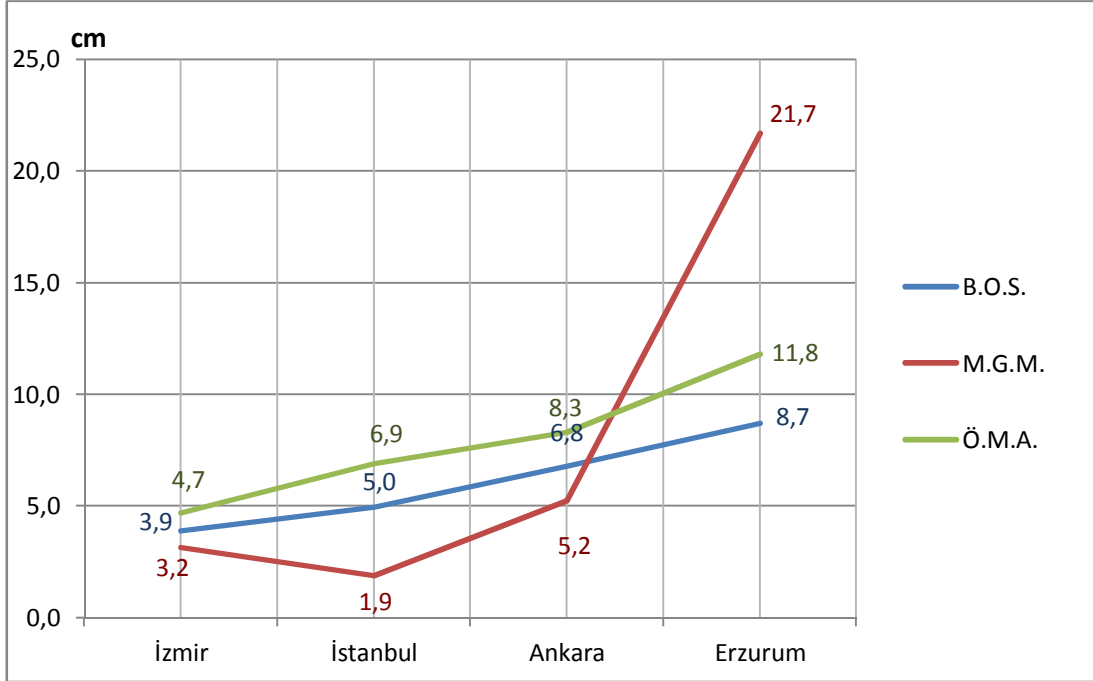
olarak bulunur.

## BÖLÜM BEŞ SONUÇLAR

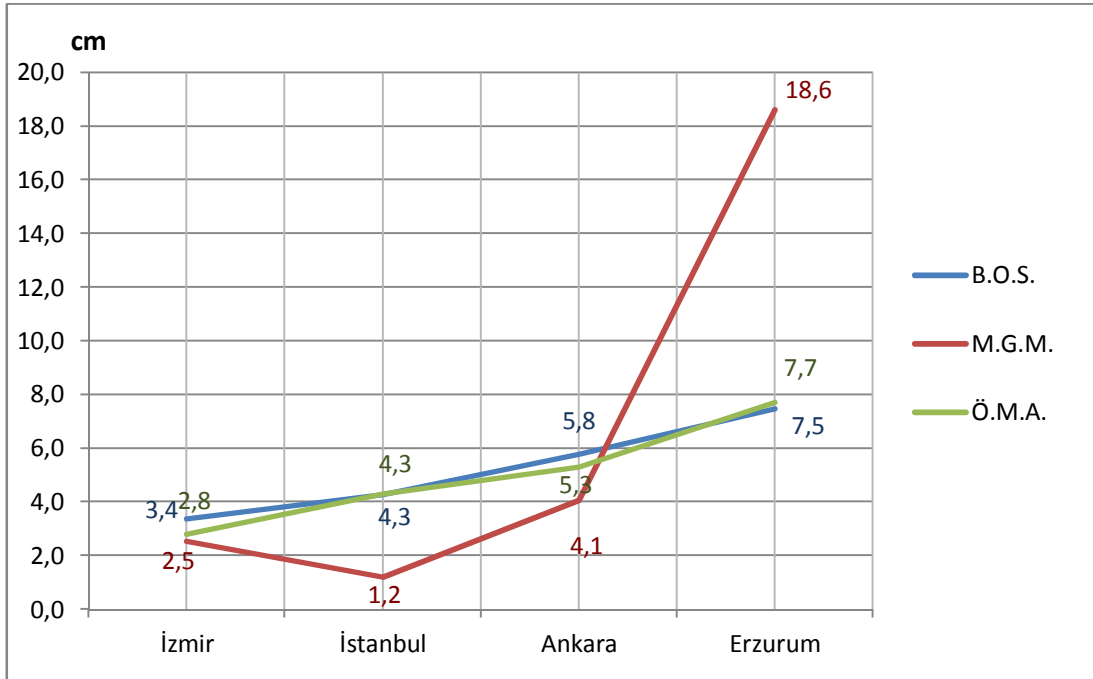
Bu çalışmada, altı katlı yalıtımsız bir konut binası seçilmiş dıştan yalıtım (mantolama) uygulanmıştır. Söz konusu bina Türkiye'nin dört farklı iklim bölgesindeki İzmir, İstanbul, Ankara ve Erzurum şehirleri için taş yünü, EPS ve XPS ısı yalıtım malzemeleri kullanılarak TS 825 Standartı ve Ömür Maliyet Analizi metodları ile incelenmiş ve optimum yalıtım kalınlıkları, enerji tasarrufları ve geri ödeme süreleri hesaplanmıştır. TS825 hesap metodunda ülkemiz dört iklim bölgesine bölünmüş ve bu bölgelere göre ortalama sıcaklıklar tespit edilmiştir. İzmir, İstanbul, Ankara ve Erzurum illeri için bölgelere göre ortalama sıcaklıkları ile beraber Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan 1975-2011 sıcaklık ortalamalarına göre de hesaplamalar yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Isı yalıtım malzemelerine göre ısı yalıtım kalınlıkları, enerji kazançları ve geri ödeme süreleri tablo 5.1'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1 Taşyünü ile yalıtılmış binanın optimum ısı yalıtım kalınlıkları (B.O.S:Bölgelerin ortalama sıcaklık değerlerine göre, M.G.M: Meteorolojiden alınan sıcaklık değerlerine göre, Ö.M.A.: Ömür maliyet analizine göre optimum ısı yalıtımı kalınlıkları).



Şekil 5.2 EPS ile yalıtılmış binanın optimum ısı yalıtım kalınlıkları (B.O.S:Bölgelerin ortalama sıcaklık değerlerine göre, M.G.M: Meteorolojiden alınan sıcaklık değerlerine göre, Ö.M.A.: Ömür maliyet analizine göre optimum ısı yalıtımı kalınlıkları).



Şekil 5.3 XPS ile yalıtılmış binanın optimum ısı yalıtım kalınlıkları (B.O.S:Bölgelerin ortalama sıcaklık değerlerine göre, M.G.M: Meteorolojiden alınan sıcaklık değerlerine göre, Ö.M.A.: Ömür maliyet analizine göre optimum ısı yalıtımı kalınlıkları).

Tablo 5.1 Optimum ısı yalıtım kalınlıkları, enerji tasarruf oranları ve geri ödeme süreleri

Mlz	Şehir	TS825			METEROLOJİ			ÖMÜR MALİYET		
		Isı yalıtım kalınlığı (cm)	Enerji Tas. (%)	Geri Ödeme süresi (yıl)	Isı yalıtım kalınlığı (cm)	Enerji Tas. (%)	Geri Ödeme süresi (yıl)	Isı yalıtım kalınlığı (cm)	Enerji Tas. (%)	Geri Ödeme süresi (yıl)
TAŞYÜNÜ	İzmir	4,5	76,1	7,5	3,6	73,9	7,2	1,8	42,6	6,0
	İstanbul	5,7	75,5	4,6	2,4	68,8	4,8	3,2	55,4	3,3
	Ankara	7,7	77,3	3,9	5,4	74,8	3,9	4,1	61,5	2,7
	Erzurum	9,9	78,0	3,6	24,8	82,1	5,4	6,3	71,0	2,0
EPS	İzmir	3,9	75,0	4,5	3,2	75,6	4,9	4,7	67,8	2,2
	İstanbul	5,0	75,0	2,6	1,9	70,6	3,3	6,9	75,3	1,8
	Ankara	6,8	78,4	2,2	5,2	74,3	2,2	8,3	78,6	1,6
	Erzurum	8,7	79,0	1,8	21,7	82,0	2,4	11,8	84,0	1,4
XPS	İzmir	3,4	76,8	5,2	2,5	74,1	5,4	2,8	59,2	2,8
	İstanbul	4,3	76,6	3,1	1,2	72,6	3,7	4,3	69,0	2,1
	Ankara	5,8	77,3	2,5	4,1	75,9	2,7	5,3	73,0	1,9
	Erzurum	7,5	78,5	2,2	18,6	82,2	3,3	7,7	80,0	1,6

Isı yalıtım malzemesinin çeşidi yalıtım yapılacak yere göre seçilmelidir. Tüm ihtiyaçları aynı anda karşılayacak bir ısı yalıtım malzemesi yoktur. Eğer ortamda ses yalıtımı istenirse taşıyünü en uygun malzemedir. Ayrıca taşıyününün diğer malzemelere göre yanmaz sınıfında olması diğer malzemelere göre üstün özelliklerinden biridir. Ancak geri ödeme sürelerine bakıldığında yalıtım maliyetlerine göre en uygun malzeme EPS, yalıtım kalınlıklarına bakıldığında ise en uygun malzemenin XPS olduğu tespit edilmiştir.

TS 825 hesap yönteminde yer alan ortalama sıcaklıklar ile Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan sıcaklık değerlerine göre hesap yapıldığında İzmir ve Ankara için benzer sonuçlar elde edilmiştir. İstanbul'un gerçek dış sıcaklık değerleri bölge sıcaklık değerlerine göre yüksek olduğundan standarda göre hesap yapıldığında yalıtım kalınlıklarının daha az olduğu tespit edilmiştir. Erzurum'da ise tam tersi bir durum söz konusu olup yalıtım kalınlıklarının daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle ülkemizde, enerji verimliliği ve binaların ısıtma-soğutma hesaplamalarında

bölgenin yanı sıra il bazında tek tek iklim koşulları belirlenmeli ve yerel çözümler sunulmalıdır.

Ömür maliyet analizi metodu, enerjiye bağlı maliyeti temel alan bir metottur. Bu metotta yalıtım kalınlığı, duvar alanının  $m^2$  başına kaybettiği ısı miktarına göre hesaplanmaktadır. Ancak kolon ve kirişlerde meydana gelen ısı kayıpları, enfiltrasyon nedeniyle oluşan ısı kayıpları bunun dışında güneşlenmeden ve iç kaynaklardan (elektrikli aletler, fırın v.b.gibi) oluşan ısı kazançları da metodun eksik yönleridir. Hesaplama yapılırken bu hususlarında dikkate alınması gerekmektedir. Ayrıca ısı yalıtımının  $m^3$  fiyatı esas alınarak maliyet hesabı yapılmaktadır. Uygulamada ise yalıtım uygulanan dış duvarlarda sadece yalıtım malzemesi değil yapıştırıcı, dübel, ısı yalıtım sıvası, boya v.b. gibi malzemeler kullanılarak dış cephede mantolama yapılmaktadır. Yatırım maliyeti kalınlığa bağlı olmakla birlikte diğer malzemelerin maliyetinin de göz önüne alınması gerekmektedir.

Sonuç olarak ülkemizde binalarda enerjinin etkin kullanılması ile yerel kaynakların korunması, ithal enerji talebinin düşürülmesi ve buna bağlı olarak daha az yakıt tüketilmesi ile zararlı emisyonların çevreye olumsuz etkilerinin azaltılması mümkündür. Bugün herkes tarafından kabul edilen bir gerçek ise en ucuz enerjinin, verimli kullanım sonucu tasarruf edilen enerji olduğudur. Boşa harcanan enerji hem çevre kirliliğine hem de enerji kaynaklarının tüketilmesine sebep olmaktadır. Ülkemizin enerji tüketiminde dışa bağımlı olması nedeniyle özellikle enerjinin yoğun olarak tüketildiği konut sektöründe enerjinin verimli kullanılması ve buna bağlı olarak binalara yalıtım uygulanması büyük önem arz etmektedir.

## KAYNAKLAR

- Akıncı, H.(2006). *Isı Yalıtım Malzemeleri Ve Yapılarda Isı Yalıtımı Uygulamaları*, Yüksek Lisans Tezi Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Aksoy, U.T., Aytaç A., (2006). Enerji Tasarrufu İçin Dış Duvarlarda Optimum Yalıtım Kalınlığı Ve Isıtma Maliyeti İlişkisi. *Gazi Üniversitesi. Mühendislik. Mimarlık. Fakültesi. Dergisi. Cilt 21, No 4,Syf: 753-758.*
- Arıkan, S. (2003). *Binalarda Yakıt Tasarrufu Deprem Emniyeti Yangın Emniyeti Ve Yakın İlişkileri*, Ankara.
- Arısoy, A., Çetegen, E., (2003). Binalarda Isı Yalıtımı Ve Isıtma Sisteminin Birlikte Optimizasyonu. *VI. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Ve Sergisi, 8-11 Ekim 2003.*
- Aslan, A., Yüksel B., (2010). Gönen Jeotermal Bölge Isıtma Sistemiyle Isıtılan Farklı Tip Binaların Dış Duvarlarının Optimum Yalıtım Kalınlıklarının Belirlenmesi *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Cilt:12, Sayı:1, Syf: 100-111.*
- Bayer, G. (2006), *Binalarda Uygulanan Isı Yalıtım Sistemler Ve Örnek Bir Projede Isı Yalıtım Maliyet Analizi*, Yüksek Lisans Tezi Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Bolattürk, A.(2006). Determination Of Optimum Insulation Thickness For Building Walls With Respect To Various Fuels And Climate Zones İn Turkey, *Applied Thermal Engineering 26, 1301-1309.*
- Çengel, Y.A.,(1998). *Heat Transfer: A Practical Approach*, Mcgraw-Hill Inc.
- Dağsöz, A.K.(1991). *Yapılarda Isı Yalıtımı Ve Buhar Geçışı*, Emre Matbaacılık, İstanbul.

- Dağsöz, A.K. (2002). *Konutlarda Ekonomik Isınma El Kitabı*, İzocam Tic.San. A.Ş Yayınları, İstanbul.
- Daşdemir, A., Gürel, A. E.,(2011). Türkiye'nin Dört Farklı İklim Bölgesinde Isıtma Ve Soğutma Yükleri İçin Optimum Yalıtım Kalınlıklarının Belirlenmesi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt:27,No:4, Syf: 346-352* .
- Duranay, M., Özel, M., (2005). Farklı Yönlerde Bakan Bina Duvarlarında Duvar Kalınlığı ile Yalıtım Kalınlığı Arasındaki İlişkinin Isıl Yük Seviyesi Açısından İncelenmesi, *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, Sayı: 17, Syf: 181-189*.
- Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi (2007). *2005-2006 Türkiye Enerji Raporu*, Issn 1301-6318.
- Ekinci, E. C.(2003). *Yalıtım Teknikleri*, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul.
- En 13790 Ve Bep-Tr Net Enerji Hesaplama Yöntemi* (b.t.). 9 Mayıs 2012, <http://www.ekomim.com>.
- Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2007). *Enerji Verimliliği Kanunu*.
- Evcil, N., (2000). *Isı İzolasyonu Ve Dış Duvarların Enerji Etkin Yenilenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Gölcü, M., Dombaycı, Ö. A., Abalı S.(2006). Denizli İçin Optimum Yalıtım Kalınlığının Enerji Tasarrufuna Etkisi Ve Sonuçları. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi Cilt 21, No 4, 639-644*.
- Güç, A., (2005) Yapılarda Ekstrüde Polistren Isı Yalıtımı, *İzolasyon Dünyası Dergisi, Sayı:52, Ocak-Şubat 2005, S:30-31*.

İnallı, M., Balo, F., Uçar, A. (2011). Yapıların Dış Duvarlarında Optimum Yalıtım Kalınlığının Üç Farklı Metodla Tespiti, *Tesisat Mühendisliği Dergisi, Eylül- Ekim 2011, Sayı 125* S:5-14.

İzocam Tic. San. A.Ş. (2003). Mineral Yünlerle Yalıtım, *İzocam Diyalog Dergisi, Ekim-Kasım-Aralık 2003, S:2-3.*

İzocam Tic. San. A.Ş.(2002). *Isı-Teknik-Ses-Yangın Yalıtımı*, İzocam Ticaret Ve Sanayi A.Ş. Yayınları, İstanbul.

İzoder (Isı, Ses Ve Su İzolasyoncuları Derneği) (b.t.). *Isı Yalıtımı Teknik Şatnamesi*, İZODER Yayınları (<http://www.izoder.org.tr/Izoder.asp?ID=171&ID2=176>)

İzoder (Isı, Ses Ve Su İzolasyoncuları Derneği) (2003). *T.C. Bayındırlık Ve İskan Bakanlığı Yapı Denetim Kuruluşları Yalıtım Seminerleri.*

Karagöz, N., Şenkal, S. F. (2004). Betonarme Döşemelerde Isı Yalıtım Uygulamaları, *Şantiye Dergisi, Kasım 2004 Sayı: 197, S:52-53.*

Karasu, T., Büyüklü K. (2003). Çatılarda Yalıtımın Önemi Ve Konutlarda Uygulama Örnekleri, *İzolasyon Dünyası Dergisi, Sayı:40, Ocak-Şubat 2003, S:33-39.*

Karlı, S., Güllüce, H., Saraç, H., (b.t). *Konutlarda Yalıtım Kalınlıklarının Artırılmasının Enerji Tasarrufuna Etkisi.* 05. Haziran. 2012. [http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya\\_ekler/7234e739b61d043\\_ek.pdf?tipi=&tur u=&sube=3](http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/7234e739b61d043_ek.pdf?tipi=&tur u=&sube=3)

Kaynaklı, Ö., Karadeniz, R.Y.,(2008). Isıtma Süreci Ve Optimum Yalıtım Kalınlığı Hesabı. *Tesisat Mühendisliği Dergisi, Mart-Nisan 2008, Sayı 104 , S: 22-25.*

Mearing, T., Coffee, N., Morgan, M.,(1999). *Life Cycle Cost Analysis Handbook*, State Of Alaska, Department Of Education & Early Development Education Support Services/Facilities, 1st Ed.

*Nanowen Keçe* (b.t.). 12 Haziran 2012 .<http://www.izobozz.com>

Özcan, K.(2002). *Yapı Bilim Yayınları*, Ankara.

Özer, M.(2006). *Yapılarda Isı-Su Yalıtımları*, Maya Basın Yayın.

Öztuna S., Dereli E., (2009). Edirne İlinde Optimum Duvar Yalıtım Kalınlığının Enerji Tasarrufuna Etkisi, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, Sayı: 10 Syf: 139-147

Şensoy, S., Sağır, R., Eken M., Ulupınar Y.(2011). *Türkiye Uzun Yıllar Isıtma Ve Soğutma Gün Dereceleri* 1. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü.

Şenol, M. A., (2011). Türkiye Enerji Verimliliği Potansiyelinin Değerlendirilmesi, Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2. *Ulusal Enerji Verimliliği Forumu*.

Toydemir, N., Tanaçan, L., Gürdal, E., (2006). *Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme*, Literatür Yayıncılık.

Türkyılmaz, O.,(2012). *Türkiye'nin Enerji Görünümü* - TMMOB Makina Mühendisleri Odası Enerji Çalışma Grubu Başkanı Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi Yönetim Kurulu Üyesi.

Türk Standartları Enstitüsü (2008). *TS825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları*.

Usta S., (2009). *TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” Standardına Göre İkinci Bölgede Bulunan Bir Binanın Yalıtımsız ve Yalıtımlı Durumlarının Enerji*

Verimliliği Bakımından Karşılaştırılması. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*  
*Cilt: 5, No: 1, Syf: 1-24.*

Ünal, S., (2002). *Bina Duvar Isı Yalıtım Sistemleri Ve Ekstrüde Polistren İle TS825'e Uygun Bina Yalıtım Çözümleri Üzerine Bir İnceleme*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Yener, B., (2005). Binalarda-Sanayide Isı İzolasyonu Ve Olumlu Sonuçları, *İzolasyon Dünyası Dergisi*, Sayı:52, Ocak-Şubat 2005, S:50.

## EKLER

## EK A

Taşyünü için Bölgelerin Ortalama Sıcaklık Değerlerine Göre Yalıtımlı Hesap Değerleri (Bodrumu Yalıtımsız)					
TS 825 Standartına uygun değer	11,04	19,94	24,92	30,66	
Yalıtım Kalınlığı (cm)	1.bölge (kWh/m <sup>3</sup> )	2.bölge (kWh/m <sup>3</sup> )	3.bölge (kWh/m <sup>3</sup> )	4.bölge (kWh/m <sup>3</sup> )	Özgül ısı kaybı (W/K)
3	14,39	28,37	39,47	52,33	2.914,70
4	12,87	25,59	35,67	47,51	2.700,70
5	11,81	23,58	33,02	44,11	2.548,80
6	11	22,12	31,1	41,61	2.436,70
8	9,98	20,15	28,37	38,15	2.280,20
10	9,27	18,9	26,59	35,84	2.177,10
12	8,79	17,94	25,34	34,06	2.103,10
14	8,41	17,23	24,42	32,85	2.048,00
16	8,17	16,76	23,7	31,98	2.005,90
18	7,93	16,3	23,11	31,16	1.970,90
20	7,74	15,98	22,66	30,61	1.948,30

EPS için Bölgelerin Ortalama Sıcaklık Değerlerine Göre Yalıtımlı Hesap Değerleri (Bodrumu Yalıtımsız)					
TS 825 Standartına uygun değer	11,04	19,94	24,92	30,66	
Yalıtım Kalınlığı (cm)	1.bölge (kWh/m <sup>3</sup> )	2.bölge (kWh/m <sup>3</sup> )	3.bölge (kWh/m <sup>3</sup> )	4.bölge (kWh/m <sup>3</sup> )	Özgül ısı kaybı (W/K)
3	13,68	26,98	37,64	49,99	2.812,40
4	12,23	24,35	34,06	45,42	2.608,00
5	11,2	22,5	31,54	42,24	2.466,20
6	10,49	21,18	29,74	39,95	2.360,70
8	9,55	19,37	27,26	36,71	2.216,60
10	8,9	18,19	25,65	34,45	2.122,10
12	8,45	17,33	24,55	33,01	2.054,90
14	8,18	16,74	23,7	31,95	2.004,70
16	7,89	16,24	23,04	31,06	1.966,30
18	7,7	15,87	22,52	30,43	1.935,70

<b>XPS için Bölgelerin Ortalama Sıcaklık Değerlerine Göre Yalıtımlı Hesap Değerleri (Bodrumu Yalıtımsız)</b>					
<b>TS 825 Standartına uygun değer</b>	11,04	19,94	24,92	30,66	
<b>Yalıtım Kalınlığı (cm)</b>	<b>1.bölge (kWh/m<sup>3</sup>)</b>	<b>2.bölge (kWh/m<sup>3</sup>)</b>	<b>3.bölge (kWh/m<sup>3</sup>)</b>	<b>4.bölge (kWh/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Özgül ısı kaybı (W/K)</b>
3	12,87	25,59	35,67	47,51	2.700,70
4	11,51	23,04	32,3	43,19	2.507,80
5	10,6	21,37	30,01	40,22	2.376,20
6	9,98	20,15	28,37	38,15	2.280,20
8	9,08	18,51	26,13	35,05	2.149,60
10	8,51	17,46	24,69	33,2	2.064,50
12	8,18	16,74	23,7	31,95	2.004,70
14	7,85	16,2	22,94	30,95	1.960,80
15	7,74	15,98	22,66	30,61	1.943,20

**EK B****Taşıyünü Sonuçları****1. Bölge****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	2.349,30	10,6	24.903	6.445	4.116	10.561	0,42	0,91	39.636.035
ŞUBAT		10,0	23.493		5.298	11.743	0,50	0,86	34.716.211
MART		7,4	17.385		6.725	13.170	0,76	0,73	20.140.929
NİSAN		3,2	7.518		7.746	14.191	1,89	0,41	4.404.482
MAYIS		0,0	0		9.342	15.787	0,00	0,00	0
HAZİRAN		0,0	0		9.909	16.354	0,00	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		9.617	16.062	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		8.810	15.255	0,00	0,00	0
EYLÜL		0,0	0		7.070	13.515	0,00	0,00	0
EKİM		0,5	1.175		5.427	11.872	10,11	0,00	0
KASIM		6,0	14.096		3.934	10.379	0,74	0,74	16.627.680
ARALIK		9,7	22.788		3.571	10.016	0,44	0,90	35.700.679
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})].t(J)$ $1 \text{ kJ} = 0,278 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}$							$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} = 151.226.603$		
Toplam ısı kaybı $Q_{yıl} = 0,278 \times 10^{-3} \times 151.226.603 \text{ (kj)} = 42.041 \text{ kWh}$									
İç ısı Kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)}$									
Güneş enerjisi kazancı $\phi_{g,ay} = \sum r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times l_{i,ay} \times A_i$									
Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$									
Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$									
$A_{toplam} = 2.182,87 \text{ m}^2$									
$V_{brüt} = 4028,4 \text{ m}^3$									
<i>Hesaplama yapılan binadaki birim hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi</i>									
$Q = Q_{yıl} / V_{brüt} = 10,44 \text{ kWh/m}^3$ $A_n = 0,32 \times V_{brüt} = 1.289,09 \text{ m}^2$									
$A_{top} / V_{brüt} = 0,54$ oranı 1. bölge için EK A.2' den alınan $Q' = 14,1 \times A/V + 3,4$ formülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 11,04 \text{ kWh/m}^3$ bulunur.									
<b>Q &lt; Q' (10,44 &lt; 11,04) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değer in altındadır. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.</b>									

## 2. Bölge



### 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			
	$H = H_i + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K, °C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	$\phi_i$ (W)	$\phi_s$ (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)			
OCAK	2.226,30	16,1	35.843	6.445	4.116	10.561	0,29	0,97	66.352.167
ŞUBAT		14,6	32.504		5.298	11.743	0,36	0,94	55.637.747
MART		11,7	26.048		6.725	13.170	0,51	0,86	38.157.117
NISAN		6,2	13.803		7.746	14.191	1,03	0,62	12.971.301
MAYIS		1,0	2.226		9.342	15.787	7,09	0,00	0
HAZİRAN		0,0	0		9.909	16.354	0,00	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		9.617	16.062	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		8.810	15.255	0,00	0,00	0
EYLÜL		0,0	0		7.070	13.515	0,00	0,00	0
EKİM		4,9	10.909		5.427	11.872	1,09	0,60	9.811.679
KASIM		10,5	23.376		3.934	10.379	0,44	0,90	36.377.813
ARALIK		15,2	33.840		3.571	10.016	0,30	0,96	62.788.504
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t(J)$ $1 \text{ kJ} = 0,278 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}$							$Q_{yil} = \sum Q_{ay} = 282.096.818$		
Toplam ısı kaybı $Q_{yil} = 0,278 \times 10^{-3} \times 282.096.818 \text{ (kJ)} = 78.423 \text{ kWh}$									
İç ısı Kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)}$									
Güneş enerjisi kazancı $\phi_{g,ay} = \sum \Gamma_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$									
Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_i - \theta_e)_{ay}$									
Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$									
$A_{toplam} = 2.182,87 \text{ m}^2$									
$V_{brüt} = 4028,4 \text{ m}^3$									
<i>Hesaplama yapılan binadaki birim hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi</i>									
$Q = Q_{yil} / V_{brüt} = 19,47 \text{ kWh/m}^3$ $A_n = 0,32 \times V_{brüt} = 1.289,09 \text{ m}^2$									
$A_{top} / V_{brüt} = 0,54$ oranı 2. bölge için EK A.2' den alınan $Q' = 22,4 \times A/V + 7,8$ formülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 19,94 \text{ kWh/m}^3$ bulunur.									
<b>Q &lt; Q' (19,47 &lt; 19,94) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değer altındadır. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.</b>									

### 3. Bölge



### 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			
	$H = H_i + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K, °C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	$\phi_i$ (W)	$\phi_s$ (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)			
OCAK	2.054,00	19,3	39.642	6.445	4.116	10.561	0,27	0,98	75.924.864
ŞUBAT		18,9	38.821		5.298	11.743	0,30	0,96	71.401.565
MART		14,9	30.605		6.725	13.170	0,43	0,90	48.603.110
NİSAN		8,9	18.281		7.746	14.191	0,78	0,72	20.898.778
MAYIS		4,6	9.448		9.342	15.787	1,67	0,45	6.075.907
HAZİRAN		0,5	1.027		9.909	16.354	15,92	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		9.617	16.062	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		8.810	15.255	0,00	0,00	0
EYLÜL		1,8	3.697		7.070	13.515	3,66	0,00	0
EKİM		7,4	15.200		5.427	11.872	0,78	0,72	17.240.429
KASIM		13,4	27.524		3.934	10.379	0,38	0,93	46.320.854
ARALIK		17,7	36.356		3.571	10.016	0,28	0,97	69.050.621
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})].t(J)$ $1 \text{ kJ} = 0,278 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}$							$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} = 355.516.520$		
Toplam ısı kaybı $Q_{yıl} = 0,278 \times 10^{-3} \times 355.516.520 \text{ (kJ)} = 98.834 \text{ kWh}$									
İç ısı Kazancı		$\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)}$							
Güneş enerjisi kazancı		$\phi_{g,ay} = \sum \Gamma_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$							
Kazanç kayıp oranı		$KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_i - \theta_{e,ay})$							
Kazanç kullanım faktörü		$\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$							
$A_{toplam} = 2.182,87 \text{ m}^2$									
$V_{brüt} = 4028,4 \text{ m}^3$									
<i>Hesaplama yapılan binadaki birim hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi</i>									
$Q = Q_{yıl} / V_{brüt} = 24,54 \text{ kWh/m}^3$ $A_n = 0,32 \times V_{brüt} = 1.289,09 \text{ m}^2$									
$A_{top} / V_{brüt} = 0,54$ oranı 3. bölge için EK A.2' den alınan $Q' = 24,4 \times A/V + 11,7$ formülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 24,92 \text{ kWh/m}^3$ bulunur.									
<b><math>Q &lt; Q'</math> (24,54 &lt; 24,92) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerin altındadır. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.</b>									

#### 4. Bölge



### 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	1.940,10	24,4	47.338	6.445	4.116	10.561	0,22	0,99	95.599.803
ŞUBAT		23,7	45.980		5.298	11.743	0,26	0,98	89.350.828
MART		18,7	36.280		6.725	13.170	0,36	0,94	61.947.945
NİSAN		11,1	21.535		7.746	14.191	0,66	0,78	27.127.380
MAYIS		6,2	12.029		9.342	15.787	1,31	0,53	9.490.141
HAZİRAN		1,7	3.298		9.909	16.354	4,96	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		9.617	16.062	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		8.810	15.255	0,00	0,00	0
EYLÜL		2,5	4.850		7.070	13.515	2,79	0,00	0
EKİM		8,7	16.879		5.427	11.872	0,70	0,76	20.362.156
KASIM		15,9	30.848		3.934	10.379	0,34	0,95	54.398.537
ARALIK		21,8	42.294		3.571	10.016	0,24	0,98	84.183.183

$$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t(J) \quad 1 \text{ kJ} = 0,278 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}$$

$$Q_{yil} = \sum Q_{ay} = 442.460.365$$

$$\text{Toplam ısı kaybı } Q_{yil} = 0,278 \times 10^{-3} \times 442.460.365 \text{ (kJ)} = 123.004 \text{ kWh}$$

$$\text{İç ısı kazancı } \phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)}$$

$$\text{Güneş enerjisi kazancı } \phi_{g,ay} = \sum r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$$

$$\text{Kazanç kayıp oranı } KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_i - \theta_e)_{ay}$$

$$\text{Kazanç kullanım faktörü } \eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$$

$$A_{\text{toplam}} = 2.182,87 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{brüt}} = 4028,4 \text{ m}^3$$

Hesaplama yapılan binadaki birim hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi

$$Q = Q_{yil} / V_{\text{brüt}} = 30,54 \text{ kWh/m}^3 \quad A_n = 0,32 \times V_{\text{brüt}} = 1.289,09 \text{ m}^2$$

$A_{\text{top}} / V_{\text{brüt}} = 0,54$  oranı 4. bölge için EK A.2' den alınan  $Q' = 26,5 \times A/V + 16,3$  formülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı  $Q' = 30,66 \text{ kWh/m}^3$  bulunur.

**Q < Q' (30,54 < 30,66) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değer altındadır. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.**

## EPS Sonuçları

### 1. Bölge



### 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	2.414,20	10,6	25.591	6.445	4.116	10.561	0,41	0,91	41.419.175
ŞUBAT		10,0	24.142		5.298	11.743	0,49	0,87	36.094.118
MART		7,4	17.865		6.725	13.170	0,74	0,74	21.044.396
NISAN		3,2	7.725		7.746	14.191	1,84	0,42	4.574.984
MAYIS		0,0	0		9.342	15.787	0,00	0,00	0
HAZİRAN		0,0	0		9.909	16.354	0,00	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		9.617	16.062	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		8.810	15.255	0,00	0,00	0
EYLÜL		0,0	0		7.070	13.515	0,00	0,00	0
EKİM		0,5	1.207		5.427	11.872	9,84	0,00	0
KASIM		6,0	14.485		3.934	10.379	0,72	0,75	17.367.955
ARALIK		9,7	23.418		3.571	10.016	0,43	0,90	37.332.420
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t(J)$ $1 \text{ kJ} = 0,278 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}$							$Q_{yil} = \sum Q_{ay} = 157.833.637$		
Toplam ısı kaybı $Q_{yil} = 0,278 \times 10^{-3} \times 157.833.637 \text{ (kJ)} = 43.878 \text{ kWh}$									
İç ısı Kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)}$									
Güneş enerjisi kazancı $\phi_{g,ay} = \sum \tau_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$									
Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_i,ay - \theta_e,ay)$									
Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$									
$A_{toplam} = 2.182,87 \text{ m}^2$									
$V_{brüt} = 4028,4 \text{ m}^3$									
<i>Hesaplama yapılan binadaki birim hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi</i>									
$Q = Q_{yil} / V_{brüt} = 10,89 \text{ kWh/m}^3$ $A_n = 0,32 \times V_{brüt} = 1.289,09 \text{ m}^2$									
$A_{top} / V_{brüt} = 0,54$ oranı 1. bölge için EK A.2' den alınan $Q' = 14,1 \times A/V + 3,4$ formülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 11,04 \text{ kWh/m}^3$ bulunur.									
<b><math>Q &lt; Q'</math> (10,89 &lt; 11,04) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerin altındadır. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.</b>									

## 2. Bölge



### 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	2.258,60	16,1	36.363	6.445	4.116	10.561	0,29	0,97	67.700.085
ŞUBAT		14,6	32.976		5.298	11.743	0,36	0,94	56.860.082
MART		11,7	26.426		6.725	13.170	0,50	0,86	39.136.660
NİSAN		6,2	14.003		7.746	14.191	1,01	0,63	13.122.570
MAYIS		1,0	2.259		9.342	15.787	6,99	0,00	0
HAZİRAN		0,0	0		9.909	16.354	0,00	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		9.617	16.062	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		8.810	15.255	0,00	0,00	0
EYLÜL		0,0	0		7.070	13.515	0,00	0,00	0
EKİM		4,9	11.067		5.427	11.872	1,07	0,61	9.914.244
KASIM		10,5	23.715		3.934	10.379	0,44	0,90	37.256.890
ARALIK		15,2	34.331		3.571	10.016	0,29	0,97	63.801.613
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t(J)$ $1 \text{ kJ} = 0,278 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}$							$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} = 287.792.635$		
Toplam ısı kaybı $Q_{yıl} = 0,278 \times 10^{-3} \times 287.792.635 \text{ (kJ)} = 80.006 \text{ kWh}$									
İç ısı Kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)}$									
Güneş enerjisi kazancı $\phi_{g,ay} = \sum r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times l_{i,ay} \times A_i$									
Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_i,ay - \theta_e,ay)$									
Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$									
$A_{toplam} = 2.182,87 \text{ m}^2$									
$V_{brüt} = 4028,4 \text{ m}^3$									
<i>Hesaplama yapılan binadaki birim hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi</i>									
$Q = Q_{yıl} / V_{brüt} = 19,86 \text{ kWh/m}^3$ $A_n = 0,32 \times V_{brüt} = 1.289,09 \text{ m}^2$									
$A_{top} / V_{brüt} = 0,54$ oranı 2. bölge için EK A.2' den alınan $Q' = 22,4 \times A/V + 7,8$ formülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 19,94 \text{ kWh/m}^3$ bulunur.									
<b><math>Q &lt; Q'</math> (19,86 &lt; 19,94) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değer altındadır. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.</b>									

### 3. Bölge



### 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	1.983,80	19,3	38.287	6.445	4.116	10.561	0,28	0,97	72.686.782
ŞUBAT		18,9	37.494		5.298	11.743	0,31	0,96	67.962.551
MART		14,9	29.559		6.725	13.170	0,45	0,89	46.233.297
NİSAN		8,9	17.656		7.746	14.191	0,80	0,71	19.647.153
MAYIS		4,6	9.125		9.342	15.787	1,73	0,44	5.647.916
HAZİRAN		0,5	992		9.909	16.354	16,49	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		9.617	16.062	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		8.810	15.255	0,00	0,00	0
EYLÜL		1,8	3.571		7.070	13.515	3,78	0,00	0
EKİM		7,4	14.680		5.427	11.872	0,81	0,71	16.201.866
KASIM		13,4	26.583		3.934	10.379	0,39	0,92	44.151.661
ARALIK		17,7	35.113		3.571	10.016	0,29	0,97	65.829.957

$$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})].t(J) \quad 1 \text{ kJ} = 0,278 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}$$

$$Q_{yil} = \sum Q_{ay} = 338.361.575$$

$$\text{Toplam ısı kaybı } Q_{yil} = 0,278 \times 10^{-3} \times 338.361.575 \text{ (kJ)} = 94.065 \text{ kWh}$$

$$\text{İç ısı kazancı } \phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)}$$

$$\text{Güneş enerjisi kazancı } \phi_{g,ay} = \sum \tau_{i,ay} \times g_{i,ay} \times l_{i,ay} \times A_i$$

$$\text{Kazanç kayıp oranı } KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$$

$$\text{Kazanç kullanım faktörü } \eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$$

$$A_{\text{toplam}} = 2.182,87 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{brüt}} = 4028,4 \text{ m}^3$$

Hesaplama yapılan binadaki birim hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi

$$Q = Q_{yil} / V_{\text{brüt}} = 23,35 \text{ kWh/m}^3 \quad A_n = 0,32 \times V_{\text{brüt}} = 1.289,09 \text{ m}^2$$

$A_{\text{top}} / V_{\text{brüt}} = 0,54$  oranı 3. bölge için EK A.2' den alınan  $Q' = 24,4 \times A/V + 11,7$  formülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı  $Q' = 24,92 \text{ kWh/m}^3$  bulunur.

**Q < Q' (23,35 < 24,92) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerinkinden altındadır. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.**

#### 4. Bölge



### 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			
	$H = H_i + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	$\phi_i$ (W)	$\phi_s$ (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)			
OCAK	1.879,30	24,4	45.855	6.445	4.116	10.561	0,23	0,99	91.754.519
ŞUBAT		23,7	44.539		5.298	11.743	0,26	0,98	85.615.860
MART		18,7	35.143		6.725	13.170	0,37	0,93	59.342.311
NISAN		11,1	20.860		7.746	14.191	0,68	0,77	25.745.895
MAYIS		6,2	11.652		9.342	15.787	1,35	0,52	8.922.079
HAZİRAN		1,7	3.195		9.909	16.354	5,12	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		9.617	16.062	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		8.810	15.255	0,00	0,00	0
EYLÜL		2,5	4.698		7.070	13.515	2,88	0,00	0
EKİM		8,7	16.350		5.427	11.872	0,73	0,75	19.299.021
KASIM		15,9	29.881		3.934	10.379	0,35	0,94	52.161.849
ARALIK		21,8	40.969		3.571	10.016	0,24	0,98	80.747.643
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t(J)$ $1 \text{ kJ} = 0,278 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}$							$Q_{yil} = \sum Q_{ay} = 423.589.568$		
Toplam ısı kaybı $Q_{yil} = 0,278 \times 10^{-3} \times 423.589.568 \text{ (kj)} = 117.758 \text{ kWh}$									
İç ısı Kazancı		$\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)}$							
Güneş enerjisi kazancı		$\phi_{g,ay} = \sum r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times l_{i,ay} \times A_i$							
Kazanç kayıp oranı		$KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$							
Kazanç kullanım faktörü		$\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$							
$A_{toplam} = 2.182,87 \text{ m}^2$									
$V_{brüt} = 4028,4 \text{ m}^3$									
<i>Hesaplama yapılan binadaki birim hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi</i>									
$Q = Q_{yil} / V_{brüt} = 29,23 \text{ kWh/m}^3$		$A_n = 0,32 \times V_{brüt} = 1.289,09 \text{ m}^2$							
$A_{top} / V_{brüt} = 0,54$ oranı 4. bölge için EK A.2' den alınan $Q' = 26,5 \times A/V + 16,3$ formülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 30,66 \text{ kWh/m}^3$ bulunur.									
<b><math>Q &lt; Q'</math> (29,23 &lt; 30,66) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerin altındadır. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.</b>									

## XPS Sonuçları

### 1. Bölge



### 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	2.304,40	10,6	24.427	6.445	4.116	10.561	0,43	0,90	38.676.113
ŞUBAT		10,0	23.044		5.298	11.743	0,51	0,86	33.552.403
MART		7,4	17.053		6.725	13.170	0,77	0,73	19.279.711
NİSAN		3,2	7.374		7.746	14.191	1,92	0,41	4.032.063
MAYIS		0,0	0		9.342	15.787	0,00	0,00	0
HAZİRAN		0,0	0		9.909	16.354	0,00	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		9.617	16.062	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		8.810	15.255	0,00	0,00	0
EYLÜL		0,0	0		7.070	13.515	0,00	0,00	0
EKİM		0,5	1.152		5.427	11.872	10,30	0,00	0
KASIM		6,0	13.826		3.934	10.379	0,75	0,74	15.929.395
ARALIK		9,7	22.353		3.571	10.016	0,45	0,89	34.831.503

$$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t \text{ (J)} \quad 1 \text{ kJ} = 0,278 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}$$

$$Q_{yil} = \sum Q_{ay} = 146.301.777$$

$$\text{Toplam ısı kaybı } Q_{yil} = 0,278 \times 10^{-3} \times 146.301.777 \text{ (kJ)} = 40.672 \text{ kWh}$$

$$\text{İç ısı Kazancı } \phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)}$$

$$\text{Güneş enerjisi kazancı } \phi_{g,ay} = \sum g_{i,ay} \times g_{i,ay} \times l_{i,ay} \times A_i$$

$$\text{Kazanç kayıp oranı } KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$$

$$\text{Kazanç kullanım faktörü } \eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$$

$$A_{\text{toplam}} = 2.182,87 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{brüt}} = 4028,4 \text{ m}^3$$

Hesaplama yapılan binadaki birim hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi

$$Q = Q_{yil} / V_{\text{brüt}} = 10,10 \text{ kWh/m}^3 \quad A_n = 0,32 \times V_{\text{brüt}} = 1.289,09 \text{ m}^2$$

$A_{\text{top}} / V_{\text{brüt}} = 0,54$  oranı 1. bölge için EK A.2' den alınan  $Q' = 14,1 \times A/V + 3,4$  formülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı  $Q' = 11,04 \text{ kWh/m}^3$  bulunur.

**Q < Q' (10,10 < 11,04) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerin altındadır. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.**

## 2. Bölge



### 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	2.159,80	16,1	34.773	6.445	4.116	10.561	0,30	0,96	63.850.758
ŞUBAT		14,6	31.533		5.298	11.743	0,37	0,93	53.425.475
MART		11,7	25.270		6.725	13.170	0,52	0,85	36.481.778
NISAN		6,2	13.391		7.746	14.191	1,06	0,61	12.270.424
MAYIS		1,0	2.160		9.342	15.787	7,31	0,00	0
HAZİRAN		0,0	0		9.909	16.354	0,00	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		9.617	16.062	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		8.810	15.255	0,00	0,00	0
EYLÜL		0,0	0		7.070	13.515	0,00	0,00	0
EKİM		4,9	10.583		5.427	11.872	1,12	0,59	9.275.005
KASIM		10,5	22.678		3.934	10.379	0,46	0,89	34.836.998
ARALIK		15,2	32.829		3.571	10.016	0,31	0,96	60.168.511
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t(J)$ $1 \text{ kJ} = 0,278 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}$							$Q_{yil} = \sum Q_{ay} = 270.309.439$		
Toplam ısı kaybı $Q_{yil} = 0,278 \times 10^{-3} \times 270.309.439 \text{ (kJ)} = 75.146 \text{ kWh}$									
İç ısı Kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)}$									
Güneş enerjisi kazancı $\phi_{g,ay} = \sum r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$									
Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_i - \theta_e)_{ay}$									
Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$									
$A_{toplam} = 2.182,87 \text{ m}^2$									
$V_{brüt} = 4028,4 \text{ m}^3$									
<i>Hesaplama yapılan binadaki birim hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi</i>									
$Q = Q_{yil} / V_{brüt} = 18,66 \text{ kWh/m}^3$ $A_n = 0,32 \times V_{brüt} = 1.289,09 \text{ m}^2$									
$A_{top} / V_{brüt} = 0,54$ oranı 2. bölge için EK A.2' den alınan $Q' = 22,4 \times A/V + 7,8$ formülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 19,94 \text{ kWh/m}^3$ bulunur.									
<b><math>Q &lt; Q'</math> (18,66 &lt; 19,94) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerinkindedir. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.</b>									

### 3. Bölge



### 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	2.054,00	19,3	39.642	6.445	4.116	10.561	0,27	0,98	75.924.864
ŞUBAT		18,9	38.821		5.298	11.743	0,30	0,96	71.401.565
MART		14,9	30.605		6.725	13.170	0,43	0,90	48.603.110
NİSAN		8,9	18.281		7.746	14.191	0,78	0,72	20.898.778
MAYIS		4,6	9.448		9.342	15.787	1,67	0,45	6.075.907
HAZİRAN		0,5	1.027		9.909	16.354	15,92	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		9.617	16.062	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		8.810	15.255	0,00	0,00	0
EYLÜL		1,8	3.697		7.070	13.515	3,66	0,00	0
EKİM		7,4	15.200		5.427	11.872	0,78	0,72	17.240.429
KASIM		13,4	27.524		3.934	10.379	0,38	0,93	46.320.854
ARALIK		17,7	36.356		3.571	10.016	0,28	0,97	69.050.621
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t(J)$ $1 \text{ kJ} = 0,278 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}$							$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} = 355.516.520$		
Toplam ısı kaybı $Q_{yıl} = 0,278 \times 10^{-3} \times 355.516.520 \text{ (kJ)} = 98.834 \text{ kWh}$									
İç ısı Kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)}$									
Güneş enerjisi kazancı $\phi_{g,ay} = \sum r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times l_{i,ay} \times A_i$									
Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$									
Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$									
$A_{toplam} = 2.182,87 \text{ m}^2$									
$V_{brüt} = 4028,4 \text{ m}^3$									
<i>Hesaplama yapılan binadaki birim hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi</i>									
$Q = Q_{yıl} / V_{brüt} = 24,54 \text{ kWh/m}^3$ $A_n = 0,32 \times V_{brüt} = 1.289,09 \text{ m}^2$									
$A_{top} / V_{brüt} = 0,54$ oranı 3. bölge için EK A.2' den alınan $Q' = 24,4 \times A/V + 11,7$ formülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 24,92 \text{ kWh/m}^3$ bulunur.									
<b><math>Q &lt; Q'</math> (24,54 &lt; 24,92) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değer altındadır. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.</b>									

#### 4. Bölge



### 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	1.909,70	24,4	46.597	6.445	4.116	10.561	0,23	0,99	93.677.161
ŞUBAT		23,7	45.260		5.298	11.743	0,26	0,98	87.483.344
MART		18,7	35.711		6.725	13.170	0,37	0,93	60.815.811
NİSAN		11,1	21.198		7.746	14.191	0,67	0,78	26.252.735
MAYIS		6,2	11.840		9.342	15.787	1,33	0,53	9.001.601
HAZİRAN		1,7	3.246		9.909	16.354	5,04	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		9.617	16.062	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		8.810	15.255	0,00	0,00	0
EYLÜL		2,5	4.774		7.070	13.515	2,83	0,00	0
EKİM		8,7	16.614		5.427	11.872	0,71	0,76	19.676.624
KASIM		15,9	30.364		3.934	10.379	0,34	0,95	53.145.668
ARALIK		21,8	41.631		3.571	10.016	0,24	0,98	82.465.413

$$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t \cdot (J) \quad 1 \text{ kJ} = 0,278 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}$$

$$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} = 432.518.749$$

$$\text{Toplam ısı kaybı } Q_{yıl} = 0,278 \times 10^{-3} \times 432.518.749 \text{ (kJ)} = 120.240 \text{ kWh}$$

$$\text{İç ısı Kazancı } \phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)}$$

$$\text{Güneş enerjisi kazancı } \phi_{g,ay} = \sum r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times l_{i,ay} \times A_i$$

$$\text{Kazanç kayıp oranı } KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$$

$$\text{Kazanç kullanım faktörü } \eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$$

$$A_{\text{toplam}} = 2.182,87 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{brüt}} = 4028,4 \text{ m}^3$$

Hesaplama yapılan binadaki birim hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi

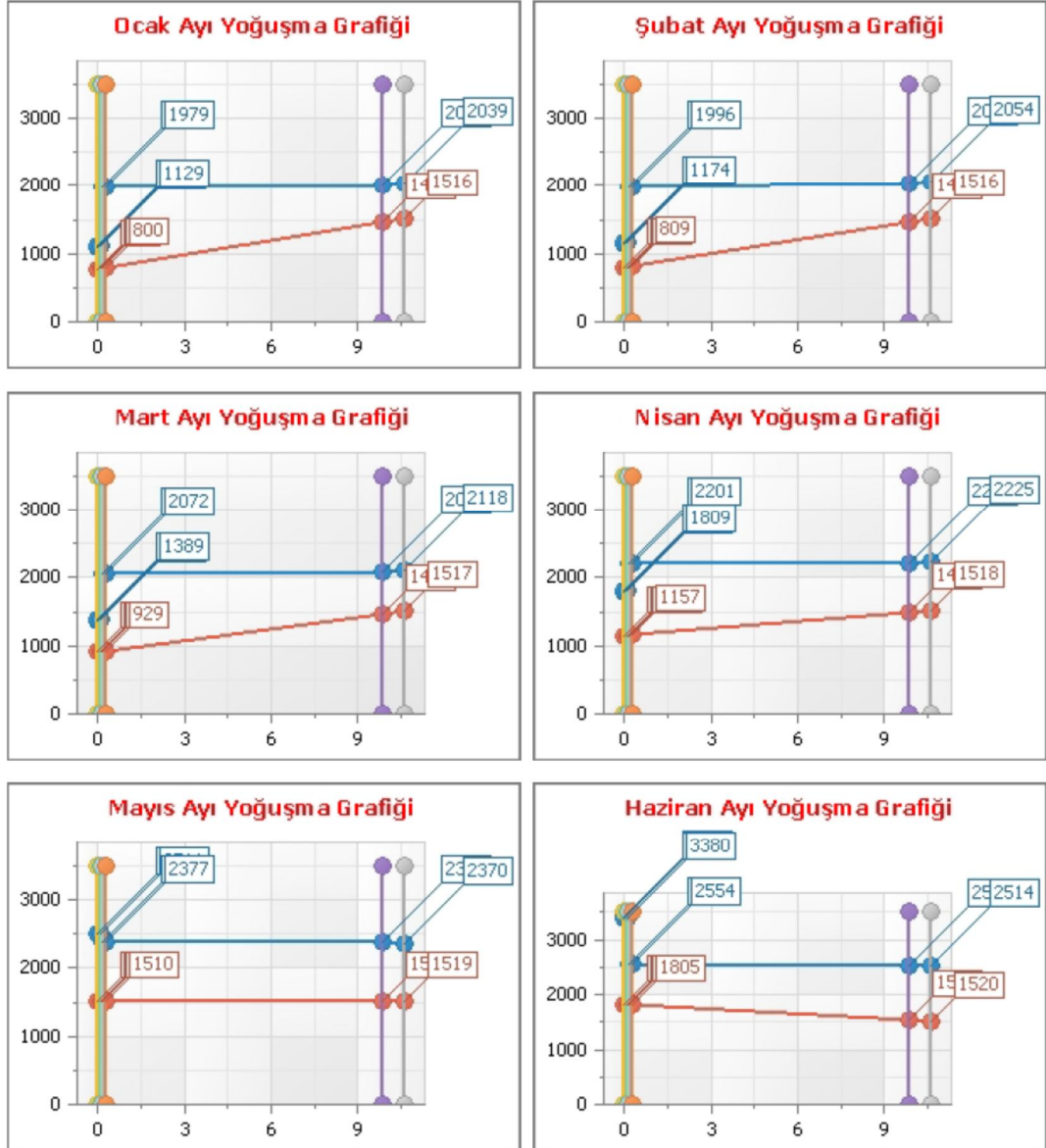
$$Q = Q_{yıl} / V_{\text{brüt}} = 29,85 \text{ kWh/m}^3 \quad A_n = 0,32 \times V_{\text{brüt}} = 1.289,09 \text{ m}^2$$

$A_{\text{top}} / V_{\text{brüt}} = 0,54$  oranı 4. bölge için EK A.2' den alınan  $Q' = 26,5 \times A/V + 16,3$  formülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı  $Q' = 30,66 \text{ kWh/m}^3$  bulunur.

**Q < Q' (29,85 < 30,66) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değer in altındadır. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.**

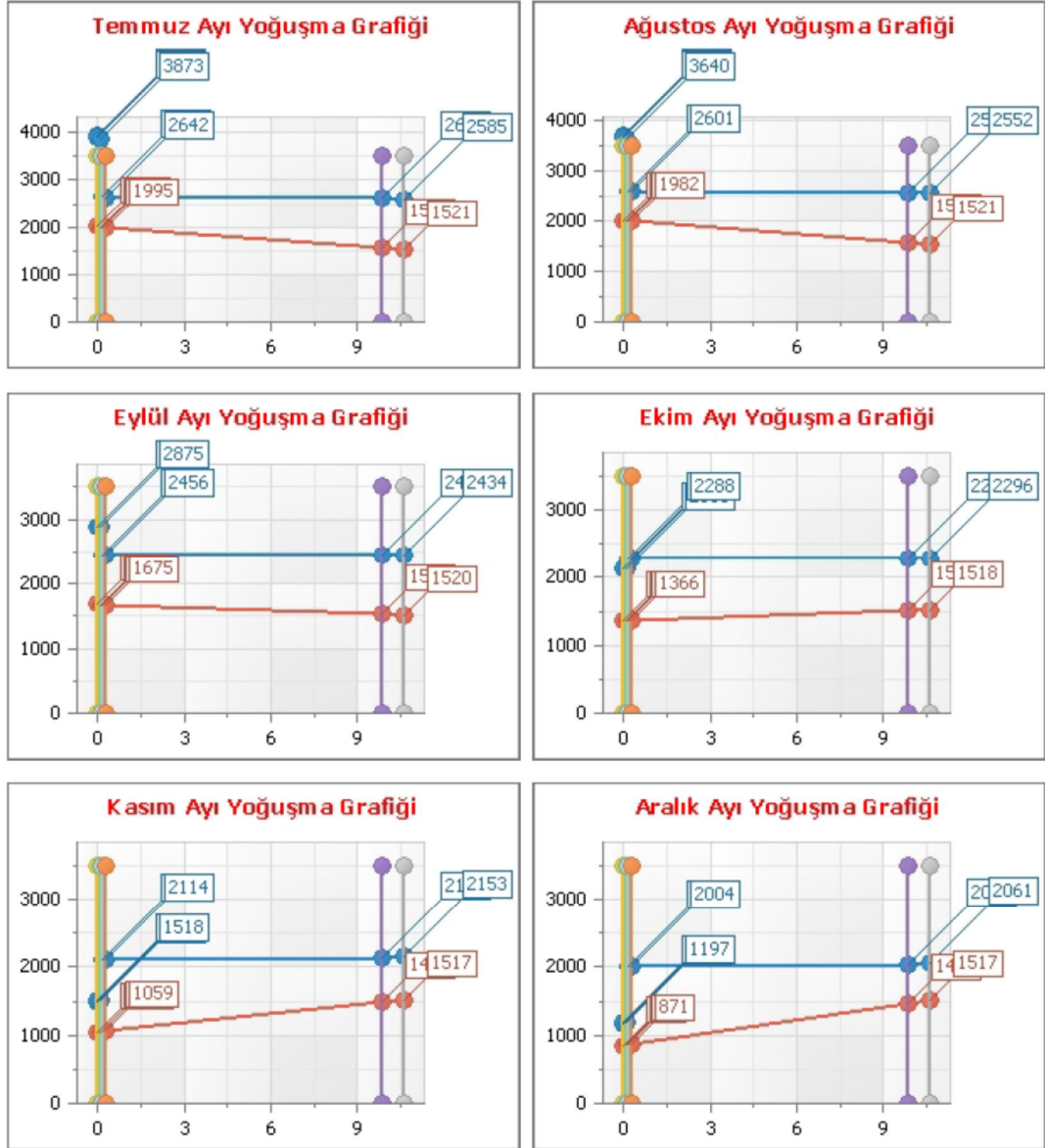
**EK C****5 cm Taşyünü****Yoğuşma Grafik ve Malzeme Sd Bilgileri**

**Sonuç** : Yapı Bileşeninde yoğuşma meydana gelmemiştir. Standarta uygundur.



## Yoğuşma Grafik ve Malzeme Sd Bilgileri

**Sonuç** : Yapı Bileşeninde yoğuşma meydana gelmemiştir. Standarta uygundur.



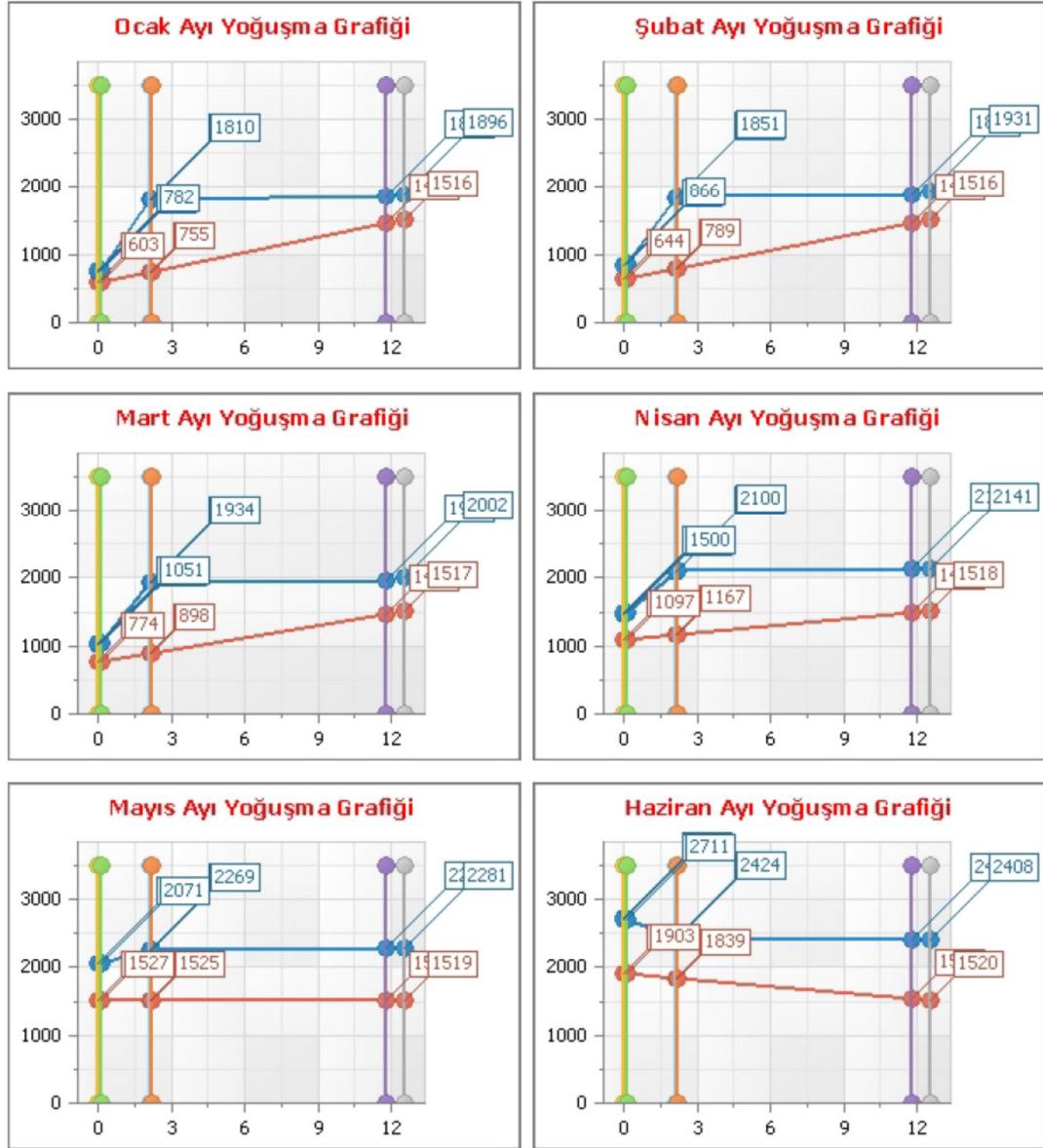
## Yoğuşma Grafik ve Malzeme Sd Bilgileri

**Sonuç** : Yapı Bileşeninde yoğuşma meydana gelmemiştir. Standarta uygundur.

- |                     |   |
|---------------------|---|
| 1.) 0 - 0,12        | 4.8.2 Anorganik esaslı hafif agregalardan yapılmış sıva harçları  |
| 2.) 0,12 - 0,18     | 10.5.2 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri (Cam yünü, Taş yünü vb.) TS 901 EN 13162 10) e uygun ısı iletkenlik grupları 040 |
| 3.) 0,18 - 0,255    | 4.1 Kireç harcı, kireç-çimento harcı  |
| 4.) 0,255 - 9,855   | 5.1.1 Donatılı  |
| 5.) 9,855 - 10,605  | 4.6 Çimento harçlı şap  |
| 6.) 10,605 - 10,645 | 9.1.4 Halı vb. Kaplamalar   |

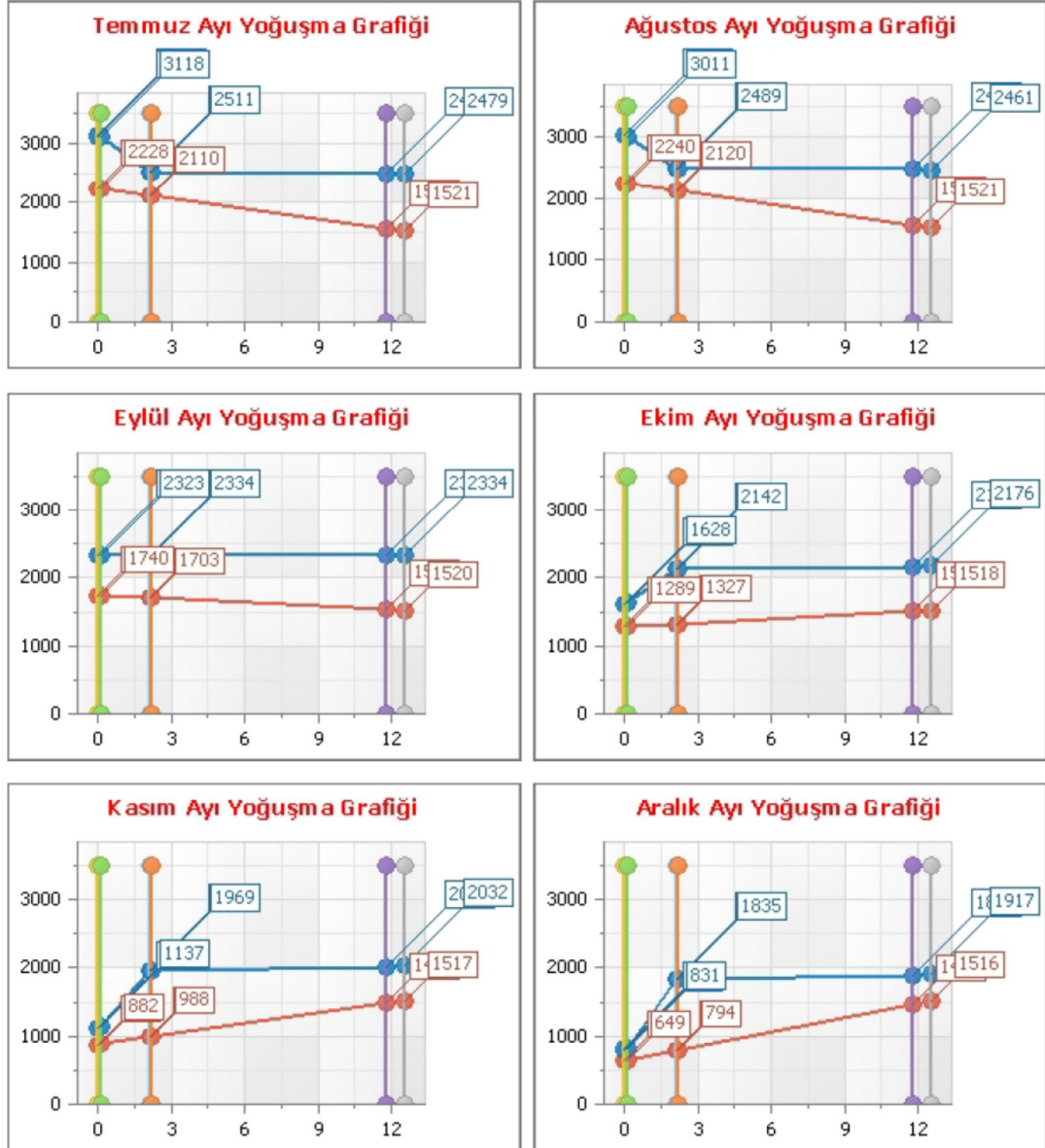
**5 cm EPS****Yoğuşma Grafik ve Malzeme Sd Bilgileri**

**Sonuç** : Yapı Bileşeninde yoğuşma meydana gelmemiştir. Standarta uygundur.



## Yoğuşma Grafik ve Malzeme Sd Bilgileri

**Sonuç** : Yapı Bileşeninde yoğuşma meydana gelmemiştir. Standarta uygundur.



## Yoğuşma Grafik ve Malzeme Sd Bilgileri

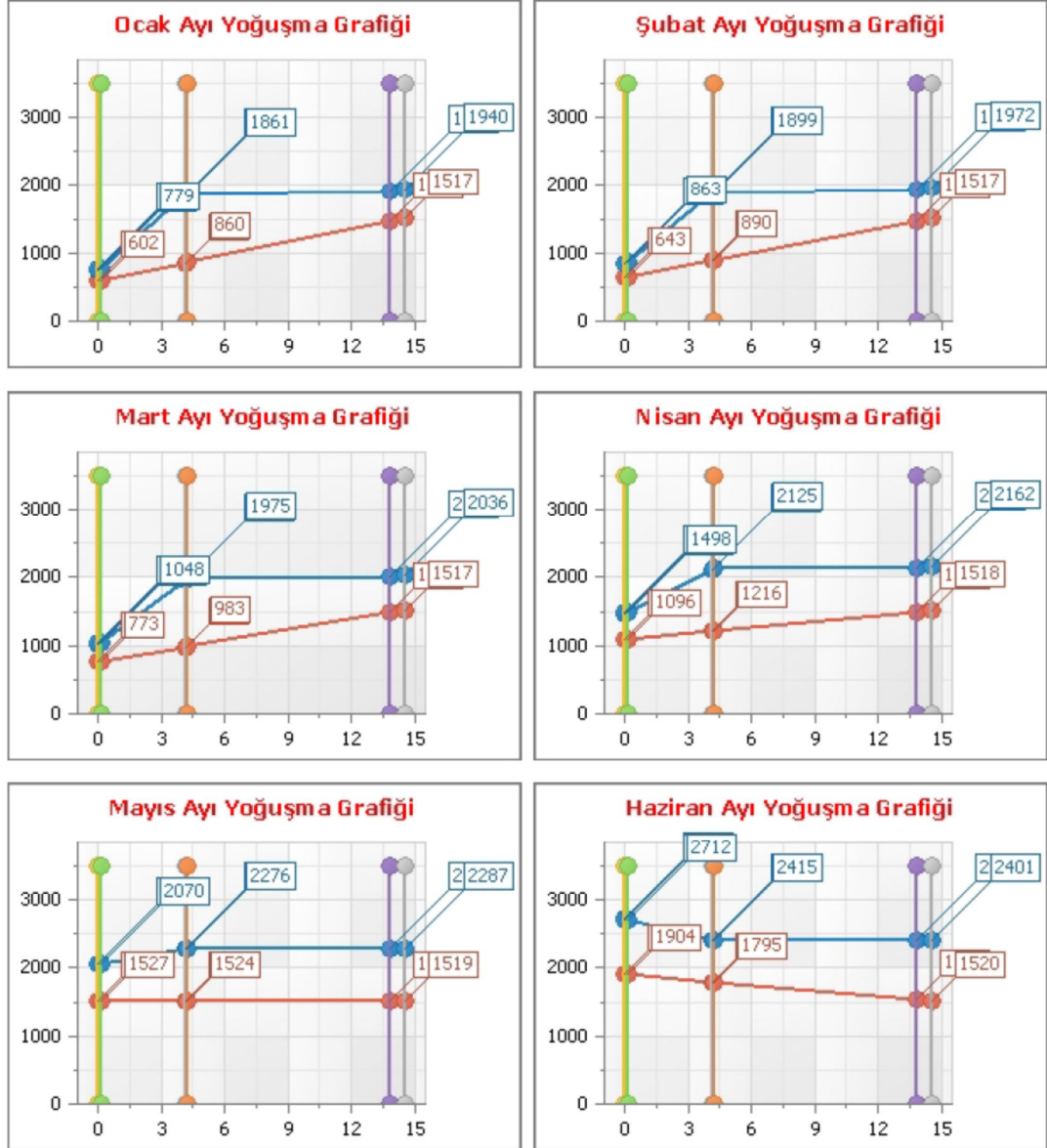
**Sonuç** : Yapı Bileşeninde yoğuşma meydana gelmemiştir. Standarta uygundur.

- |                     |  |
|---------------------|--|
| 1.) 0 - 0,12        | 4.8.2 Anorganik esaslı hafif agregalardan yapılmış siva harçları                               |
| 2.) 0,12 - 2,12     | 10.3.1.1.3 Polistiren - Partiküler Köpük - TS 7316 EN 13163e uygun Isı iletkenlik grupları 035 |
| 3.) 2,12 - 2,195    | 4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı  |
| 4.) 2,195 - 11,795  | 5.1.1 Donatılı   |
| 5.) 11,795 - 12,545 | 4.6 Çimento harçlı şap   |
| 6.) 12,545 - 12,585 | 9.1.4 Halı vb. Kaplamalar  |

## 5 cm XPS

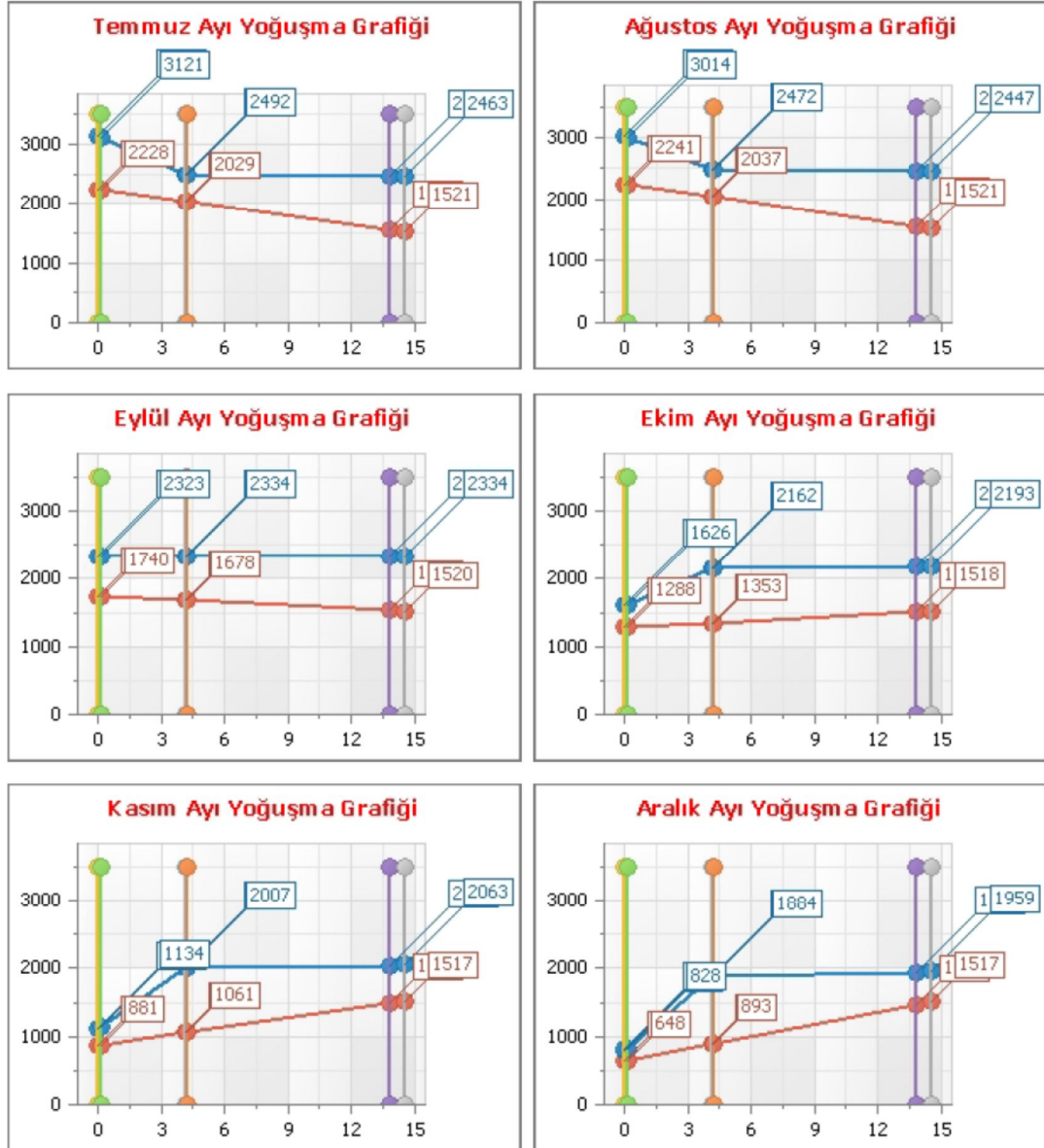
### Yoğuşma Grafik ve Malzeme Sd Bilgileri

**Sonuç** : Yapı Bileşeninde yoğuşma meydana gelmemiştir. Standarta uygundur.



## Yoğuşma Grafik ve Malzeme Sd Bilgileri

**Sonuç** : Yapı Bileşeninde yoğuşma meydana gelmemiştir. Standarta uygundur.



## Yoğuşma Grafik ve Malzeme Sd Bilgileri

**Sonuç** : Yapı Bileşeninde yoğuşma meydana gelmemiştir. Standarta uygundur.

- |                     |   |
|---------------------|---|
| 1.) 0 - 0,12        | 4.8.2 Anorganik esaslı hafif agregalardan yapılmış sıva harçları                            |
| 2.) 0,12 - 4,12     | 10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS 11989 EN 13164e uygun ısı iletkenlik grupları 030 |
| 3.) 4,12 - 4,195    | 4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı   |
| 4.) 4,195 - 13,795  | 5.1.1 Donatılı  |
| 5.) 13,795 - 14,545 | 4.6 Çimento harçlı şap  |
| 6.) 14,545 - 14,585 | 9.1.4 Halı vb. Kaplamalar   |