

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİNALARDA UYGULANAN ISI YALITIM
SİSTEMLERİ VE ÖRNEK BİR PROJEDE ISI
YALITIM MALİYET ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Gülşen BAYER

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : YAPI MALZEMESİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Kemalettin YILMAZ

Nisan 2006

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİNALARDA UYGULANAN ISI YALITIM SİSTEMLERİ
VE ÖRNEK BİR PROJEDE ISI YALITIM MALİYET
ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Gülşen BAYER

**Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : YAPI MALZEMESİ**

Bu tez 17/04/ 2006 tarihinde aşağıda jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

**Prof. Dr. Kemalettin YILMAZ Prof. Dr. Ahmet APAY Doç. Dr. Mansur SÜMER
Jüri Başkanı Jüri Üyesi Jüri Üyesi**

TEŞEKKÜR

Yapmıő olduğum bu yüksek lisans çalıőmasında yardımlarını, ilgi ve desteğini sonuna kadar gösteren saygıdeğer hocam Prof. Dr. Kemalettin Yılmaz'a, ilkokuldan yüksek lisans eğitimim sonuna kadar bana emeiği geçen, beni yetiőtiren tüm hocalarıma, tezimin yazılması, düzenlenmesi ve basımında emeiği bulunan tüm dostlarıma, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen canım annem, babam ve ablama teşekkür ediyorum.

Gülşen BAYER

Nisan 2006

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	x
ÖZET.....	xiii
SUMMARY.....	xiv
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	
ISI YALITIMI.....	3
2.1. Isı ve Sıcaklık Tanımı.....	3
2.2. Isı Transferlerinin Esasları.....	4
2.3. Isı Yalıtımı, Önemi ve Faydaları.....	4
BÖLÜM 3.	
ISI YALITIM MALZEMELERİ.....	7
3.1. Isı Yalıtım Malzemelerinin Tanımı.....	7
3.2. Isı Yalıtım Malzemelerinde Aranılan Özellikler.....	7
3.3. Isı Yalıtım Malzemeleri.....	9
3.3.1. Cam yünü.....	9
3.3.2. Taş yünü.....	10
3.3.3. Ekstrüde polistren köpük (XPS).....	10
3.3.4. Ekspande polistren köpük (EPS).....	12

3.3.5. Odun talaşı levhalar.....	12
3.3.6. Fenol köpüğü.....	13
3.3.7. Mantar levhalar.....	13
3.3.8. Poliüretan.....	14
3.3.9. Cam köpüğü.....	16
3.4. Dıştan Isı Yalıtımında Kullanılan Isı Yalıtım Malzemelerinin Teknik Özelliklerinin Karşılaştırılması.....	16
BÖLÜM 4.	
ISI YALITIM UYGULAMALARI.....	20
4.1. Duvarlarda Isı Yalıtım Uygulamaları.....	20
4.1.1. Dıştan ısı yalıtımı.....	20
4.1.2. İçten ısı yalıtımı.....	23
4.1.3. Ortadan ısı yalıtımı.....	25
4.1.4. Isı köprülerinin dıştan ısı yalıtımı.....	26
4.1.5. Toprak altı dış duvarlarda ısı yalıtımı.....	27
4.2. Döşemelerde Isı Yalıtım Uygulamaları.....	29
4.2.1. Zemine oturan döşemelerde ısı yalıtımı.....	29
4.2.2. Ara kat döşemelerde ısı yalıtımı.....	31
4.2.3. Açık geçit üzeri döşemelerde ısı yalıtımı.....	32
4.3. Çatılarda Isı Yalıtım Uygulamaları.....	32
4.3.1. Kıрма çatılarda ısı yalıtımı.....	32
4.3.2. Teras çatılarda ısı yalıtımı.....	35
4.3.2.1. Geleneksel teras çatılarda ısı yalıtımı.....	35
4.3.2.2. Ters teras çatılarda ısı yalıtımı.....	37
BÖLÜM 5.	
ÖRNEK KONUT PROJESİNİN ISI YALITIM ÇÖZÜMLERİ VE MALİYET ANALİZLERİ.....	39
5.1. Örnek Projenin Yalıtım Yapılmadan Özgül Isı Kaybı ve Yıllık Enerji İhtiyacı İhtiyacının Hesaplanması.....	40
5.2. Örnek Projenin Isı Yalıtım Çözümleri.....	42
5.2.1. Ekspande polistren ile duvarlarda dıştan ısı yalıtım sistemi	

ve sistem maliyeti.....	43
5.2.2.Ekstrüde polistren ile duvarlarda dıştan ısı yalıtım sistemi ve sistem maliyeti.....	46
5.2.3.Taş yünü ile duvarlarda dıştan ısı yalıtım sistemi ve sistem maliyeti.....	48
5.2.4 Duvarlar gazbeton, kolon ve kirişler dıştan ısı yalıtım sistemi ve sistem maliyeti.....	49
5.3. Isı Yalıtım Sistemlerinin Maliyet Analizleri.....	52
BÖLÜM 6.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	56
KAYNAKLAR.....	60
EKLER.....	62
ÖZGEÇMİŞ.....	90

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

A	: Isı kaybeden yüzey alanı (m^2)
λ	: Isı iletkenlik katsayısı (W/mK)
μ	: Su buharı direnç faktörü
q	: Isı akısı, birim alandan geçen ısı (W/m^2)
Q	: İletimle geçen ısı (W)
H	: Binanın özgül ısı kaybı (W/K)
T_i, T_d	: Aylık ortalama iç/dış sıcaklık
$\phi_{i,ay}$: Aylık ortalama iç ısı kazancı (W)
$\phi_{g,ay}$: Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı (W)
η_{ay}	: Kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörü
Q_{ay}	: Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı (Joule)
$Q_{yıl}$: Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (Joule)
U	: Isıl geçirgenlik katsayısı (W/m^2K)
S_d	: Su buharı difüzyonu eş değer hava tabakası kalınlığı (m)
d/λ	: Yüzeysel ısı iletim direnci
$1/\alpha_i$: İç yüzey ısı iletim direnci (m^2K/W)
$1/\alpha_d$: Dış yüzey ısı iletim direnci (m^2K/W)
t_1, t_2	: Yapı elemanları yüzey sıcaklıkları
α_i, α_d	: İç dış yüzey ısı taşınım katsayısı (W/m^2K)
P_s	: T sıcaklığındaki, doymuş su buharı basıncı (Pa)
P_d	: Yapı bileşeninin dış yüzeyiyle temas halinde olan havanın su buharı kısmi basıncı (Pa)
P_i	: Yapı bileşeninin oda içindeki yüzeyiyle temas halinde olan havanın su buharı kısmi basıncı (Pa)
P_{sw}	: Doymuş su buharı basıncı (Pa)
t_T	: Yoğuşma dönemi periyodu (h)
t_v	: Buharlaştırma dönemi periyodu (h)
W_T	: Yoğuşma suyunun kütlesi (kg/m^2)

W_v : Buharlaşma suyunun kütlesi (kg/m²)

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 4.1. Duvarlarda dıştan ısı yalıtım uygulaması.....	23
Şekil 4.2. Duvarlarda içten ısı yalıtım uygulaması.....	24
Şekil 4.3. Isı köprülerinin dıştan ısı yalıtım uygulaması.....	27
Şekil 4.4. Toprak altı dış duvarlarda ısı yalıtım uygulaması.....	28
Şekil 4.5. Toprağa oturan döşemelerde ısı yalıtım uygulaması.....	30
Şekil 4.6. Ara kat döşemelerde ısı yalıtım uygulaması.....	31
Şekil 4.7. Tavan arası döşeme üzerinde yapılan ısı yalıtım uygulaması.....	34
Şekil 4.8. Üzerinde gezilen teras çatılarda ısı yalıtım uygulaması.....	36
Şekil 4.9. Üzerinde gezilmeyen teras çatılarda ısı yalıtım uygulaması.....	37
Şekil 4.10. Üzerinde gezilen ters teras çatılarda ısı yalıtım uygulaması.....	38
Şekil 4.11. Üzerinde gezilemeyen ters teras çatılarda ısı yalıtım uygulaması.....	38
Şekil A.1. Örnek proje bodrum kat planı.....	62
Şekil A.2. Örnek proje ön cephe görünüşü.....	63
Şekil A.3. Örnek proje B-B kesiti.....	64
Şekil A.4. Yalıtımsız binanın betonarme kesiti yoğuşma ve buharlaşma grafiği.....	67
Şekil A.5. Yalıtımsız binanın dolgu duvar kesiti yoğuşma ve buharlaşma grafiği.....	68
Şekil A.6. Yalıtımsız binanın çatı kesiti yoğuşma ve buharlaşma grafiği.....	69
Şekil A.7. Ekspande polistren ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın betonarme kesiti, yoğuşma ve buharlaşma grafiği.....	72
Şekil A.8. Ekspande polistren ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın dolgu duvar kesiti, yoğuşma ve buharlaşma grafiği.....	73
Şekil A.9. Ekspande polistren ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın çatı kesiti, yoğuşma ve buharlaşma grafiği.....	74
Şekil A.10. Ekstrüde polistren ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın betonarme kesiti yoğuşma ve buharlaşma grafiği.....	77
Şekil A.11. Ekstrüde polistren ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın dolgu	

duvar kesiti yoğuşma ve buharlaşma grafiği.....	78
şekil A.12.ekstrüde polistren ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın çatı kesiti yoğuşma ve buharlaşma grafiği.....	79
şekil A.13.Taş yünü ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın betonarme kesiti yoğuşma ve buharlaşma grafiği.....	82
şekil A.14. Taş yünü ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın dolgu duvar kesiti yoğuşma ve buharlaşma grafiği.....	83
şekil A.15.Taş yünü ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın çatı kesiti yoğuşma ve buharlaşma grafiği.....	84
şekil A.16.Dolgu duvar gazbeton, kolon kirişler ekspande polistren ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın betonarme kesiti yoğuşma ve buharlaşma grafiği.....	87
şekil A.17. Dolgu duvar gazbeton, kolon kirişler ekspande polistren ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın dolgu duvar kesiti yoğuşma ve buharlaşma grafiği.....	88
şekil A.18. Dolgu duvar gazbeton, kolon kirişler ekspande polistren ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın çatı kesiti yoğuşma ve buharlaşma grafiği.....	89

TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1.	Isı yalıtım malzemelerinin teknik özellikleri.....	15
Tablo 4.1.	Tek ve çok katlı yapılarda ısı kayıp yerleri ve oranları.....	20
Tablo 5.1.	Örnek konut projesinin ısı kaybeden alanları	40
Tablo 5.2.	Örnek konut projesinde uygulanan ısı yalıtım sistemlerinde kullanılan ısı yalıtım malzemeleri	43
Tablo 5.3.	Ekspande polistren ile oluşturulan dıştan ısı yalıtımı sistem maliyeti.....	44
Tablo 5.4.	Ekstrüde polistren ile oluşturulan dıştan ısı yalıtımı sistem maliyeti.....	46
Tablo 5.5	Taş yünü ile oluşturulan dıştan ısı yalıtımı sistem maliyeti.....	48
Tablo 5.6.	Dolgu duvarlar gazbeton, kolon ve kirişler ekspande polistren ile oluşturulan dıştan ısı yalıtımı sistem maliyeti...	51
Tablo 5.7.	Örnek projede uygulanan ısı yalıtımı sistemlerinin analiz tablosu.....	54
Tablo A.1.	Yalıtımsız binanın özgül ısı kaybı hesabı.....	65
Tablo A.2	Yalıtımsız binanın yıllık ısıtma enerjisi hesabı.....	66
Tablo A.3.	Yalıtımsız binanın betonarme kesiti yoğuşma çizelgesi.....	67
Tablo A.4.	Yalıtımsız binanın dolgu duvar kesiti yoğuşma çizelgesi.....	68
Tablo A.5.	Yalıtımsız binanın çatı arası yoğuşma çizelgesi.....	69
Tablo A.6.	Ekspande polistren ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın özgül ısı kaybı hesabı.....	70
Tablo A.7.	Ekspande polistren ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın yıllık ısıtma enerji ihtiyacı.....	71
Tablo A.8.	Ekspande polistren ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın betonarme kesiti yoğuşma çizelgesi.....	72
Tablo A.9.	Ekspande polistren ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan	

binanın dolgu duvar kesiti yoğuşma çizelgesi.....	73
Tablo A.10. Ekspande polistren ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın çatı kesiti yoğuşma çizelgesi.....	74
Tablo A.11 . Ekstrüde polistren ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın özgül ısı kaybı hesabı.....	75
Tablo A.12. Ekstrüde polistren ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın yıllık ısıtma enerji ihtiyacı.....	76
Tablo A.13. Ekstrüde polistren ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın betonarme kesiti yoğuşma çizelgesi.....	77
Tablo A.14. Ekstrüde polistren ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın dolgu duvar kesiti yoğuşma çizelgesi.....	78
Tablo A.15. Ekstrüde polistren ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın çatı kesiti yoğuşma çizelgesi.....	79
Tablo A.16. Taş yünü ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın özgül ısı kaybı hesabı.....	80
Tablo A.17. Taş yünü ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın yıllık ısıtma enerji ihtiyacı.....	81
Tablo A.18. Taş yünü ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın dolgu betonarme kesiti yoğuşma çizelgesi.....	82
Tablo A.29. Taş yünü ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın dolgu duvar kesiti yoğuşma çizelgesi.....	83
Tablo A.20. Taş yünü ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın çatı kesiti yoğuşma çizelgesi.....	84
Tablo A.21. Dolgu duvar gazbeton, kolon kirişler ekspande polistren ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın özgül ısı kaybı hesabı.....	85
Tablo A.22. Dolgu duvar gazbeton, kolon kirişler ekspande polistren ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın yıllık ısıtma enerji ihtiyacı.....	86
Tablo A.23. Dolgu duvar gazbeton, kolon kirişler ekspande polistren ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın betonarme yoğuşma çizelgesi.....	87
Tablo A.24. Dolgu duvar gazbeton, kolon kirişler ekspande polistren	88

ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın dolgu duvar kesiti yoğuşma izelgesi.....	
Tablo A.25. Dolgu duvar gazbeton, kolon kirişler ekspande polistren ile dıştan ısı yalıtımı uygulanmış binanın çatı kesiti yoğuşma izelgesi.....	89

ÖZET

Anahtar kelimeler: Isı yalıtımı, ısı kayıpları, enerji, ısı yalıtım malzemeleri

Günümüzde sanayinin gelişmesi ile önüne geçilemez, kontrolsüz bir enerji tüketimi başlamıştır. Doğal kaynaklarımızın hızla tükenmesi, çevre kirliliği ile ekolojik dengenin bozulmaya başlaması ve enerji üretiminin yüksek maliyeti bizi enerji tasarrufu konusunda çok daha duyarlı olmaya itmektedir. Ülkemizdeki enerjinin büyük bölümü sanayide ve konutlarda tüketilmekte, konutlarda tüketilen enerjinin büyük bir kısmı da ısınma için kullanılmaktadır. Enerji korunumunda ısı yalıtımı, etkin ve ekonomik önlemlerin başında gelmektedir.

Bu çalışmanın giriş bölümünde konu hakkında kısa bilgi verilmiş, çalışmanın kapsamı açıklanmıştır.

İkinci bölümde, ısı ve ısı transferi ile ilgili temel bilgiler verilmiş, ısı yalıtımı ve yapılarda ısı yalıtımı uygulanmasının önemi üzerinde durulmuştur.

Üçüncü bölümde, ısı yalıtım malzemeleri ile ilgili tanımlamalar yapılmış, ısı yalıtımında sıklıkla kullanılan malzemeler ve bu malzemelerde istenilen özellikler detaylı olarak anlatılmış, duvar yalıtımında kullanılan ısı yalıtım malzemelerinin teknik özellikleri karşılaştırılmıştır.

Dördüncü bölümde, yapılarda en büyük ısı kayıplarının gerçekleştiği duvar, çatı ve döşeme kısımlarında uygulanan ısı yalıtım teknikleri ve uygulamada kullanılan malzemeler anlatılmıştır.

Beşinci bölümde ise, TS 825 Isı Yalıtım Kuralları esas alınarak örnek bir bina için öncelikle ısı yalıtımsız olarak, daha sonra alternatif ısı yalıtım malzemeleri kullanılarak oluşturulan ısı yalıtım sistemleri ile örnek binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ve özgül ısı kaybı hesapları yapılmış, uygulanan sistemlerin maliyet analizleri yapılmıştır.

Altıncı bölümde, tez çalışmasından elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş, ısı yalıtım sistemleri ile ilgili öneriler getirilmiştir.

SYSTEMS OF INSULATE THERMAL ON BUILDINGS AND OWNING COST ANALYSIS OF INSULATE THERMAL WITH A MODEL PROJECT

SUMMARY

Key words: The thermal insulation, the lost of thermal, energy, materials that are used for thermal insulation

Nowadays, by the development of industry, there has begun an energy consumption that is impossible to stop and out of control. Rapidly melting of natural springs, beginning the breaking down of ecological balance by the dirtiness of environment and the high costs of energy production invited us to be much sensitive about the saving of energy. In our country, the most rating of energy are using up by the industry and the buildings, and in the buildings, most rating of energy are using up for thermal heating. The thermal insulation is the most important and economical precaution about energy saving.

In the first part of this study, a short knowledge for the subject and the contents of the study are presented. And the second part gives us some basic knowledges about thermal heat and the thermal transfer, also depends on the importance of thermal insulation and the application of it on the buildings.

In the third part of the study, the description of materials that are used for thermal insulation, especially the technical properties of these materials when they are used on walls in the buildings are explained.

Fourth part of the study tells about the techniques of thermal insulation on the walls, roofs and the upholsteries which the loss of thermal most occurs.

In the fifth part, for an experimental building, the thermal energy for a year and the thermal loss account have been calculated by the Rules of TS 825, between two conditions on this building, that in one of these, has been used materials for thermal insulation, and the other one has not been used any materials for thermal insulation. After that, the analyses of costing of the systems that applied on the experimental building are made.

And in the last part of this study, the results are utilized the offers for the thermal insulation are explained.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Dünyadaki nüfus artışı, gelişen sanayileşme ve kentleşme, enerji tüketimini hızla artıran etkenlerdir. Ülkemizde enerji tüketimi, gelişmiş ülkelere göre oldukça fazladır. Enerjinin verimli kullanılmaması, bir yandan enerji israfına ve ithalata, diğer yandan da çevre kirliliğine yol açmaktadır. Ticaret ve sanayi yapılarında olduğu gibi konutlarda da en etkin enerji tasarrufu, kolay uygulanabilir olan ısı yalıtımının kullanımıyla sağlanabilmektedir. Enerji korunumunda yalıtım, etkin ve ekonomik önlemlerin başında gelmektedir.

İçinde yaşam faaliyetlerimizi sürdürdüğümüz konutlar, endüstri ve ulaşımdan sonra enerji tüketiminin en büyük oranda gerçekleştiği alanlardır. Konutlarda tüketilen enerji arazinin yapısı, iklimsel özelliklerine göre değişmektedir. Soğuk bölgelerdeki en büyük enerji tüketimi ısınma amacı ile yapılmaktadır. Isınma için kullanılan fosil atıklar, yanma sonucu çıkardığı zehirli duman gazları ile küresel ısınmayı arttırırken aynı zamanda beraberinde çevre kirliliğini de getirmektedir.

Konutlarda ısı yalıtımı yapılması ile enerji tasarrufu, ekonomiklik, güvenlik ve sağlık konularındaki iyileşmeler ile birlikte çevresel problemlerde de azalma olacaktır.

Konutlarda uygulanan ısı yalıtım sistemlerinin performansları, yalıtımda kullanılan malzeme seçimi ve uygulama sistemi ile doğrudan ilgilidir. Ülkemizde, alınan önlemler doğrultusunda ilk olarak, ısı yalıtımının standartlara uygun yapılabilmesi, verim alınabilmesi için TS 825 Isı Yalıtım Standartları revize edilmiştir. Standardın amacı, binaların ısıtılmasında enerji tasarrufu sağlamak, enerji ihtiyacının hesap metodunu belirlemek, enerji verimli konfor şartları yüksek binalar yapmaktır. Yapı malzeme ve uygulama kalitesinden uzak, ısı yalıtım yönetmeliğine uyulmadan yapılan yapı grubu ülke enerji tüketiminde büyük kayıplara yol açmaktadır.

Bu çalışmada, ısı yalıtımı ile ilgili genel bilgiler verilmiş, binalarda kullanılan ısı yalıtım malzemelerinin özellikleri, konutlarda ısı yalıtım uygulamaları ile TS 825 Isı Yalıtım Kurallarına uygun ısı yalıtım sistem zmleri ve sistemlerin maliyet analizleri üzerinde durulmuştur.

BÖLÜM 2. ISI YALITIMI

2.1. Isı ve Sıcaklık Tanımı

Isı, bir sistem ile sistemin çevresi arasında yalnız sıcaklık farkından dolayı akan bir enerji şeklidir. Sıcaklık ise herhangi bir noktadan ölçülebilen bir değer olup, sıcak veya soğuk hissini pozitif veya negatif bir büyüklük olarak belirler. Bu tanımdan yola çıkarsak;

- Kışın konfor şartlarını sağlamaya çalıştığımız daha sıcak iç mekanlardan dış ortamlara doğru,
- Yazın ise daha sıcak dış ortamdan konfor şartlarını sağlamaya çalıştığımız iç mekanlara doğru bir ısı geçişinin olması kaçınılmazdır [1].

Isı çeşitli yollardan elde edilebilmektedir;

- Mekanik enerjiden elde edilen ısı-Sürtünme yoluyla yani mekanik olarak bir ısı enerjisi açığa çıkar. Örnek olarak matkap ucunun ısınması verilebilir.
- Kimyasal reaksiyondan elde edilen ısı-Petrol, kömür, odun gibi bir malzemenin yanmasıyla ısı enerjisi çıkar.
- Elektrik enerjisinden elde edilen ısı-Elektrik akımı bir dirençten geçerken, ısı enerjisi verir. Örnek olarak elektrik sobası verilebilir.
- Işınım yoluyla elde edilen ısı-Güneş ışınları yer kabuğu tarafından tutulmakta ve ısınma başlamaktadır.
- Atom enerjisinden elde edilen ısı-Atomun parçalanmasıyla parçacıklar, büyük bir enerji açığa çıkarırlar [2].

2.2. Isı Transferlerinin Esasları

Isı transferi üç şekilde gerçekleşmektedir;

Isı iletimi (Kondüksiyon):Katı cisimlerden ısı geçiş şekline denilmektedir. Kabullere bağlı olarak, hareketsiz gaz ve sıvılardaki ısı geçiş şeklinin de ısı iletimi verileriyle saptanabilmektedir. Isı iletme elverişliliği sabit bir değer olarak malzemenin bir özelliğini oluşturur. Isı iletim katsayısı (λ), birbirine paralel iki yüzeyin sıcaklıkları arasındaki fark 1 °C olduğunda birim zamanda (1 saat) birim alan (1 m²) ve bu alana dik yöndeki birim kalınlıktan (1 m) geçen ısı miktarıdır. Birimi kcal/mhC = 1.163 W/mK 'dır.

Isı Taşınımı (Konveksiyon):Hareket halindeki gaz veya sıvı ortamlardan ısı geçiş şekline denir. Sıvı ve gaz maddelerde ısı, bağlı olduğu kütle parçacıklarının pozisyonlarını değiştirmeleriyle aktarılır. Isı taşınımı da madde özelliklerine bağlıdır.

Isı Işınımı (Radyasyon):Elektromagnetik dalgalar halindeki ısı geçiş şekline denir. Gazlarda konveksiyon ve radyasyonla ısı geçişi karmaşık şekilde olur [1,3,4].

2.3. Isı Yalıtımı, Önemi ve Faydaları

Ülkemizde başta sanayi ve konut sektörlerinde olmak üzere, enerji tüketimleri her geçen yıl artmaktadır. Konutlarda kullanılan enerjinin büyük bir kısmı ısıtma ve soğutma amaçlı olarak tüketilmektedir. Söz konusu bu enerjinin etkin kullanılması, ısı yalıtımı ile sağlanabilir. Yapı bileşenleri üzerinden farklı sıcaklıktaki iki ortam arasındaki ısı transferini azaltmak için yapılan işleme ısı yalıtımı denilmektedir [3,5].

Günümüzde enerji kullanımından kaynaklanan çevre problemleri tüm dünyayı tehdit etmektedir. Fosil yakıtların sebep olduğu küresel ısınma, asit yağmurları, ozon tabakasındaki incelme, iklim değişiklikleri en önemli çevre sorunlarıdır. Isınma amaçlı tüketilen enerjinin büyüklüğü düşünüldüğünde çevre problemlerinin önemi daha iyi anlaşılacaktır [6].

Değişken hava koşulları, mevsimlere göre aşırı sıcaklar, soğuklar, yağmurlar bina iç sıcaklıklarını etkileyen faktörlerdir. Dış ortamda gerçekleşen sıcaklık değişimleri ile oturulan evlerin, çalışma bürolarının sıcaklıklarının değişimi yaşam kalitesini de etkilemektedir. İnsanın sıcaklık açısından sağlıklı bir ortamda yaşaması ısıl konfora bağlıdır. Isıl konfor, insanların bedensel ve zihinsel sağlığını etkilemektedir. Bu sıcaklık değişimleri insan fizyolojisi ve yaşam kalitesini, yaşadığı veya çalıştığı ortam sıcaklığından dolayı sağlık sorunları ile karşı karşıya kalması ve bunun sonucu olarak iş verimini de etkilemektedir [7].

Betonarmeye nüfuz eden su ve oluşan nem, içerideki demirlerin paslanmasına ve taşıma kapasitesinin düşmesine yol açmaktadır. Su, betonun içerisindeki demirin korozyonuna (paslanmasına) neden olur. Korozyona uğramış demir mukavemetini kaybeder. Bunun yanında, korozyon sonunda oluşan pas, demire göre hacmi fazla olacağından beton içerisinde gerilme meydana getirecek ve bu gerilme sonunda betonda çatlamlar meydana gelecektir [8].

Isı yalıtım sayesinde, ısı kayıp ve kazançları azaltılarak enerji tasarrufunun sağlanması, çevrenin korunması, ısıl konfor ve gürültü denetiminin sağlanması, yapı elemanlarında ve betonarme yüzeylerde yoğuşmanın önlenmesi ve azaltılması, ısıtma, soğutma ve enerji sistemlerinde işletme verimliliğinin artırılması ve yapı elemanlarının dış etkilerden korunması mümkün olabilmektedir. Isı yalıtımı sadece enerji kullanımını azaltmakla kalmamakta, doğru yalıtım malzemesinin seçimiyle iklimsel ve işitsel konforun yanı sıra yapılarda yangın güvenliğini de sağlayabilmektedir [9].

Yapılarda ısı etkilerinden korunmanın önemini şu şekilde sıralayabiliriz:

- İnsanların oturduğu veya çalıştığı binalarda ısı etkilerinden korunma, insan sağlığı, onarım giderleri, yakıt ekonomisi ve ilk yapım giderleri açısından önemlidir.
- Isı etkilerinden yeterli olarak korunma sağlığa uygun, huzur verici hacimlerin elde edilmesinin ilk şartıdır.

- Hacimlerin ısı ihtiyacı ve bunu sağlamak için yapılan ısıtma giderleri hacmi çevreleyen yapı bileşenlerinin ısı yalıtma özelliklerine bağlıdır.
- Isı etkilerinden yeterli korunma, hacmi çevreleyen yapı bileşenlerinin yüzey ve içlerinde terlemeyi, tesisat borularının donmasını ve bunlara bağlı olarak meydana gelen zararları önleyerek, yapının işletim, bakım ve onarım giderlerini azaltır [1].

BÖLÜM 3. ISI YALITIM MALZEMELERİ

3.1. Isı Yalıtım Malzemelerinin Tanımı

Farklı sıcaklıktaki iki ortam arasında ısı transferini azaltmak için yapılan ısı yalıtımında, yalıtımı sağlamak için kullanılan malzemelere ısı yalıtım malzemesi adı verilir. Isı yalıtım malzemelerinin en temel özelliği ısı iletim katsayısıdır. ISO (Uluslararası Standartlar Örgütü) ve CEN (Avrupa Standardizasyon Komitesi) 'ne göre ısı iletim katsayısı 0,065 W/mK değerinden küçük olan malzemeler ısı yalıtım malzemesi olarak tanımlanır. Diğer malzemeler yapı malzemesi olarak kabul edilir [3].

Isı yalıtım malzemeleri, doğru uygulandıklarında, iletim, taşınım veya ışıınım ısı geçiş tipleri ile enerji geçişini azaltan malzemelerdir. Bu yalıtım malzemeleri lifli, taneli, film-tabaka, blok veya tek parçadan yapılmış, açık veya kapalı hücreli, kimyasal veya mekanik olarak birbirine bağlanmış veya desteklenmiş karma malzemeler olabilir [1].

3.2. Isı Yalıtım Malzemelerinde Aranılan Özellikler

Bina yalıtımında kullanılan ısı yalıtım malzemeleri de çeşitlilik gösterir, önemli olan uygun yalıtım malzemesini kullanmaktır.

Isı yalıtım malzemelerinin istenilen performansını karşılayabilmeleri için boşluk oranı fazla, yoğunluğunun düşük, su emme oranının az olması gerekir. Sadece ısı iletkenliği düşünülerek oluşturulan yapı elemanlarının istenen sonuçları vermediği görülmektedir. Isı yalıtımının yanında rutubet akımı ve yoğuşma olayının önemi yalıtım malzemesinde başka nitelikleri aramayı gerekli kılmıştır. Malzemede buhar difüzyonu direnç faktörünün yeterli olması buhardan etkilenmeyi azaltmakta,

sıcaklık değişimlerinden daha az etkilenmek ve ısıyı depo edebilmek için de ısınma ısısının yüksek olması beklenmektedir [1].

Isı yalıtım malzemesi hem yalıtım özelliğine, hem de nem tutuculuk, yanmazlık, hafiflik, kolay uygulama, korozyon ve paslanma yapmamak gibi özelliklere sahip olmalıdır.

Yalıtım malzemelerinin hammaddeleri de önemlidir, dışa bağımlı ve fiyatı yüksek ham maddelerle elde edilen yalıtım malzemelerinin fiyatları da yüksek olacaktır. Mineral yün bazlı yalıtım malzemelerinin ham maddesi kumdur ve içinde ülkemiz için önem arz eden bor madeninin uç ürünü (yan ürünü) üleksit kullanılmaktadır. Binalarda, sanayide ve özel sektörde mineral yün kullanımı bor madeni tüketimimizi de arttıracak, milli gelire katkıda bulunacaktır [10].

Tek bir malzemenin bu ve benzeri tüm gereksinmelere sahip olması mümkün değildir. Çeşitli kullanım yerlerine göre, iyi bir ısı yalıtım malzemesinden 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 sıcaklıkla bozulmaması,
Özelliklerinin zaman içinde kaybetmemesi ve çürümemesi,
Birlikte kullanılan malzemelerle reaksiyona girmemesi ve bozulmaması (Kimyasal kararlılık ve dayanıklılık),
Yanmazlık ve alev geçirmezlik,
Yeterli buhar difüzyon direnci,
Suya ve neme karşı yüksek dayanım,
Uygulama ve işçilik kolaylığı,
Boyutsal kararlılık,
Kokusuz olması,
İnsan sağlığına ve çevreye zarar vermemesi, kaşıntı ve alerji yapmaması,
Detay bazında ekonomik olması,

Hafiflik,
Çeşitli böcek ve mikroorganizmalar tarafından bozulmaması,
Küf tutmaması [11].

3.3. Isı Yalıtım Malzemeleri

3.3.1. Cam yünü

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

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

Cam yünü şilte ekonomik oluşu ve kolay uygulanabilir olması nedeniyle özellikle kullanılmayan çatı arası döşeme üzerinde tercih edilmektedir. Cam yünü şiltenin 2006 yılı Nisan ayı KDV dahil metreküp maliyeti yaklaşık olarak 22,50 YTL 'dir.

Kullanım yerine, amacına göre farklı boyut ve teknik özelliklerde, değişik kaplama malzemeleriyle, şilte, levha, dökme, boru şeklinde üretilir. Isı ve ses yalıtımı, akustik düzenlemede kullanılır. Alman Normu DIN 4102 'ye göre "A" sınıfı yanmaz malzemeler grubunda olmaları, kullanım yerlerinde yangın güvenliğini sağlar. Performanslarını koruduğu sürekli azami kullanım sıcaklığı -50/+250 °C aralığındadır. -200 °C 'ye veya +550 °C 'ye kadar kullanılan özel cam yünü ürünler de üretilebilir. TS 825 Ek 5 'te ısı iletkenlik hesap değeri 0,040 W/mK, su buharı difüzyon direnç faktörü $\mu=1$ 'dir. Cam yünü 14-100 kg/m³ arası yoğunluklarda üretilmektedir. Su emmeleri hacimce %3-10, mekanik dayanımları 1,5 -6,5 ton/m² arasında değişmektedir [3, 12,13,14].

3.3.2. Taş yünü

Taş yünü, bazalt veya diabaz 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 ve ses yalıtımı, akustik düzenleme, yangın yalıtımında kullanılır. Yüksek dayanım sıcaklıkları ve Alman Normu DIN 4102 'ye göre "A" sınıfı yanmaz malzemeler grubunda olmaları, kullanım yerlerinde yangın yalıtımı sağlar. Performanslarını koruduğu sürekli azami kullanım sıcaklığı -50/+750 °C aralığındadır. TS 825 Ek 5 'te ısı iletkenlik hesap değeri 0,040 W/mK, su buharı difüzyon direnç faktörü $\mu=1$ 'dir. Cam yünü 30-200 kg/m³ arası yoğunluklarda üretilmektedir. Su emmeleri hacimce %2,5-10, mekanik dayanımları 1,5 -6,5 ton/m² arasında değişmektedir.

Taş yününün 2006 yılı Nisan ayı KDV dahil metreküp maliyeti yaklaşık olarak 195,00 YTL 'dir.

Cam yünü ve taş yünü yalıtım malzemelerinin diğer özellikleri şunlardır: % 100 boyutsal kararlılığa sahiptirler. Sıcağa ve rutubete maruz kaldığında boyutları değişmez. Fiziksel özelliklerini zamana bağlı olarak kaybetmez. Zamanla bozulmaz, çürümez, küf tutmaz, korozyon ve paslanma yapmaz. Böcekler ve mikroorganizmalar tarafından tahrip edilemez. Higroskopik ve kapiler değildir. Ergime sıcaklığı ≥ 1000 °C 'dir. Kolay kesilmesi ve zayıatsız her parçasının değerlendirilmesi, uygulamada fayda sağlar [13,14].

3.3.3. Extrüde polistren köpük (XPS)

Ekstrüde polistren levha (XPS- Haddelenmiş polistren köpük), polistiren hammaddesinin ekstrüzyonla levha halinde çekilmesiyle üretilen bir ısı yalıtım malzemesidir [3].

Ekstrüde polistrenin avantajlarının kaynağının üretim teknolojisini oluşturan haddeleme (ekstrüzyon) işlemi ve bunun sonucunda ortaya çıkan 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 ilave edilir. 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 edilmiş olur. Basitçe özetlediğimiz bu üretim sürecinin çok değerli bir diğer getirisi malzemenin homojen ve kalitesinin hep aynı seviyede tutulabilmesidir. Bu sürecin sonucunda bal peteği formunda hücre çeperlerinden oluşmuş, daha bilinir bir tabirle kapalı gözenekli hücre yapısına sahip ekstrüde polistren elde edilmiş olur. Sürekli ve düzenli hücre yapısı ve kapalı gözeneklilik ekstrüde polistreni suya ve zamana karşı dayanıklı yapar, yalıtım becerisi ve yüke karşı dayanımının yüksek olmasını sağlar.

Polistren termoplastiktir, işlendikten sonra yeniden üretim hattına sokulabilir. Bu nedenle ekstrüde polistren tesisleri genellikle zayıtsız çalışırlar. Bir takım nedenlerle kullanılmayan, bini veya kanal açılmasında açığa çıkan malzemeler toplanır, gerekli işlemlerin ardından ilk tanecik formuna getirilir ve yeni imalatlarda kullanılır [15].

XPS üretiminde şişirici gaz olarak HCFC kullanılmaktadır. Üretimde açığa çıkan HCFC ozon tabakasına zarar vermektedir [16].

Ekstrüde polistrenin 2006 yılı Nisan ayı KDV dahil metreküp maliyeti yaklaşık olarak 212,50 YTL 'dir.

Ekstrüde polistren Alman Normu DIN 4102 'ye göre B1 sınıfı zor alev alan malzemeler sınıfındadır. TS 825 Ek 5 'te ısı iletkenlik hesap değeri yüzeyi pürüzlü 0,031W/mK, pürüzsüz iken 0,028 W/mK 'dır. Su buharı difüzyon direnç faktörü $\mu=80-250$ arasındadır. Ekstrüde polistren 25-45 kg/m³ arası yoğunluklarda üretilmektedir. Mekanik dayanımları 10 -50 ton/m², su emmeleri hacimce max. %0-0,5, kullanım sıcaklıkları -50 °C / +80 °C arasındadır [14].

3.3.4. Ekspande polistren köpük (EPS)

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

Polistren taneciklerinin şişirilmesi ve birbirine kaynaşması ile elde edilen EPS (Genleştirilmiş Polistren Sert Köpük) ürünlerde, taneciklerin şişirilmesi ve köpük elde edilmesi için kullanılan gaz pentandır. Pentan tanecikler içinde çok sayıda küçük gözeneklerin oluşmasını sağladıktan sonra, üretim sırasında ve üretimi takiben çok kısa sürede hava ile yer değiştirir. Böylece EPS levhaların bünyesinde bulunan çok sayıdaki (1m³ EPS 'de 3-6 milyar) küçücük kapalı gözenekli hücreler içinde durgun hava hapsolür. Malzemenin %98 'i hareketsiz ve durgun havadır. EPS üretiminde son aşama olan şekil verme (kalıplama) aşamasında, taneciklerin birbiri ile sıkıca kaynaşması sağlanır. EPS blok halinde ve kesilmek suretiyle levha haline getirilir veya levha şeklinde kalıp içinde genleştirilerek üretilebilir [3,16].

Ekspande polistrenin 2006 yılı Nisan ayı KDV dahil metreküp maliyeti yaklaşık olarak 87,00YTL 'dir.

Ekspande polistren üretimine Alman Normu DIN 4102 'ye göre B1 sınıfı zor alev alan ve B2 sınıfı normal alev alan malzemeler sınıfında üretilebilmektedirler. TS 825 Ek 5 'te ısı iletkenlik hesap değeri 0,04 W/mK 'tür. Su buharı difüzyon direnç faktörü 20-250 arasındadır. Ekspande polistren 10-40 kg/m³ arası yoğunluklarda üretilmektedir. Isı yalıtımında kullanılabilmesi için TS 7316 'ya göre EPS 'nin yoğunluğu min. 15 kg/cm³ olmalıdır. Mekanik dayanımları 5-15 ton/m², su emmeleri hacimce %1,1-2,5, kullanım sıcaklıkları -180 °C / +75 °C arasındadır [14].

3.3.5. 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 ultraviole ışınlarından etkilenmezler, ancak organik kökenli bir malzeme olması sebebiyle çeşitli böcek ve

organizmalardan zarar görebilmektedirler.

Odun talaşı levhaların kullanım sıcaklığı maksimum +110 °C 'dir. Isı iletkenlik hesap değeri 0,09-0,15 W/mK, su buharı difüzyon direnç faktörü 2-5 arasındadır. Yanma sınıfı BS476 standardına göre Class 1 'dir. Yoğunluğu 360-570 kg/m³ aralığındadır. Su meleri hacimce %10, basınç dayanımları 20 ton/m² 'dır [3,11].

3.3.6. Fenol köpüğü

Fenol köpükleri (PF), fenol-formaldehit bakalitine anorganik şişirici ve sertleştirici maddelerin katılmasıyla düşük (30-60 kg/m³) ve yüksek (80-120 kg/m³) yoğunlukta olmak üzere iki şekilde elde edilebilen malzemeler olup, blok, pano, plak, kabuk veya yerinde döküm olarak kullanılabilirler. Fenol köpükler açık gözenekli yapıları sebebiyle, su, hava ve buhara karşı yalıtımları düşüktür. Kırılgan ve düşük mekanik dayanımdadırlar [11].

Fenol köpüklerin kullanım sıcaklığı -180/ +150 °C aralığındadır. Isı iletkenlik hesap değeri ortalama 0,036 W/mK 'dır. Su buharı difüzyon direnç faktörü 10-50 arasındadır. Kolay su alabilen, kapiler özelliktedirler. Yanma sınıfı BS476 standardına göre Class 1 'dir. Yoğunluğu 30-50 kg/m³, basınç dayanımları 10-15 ton/m² aralığındadır[14].

3.3.7 Mantar levhalar

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

Heterojen yapılı ve örnekten örneğe değişen ısı 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 uygulanabilmektedir. Genel özellikleri açısından yapıştırılması, çivilenmesi, kesilmesi kolay, çürümemesi bulunmaktadır. Bu özelliklere ek olarak higroskopik olan, kimyevi maddelere dayanıklı, ancak halojenlere, amonyağa ve eter yağlarına

dayaniksız olan mantar, basınç altında bitüm gibi bir bağlayıcı eklenerek daha dayanıklı levha mantarlar elde edilebilmektedir. Bu tür levha mantarlar zor yanan, hemen hemen su almayan ve haşarat barındırmayan özelliktedirler [11].

Mantar levhaların kullanım sıcaklığı $-180 / +110$ °C aralığındadır. Isı iletkenlik hesap değeri $0,04 - 0,055$ W/mK, su buharı difüzyon direnç faktörü 10-35 arasındadır. Hidroskopiktir, havanın nemini çeker. Su emmez. Yanma sınıfı BS476 standardına göre Class 3 'tür. Yoğunluğu $80-500$ kg/m³ aralığındadır ve basınç dayanımları N/A'dır [14].

3.3.8. Poliüretan

Poliüretan, poliöl ve izosiyonat adı verilen iki ayrı kimyasal komponentin bir araya getirilmesi sırasında havanın yardımıyla bu iki maddenin köpürüp sertleşmesi ile üretilir. Levha, sandviç panel ve püskürtme yöntemiyle kullanılan bir ısı yalıtım malzemesidir.

Poliüretan köpük, kapalı gözenekli yapısı sayesinde suyu bünyesine almaz, fakat birleşim yerlerinden sızarak köpüğün altında birikebilir. Nem, köpükteki izosiyonür ve polil arasındaki kimyasal reaksiyonu hızlandırarak dayanıklılığı düşük bir malzemenin oluşmasını sağlar. Bu durum köpüğün alt katmanlara yapışmasını da zedeler. Su buharı difüzyonu, mukavemet, boyutsal stabilite özelliklerinde zayıflamaya sebep olur. Bunu önlemek için sıcak tarafta buhar kesici bir malzeme kullanılmalıdır [11,17].

Tablo 3.1 Isı yalıtım malzemelerinin teknik özellikleri

ISI YALITIM MALZEMESİ	Isı İletim Katsayısı (W/mK)	Buhar Difüzyon Direnci (μ)	Yoğunluk (kg/m³)	Kullanım Sıcaklığı (°C)	Yangın Sınıfı (DIN 4102, BS 476)	Mekanik Dayanım (ton/m²)	Su Emme
Cam Yünü (TS 901 EN 13162)	0,04	1	14-100	-50 / +250 °C	DIN 4102 'ye göre A sınıfı yanmaz	1,5-6,5	%3-10
Taş Yünü (TS 901 EN 13162)	0,04	1	30-200	-50 / +750 °C	DIN 4102 'ye göre A sınıfı yanmaz	1,5-6,5	%2,5-10
Ekstrüde Polistren (TS 11989 EN 13164)	Pürüzsüz 0,028 Pürüzlü 0,031	80-250	25-45	-50 / +80 °C	DIN 4102 'ye göre B1 sınıfı zor alev alan	10-50	max. %0-0,5
Ekspande Polistren (TS 7316 EN 13163)	0,04	20-250	10-40	-180 / +75 °C	DIN 4102 'ye göre B1 sınıfı zor alev alan ve B2 Sınıfı normal alev alan	5-15	%1,1-2,5
Odun Talaşı Levhalar (TS 405)	0,09 - 0,15	2-5	360-570	max. +110 °C	BS476 'ya göre Class 1	20	%10
Fenol Köpüğü (TS 2193 EN 13166)	Ortalama 0,036	10-50	30-50	-180 / +150 °C	BS476 'ya göre Class 1	10-15	-
Mantar Levhalar (TS 304)	0,04 - 0,55	10-35	80-500	-180 / +110 °C	BS476 'ya göre Class 3	-	Su emmez
Poliüretan (TS 2193-10981 EN 13165)	Ortalama 0,035	30-100	30-200	-200 / +110 °C	DIN 4102 'ye göre B1, B2, B3	10-40	%3-5
Cam Köpüğü (EN 13167)	+20 °C için 0,052	10.000	100-200	-260 / +430 °C	BS476 'ya göre Class 0	48-880	Su emmez

Poliüretanın kullanım sıcaklığı $-200/ +110$ °C aralığındadır. Isı iletkenlik hesap değeri ortalama $0,035$ W/mK 'dır. Su buharı difüzyon direnç faktörü 30-100 arasındadır. Yanma sınıfı B1, B2, B3 sınıfı zor, normal ve kolay alev alan şeklinde üretilebilmektedir. Yoğunluğu $30-200$ kg/m³, su emmeleri %3-5, basınç dayanımları $10-40$ ton/m² arasındadır [14].

3.3.9. Cam köpüğü

Cam köpüğü, toz camın karbon ile birlikte ergitilmesiyle elde edilir v kapalı cam hücrelerine sahiptir. Kabuk, levha, pano, blok veya kesilmiş parça olarak bulunabilirler. Su ve buhar geçirmezler, hidroskopik ve kapiler değildirler. Kimyasal etkilere karşı dayanıklıdırlar ve çürümez, küflenmez ve haşarat barındırmazlar [11].

Cam köpüğünün kullanım sıcaklığı $-260/ +430$ °C aralığındadır. Isı iletkenlik hesap değeri $+20$ °C için $0,052$ W/mK, su buharı difüzyon direnç faktörü 10.000 'dır. BS476 standardına göre yanmaz (Class 0) malzemedir. Su emmez. Hisroskopik ve kapiler değildir. Yoğunluğu $100-200$ kg/m³, basınç dayanımları $48-880$ ton/m² aralığındadır [14].

3.4. Dıştan Isı Yalıtımında Kullanılan Isı Yalıtım Malzemelerinin Teknik Özelliklerinin Karşılaştırılması

Ülkemizde yüksek pazar payına sahip ısı yalıtım malzemeleri ekspande polistren levha, ekstrüde polistren levha ve mineral yünlerdir. Taş yünü, ekspande polistren levha ve ekstrüde polistren levha kullanılarak gerçekleştirilen uygulamalar, yalıtım malzemesinin teknik özelliklerine göre değişen sistem performansları sergilemektedirler. Söz konusu üç malzeme de ısı yalıtım malzemesi olmasına rağmen sahip oldukları yoğunluk, ısıl iletim katsayısı, yanıcılık sınıfı, boyut stabilitesi, buhar difüzyonu, ses yalıtım değerleri gibi temel teknik özellikleri ile farklılık göstermektedirler.

Isı İletim Katsayısı: Ekspande polistrenin ısı iletkenliği yoğunluğuna bağlıdır. Yoğunluk arttıkça ısı iletkenliği azalır. Ekspande polistrenin ısı iletkenliği hesap

değeri, üretim yoğunluğunun 15-45 kg/m³ arasında değerler alması halinde, 0,033 ile 0,040 W/mK arasında değer alır. Ekstrüde polistrenin ısı iletkenliği kullanılan şişirici gaza göre değişmektedir. En düşük ısı iletkenliği Ozon'a zarar veren CFC'lerle sağlanmaktadır. Ozon'a daha az zarar veren HCFC 'lere geçildikçe, ürünün ısı iletkenliği artmakta ve iklim değişikliklerine sebep olan sera etkisi görülmektedir. HCFC'lerin kullanımı yasaklanmıştır. Bu durumda şişirici gaz olarak HFC'ler veya CO2 kullanılması gereklidir. Bu gazların kullanımı ısı iletkenliğinde yine artışa sebep olmaktadır. Ekstrüde polistrenin ısı iletkenliği hesap değeri, şişirici gaza bağlı olarak, 0,030–0,045 W/mK arasında değerler alır. Sonuç olarak yalıtım projesinde ekspande polistren veya ekstrüde polistren yazılması, ürünün ısı iletkenliğinin tanımlanması için yeterli değildir. Ekspande polistren için hangi yoğunluğun seçileceği belirtilmeli; ekstrüde polistren için ise, kullanılan şişirici gaz tanımlı olmalıdır. Mineral yünlerinin (cam yünü, taş yünü) ısı iletkenlik hesap değerleri ise 0,040 W/mK ' dır.

Basınç Dayanımı: Mineral yünlerinin %10 deformasyondaki basınç dayanımı 1,5-6,5 ton/m² arasında verilmektedir. EPS için %10 deformasyondaki basınç dayanımı 5-15 ton/m², XPS 'in %10 deformasyondaki basınç dayanımı ise, 10-50 ton/m² olarak verilmektedir. Yüksek basınç dayanımı ile ekstrüde polistren diğer malzemelerden ayrılmaktadır.

Su buharı difüzyon direnç faktörü: Mineral yünlerinin su buharı dirençleri çok küçüktür, havaya eşdeğerdir ($\mu=1$). EPS 'nin buhar direnci geniş bir aralıkta değişebilir($\mu=20-250$). Dolayısı ile de uygulamanın gerektirdiği şartlar malzeme israfına sebep olmadan sağlanabilir. XPS'in buhar direnci genellikle yüksektir ($\mu=80-200$). Özel ürünlerde 250'ye kadar çıkabilir.

Yapı fiziğinin büyük önem kazandığı günümüzde, bu çalışmaların önemli bir bölümünü yapı kesitlerinin nefes alabilir şekilde dizaynı oluşturmaktadır. Buhar difüzyon direnci düşük malzemelerin kullanılması, arzu edilen bu özelliği yapı kabuğuna kazandırmaktadır. Bu nedenle taş yünü levhalar ile yapılan mantolama (dıştan ısı yalıtımı) uygulamaları ile diğer ürünlere oranla daha düşük buhar difüzyon direncine sahip kesitler elde edilebilir.

Su emme durumu: Mineral yünleri, açık gözenekleri sebebiyle, özel olarak tedbir alınmaz ise, su emmeleri çok yüksek malzemelerdir. Hacimce su emmeleri cam yünü % 3-10, taş yünü %2,5-10 'dur. Kapalı gözenekleri sebebiyle EPS ve XPS 'in su emmeleri düşüktür. Hacimce su emmeleri XPS max. % 0-0,5, EPS %1,1-2,5 'tur.

Boyut Stabilitesi: Sıva ve şap altı uygulamalarında kullanılan yalıtım malzemelerinin boyutsal kararlılığı büyük önem taşımaktadır. Özellikle, üretim teknolojisinden kaynaklanan sebeplerden dolayı, EPS yalıtım plakalarının boyutsal kararlılığa ulaşması yaklaşık 6-7 haftalık bir dinlendirilme süresinin sonunda oluşmaktadır. Malzeme bu sürenin bir kısmını blok, bir kısmını ise levha formunda iken tamamlamalıdır. XPS ısı yalıtım levhaları gözenekli hücre yapısına sahip olmaları nedeni ile ısıl değişimler karşısında boyutsal değişim göstermektedir. Her iki ürünün de lineer uzama katsayıları ve sıcaklık farklarındaki boyutsal değişimleri taşıyıcı mantolama levhalarına oranla çok daha yüksektir.

Yanıcılık Sınıfı: EPS ve XPS, petrol türevi polistren hammaddesi kullanılarak imal edilen yalıtım malzemeleri olup maksimum kullanım sıcaklıkları 75-80 °C'dir. Bu dezavantajları nedeni ile, yurtdışında yangın riskinin yüksek olduğu bitişik nizam veya çok katlı binalarda bu ürünler belli sınırlar dahilinde kullanılmaktadır. Ülkemizde de 2002 yılı sonunda Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren Yangında Korunma Yönetmeliği gereğince söz konusu malzemelerin kullanım alanları sınırlandırılmıştır. Bu malzemeler DIN 4102 standardına göre yanıcı malzemeler sınıfına girmektedirler. İmalatları sırasında kullanılan yanma geciktirici maddeler, bu malzemelerin yanıcılık sınıflarını bir miktar iyileştirmekle birlikte yanmaz malzeme haline getirmemektedir. Taş yünü ise DIN 4102 standardına göre A sınıfı yanmaz malzeme olup 750 °C maksimum kullanım sıcaklığı ile yangına karşı üstün bir performans göstermektedir. Mantolamada (dıştan ısı yalıtımı), EPS veya XPS kullanılsa bile, alev yalması ile yangının diğer hacimlere sıçramasını engellemek ve yangının yayılma hızını azaltmak için, pencere ve kapı kasalarının etrafının taş yünü ile yalıtılması gerektiği unutulmamalıdır.

Ses Yalıtımı :Ses yalıtımında temel prensip, dinamik sertliği düşük (yumuşak) malzemelerin sesin geçişinin engelleneceği yapı kesitine yerleştirilmesi ve hava ile

yayılan sesin mekanik (hareket) enerjisinin , yalıtım malzemesi bünyesinde absorbe edilmesidir. EPS ve XPS kapalı gözenekli yapıları nedeni ile ses yalıtımı yapmazlar. Taş yünü ise açık gözenekli ve lifli yapısı ile iyi bir ses yalıtım malzemesidir. Bu nedenle ses yalıtımının önemli olduğu mantolama uygulamalarına en uygun ürün taş yünü mantolama levhalarıdır [16,18].

BÖLÜM 4. ISI YALITIM UYGULAMALARI

Konutlarda uygulanan ısı yalıtımının amaçlarından biri, konutun yıllık olarak tükettiği enerji miktarını olabilecek en düşük seviyede tutmaktır. Bunun için birincil ve en önemli uygulama, yapının dış koşullara açık olan tüm yüzeylerinin, çatı, duvar ve temel bölümlerinin yalıtılmasıdır. Yapının tek veya çok katlı olmasına göre ısı kayıp oranları değişmektedir. Tek ve çok katlı yapılarda ısı kayıplarının oranları Tablo 4.1 'de görülmektedir.

Tablo 4.1 Tek ve çok katlı yapılarda ısı kayıp yerleri ve oranları [19].

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

4.1. Duvarlarda Isı Yalıtım Uygulamaları

Duvarlarda ısı yalıtım uygulamaları üç şekilde olmaktadır. Bunlar, dıştan, ortadan ve içten ısı yalıtımıdır.

4.1.1. Dıştan ısı yalıtımı

Binalarımızın ısı yalıtımını etkin biçimde sağlayan ve yalıtımın bir bütün olduğunu benimseyen dış cephe ısı yalıtım sistemleri hem duvar elemanlarının oluşturdukları yüzeyleri, hem de kolon kiriş, lento, perde duvar gibi betonarme yüzeyleri yalıtılarak ısı köprülerini ortadan kaldırmakta ve yalıtımdan etkin şekilde sonucun alınmasını sağlamaktadır. Bu sistemlerin bir diğer avantajı ortamdaki su buharının yoğunlaşarak yüzeyde veya iç katmanlarda oluşturduğu ve yaşanan mekanlarda son derece konforsuz ve sağlıksız koşullar yaratan yoğunlaşma problemini ortadan kaldırmasıdır.

Ayrıca bu sistemler binalarımızı atmosferik şartlara karşı koruyarak, farklı iklim koşullarında oluşabilecek genleşme ve büzülme gibi yapı bileşenlerinde meydana gelen fiziksel değişimleri, dolayısıyla duvar iç gerilmeleri, çatlak ve yapı hasarlarını önlemekte, daha güvenli ve uzun ömürlü binalara kavuşturacaktır [15].

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

Dıştan ısı yalıtım uygulamasına başlamadan önce bazı şartların sağlanması gerekmektedir. İlk olarak yapının bütün cephelerinin yatay ve düşey terazisi belirlenmelidir. Isı yalıtım levhalarının yapışacağı yüzey düzgün olmalı, alt eğriliği 1-2 cm 'den büyük olmamalıdır. Bu değerden daha yüksek eğrilik olması durumunda, uygulama öncesi bir kaba sıva ile alt yüzey düzeltilerek, daha hızlı yapıştırma işlemi, daha iyi bir dübel tespit özelliği sağlanmalıdır. İklim şartları göz önüne alınarak, gerekirse dış cephe muhafaza edilerek uygulama yapılmalıdır. Isı yalıtımı yapılması sonrasında sağlıklı sonuçlar alınması için, yapı kabuğunun tamamen kurumuş olmasına dikkat edilmelidir. Isı yalıtım levhalarının yapıştırılacağı yüzeyler kir, toz, yağ, kabarmış boya, kalkmış sıva gibi tutunmada uygunsuzluk yaratacak zararlı etkenlerden arındırılmış ve yapıştırıcı ile yapışmayı sağlayacak pürüzlülüğe sahip olmalıdır. Gerekli şartların yerine getirilmesinden sonra uygulamaya başlanabilir.

Isı yalıtım levhalarının başladığı seviyede, sıva uygulamasında master görevi görmek amacıyla su basman profili yerleştirilir. Su basman profili kullanılarak ısı yalıtım malzemesinin profil içine düzgün olarak oturtulması ve düzgün hat oluşturulması sağlanır. Başlangıç profilinin ölçüsü, tercih edilen yalıtım levhalarının kalınlığına ve uygulanacak olan sisteme göre belirlenir. Profiller duvara özel dübelleri ile 50 cm aralıklarla tespit edilir.

Isı yalıtım levhaları, duvar yüzeyine reçine katkılı çimento esaslı harçlar ile yapıştırılır. Yapıştırmada farklı metotlar kullanılabilir. Yalıtım levhalarının yapıştırılacak yüzeyinin kenarları boyunca bir çerçeve oluşturacak şekilde yapıştırıcı sürülür. Orta kısımlara da noktasal olarak yapıştırıcı sürülür. Yalıtım levhalarının

birleşim derzlerine yapıştırıcı bulaşarak ısı köprüleri ve düzensizlikler oluşturmamalıdır. Levha yüzeyinin en az %40 'ı yalıtılacak yüzeye yapışmış olmalıdır. Eğer uygulama yüzeyi çok düzgün ise yalıtım levhalarının yapıştırılacak yüzünü tamamen kaplayacak şekilde yapıştırıcı sürülür. Daha sonra bu yüzey dişli mala ile taranır. Yalıtım levhalarının yan kenarlarına yapıştırıcı sürülmemesine özen gösterilmelidir.

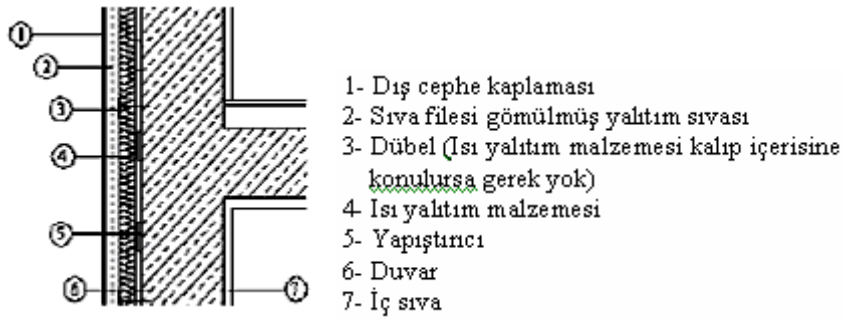
Yapıştırıcı sürülmesi işleminden sonra, ısı yalıtım levhaları su basman profiline oturtularak, hafifçe kaydırılıp duvar yüzeyine birbirlerine bitişirilerek yerleştirilir.

Dübelleme işlemine başlamadan önce, yapıştırıcının tamamen kuruması beklenmelidir. Bu nedenle dübelleme işlemine yalıtım plakalarının yüzeye yapıştırılmasından en az 24 saat sonra uygulamaya başlanmalıdır. Daha sonra, yalıtım levhaları uygun bir matkap ile delik açılarak dübel yerleştirilir ve çakılarak sabitleştirilir. Kullanılacak dübel ve açılacak derinlik seçimi, uygulanacak duvar özelliklerine uygun olarak yapılmalıdır. Dübel yüzeyde en az 3 cm genişlikte bir tutunma yüzeyine sabitlenmeli, gazbeton duvarlara minimum 6 cm, tuğla duvarlara minimum 5 cm ve beton duvarlara minimum 4 cm girmelidir. Delik boyu, dübel boyundan 1 cm büyük olacak şekilde açılmalıdır. 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, m² '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 kullanılmalıdır. Köşe profilleri, sıva katmanının oluşturulmasından önce köşeye yerleştirilerek, üzeri sıva ile kapatılır. Sıva harcı ile ince bir sıva yapılır. Bu sıvanın üzerine tüm duvar yüzeyini kaplayacak şekilde alkaliye dayanıklı cam elyafı file tatbik edilir. Sıva filesi tabakalarının ek yerleri birbiri üzerine yatayda ve düşeyde 10 cm bindirilmelidir. İlave olarak file, pencere ve kapı köşelerinde yaklaşık 30 x 40 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 kuruduktan sonra boyanarak bitirilir.

Binalarda dilatasyon bölgelerinin oluşturulması dikkat edilmesi gereken bir konudur. Yapıda açılması gereken dilatasyonun, dış cephe ısı yalıtım sistemi üzerinde de devam etmesi gerekir. Bunun için özel dilatasyon profilleri kullanılmalıdır. Yalıtım levhasının doğrama ile birleşim noktaları açık kalmayacak şekilde poliüretan esaslı dolgu mastik çekilerek kapatılmalıdır [1, 20, 21].



Şekil 4.1 Duvarlarda dıştan ısı yalıtım uygulaması [21]

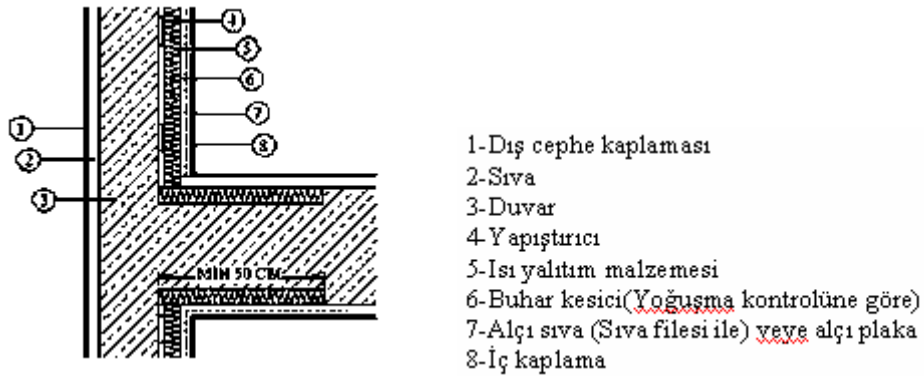
4.1.2. İçten ısı yalıtımı

Dış cepheye ısı yalıtımı uygulamalarının gerçekleştirilmesinin mümkün olmadığı durumlarda ısı yalıtımı içten uygulanabilir.

Duvarların içten yalıtılması, yoğuşma riskinin yüksek olduğu uygulamalar olup yoğuşma kontrolü yapılmalıdır. Isı yalıtımının sıcak tarafına buhar kesici uygulanmalıdır. Buhar kesici tabakanın ek yerlerinde buhar kesici bantlar ile geçirimsizlik sağlanmalı, tespit elemanları ile delinmemelidir. Isı yalıtım malzemesi sürekli olarak uygulanmalı, ısı köprüsü oluşturacak profil vb. tespit elemanlarından kaçınılmalıdır [1].

İçten ısı yalıtım uygulamalarında ekspande polistren levha, ekstrüde polistren levha, taş yünü ısı yalıtım levhaları, iki yüzü ahşap yünü arasına ekspande yalıtım plakası ve cam yünü ısı yalıtım levhaları kullanılabilir.

Kullanılacak ısı yalıtım levhaları, çimento esaslı özel yapıştırıcılar kullanılarak, uygulama yüzeyinin düzgün olması durumunda öbekleme(kenarları boyunca sürekli, orta kısımları noktasal) metodu ile levhalar bir süre duvara bastırılarak düşey teraziye alınarak yapıştırılır. Levha yüzeyinin en az %40 'ı yalıtılacak yüzeye yapışmış olmalıdır. Yapıştırma işlemine köşelerden başlanılmalıdır ve levhaların yapıştırılmaları sırasında levhaların birleşim derzlerinde taşan ısı köprüsü oluşturacak yapıştırıcı artıkları kurumadan temizlenmelidir. Plastik çivili yalıtım dübelleri ile mekanik tespit işlemi, duvar yüzeyinin uygun olmaması ve kat yüksekliğinin 3 m 'yi aştığı durumlarda kullanılmalıdır. Yapıştırılan levhaların birleşim derzlerine sıva filesi yapıştırıldıktan sonra ısı yalıtımı üzerine 7-10 mm kalınlıkta fileli (75 gr/m²) alçı sıva yapılarak uygulama tamamlanır. Alçı sıvalı yalıtım uygulamalarında sıcak tarafa buhar kesici yerleştirilemediğinden TS 825 'e göre yoğuşma tahkiki yapılmalı ve yoğuşmanın oluşmadığı kalınlıklarda ısı yalıtım levhaları uygulanmalıdır [21].



Şekil 4.2 Duvarlarda içten ısı yalıtım uygulaması [21]

Isı yalıtım malzemesi, olarak cam yünü veya taş yünü kullanılacak ise, bu malzemeler rijit olmadıklarından, rijit bir malzemeye ihtiyaç duymaktadırlar. Bu yüzden genellikle, alçıpan, sunta veya OSB arkasında profiller arasında kullanılırlar. Profiller yalıtım malzemelerinin boyutlarına göre duvar yüzeyine tespit edilir. Isı yalıtım levhaları bu profiller arasına, boşluk kalmayacak şekilde yerleştirilir. Yalıtım levhalarının yerleştirilmesinden sonra ahşap veya alçı plakalar profiller üzerine tespit edilerek uygulama tamamlanır. Bu malzemeler direkt veya indirekt suya dayanıklı olmadıklarından suya karşı korunması gerekmektedir. Bu nedenle sıcak taraftan yoğuşmanın önlenmesi amacıyla buhar kesici kullanılmalıdır. Mekanik

havalandırmanın bulunmadığı yapılarda kullanılan buhar kesici ortam nemliliğini artıracığından, tasarım aşamasında karar verilmesi gereken bir konu olma özelliğinin taşımaktadır. TS 825 'e göre yoğuşma tahkiki yapılmalı ve hesaplamalarda profiller göz önüne alınmalıdır [2, 21].

4.1.3. Ortadan ısı yalıtımı

İki masif yapı kabuğu ve bunların arasında yer alan ısı yalıtım katmanının oluşturduğu çift kabuk dış duvar sistemi “ortadan ısı yalıtımlı duvar” olarak tanımlanabilir. Bu sistemde duvarların her ikisi de ince olabildiği gibi, biri kalın diğeri ince olabilir.

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. Boşluk dış duvar ile levha arasında bırakılmalıdır. Boşluksuz sandviç duvar uygulamalarında ısı yalıtım levhaları dış duvarın içe bakan yüzeyine yapıştırıldıktan sonra, iç duvar boşluk bırakılmayacak şekilde örülür.

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

İç duvar bünyesinde kalan kolon, kiriş gibi ısı köprüsü oluşturabilecek tüm yapı elemanları ısı yalıtım tabakası ile dıştan kaplanmalıdır. Isı yalıtım tabakasının tüm cephe boyunca sürekli olması sağlanmalıdır. Aksi halde ısı köprüleri oluşarak ciddi ısı kayıpları ile yoğuşma ve küflenme gerçekleşir [1,21, 22].

4.1.4. Isı köprülerinin dıştan ısı yalıtımı

TS 825 “Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları Standardı ‘nda verilen enerji limitleri ve yoğuşma sınırlarına göre boyutlandırılmış sandviç duvar ve içten yapılan ısı yalıtımı uygulamalarında, gerek enerji kayıpları yönünden gerekse de yoğuşmanın önlenmesi ve yapı güvenliği için ısı köprüsü oluşturan, kolon, kiriş ve perde duvarlar yalıtılması zorunludur.

Isı köprülerinin doğru olarak projelendirilmesi ve uygun bir şekilde yalıtımı önemli yararlar sağlar:

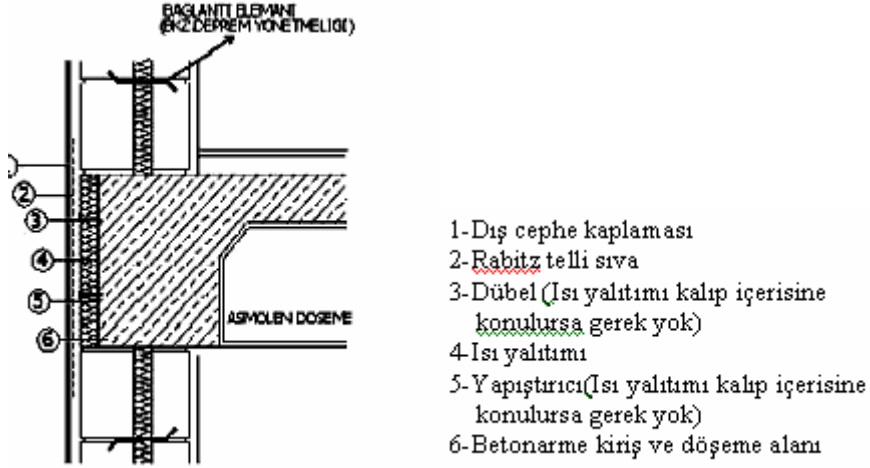
- Yüzeyde yoğuşma, estetik problemler, çatlama oluşması gibi yapısal problemlerin önlenmesi
- Kolon ve kirişlerdeki donatıda oluşabilecek muhtemel korozyonun önlenmesi
- Küflenmenin önlenmesi
- Isı kaybının azaltılması, enerji tasarrufu (Isı köprülerinin, ısı kaybeden yüzey alanına oranı kadar azaltılabilir)
- Konfor artışı

Kolon, kiriş ve perde duvarların ısı yalıtımı, hem beton dökülmeden önce kalıp içine levhaların yerleştirilmesi ile hem de beton döküldükten sonra dış yüzeye tespit edilerek uygulanabilmektedir.

Kalıp içi uygulamalarında özellikle yaz aylarında betonun hızla su kaybetmesini önleyerek sağlıklı priz almasını ve ısı yalıtım malzemesi ile beton arasında çok iyi tutunma oluşmasını sağlar. Bu uygulamalarda; iki yüzü pürüzlü ve kanallı %10 deformasyonda basma dayanımı en az 200 kPa olan ısı yalıtım levhaları kullanılır. Beton dökme işleminden önce, XPS ısı yalıtım levhaları birleşimlerinde boşluk kalmayacak şekilde kalıp iç yüzeyine yerleştirilir. Yerleştirme yaparken, geçici bağlantı elemanları ile kalıba bağlanarak, beton dökümü sırasında ısı yalıtım levhalarının yerinden oynaması engellenmelidir. Plastik ayırıcılar ile yalıtım malzemesinin zarar görmeden donatının gerekli beton kalınlığı ile uygulanması için pas payı bırakılır. Hazırlanan yalıtımlı kalıp içerisine beton dökülerek geleneksel sıva

katına kadar uygulama tamamlanır. Betonla yalıtım malzemesi arasında ilave bir mekanik tespit gerekmez.

Diğer uygulama da sonradan kolon ve kiriş alınlarına tespit edilen uygulamadır. Kalıp hatalarından meydana gelen süreksizlikler düzeltildikten sonra, kolon, kiriş ve çıkımlar veya lento ölçülerine uyacak ısı yalıtım malzemeleri uygun ölçülere getirilen ısı yalıtım levhaları çimento esaslı yapıştırıcılar ile tüm uygulama yüzeyine taraklama metodu ile yapıştırılır. Yapıştırma işleminden en az 24 saat sonra ısı yalıtım malzemeleri dübelleri ile duvara mekanik olarak tespit edilerek geleneksel sıva katına kadar uygulama tamamlanır [21,23].



Şekil 4.3 Isı köprülerinin dıştan ısı yalıtım uygulaması[21]

4.1.5. Toprak altı dış duvarlarda ısı yalıtımı

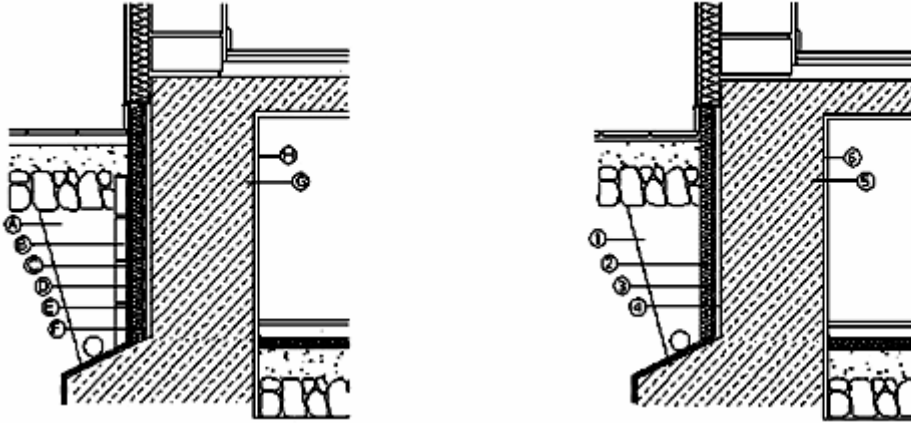
Su ile doğrudan temas eden ısı yalıtım uygulamalarında, toprak altı dış duvarların yüzeyi düzleştirilip su yalıtımı yapıldıktan sonra, ısı yalıtım levhaları yapıştırılarak veya serbest olarak temel duvarı üzerine şaşırtmalı olarak ek yerlerinde derz oluşmayacak şekilde yerleştirilir.

Su ile doğrudan temas eden ısı yalıtım uygulamalarında kenar profilli (binili), minimum yoğunluğu 30 kg/m^3 , hacimce difüzyon ile su emmesi % 3'ün altında olan ve minimum 300 kPa basma mukavemetine sahip, ekstrüde polistiren levhalar kullanılması uygundur.

Isı yalıtım levhalarının su yalıtım örtülerinin üzerine uygulanmasında solvent içermeyen soğuk bitüm esaslı yapıştırıcı veya çift tarafı yapışkanlı bitümlü örtüler kullanılır. Yapıştırma işlemi geçici olarak yalıtım levhalarının tespit edilmesi işlevini görmektedir.

Solvent içermeyen bitüm esaslı yapıştırıcı noktasal olarak yalıtım levhası üzerine sürülür veya levha başına en az 5 adet 100 mm x 150 mm ebatlarında hazırlanmış çift tarafı yapışkan bitümlü örtünün yapıştırılması ve dışa bakan taraftaki polietilen film katmanının kaldırılarak, su yalıtımı yapılmış duvar üzerine, ısı yalıtım levhaları şaşırtmalı olarak yerleştirilir. Isı yalıtımının yapıştırılmasından kısa bir süre 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.



**Toprak Temaslı Beton Perde Duvarlar
Koruma Duvarlı**

- A-Toprak
- B-Baskı duvarı
- C-Su yalıtım membranı
- D-Isı yalıtımı
- E-Su yalıtım membranı
- F-Düzeltilme sıvası
- G-Betonarme perde duvar
- H-İç sıva

**Toprak Temaslı Beton Perde Duvarlar
Koruma Duvarlı**

- 1-Toprak
- 2-Isı yalıtımı
- 3-Su yalıtım membranı
- 4-Düzeltilme sıvası
- 5-Betonarme perde
- 6-İç sıva

Şekil 4.4 Toprak altı dış duvarlarda ısı yalıtım uygulaması[21].

Uygulama su yalıtım membranı altında ve koruma duvarı ile korunacak ise, yalıtım katmanı doğrudan perde duvarın üzerine uygulanacak ise, yalıtımın uygulanacağı yüzeyde bulunan girinti, çıkıntı vb. bozuklukların ısı yalıtımı ile duvar arasında boşlukların oluşmaması için düzeltilmesi gerekir.

Uygulama su yalıtım membranı altında ve koruma duvarı ile korunacak ise, minimum yoğunluğu 30 kg/m^3 , % 10 deformasyonda basınç gerilmesi minimum 200 kPa olan, yanma sınıfı B1 olan ve su emme değeri % 1 olan genişletilmiş ekspande polistiren levhalar, minimum yoğunluğu 30 kg/m^3 , %10 deformasyonda basınç gerilmesi minimum 200 kPa olan ekstrüde polistiren levhalar, yanma sınıfı A sınıfı olan, yoğunluğu 150 kg/m^3 ve üzerinde taşıyünü levhalar kullanılabilir.

Isı yalıtım levhaları koruma duvarı üzerine şaşırtmalı olarak ek yerlerinde derz oluşmayacak şekilde yerleştirilmelidir. Isı yalıtım malzemeleri duvar üzerine solvent içermeyen soğuk bitümlü yapıştırıcılarla noktasal yapıştırılmalıdır [20, 21].

4.2. Döşemelerde Isı Yalıtımı

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

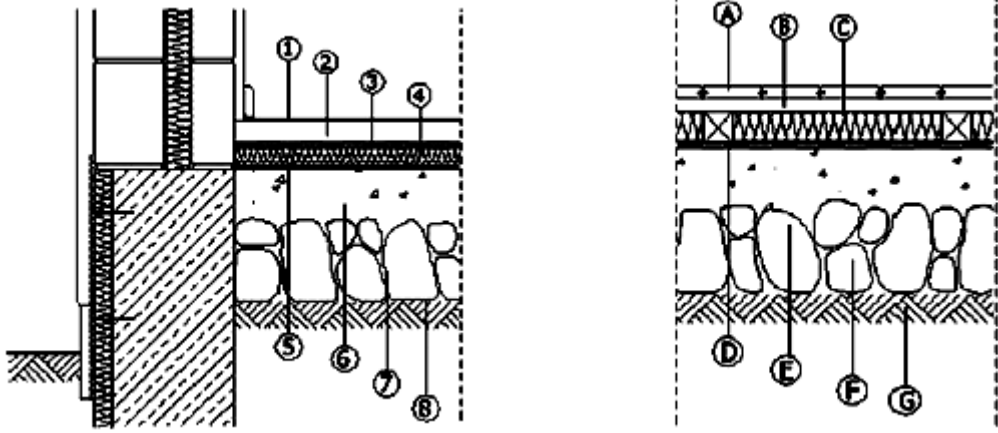
4.2.1. Zemine oturan döşemelerde ısı yalıtımı

Zemine kat döşemelerinde ısı kayıplarını azaltmak için kullanılan ısı yalıtım detaylarının çözümlenmesi, yapı kabuğunun diğer bölümlerinde uygulanan ısı yalıtım detaylarından farklılık arz etmektedir. Bunun başlıca nedeni, zemine oldukça yakın ya da doğrudan ilişkili olmasından kaynaklanmaktadır. Bunun nedenle, zemin kat döşemelerindeki ısı yalıtımları incelenirken döşeme ve dış duvarlardaki su, buhar yalıtımları ile ilişkilerinin kurulması kaçınılmaz olmaktadır [1].

Toprak zemine oturan döşemelerde, ısı yalıtımında kullanılması en uygun malzeme yanma sınıfı minimum B1 olan, minimum yoğunluğu 30 kg/m^3 , %10 deformasyonda basınç gerilmesi minimum 300 kPa olan, ekstrüde polistiren köpük levhalardır.

Toprak zemine oturan döşemelerde blokaj ve grobeton yapıldıktan sonra su yalıtım örtüsü serilmektedir. Bunun üzerine ısı yalıtım tabakaları uygulanmaktadır. Isı yalıtım malzemesinin ıslanmasını önlemek amacıyla üzerine bir malzeme örtülmekte ve üzerine şap dökülmektedir. Şap üzerine istenilen döşeme kaplaması uygulanabilmektedir. Bu gibi detaylarda ısı yalıtım malzemesi olarak kapalı gözenekli sert köpük levhalar (ekstrüde polistren levhalar) kullanılması durumunda su yalıtım malzemesi yerine ayırıcı keçe tabakası serilebilmektedir.

Kullanılmakta olan binalarda ısı yalıtım malzemesi üzerine şap uygulanmasının mümkün olmadığı durumda ise ısı yalıtım malzemesi ahşap kadronlar arasına yerleştirmektedir. Ahşap parkenin döşenmesiyle de uygulama tamamlanmaktadır.



- 1-Döşeme kaplaması
- 2-Şap
- 3-Bir kat serbest su yalıtım membranı
(XPS kullanılırsa ayırıcı keçe tabakası)
- 4-Isı yalıtımı
- 5-Su yalıtım membranı
- 6-Grobeton
- 7-Blokaj
- 8-Toprak zemin

- A-Ahşap parke
- B-Ahşap kör döşeme
- C-Ahşap kadronlar arası
ısı yalıtımı
- D-Su yalıtım membranı
- E-Grobeton (mala perdahı)
- F-Blokaj
- G-Toprak zemin

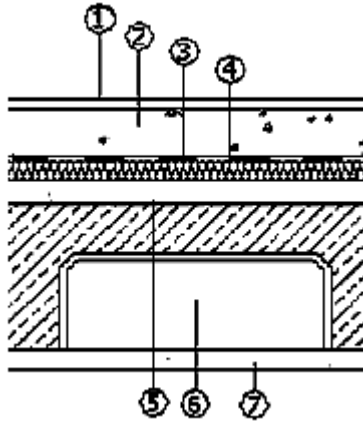
Şekil 4.5 Toprağa oturan döşemelerde ısı yalıtım uygulaması [24]

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 uygulanmakta ancak yapıştırma işleminin kaynak ile olmamasına dikkat etmek gerekmektedir. Su

yalıtım örtüsünün üzerine ve grobeton dökülerek mala perdahı veya tesviye şapı uygulanmaktadır. En üste de istenilen döşeme kaplaması uygulanmalıdır [9].

4.2.2. Ara kat döşemelerde ısı yalıtımı

Ara kat döşemelerde ısı yalıtımı, ses yalıtımı sağlamak amacıyla da yapılan yüzer şap uygulaması ile yapılmaktadır. Döşeme betonu üzerine yüzer levhaların serbest olarak yerleştirilmesinden sonra su geçirimsiz bir örtü serilir ve şap betonu dökülür. Şap işleminden sonra döşeme kaplamasıyla uygulama tamamlanmaktadır. Kullanılmakta olan binalarda ise yüzer şap mümkün değil ise döşeme altından (alt kattan) kadronlar döşenerek arasına yalıtım levhaları konulur ve kaplama yapılır. Arakat döşemelerde; minimum 30 kg/m^3 yoğunlukta, %10 deformasyonda basma mukavemeti minimum 200 kPa, yanma sınıfı minimum B1 sınıfı olan ekspande polistiren köpük levhalar, minimum 30 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 kg/m^3 yoğunlukta taşıyünü levhalar kullanılabilir [9, 22].



- 1-Döşeme kaplaması
- 2-Yüzer şap
- 3-Bir kat serbest su yalıtım membranı
- 4-Isı yalıtımı
- 5-Döşeme
- 6-Sıva

Şekil 4.6 Ara kat döşemelerde ısı yalıtım uygulaması [24]

4.2.3. Açık geçit üzeri döşemelerde ısı yalıtımı

Bu tip döşemelerde ara kat döşemesi detayı 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. Ayrıca iki veya bir tarafı ahşap yn kaplı kompozit levhalar ile de ısı yalıtımı yapılabilir. Bu levhaların yüzlerinde çok güzel sıva tutan odun lifleri bulunduğundan, levhalar imento harç ile yapıştırılabilir ve geleneksel sıva ile kolayca sıvanabilir. Sıvadan önce, levhaların birleşim yerlerini sıva teli ile örtmek gerekir.

Açık geçit üzeri döşemelerde ısı yalıtım uygulamasının bir diğer yöntemi de ısı yalıtım levhalarının döşeme kalıbı içerisine yerleştirilmesi ve üzerine betonun dökülmesidir [9, 16].

4.3. Çatılarda Isı Yalıtım Uygulamaları

4.3.1. Kıрма atılarda ısı yalıtımı

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

atı katlarının üzerinde kimi zaman eğimli bir betonarme döşeme bulunmakla beraber, kimi zaman da doğrudan ahşap çatı konstrüksiyonu yer almaktadır. Eğimli betonarme döşeme ile örtülü çatı katlarında ısı yalıtımı döşemenin üzerine uygulanmaktadır. Döşeme üzerinde, genellikle çatı altı ahşap kadronları yer aldığı için, ısı yalıtımı da bu kadronların arasına döşenir. Isı yalıtım malzemesi olarak mineral yönlü ve polistren malzemeler uygulanabilir. Kadron ara mesafelerine uygun lde kesilen yalıtım malzemesi, çıplak ve serbest olarak döşenir. Eğimli betonarme döşeme üzerine yapılan ısı yalıtımı uygulamasında, ısı yalıtımının dış (st) yüzünün havalandırılması tavsiye edilir. Saaktan hava girişi, mahyadan da hava çıkışı

detaylandırılarak havanın sirkülasyonu sağlanabilir. Üzerine serilen su yalıtımı amaçlı örtü ardından çatı kaplaması yapılarak uygulama tamamlanır [25].

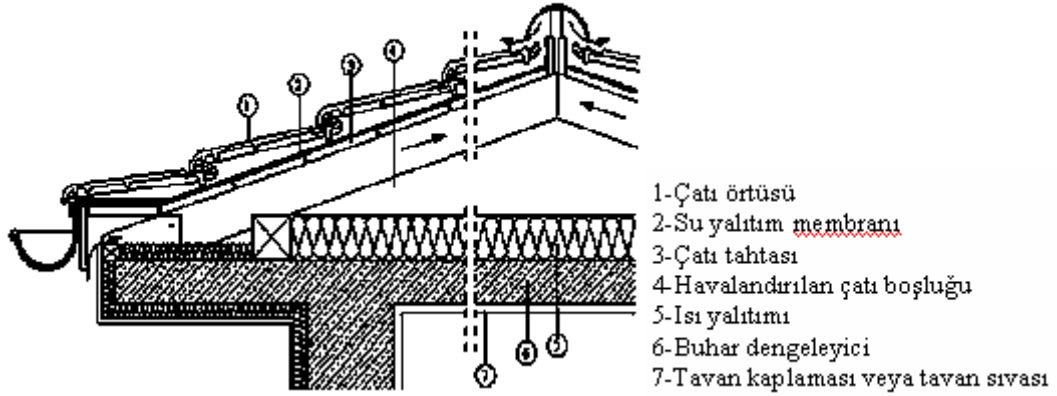
Çatı katı üzerinde, ahşap konstrüksiyon bulunan durumlarda mertek üzerinden, mertek arasından ve mertek altından yalıtım uygulamaları yapılmaktadır.

Mertek üzerinden ısı yalıtım uygulamalarında, belirlenen aralıklarda mertekler döşenir. Merteklerin ucuna alın tahtası çakılır ve ısı yalıtım levhaları mertekler üzerine yerleştirilir, levhalar merteklere çivi ile tutturulur. Nefes alan su yalıtım örtüsü, ek yerlerinde bini bırakılarak 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 [23].

Mertek arası uygulamalar için 50 cm genişlikte özel üretilen bir yüzü alüminyum folyo kaplı camyünü şilteler, hem ısı yalıtımı hem de buhar kesici ihtiyacını birlikte karşılamaktadır. Alüminyum folyonun şilte boyunca ve 5 cm genişlikte flaplarının olması; alüminyum folyo alt yüzeye gelecek şekilde mertek aralarına yerleştirilen şiltenin, folyonun flaplarından ahşap merteklerin alt yüzüne tel zımba ile tesbit edilerek kolay uygulanmasını sağlar. Burada da mertek yüksekliklerinin "Binalarda Isı Yalıtım Kurallarına" uygun hesaplanmış ısı yalıtım malzemesi kalınlığına göre belirlenmesi, uygulamada yalıtım malzemelerinin ezilerek hesaplanan kalınlıkların altına düşülmemesi ve ek yerlerinde ısı köprülerine neden olacak boşlukların bırakılmaması dikkat edilecek hususlar arasındadır.

Mertek altından yalıtım uygulamalarında, levhalar mertekler üzerine sabitlenir. Daha sonra alçı plaka veya lambri gibi bir iç yüzey kaplaması levhalar üzerine dübellenerek uygulama tamamlanır [25].



Şekil 4.7 Tavan arası döşeme üzerinde yapılan ısı yalıtım uygulaması [26]

İster ısıtma, ister soğutma uygulansın, yapıların tüm dış yüzeyleri ile, ısıtılmayan mekanlara bitişik yüzeylerinin ısı yalıtımlı olması gerekmektedir. Bu uygulama gerek iç konfor gerekse yakıt tasarrufu amacıyla yapılır. İşte bu yüzeylerden bir diğeri de, kullanılan çatı arası döşemesidir. Çatı arası döşemesi yoluyla gerçekleşen ısı geçişi ile çatı arası boşluğunun gereksiz yere ısıtılmasının veya soğutulmasının önlenmesi ve daha etkin enerji tasarrufu sağlanması amacıyla, kullanılan 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 olduğu yerde malzeme falçata ile kesilerek dikmenin etrafına sarılmalıdır. Sistemin rahat nefes alabilmesi için yalıtım malzemesinin üstü, çatıdan herhangi bir akmaya karşı önlem amaçlı yanıcı naylon veya bitümlü karton gibi malzemelerle örtülmemelidir. Çatı arası havalandırması saçaklarda hava girişi, mahyada hava çıkış boşluğu bırakılarak sağlanmalıdır [25].

Isı yalıtım malzemesi olarak mineral yün esaslı camyünü şilte seçimi halinde, malzemenin yüklenemez olması, çatı arasında asansör makina dairesi, imbisat deposu, çatı çıkış kapağı gibi yerlere ulaşmak için ahşap kadronlar üzerine çakılmış kalaslarla yürüme yolu yapılmasını ve kesinlikle camyünü şilte üzerinde yürünmemesini, üzerine ağırlık konulmamasını gerektirmektedir. Böyle bir uygulamada, ahşap kadronların yalıtım malzemesi kalınlığı ile uyumlu olmasına dikkat

edilmelidir. Çatı arası boşluğunun ardiye amaçlı kullanımı halinde ise; çatının yük taşıyacak kısmı diğer kısımlarla aynı kalınlıkta yalıtım sağlayacak şekilde, üzeri yükü yayacak bir malzeme ile kaplanmak kaydıyla basma mukavemeti yüksek yalıtım malzemeleri ile yalıtılabilir. Oturtma çatı yalıtım uygulamalarında "TS 825-Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" esas alınarak yalıtım malzemesi kalınlığı belirlenirken seçilecek yalıtım malzemesinin mineral yün esaslı camyünü şilte olması; ucuzluğu, hafifliği ve kolay işçiliği ile uygulama maliyetlerinde tasarruf sağlayacağı gibi, sıkıştırılabilirlik özelliği sayesinde uygulama kolaylığı, elyaf yapısı sayesinde ses yalıtımı ve yanmazlık özelliği ile yangın güvenliğini de sağlayacaktır [25].

4.3.2. Teras çatılarda ısı yalıtımı

Teras çatılar, bir yapının en kritik yerlerinden biridir. Yazın en çok güneş alan, kışın ise kar ve buz nedeniyle en uzun süreyle soğuğa maruz kalan kısımlardır. Bu nedenle, ısı yalıtımı mutlaka gereklidir. Yapılacak ısı yalıtımı sadece soğuğu ve sıcaklığı önlemekle kalmayıp aynı zamanda betonarme döşemeyi ısıl gerilmelerden ve tahribatlardan korur [16].

Teras çatılarda; ısı yalıtımı, su yalıtımı katmanı, koruyucu tabakalar ile tavan döşemesi bir bütün olarak (arasında hava boşluğu bırakılmaksızın) yer alırlar. Teras çatılarının yalıtımında; çatının kullanım amacı ile ısı yalıtım malzemesinin özelliklerine göre değişik detaylar uygulanabilir [27].

4.3.2.1. Geleneksel teras çatılarda ısı yalıtımı

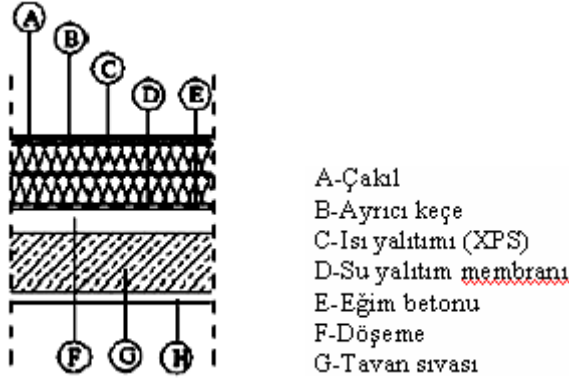
Geleneksel teras çatılarda, su yalıtım katmanı ısı yalıtımının üzerinde yer almaktadır. Gerek çift kat uygulanan bitüm esaslı membraların son katı, gerekse de tek kat uygulanan sentetik membranlar; gece/gündüz ve yaz/kış sıcaklık farkı sebebiyle oluşabilecek termal gerilmeleri azaltmak amacıyla güneş ışınını yansıtıcı bir bitiş tabakası ile korunmalıdır. Isı yalıtım malzemesi, su yalıtım malzemesinin yapıştırma sıcaklığına dayanıklı ve rijit olmalıdır. Su buharının, ısı yalıtımının içerisinde geçerek su yalıtım membranı altında birikmesi ve yoğuşması sonucu, ısı yalıtımının

işlevini kaybetmesini ve membranların tahrip olmasını 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 yalıtım katmanı üzerine eğim betonu dökülmeli ve su yalıtım malzemesi eğim betonun üzerine uygulanmalıdır. Böylece ısı yalıtım malzemesi yapıştırma sıcaklığından korunur ve yayılı yük altında rijitliği bozulmadan işlevini yerine getirir. Üzerinde gezilebilen teras çatılarda; su yalıtımı üzerine harç uygulanmadan önce mutlaka ayırıcı tabaka kullanılmalıdır. Ayırıcı tabaka kullanılması ile hem harç uygulaması esnasında su yalıtım malzemeleri korunur hem de farklı ısıl genleşmelere sahip malzemelerin su yalıtımına zarar vermesi önlenir. Ayrıca, ayırıcı tabakaların kullanılması sayesinde su yalıtım katmanları ile üzerine yapılan uygulamaların yapışması önlenir ve çatı tamir edilirken su yalıtımı korunmuş olur [27].

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. Betonarme döşemenin üzerine buhar yalıtımı görevi görecektir malzeme serildikten sonra, üzerinde taşıyacağı yayılı yükü karşılayacak basma mukavemetine sahip ısı yalıtım malzemesi serbest şekilde döşenir ve üstü su yalıtım örtüleri ile kapanır. Burada dikkat edilmesi gerekli önemli bir hususta, en üst yüzeyde dış ortamın (güneş-UV) etkilerine açık kalan örtünün (arduvaz kaplı örtüler, ayırıcı keçe ve şap) çeşitli kaplamalarla korunmasıdır [25].



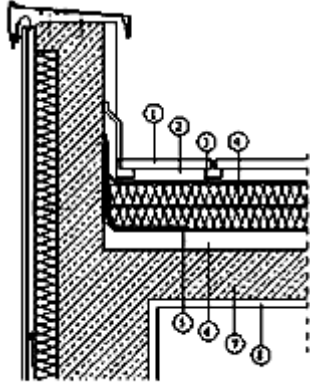
Şekil 4.8 Üzerinde gezilen teras çatılarda ısı yalıtım uygulaması[26]



Şekil 4.9 Üzerinde gezilmeyen teras çatılarda ısı yalıtım uygulaması[26]

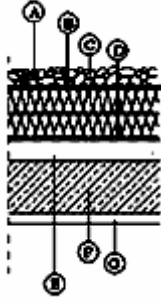
4.3.2.2. Ters teras çatılarda ısı yalıtımı

Bu sistemde ısı yalıtımı su yalıtımının üzerinde yer alır. Bu çatılar bu yerleşiminden ötürü ters teras çatı olarak anılırlar. Ters teras çatı yalıtımında; yüksek basma mukavemeti ve kapalı gözenek yapısı ile bünyesine su almama özelliklerine sahip ekstrüde polistiren esaslı ısı yalıtım malzemesi, bu özellikleri sayesinde su yalıtımının üzerinde yer alarak onu güneş, dış ortam (sıcaklık farklılıkları ve ısıl gerilmeler) ve mekanik etkilerden korur. Bu, su yalıtım malzemesinin kullanım ömrünü de uzatan bir faydadır. Su yalıtım malzemesi sıcak tarafta yer aldığından buhar kesici kullanılması gerekmez. Su yalıtım malzemesi olarak buhar geçirgenliği oldukça düşük olan bitümlü membranlarla uygulama yaparken; ilk kat su yalıtım örtüsü noktasal veya şeritsel yapıştırılmalı, su buharının birikerek su yalıtım örtüsü üzerinde noktasal basınç uygulaması önlenmelidir. Mevcut betonarme döşemenin üzerine parapetlerde 45° yukarı dönecek şekilde eğim betonu uygulanarak yüzeyin perdahlanması ardından; hem buhar kesici hem de su yalıtımı görevini yapacak su yalıtım örtüsü yüzeye uygulanır, üzerine "TS 825-Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" esas alınarak belirlenmiş kalınlıkta, taşıyacağı yüke göre hesaplanmış yeterli basma mukavemetine sahip ekstrüde polistiren ısı yalıtım levhaları serbest olarak (yapıştırılmadan) döşenir, üzeri ayırıcı keçe ve istenilen şekilde (çakıl, şap, bahçe) kaplanarak uygulama tamamlanır [23, 25].



- 1-Döşeme kaplaması
- 2-Karo takozları veya harç (Harç kullanılması durumunda altında çakıl katmanı uygulanmalıdır)
- 3-Ayrıncı keçe
- 4-Isı yalıtımı (XPS)
- 5-Su yalıtım membranı
- 6-Eğim betonu
- 7-Betonarme plak veya asmolen döşeme veya gazbeton döşeme paneli
- 8-Tavan sıvası

Şekil 4.10 Üzerinde gezilen ters teras çatılarda ısı yalıtım uygulaması [26]



- A-Çakıl
- B-Ayrıncı keçe
- C-Isı yalıtımı (XPS)
- D-Su yalıtım membranı
- E-Eğim betonu
- F-Betonarme plak veya asmolen döşeme veya gazbeton döşeme paneli
- G-Tavan sıvası

Şekil 4.11 Üzerinde gezilemeyen ters teras çatılarda ısı yalıtım uygulaması [26]

BÖLÜM 5. ÖRNEK KONUT PROJESİNİN ISI YALITIM ÇÖZÜMLERİ ve MALİYET ANALİZLERİ

Bu bölümde, TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Standardı esas alınarak, örnek bir bina için, standartlara uygun malzemeler kullanılarak, binanın yalıtımsız durumu, yalıtımlı uygulamaları ve ısı yalıtım uygulamalarının karşılaştırmalı maliyet analizleri incelenecektir.

Yapılan çalışmada örnek olarak alınan proje, TS 825 'e göre 2.Bölgede bulunan, aylık ortalama iç sıcaklık değeri 19 °C olarak alınan İstanbul Ümraniye 'de, klasik kolon-kiriş betonarme yapıya sahip, 16 mm ahşap doğrama pencereleri bulunan, 24 daireden oluşan Sur Yapı Selvice Evleri 'ne ait bir konut projesidir. Örnek konutun tatbikat projeleri Şekil A.1, Şekil A.2, Şekil A.3 tezin ekler bölümünde yer almaktadır.

Hesaplamalarda, İzoder (Isı Ses Su İzolasyoncuları Derneği) 'nin TS 825 Isı Yalıtım Hesap Programı kullanılarak projenin ilk olarak yalıtımsız, daha sonra standarda uygun optimum kalınlıkta ısı yalıtım malzemeleri kullanılarak yalıtımlı durumları için yıllık ısıtma enerjisi ve binanın özgül ısı kaybı hesapları yapılmıştır. Binanın yalıtımlı durumları için, alternatif ısı yalıtım sistemleri ile çözümler sunulmuştur. Bu hesapların yapılabilmesi için, hesap metodunda ısıtılan ortamın sınırları, bu ortamı dış ortamdaki ve eğer varsa ısıtılmayan iç ortamdaki ayıran duvar, döşeme, çatı, kapı ve pencerelerden oluşan ısı kaybeden alanların hesaplanması gerekmektedir. Binanın ısı kaybeden alanları Tablo 5.1 'de sunulmuştur.

Tablo 5.1 Örnek konut projesinin ısı kaybeden alanları

ISI KAYBEDEN ALANLAR		m ²
Dış Havaya Açık Duvar Alanı	Dolgu duvar	838,56 m ²
	Betonarme (kolon-kiriş)	720,38 m ²
Toprağa Temas Eden Duvar Alanı	Dolgu duvar	339,01 m ²
	Betonarme (kolon-kiriş)	
Isıtılmayan İç Ortama Bitişik Duvar Alanı	Dolgu duvar	-
	Betonarme (kolon-kiriş)	-
Tavan Alanı	Üzeri Açık	-
	Çatılı	281,25 m ²
Taban Alanı	Toprağa temas eden	580,00 m ²
	Isıtılmayan iç ortama bitişik	-
	Açık geçit üzeri	-
Pencere Alanı	Toplam	549,69 m ²
Kapı Alanı	Toplam	7,65 m ²

5.1. Örnek Konut Projesinin Yalıtım Yapılmadan Özgül Isı Kaybı ve Yıllık Enerji İhtiyacının Hesaplanması

Örnek konut projesinin ilk olarak yalıtımsız durumu için özgül ısı kayıpları ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesapları yapılmıştır.

TS 825 Isı Yalıtımı Hesap Programı kullanılarak oluşturulan Binanın Özgül Isı Kaybı tablosunda (Tablo A.1) örnek projede kullanılan yapı malzemelerinin kesit kalınlıkları, ısı iletkenlik ve direnç katsayıları gibi ilgili özellikleri belirtilmiş ve

konutun özgül ısı kayıpları hesaplanmıştır. Buna göre, konutun yapı bileşenlerinde iletim ve havalandırma yolu ile gerçekleşen ısı kayıplarının toplamı $H=16.840,89$ W/K 'dır. Tablo A.1 ekler bölümünde yer almaktadır.

TS 825 'te tanımlanan hesap metodu kullanılarak, ısıtma sisteminin iç ortama vermesi gereken ısı enerjisi miktarı belirlenmektedir. Örnek konut projesinin yalıtımsız durumu için, gerekli yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesabı yapılmıştır ve Tablo A.2 'de belirtilmiştir. Hesaplar sonucunda konutun $Q_{\text{yıl}}=690.919$ kWh enerji tükettiği belirlenmiştir. Bu alan ve hacimdeki bir konutun m^3 'ü için, TS 825 Isı Yalıtım Standardı 'nın sınırladığı enerji ihtiyacı $Q' =14,77$ kWh, bu bina için hesaplanan ısı ihtiyacı ise $Q=25,54$ kWh 'tır. Hesaplanan ısı ihtiyacı standardın sınırladığı enerji ihtiyacından fazla olduğundan binanın yalıtımsız durumu standarda uygun değildir. Tablo A.2 ekler bölümünde yer almaktadır.

Yapı bileşeni içinde su buharının gaz halinden sıvı hale geçmesi, yani yoğuşması ihtimali bulunmaktadır. Yoğuşma suyunun yapı bileşeni içinde kalması yerçekimi etkisiyle suyun akma veya damlamasına, küf ve mantar oluşumuna, betonarme kısımlarda korozyona neden olmaktadır. Bu nedenle yapı elemanı içerisinde yoğuşabilecek su miktarının hesaplanıp belli bir sınırın altında kalması sağlanmalıdır.

Dış hava ile temas eden betonarme, duvar ve çatı kısımlarının TS 825 Isı Yalıtım Hesap Programı 'yla Glaser usulüne göre yoğuşma analizleri yapılmış, Tablo A.3 ,Tablo A.4 ve Tablo A.5 'te yoğuşma çizelgeleri, Şekil A.4, Şekil A.5 ve Şekil A.6 'te yoğuşma grafikleri sunulmuştur.Yoğuşma grafiklerinde yapı bileşeni içerisinde su buharının yoğuşup yoğuşmadığı görülmektedir.Tablo A.3, Tablo A.4, Tablo A.5 ve Şekil A.4, Şekil A.5 , Şekil A.6 tezin ekler bölümünde yer almaktadır.

Betonarme kısımların yoğuşma grafiği Şekil A.4 incelendiğinde, yapı elemanının iki yüzü arasında yoğuşma meydana geldiği görülmektedir ve TS 825 Isı Yalıtım Kuralları 'nın yoğuşma analizine göre uygun değildir.

Dolgu duvar kesitinde yapılan analizlerde ise (Şekil A.5), su buharı kısmi basıncı doğrusu doymuş su buharı basıncı doğrusunu kestiği, yoğuşma oluştuğu görülmektedir. Ancak yoğuşma suyunun kütlesi, yapı bileşeni üzerindeki etkisini ve yapı bileşeninde herhangi bir hasar meydana gelmesini önleyecek ölçüde sınırlandırılmıştır. TS 825 'e göre tavan, duvar ve yapı bileşenlerinde oluşan yoğuşma suyu kütlesi, 1 kg/m² 'den ve buharlaşan suyun kütlesinden küçük olması durumunda standartlara uygundur. Dolgu duvar kesitinde de yoğuşma suyu kütlesi, 1 kg/m² 'den ve buharlaşan suyun kütlesinden küçük olduğundan standarda uygundur.

Kapalı çatı kısmının yoğuşma grafiği incelendiğinde (Şekil A.6), yoğuşma oluştuğu görülmektedir. TS 825 'e göre ahşap malzemelerdeki nem içeriğinin kütle cinsinden ifade edildiği durumda, ahşap malzemenin kütlesinin nem nedeniyle %5 'ten daha fazla artmasına müsaade edilmemiştir. Burada da yoğuşan suyun kütlesi 1 kg/m³ 'ten, buharlaşan suyun kütlesinden küçüktür ve ahşabın kütlesini %5 'ten fazla artırmamaktadır, bu nedenle standarda uygundur.

Örnek proje yalıtımsız durumda iken, bina için gerekli enerji ihtiyacı standardın sınırladığı enerji ihtiyacından fazla olduğu görülmüştür. Binanın betonarme kısımlarında ise yoğuşma meydana gelmiştir. Yalıtım yapılarak yapı bileşenlerinde yoğuşma oluşmadan binanın sağlıklı ve uzun ömürlü olması, dış etkenlere karşı korunması sağlanacaktır.

5.2. Örnek Konut Projesinin Isı Yalıtım Çözümleri

Örnek konut projesinde, farklı ısı yalıtım malzemeleri kullanılarak çeşitli ısı yalıtım çözümleri sunulmuştur. Duvarlarda ısı yalıtım sistemi olarak, üç farklı ısı yalıtım malzemesi ile dıştan ısı yalıtım sistemi, duvarlarda dolgu malzemesi gazbeton olmak üzere kolon ve kirişler dıştan ısı yalıtım sistemi uygulanmıştır. Toprağa temas eden duvarlarda ve tabanda, kapalı gözenekli, donmaya ve çözünmeye karşı dayanıklı oluşu, bünyesine su almama özelliği nedeniyle ekstrüde polistren ısı yalıtım malzemesi kullanılmıştır. Çatıda ise uygulama kolaylığı ve ekonomik oluşu nedeniyle alüminyum folyolu cam yünü şilte kullanılmıştır.

Tablo 5.2 Örnek konut projesinde uygulanan ısı yalıtım sistemlerinde kullanılan ısı yalıtım malzemeleri

	Sistem 1	Sistem 2	Sistem 3	Sistem 4
Dış Havaya Açık Duvar	Ekspande Polistren Levha	Ekstrüde Polistren Levha	Taş Yünü	Dolgu Duvar-Gazbeton Kolon ve Kiriş-Ekspande Polistren Levha
Toprağa Temas Eden Duvar	Ekstrüde Polistren Levha	Ekstrüde Polistren Levha	Ekstrüde Polistren Levha	Ekstrüde Polistren Levha
Toprağa Temas Eden Taban	Ekstrüde Polistren Levha	Ekstrüde Polistren Levha	Ekstrüde Polistren Levha	Ekstrüde Polistren Levha
Çatı	Alüminyum Folyolu Cam Yünü Şilte	Alüminyum Folyolu Cam Yünü Şilte	Alüminyum Folyolu Cam Yünü Şilte	Alüminyum Folyolu Cam Yünü Şilte

Yapılan çalışmada, uygulanan ısı yalıtım sistemlerinin maliyet analizleri de yer almaktadır. Maliyet analizleri yapılırken, çalışmanın gerçekçi olması açısından 2006 yılı Nisan ayı güncel piyasa fiyatları kullanılmıştır. Maliyetlerin güncelliğini koruması düşünülerek fiyatlar Dolar kuruna çevrilmiştir. Döviz kuru 1 Dolar (\$) = 1,35 YTL olarak alınmıştır. Fiyatlara KDV eklenmemiştir.

5.2.1. Ekspande polistren ile duvarlarda dıştan ısı yalıtım sistemi ve sistem maliyeti

Yalıtımda uygulanması tasarlanan ısı yalıtım malzemelerinin kalınlıkları, TS 825 Isı Yalıtım Yönetmeliği 'ne uygun olarak yapılacak ısı ve yoğuşma hesaplarından elde edilecek sonuçlara göre bulunmalıdır. Tablo A.7 'de, dış havaya açık betonarme ve dolgu duvarlarda 5 cm ekspande polistren levha, toprağa temas eden duvarlarda ve tabanda 3 cm ekstrüde polistren levha, çatılı tavan kısmında 10 cm cam yünü şilte olarak seçilen ısı yalıtım malzemelerinin kalınlıklarının hesaplamalar sonucunda standarda uygun olduğu belirlenmiştir.

Tablo 5.3 'te ekspande polistren ısı yalıtım malzemesi kullanılarak oluşturulan duvarlarda dıştan ısı yalıtım sisteminin maliyet analizi yer almaktadır. Maliyet analizi sonucunda, ısı yalıtım sisteminin örnek proje için maliyeti 47.040,20 YTL (34.844,59 \$) olarak bulunmuştur.

Tablo 5.3 Ekspande polistren ile oluşturulan dıştan ısı yalıtımı sistem maliyeti

	BİRİM	MİKTAR	BİRİM FİYAT (YTL)	m ² MALİYETİ (YTL)	KONUT TOPLAM SARFIYATI (m ²)	KONUT TOPLAM MALİYET (YTL)
ÇATI						
10 cm. Cam Yünü	m ²	1,05	1,90	2,00	281,25	562,50
TABAN						
3 cm Ekstrüde polistren	m ³	0,032	162,00	5,18	580,00	3.004,40
TOPRAĞA TEMAS EDEN DUVAR						
3 cm Ekstrüde polistren	m ³	0,032	162,00	5,18	339,01	1.756,07
DUVARLAR						
Yapıştırma Harcı	kg	5	0,42	2,10	1.558,94	3.273,77
EPS Isı Yalıtım Levhası (5 cm.)	m ²	1,05	3,69	3,87	1.558,94	6.033,10
Yüzey Sıvası	kg	5	0,46	2,30	1.558,94	3.585,56
Alkali dayanımlı donatı filesi (160 gr.)	m ²	1,1	1,5	1,65	1.558,94	2.572,25
Plastik çivili dübel	adet	6	0,12	0,72	1.558,94	1.122,44
Alüminyum köşe profili	mt	0,25	0,68	0,17	1.558,94	265,02
Su bazlı astar	lt	0,12	3,85	0,46	1.558,94	717,11
Orta tekstürlü saf akrilik son kat kaplama	lt	0,45	10,75	4,84	1.558,94	7.545,27
İşçilik	m ²	1	10,00	10,00	1.558,94	15.589,40
İskele	m ²	1	0,65	0,65	1.558,94	1.013,31
GENEL TOPLAM						47.040,20
						YTL
						34.844,59
						\$

Yalıtımsız bina için yapılan hesaplamalarda olduğu gibi, binanın yalıtımlı durumu için konutun özgül ısı kayıpları hesaplanmış ve Tablo A.6 'da belirtilmiştir. Bu tabloda yapı bileşenlerinde kullanılan malzemelerin özellikleri ve binada uygulanan ısı yalıtım metodu gösterilmektedir. Buna göre, konutun yapı bileşenlerinde iletim ve havalandırma ile gerçekleşen ısı kayıplarının toplamı $H=13.396,35$ W/K 'dır. Tablo A.6 ekler bölümünde yer almaktadır.

Hesaplamalar sonucunda konutun yılda tüketeceği enerji $Q_{yıl} = 439.002$ kWh olarak hesaplanmıştır. Bu konutta yeterli seviyede ısı yalıtımı sağlanması için hesaplanan ısı ihtiyacı ise $Q=14,73$ kWh/m³ 'tır. Bu alan ve hacimdeki bir konutun m³ 'ü için, TS 825 Isı Yalıtım Standardı 'nın sınırladığı enerji ihtiyacı daha önceden belirtildiği gibi $Q=14,77$ kWh/m³ 'tır. Hesaplanan ısı ihtiyacı standardın belirlediği enerji ihtiyacının altında olduğundan uygulanan ısı yalıtım projesinin standarda uygundur. Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Tablosu (Tablo A.7) ekler bölümünde yer almaktadır.

Dış hava ile temas eden betonarme, duvar ve çatı kısımlarının yine TS 825 Isı Yalıtım Hesap Programı 'yla Glaser usulüne göre yoğuşma analizleri yapılmış ve Tablo A.8, Tablo A.9 ve Tablo A.10 'da yoğuşma çizelgeleri, Şekil A.7, Şekil A.8 ve Şekil A.9 'da yoğuşma grafikleri sunulmuştur. Tablo A.8, Tablo A.9, Tablo A.10 ve Şekil A.7, Şekil A.8 ve Şekil A.9 ekler bölümünde yer almaktadır.

Betonarme, duvar ve çatı kısımlarının yoğuşma grafikleri Şekil A.7, Şekil A.8 ve Şekil A.9 incelendiğinde, su buharı kısmi basıncı doğrusu ile doymuş su buharı basıncı doğrusunu kesmediği, bu yapı bileşenlerinde yoğuşma oluşmadığı görülmektedir.

Görüldüğü gibi, yalıtım yapılarak dış duvarların iç yüzeylerinde yoğuşma, kararma, küflenme gibi problemleri ortadan kaldırarak rutubetsiz sağlıklı ortamlar oluşturulabilmekte, binamızın özellikle betonarme kısımlarını etkileyen yoğuşma ve korozyon risklerini ortadan kaldırarak binamızın ekonomik ömrünü arttırabilmekteyiz.

5.2.2. Ekstrüde polistren ile duvarlarda dıştan ısı yalıtım sistemi ve sistem maliyeti

Betonarme ve dolgu duvarlarda 4 cm ekstrüde polistren levha kullanılarak oluşturulan sistemde, toprağa temas eden duvarlarda ve toprağa temas eden tabanda 3 cm ekstrüde polistren levha, çatılı tavan kısmında 10 cm cam yünü şilte olarak seçilen ısı yalıtım malzemelerinin kalınlıklarının hesaplamalar sonucunda standarda uygun olduğu belirlenmiştir ve Tablo A.12 'de sunulmuştur.

Tablo 5.4 Ekstrüde polistren ile oluşturulan dıştan yalıtımı sistem maliyeti

	BİRİM	MİKTAR	BİRİM FİYAT (YTL)	m ² MALİYETİ (YTL)	KONUT TOPLAM SARFIYAT (m ²)	KONUT TOPLAM MALİYET (YTL)
ÇATI						
10 cm. Cam Yünü	m ²	1,05	1,90	2,00	281,25	562,50
TABAN						
3 cm Ekstrüde polistren	m ³	0,032	162,00	5,18	580,00	3.004,40
TOPRAĞA TEMAS EDEN DUVAR						
3 cm Ekstrüde polistren	m ³	0,032	162,00	5,18	339,01	1.756,07
DUVARLAR						
Yapıştırma Harcı	kg	5	0,42	2,10	1.558,94	3.273,77
XPS Isı Yalıtım Levhası (4 cm.)	m ²	1,05	7,20	7,56	1.558,94	11.785,59
Yüzey Sıvası	kg	5	0,46	2,30	1.558,94	3.585,56
Alkali dayanımlı donatı filesi (160 gr.)	m ²	1,1	1,5	1,65	1.558,94	2.572,25
Plastik çivili dübel	adet	6	0,12	0,72	1.558,94	1.122,44
Alüminyum köşe profili	mt	0,25	0,68	0,17	1.558,94	265,02
Su bazlı astar	lt	0,12	3,85	0,46	1.558,94	717,11
Orta tekstürlü saf akrilik son kat kaplama	lt	0,45	10,75	4,84	1.558,94	7.545,27
İşçilik	m ²	1	10,00	10,00	1.558,94	15.589,40
İskele	m ²	1	0,65	0,65	1.558,94	1.013,31
TOPLAM						
GENEL TOPLAM						52.792,59
						YTL
						39.105,70 \$

Tablo 5.4 'te ise ekstrüde polistren ısı yalıtım malzemesi kullanılarak oluşturulan duvarlarda dıştan ısı yalıtım sisteminin maliyet analizi yer almaktadır. Maliyet analizi sonucunda, ısı yalıtım sisteminin örnek proje için maliyeti 52.792,59 YTL (39.105,70 \$) olarak bulunmuştur.

Binanın özgül ısı kayıpları, konutun ekstrüde polistren levha kullanılarak uygulanan ısı yalıtımlı durumu için hesaplanmış ve Tablo A.11 'de sunulmuştur. Buna göre, konutun yapı bileşenlerinde iletim ve havalandırma yolu ile gerçekleşen ısı kayıplarının toplamı $H=13.371,33$ W/K 'dır. Tablo A.11 ekler bölümünde yer almaktadır.

Yapılan hesaplamalar sonucunda konutun yılda tüketeceği enerjinin $Q_{yıl} = 437.608$ kWh, hesaplanan ısı ihtiyacı ise $Q=14,66$ kWh olduğu görülmüştür. Sonuçlar Yıllık Isıtma İhtiyacı Tablosu 'nda (Tablo A.12) sunulmuştur. Daha önce de belirtildiği gibi bu alan ve hacimdeki bir konutun m^3 'ü için, TS 825 Isı Yalıtım Standardı 'nın sınırladığı enerji ihtiyacı $Q=14,77$ kWh 'tır. Hesaplanan ısı ihtiyacı standardın belirlediği enerji ihtiyacından az olduğu için uygulanan ısı yalıtım projesi standarda uygundur. Tablo A.12 ekler bölümünde yer almaktadır.

Konutun betonarme, duvar ve çatı kısımlarının yoğuşma analizleri yapılmış ve Tablo A.13, Tablo A.14 ve Tablo A.15 'te yoğuşma çizelgeleri, Şekil A.10, Şekil A.11 ve Şekil A.12 'da yoğuşma grafikleri sunulmuştur. Tablo A.13, Tablo A.14, Tablo A.15 ve Şekil A.10, Şekil A.11 ve Şekil A.12 ekler bölümünde yer almaktadır.

Şekil A.10, Şekil A.11 ve Şekil A.12 incelendiğinde betonarme, duvar ve çatı kısımlarının hiçbirinde yoğuşma oluşmadığı görülmektedir.

5.2.3. Taş yünü ile duvarlarda dıştan ısı yalıtım sistemi ve sistem maliyeti

Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Tablosu 'nda gösterilen hesaplamalar sonucunda, betonarme ve dolgu duvarlarda 5 cm taş yünü, toprağa temas eden duvarlarda ve tabanda 3 cm ekstrüde polistren levha, çatılı tavan kısmında 10 cm cam yünü şilte olarak seçilen ısı yalıtım malzemelerinin kalınlıklarının hesaplamalar sonucunda standarda uygun olduğu belirlenmiştir.

Tablo 5.5 Taş yünü ile oluşturulan dıştan ısı yalıtımı sistem maliyeti

	BİRİM	MİKTAR	BİRİM FİYAT (YTL)	m ² MALİYETİ (YTL)	KONUT TOPLAM SARFIYAT (m ²)	KONUT TOPLAM MALİYET (YTL)
ÇATI						
10 cm. Cam Yünü	m ²	1,05	1,90	2,00	281,25	562,50
TABAN						
3 cm Ekstrüde polistren	m ³	0,032	162,00	5,18	580,00	3.004,40
TOPRAĞA TEMAS EDEN DUVAR						
3 cm Ekstrüde polistren	m ³	0,032	162,00	5,18	339,01	1.756,07
DUVARLAR						
Yapıştırma Harcı	kg	5	0,42	2,10	1.558,94	3.273,77
Taş Yünü Levha (5 cm.)	m ²	1,05	8,25	8,66	1.558,94	13.500,42
Yüzey Sıvası	kg	5	0,46	2,30	1.558,94	3.585,56
Alkali dayanımlı donatı filesi (160 gr.)	m ²	1,1	1,5	1,65	1.558,94	2.572,25
Çelik çivili dübel	adet	6	0,36	2,16	1.558,94	3.367,31
Alüminyum köşe profili	mt	0,25	0,68	0,17	1.558,94	265,02
Su bazlı astar	lt	0,12	3,85	0,46	1.558,94	717,11
Orta tekstürlü saf akrilik son kat kaplama	lt	0,45	10,75	4,84	1.558,94	7.545,27
İşçilik	m ²	1	10,00	10,00	1.558,94	15.589,40
İskele	m ²	1	0,65	0,65	1.558,94	1.013,31
TOPLAM						
GENEL TOPLAM						55.037,46
						YTL
						40.768,49 \$

Tablo 5.5 'te ise taş yünü ısı yalıtım malzemesi kullanılarak oluşturulan duvarlarda dıştan ısı yalıtım sisteminin maliyet analizi yer almaktadır. Isı yalıtım sisteminin örnek proje için maliyeti 55.037,46 YTL (40.768,49 \$) olarak bulunmuştur.

Tablo A.16 'da sunulan Binanın Özgül Isı Kayıpları Tablosu 'nda yapılan hesaplamalara göre, konutun yapı bileşenlerinde iletim ve havalandırma yolu ile gerçekleşen ısı kayıplarının toplamı $H=13.409,08$ W/K 'dır. Tablo A.16 ekler bölümünde yer almaktadır.

Tablo A.17 'de konutun taş yünü ile yalıtılması durumunda yılda tüketileceği enerjinin $Q_{yıl} = 430.175$ kWh, konut için hesaplanan ısı ihtiyacı ise $Q=14,76$ kWh olduğu görülmüştür. Hesaplanan ısı ihtiyacı, standardın sınırladığı $Q=14,77$ kWh 'ın altında olduğundan uygulanan ısı yalıtım projesinin standarda uygundur. Tablo A.17 ekler bölümünde yer almaktadır.

Diğer yalıtım sistemlerinde olduğu gibi betonarme, duvar ve çatı kısımlarının yoğuşma analizleri yapılmış ve Tablo A.18, Tablo A.19 ve Tablo A.20 'de yoğuşma çizelgeleri, Şekil A.13, Şekil A.14 ve Şekil A.15 'da yoğuşma grafikleri sunulmuştur. (Tablo A.18, Tablo A.19, Tablo A.20 ve Şekil A.13, Şekil A.14 ve Şekil A.15 tezin ekler bölümünde yer almaktadır.)

Şekil A.13, Şekil A.14 ve Şekil A.15 yoğuşma grafikleri incelendiğinde betonarme, duvar ve çatı kısımlarının hiçbirinde yoğuşma oluşmadığı görülmektedir.

5.2.4. Duvarlar gazbeton, kolon ve kirişler ekspande polistren ile dıştan ısı yalıtım sistemi ve sistem maliyeti

Örnek konut projesinde, dolgu duvarların 30 cm gazbeton olduğu, kolon ve kirişlerin ekspande polistren levha ile yalıtılması düşünülerek oluşturulan sistemin standarda uygunluğu incelenmiştir.

Isı yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlik katsayıları $0,065$ W/mK 'dan küçüktür ve bu değer üzerinde malzemeler yapı malzemeleri olarak adlandırılmaktadırlar.

Gazbetonun ısı iletkenlik katsayısı TS 825 Ek 5 'e göre 0,15-0,30 W/mK arasındaki değerlerdedir ve yapı malzemeleri grubuna girmektedirler.

Tablo A.22 'deki hesaplamalar sonucunda, dolgu duvarlarda 30 cm gazbeton olmak üzere, betonarme kısımlarda 6 cm ekspande polistren levha, toprağa temas eden duvarlarda ve tabanda 3 cm ekstrüde polistren levha, çatılı tavan kısmında 10 cm cam yünü şilte olarak seçilen ısı yalıtım malzemelerinin kalınlıklarının standarda uygun olduğu belirlenmiştir.

Tablo 5.6 'te görülen ısı yalıtım sisteminin maliyet analizi sonucunda, sistem maliyetinin 38.297,52 YTL (28.368,53 \$) olduğu görülmektedir.

Tablo A.21 'de sunulan Binanın Özgül Isı Kayıpları Tablosu 'nda yapılan hesaplamalara göre, konutun yapı bileşenlerinde iletim ve havalandırma yolu ile gerçekleşen ısı kayıplarının toplamı $H=13.364,83$ W/K 'dır.Tablo A.21 ekler bölümünde yer almaktadır.

Tablo A.22 'de konutun taş yünü ile yalıtılması durumunda yılda tüketileceği enerjinin $Q_{yıl} =437.246$ kWh, konut için hesaplanan ısı ihtiyacı ise $Q=14,64$ kWh olduğu görülmüştür. Hesaplanan ısı ihtiyacı standardın sınırladığı $Q=14,77$ kWh 'ın altında olduğundan uygulanan ısı yalıtım projesinin standarda uygundur. Tablo A.22 ekler bölümünde yer almaktadır.

Diğer yalıtım sistemlerinde olduğu gibi betonarme, duvar ve çatı kısımlarının yoğuşma analizleri yapılmış ve Tablo A.23, Tablo A.24 ve Tablo A.25 'de yoğuşma çizelgeleri, Şekil A.16, Şekil A.17 ve Şekil A.18 'da yoğuşma grafikleri sunulmuştur. Tablo A.23, Tablo A.24, Tablo A.25 ve Şekil A.16, Şekil A.17 ve Şekil A.18 tezin ekler bölümünde yer almaktadır.

Şekil A.16 'da betonarme kısımların yoğuşma grafiği incelendiğinde, betonarme kısımlarda dıştan ısı yalıtımı yapıldığı ve bu kısımlar sıcak tarafta kaldığı için yoğuşma oluşmadığı gözlenmektedir.

Tablo 5.6 Gazbeton dolgu duvarlar, kolon ve kirişler ekspande polistren ile oluşturulan dıştan ısı yalıtımı sistem maliyeti

	BİRİM	MİKTAR	BİRİM FİYAT (YTL)	m ² MALİYETİ (YTL)	KONUT TOPLAM SARFIYAT (m ²)	KONUT TOPLAM SARFIYAT (YTL)
ÇATI						
10 cm. Cam Yünü	m ²	1,05	1,90	2,00	281,25	562,50
TABAN						
3 cm Ekstrüde polistren	m ³	0,032	162,00	5,18	580,00	3.004,40
TOPRAĞA TEMAS EDEN DUVAR						
3 cm Ekstrüde polistren	m ³	0,032	162,00	5,18	339,01	1.756,07
DUVARLAR						
Yapıştırma Harcı	kg	5	0,42	2,10	720,38	1.512,80
EPS Isı Yalıtım Levhası	m ²	1,05	4,38	4,60	720,38	3.313,75
Yüzey Sıvası	kg	5	0,46	2,30	720,38	1.656,87
Alkali dayanımlı donatı filesi (160 gr.)	m ²	1,1	1,5	1,65	720,38	1.188,63
Çelik çivili dübel	adet	6	0,36	2,16	720,38	1.556,02
Alüminyum köşe profili	mt	0,25	0,68	0,17	720,38	122,46
Su bazlı astar	lt	0,12	3,85	0,46	720,38	331,37
Orta tekstürlü saf akrilik son kat kaplama	lt	0,45	10,75	4,84	720,38	3.486,64
İşçilik	m ²	1	10,00	10,00	720,38	7.203,80
İskele	m ²	1	0,65	0,65	720,38	468,25
Gazbeton Fiyat Farkı	m ²	1	14,47	14,47	838,56	12.133,96
GENEL TOPLAM						38.297,52
						YTL
						28.368,53 \$

Dolgu duvar yoğuşma grafiği Şekil A.17 'de kaba sıva ile gazbeton dolgu duvar birleşim yüzeyinde doğrular kesişmiş ve yüzey boyunca yoğuşma oluşmuştur. Ancak yoğuşma suyu kütlesi, 1 kg/m² 'den ve buharlaşan suyun kütlesinden küçük olduğundan standarda uygun çıkmıştır.

Şekil A.18 çatı kısımlarının yoğuşma grafiği incelendiğinde, çatının herhangi bölümünde yoğuşma gerçekleşmediği görülmektedir.

Gazbeton blok içerisinde bulunan hava kabarcıkları nedeniyle yoğuşan suyu bünyesinde tutabilmektedir. Yoğuşma analizlerinde görüldüğü gibi, gazbeton bloklar ısı yalıtımı sağlamasına rağmen yoğuşma oluşumuna sebep olmaktadır. Bu durum yalıtımın performansını olumsuz yönde etkilemektedir ve daha önceden de belirtildiği gibi bina sağlığı açısından uygun değildir.

5.3. Isı Yalıtım Sistem Maliyetlerinin Karşılaştırılması

Örnek konut projesi için uygulanan ısı yalıtım sistemlerinin maliyet analizleri bir önceki bölümlerde sunulmuştur. Dış havaya açık duvarlarda 5 cm ekspande polistren levha, toprağa temas eden duvarlarda ve tabanda 3 cm ekstrüde polistren levha, çatıda 10 cm alüminyum folyolu cam yünü kullanılarak oluşturulan ısı yalıtım sisteminin maliyeti 47.040,20 YTL (34.844,59 \$), çatı, toprağa temas eden duvar ve tabanda uygulanan ısı yalıtım malzemeleri aynı kalmak üzere dış havaya açık duvarlarda 4 cm ekstrüde polistren ısı yalıtım malzemesi kullanılması durumunda sistem maliyeti 52.792,59 YTL (39.105,70 \$), 5 cm taş yünü kullanılması durumunda maliyet 55.037,46 YTL (40.768,49 \$), gazbeton dolgu duvar kolon-kirişler ekspande polistren ile dıştan ısı yalıtımı yapıldığında sistem maliyeti 38.297,52 YTL (28.368,53 \$) olarak hesaplanmıştır.24 daireden oluşan örnek konutta daire başına düşen ısı yalıtım sistem maliyetleri ise sırasıyla; 1.960,01 YTL (1.451,86 \$), 2.199,69 YTL(1.629,40 \$), 2.293,23 YTL (1.698,69 \$) ve 1.595,73 YTL (1.182,02 \$) 'dir.

Konutta uygulanan ısı yalıtım sistemleri maliyet açısından karşılaştırıldıklarında, maliyeti en yüksek olan sistem dış havaya açık duvarlarda taş yünü kullanılan sistem, en düşük maliyetli sistem ise gazbeton dolgu duvar olmak üzere kolon-kirişler ekspande polistren ile duvarların dıştan yalıtıldığı sistem olduğu görülmektedir. En düşük maliyetli sistemin dolgu duvarların gazbeton olarak uygulandığı sistem olmasına rağmen, yapı bileşeninde oluşabilen yoğuşma oluşumunun önüne geçilememiştir. Ekspande polistren ile oluşturulan ısı yalıtım sistemi, ekstrüde

polistrene göre 1 cm fazla kalınlıkta ekspande polistren kullanılarak aynı yalıtım görevini görmekte ve maliyette yaklaşık olarak %11 daha uygun fiyata gelmektedir. Yapı bileşenlerinde yoğuşma oluşmadan standartlara uygun maliyeti en düşük sistem ekspande polistren kullanılan ısı yalıtım sistemidir.

Ekstrüde polistren ve ekspande polistren levhaların imalatları sırasında kullanılan yanma geciktirici maddeler, bu malzemelerin yanıcılık sınıflarını iyileştirmektedir, ancak yanmaz hale getirmemektedir. Taş yününün ısı yalıtımının yanında ses ve yangın yalıtımı sağladığı düşünüldüğünde, maliyetin diğer sistemlere göre yüksek olmasına rağmen, konutun yalıtımı için en uygun sistem olduğu söylenebilmektedir.

Konutun yalıtımsız ve uygulama yapılan farklı ısı yalıtım sistemleri için, TS 825 Isı Yalıtım Hesap Programı kullanılarak bulunan bir yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçları ve bir yılda binanın harcayacağı doğalgaz miktarı Tablo 5.7 'de verilmiştir.

Binalarda ısı yalıtımı yapılması, binanın ısıtılması için gerekli olan yakıt miktarını önemli ölçüde azaltmaktadır. Tablo 5.7 'ye göre, binanın yalıtımsız durumuna göre konutta bir yılda tasarruf edilen doğalgaz bedeli, 5 cm ekspande polistren ile oluşturulan ısı yalıtım sistemi uygulandığında 11.554,40 YTL, 4 cm ekstrüde polistren kullanılarak oluşturulan ısı yalıtım sisteminde 11.618,64 YTL, 5 cm taş yünü ile uygulandığında 11.546,92 YTL, dolgu duvar malzemesi olmak üzere kolon ve kirişler dıştan ekspande polistren kullanılması durumunda ise 11.634,92 YTL 'dir.

Yapılan analizlerde görüldüğü gibi, doğalgaz bedelinde konutun yalıtım yapılmış durumunda hiç yalıtım yapılmamış durumuna göre ortalama olarak %42 oranında tasarruf edileceği anlaşılmıştır.

Bina ısı yalıtımında ilk düşünülen yapı maliyetini arttıracak yönündedir. Yapılan hesaplamalar göstermektedir ki, bir yapıda ısı yalıtımı uygulandığında, yalıtım ilk bina yatırımı artmakta, ancak ısıtma için gerekli enerji ihtiyacı azalarak, yalıtım giderini karşılamakta, zaman içerisinde kazanca geçilmektedir. Isı yalıtım sistem maliyeti bir yılda tasarruf edilen doğalgaz bedeline bölünerek yalıtım sistemlerinin

	Birim	Yalıtımsız Konut	Duvarlarda Dıştan EPS ile Isı Yalıtımı	Duvarlarda Dıştan XPS ile Isı Yalıtımı	Duvarlarda Dıştan Taş Yünü ile Isı Yalıtımı	Duvarlarda Gazbeton+ Kolon-Kiriş Dıştan EPS ile Isı Yalıtımı
			*Taban 3cm. XPS *Çatı Cam Yünü Şilte *Toprak temaslı duvar 3 cm. XPS	*Taban 3cm. XPS *Çatı Cam Yünü Şilte *Toprak temaslı duvar 3 cm. XPS	*Taban 3cm. XPS *Çatı Cam Yünü Şilte *Toprak temaslı duvar 3 cm. XPS	*Taban 3cm. XPS *Çatı Cam Yünü Şilte *Toprak temaslı duvar 3 cm. XPS
Yıllık Enerji İhtiyacı	kWh	690.919	439.002	437.608	439.175	437.246
Smurlandırılan Isı İhtiyacı	kWh/m ³	14,77	14,77	14,77	14,77	14,77
Hesaplanan Isı İhtiyacı	kWh/m ³	25,54	14,73	14,66	14,76	14,64
Yıllık Enerji İhtiyacı	kCal	594.190.340	377.541.720	376.342.880	377.690.500	376.031.560
Yıllık Doğalgaz İhtiyacı	m ³	72.023	45.763	45.617	45.780	45.580
Doğalgaz İçin Yıllık Harcama	YTL	31.690,12	20.135,72	20.071,48	20.143,20	20.055,20
Tasarıf Edilen Doğalgaz Tutarı	YTL	-	11.554,40	11.618,64	11.546,92	11.634,92
Isı Yalıtım Sistem Maliyeti	YTL	-	47.040,20	52.792,59	55.037,46	38.297,52
Geri Dönüş Süreleri	Yıl	-	4,07	4,54	4,76	3,29

1 kWh = 860 kcal
1 m³ doğalgaz = 8.250 kcal
1 m³ doğalgaz bedeli = 0,44 YTL

Tablo 5.7 Örnek projede uygulanan ısı yalıtım sistemlerinin analiz tablosu

geri dönüş süreleri bulunmuştur. Buna göre, ekspande polistren ile oluşturulan sistemin geri dönüş süresi 4,07 yıl, ekstrüde polistren ile oluşturulan sistemin 4,54 yıl, taş yünü ile uygulanan sistem için 4,76 yıl ve son olarak gazbeton dolgu duvar, kolon kirişler ekspande polistren ile uygulanan ısı yalıtım sisteminin geri dönüş süresi 3,29 yıldır. Ayrıca, ısı kaybının azalması nedeniyle ısıtma sisteminde kullanılacak radyatör alanları, boru çaplarında azalma olacağından ısıtma sisteminin ilk maliyetinde de bir azalma sağlanacaktır.

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı 'nın 2006 yılı yapı yaklaşık birim maliyetlerine göre IV. Sınıf A grubu yapılara giren konut projesinin m² maliyeti 430,00 YTL 'dir. Apartman tipi bu konutta daire başına maliyetin 430,00 YTL * 140 m² =60.200,00 YTL olduğu düşünüldüğünde, daire başına düşen ısı yalıtım maliyetinin daire toplam maliyetinin %3,8 'i gibi küçük bir oran olduğu görülmektedir. İnşaat sırasında yalıtım uygulamasının getireceği ekstra maliyet ısıtma sisteminin ilk maliyetindeki azalma ve yıllık yakıt tüketimi maliyetindeki azalmayla karşılanacaktır.

Yapı bileşenleri kaliteden uzak, ısı yalıtım yönetmeliğine uyulmadan yapılan yapı grubu, ülkemiz enerji tüketiminde büyük kayıplara yol açmaktadır. Tüm ısı yalıtımı uygulamalarında genel amaç, yapıda iç ve dış mekanlar arasındaki ısı transferini azaltmak, ısı yalıtımını en etkili ve en ekonomik şekilde gerçekleştirmek, böylelikle yapıyı dış etkenlerden korumak ve enerjiyi en iyi şekilde değerlendirmektir.

BÖLÜM 6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Enerji, teknolojinin hızla geliştiği günümüz dünyasında, hayatımızın ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Bununla birlikte, doğal kaynaklarımızın hızla tükenmesi, çevre kirliliği ile birlikte ekolojik dengenin bozulmaya başlaması ve enerji üretiminin yüksek maliyeti bizi enerji tasarrufu konusunda daha duyarlı olmaya itmektedir. Ülkemizde, enerjinin büyük bölümü sanayide ve konutlarda tüketilmekte, konutlardaki enerjinin büyük bir kısmı ise ısınma için kullanılmaktadır.

Enerjinin üretiminden, teminine, alternatif enerji kaynaklarının bulunmasından, maliyetine ve de tasarrufuna yönelik çok geniş çaplı çalışmalar ve araştırmalar yapılmaktadır. 1998 'de yürürlüğe giren ve 2000 yılından itibaren binalarda ısı yalıtımı zorunluluğu getiren TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı ile, yeni projelerde standartlara uygun malzemeler, doğru detay çözümleri ve uygun kalınlıklarda ısı yalıtım malzemeleri kullanılarak enerji verimli binalar oluşturabilmekteyiz.

Bu çalışmada, örnek bir bina projesinde, TS 825 Isı Yalıtım Kuralları' na uygun alternatif ısı yalıtım malzemeleri kullanılarak dıştan ısı yalıtım sistemleri oluşturulmuştur. İlk olarak 'TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları' na göre mevcut binanın ısı yalıtımsız durumdaki yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ve binanın özgül ısı kaybı hesapları yapılmıştır. Yapılan çalışmaların ışığında, dış duvarlarda dıştan ısı yalıtım sistemi uygun görülmüş ve ısı yalıtım malzemesi olarak ekspande polistren, ekstrüde polistren ve taş yünü yalıtım malzemeleri seçilmiştir. Ayrıca dolgu duvarlarda gazbeton uygulanarak kolon kirişler dıştan ekspande polistren ile yalıtım çözümleri sunulmuş, bu çözümlerin maliyetleri ve avantajları incelenmiştir.

Yapılan tez çalışması içerisinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiş ve özetlenmiştir;

Isı yalıtımında kullanılan malzemelerin standartlara uygun olması, kullanılan detaya göre malzeme seçimi, ısı yalıtım malzemelerinin minimum kalınlık tayinlerinin doğru yapılması, bina sağlığı, yalıtımın performansı ve yalıtımın maliyeti açısından büyük önem taşımaktadır.

Ekstrüde polistren levhalar kapalı gözenekli hücre yapısı sayesinde suya ve neme karşı dayanımı, yüksek basınç mukavemetine sahip olması nedeniyle özellikle ters teras çatılar, toprağa temas eden duvarlar ve döşemelerin yalıtılmasında kullanılması uygundur. Dış cephede de kullanılan diğer malzemelerle kıyaslandığında aynı kalınlıkta daha yüksek verim alınmaktadır. Ancak, duvarların dıştan yalıtımında kullanılan sıva, dış ortamın değişen sıcaklığı ile şekil değişimlerine maruz kaldıklarında ekstrüde polistren boyutsal kararlılığı sebebiyle sıvada çatlak oluşumuna neden olabilmektedirler. Bu açıdan dış hava ile temas eden yüzeylerde kullanılması tercih edilmemelidir.

Ekspande polistren levhalar diğer dış cephe ısı yalıtım malzemelerine göre aynı yalıtım görevini daha düşük maliyetlerde gerçekleştirebilmektedirler. Basınç dayanımı istenen toprağa temas eden duvarlar ve döşemelerde ekspande polistren levhalar kullanılması durumunda ekspande polistren yüksek yoğunluklu olmalıdır. Ekspande polistren yalıtım plakalarının boyutsal kararlılığa ulaşması için yaklaşık 6-7 haftalık bir dinlendirilme süresinin beklenilmesi gerekmektedir. Mantolamada kullanılacak ekspande polistren TS 7316 'ya göre min. 15 kg/m³ yoğunlukta ve DIN 4102 'ye göre B1 zor alev alan sınıfta olmalıdır.

Dolgu duvarlarda uygulanan gazbeton uygulanması durumunda kolon ve kirişlerin dıştan yalıtımı durumunda, ısı yalıtımı gerçekleşse de yapı fiziği açısından zararlı olan yoğunlaşma oluşumuna engel olunamamaktadır.

Taş yünü ısı yalıtım malzemesinin maliyeti diğer ısı yalıtım malzemelerinin maliyetine oranla daha yüksek olmasına rağmen, istenmeyen dış ortam ya da hacimler arası iç ortam gürültüsünü önlemesi, yangın anında can ve malı koruyarak yangın güvenliğini artırması açısından diğer ısı yalıtım malzemelerinin önüne geçmektedir.

Konutlarda ısı kayıplarının çok olduğu dış duvarlarda, ısı yalıtım sistemleri arasında en uygun çözüm, duvarların dıştan yalıtımıdır. Bu çözümde, ısı köprülerine izin verilmemekte, binaların özellikle betonarme kısımlarını etkileyen yoğuşma ve korozyon risklerini ortadan kaldırmaktadır. Bunun yanında dış duvarların iç yüzeylerinde yoğuşma, kararma gibi problemlerin ortadan kalkarak rutubetsiz sağlıklı ortamlar oluşturulması sağlanmaktadır. Örnek bina projesinde de, kolon, kiriş ve duvarlar dıştan tamamen yalıtıldığından dolayı yönetmeliğe uygun yoğuşma sonuçları elde edilmiştir.

Isı yalıtım sistemleri, binaları atmosferik şartlara karşı koruyarak, yapı elemanlarının farklı iklim koşullarında oluşabilecek genleşme ve büzülme gibi çevresel etkenlerden daha az zarar görmesini sağlayarak, bina sağlığını artırmakta ve binaların servis ömrünü uzatmaktadır.

Örnek bina projesinde, alternatif ısı yalıtım çözümleri ile yalıtımsız durumu karşılaştırıldığında, binanın ısı yalıtımsız halindeki yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının, yalıtımlı duruma göre daha fazla olduğu görülmüştür. Yapılan bu incelemede, konutlarda ısı kayıplarının çok olduğu dış duvarların ısı yalıtımı ile ısıtma enerjisi tüketiminde %38 oranında azalma sağlanabileceği anlaşılmıştır. Kış aylarında ısı kayıplarının önlenmesinin yanında, yaz aylarında da ısı kazançları önlenerek, soğutma enerjisi ihtiyacının azalması yapılacak ısı yalıtımı ile sağlanacaktır.

Yapılan hesaplamalar, yapının ömrü düşünüldüğünde, ısı yalıtımının tasarruflu olduğunu göstermektedir. Isı yalıtımı için yapılan yatırım maliyetinin bina maliyetine yaklaşık oranının % 3,8, yatırım maliyetinin geri dönüş sürelerinin 4 – 5 yıl arasında olduğu görülmüştür. Ayrıca, ısıtma sisteminde kullanılacak malzemelerin boyutlarındaki küçülmeler, ısıtma sisteminin ilk maliyetinde de bir azalma sağlayacaktır.

Yakıt kullanımı sonucunda oluşan ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri bulunan hava kirliliğinde, ısı yalıtımı ile yakıtta sağlanan tasarrufla önemli ölçüde azalmalar sağlanacaktır.

Mevcut yapılarda yapılacak iyileştirmeler ve yeni yapılacak yapıların şartnamelere uygun olarak ısı yalıtım sistemlerinin uygulanması ile bu alanda tasarruf edilecek enerji miktarı oldukça önemli ve ülke ekonomisinin geleceğini yönlendirecek güçtedir. Bu nedenle, ısı yalıtımının önemi topluma anlatılmalı ve bilinçli bir toplum oluşturulması için çalışılmalıdır.

Bugün ülkemizde yalıtım konusunda, proje aşamasında, yalıtım kalınlıklarına, ısı köprülerine, yoğunlaşma hesabına dikkat edilmemesi gibi hataların yanında, özellikle uygulayıcıların yanlış bilgilerinden dolayı yalıtım malzemelerinin kullanıldığı yerlerde ve montajında önemli hatalar yapılmaktadır. Isı yalıtımının amacına uygun ve etkin olarak kullanımının sağlanabilmesi için, ısı yalıtımı konusunda teknik kişiler ve uygulayıcılar yetiştirilmeli, bu konu ile ilgili gerekli kurs ve seminer imkanları sağlanmalıdır. Tüketiciler ise, kullanabilecekler en uygun malzemeyi seçebilmek için gerekli araştırmaları en iyi şekilde yapıp, yetkili kuruluşlardan yardım almalıdırlar.

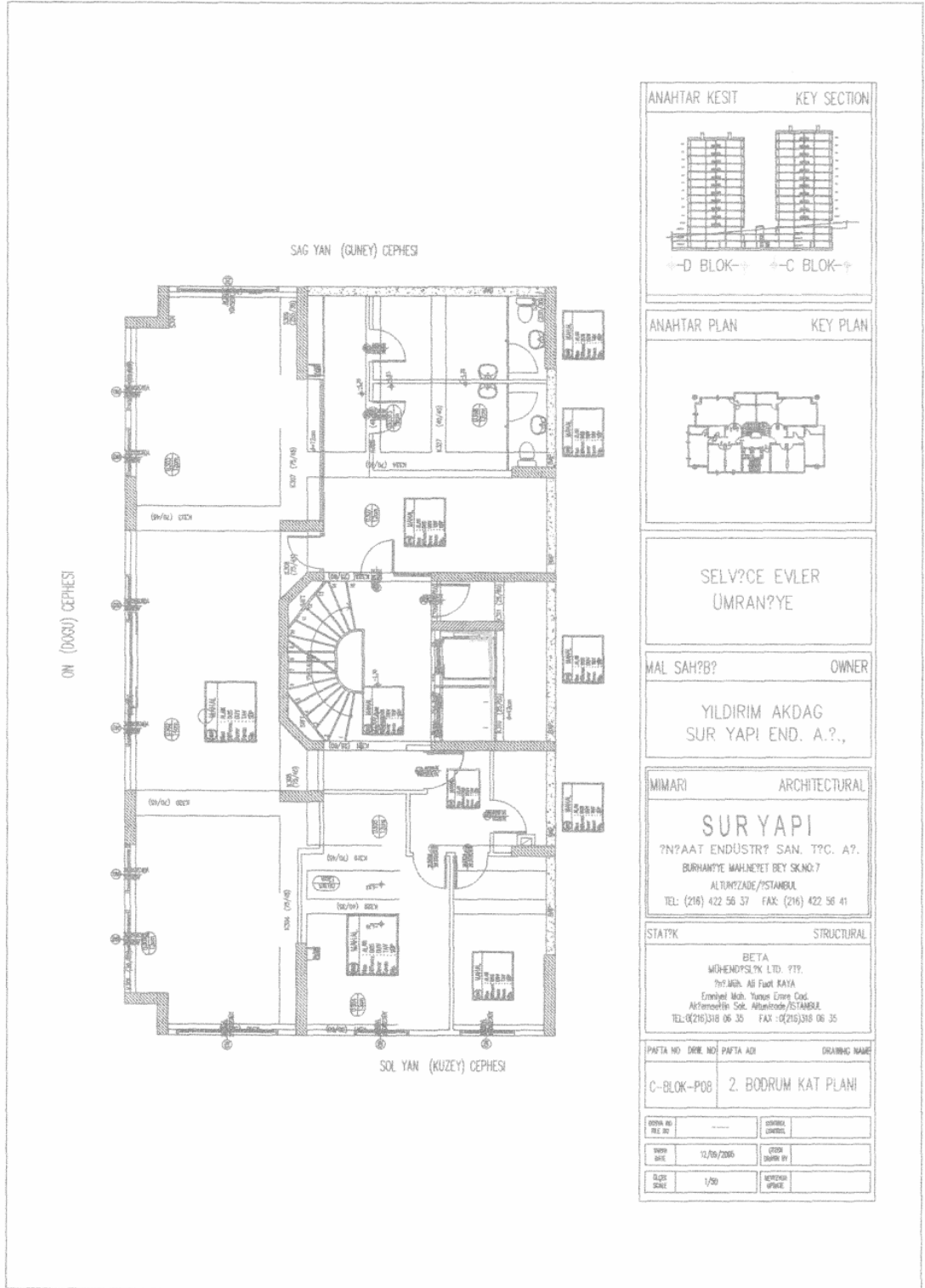
Sonuç olarak; yeni ve mevcut yapılarımızda ısı yalıtım uygulamaları yaparak, enerji kaynaklarının verimli şekilde kullanılmasıyla enerji tasarrufunun yanında, konutlarda sağlık ve konfor şartlarının sağlanmasını, sağlam ve daha uzun ömürlü yapılara kavuşmamızı, hava kirliliğinin azalması ile çevrenin korunmasında büyük katkılar sağlamış oluruz.

KAYNAKLAR

- [1] EKİNCİ, C.E. , Yalıtım Teknikleri, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul, 2003
- [2] ÜNAL, S., Bina Duvar Isı Yalıtım Sistemleri ve Ekstrüde Polistren İle TS825 'e Uygun Bina Yalıtım Çözümleri Üzerine Bir İnceleme, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2002
- [3] İZODER(Isı, Ses ve Su İzolasyoncuları Derneği), T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Yapı Denetim Kuruluşları Yalıtım Seminerleri,13 Mayıs-11 Haziran 2003
- [4] ÖZER, M., Yapılarda Isı-Su Yalıtımları, Özer Yayınları, İstanbul, 1982
- [5] <http://www.izoder.org.tr>
- [6] İzocam Tic. San. A.Ş., Yaşanabilir Çevre İçin Yalıtım, İzocam Diyalog Dergisi, Nisan-Mayıs -Haziran 2005
- [7] KARAKOÇ H., Enerji Ekonomisi, Demirdöküm Yayınları,1993
- [8] YALÇIN H., KOÇ T., Korozyon ve Katodik Koruma,Ankara,1995
- [9] KARAGÖZ N., ŞENKAL SEZER F., Betonarme Döşemelerde Isı Yalıtım Uygulamaları, Şantiye Dergisi, 2004, Sayı:197, S:52-53
- [10] YENER B.,Binalarda-Sanayide Isı İzolasyonu ve Olumlu Sonuçları, İzolasyon Dünyası Dergisi, Sayı:52, S:50
- [11] EVCİL N., Isı İzolasyonu ve Dış Duvarların Enerji Etkin Yenilenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2000
- [12] DAĞSÖZ, A.K., Yapılarda Isı Yalıtımı ve Buhar Geçişi,Emre Matbaacılık, İstanbul, 1991
- [13] İzocam Tic. San. A.Ş., Mineral Yünlerle Yalıtım, İzocam Diyalog Dergisi, Ekim-Kasım-Aralık 2003, S:2-3
- [14] ERTAŞ K., Isı Yalıtım Malzemeleri Ve Isı Yalıtım Detayları, İzolasyon Dünyası Dergisi, Sayı:33, S:18-23

- [15] GÜÇ A., Yapılarda Ekstrüde Polistren Isı Yalıtımı, İzolasyon Dünyası Dergisi, , Sayı:52, S:30-31
- [16] POLİSTREN ÜRETİCİLERİ DERNEĞİ, Isı Yalıtımında Beyaz Güç Kitapçığı
- [17] http://onlineboyaci.com/izo_isi.html
- [18] www.izoder.org.tr/dergi/46/OZPOR_2.htm
- [19] DAĞSÖZ A.K.,Konutlarda Ekonomik Isınma El Kitabı, İzocam Tic. San. A.Ş Yayınları, İstanbul,2002
- [20] <http://www.izocam.com.tr>
- [21] http://www.izoder.org.tr/docs/isi_giris.pdf
- [22] İZOCAM Ticaret ve Sanayi A.Ş., Isı-Teknik-Ses-Yangın Yalıtımı, İzocam Ticaret ve Sanayi A.Ş. Yayınları, İstanbul, 2002
- [23] ODE Yalıtım Sanayi ve Ticaret A.Ş., Firma ürün ve tanıtım katalogları.
- [24] http://www.izoder.org.tr/docs/isi_dosemeler.pdf
- [25] KARASU T., BÜYÜKLÜ K., Çatılarda Yalıtımın Önemi ve Konutlarda Uygulama Örnekleri, İzolasyon Dünyası Dergisi, Sayı:40, S:33-39
- [26] http://www.izoder.org.tr/docs/isi_catilar.pdf
- [27] <http://www.arkitera.com>

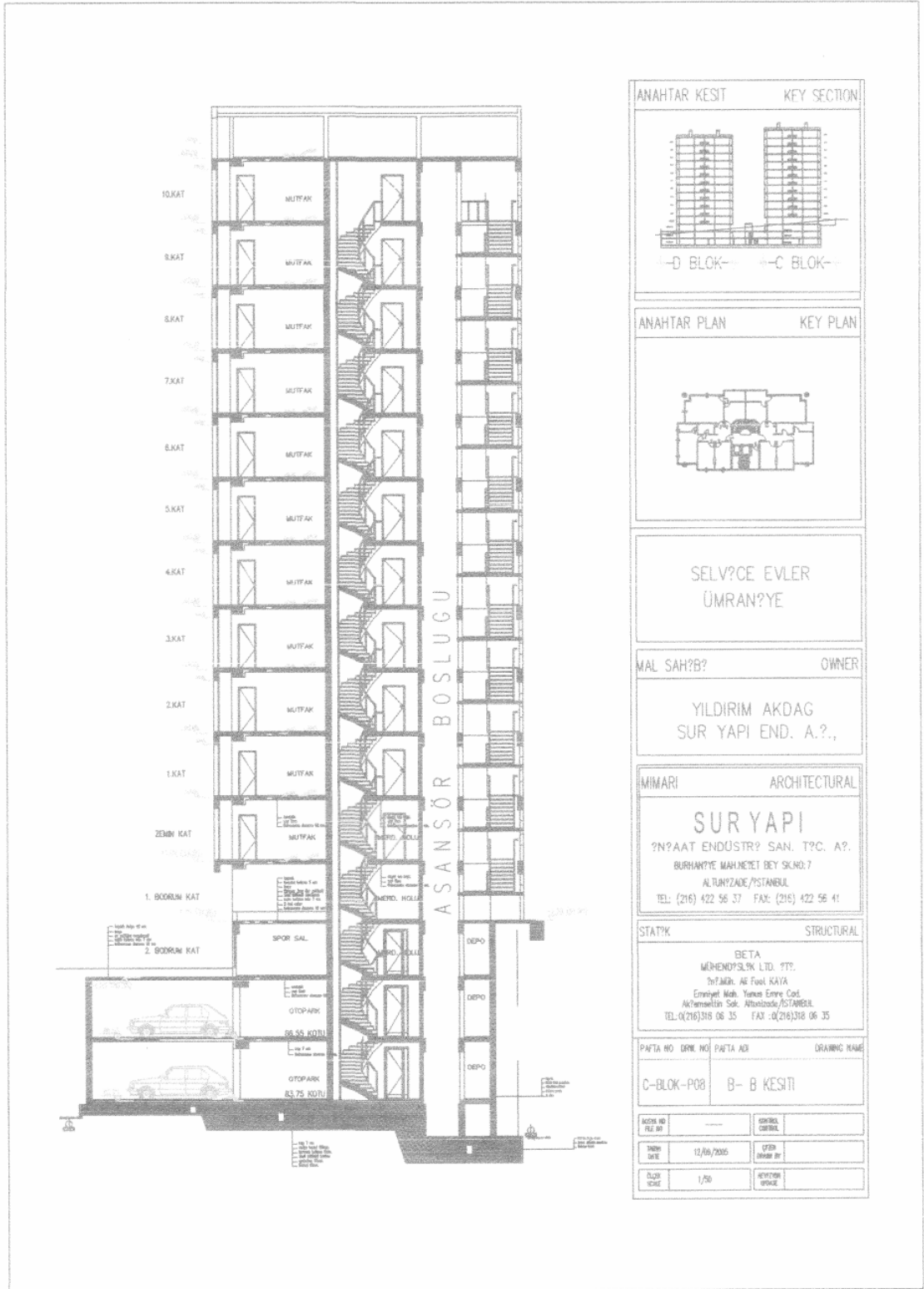
EKLER



Şekil A.1 Örnek proje bodrum kat planı



Şekil A.2 Örnek proje ön cephe görünüşü



Şekil A.3 Örnek proje B-B kesiti

Tablo A.1 Yalıtımsız binanın özgül ısı kaybı

Binanın Özgül Isı Kaybı Hesabı

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI			Yapı elemanının kalınlığı d (m)	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h (W/mK)	$d/\lambda, 1/\alpha$ (m ² K/W)	Isı iletkenlik katsayısı U (W/m ² K)	Isı kaybedilen yüzey A m ²	Isı kaybı A x U (W/K)
DUVAR (hıç havaya açık)	1/ α i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13			
DUVAR 1	+1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,020	0,870	0,023			
	71 3 1	Normal harç kullanılarak AB sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	0,135	0,350	0,386			
	+2	Çimento harcı	0,030	1,400	0,021			
	1/ α d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı dış			0,04			
TOPLAM					0,60	1,666	838,56	1 397,04
DUVAR (hıç havaya açık)	1/ α i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13			
DUVAR 2	+1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,020	0,870	0,023			
	51 2	Normal beton, (TS 500'e uygun), doğal agrega veya macun kullanılarak yapılmış betonlar (Donatısız)	0,250	1,740	0,144			
	+2	Çimento harcı	0,030	1,400	0,021			
	1/ α d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı dış			0,04			
TOPLAM					0,36	2,792	720,38	2 011,30
DUVAR (toprağa temas eden)	1/ α i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,17			
DUVAR 1	+1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,020	0,870	0,023			
	51 1	Normal beton, (TS 500'e uygun), doğal agrega veya macun kullanılarak yapılmış betonlar (Donatılı)	0,250	2,100	0,119			
	+2	Çimento harcı	0,030	1,400	0,021			
	1/ α d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı dış			0,08			
TOPLAM					0,29	0,5 x 2,998	339,01	508,18
TAVAN (çahh)	1/ α i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13			
TAVAN 1	8 2 2 1	Yatık yongalı levhalar (TS 180, TS 1617)	0,050	0,130	0,385			
	9 2 2 2	Bitümlü karton	0,005	0,190	0,026			
	1/ α d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı dış			0,08			
TOPLAM					0,62	0,8 x 1,610	281,25	362,25
TABAN (toprağa oturan/çift ortam)	1/ α i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,17			
TABAN 1	4 4	Çimento harçlı şap	0,050	1,400	0,036			
	51 1	Normal beton, (TS 500'e uygun), doğal agrega veya macun kullanılarak yapılmış betonlar (Donatılı)	1,000	2,100	0,476			
	1/ α d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı dış			0,08			
TOPLAM					0,64	0,5 x 1,466	580,00	425,14
FENCERE						2,600	549,69	1 429,19
KAPI						4,000	7,65	30,60
Yapı elemanlarından iletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı toplamı :							6 163,70	W/K

$$H = H_i + H_h$$

$$H_i = 6.163,70 \quad W/K$$

$$H_h = 10.677,2 \quad W/K$$

$$H = 16.840,89 \quad W/K$$

Tablo A.2 Yalıtımsız binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı

YILLIK ISITMA ENERJİSİ İHTİYACI

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H = H_i + H_h$ (W/K)	$T_i - T_d$ (K.C)	$H(T_i - T_d)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_g (W)	$\phi_t = \phi_i + \phi_g$ (W)			
OCAK	16.840,89	16,7	281.242	64.710	7.376	72.086	0,26	0,98	545.869.290
ŞUBAT		15,5	261.033		9.554	74.264	0,28	0,97	489.880.016
MART		12,8	215.563		12.489	77.199	0,36	0,94	370.645.476
NİSAN		7,4	124.622		14.024	78.734	0,63	0,80	159.757.401
MAYIS		2,2	37.049		17.307	82.017	2,21	0,36	19.499.304
HAZİRAN		0,0	0		18.392	83.102	0,00	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		17.837	82.547	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		16.270	80.980	0,00	0,00	0
EYLÜL		0,4	6.736		12.921	77.631	11,52	0,00	0
EKİM		5,9	99.361		9.808	74.518	0,75	0,74	114.612.226
KASIM		10,9	183.565		7.050	71.760	0,39	0,92	304.678.713
ARALIK		15,1	254.297		6.389	71.099	0,28	0,97	480.377.874
$Q_{yl} = \sum Q_{ay} =$								2.485.320.300	

$$Q_{yl} = 0,278 \times 1/1000 \times 2.485.320.300 = 690.919 \text{ kWh}$$

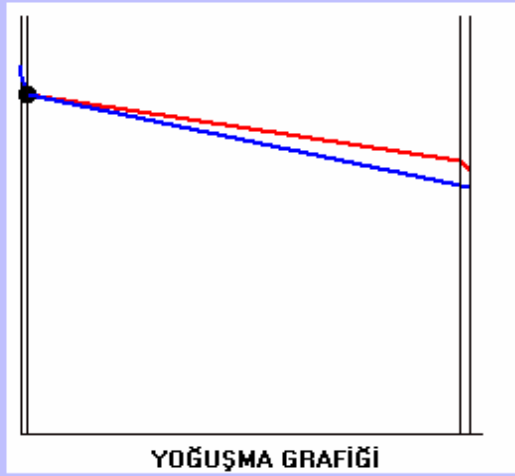
$$\text{Bu bina için sınırlandırılan enerji ihtiyacı } Q' = 14,77 \text{ kWh/m}^3$$

$$\text{Bu bina için hesaplanmış olan ısı ihtiyacı } Q = 25,54 \text{ kWh/m}^3$$

$Q > Q'$ olduğundan bu bina için yapılmış olan ısı yalıtım projesi standarda uygun değildir.

Tablo A.3 Yalıtımsız binanın betonarme kesiti yoğuşma çizelgesi

Sütun no	1	2	3	4	5	6	7	8		
Sıra no	TABAKA	Tabaka kalınlığı	Su buharı difüzyon direnç katsayısı	Difüzyon dengi hava tabakası kalınlığı	Isıl iletkenlik hesap değeri	Yüzeysel ısı iletim direnci, malzemenin ısı direnci	Sıcaklık	Doymuş su buharı basıncı		
	$1/\alpha_i$	d (m)	μ	S_d (m)	λ_h (W/mK)	$d/\lambda, 1/\alpha$ (m ² K/W)	T (°C)	P _s (Pa)		
	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)	-	-	-	-	0,13	20	2340		
1	4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	15	0,3	0,87	10,2	1245		
2	5.1.2	Normal beton, (TS 500'e uygun), doğal agregaya veya micir kullanılarak yapılmış betonlar (Donatısız)	0,25	70	17,5	1,74	8,47	1108,85		
3	4.2	Çimento harcı	0,03	15	0,45	1,4	-2,39	501,53		
	$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)	-	-	-	-	-3,97	438,79		
							-10	260		
		$\Sigma S_d =$	18,25	m	$U =$	2,513	W/m ² K	$q =$	75,39	W/m ²



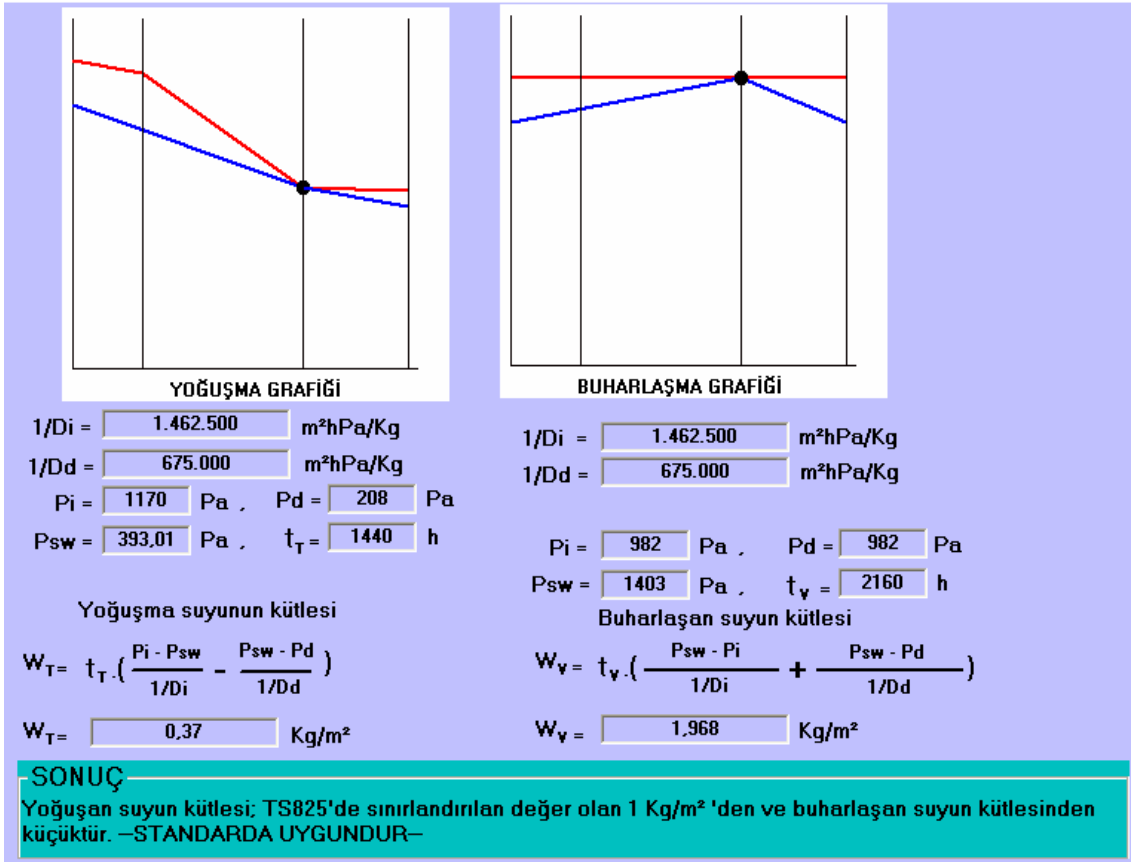
DİKKAT

Bu yapı bileşeninin iç yüzeyinde yoğuşma gerçekleşmiştir

Şekil A.4 Yalıtımsız binanın betonarme kesiti yoğuşma ve buharlaşma grafiği

Tablo A.4 Yalıtımsız binanın dolgu duvar kesiti yoğuşma çizelgesi

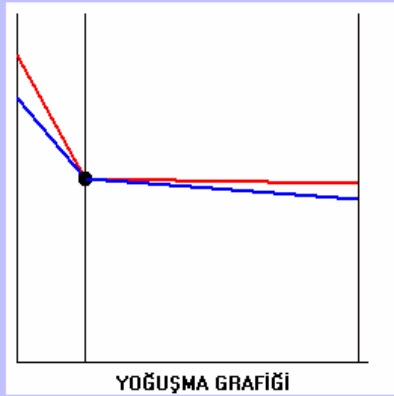
Sütun no	1	2	3	4	5	6	7	8	
Sıra no	TABAKA		Tabaka kalınlığı	Su buharı difüzyon direnç katsayısı	Difüzyon dengi hava tabakası kalınlığı	Isıl iletkenlik hesap değeri	Yüzeysel ısı iletim direnci, malzemenin ısı direnci	Sıcaklık	Doymuş su buharı basıncı
	$1/\alpha_i$		d (m)	μ	Sd (m)	λ_h (W/mK)	$d/\lambda, 1/\alpha$ (m ² K/W)	T (°C)	Ps (Pa)
		Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)	-	-	-	-	0,13	20	2340
1	4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	15	0,3	0,87	0,023	13,91	1590,39
2	7.1.3.1	Normal harç kullanarak AB sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	0,135	5	0,675	0,35	0,386	12,83	1482,39
3	4.2	Çimento harcı	0,03	15	0,45	1,4	0,021	-5,26	393,01
		Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)	-	-	-	-	0,08	-6,24	361,2
			$\Sigma Sd =$ 1,425 m	$U =$ 1,562 W/m ² K	$q =$ 46,86 W/m ²				



Şekil A.5 Yalıtımsız binanın dolgu duvar kesiti yoğuşma ve buharlaşma grafiği

Tablo A.5 Yalıtımsız binanın çatı kesiti yoğuşma çizelgesi

Sütun no	1	2	3	4	5	6	7	8				
Sıra no		TABAKA	Tabaka kalınlığı	Su buharı difüzyon direnç katsayısı	Difüzyon dengi hava tabakası kalınlığı	Isıl iletkenlik hesap değeri	Yüzeysel ısı iletim direnci, malzemenin ısı direnci	Sıcaklık	Doymuş su buharı basıncı			
			d (m)	μ	Sd (m)	λ_h (W/mK)	$d/\lambda, 1/\alpha$ (m ² K/W)	T (°C)	Ps (Pa)			
	$1/\alpha_i$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)	-	-	-	-	20	2340				
1	8.2.2.1	Yatık gongalı levhalar (TS 180, TS 1617)	0,05	50	2,5	0,13	0,385	13,72	1570,9			
2	9.2.2.2	Bitümlü karton	0,005	2000	10	0,19	0,026	-4,88	406,01			
	$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)	-	-	-	-	0,08	-6,14	364,34			
							-10	260				
$\Sigma Sd =$			12,5	m	$U =$		1,61	W/m ² K	$q =$		48,3	W/m ²



$$1/D_i = 3.750.000 \text{ m}^2\text{hPa/Kg}$$

$$1/D_d = 15.000.000 \text{ m}^2\text{hPa/Kg}$$

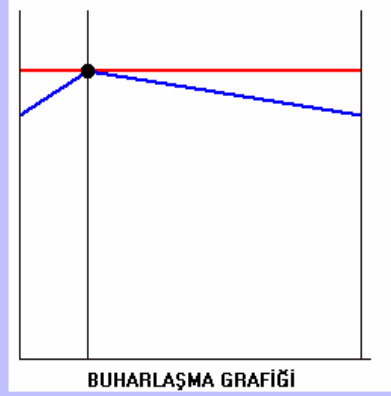
$$P_i = 1170 \text{ Pa}, \quad P_d = 208 \text{ Pa}$$

$$P_{sw} = 406,01 \text{ Pa}, \quad t_T = 1440 \text{ h}$$

Yoğuşma suyunun kütlesi

$$W_T = t_T \cdot \left(\frac{P_i - P_{sw}}{1/D_i} - \frac{P_{sw} - P_d}{1/D_d} \right)$$

$$W_T = 0,274 \text{ Kg/m}^2$$



$$1/D_i = 3.750.000 \text{ m}^2\text{hPa/Kg}$$

$$1/D_d = 15.000.000 \text{ m}^2\text{hPa/Kg}$$

$$P_i = 982 \text{ Pa}, \quad P_d = 982 \text{ Pa}$$

$$P_{sw} = 1403 \text{ Pa}, \quad t_v = 2160 \text{ h}$$

Buharlaştırma suyunun kütlesi

$$W_v = t_v \cdot \left(\frac{P_{sw} - P_i}{1/D_i} + \frac{P_{sw} - P_d}{1/D_d} \right)$$

$$W_v = 0,303 \text{ Kg/m}^2$$

SONUÇ

Yoğuşan suyun kütlesi; TS825'de sınırlanmış olan 1 Kg/m² 'den ve buharlaşan suyun kütlesinden küçüktür. —STANDARDA UYGUNDUR—

Şekil A.6 Yalıtımsız binanın çatı kesiti yoğunlaşma ve buharlaşma grafiği
Tablo A.6 Ekspande polistren ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın özgül ısı kaybı hesabı

Binanın Özgül Isı Kaybı Hesabı

BINADAKİ YAPIELEMANLARI			Yapı elemanının kalınlığı d (m)	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_k (W/mK)	d/λ_k (m ² K/W)	Isı iletkenlik katsayısı U (W/m ² K)	Isı kaybedilen yüzey A m ²	Isı kaybı A x U (W/K)
DUVAR (dış havaya açılı) DUVAR 1	1/α i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13			
	+1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,020	0,870	0,023			
	7131	Normal harç kullanılarak AB sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	0,135	0,350	0,386			
	10211	Polistiren - partiküler köpük (TS 7316)	0,050	0,040	1,250			
	+2	Çimento harcı	0,005	1,400	0,004			
1/α d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)				0,04			
TOPLAM					1,83	0,545	838,56	457,02
DUVAR (dış havaya açılı) DUVAR 2	1/α i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13			
	+1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,020	0,870	0,023			
	511	Normal beton, (TS 500'e uygun), doğal agrega veya macır kullanılarak yapılmış betonlar (Donatılı)	0,250	2,100	0,119			
	10211	Polistiren - partiküler köpük (TS 7316)	0,050	0,040	1,250			
	+2	Çimento harcı	0,005	1,400	0,004			
1/α d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)				0,04			
TOPLAM					1,57	0,638	720,38	459,60
DUVAR (toprağa temas eden) DUVAR 3	1/α i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,17			
	+1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,020	0,870	0,023			
	511	Normal beton, (TS 500'e uygun), doğal agrega veya macır kullanılarak yapılmış betonlar (Donatılı)	0,250	2,100	0,119			
	9224	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,030	0,190	0,158			
	9225	Cam tili amatirli polimer bitümlü membran	0,002	0,190	0,011			
	10222	Yüzeysel düzgün (ciltli) levhalar	0,030	0,028	1,071			
1/α d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)				0,08			
TOPLAM					1,51	0,5 x 0,644	339,10	109,19
TAVAN (çatı) TAVAN 1	1/α i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13			
	+3	Alçı karton plâkalar (TS 452'ye uygun)	0,013	0,210	0,062			
	18214	Akümüryum	0,001	204,000	0,000			
	104	Mineral ve bitkisel lifli yalıtım malzemeleri (TS 901)	0,100	0,040	2,500			
	8221	Yatak yongalı levhalar (TS 180, TS 1617)	0,050	0,130	0,385			
	9222	Bitümlü karton	0,002	0,190	0,011			
1/α d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)				0,08			
TOPLAM					3,17	0,8 x 0,315	281,25	70,88
TABAN (toprağa temas eden) TABAN 1	1/α i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,17			
	+4	Çimento harçlı şap	0,050	1,400	0,036			
	10222	Yüzeysel düzgün (ciltli) levhalar	0,030	0,028	1,071			
	9223	Cam tili amatirli bitümlü pestil	0,002	0,190	0,011			
	9224	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,003	0,190	0,016			
511	Normal beton, (TS 500'e uygun), doğal agrega veya macır kullanılarak yapılmış betonlar (Donatılı)	1,000	2,100	0,476				
1/α d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)				0,08			
TOPLAM					1,74	0,5 x 0,561	580,00	162,69
PENCERE						2,600	549,69	1.429,19
KAPI						4,000	7,65	30,60
Yapı elemanlarından iletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı toplamı :							2.719,17	W/K

$$H = H_i + H_b$$

$$H_i = 2.719,17 \quad W/K$$

$$H_b = 10.677,2 \quad W/K$$

$$H = 13.396,35 \quad W/K$$

Tablo A.7 Ekspande polistren ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın yıllık ısıtma enerji ihtiyacı

YILLIK ISITMA ENERJİ İHTİYACI

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H = H_i + H_h$ (W/K)	$T_i - T_d$ (K,C)	$H(T_i - T_d)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_g (W)	$\phi_t = \phi_i + \phi_g$ (W)			
OCAK	13.396,35	15,7	210.322	64.710	7.376	72.086	0,34	0,95	367.650.057
ŞUBAT		14,5	194.247		9.554	74.264	0,38	0,93	324.470.396
MART		11,8	158.076		12.489	77.199	0,49	0,87	235.646.159
NİSAN		6,4	85.736		14.024	78.734	0,92	0,66	87.535.883
MAYIS		1,2	16.075		17.307	82.017	5,10	0,00	0
HAZİRAN		0,0	0		18.392	83.102	0,00	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		17.837	82.547	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		16.270	80.980	0,00	0,00	0
EYLÜL		0,0	0		12.921	77.631	0,00	0,00	0
EKİM		4,9	65.642		9.808	74.518	1,14	0,58	58.116.683
KASIM		9,9	132.623		7.050	71.760	0,54	0,84	187.517.203
ARALIK		14,1	188.888		6.389	71.099	0,38	0,93	318.209.290
$Q_{yıl} = \sum Q_{oy} =$								1.579.145.671	

$$Q_{yıl} = 0,278 \times 1/1000 \times 1.579.145.671 = 439.002 \text{ kWh}$$

$$\text{Bu bina için sınırlandırılan enerji ihtiyacı } Q' = 14,77 \text{ kWh/m}^3$$

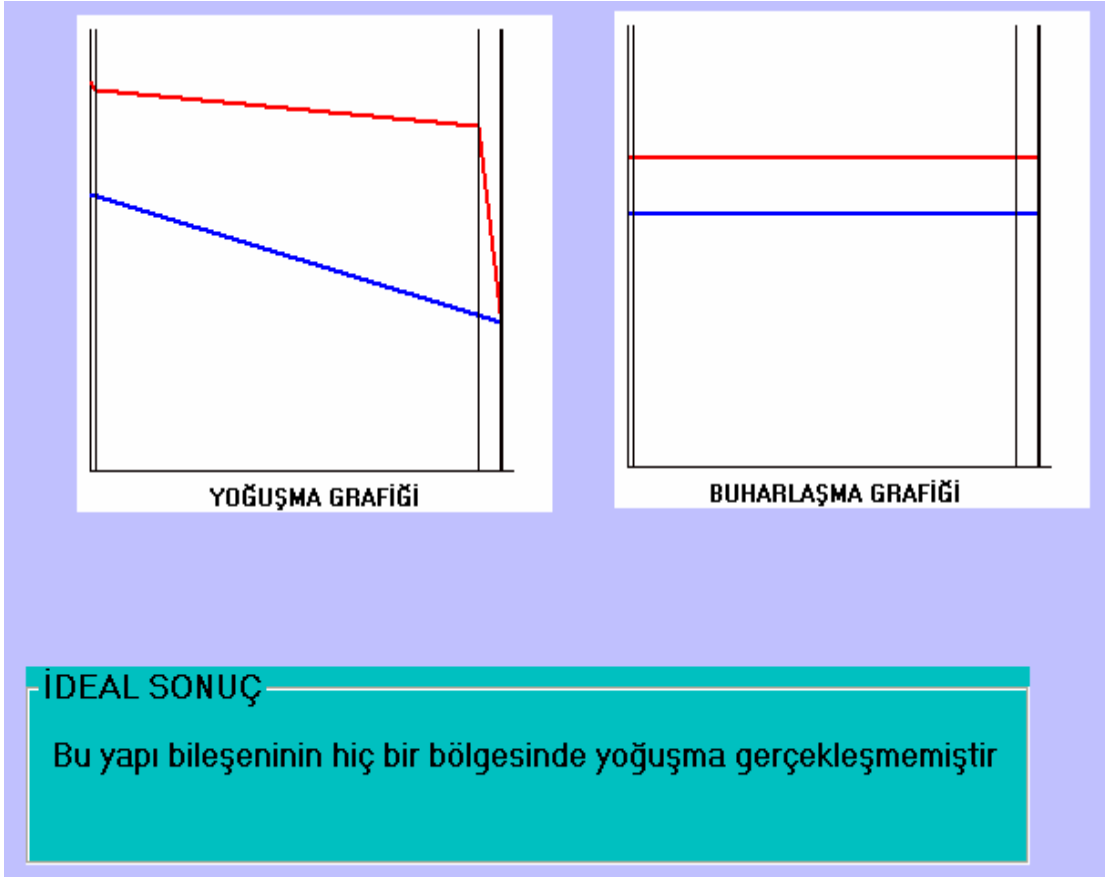
$$\text{Bu bina için hesaplanmış olan ısı ihtiyacı } Q = 14,73 \text{ kWh/m}^3$$

$Q < Q'$ olduğundan bu bina için yapılmış olan ısı yalıtım projesi standarda uygundur

Tablo A.8 Ekspande polistren ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın betonarme kesiti yoğuşma çizelgesi

Sütun no	1	2	3	4	5	6	7	8
Sıra no	TABAKA	Tabaka kalınlığı d (m)	Su buharı difüzyon direnç katsayısı μ	Difüzyon dengi hava tabakası kalınlığı Sd (m)	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h (W/mK)	Yüzeysel ısı iletim direnci, malzemenin ısı direnci $d/\lambda, 1/\alpha$ (m ² K/W)	Sıcaklık T (°C)	Doymuş su buharı basıncı Ps (Pa)
	$1/\alpha_i$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)	-	-	-	0,13	20	2340
1	4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	15	0,3	0,023	17,51	2001,77
2	5.1.1	Normal beton, (TS 500'e uygun), doğal agrega veya micir kullanılarak yapılmış betonlar (Donatılı)	0,25	70	17,5	0,119	17,07	1946,95
3	10.2.1.1	Polistiren - partiküler köpük (TS 7316)	0,05	20	1	1,25	14,79	1683,42
4	4.2	Çimento harcı	0,005	15	0,075	0,004	-9,17	279,68
	$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)	-	-	-	0,04	-9,25	277,71
							-10	260

$\Sigma Sd = 18,875 \text{ m}$ $U = 0,639 \text{ W/m}^2\text{K}$ $q = 19,17 \text{ W/m}^2$

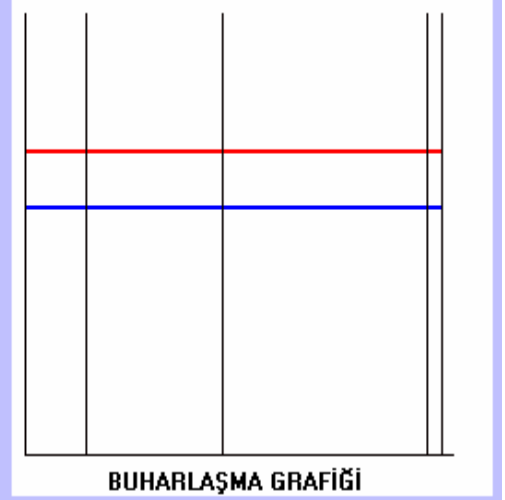
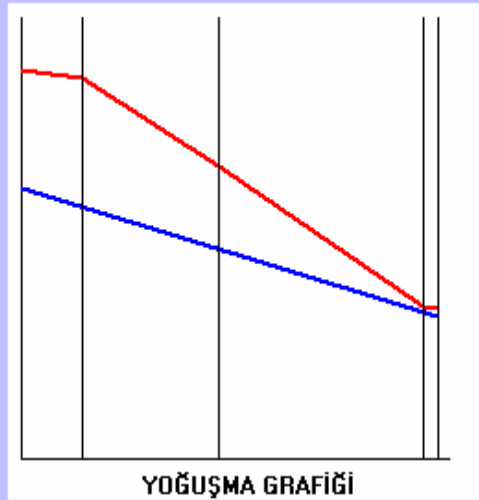


Şekil A.7 Ekspande polistren ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın betonarme kesiti yoğuşma ve buharlaşma grafiği

Tablo A.9 Ekspande polistren ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın dolgu duvar kesiti yoğuşma çizelgesi

Sütun no	1	2	3	4	5	6	7	8	
Sıra no		TABAKA	Tabaka kalınlığı d (m)	Su buharı difüzyon direnç katsayısı μ	Difüzyon dengi hava tabakası kalınlığı Sd (m)	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h (W/mK)	Yüzeysel ısı iletim direnci, malzemenin ısı direnci $d/\lambda, 1/\alpha$ (m ² K/W)	Sıcaklık T (°C)	Doymuş su buharı basıncı P _s (Pa)
	$1/\alpha_i$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)	-	-	-	-	0,13	20	2340
1	4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	15	0,3	0,87	0,023	17,87	2047,62
2	7.1.3.1	Normal harç kullanarak AB sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	0,135	5	0,675	0,35	0,386	17,49	1999,25
3	10.2.1.1	Polistiren - partiküler köpük (TS 7316)	0,05	20	1	0,04	1,25	11,17	1328,9
4	4.2	Çimento harcı	0,005	15	0,075	1,4	0,004	-9,3	276
	$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)	-	-	-	-	0,04	-9,37	274,79
								-10	260

$\Sigma Sd = 2,05 \text{ m}$ $U = 0,546 \text{ W/m}^2\text{K}$ $q = 16,38 \text{ W/m}^2$



İDEAL SONUÇ

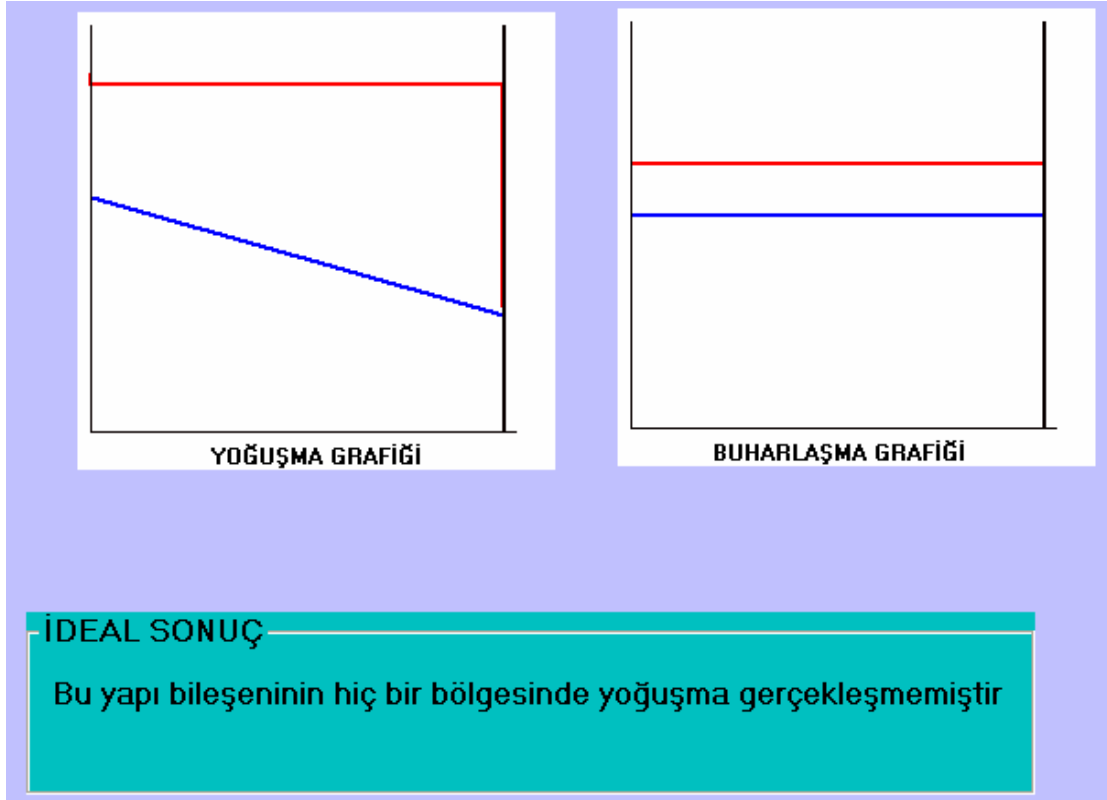
Bu yapı bileşeninin hiç bir bölgesinde yoğuşma gerçekleşmemiştir

Şekil A.8 Ekspande polistren ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın dolgu duvar kesiti yoğuşma ve buharlaşma grafiği

Tablo A.10 Ekspande polistren ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın çatı kesiti yoğuşma çizelgesi

Sütun no	1	2	3	4	5	6	7	8	
Sıra no		TABAKA	Tabaka kalınlığı d (m)	Su buharı difüzyon direnç katsayısı μ	Difüzyon dengi hava tabakası kalınlığı Sd (m)	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h (W/mK)	Yüzeysel ısı iletim direnci, malzemenin ısı direnci $d/\lambda, 1/\alpha$ (m ² K/W)	Sıcaklık T (°C)	Doymuş su buharı basıncı Ps (Pa)
	$1/\alpha_i$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)	-	-	-	-	0,13	20	2340
1	6.5	Alçı karton plâkalar (TS 452'ye uygun)	0,013	8	0,104	0,21	0,062	18,77	2166,29
2	TS2164-	Alüminyum	0,001	1000000	1000	204	0	18,18	2087,84
3	10.4	Mineral ve bitkisel lifli yalıtım malzemeleri (TS 901)	0,1	1	0,1	0,04	2,5	18,18	2087,84
4	8.2.2.1	Yatık gongali levhalar (TS 180, TS 1617)	0,05	50	2,5	0,13	0,385	-5,52	384,33
5	9.2.2.2	Bitümlü karton	0,002	2000	4	0,19	0,011	-9,17	279,68
	$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)	-	-	-	-	0,08	-9,27	277,22
								-10	260

$\Sigma Sd = 1006,704 \text{ m}$ $U = 0,316 \text{ W/m}^2\text{K}$ $q = 9,48 \text{ W/m}^2$



Şekil A.9 Ekspande polistren ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın çatı kesiti yoğuşma ve buharlaşma grafiği

Tablo A.11 Ekstrüde polistren ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın özgül ısı kaybı hesabı

Binanın Özgül Isı Kaybı Hesabı

BİNADAKİ YAPİ ELEMANLARI		Yapı elemanının kalınlığı	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_k (W/mK)	d/λ_k $1/\alpha$ (m ² K/W)	Isı iletkenlik katsayısı U (W/m ² K)	Isı kaybedilen yüzey A m ²	Isı kaybı A x U (W/K)
DUVAR (İç havaya açık) DUVAR 1	1/α 1	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)		0,13			
	+1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,020	0,870	0,023		
	71.3.1	Normal harç kullanılarak A-B sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	0,135	0,350	0,386		
	10.2.2.1	Yüzeysel pürüzlü veya pürüzlü ve kanallı levhalar	0,040	0,031	1,290		
	+2	Çimento harcı	0,005	1,400	0,004		
	1/α 4	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,04		
TOPLAM				1,87	0,534	838,56	447,79
DUVAR (İç havaya açık) DUVAR 2	1/α 1	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)		0,13			
	+1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,020	0,870	0,023		
	51.1	Normal beton, (TS 500 'e uygun), doğal agrega veya macr kullanarak yapılmış betonlar (Donatılı)	0,250	2,100	0,119		
	10.2.2.1	Yüzeysel pürüzlü veya pürüzlü ve kanallı levhalar	0,040	0,031	1,290		
	+2	Çimento harcı	0,005	1,400	0,004		
	1/α 4	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,04		
TOPLAM				1,61	0,622	720,38	448,08
DUVAR (toprağa temas eden) DUVAR 1	1/α 1	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)		0,17			
	+1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,020	0,870	0,023		
	51.1	Normal beton, (TS 500 'e uygun), doğal agrega veya macr kullanarak yapılmış betonlar (Donatılı)	0,250	2,100	0,119		
	9.2.2.4	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,003	0,190	0,016		
	9.2.2.5	Cam tüli amatirli polimer bitümlü membran	0,002	0,190	0,011		
	10.2.2.2	Yüzeysel düzgin (çiftli) levhalar	0,030	0,028	1,071		
1/α 4	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,08			
TOPLAM				1,37	0,5 x 0,709	339,10	120,21
TAVAN (çatı) TAVAN 1	1/α 1	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)		0,13			
	4.5	Alçı karton plâkalar (TS 452 'ye uygun)	0,013	0,210	0,062		
	1821.4	Ahımeyum	0,001	204,000	0,000		
	10.4	Mineral ve bitkisel lifli yalıtım malzemeleri (TS 901)	0,100	0,040	2,500		
	8.2.2.1	Yatak yongalı levhalar (TS 180, TS 1617)	0,050	0,130	0,385		
	9.2.2.2	Bitümlü karton	0,002	0,190	0,011		
1/α 4	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,08			
TOPLAM				3,17	0,8 x 0,315	281,25	70,88
TABAN (toprağa oturan/İç ortam) TABAN 1	1/α 1	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)		0,17			
	+4	Çimento harçlı şap	0,050	1,400	0,036		
10.2.2.2	Yüzeysel düzgin (çiftli) levhalar	0,030	0,028	1,071			
9.2.2.5	Cam tüli amatirli polimer bitümlü membran	0,002	0,190	0,011			
9.2.2.4	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,003	0,190	0,016			
51.1	Normal beton, (TS 500 'e uygun), doğal agrega veya macr kullanarak yapılmış betonlar (Donatılı)	1,000	2,100	0,476			
1/α 4	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,08			
TOPLAM				1,74	0,5 x 0,561	580,00	162,69
FENCERE					2,600	549,69	1.429,19
KAPI					4,000	7,65	15,30
Yapı elemanlarından iletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı toplamı :						2.694,14	W/K

H = H_i + H_e

H_i = 2.694,14 W/K

H_e = 10.677,2 W/K

H = 13.371,33 W/K

Tablo A.12 Ekstrüde polistren ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın yıllık ısıtma enerji ihtiyacı

YILLIK ISITMA ENERJİSİ İHTİYACI

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H = H_i + H_h$ (W/K)	$T_i - T_d$ (K,C)	$H(T_i - T_d)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_g (W)	$\phi_x = \phi_i + \phi_g$ (W)			
OCAK	13.371,33	15,7	209.929	64.710	7.376	72.086	0,34	0,95	366.631.401
ŞUBAT		14,5	193.884		9.554	74.264	0,38	0,93	323.529.500
MART		11,8	157.781		12.489	77.199	0,49	0,87	234.881.519
NİSAN		6,4	85.576		14.024	78.734	0,92	0,66	87.121.163
MAYIS		1,2	16.045		17.307	82.017	5,11	0,00	0
HAZİRAN		0,0	0		18.392	83.102	0,00	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		17.837	82.547	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		16.270	80.980	0,00	0,00	0
EYLÜL		0,0	0		12.921	77.631	0,00	0,00	0
EKİM		4,9	65.519		9.808	74.518	1,14	0,58	57.797.867
KASIM		9,9	132.376		7.050	71.760	0,54	0,84	186.876.979
ARALIK		14,1	188.535		6.389	71.099	0,38	0,93	317.294.314
Q _{yl} = $\sum Q_{ay}$ =								1.574.132.743	

$$Q_{yl} = 0,278 \times 1/1000 \times 1.574.132.743 = 437.608 \text{ kWh}$$

$$\text{Bu bina için sınırlandırılan enerji ihtiyacı } Q' = 14,77 \text{ kWh/m}^3$$

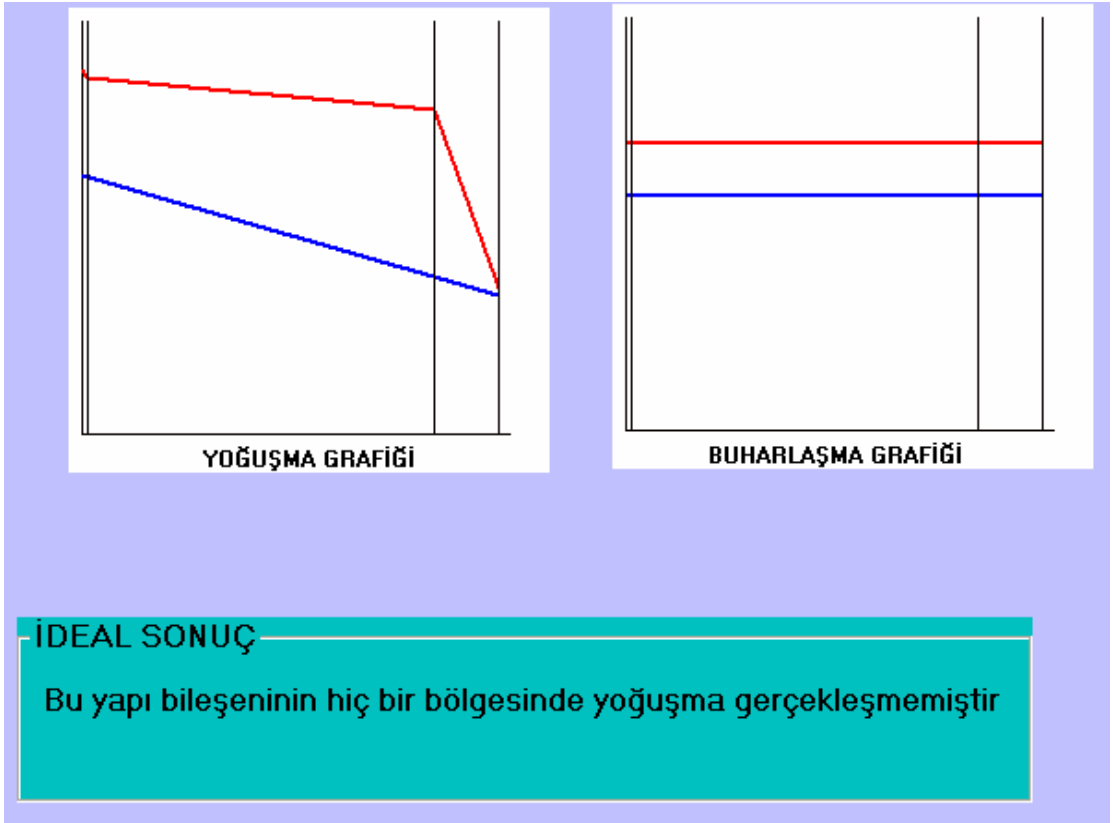
$$\text{Bu bina için hesaplanmış olan ısı ihtiyacı } Q = 14,66 \text{ kWh/m}^3$$

$Q < Q'$ olduğundan bu bina için yapılmış olan ısı yalıtım projesi standarda uygundur

Tablo A.13 Ekstrüde polistren ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın betonarme kesiti yoğuşma çizelgesi

Sütun no	1	2	3	4	5	6	7	8
Sıra no	TABAKA	Tabaka kalınlığı d (m)	Su buharı difüzyon direnç katsayısı μ	Difüzyon dengi hava tabakası kalınlığı Sd (m)	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h (W/mK)	Yüzeysel ısı iletim direnci, malzemenin ısı direnci $d/\lambda, 1/\alpha$ (m ² K/W)	Sıcaklık T (°C)	Doymuş su buharı basıncı Ps (Pa)
	$1/\alpha_i$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)	-	-	-	0,13	20	2340
1	4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	15	0,3	0,87	17,57	2009,35
2	5.1.1	Normal beton, (TS 500'e uygun), doğal agrega veya micir kullanılarak yapılmış betonlar (Donatılı)	0,25	70	17,5	2,1	17,14	1955,58
3	10.2.2.1	Yüzeği pürüzlü veya pürüzlü ve kanallı levhalar	0,04	80	3,2	0,031	14,92	1697,56
4	4.2	Çimento harcı	0,005	15	0,075	1,4	-9,19	279,19
	$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)	-	-	-	0,04	-9,26	277,47
							-10	260

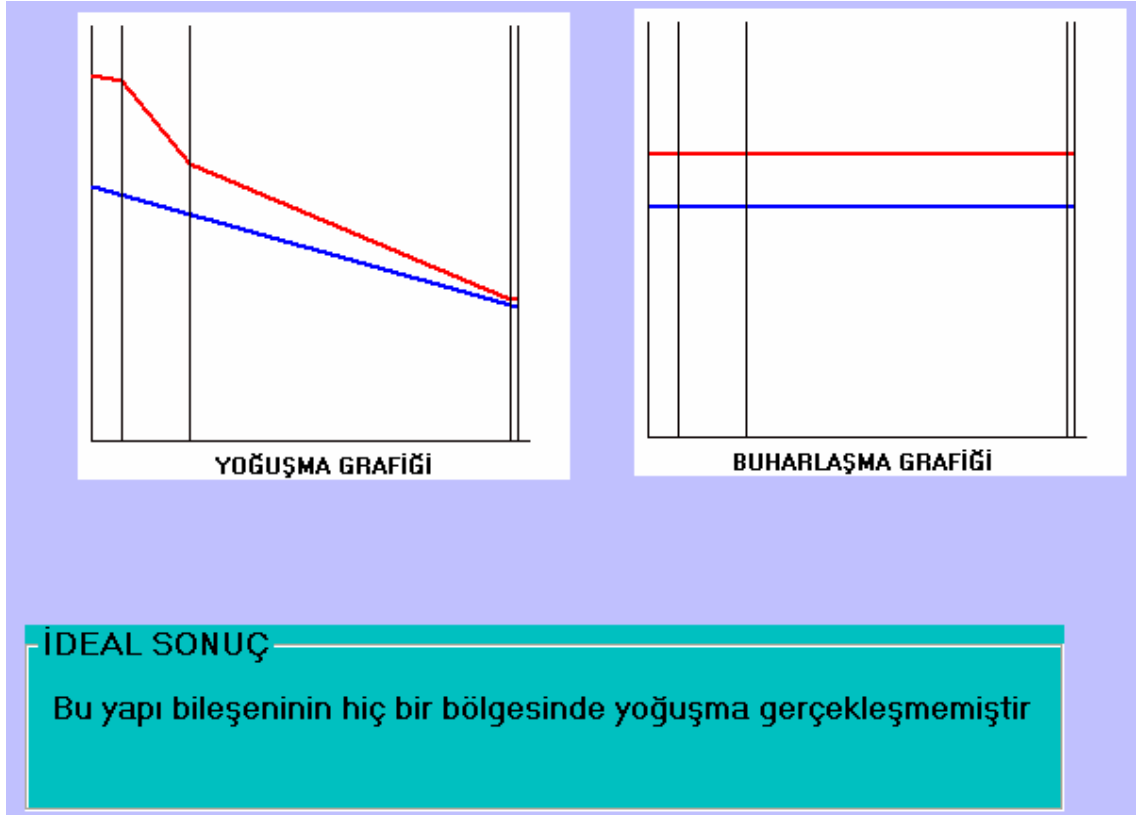
$\Sigma Sd = 21,075 \text{ m}$ $U = 0,623 \text{ W/m}^2\text{K}$ $q = 18,69 \text{ W/m}^2$



Şekil A.10 Ekstrüde polistren ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın betonarme kesiti yoğuşma ve buharlaşma grafiği

Tablo A.14 Ekstrüde polistren ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın dolgu duvar kesiti yoğuşma çizelgesi

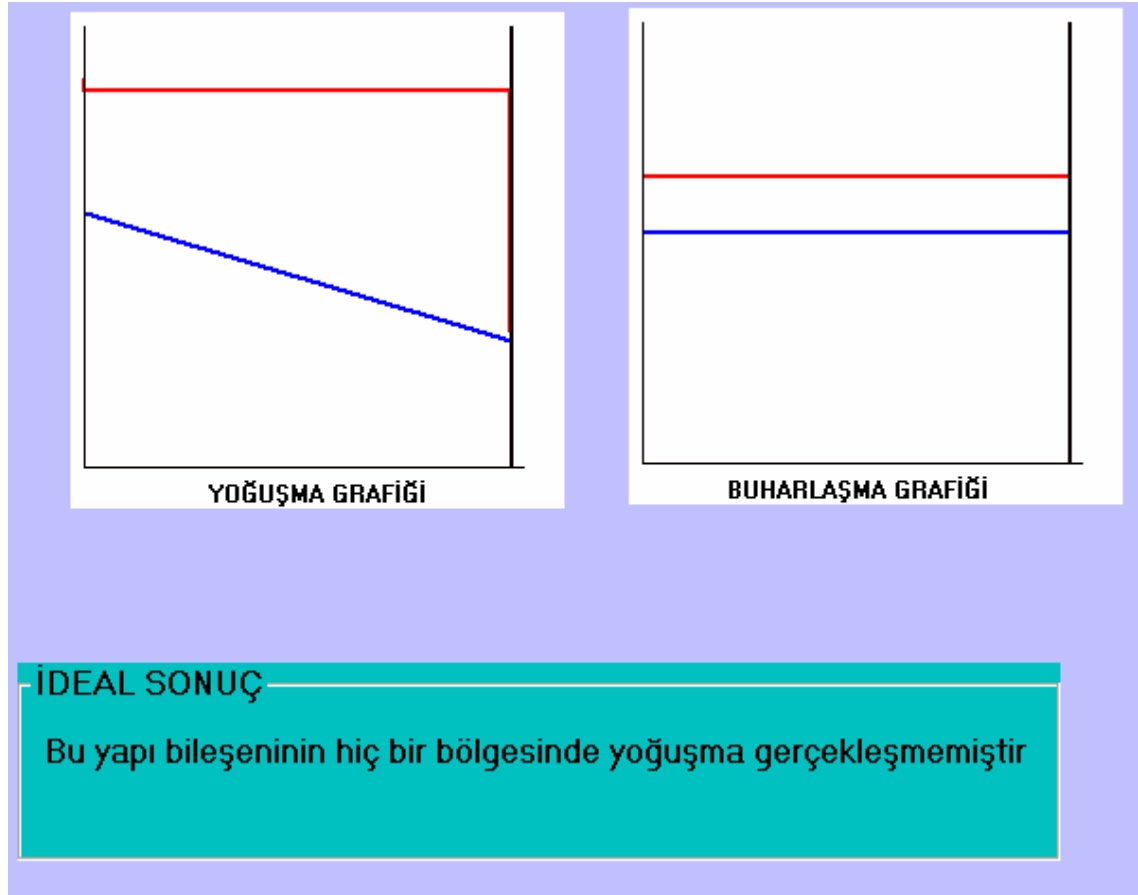
Sütun no	1	2	3	4	5	6	7	8				
Sıra no		TABAKA	Tabaka kalınlığı	Su buharı difüzyon direnç katsayısı	Difüzyon dengi hava tabakası kalınlığı	Isıl iletkenlik hesap değeri	Yüzeysel ısı iletim direnci, malzemenin d/λ, 1/α (m²K/W)	Sıcaklık	Doymuş su buharı basıncı			
			d (m)	μ	Sd (m)	λ _h (W/mK)	d/λ, 1/α (m²K/W)	T (°C)	P _s (Pa)			
	1/α _i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)	-	-	-	-	0,13	20	2340			
1	4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	15	0,3	0,87	0,023	17,92	2054,06			
2	7.1.3.1	Normal harç kullanarak AB sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	0,135	5	0,675	0,35	0,386	17,55	2006,82			
3	10.2.2.1	Yüzeji pürüzlü veya pürüzlü ve kanallı levhalar	0,04	80	3,2	0,031	1,29	11,37	1346,62			
4	4.2	Çimento harcı	0,005	15	0,075	1,4	0,004	-9,3	276			
	1/α _d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)	-	-	-	-	0,04	-9,36	275,03			
								-10	260			
$\Sigma Sd =$			4,25	m	$U =$		0,534	W/m²K	$q =$		16,02	W/m²



Şekil A.11 Ekstrüde polistren ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın dolgu duvar kesiti yoğuşma ve buharlaşma grafiği

Tablo A.15 Ekstrüde polistren ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın çatı kesiti yoğuşma çizelgesi

Sütun no	1	2	3	4	5	6	7	8				
Sıra no		TABAKA	Tabaka kalınlığı	Su buharı difüzyon direnç katsayısı	Difüzyon dengi hava tabakası kalınlığı	Isıl iletkenlik hesap değeri	Yüzeysel ısı iletim direnci, malzemenin ısı direnci	Sıcaklık	Doymuş su buharı basıncı			
	$1/\alpha_i$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)	d (m)	μ	Sd (m)	λ_h (W/mK)	$d/\lambda, 1/\alpha$ (m ² K/W)	T (°C)	Ps (Pa)			
1	6.5	Alçı karton plâkalar (TS 452'ye uygun)	0,013	8	0,104	0,21	0,062	20	2340			
2	TS2164	Alüminyum	0,001	1000000	1000	204	0	18,77	2166,29			
3	10.4	Mineral ve bitkisel lifli yalıtım malzemeleri (TS 901)	0,1	1	0,1	0,04	2,5	18,18	2087,84			
4	8.2.2.1	Yatkıngöngali levhalar (TS 180, TS 1617)	0,05	50	2,5	0,13	0,385	18,18	2087,84			
5	9.2.2.2	Bitümlü karton	0,002	2000	4	0,19	0,011	-5,52	384,33			
	$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)	-	-	-	-	0,08	-9,17	279,68			
			-	-	-	-	0,08	-9,27	277,22			
			-	-	-	-	0,08	-10	260			
$\Sigma Sd =$			1006,704	m	$U =$		0,316	W/m ² K	$q =$		9,48	W/m ²



Şekil A.12 Ekstrüde polistren ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın çatı kesiti yoğuşma ve buharlaşma grafiği

Tablo A.16 Taş yünü ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın özgül ısı kaybı hesabı

BINADAKİ YAPI ELEMANLARI			Yapı elemanının kalınlığı	Isı iletkenlik hesap değeri λ_h (W/mK)	$d/\lambda, 1/\alpha$ (m ² K/W)	Isı iletkenlik katsayısı U (W/m ² K)	Isı kaybedilen yüzey A m ²	Isı kaybı A x U (W/K)
DUVAR (dış havaya açık)	1/ α i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13			
DUVAR 1	4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,020	0,870	0,023			
	7.1.3.1	Normal harç kullanılarak AB sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	0,135	0,350	0,386			
	10.4	Mineral ve bitkisel lifli yalıtım malzemeleri (TS 901)	0,050	0,040	1,250			
	4.2	Çimento harcı	0,005	1,400	0,004			
	1/ α d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı dış			0,04			
TOFLAM					1,83	0,545	838,56	457,02
DUVAR (dış havaya açık)	1/ α i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13			
DUVAR 2	4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,020	0,870	0,023			
	5.1.1	Normal beton, (TS 500 'e uygun), doğal agrega veya macır kullanılarak yapılmış betonlar (Donatılı)	0,250	2,100	0,119			
	10.4	Mineral ve bitkisel lifli yalıtım malzemeleri (TS 901)	0,050	0,040	1,250			
	4.2	Çimento harcı	0,005	1,400	0,004			
	1/ α d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı dış			0,04			
TOFLAM					1,57	0,638	720,38	459,60
DUVAR (toprağa temas eden)	1/ α i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,17			
DUVAR 1	4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,002	0,870	0,002			
	5.1.1	Normal beton, (TS 500 'e uygun), doğal agrega veya macır kullanılarak yapılmış betonlar (Donatılı)	0,250	2,100	0,119			
	9.2.2.4	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,003	0,190	0,016			
	9.2.2.5	Cam türlü amastırklı polimer bitümlü membran	0,002	0,190	0,011			
	10.2.2.2	Yüzeysel düzgün (cihli) levhalar	0,030	0,028	1,071			
	1/ α d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı dış			0,08			
TOFLAM					1,35	0,5 x 0,719	339,10	121,91
TAVAN (gahh)	1/ α i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13			
TAVAN 1	4.5	Alçı karton plâkalar (TS 452 'ye uygun)	0,013	0,210	0,062			
	1.8.2.14	Ahmiriyum	0,001	204,000	0,000			
	10.4	Mineral ve bitkisel lifli yalıtım malzemeleri (TS 901)	0,100	0,040	2,500			
	8.2.2.1	Yatak yongalı levhalar (TS 180, TS 1617)	0,050	0,130	0,385			
	9.2.2.2	Bitümlü karton	0,002	0,190	0,011			
	1/ α d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı dış			0,08			
TOFLAM					3,17	0,8 x 0,315	281,25	70,88
TABAN (toprağa oturan/çift ortam)	1/ α i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,17			
TABAN 1	4.4	Çimento harçlı şap	0,050	1,400	0,036			
	10.2.2.2	Yüzeysel düzgün (cihli) levhalar	0,030	0,028	1,071			
	9.2.2.5	Cam türlü amastırklı polimer bitümlü membran	0,002	0,190	0,011			
	9.2.2.4	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,003	0,190	0,016			
	5.1.1	Normal beton, (TS 500 'e uygun), doğal agrega veya macır kullanılarak yapılmış betonlar (Donatılı)	1,000	2,100	0,476			
	1/ α d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı dış			0,08			
TOFLAM					1,74	0,5 x 0,561	580,00	162,69
FENCERE						2,600	549,69	1.429,19
KAPI						4,000	7,65	30,60
Yapı elemanlarından iletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı toplamı :							2.731,88	W/K

$$H = H_i + H_o$$

$$H_i = 2.731,88 \quad W/K$$

$$H_o = 10.677,2 \quad W/K$$

$$H = 13.409,08 \quad W/K$$

Tablo A.17 Taş yünü ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın yıllık ısıtma enerji ihtiyacı

YILLIK ISITMA ENERJİSİ İHTİYACI

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H = H_i + H_h$ (W/K)	$T_i - T_d$ (K,C)	$H(T_i - T_d)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_g (W)	$\phi_t = \phi_i + \phi_g$ (W)			
OCAK	13.409,08	15,7	210.522	64.710	7.376	72.086	0,34	0,95	368.168.457
ŞUBAT		14,5	194.431		9.554	74.264	0,38	0,93	324.947.324
MART		11,8	158.227		12.489	77.199	0,49	0,87	236.037.551
NİSAN		6,4	85.818		14.024	78.734	0,92	0,66	87.748.427
MAYIS		1,2	16.090		17.307	82.017	5,10	0,00	0
HAZİRAN		0,0	0		18.392	83.102	0,00	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		17.837	82.547	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		16.270	80.980	0,00	0,00	0
EYLÜL		0,0	0		12.921	77.631	0,00	0,00	0
EKİM		4,9	65.704		9.808	74.518	1,13	0,59	56.345.880
KASIM		9,9	132.749		7.050	71.760	0,54	0,84	187.843.795
ARALIK		14,1	189.068		6.389	71.099	0,38	0,93	318.675.850
$Q_{yıl} = \sum Q_{ky} =$									1.579.767.284

$$Q_{yıl} = 0,278 \times 1/1000 \times 1.579.767.284 = 439.175 \text{ kWh}$$

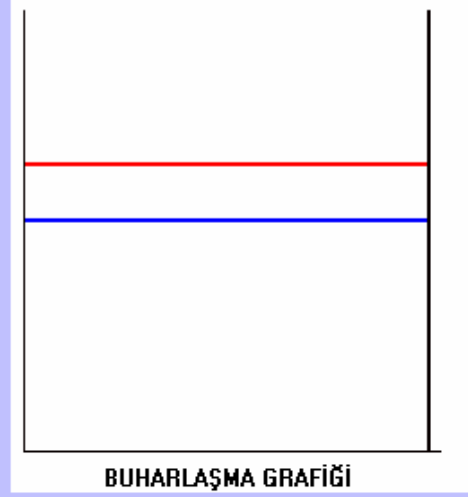
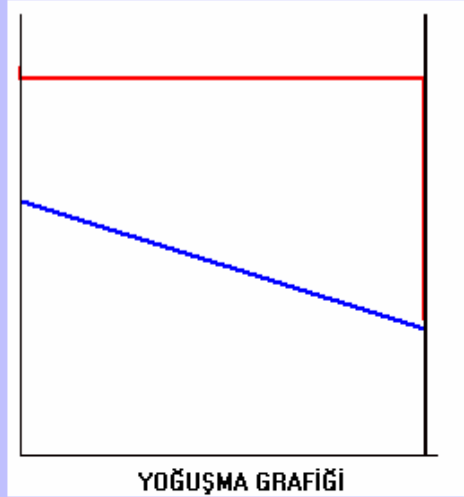
$$\text{Bu bina için sınırlandırılan enerji ihtiyacı } Q' = 14,77 \text{ kWh/m}^3$$

$$\text{Bu bina için hesaplanmış olan ısı ihtiyacı } Q = 14,76 \text{ kWh/m}^3$$

$Q < Q'$ olduğundan bu bina için yapılmış olan ısı yalıtım projesi standarda uygundur

Tablo A.18 Taş yünü ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın betonarme kesiti yoğuşma çizelgesi

Sütun no	1	2	3	4	5	6	7	8	
Sıra no	TABAKA	Tabaka kalınlığı	Su buharı difüzyon direnç katsayısı	Difüzyon dengi hava tabakası kalınlığı	Isıl iletkenlik hesap değeri	Yüzeysel ısı iletim direnci, malzemenin ısı direnci	Sıcaklık	Doymuş su buharı basıncı	
	$1/\alpha_i$	d (m)	μ	S_d (m)	λ_h (W/mK)	$d/\lambda, 1/\alpha$ (m ² K/W)	T (°C)	P _s (Pa)	
	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)	-	-	-	-	0,13	20	2340	
1	4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	15	0,3	0,87	0,023	17,51	2001,77
2	5.1.1	Normal beton, (TS 500'e uygun), doğal agrega veya micir kullanılarak yapılmış betonlar (Donatılı)	0,25	70	17,5	2,1	0,119	17,07	1946,95
3	10.4	Mineral ve bitkisel lifli yalıtım malzemeleri (TS 901)	0,05	1	0,05	0,04	1,25	14,79	1683,42
4	4.2	Çimento harcı	0,005	15	0,075	1,4	0,004	-9,17	279,68
	$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)	-	-	-	-	0,04	-9,25	277,71
							-10	260	
		$\Sigma S_d = 17,925$ m		$U = 0,639$ W/m ² K		$q = 19,17$ W/m ²			



İDEAL SONUÇ

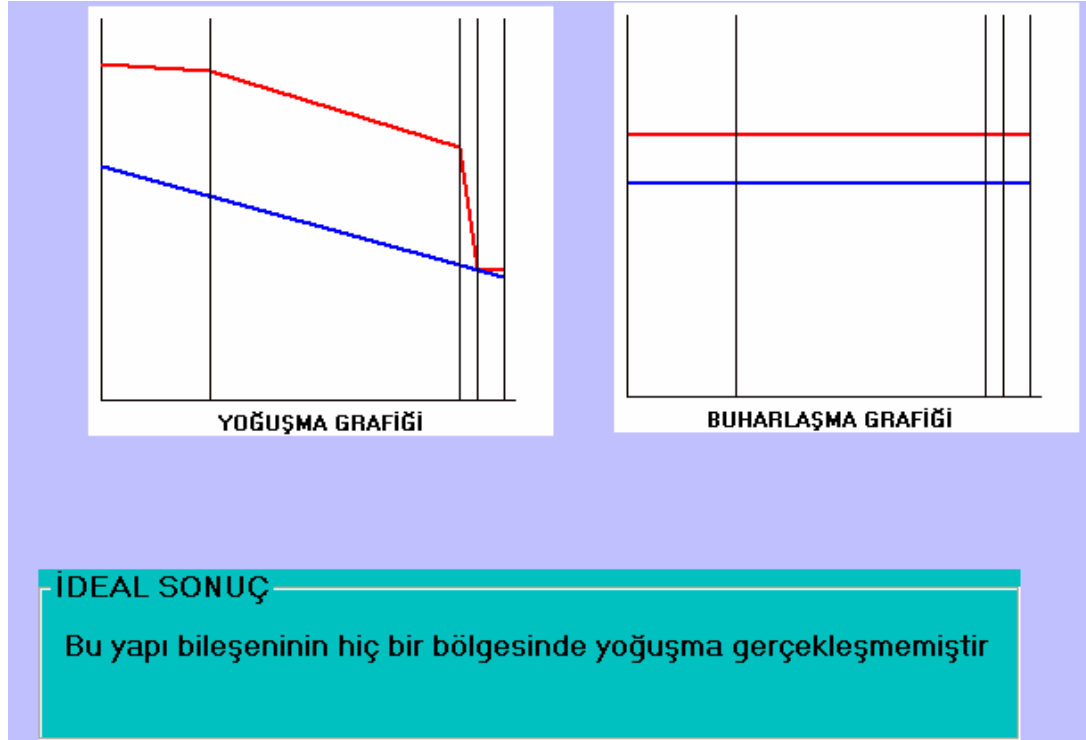
Bu yapı bileşeninin hiç bir bölgesinde yoğuşma gerçekleşmemiştir

Şekil A.13 Taş yünü ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın betonarme kesiti yoğuşma ve buharlaşma grafiği

Tablo A.19 Taş yünü ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın dolgu duvar kesiti yoğuşma çizelgesi

Sütun no	1	2	3	4	5	6	7	8
Sıra no	TABAKA	Tabaka kalınlığı d (m)	Su buharı difüzyon direnç katsayısı μ	Difüzyon dengi hava tabakası kalınlığı Sd (m)	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h (W/mK)	Yüzeysel ısı iletim direnci, malzemenin ısı direnci $d/\lambda, 1/\alpha$ (m ² K/W)	Sıcaklık T (°C)	Doymuş su buharı basıncı Ps (Pa)
	$1/\alpha_i$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)	-	-	-	0,13	20	2340
1	4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	15	0,3	0,87	17,87	2047,62
2	7.1.3.1	Normal harç kullanarak AB sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	0,135	5	0,675	0,35	17,49	1999,25
3	10.4	Mineral ve bitkisel lifli yalıtım malzemeleri (TS 901)	0,05	1	0,05	0,04	11,17	1328,9
4	4.2	Çimento harcı	0,005	15	0,075	1,4	-9,3	276
	$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)	-	-	-	0,04	-9,37	274,79
							-10	260

$\Sigma Sd = 1,1 \text{ m}$ $U = 0,546 \text{ W/m}^2\text{K}$ $q = 16,38 \text{ W/m}^2$

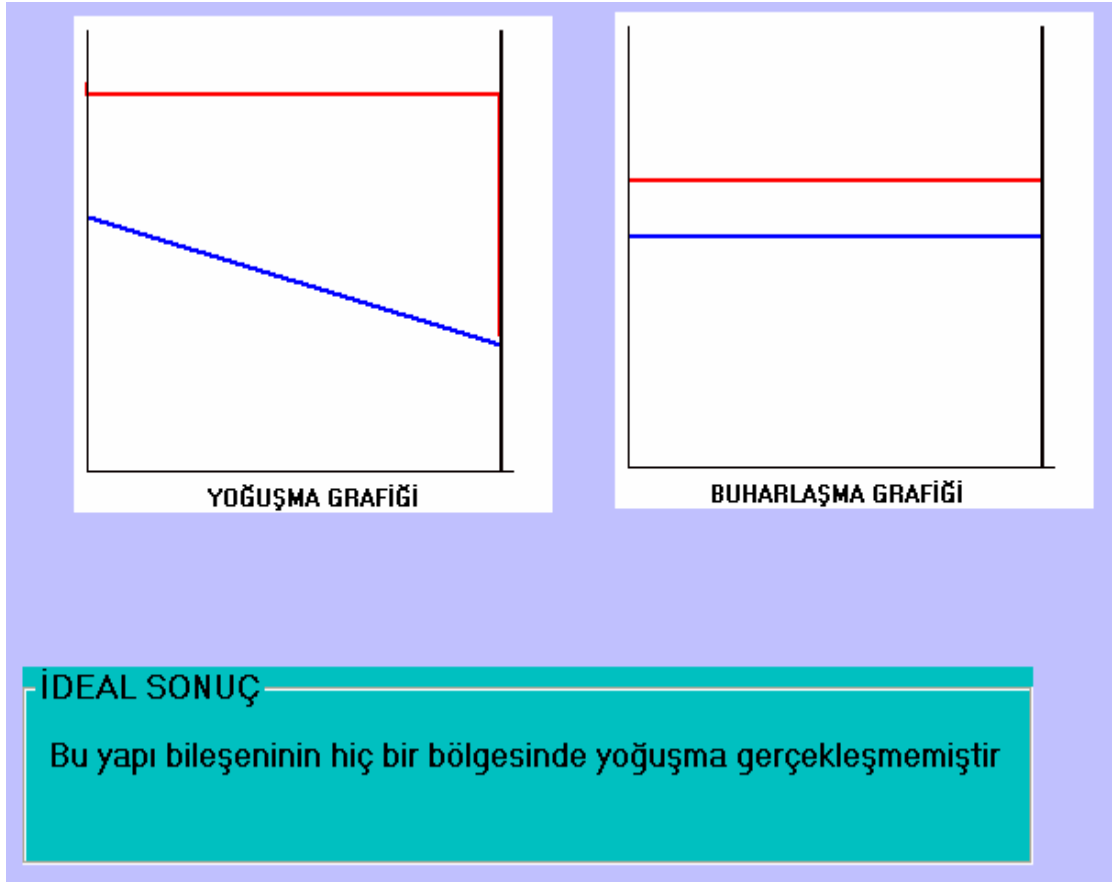


Şekil A.14 Taş yünü ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın dolgu duvar kesiti yoğuşma ve buharlaşma grafiği

Tablo A.20 Taş yünü ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın çatı kesiti yoğuşma çizelgesi

Sütun no	1	2	3	4	5	6	7	8	
Sıra no		TABAKA	Tabaka kalınlığı	Su buharı difüzyon direnç katsayısı	Difüzyon dengi hava tabakası kalınlığı	Isıl iletkenlik hesap değeri	Yüzeysel ısı iletim direnci, malzemenin ısı direnci	Sıcaklık	Doymuş su buharı basıncı
	$1/\alpha_i$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)	d (m)	μ	Sd (m)	λ_h (W/mK)	$d/\lambda, 1/\alpha$ (m ² K/W)	T (°C)	P _s (Pa)
							0,13	20	2340
1	6,5	Alçı karton plâkalar (TS 452'ye uygun)	0,013	8	0,104	0,21	0,062	18,77	2166,29
2	TS2164	Alüminyum	0,001	1000000	1000	204	0	18,18	2087,84
3	10,4	Mineral ve bitkisel lifli yalıtım malzemeleri (TS 901)	0,1	1	0,1	0,04	2,5	18,18	2087,84
4	8,2,2,1	Yatık yongalı levhalar (TS 180, TS 1617)	0,05	50	2,5	0,13	0,385	-5,52	384,33
5	9,2,2,2	Bitümlü karton	0,002	2000	4	0,19	0,011	-9,17	279,68
	$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)					0,08	-9,27	277,22
								-10	260

$\Sigma Sd = 1006,704 \text{ m}$
 $U = 0,316 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $q = 9,48 \text{ W/m}^2$



Şekil A.15 Taş yünü ile dıştan ısı yalıtımı uygulanan binanın çatı kesiti yoğuşma ve buharlaşma grafiği

Tablo A.21 Dolgu Duvar Gazbeton, Kolon Kirişler Ekspande Polistren İle Dıştan Isı Yalıtımı Uygulanan Binanın Özgül Isı Kaybı Hesabı

Binanın Özgül Isı Kaybı Hesabı

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI			Yapı elemanının kalınlığı	Isıl iletkenlik hesap değeri	$d/\lambda, 1/\alpha$	Isı iletkenlik katsayısı	Isı kaybedilen yüzey	Isı kaybı
			d (m)	λ_k (W/mK)	(m ² K/W)	U (W/m ² K)	A m ²	A x U (W/K)
DUVAR (İç havaya açık) DUVAR 1	1/α i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13			
	+1	Kireç harcı, kireç-gımento harcı	0,020	0,870	0,023			
	731	Normal derz kalınlığında ve normal harçla yerleştirilmiş bloklarla duvarlar	0,300	0,200	1,500			
	+2	Çimento harcı	0,030	1,400	0,021			
	1/α d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı dış			0,04			
TOPLAM					1,71	0,583	838,56	488,88
DUVAR (İç havaya açık) DUVAR 2	1/α i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13			
	+1	Kireç harcı, kireç-gımento harcı	0,020	0,870	0,023			
	511	Normal beton, (TS 500 'e uygun), doğal agrega veya macun kullanılarak yapılmış betonlar (Donatılı)	0,250	2,100	0,119			
	10 2 1 1	Polistiren - partikül köpük (TS 73 16)	0,060	0,040	1,500			
	+2	Çimento harcı	0,005	1,400	0,004			
1/α d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı dış			0,04				
TOPLAM					1,82	0,550	720,38	396,21
DUVAR (toprağa temas eden) DUVAR 1	1/α i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,17			
	+1	Kireç harcı, kireç-gımento harcı	0,020	0,870	0,023			
	511	Normal beton, (TS 500 'e uygun), doğal agrega veya macun kullanılarak yapılmış betonlar (Donatılı)	0,250	2,100	0,119			
	9 2 2 4	Polimer birimlili su yalıtım örtüleri	0,030	0,190	0,158			
	9 2 2 5	Cam tülli amatirli polimer birimlili membran	0,002	0,190	0,011			
	10 2 2 2	Yüzeysel düzüm (çiftli) levhalar	0,030	0,028	1,071			
1/α d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı dış			0,08				
TOPLAM					1,51	0,5 x 0,644	339,10	109,19
TAVAN (aşağı) TAVAN 1	1/α i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13			
	+5	Alçı karton plâkalar (TS 452 'ye uygun)	0,013	0,210	0,062			
	18 2 1 4	Akımırıyım	0,001	204,000	0,000			
	10 4	Mineral ve bitkisel lifli yalıtım malzemeleri (TS 901)	0,100	0,040	2,500			
	8 2 2 1	Yatak yongalı levhalar (TS 180, TS 1617)	0,050	0,130	0,385			
	9 2 2 2	Birimli karton	0,002	0,190	0,011			
1/α d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı dış			0,08				
TOPLAM					3,17	0,8 x 0,315	281,25	70,88
TABAN (toprağa oturan/çukurlama) TABAN 1	1/α i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,17			
	+4	Çimento harçlı şap	0,050	1,400	0,036			
	10 2 2 2	Yüzeysel düzüm (çiftli) levhalar	0,030	0,028	1,071			
	9 2 2 3	Cam tülli amatirli birimli pestil	0,002	0,190	0,011			
	9 2 2 4	Polimer birimlili su yalıtım örtüleri	0,003	0,190	0,016			
	511	Normal beton, (TS 500 'e uygun), doğal agrega veya macun kullanılarak yapılmış betonlar (Donatılı)	1,000	2,100	0,476			
1/α d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı dış			0,08				
TOPLAM					1,74	0,3 x 0,561	580,00	162,69
FENCERE						2,600	549,69	1.429,19
KAPI						4,000	7,65	30,60
Yapı elemanlarından iletim yoluyla geçirilen ısı kaybı toplamı :							2.687,64	WK

$$H = H_i + H_h$$

$$H_i = 2.687,64 \quad WK$$

$$H_h = 10.677,2 \quad WK$$

$$H = 13.364,83 \quad WK$$

Tablo A.22 Dolgu Duvar Gazbeton, Kolon Kirişler Ekspande Polistren İle Dıştan Isı Yalıtımı Uygulanan Binanın Yıllık Isıtma Enerji İhtiyacı

YILLIK ISITMA ENERJİSİ İHTİYACI

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H = H_i + H_h$ (W/K)	$T_i - T_d$ (K,C)	$H/(T_i - T_d)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_g (W)	$\phi_{\Sigma} = \phi_i + \phi_g$ (W)			
OCAK	13.364,83	15,7	209.827	64.710	7.376	72.086	0,34	0,95	366.367.017
ŞUBAT		14,5	193.790		9.554	74.264	0,38	0,93	323.285.852
MART		11,8	157.704		12.489	77.199	0,49	0,87	234.681.935
NİSAN		6,4	85.534		14.024	78.734	0,92	0,66	87.012.299
MAYIS		1,2	16.037		17.307	82.017	5,11	0,00	0
HAZİRAN		0,0	0		18.392	83.102	0,00	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		17.837	82.547	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		16.270	80.980	0,00	0,00	0
EYLÜL		0,0	0		12.921	77.631	0,00	0,00	0
EKİM		4,9	65.487		9.808	74.518	1,14	0,58	57.714.923
KASIM		9,9	132.311		7.050	71.760	0,54	0,84	186.708.499
ARALIK		14,1	188.444		6.389	71.099	0,38	0,93	317.058.442
$Q_{yıl} = \sum Q_{\Sigma} =$								1.572.828.967	

$$Q_{yıl} = 0,278 \times 1/1000 \times 1.572.828.967 = 437.246 \text{ kWh}$$

$$\text{Bu bina için sınırlandırılan enerji ihtiyacı } Q' = 14,77 \text{ kWh/m}^3$$

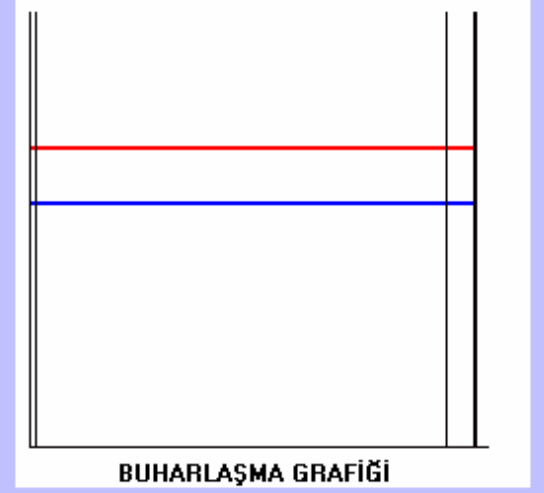
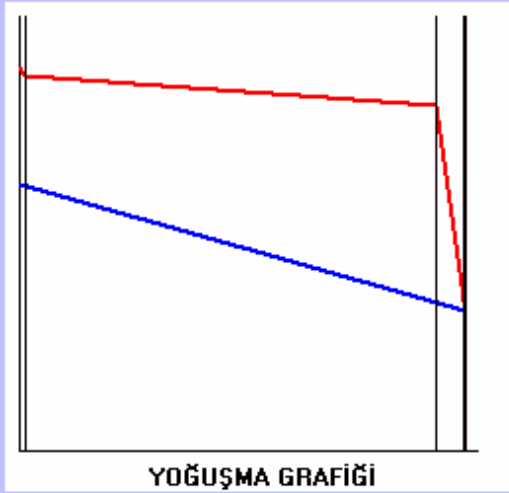
$$\text{Bu bina için hesaplanmış olan ısı ihtiyacı } Q = 14,64 \text{ kWh/m}^3$$

$Q < Q'$ olduğundan bu bina için yapılmış olan ısı yalıtım projesi standarda uygundur

Tablo A.23 Dolgu Duvar Gazbeton, Kolon Kirişler Ekspande Polistren İle Dıştan Isı Yalıtımı Uygulanan Binanın Betonarme Kesiti Yoğuşma Çizelgesi

Sütun no	1	2	3	4	5	6	7	8	
Sıra no		TABAKA	Tabaka kalınlığı	Su buhar difüzyon direnç katsayısı	Difüzyon dengi hava tabakası kalınlığı	Isıl iletkenlik hesap değeri	Yüzeysel ısı iletim direnci, malzemenin ısı direnci	Sıcaklık	Doymuş su buharı basıncı
	$1/\alpha_i$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)	d (m)	μ	Sd (m)	λ_h (W/mK)	$d/\lambda, 1/\alpha$ (m ² K/W)	T (°C)	Ps (Pa)
1	4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	15	0,3	0,87	0,023	20	2340
2	5.1.1	Normal beton, (TS 500'e uygun), doğal agrega veya micir kullanılarak yapılmış betonlar (Donatılı)	0,25	70	17,5	2,1	0,119	17,85	2045,05
3	10.2.1.1	Polistiren - partiküler köpük (TS 7316)	0,06	20	1,2	0,04	1,5	17,47	1996,73
4	4.2	Çimento harcı	0,005	15	0,075	1,4	0,004	15,5	1762
	$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)	-	-	-	-	0,04	-9,3	276
								-9,37	274,79
								-10	260

$\Sigma Sd = 19,075 \text{ m}$ $U = 0,551 \text{ W/m}^2\text{K}$ $q = 16,53 \text{ W/m}^2$



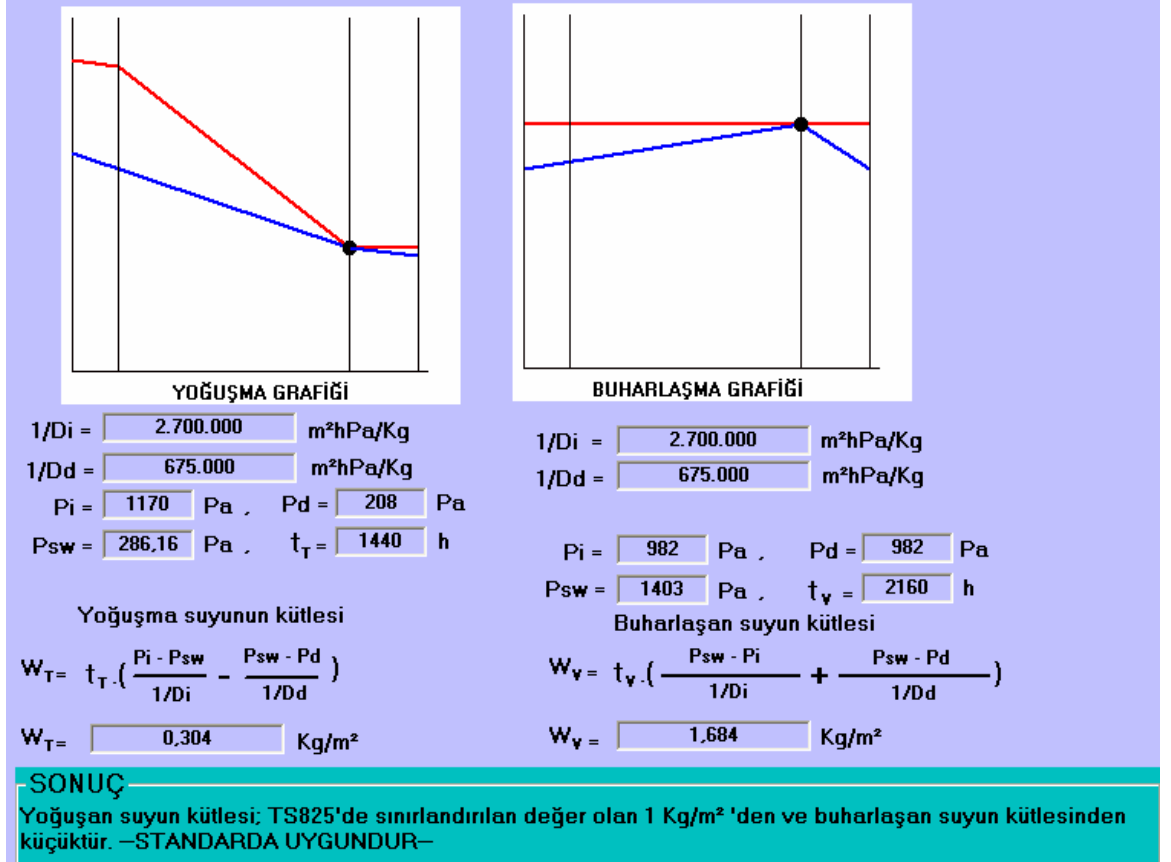
İDEAL SONUÇ

Bu yapı bileşeninin hiç bir bölgesinde yoğuşma gerçekleşmemiştir

Şekil A.16 Dolgu Duvar Gazbeton, Kolon Kirişler Ekspande Polistren İle Dıştan Isı Yalıtımı Uygulanan Binanın Betonarme Kesiti Yoğuşma ve Buharlaştırma Grafiği

Tablo A.24 Dolgu Duvar Gazbeton, Kolon Kirişler Ekspande Polistren İle Dıştan Isı Yalıtımı Uygulanan Binanın Dolgu Duvar Kesiti Yoğuşma Çizelgesi

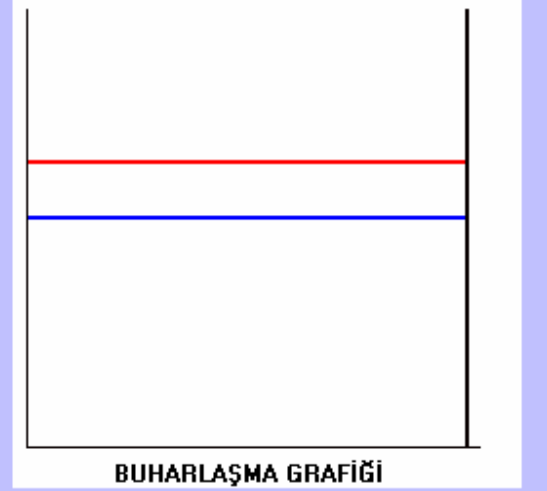
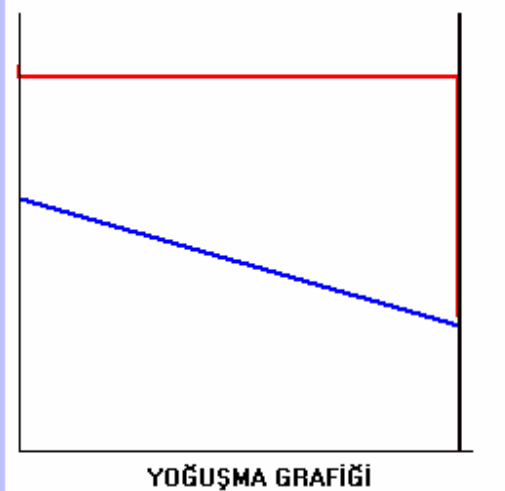
Sütun no	1	2	3	4	5	6	7	8		
Sıra no	TABAKA	Tabaka kalınlığı d (m)	Su buharı difüzyon direnç katsayısı μ	Difüzyon dengi hava tabakası kalınlığı Sd (m)	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h (W/mK)	Yüzeysel ısı iletim direnci, malzemenin ısı direnci $d/\lambda, 1/\alpha$ (m ² K/W)	Sıcaklık T (°C)	Doymuş su buharı basıncı Ps (Pa)		
	$1/\alpha_i$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)	-	-	-	0,13	20	2340		
1	4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	15	0,87	0,023	17,73	2029,68		
2	7.3.1	Normal derz kalınlığında ve normal harçla yerleştirilmiş bloklarla duvarlar	0,3	5	1,5	1,5	17,33	1979,18		
3	4.2	Çimento harcı	0,03	15	0,45	0,021	-8,91	286,16		
	$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)	-	-	-	0,04	-9,28	276,98		
							-10	260		
		$\Sigma Sd =$	2,25	m	U =	0,583	W/m ² K	q =	17,49	W/m ²



Şekil A.17 Dolgu Duvar Gazbeton, Kolon Kirişler Ekspande Polistren İle Dıştan Isı Yalıtımı Uygulanan Binanın Dolgu Duvar Kesiti Yoğuşma ve Buharlaşma Grafiği

Tablo A.25 Dolgu Duvar Gazbeton, Kolon Kirişler Ekspande Polistren İle Dıştan Isı Yalıtımı Uygulanan Binanın Çatı Kesiti Yoğuşma Çizelgesi

Sütun no	1	2	3	4	5	6	7	8
Sıra no	TABAKA	Tabaka kalınlığı d (m)	Su buharı difüzyon direnç katsayısı R	Difüzyon dengi hava tabakası kalınlığı Sd (m)	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h (W/mK)	Yüzeysel ısı iletim direnci, malzemenin ısı direnci $d/\lambda, 1/\alpha$ (m ² K/W)	Sıcaklık T (°C)	Doymuş su buharı basıncı Ps (Pa)
	$1/\alpha_i$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (ig)	-	-	-	0,13	20	2340
1	6.5 Alçı karton plakalar (TS 452'ye uygun)	0,013	8	0,104	0,21	0,062	18,77	2166,29
2	TS2164 Alüminyum	0,001	1000000	1000	204	0	18,18	2087,84
3	10.4 Mineral ve bitkisel lifli yalıtım malzemeleri (TS 901)	0,1	1	0,1	0,04	2,5	18,18	2087,84
4	8.2.2.1 Yatik çongalı levhalar (TS 180, TS 1817)	0,05	50	2,5	0,13	0,385	-5,52	384,33
5	9.2.2.2 Bitümlü karton	0,002	2000	4	0,19	0,011	-9,17	279,68
	$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dig)	-	-	-	0,08	-9,27	277,22
							-10	260
		$\Sigma Sd = 1006,704$ m		$U = 0,316$ W/m ² K		$q = 9,48$ W/m ²		



İDEAL SONUÇ

Bu yapı bileşeninin hiç bir bölgesinde yoğuşma gerçekleşmemiştir

Şekil A.18 Dolgu Duvar Gazbeton, Kolon Kirişler Ekspande Polistren İle Dıştan Isı Yalıtımı Uygulanan Binanın Çatı Kesiti Yoğuşma ve Buharlaşma Grafiği

ÖZGEÇMİŞ

Gülşen Bayer 11.12.1980'de Karabük'te doğdu. İlk öğrenimini Karabük Şirinevler İlkokulu'nda, orta öğrenimini Karabük Yenişehir Ortaokulu'nda ve lise öğrenimini Karabük Demir Çelik Lisesi'nde (1997) tamamladı. Yüksek öğrenimini 1997-2001 yılları arasında Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde yaptıktan sonra 2003 yılında S.A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yapı Malzemesi Bilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başladı.