

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ AÇISINDAN HAVA
KİRLİLİĞİNİN AZALTILMASI İÇİN
ALINABİLECEK ÖNLEMLER

Yavuz YÖNTEM

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Bilim Dalı

1993

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ AÇISINDAN HAVA
KİRLİLİĞİNİN AZALTILMASI İÇİN
ALINABİLECEK ÖNLEMLER

Yavuz YÖNTEM,

Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman : Prof. Ömer Rıza AKGÜN (7.10.1991-25.11.1992)
Y.Doç.Dr. İlker Bekir TOPÇU (25.11.1992- .4.1993)

Mart 1993

Yavuz YÖNTEM'in YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırladığı "İnşaat Mühendisliği Açısından Hava Kirliliğinin Azaltılması İçin Alınabilecek Önlemler" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Üye : Prof. Ömer Rıza AKGÜN

Üye : Prof. Dr. Nazmi ÖRÜK

Üye : Y. Doç. Dr. İlker Bekir TOPCU

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun **14 NISAN 1993** gün

ve **348-16** sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Rüstem KAYA
Enstitü Müdürü

ÖZET

İnşaat mühendisliği açısından enerji tasarrufu konusunda alınabilecek tedbirlerin başında, yapıların ısı kayıplarının azaltılması gelir. Bu tedbirler "binalarda ısı yalıtımı" başlığı altında toplanabilir. Isı yalıtımından amaçlanan, en uygun ısı yalıtım malzemesinin seçilmesi sonucunda daha az yakıt tüketerek ekonomik yönden kazanç sağlamak, hava kirliliği probleminin çözümüne yardımcı olmak ve daha konforlu iç ortamlar yaratmaktır. Isı yalıtımında başarılı olabilmek için kullanılacak mevcut malzemeleri tanımak ve bunların ekonomik analizlerini yapmak gereklidir.

Bu çalışmada uygulamada kullanılan ısı yalıtım malzemeleri ve yalıtım uygulama metodları tanıtılmış, takip eden bölümlerde ısı yalıtımı-hava kirliliği ve ısı yalıtımı-maliyet ilişkilerinden bahsedilmiştir. Eskişehir'de toplu konut şeklinde inşa edilen çok katlı bir bina için yapılan örnek uygulamada dış duvar malzemesi olarak çeşitli kalınlıklarda düşey delikli tuğla (DDT), gazbeton (G), dolu bimsbeton (DBB), boşluklu bimsbeton (BBB), betonarme plak (BA), yalıtım malzemeleri olarak da perlitli sıva (P), polistren sert köpük (GPSK), camyünü (C) ve yonga levha (H) kullanılmış, ayrıca pencerelerin tek camlı ve çift camlı olma halleri incelenmiştir. Bunlar örnek binaya uygulanarak toplam ısı kayıpları ve değişik yakıtlarla mevsimlik yakıt tüketimi bulunmuş, kullanılan yakıtların hava kirleticilik özellikleri ve yalıtımın uygulama maliyetleri arasında karşılaştırmalar yapılmıştır.

Sonuçta değişik yalıtım alternatiflerinin irdelemesi yapılarak, hem ısı yalıtımı hem de ekonomik yönden uygun malzemeler belirlenmiştir. Yapılan karşılaştırmaların sonuçlarına bir örnek olarak, dış duvarda 19 cm düşey delikli tuğla ve 2 cm polistren sert köpük kullanılması durumunda, elde edilen direncin 20 cm betonarme plak ve 3 cm camyünü kullanılması ile elde edilen dirençten % 16 daha fazla, maliyet olarak da 9 kez daha ucuz olduğu ortaya çıkmıştır.

ABSTRACT

From civil engineering point of view, energy saving means reducing the heat losses of buildings. This is called "the thermal insulation in buildings". The aim of thermal insulation is to reduce the total fuel consumption, to create better living conditions indoors and to help to solve air pollution problem.

In this thesis, first, thermal insulation materials and application methods have been introduced. In the following chapters, thermal insulation-air pollution and economy relationship have been discussed. Furthermore, for a multistorey building in Eskişehir different types of external wall materials such as brick with vertical holes, air entraining concrete, reinforced concrete plates and insulation materials such as glasswool, perlite and polyurethane foam have been examined. Except from these single and double glazing have been discussed. Then for this building total heat losses, annual fuel consumption and effects of this fuel consumption to air pollution have been calculated. Relationships between different materials and their costs have been displayed in graphics and tables.

As one of the results, it has been found out that using 19 cm thick brick with vertical holes and 2 cm thick polyurethane insulating layer together had a % 16 better heat resistant level when compared with the 20 cm thick reinforced concrete plate and 3 cm thick glasswool. The first combination is 9 times cheaper than the second combination as well.

TEŞEKKÜR

Tez alıőmam sırasında değerli bilgilerinden yararlandığım hocalarım sayın Prof. Ö.Rıza Akgün'e, sayın Prof.Dr. Nazmi Oruç'a ve tez danıőmanım sayın Yrd.Do.Dr. İ.Bekir Topu'ya teőekkürü bor bilirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
TABLolar DİZİNİ	x
KISALTMALAR DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. ISI YALITIMI HAKKINDA YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR	3
3. ISI YALITIM MALZEMELERİ	4
4. ISI YALITIM METODLARI - UYGULANDIKLARI YERLER	8
4.1. Dış Duvarlar	8
4.1.1. Dıştan yalıtımlı dış duvarlar	8
4.1.2. Çekirdekten yalıtımlı dış duvarlar (sandviç duvarlar)	10
4.1.3. İçten yalıtımlı dış duvarlar	11
4.2. Pencereler	12

İÇİNDEKİLER (devam)

	Sayfa
4.3. Çatılar	14
4.3.1. Soğuk çatılar (eğimli çatılar)	14
4.3.2. Sıcak çatılar (düz çatılar)	15
4.4. Döşemeler	16
5. ISI YALITIMININ YAPI FİZİĞİNE ETKİLERİ	18
5.1. Isı Köprüleri	18
5.2. Nemlilik	19
6. ISI YALITIM HESAPLARI	21
6.1. Örnek Hesap	23
7. ISI YALITIMI - HAVA KİRLİLİĞİ VE EKONOMİK KAZANÇ İLİŞKİLERİ (ESKİŞEHİR İÇİN BİR UYGULAMA)	25
7.1. Isı Yalıtımı - Hava Kirliliği İlişkisi	25
7.1.1. Eskişehir'de hava kirliliği	26
7.2. Isı Yalıtımı - Ekonomik Kazanç İlişkisi	28
8.YAPILAN HESAPLAMALARIN İRDELENMESİ	38
9. SONUÇ VE ÖNERİLER	42
KAYNAKLAR DİZİNİ	44

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
3.1. Aynı Dirençli Malzemelerin Kalınlık Karşılaştırması	7
4.1. Yalıtımlı Duvar - Yalıtımsız Duvar	8
4.2. Sıva Uygulamalı Dıştan Yalıtım	9
4.3. Havalandırılmalı Dıştan Yalıtım	9
4.4. Havalandırılmalı Sandviç Yalıtım	10
4.5. Havalandırılmamasız Sandviç Yalıtım	11
4.6. İçten Yalıtım	11
4.7. İkili Cam Sistemi	12
4.8. Isıtılan Çatı Arası Yalıtımı (Eğim \geq % 10)	14
4.9. Isıtılmayan Çatı Arası Yalıtımı (Eğim $<$ % 10)	15
4.10. Sıcak Çatı Yalıtımı	16
4.11. Tabandan Isıtılan Döşeme Yalıtımı	17
4.12. Zemine Oturan Döşeme Çevre Yalıtımı	17
5.1. Sandviç Duvarlarda Isı Köprüsü Etkisi	18
5.2. Yalıtılmamış Döşemenin Isı Köprüsü Etkisi	19
5.3. Dış Duvarın Havalandırılması	20
5.4. Dış Duvarda Buhar Kesici	20
6.1. Yalıtımsız Hal	23
6.2. Yalıtımlı Hal	23
7.1. Düşey Delikli Tuğla - Maliyet İlişkisi	31
7.2. Gazbeton - Maliyet İlişkisi	32
7.3. Dolu Bimsbeton - Maliyet İlişkisi	32
7.4. Boşluklu Bimsbeton - Maliyet İlişkisi	33
7.5. Betonarme Plak - Maliyet İlişkisi	33
7.6. Sabit Direnç - Maliyet İlişkisi	34
7.7. Sabit Kalınlık - Maliyet İlişkisi	35
7.8. Sabit Kalınlık - Isı Kaybı İlişkisi	35
7.9. Sabit Direnç - SO ₂ Miktarı İlişkisi	36
7.10. Sabit Kalınlık İçin Isı Kaybı - Maliyet İlişkisi	37

TABLOLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Isı Yalıtım Malzemelerinin Mekanik Özellikleri	7
4.1. Duvar - Çift Cam Karşılaştırması	13
7.1. Türkiye'de Yıllara Göre Birincil Enerji Tüketimi	26
7.2. Türkiye'de Isıtmadan Kaynaklanan NO _x , SO ₂ ve Partikül Madde Miktarları	26
7.3. Eskişehir'de Kış Sezonu Hava Kirliliği Ölçümleri	27
7.4. Eskişehir'de Kullanılan Katı Yakıtların Özellikleri	27
7.5. Isıtma Tesisat Giderlerinin Karşılaştırılması	30
7.6. Mevsimlik Kömür Tüketiminin Karşılaştırılması	30
8.1. En İdeal Kombinasyon Karşılaştırması	41

KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Kisaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
BA	Betonarme
BBB	Boşluklu Bimsbeton Duvar Blokları
C	Camyünü
DBB	Dolu Bimsbeton Duvar Blokları
DDT	Düşey Delikli Tuğla
G	Gazbeton Duvar Blokları
GPSK	Genleşmiş Polistren Sert Köpük
H	Preslenmiş Yonga Levha
P	Perlit Sıva (B.A plak uygulamasında perlit şilte)
S	Grafiklerde Genleşmiş Polistren Sert Köpük
T	Grafiklerde Düşey Delikli Tuğla

1.GİRİŞ

İçinde bulunduğumuz çağdaş koşullar yapı ve yapı malzemesi alanlarında ısı yalıtımının önemini arttırmaktadır. Şüphesiz ki yalıtımın gittikçe önem kazanmasında insanoglunun daha iyi konfor koşullarına sahip olma isteğinin yanısıra, doğadaki enerji ve malzeme kaynaklarının gün geçtikçe tükenmesinin rolü vardır. Özellikle ısı yalıtımına bu denli önem verilmesinde yukarıdaki nedenlerin yanısıra, 20.yüzyıl başlarında yapı sistemlerindeki gelişim sonucunda duvar kalınlıklarının azalmasının ve 1973 yılındaki enerji krizinin yarattığı sorunların varlığı söylenebilir. Barınılan iç ortamda insan sağlığı açısından en uygun fizik koşulların devamlı olarak sağlanması, bir başka deyişle, yaşanılan ortamda konfor koşullarının sağlanması anlamına gelen yalıtım uygulamasından; yapının dış ortam koşulları sonucu hasar görmesinin önlenmesi, yapı ömrü boyunca bilinçli bir şekilde ısıtma-soğutma giderlerinden tasarruf edilmesi ve yakıt tüketiminde sağlanacak azalma ile hava kirliliği probleminde çözüm getirilmesi gibi sonuçlar beklenebilir. 1973 enerji krizi ile pek çok ülke toplam enerji kullanımını ve yakıt ithalatını azaltmak için yapılarda tüketilen enerji miktarını kontrol etme ve sınırlandırma yoluna gitmiştir. Yapılarda sadece kış aylarında ısıtma amacı ile kullanılan enerji, toplam üretilen enerjinin yaklaşık % 40'ı olduğundan, ısı yalıtımı ülkelerin enerji programlarında dikkate aldıkları konulardan birini oluşturmaktadır [29].

Ülkemiz birincil enerji kaynakları bakımından kendine yeterli değildir. İthal ettiği enerji ülkenin gelişme ve büyümesine paralel olarak artmakta, fazla enerji tüketiminin doğal bir sonucu olarak da ekonomik yönden devlet ve aile bütçeleri zorlanmaktadır. Bilinçsiz veya yetersiz ısı yalıtımının bir sonucu olan hava kirliliği konunun bir başka boyutunu oluşturmaktadır. Hava kirliliği, son yıllardaki düzensiz şehirleşme sonucunda ülkemizin de gündemine girmiştir. Sorun, doğanın kendini temizleyebilmesi için gerekli süreden daha hızlı bir şekilde kirletilmesinden kaynaklanmaktadır. Hava kirliliğinin önlenmesinde yapı-

lacak en akıllıca iş, yapılara etkin ısı yalıtımı uygulayarak bu kirliliğe sebep olan yakıtların kullanımının azaltılması olacaktır. Bu konuda ülkemizde halen yürürlükte olan 16.Ocak.1985 tarih ve 18637 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan "Isı Yalıtım Yönetmeliği" [1] ile, TS 825 "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" [28] standardının, binalarımızda aynı kış şartları açısından bir karşılaştırma yapılması halinde Avrupa ülkelerine göre 2 kat, İskandinav ülkelerine göre ise 3 kat daha fazla ısı kaybına sebebiyet verdiği belirlenmiştir. Ekonomik verilerden hareket ile ülkemiz için çeşitli yalıtım kalınlıkları tesbit edildiğinde bu rakamların ülkemizde yürürlükte olan yönetmelik ve standart değerlerinin üzerinde olduğu görülmüştür [17].

Bu araştırmada Eskişehir ili iklim şartlarında değişik ısı yalıtım malzemeleri kullanılarak yapılan dış duvarların ısı yalıtım özellikleri incelenerek mevcut yönetmelik ve standarda göre çeşitli karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu karşılaştırmaların ifade edildiği grafikler 7. bölümde sonuçların irdelenmesi 8.bölümde ve grafiklerin çiziminde yararlanılan tablolar da Ekler bölümünde verilmiştir.

2. ISI YALITIMI HAKKINDA YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

Binalarda ısı yalıtımı konusu ülkemiz gündemine Avrupa ve Amerika'dan oldukça sonra girmiştir. Bu yüzden yapılan çalışmaların ve yazılan eserlerin çoğunluğu yabancı kaynaklı olup, binaların ısısızal dizaynı, yalıtım malzemeleri ve yalıtım-maliyet ilişkileri üzerine öneriler getirmektedir.

Close [4], binalarda ısı yalıtımı uygulanması halinde yakıttan sağlanacak tasarrufla yalıtım maliyetinin % 15-30'unun her yıl geri kazanılabileceğini söylemiştir. Ayrıca değişik yalıtım malzemeleri hakkında bilgi vererek bunların uygulanış şekillerini göstermiş ve binalarda nemlenme kontrolundan bahsetmiştir. Rogers [25], ısı yalıtımındaki ilk yatırım maliyeti ve sonrasında sağlanacak tasarruf üzerinde durmuştur. Diamont [8], ısı köprülerinin etkilerinin geniş bir duvar alanına yayılabileceğini ve duvarın ısı geçirme katsayısı değerini yükselteceğini söylemiştir. Colesby ve Townsend [5] ise binalarda ısı köprülerine bağlı nemlenme problemiyle ilgilenmişler, havalandırma ve buhar kesici uygulamalarından bahsetmişlerdir.

Humbaracı [13], Eriç [11] ve Özdeniz [24] ısı yalıtım metodları ve binalarda ısı değişikliklerinden kaynaklanan fiziksel sorunlar üzerine çalışmalar yapmışlardır. Dağsöz [7] ısı yalıtım malzemeleri, maliyet yönünden ideal yalıtım kalınlıkları ve gazbeton malzemelerin ısı yalıtımındaki yeri konularından bahsetmiştir. Tülbentçi [26] ülkemizde üretilen enerjinin % 41'inin konutlarda tüketildiğini ve yılda 2,5 milyar dolarlık gereksiz harcamayı da beraberinde getirdiğini söylemiştir.

3. ISI YALITIM MALZEMELERİ

Bir binadaki ısı kayıplarının yaklaşık % 40'ı dış duvarlar, % 30'u pencere ve kapılar, % 7'si çatı, % 6'sı döşeme ve % 17'si hava kaçakları yolu ile olduğundan bu noktalarda alınacak tedbirlerin önemi artmaktadır [7]. Bu amaçla uygulamada polistren sert köpük, gazbeton, bims, perlit, cam yünü, poliüretan curuf, ahşap talaşı, patlatılmış kil agregası, yonga levha gibi ısı yalıtım özelliğine sahip malzemeler kullanılmaktadır. Bunlardan dünyada ve ülkemizde yaygın olarak kullanılanları aşağıda tek tek tanıtılmıştır. Ayrıca değişik ısı yalıtım malzemelerine ait mekanik özellikler de bölüm sonundaki Tablo 3.1. ve Şekil 3.1.'de belirtilmiştir.

Gazbeton : Gazbeton'un ana hammaddeleri kuvarsit, sönmemiş kireç ve portland çimentosudur. Bu malzemenin endüstrileşmiş üretiminde genellikle silisli agrega olarak silisçe zengin olan kum, kuvarsit veya uçucu kül, gözenek oluşturucu olarak ise alüminyum tozu veya macunu kullanılmaktadır. Gerçekte ısı yalıtımını sağlayan, küçük gözenekler içerisine hapsedilmiş olan havadır. Bir gazbeton bloğu kırılıp bakıldığında binlerce gözenegin homojen bir doku oluşturduğu görülecektir. Kuru birim ağırlığı $250-400 \text{ kg/m}^3$ olan gazbeton, duvar blokları ve yalıtım plakları şeklinde üretilmektedir. Bu malzeme ülkemizde 1966 yılından beri $3.000.000 \text{ m}^3$ 'e yakın üretilerek kullanılmıştır [2].

Poliüretan Köpük (PUR) : Isı yalıtımı amacıyla geliştirilen en yüksek dereceli malzemelerden bir tanesi de CFCl_3 (kloroflorokarbon) ile genleştirilen poliüretan köpüktür. Poliüretan yeni bir malzeme değildir. İnşaat sektöründe ilk denemeler 1960'larda yapılmış, fakat yaygın olarak kullanımına 1980'lerde başlamıştır. Isı yalıtım malzemelerinin özelliklerinden bir tanesi içinde durgun hava bulundurmalarıdır. Toplam ısı iletkenlik hesap değeri $0,035 \text{ kcal/mh}^0\text{C}$ olan malzeme elde etmek güçleştigiinden malzeme içindeki ısı iletkenlik hesap değeri $0,025$

kcal/mh⁰C olan durgun hava, 0,008 kcal/m⁰C'lik ısı iletkenlik hesap değerine sahip olan CFC₃ ile değiştirilmiş ve toplamda 0,017 kcal/mh⁰C ısı iletkenlik hesap değerli yeni bir malzeme elde edilmiştir. Bu yeni malzemeye "poliüretan köpük" adı verilmiştir. Poliüretan köpük, binalarda duvar, döşeme, tavan ve döşemeden ısıtma gibi sistemlerde, ayrıca depo, tank, endüstriyel tesisat, boru hatlarında yalıtım amacı ile kullanılmaktadır [14].

Genleşmiş Polistren Sert Köpük (GPSK) : Polistren sert köpük yaklaşık 30 senedir inşaat sektöründe enerji tasarrufu sağlayan bir yalıtım ve yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Bu malzeme 20 yıldan daha fazla bir süredir ülkemizde de imal edilmektedir. GPSK genleşme maddesi ihtiva eden ve böylece de genleşebilen polistrendir. GPSK'nın hammaddesi petroldür. Bu malzeme; ısıtılan bodrum katlarının döşeme ve dış duvarlarında, toprağa oturan bodrumsuz döşemelerde, ısıtılmayan bodrum tavanlarında, dış duvarların dış yüzünde, ortasında (sandviç), iç yüzünde, döşemeden ısıtmalı sistemlerde, teras çatılarda, meyilli çatılarda, merteklerin üstünde, arasında, altında, oturtma çatılarda beton döşeme üzerinde, sanayi çatılarında, asma tavanlarda, çıkma altlarında ısı yalıtımı amacı ile kullanılabilir.

Perlit : Grinin tonlarından siyaha kadar değişik renklerde camsı, volkanik bir kayadır. Özel fırınlarda alev şokuna tabi tutularak 10-30 misli hacim büyümesi gösterir. Hacim artmasıyla düşük yoğunluklu, gözenekli, hafif bir malzeme elde edilmiş olur. Oldukça zengin perlit rezervlerine sahip olan ülkemizde bu malzeme 1970'lerden itibaren tanınmaya ve kullanılmaya başlanmıştır. Perlitin ısı iletkenlik hesap değeri 0,034-0.045 kcal/mh⁰C değerleri arasında değişmektedir. Ancak başka malzemelerle birlikte kullanıldığında (örneğin sıvada) bu değer yükselmektedir. Maksada uygun olarak bütün binalarda, açık ve kapalı çatılarda, üzeri çatı ile örtülmüş tavanlarda, düz çatı ve teras döşemelerde, ısıtılmayan bodrum ve bina girişi üzerindeki döşemelerde, zemine oturan döşemelerde, bina duvarlarının iç ve dış yüzeylerinde ısı

yalıtım amaçlı sıva olarak kullanılabilir.

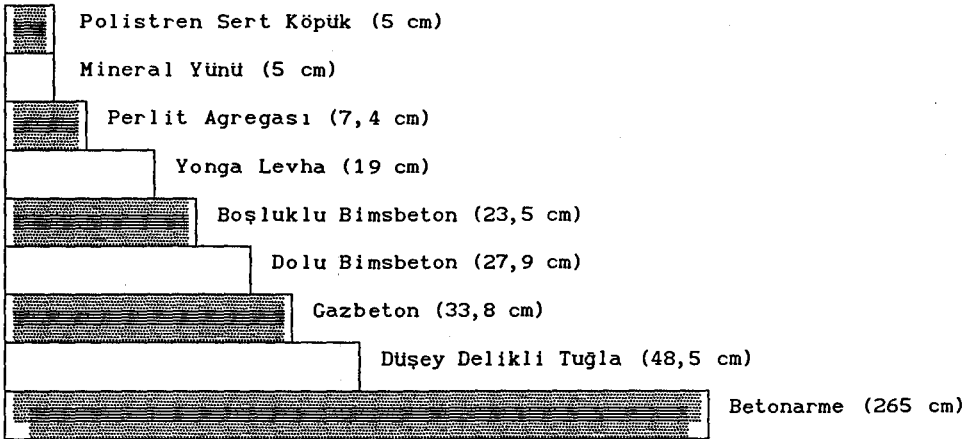
Camköpüğü : Camköpüğü özel üretim yöntemleri ile üretilen bir yapı malzemesidir. Bu malzeme büyük ölçüde Avusturya, Almanya, İngiltere, Belçika ve A.B.D.'de üretilmektedir. Yaygın olarak üretimine 1963 yılında başlanmıştır. Ülkemizde üretimi yapılmayan bu malzeme 1990 yılından itibaren dışalım yoluyla ülkemiz pazarlarına girmiştir. Camköpüğü ısı yalıtım problemine yeni bir çözüm getirmiştir. Bu malzemenin ısı yalıtımında su buharına da ilişkin sorunları çözen özelliklere sahip olması, kullanımı açısından bir avantaj teşkil etmektedir. Bu malzeme çatıların, betonarme tavanların, dış duvarların (içten, dıştan, sandviç) yalıtımına yeni bir alternatif olmuştur.

Bims : Bims, volkanik kökenli, birbirine bağlantısız, gözenekli, sünger görünümlü, birim hacim ağırlığı $600-900 \text{ kg/m}^3$ olan amorf, camsı bir maddedir. İri tanelilerine "pomza" denilmektedir. Bims günümüzde hafif yapı elemanlarının üretiminde kullanılmaktadır. Mukavemeti arttırılan elemanlar dolu veya boşluklu duvarblokları olarak kullanılırlar. Gözenekli yapısı bu malzemeye iyi bir ısı yalıtım özelliği sağlamaktadır.

Mineral Yünü : Mineral yünü ilk olarak 1840 yılında Britanya'nın Galler bölgesinde üretilmiş ve aynı yıllarda kazanlar ve buhar boruları için bir yalıtım malzemesi olarak kullanılmıştır. Mineral yünü, yün veya pamuk görünümlü, kalsiyum ve alüminyum silikatlarının bileşiminden oluşmuş lifli bir malzemedir. Bu malzeme hammaddesi aynı olan benzer ürünlerin genelleştirilmiş halidir. Cam yünü bu genelleştirilmiş ürünlerden bir tanesidir. Bu malzeme duvar, döşeme, tavan yalıtımlarında geniş olarak kullanılmaktadır.

Tablo 3.1. Isı Yalıtım Malzemelerinin Mekanik Özellikleri

Malzeme	Yoğunluk (kg/m^3)	Isı İletkenlik ($\text{kcal/mh}^\circ\text{C}$)	Basınç Dayanımı (kg/cm^2)
Polistren	10-30	0,034	0,6-2,6
Poliü.	32	0,023	225
Cam Köpüğü	123	0,036	6-12
Mineral Yünü	12-105	0,034	0-0,4
Gazbeton	400-800	0,14-0,25	20-80
Bimsbeton Blok	600-900	0,16-0,30	24-26
Perlit Agregası	60-90	0,034-0,045	50-90



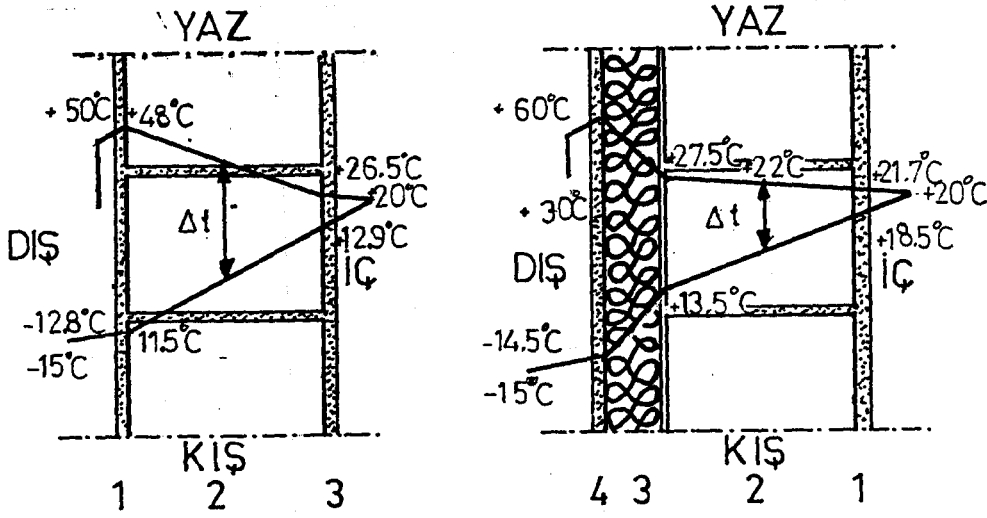
Şekil 3.1. Aynı Dirençli Malzemelerinin Kalınlık Karşılaştırması

Tablo 3.1. ve Şekil 3.1.'e bakarak malzemeler arasında bir sıralama yapıldığında ısı yalıtım özellikleri açısından polistren sert köpük, mineral yünü ve perlit agregasının diğer malzemelere göre daha avantajlı olduğu görülmektedir. Fakat bu tip ısı yalıtım malzemelerinin ancak mevcut bir yüzey üzerine uygulanmaları direkt ısı yalıtım özelliğine sahip duvar malzemeleri karşısında bir dezavantaj teşkil etmektedir.

4. ISI YALITIM METODLARI, UYGULANDIKLARI YERLER

4.1.Dış Duvarlar

Dış duvarlarda statik gereksinmelerin sağlanması ile birlikte aranılan önemli özellik yeterli ısı korumasını sağlamasıdır. Zira bir yapının toplam ısı kaybının yaklaşık % 40'ı dış duvarlardan olmaktadır. [7] Dış duvarların yalıtımı dıştan, çekirdekten (sandviç) ve içten olmak üzere üç değişik şekilde yapılabilir.



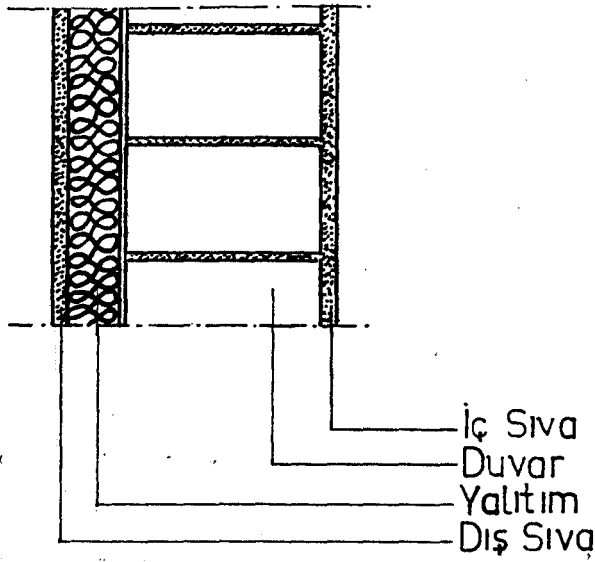
Şekil 4.1. Yalıtımlı Duvar-Yalıtımsız Duvar

4.1.1.Dıştan yalıtımlı dış duvarlar:

Dıştan yalıtım, iyi uygulandığı takdirde yalıtım metodları içinde en iyi sonucu verendir. Binanın kagir yapısında kuvvetli sıcaklık değişimlerini önlemesi, yeterli bir ısı depolama yeteneği sağlaması, ısı köprülerini ortadan kaldırması, duvar bünyesindeki yoğunlaşmayı önlemesi dıştan yalıtımın başlıca avantajlarıdır. Dıştan yalıtım sıva uygulamalı ve havalandırmalı olmak üzere iki türdür.

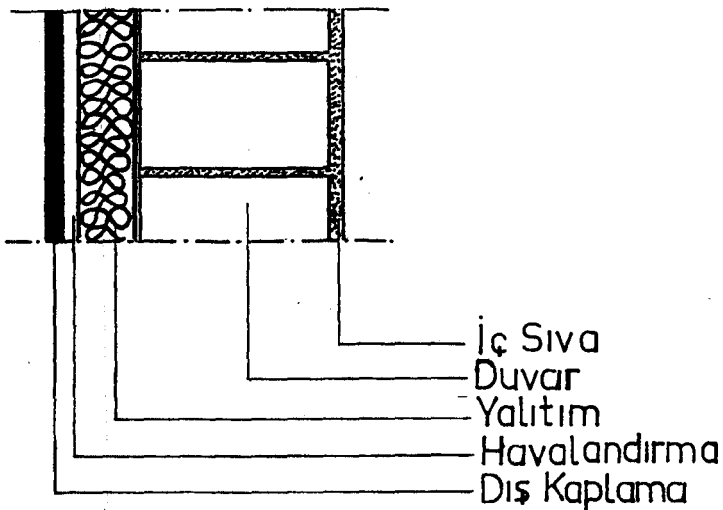
Sıva uygulamalı dıştan yalıtım, tuğla veya beton dış duvarın dış yüzüne yapıştırma veya dübellere ile tesbit edilmiş yalıtım malzemesi üzerine katkılı mineral sıva tatbik edilerek yapılır. Dıştan yalıtımın yukarıda sayılan avantajlarına sahiptir. Sistemin bu gibi avantajları

yanında, bir süre sonra yalıtım malzemesinin iç bünyesinde meydana gelebilecek gerilmelerden dolayı dış sıvada oluşabilecek çatlaklar dezavantaj teşkil etmektedir.



Şekil 4.2. Sıva Uygulamalı Dıştan Yalıtım

Havalandırmalı dıştan yalıtımda duvar iki katmandan oluşmaktadır. Kâgir duvar yalnız statik olarak taşıyıcı görevini üstlenmiştir. Bunun üzerine ısı yalıtım malzemesi tesbit edilmiştir. Isı yalıtım malzemesi üzerine aralarında bir havalandırma kanalı kalacak şekilde dış kaplama monte edilmiştir. Kullanılan kaplama malzemeleri ahşap, asbest levhalar, cam ve sentetik levhalar, tabii veya yapay taş levhalar ile metal kaplamalar olmaktadır.

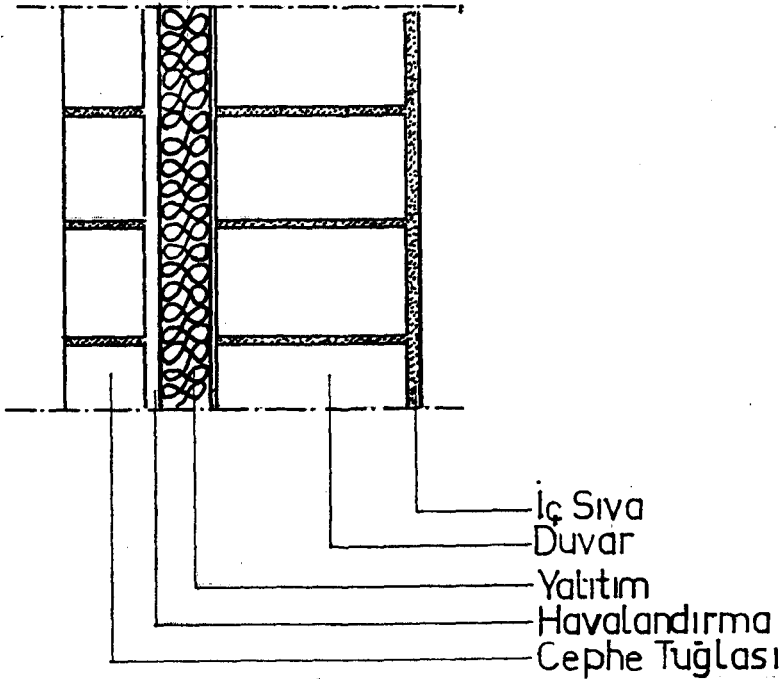


Şekil 4.3. Havalandırmalı Dıştan Yalıtım

4.1.2.Çekirdekten yalıtımlı dış duvarlar (sandviç duvarlar)

Bu duvarda iç katman statik olarak taşıyıcı veya taşıyıcı olmayan bir duvar oluştururken, dış katmanı tamamen ısı yalıtım malzemesini koruyucu ve su kesici kaplamayı taşıyıcı görev üstlenmektedir. İki duvar katmanı arasına ısı yalıtım malzemesi yerleştirilmiştir. Çekirdekten yalıtımlı duvarlar özellikle çok katlı yapılarda ısı köprülerini ortadan kaldırmadığı için bu yüzeylerin ayrıca izole edilmesi gereksinimini ortaya çıkarmaktadır. Sandviç duvarlar havalandırmalı ve havalandırmazlık şeklinde ikiye ayrılabilir.

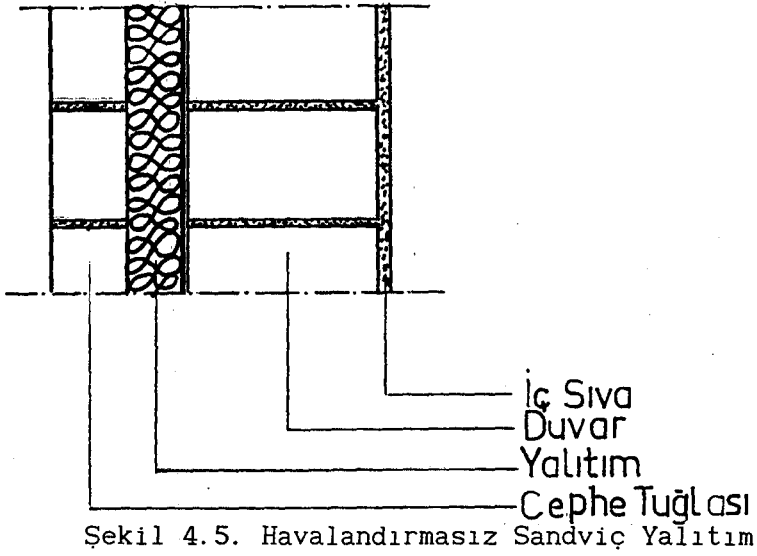
Havalandırmalı sandviç dış duvarlar yapı fiziği yönünden kusursuz bir uygulamayı ifade etmektedir. Cephe tuğlası su emme değeri düşük, don mukavemeti yüksek bir malzemeden seçilmeli, Ayrıca hava kanalı her noktasında yalıtım malzemesinden sonra 4 cm kalınlıkta olmalıdır.



Şekil 4.4. Havalandırmalı Sandviç Yalıtım

Havalandırmazlık sandviç dış duvarların bünyesinde kış aylarında büyük ihtimalle nemlenme görülecektir. Bunu önlemek için duvar iç yüzeyinde buhar geçirgenlik direnci yüksek boya, kaplama veya buhar kesici kullanılarak buhar geçirgenlik direncinin arttırılması gereklidir.

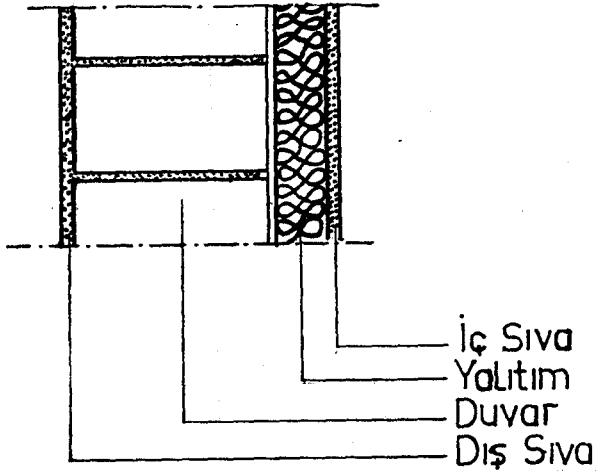
Eğer bunlar yapılmıyorsa havalandırmalı çekirdekten yalıtımlı dış duvara geçilmesi yararlı olacaktır. Buhar kesiciler konusunda 5. bölümde bahsedilecektir.



Şekil 4.5. Havalandırmasız Sandviç Yalıtım

4.1.3. İçten yalıtımlı dış duvarlar

Dış duvarın içten yalıtımı diğer yalıtım şekillerine göre en basit uygulama şekli olmasına karşın, ısı, nem ve ses yalıtımı bakımından sorunları da beraberinde getirmektedir. Çünkü, içten yalıtımda ısı köprüleri açıkta kalmakta, duvarların ısı depolama kabiliyetleri düşük olmakta, nemlenme ihtimali artmakta ve duvarlar aşırı ısı gerilmelerine maruz kalmaktadır. İçten yalıtım eski bina yalıtımlarında, kısa süreli ısıtma gereken yapılarda ve hızlı ısıtılması gereken yapılarda uygulanabilir.

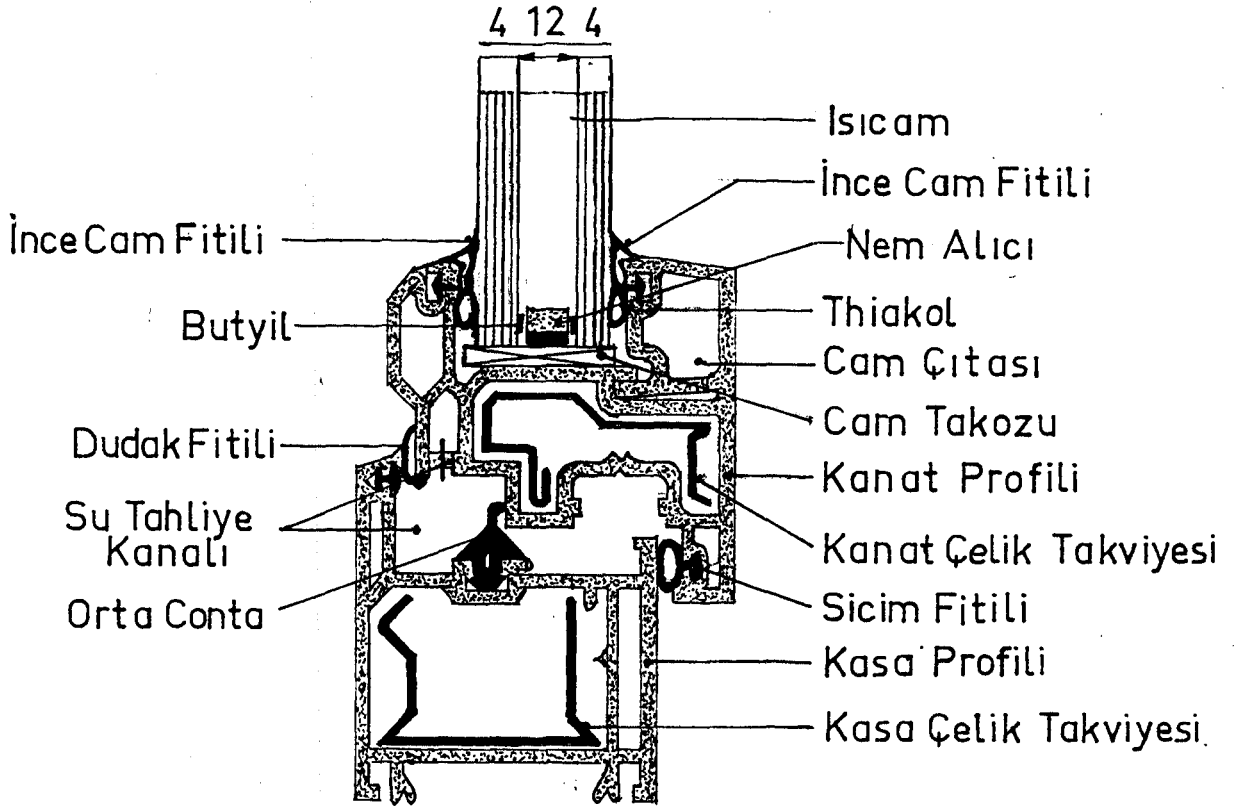


Şekil 4.6. İçten Yalıtım

4.2. Pencereleer

Pencereler bir binada yalıtım zincirinin en zayıf halkalarıdır ve toplam ısı kaybının ortalama olarak % 25-30'undan sorumludurlar. Böylece camlı yüzeylerin ısı yalıtım problemindeki önemi ortaya çıkmaktadır.

Pencerelerdeki ısı kaybını azaltmak için en çok kullanılan yöntem pencereleri çift camlı yapmaktır. Camın ısı iletkenlik hesap değeri $0,70 \text{ kcal/mh}^{\circ}\text{C}$ 'dir. Bu oldukça yüksek bir değerdir. Çift cam kullanımı ile camdan olan ısı kaybını yarı yarıya önlemek mümkündür. (tek cam $k=5 \text{ kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$, çift cam $k=2,5 \text{ kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$) Çift cam yerine üçlü yada dördümlü cam kombinasyonları yaparak ısı geçirme katsayısını daha da düşürülebilir. ($k=1,5 \text{ kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$) Ancak bu ünitelerin avantajları yanında dezavantajları da vardır. Örneğin ağır olmaları ve daha geniş cam yuvasına ihtiyaç göstermeleri bu camların takılabileceği özel doğramalar yapılmasını gerektirmektedir.



Şekil 4.7. İkili Cam Sistemi

Dış duvar ısı direnci ile pencere ısı direnci karşılaştırıldığında tek camlı pencerelerin ısı geçirme katsayısının $k=5 \text{ kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$ alınmasına karşın, çift cam yapıldığı takdirde k değerinde % 50'ye varan azaltma sağlanmaktadır. Aşağıdaki tabloda değişik malzemelerle yapılan duvarların, çift camlı pencerenin k değerini sağlayan kalınlıkları belirtilmiştir.

Tablo 4.1. Duvar-Çift Cam Karşılaştırması

Duvar Cinsi	Kalınlık (cm)	1/D ($\text{m}^2\text{h}^{\circ}\text{C/kcal}$)	k ($\text{kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$)
Boşluklu Bims	2,2	0,21	2,5
Gazbeton	2,6	"	"
Dolu Bims	3,1	"	"
Düş.Del.Tuğla	4,5	"	"
B. A. Plak	24,6	"	"

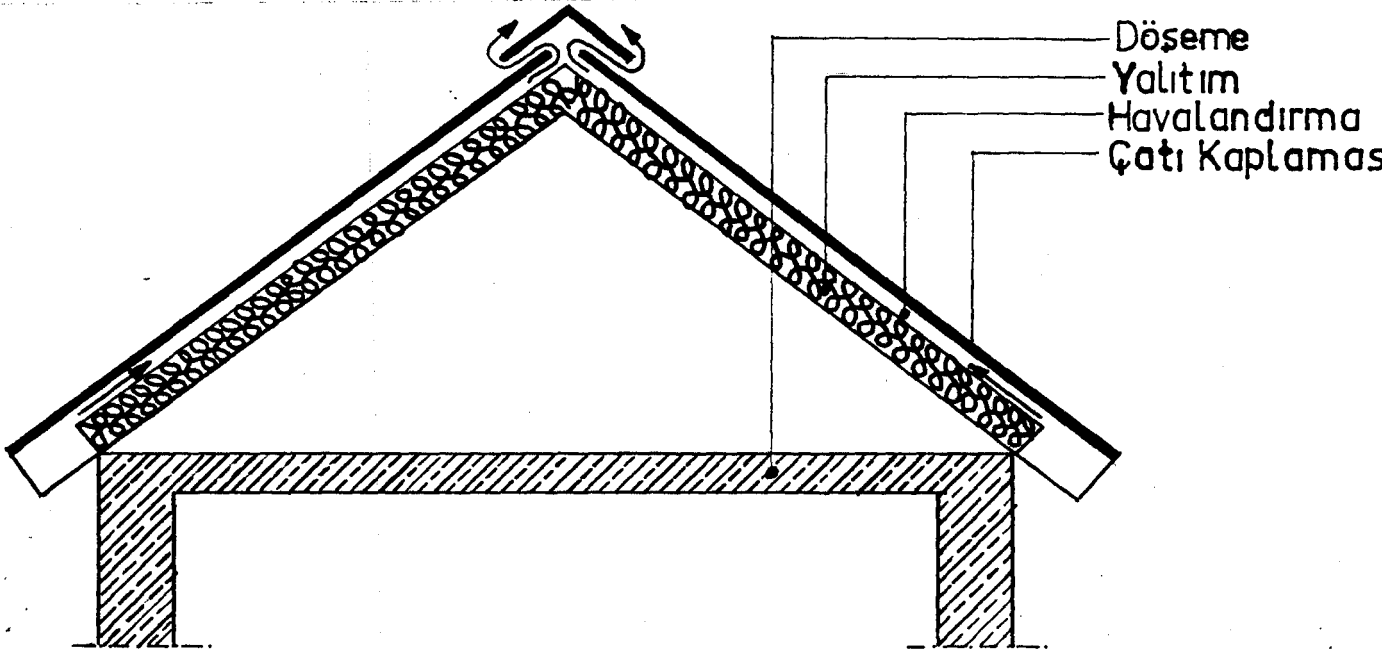
Not: İç sıva 2 cm kireç+alçı, dış sıva 3 cm kireç+çimento kabul edilmiştir.

4.3.Çatılar

Çatı, yapı dış kabuğunun en önemli elemanlarından biri olup teşkiline gereken önem verilmemesi halinde yapı hasarları kaçınılmaz olmaktadır. Çatılar şekil, kütle, eğim veya fonksiyonlarına göre sınıflandırılırlar [15].

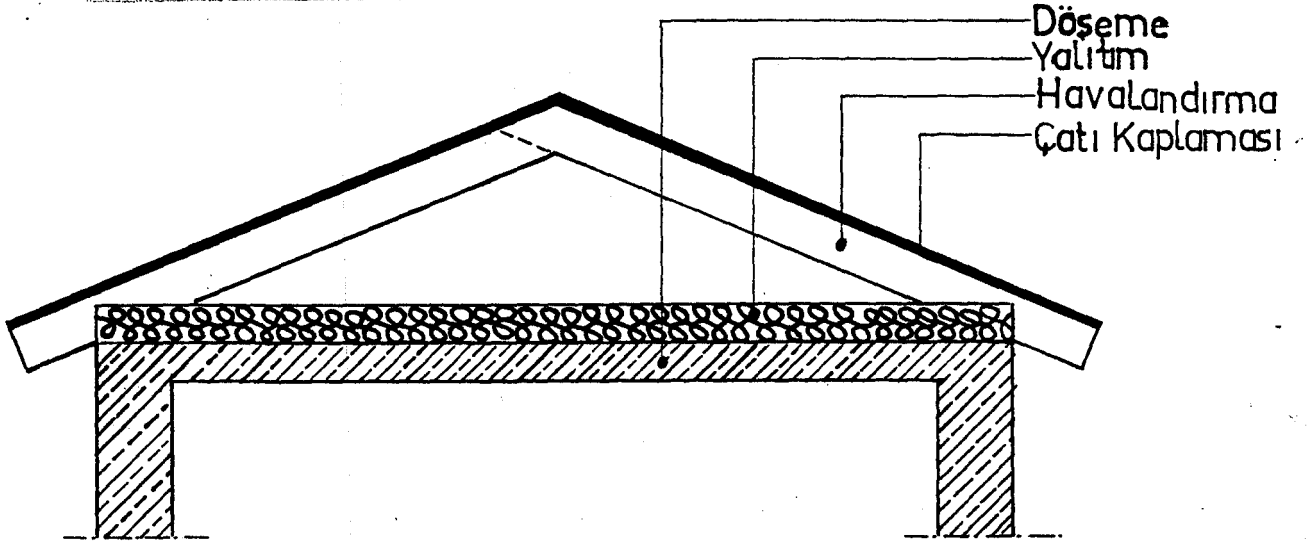
4.3.1.Soğuk çatılar (eğimli çatılar)

Soğuk çatılar iki katmanlıdır. Üst katman su kesici görevini üstlenmiştir. Alt katman ise, ısı yalıtımı ve taşıyıcı görevlerini yerine getirmektedir. Bu tip çatılara soğuk çatı denmesinin sebebi, katmanların arasının dış ortamla irtibatlı olup, havalandırılmasıdır. Eğimleri % 10'dan büyüktür. Bu tip çatılarda şayet tavanarası ısıtılıyorsa, yalıtım tavan veya çatının oturduğu döşeme yerine çatının kendisine yapılmalıdır. Eğer tavanarası ısıtılmıyorsa ve yaşama amaçlı olarak kullanılmıyorsa, yalıtım ya tavan veya döşeme kirişleri arasına ya da alttaki tavana veya döşemeye uygulanabilir.



Şekil 4.8. Isıtılan Çatı Arası Yalıtımı (Eğim \geq % 10)

Soğuk çatılarda iç ortamdan nüfuz edecek su buharının yalıtım malzemesinin bünyesinde yoğunlaşmasını önlemek bakımından çatının su kesici katmanı ile yalıtım tabakasının soğuk yüzü arası daima havalandırılmalıdır.

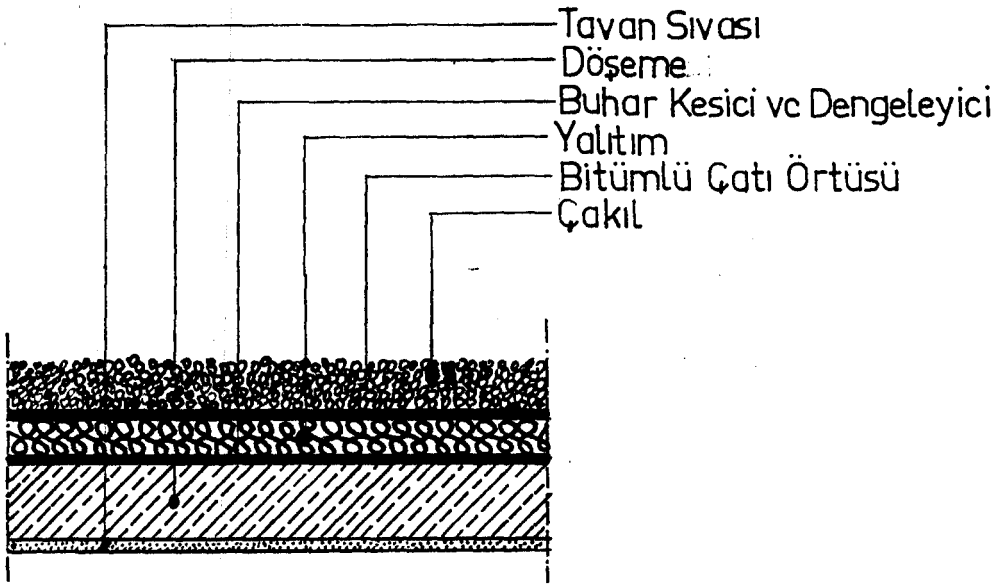


Şekil 4.9. Isıtılmayan Çatı Arası Yalıtımı (Eğim < % 10)

4.3.2. Sıcak çatılar (düz çatılar)

Sıcak çatılarda çatıyı oluşturan katmanlar bir bütün teşkil etmektedirler. Katmanlar arasında hava hareketi bulunmamakta, herbir katman bir diğerinin üzerine gelmekte ve en son katman olarak buhar geçirgenlik direnci en yüksek olan su kesici tabaka uygulanmaktadır. Bu tip çatılar havalandırılmadıkları için sıcak çatı olarak adlandırılırlar. Sıcak çatıların eğimi genellikle % 10'dan küçüktür. Sıcak çatıların yalıtımı değişik şekillerde yapılabilir. Çatı yalıtımı sıcak asfaltın üzerine uygulanabileceği gibi, beton, çelik vb. taşıyıcı elemanlara yapıştırmak suretiyle de uygulanabilir. Yalıtım tabakasının sıcak yüzüne buhar kesici tabaka uygulanmalıdır.

Çatılarda ısı yalıtımı uygulaması ile binanın tümünde homojen sıcaklık sağlamak, taşıyıcı sistemi aşırı ısı gerilmelerinden korumak ve nemlilik oluşumunu önlemek mümkündür.



Şekil 4.10. Sıcak Çatı Yalıtımı

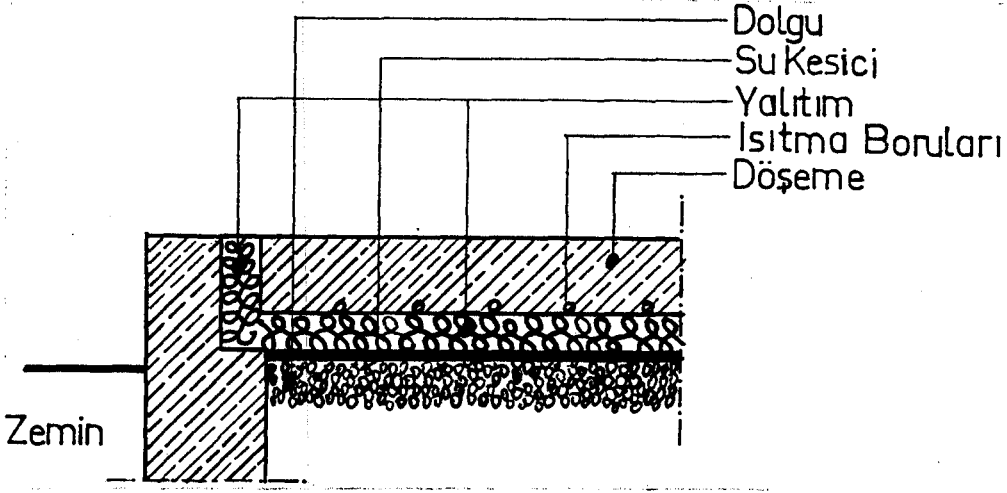
4.4. Döşemeler

Isıtılmayan hacimler üzerindeki döşemeler, bodrumsuz, toprağa oturan beton döşemeler ve tabandan ısıtılan beton döşemelere ısı yalıtımı uygulanmalıdır.

Bodrumlu binalardaki beton döşemelerin yalıtımında basınç mukavemetine sahip olan çatı döşemelerinde uygulanan yalıtım metodu kullanılabilir. Bu metotta tabaka şeklindeki yalıtım malzemeleri döşeme üzerine serilerek üstüne de kaplama malzemesi uygulanır.

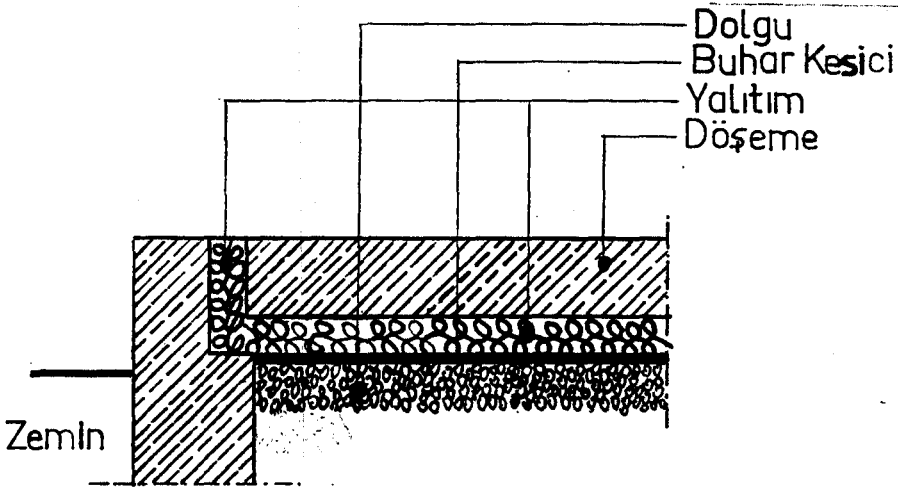
Toprak üzerindeki beton döşemelerin yalıtımı yalıtım malzemesini döşemenin çevresine yerleştirmek sureti ile yapılmalıdır, yani yalıtım malzemesi döşeme ile temel arasına uygulanmalıdır. Tabandan ısıtma sisteminin kullanıldığı döşemelerde ise yalıtım beton döşemenin altına tamamen uygulanmalıdır.

Beton döşemelerin altında kullanılan yalıtım malzemeleri eşit basınç mukavemetine sahip, nem geçirmez ve çürümeye karşı dayanıklı olmalıdır. Bu tip yalıtımın ve döşemenin altına bir nem ve buhar geçirmez membran yerleştirilmelidir.



Şekil 4.11. Tabandan Isıtılan Döşeme Yalıtımı

Daha önce bahsedildiği gibi bodrumsuz evlerin toprakla temas halindeki döşemelerinde çevresel yalıtım metodu kullanılmalıdır. Bu uygulamadaki amaç, beton döşemeyi temel duvarından ayırarak çevresel olarak yalıtımdır. Yapılacak yalıtım daha önce de belirtildiği gibi her yerinde eşit mukavemette ve neme dayanıklı olmalıdır.



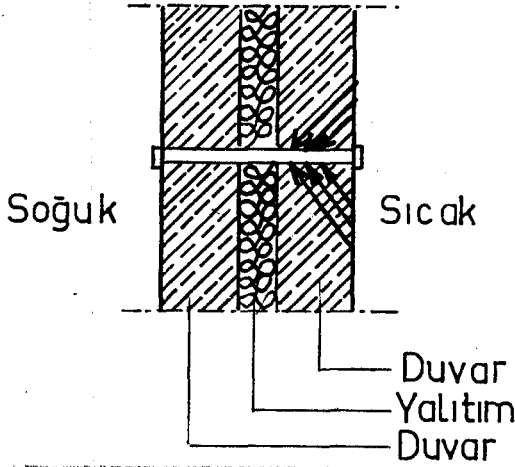
Şekil 4.12. Zemine Oturan Döşeme Çevre Yalıtımı

5. ISI YALITIMININ YAPI FİZİĞİNE ETKİLERİ

5.1. Isı Köprüleri

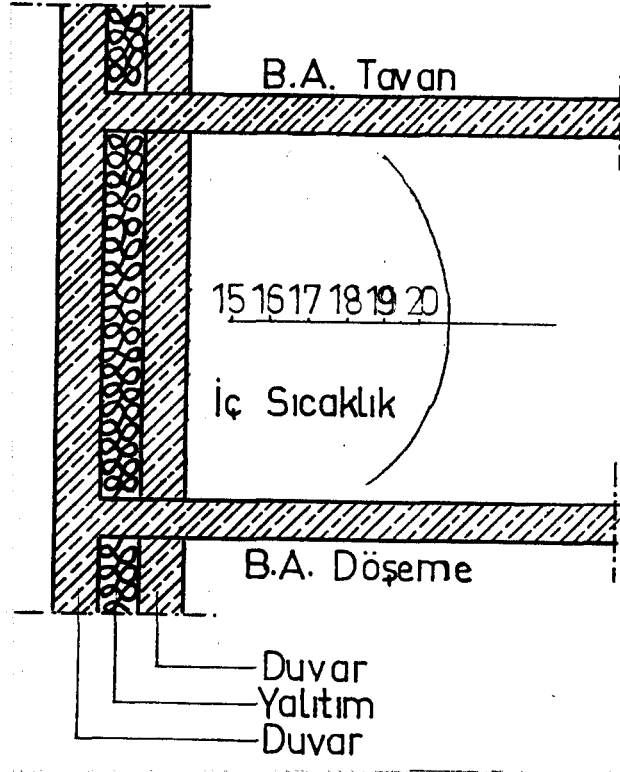
Bir sistemde oluşan ısı akımları sırasında bazı bölgeler malzeme farkları veya özel geometrik durumları nedeniyle normalin üstünde ısı geçirirler. Yani, bir yapı elemanının bir bölümü diğer bölümlerine göre daha az yalıtıldığı takdirde duvarın ısı geçirme katsayısı olan "k" değeri yükselir. Bu yetersiz veya az yalıtımlı bölümler "ısı köprüleri" olarak adlandırılır. Isı köprülerine tipik örnekler iç-dış duvar bağlantıları, çıkmalar (balkon vb.), kolon, kiriş gibi betonarme elemanlar ve bina köşeleri verilebilir.

Bu noktalardaki fazla ısı kayıpları, elemanların iç yüzeylerinde sıcaklık azalmalarına neden olurlar. Sıcaklığın düşmesi ise çığlenme ve/veya yoğuşma sonucu yapı hasarları doğurabilir. Bu nedenle söz konusu ısı köprülerinde önlem alınması doğru olur.



Şekil 5.1. Sandviç Duvarda Isı Köprüsü Etkisi

Isı köprülerinin zararlı etkileri duvar yüzeyinde kapladıkları bölgeden daha fazladır. Isı duvar yüzeyine tam dik olarak değil de diyağonal olarak hareket eder. Örneğin ısı geçirme katsayısı $k=0,077$ kcal/m²h⁰C bir duvar ele alınsın. Eğer bu duvara bitişik kısa devreye sebebiyet verecek bir betonarme döşeme kullanılırsa yeni ısı geçirme katsayısı $k=0,09$ kcal/m²h⁰C olmaktadır ve bu da k değerinin yaklaşık olarak % 17 kötüleşmesi demektir.



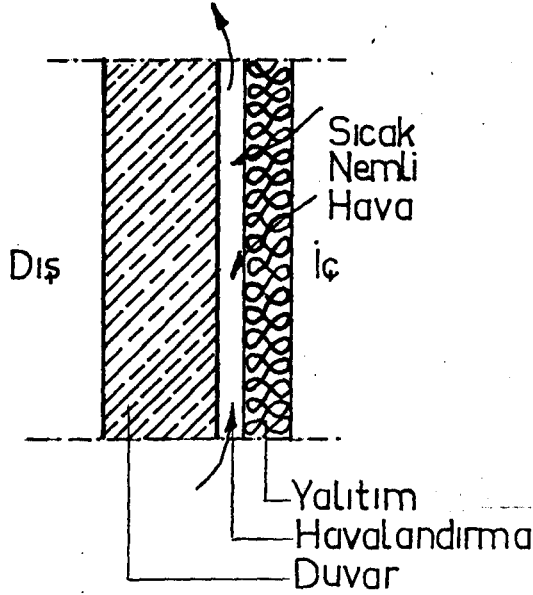
Şekil 5.2. Yalıtılmamış Döşemenin Isı Köprüsü Etkisi

5.2.Nemlilik

Yapılardaki nemlilik su buharının suya veya suyun katı hale dönüşme safhalarını içerir ve ciddi bir problem yaratabilir. Nemlilik bazı belirli şartlarda sadece duvar ve tavanların iç yüzeylerinde oluşmaz, aynı zamanda binayı oluşturan malzemelerden geçebilir ve yalıtım malzemeleri içinde yoğunlaşarak küflenmeye ve diğer hasarlara sebebiyet verir. İlk problem, yani duvarların ve tavanların iç yüzeylerindeki nemlilik uygun kalınlıkta yalıtım uygulanarak çözülebilir. Duvarların ve tavanların kendi iç bünyesindeki nemlilik problemi ise buhar kesiciler ve havalandırma yolu ile önlenir.

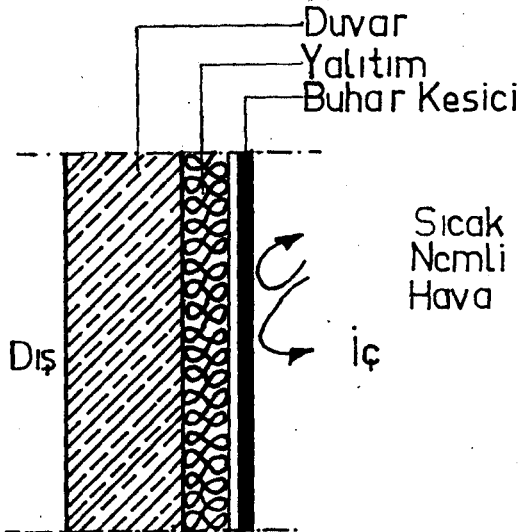
Duvarların, çatıların ve tavanlarının havalandırılması bu elemanların bünyesine giren su buharının kaçmasına izin verecek şekilde yapılır. Çatı döşeme kirişlerinin altına tavan uygulandığı zaman, çatı döşemesiyle tavan arasındaki yalıtımın üzerindeki boşluğun havalan-

dirilmasında fayda vardır.



Şekil 5.3. Dış Duvarın Havalandırılması

Duvarlar, döşemeler, tavanlar ve tavanaralarındaki nemlenme havalandırma ile önenebileceği gibi buhar kesiciler kullanılarak da önenebilir. Buhar kesici, su buharının hareketini sınırlayan bir malzeme olarak tanımlanabilir. Genellikle yalıtım malzemelerinin pekçoğu bün-yelerinde bir buhar kesici ihtiva ederler.



Şekil 5.4. Dış Duvarda Buhar Kesici

6. ISI YALITIM HESAPLARI

Yurdumuz 16 Ocak 1985 tarih ve 18637 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan "Binalarda Isı Yalıtımı" yönetmeliği uyarınca üç iklim bölgesine ayrılmıştır [1]. Isı yalıtım yönetmeliğinin belirlediği değerleri sağlamak amacı ile kullanılacak yapı bileşeninin kalınlığını saptamak için takip edilmesi gereken hesap metodu bu bölümde açıklanmaya çalışılmıştır. Hesaplarda kullanılacak olan büyüklükler ve birimleri aşağıda verilmiştir. Isı yalıtımı konusunda uyulması gereken kriterler de TS 825 [28] ve Isı Yalıtım Yönetmeliği'nden alınabilir [1].

-Isı iletkenliği hesap değeri (λ_h)	kcal/mh ⁰ C
-Isı geçirgenliği (D)	kcal/m ² h ⁰ C
-Isı geçirgenlik direnci (1/D)	m ² h ⁰ C/kcal
-Yüzeysel ısı iletim katsayısı (α)	kcal/m ² h ⁰ C
-Yüzeysel ısı iletim direnci (1/ α)	m ² h ⁰ C/kcal
-Isı geçirme katsayısı (k)	kcal/m ² h ⁰ C
-Isı geçirme direnci (1/k)	m ² h ⁰ C/kcal

Isı geçirgenlik direncinin hesaplanması

$$\frac{1}{D} = \frac{d_1}{\lambda_{h1}} + \frac{d_2}{\lambda_{h2}} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_{hn}} + \frac{1}{D_{hb1}} + \frac{1}{D_{hb2}} + \dots + \frac{1}{D_{hbn}} \quad 6.1$$

Burada;

$\frac{1}{D}$: Isı geçirgenlik direnci, m²h⁰C/kcal

d_1, d_2, \dots, d_n :Yapı bileşenini oluşturan tabakaların kal., m

$\lambda_{h1}, \lambda_{h2}, \dots, \lambda_{hn}$:Yapı bileşenini oluşturan tabakaların ısı iletkenliği hesap değerleri, kcal/m²h⁰C

$\frac{1}{D_{hb1}}, \frac{1}{D_{hb2}}, \dots, \frac{1}{D_{hbn}}$:Yapı bileşeni içinde yer alan hava tabakalarının ısı geçirgenlik dirençleri, m²h⁰C/kcal

Isı geçirme katsayısının hesaplanması

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{D} + \frac{1}{\alpha_d}} \quad 6.2$$

Burada;

k : Isı geçirme katsayısı, $\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$

$\frac{1}{D}$: Isı geçirgenlik direnci, $\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}/\text{kcal}$

$\frac{1}{\alpha_i}$: İç hava yüzeysel ısı iletim direnci, $\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}/\text{kcal}$

$\frac{1}{\alpha_d}$: Dış hava yüzeysel ısı iletim direnci, $\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}/\text{kcal}$

Isı kayıplarının hesaplanması

$$Q = A \cdot z \cdot q \quad 6.3$$

Burada;

Q : Belirli bir alandaki yapı bileşeninin, belirli bir sürede sebep olduğu ısı kaybı, kcal

A : Yapı bileşeninin alanı, m^2

z : Zaman aralığı, h (saat)

q : Yapı bileşeninin 1 m^2 'sinin 1 saat içinde sebep olduğu ısı kaybı $\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$

$$q = k \cdot (t_{ih} - t_{dh}) \quad 6.4$$

bağıntısından hesaplanır.

Burada;

k : Yapı bileşeninin ısı geçirme katsayısı, $\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$

t_{ih} : İç hava sıcaklığı, $^\circ\text{C}$

t_{dh} : Dış hava sıcaklığı, $^\circ\text{C}$ 'dir.

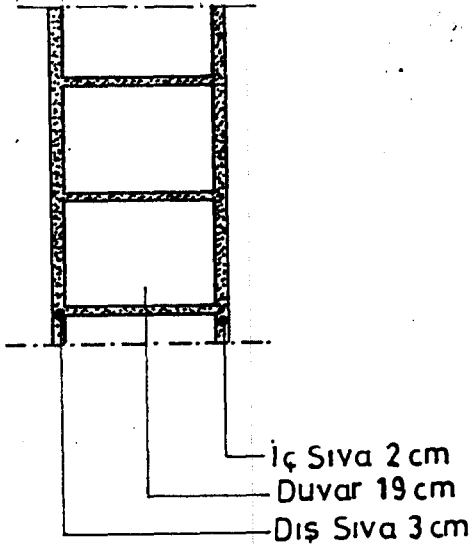
6.1. Örnek Hesap

Bu bölümde Eskişehir'de inşa edilen bir binanın ısı yalıtımlı ve yalıtımsız halleri karşılaştırılarak ısı kayıpları hesap edilmiştir.

Eskişehir 3. ısı bölgesi

$$\text{Dış hava sıcaklığı} = t_d = -12^{\circ}\text{C}$$

$$\text{İç hava sıcaklığı} = t_i = 22^{\circ}\text{C}$$

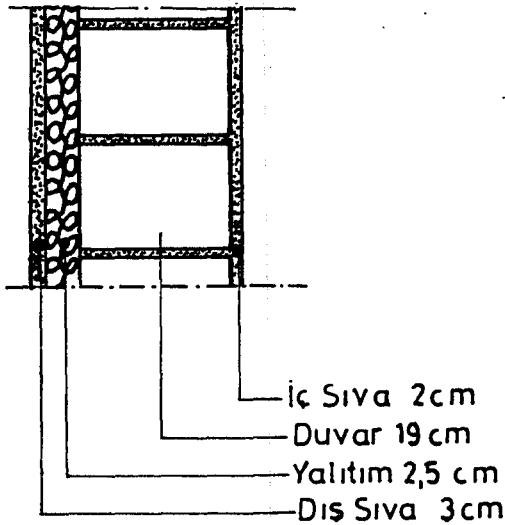


Şekil 6.1. Yalıtımsız Hal

Isı kaybı hesabı

$$q = 1,19 \cdot [20 - (-12)] = 38,08 \text{ kcal/m}^2\text{h}$$

$$Q = 1 \cdot 1 \cdot 38,08 = 38,08 \text{ kcal/m}^2\text{h}$$



Şekil 6.2. Yalıtımlı Hal

Isı geçirgenlik direncinin hesabı

$$\frac{1}{D} = \frac{0,03}{0,75} + \frac{0,19}{0,33} + \frac{0,02}{0,60} = 0,65$$

$\text{m}^2\text{h}^{\circ}\text{C/kcal}$

Isı geçirme katsayısının hesabı

$$k = \frac{1}{\frac{1}{7} + 0,65 + \frac{1}{20}} = 1,19$$

$\text{kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$

Isı geçirgenlik direncinin hesabı

$$\frac{1}{D} = \frac{0,03}{0,75} + \frac{0,025}{0,034} + \frac{0,19}{0,33} + \frac{0,02}{0,60} = 1,38$$

$\text{m}^2\text{h}^{\circ}\text{C/kcal}$

Isı geçirme katsayısının hesabı

$$k = \frac{1}{\frac{1}{7} + 1,38 + \frac{1}{20}} = 0,64$$

$\text{kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$

Isı kaybı hesabı

$$q = 0,64 \cdot [20 - (-12)] = 20,48 \text{ kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$$

$$Q = 1 \cdot 1 \cdot 20,48 = 20,48 \text{ kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C} \text{ (ısı kaybı azalması yaklaşık \% 46'dır.)}$$

7. ISI YALITIMI - HAVA KİRLİLİĞİ VE EKONOMİK KAZANÇ İLİŞKİLERİ (ESKİŞEHİR İÇİN BİR UYGULAMA)

7.1. Isı Yalıtımı - Hava Kirliliği İlişkisi

Hava kirliliği, herhangi bir atmosferik ortamda havanın doğal olarak içerdiği madde (katı, sıvı, gaz) miktarı ve çeşidinin değişik nedenlerle artarak çevredeki canlı ve cansız varlıklar için zarar verecek şekilde değişmesidir.

Kentsel hava kirliliği üzerine yapılan çalışmaların büyük bir çoğunluğu, ülkemizde de bazı batı ülkelerinde olduğu gibi endüstri tesisleri ve taşıt egzozlarından çıkan gazlarla ilgilidir. Halbuki Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın 1990 yılı verilerine göre ülkemizdeki enerji tüketiminin sektörlere göre dağılımı şu şekildedir; [29]

Konut	% 39
Sanayi	% 34
Ulaştırma	% 19
Tarım	% 5
Diğer	% 3

Bu tablonun yanısıra ısıtma için sarfedilen enerji kaynaklarının tüm sene boyunca değil de sadece kış aylarında tüketilmesi, konutlar için yıllık ortalama % 32 olan bu payın özellikle Aralık, Ocak, Şubat aylarında % 70'lere tırmanmasına yol açmaktadır. Endüstrisi gelişmemiş olan illerimizde karşılaşılan hava kirliliği de tamamen ısıtma amaçlı yakıt tüketiminden kaynaklanmaktadır. Endüstriyel tesislere sahip şehirlerimizde de yazın hissedilmeyen hava kirliliğinin kış aylarında ortaya çıkması konunun en belirgin kanıtıdır.

Ülkemizde ısıtma için bilinçsiz bir yakıt tüketimi vardır. Bugün Türkiye'de ısıtma için harcanan enerji, Fransa'dan % 46, çok soğuk ve uzun kışlara sahip İsveç'ten % 230 daha fazladır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın verilerine göre 1989 yılında ısıtma için 4,2

milyar dolar sarfedildiği hesaplanmıştır, bu miktarın 2,5 milyar dolarlık bölümü kötü yapılaşma ve ısı yalıtımsız yapılar nedeni ile israf edilmiştir [26].

Tablo 7.1. Türkiye’de Yıllara Göre Birincil Enerji Tüketimi
(Orjinal Birimler) [29]

	1960	1970	1980	1985	1989
Taşkömürü (Bt)	3896	4727	4630	6189	6838
Linyit (Bt)	2663	5772	15243	34767	47040
Doğal Gaz (mm)	-	-	23	68	3162
Petrol (Bt)	1828	7579	15309	17269	21280

Hava kirlenmesine neden olan kirleticiler, SO_2 , NO_x , CO gibi gazlar (kükürtlü gazlar, azot oksitler, karbon oksitler) ve kül, duman gibi parçacıklardır. Çevre sorunlarıyla en etkili mücadele kirlenmiş çevreyi temizlemekten ziyade, kirletici etkenleri azaltarak doğal dengenin korunmasını sağlamaktır.

Tablo 7.2. Türkiye’de Isıtmadan Kaynaklanan NO_x , SO_2 ve Partikül Madde Miktarları [18]

Kaynak Türü	Yıl	Kirletici Miktarı 10^3 ton/yıl					
		NO_x	SO_2	CO	Parçacık	Hidrokar.	Toplam
Isıtma	1969	1.48	18.43	9.01	7.47	1.89	38.28
	1990	3.65	56.50	27.70	20.10	5.70	113.65

7.1.1.Eskişehir’de hava kirliliği

Genel olarak kış aylarında ısıtma amacı ile kalitesiz yakıt kullanımı, artan taşıt trafiği, plansız kentleşme ve olumsuz iklim faktörlerine (düşük rüzgar hızı, yüksek nem) bağlı olarak ortaya çıkan hava kirliliği Eskişehir’de yaşanan bir gerçektir. Kent merkezindeki ilk hava

kirliliği ölçümleri 20.Ocak-20.Nisan 1982 ve 1.Aralık.1982-28.Şubat.1983 tarihleri arasında asidimetrik yöntemle yapılan SO₂ tayinleridir [22]. Bu ölçümlerde 24 saatlik ortalama değerlere göre SO₂ derişiminin metreküpte 22 ile 727 mikrogram arasında değiştigi ve aritmetik ortalamasının ise 304 µg/m³ olduğu belirlenmiştir.

Eskişehir'de 1985 yılında Sağlık Bakanlığı tarafından sabit bir ölçüm cihazı ile yıl boyunca SO₂ ve partikül madde ölçümlerine başlanmıştır. Sağlık Bakanlığı'ndan alınan verilere göre 1985-1990 yılları arasındaki beş ayrı kış sezonuna ait SO₂ ve partikül madde değerleri Tablo 7.3.'de topluca verilmiştir [22].

Tablo 7.3. Eskişehir'de Kış Sezonu Hava Kirliliği Ölçümleri(µg/m³)

Ölçüm	1985	1986	1987	1988	1989	Sınır Değeri	Hedef Sınır Değeri
	1986	1987	1988	1989	1990		
SO ₂	147	259	213	276	287	250	120
Partikül	66	101	76	98	70	200	120

Tablo 7.3.'deki Kış Sezonu (Ekim, Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, Mart) Ortalama Değerleri "Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği"ndeki sınır değerleri ile karşılaştırıldığında 1985-1986 ve 1987-1988 kış dönemi SO₂ değerleri hariç diğer dönemlerde bu sınırın aşıldığı görölmektedir.

Tablo 7.4. Eskişehir'de Kullanılan Katı Yakıtların Özellikleri

Kömür Cinsi	Rutubet %	Kül %	Kükürt %	Alt Isıl Değer (kcal/kg)
Tunçbilek	20	10	1,5	4000
Seyitömer	33	19	1,4	2700
Kok Briketi	6-12	18-24	0,5-0,7	4900-6000

Eskişehir'de ısıtma amacı ile büyük oranda Seyitömer ve Tunçbilek linyit kömürleri ile birlikte az miktarda (20.000 ton/yıl) fuel-oil kullanılmaktadır. Eskişehir'de yaklaşık 90.000 adet sobalı hane, 917 adet kaloriferli bina ve 93 adet resmi daire bulunmaktadır [27]. Bu yerlerde ağırlıklı olarak linyit ile ısıtma yapılmaktadır. Eskişehir'de kullanılan katı yakıtların özellikleri Tablo 7.4.'de verilmiştir [20]. Ayrıca Eskişehir'deki çok katlı bir binada değişik yakıtların farklı yalıtım düzeylerindeki kullanım miktarları ve hava kirleticilik özellikleri belirtilmiştir [Ek 1].

Ülkemizdeki aşırı yakıt tüketimi yapılarında ısı yalıtımına gereken önemin verilmemesinden kaynaklanmaktadır. Yapılan ısı yalıtımı ile amaçlanan, üretilen ısıdan daha uzun süreli ve daha verimli bir şekilde faydalanmaktır. Bu da daha az yakıt tüketimi ve çevrenin daha az kirletilmesi anlamlarına gelmektedir.

7.2. Isı Yalıtımı-Ekonomik Kazanç İlişkisi

Bu bölümde, ısı yalıtım hesapları hakkında daha önce verilen bilgiler yardımı ile bir uygulama yapılmıştır. Uygulamada, teorik olarak bir binanın ısı yalıtımlı ve yalıtımsız hallerinde mevsimlik ısı kayıpları, yakıt ihtiyacı ve ısıtma tesisatı giderleri hesaplanarak karşılaştırılmıştır. Ayrıca, hesabı yapılan bina için değişik yalıtım malzemeleri kullanılması halinde elde edilen sonuçlar bölüm sonundaki grafiklerde verilmiştir.

Binanın Özellikleri :

Bina, Eskişehir Yunuskent toplu konut alanında zemin dahil 8 katlı, toplam 64 daireli bir bloktur ve prefabrik panel sistemde inşa edilmiştir. Binanın normal kat planı ve kesitleri Ek 6'da, değişik malzemeler için binanın tümüne ait ısıtma tesisat giderleri tablosu Ek 5'de ve yine değişik malzemeler için bina toplam ısı kayıpları da Ek 1'de verilmiştir.

Bina toplam dış duvar alanı = 2314 m²

" " pencere " = 392 m² alınmıştır.

Hesaplarda yapılan kabuller :

Binanın sadece dış duvar ve pencerelerinden olan ısı kayıpları hesaba dahil edilmiştir.

Isıtmanın yılda 6 ay, günde 15 saatten toplam 2700 saat/mevsim yapıldığı kabul edilmiştir.

Yakıt kazanı verimi % 80, 1 m² kazan yüzeyinin verdiği ısı 6000 kcal/saat alınmıştır [21].

Radyatörler 144/650 dökme dilimli tiptir. Radyatör verimi 124 kcal/dilim alınmıştır.

Seyitömer linyit kömürü alt ısıl değeri 2500 kcal/kg kabul edilmiştir.

Fiyatlar Aralık'92 ayı piyasa fiyatlarıdır.

Yalıtımsız hal:

Dış duvarlar:

Dış sıva 3 cm kireç + çimento

Duvar 19 cm düşey delikli tuğla

İç sıva 2 cm kireç + alçı

Pencereler:

Tek cam, basit ahşap doğrama

Bina toplam ısı kaybı = 435.390 kcal/saat

Yalıtımlı hal:

Dış duvarlar:

Dış sıva 3 cm kireç + çimento

Duvar 19 cm düşey delikli tuğla + 2,5 cm polistren sert köpük

İç sıva 2 cm kireç + alçı

Pencereler:

Çift cam, PVC doğrama

Bina toplam ısı kaybı = 290.435 kcal/saat

$$\text{Yalıtımsız hal yakıt ihtiyacı} = \frac{435.390}{0,80 * 2500} = 218 \text{ kg/saat}$$

$$\text{Yalıtımlı hal yakıt ihtiyacı} = \frac{290.435}{0,80 * 2500} = 145 \text{ kg/saat}$$

Tablo 7.5. Isıtma Tesisat Giderlerinin Karşılaştırılması

	Toplam Isı Kaybı	Radyatör (144/650)		Kazan	
	kcal/saat	Dilim	Tutarı (TL)	Yüzey m2	Tutarı (TL)
Yalıtımsız	453.390	3512	230.106.240	80	44.000.000
Yalıtımlı	290.435	2343	153.513.360	53	29.150.000
Kazanç	144.955	1169	76.592.880	27	14.850.000
Toplam					91.442.880

Tablo 7.6. Mevsimlik Kömür Tüketiminin Karşılaştırılması

	Toplam Isı Kaybı (kcal/mevsim)	Kömür Tüketimi (kg)	Tutarı (TL)
Yalıtımsız	1.175.553.000	587.777	235.110.800
Yalıtımlı	784.174.500	392.087	156.110.800
Kazanç	391.378.500	195.690	78.276.000

4.930.000 TL

Yalıtımın ilk yatırım maliyeti (nakliye, işçilik, KDV dahil)

Dış duvarlar (dıştan tam yalıtım) = 462.800.000 TL.-

Pencereler (çift cam, PVC doğr.) = 92.120.000 TL.-

Toplam = 554.920.000 TL.-

İlk yatırım maliyet azalmasının yalıtım maliyetini karşılama oranı = % 16

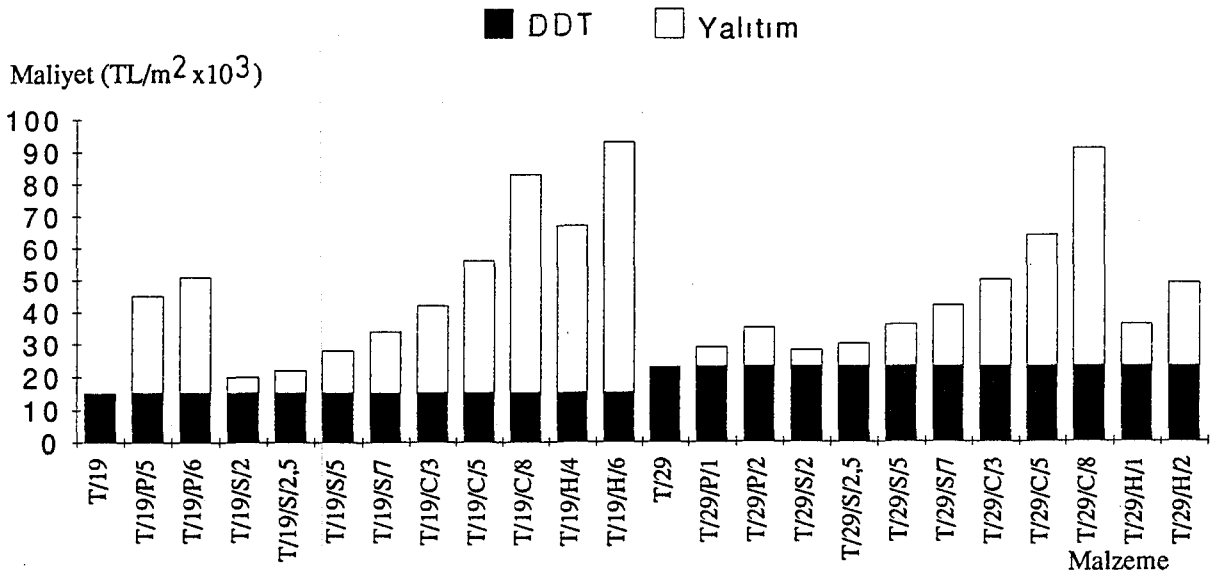
Yalıtım maliyeti ile ilk yatırım maliyeti azalması farkı = 463.477.120 TL

Mevsimlik kömür tüketiminden kazanç = 78.276.000 TL

Yalıtımın geri ödeme süresi = 5,9 mevsim

Burada, daha önce bir tek yalıtım malzemesi için hesabı yapılan binada değişik yalıtım malzemeleri kullanılması halinde ısı kayıplarındaki değişiklikler ile maliyet irdelemesi yapılmıştır. Bu irdeleme, hesaplar sonucunda değişik malzemeler için elde edilen değerlerin grafiklere aktarılması şeklinde olmuştur. Her grafik ile ilgili açıklama grafiğin altında verilmiştir. Hesaplamalar yapılırken bütün duvarlarda iç sıva 2 cm kireç + alçı, dış sıva 3 cm kireç + çimento kabul edilmiş, ve bu değer sabit olduğu için maliyetlere dahil edilmemiştir. Ayrıca maliyetlerde nakliye, işçilik ve KDV hariçtir. İlk 5 grafiğin çiziminde kullanılan tablolar Ek 1'de verilmiştir. Hesaplarda malzemelerin ısı iletkenlik hesap değerleri TS 825 Binalarada Isı Yalıtımı Kuralları standardından [28], diğer kriterler ise Isı Yalıtım Yönetmeliği'nden [1] alınmıştır.

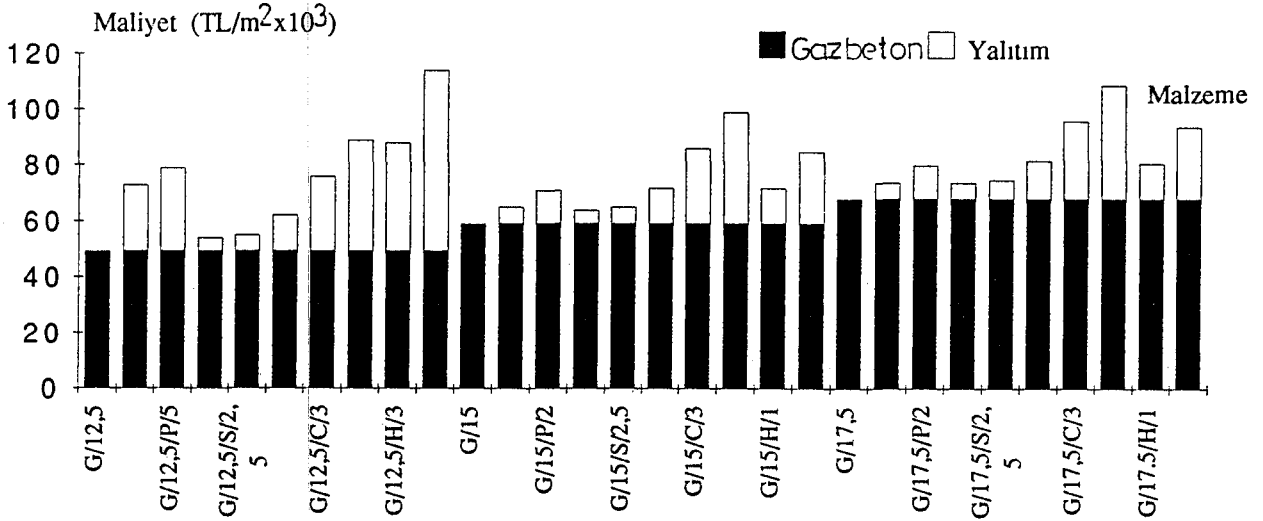
Grafikler :



Şekil 7.1. Düşey Delikli Tuğla - Maliyet İlişkisi

Bu grafikte dış duvarlarda düşey delikli tuğla ile değişik yalıtım malzemelerinin m² maliyetleri karşılaştırılmıştır. Grafikte siyah olan bölgeler düşey delikli tuğla maliyetini, beyaz olan bölgeler de yalıtım maliyetini göstermektedir.

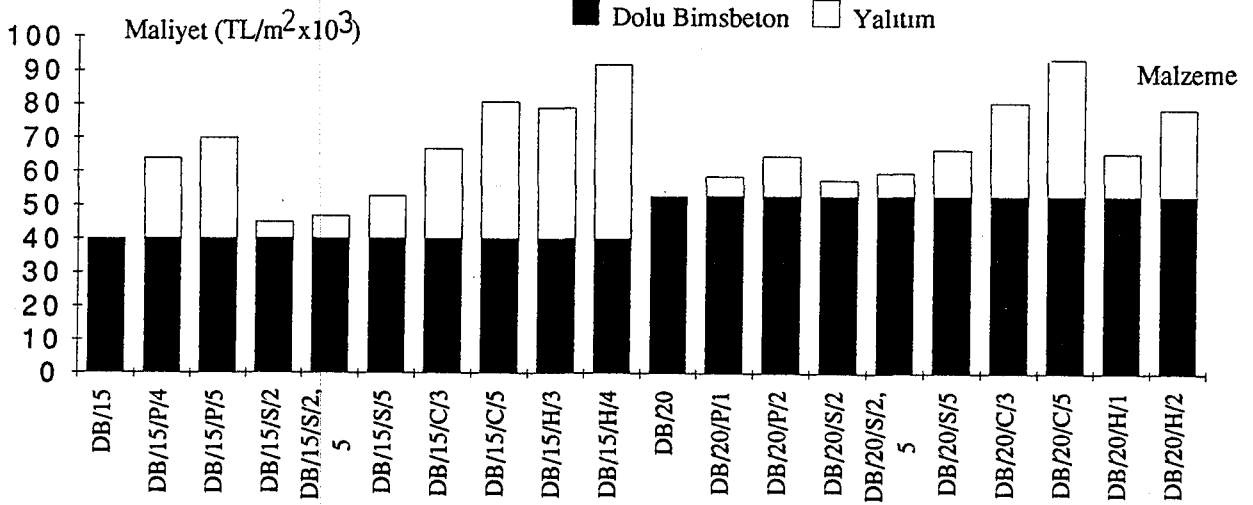
Kısaltmalara örnek : T/19/S/2,5 = 19 cm düşey delikli tuğla ve 2,5 cm genleşebilen polistren sert köpük (GPSK).



Şekil 7.2. Gazbeton - Maliyet İlişkisi

Bu grafikte dış duvarlarda gazbeton ile değişik yalıtım malzemelerinin m² maliyetleri karşılaştırılmıştır. Grafikte siyah olan bölgeler gazbeton maliyetini, beyaz olan bölgeler de yalıtım maliyetini göstermektedir.

Kısaltmalara örnek : G/15/C/3 = 15 cm gazbeton duvar bloğu ve 3 cm cam yünü

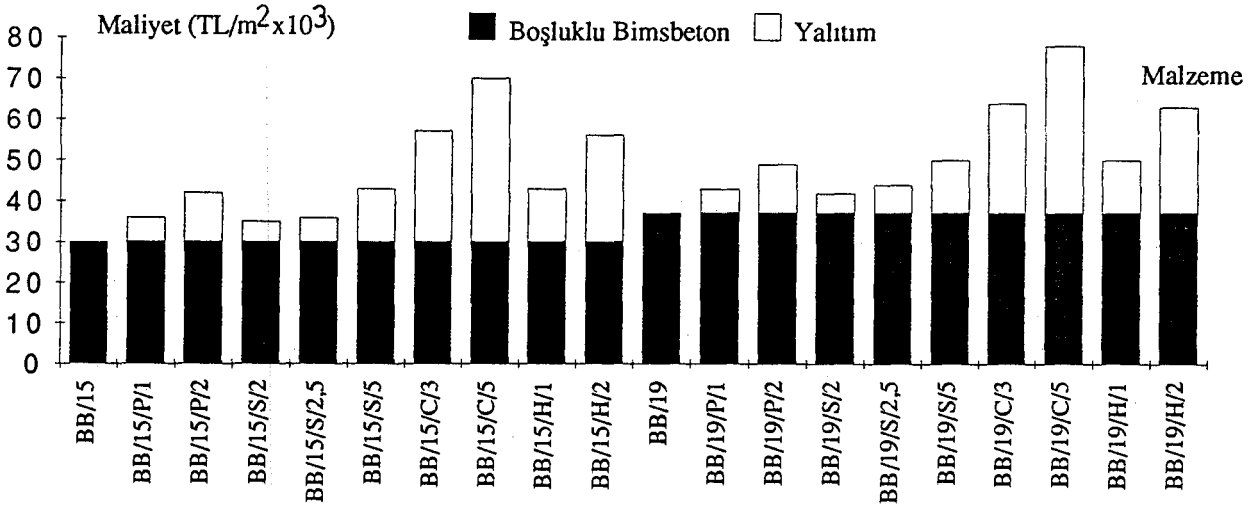


Şekil 7.3. Dolu Bimsbeton - Maliyet İlişkisi

Bu grafikte dış duvarlarda dolu bimsbeton ile değişik yalıtım malzemelerinin m² maliyetleri karşılaştırılmıştır. Grafikte siyah olan

bölgeler dolu bimsbeton maliyetini, beyaz olan bölgeler de yalıtım maliyetini göstermektedir.

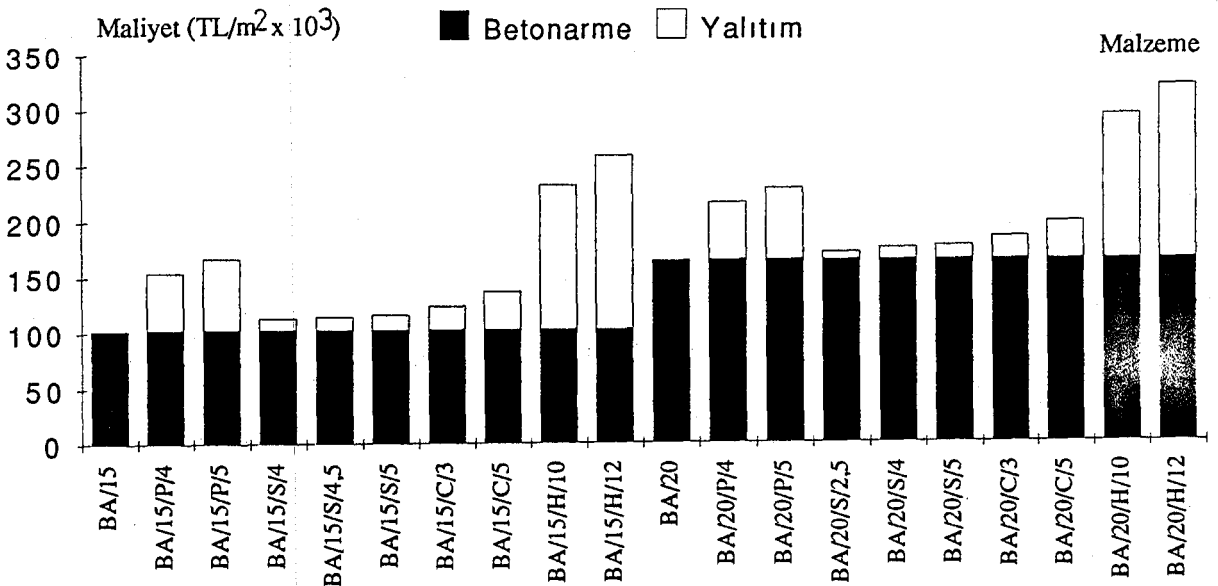
Kısaltmalara örnek : DB/20/P/1 = 20 cm dolu bimsbeton duvar bloğu ve 1 cm perlit sıva



Şekil 7.4. Boşluklu Bimsbeton - Maliyet İlişkisi

Bu grafikte dış duvarlarda boşluklu bimsbeton ile değişik yalıtım malzemelerinin m² maliyetleri karşılaştırılmıştır. Grafikte siyah olan bölgeler boşluklu bimsbeton maliyetini, beyaz olan bölgeler de yalıtım maliyetini göstermektedir.

Kısaltmalara örnek : BA/19/H/2 = 19 cm boşluklu bimsbeton duvar bloğu ve 2 cm yonga levha

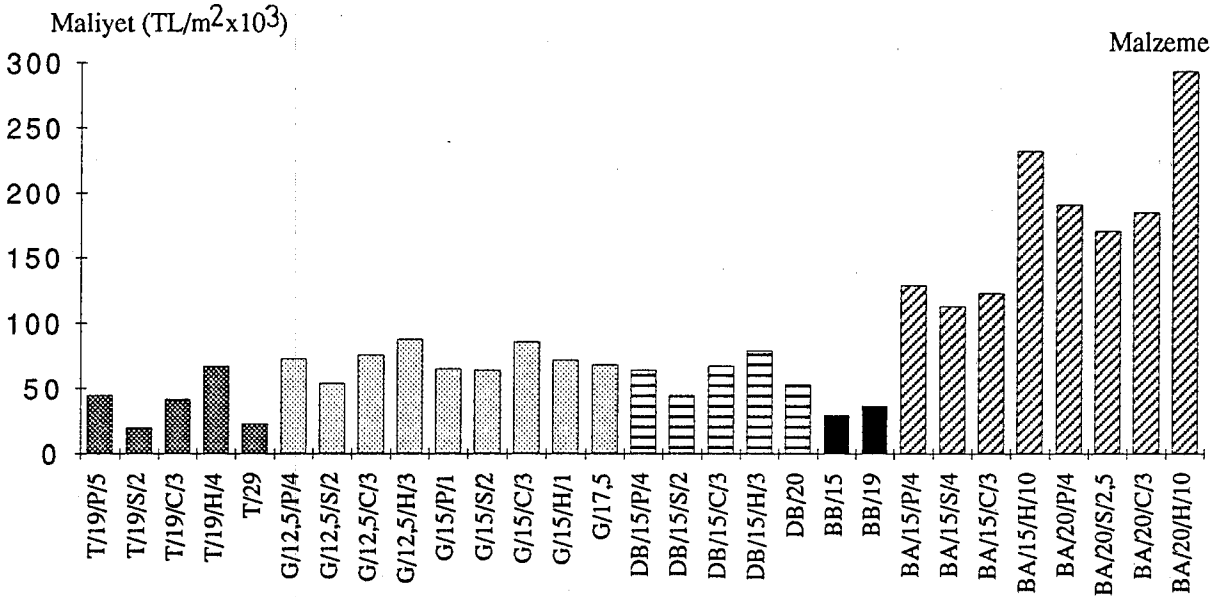


Şekil 7.5. Betonarme Plak - Maliyet İlişkisi

Bu grafikte dış duvarlarda betonarme plak ile değişik yalıtım malzemelerinin m^2 maliyetleri karşılaştırılmıştır. Grafikte siyah olan bölgeler betonarme plak maliyetini, beyaz olan bölgeler de yalıtım maliyetini göstermektedir.

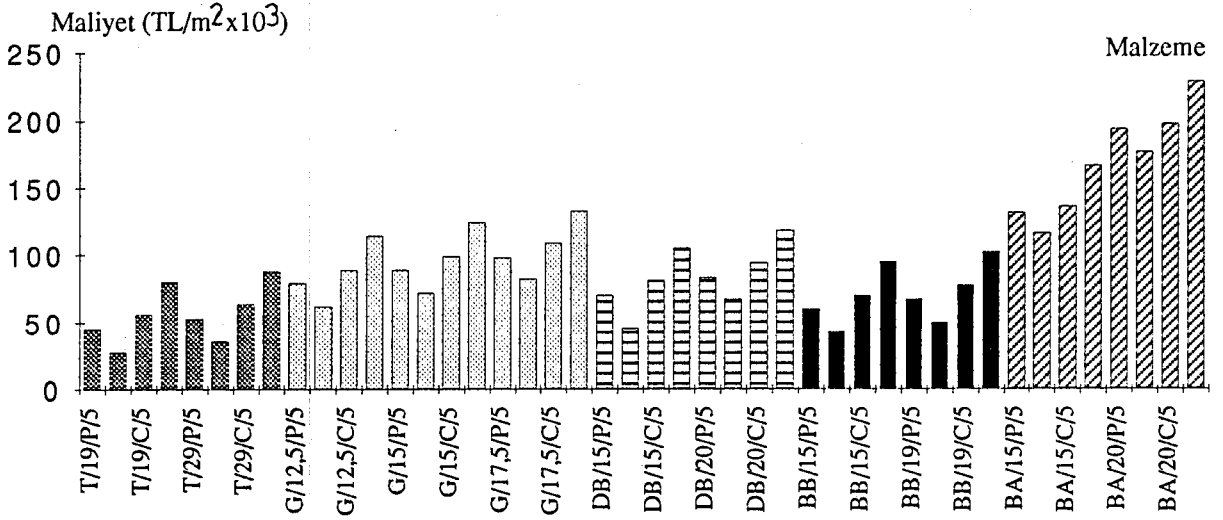
Kısaltmalara örnek : BA/15/P/4 = 15 cm betonarme plak ve 4 ce perlit şilte

Not : Sadece bu hesaplamada perlitli sıva yerine perlit şilte kullanılmıştır.



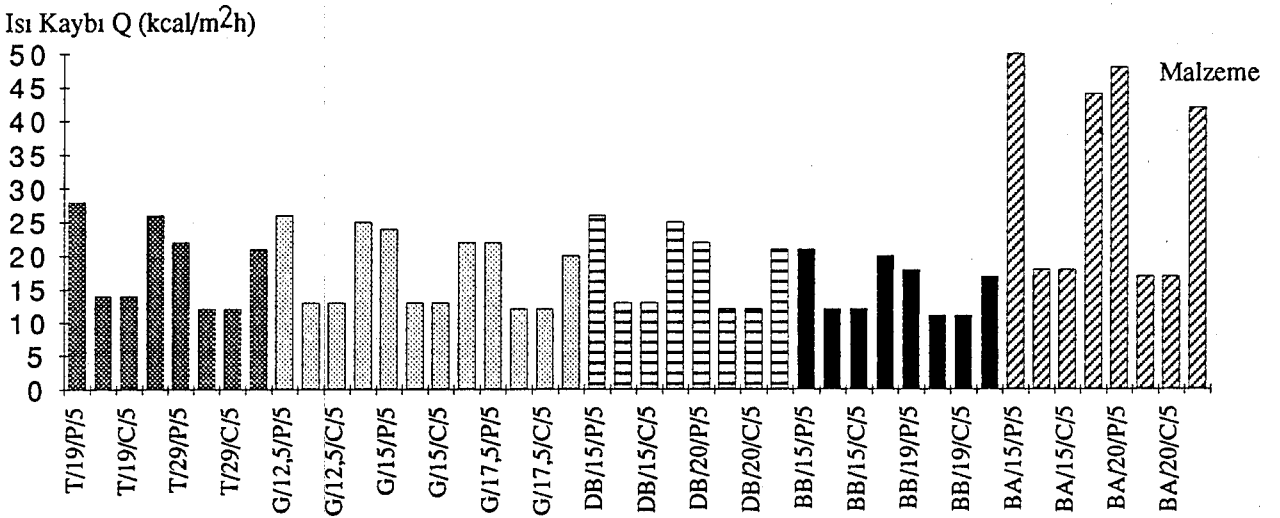
Şekil 7.6. Sabit Direnç - Maliyet İlişkisi

Bu grafikte "Isı Yalıtım Yönetmeliği" [1] uyarınca Eskişehir'de dış duvarlar için öngörülen $1/D = 0,92 m^2 h^0 C/kcal$ değerini sağlayan duvar ve yalıtım malzemelerinin m^2 maliyetleri karşılaştırılmıştır. Grafikteki 1. grup malzeme düşey delikli tuğlayı, 2. grup malzeme gazbetonu, 3. grup malzeme dolu bimsbetonu, 4. grup malzeme boşluklu bimsbetonu ve 5. grup malzeme de betonarme plağı göstermektedir. Grafiğin çizilmesinde Ek 2'deki tablo kullanılmıştır. Tablo hazırlanırken ısı yalıtım malzemelerinin istenen direnç değerini sağlayan kalınlıklarına en yakın piyasa kalınlıkları esas alınmıştır.



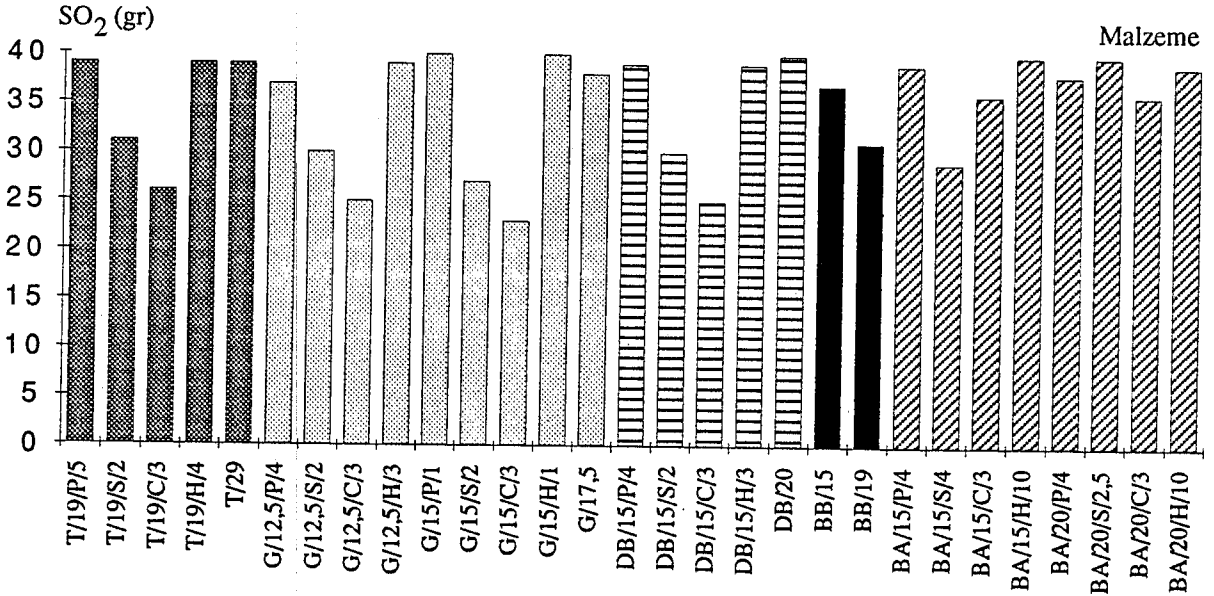
Şekil 7.7. Sabit Kalınlık - Maliyet İlişkisi

Bu grafikte değişik dış duvar malzemeleri için sabit kalınlıktaki (5 cm) yalıtım malzemelerinin m² maliyetleri karşılaştırılmıştır. Grafikteki 1. grup malzeme düşey delikli tuğlayı, 2. grup malzeme gazbetonu, 3. grup malzeme dolu bimsbetonu, 4. grup malzeme boşluklu bimsbetonu ve 5. grup malzeme de betonarme plağı göstermektedir. Grafiğin çizilmesinde Ek 3'deki tablo kullanılmıştır.



Şekil 7.8. Sabit Kalınlık - Isı Kaybı İlişkisi

Bu grafikte değişik dış duvar malzemeleri için sabit kalınlıktaki (5 cm) yalıtım malzemeleri kullanılması halinde duvarın 1 m^2 'sinden 1 saatte oluşacak ısı kayıpları karşılaştırılmıştır. Grafikteki 1. grup malzeme düşey delikli tuğlayı, 2. grup malzeme gazbetonu, 3. grup malzeme dolu bimsbetonu, 4. grup malzeme boşluklu bimsbetonu ve 5. grup malzeme de betonarme plağı göstermektedir. Grafiğin çiziminde Ek 3'deki tablo kullanılmıştır.



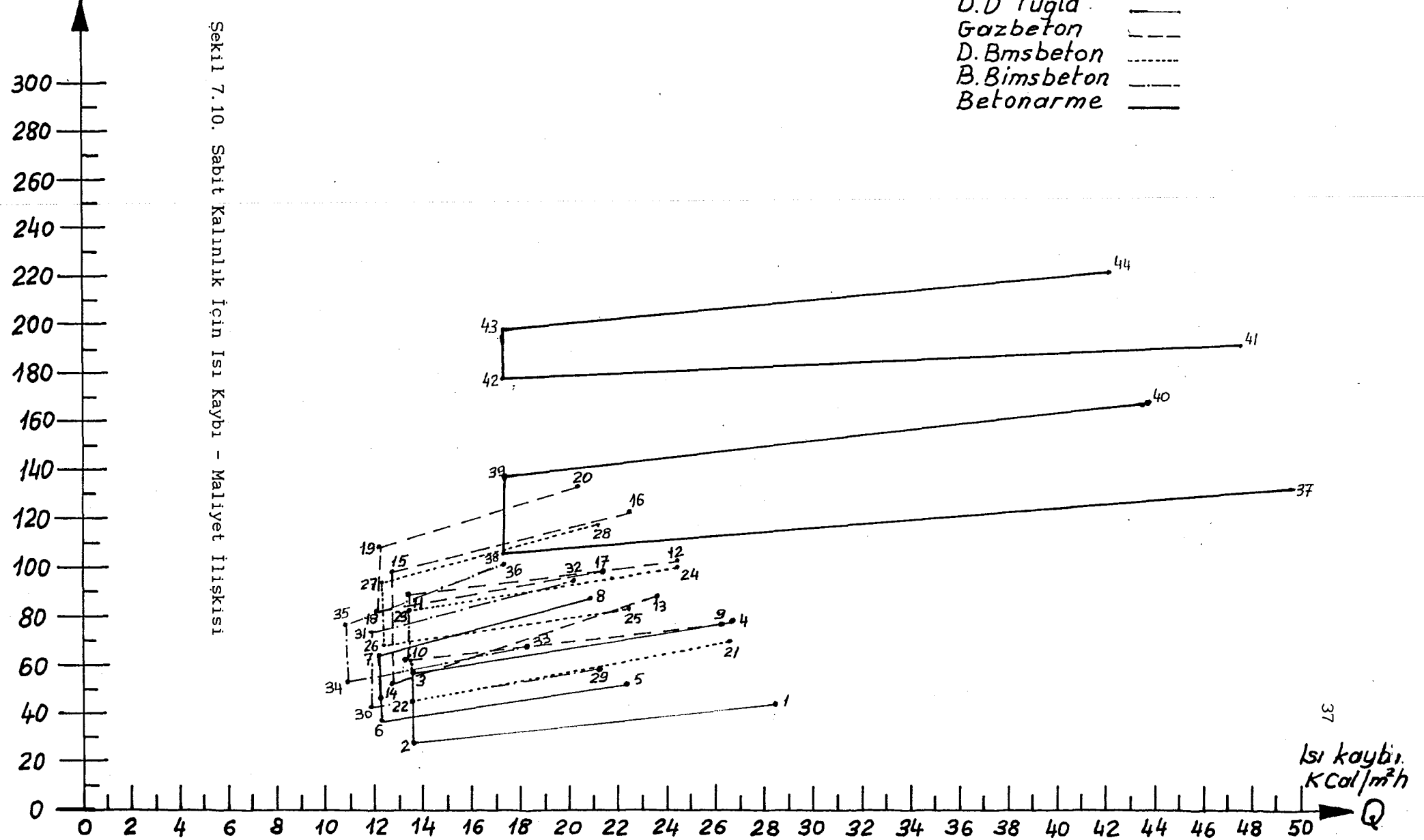
Şekil 7.9. Sabit Direnç - SO₂ Miktarı İlişkisi

Bu grafikte "Isı Yalıtım Yönetmeliği" uyarınca Eskişehir'de dış duvarlar için öngörülen $1/D = 0,92 \text{ m}^2 \text{ h}^0 \text{ C/kcal}$ değerini sağlayan duvar ve yalıtım malzemeleri kullanılması durumunda, Seyitömer linyit kömürü yakılması sonucu açığa çıkan SO₂ gazı miktarları karşılaştırılmıştır. Hesaplarda 100 m^2 duvar yüzeyinden kaybolan ısı dikkate alınmış ve kömür içindeki kükürdün tamamının yandığı kabul edilmiştir. Grafiğin çiziminde Ek 4'deki tablo kullanılmıştır. Tablo hazırlanırken ısı yalıtım malzemelerinin $0,92 \text{ m}^2 \text{ h}^0 \text{ C/kcal}$ direnç değerini sağlayan piyasa kalınlıkları esas alınmıştır.

Diğer sayfadaki grafikte sabit kalınlıktaki (5 cm) değişik ısı yalıtım malzemelerinin sebep oldukları ısı kayıpları ve maliyetleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Grafiğin çiziminde Ek 3'deki tablo kullanılmıştır.

Maliyet TL/m² x 10³

Şekil 7.10. Sabit Kalınlık İçin Isı Kaybı - Maliyet İlişkisi



37

Isı kaybı
KCal/m²h
Q

8.YAPILAN HESAPLAMALARIN İRDELENMESİ

Eskişehir için yapılan bir uygulamada dış duvarlarda alternatif yalıtım metodları birbirleriyle çeşitli yönlerden karşılaştırıldı. Sonuçlar irdelenirken önce dış duvar malzemeleri ve üzerlerine uygulanan yalıtım malzemeleri Isı Yalıtım Yönetmeliği'nin 3. ısı bölgesinde dış duvarlar için öngördüğü direnç değerine ($1/D = 0,92 \text{ m}^2\text{h}^0\text{C/kcal}$) ve maliyetlerine göre değerlendirildi. Daha sonra her iki yönden en avantajlı kombinasyonlar tekrar birbirleriyle kıyaslanarak sonuçlar elde edildi.

Buna göre dış duvar malzemesinin 19 cm düşey delikli tuğla seçilmesi halinde tek başına istenen direnç değerini sağlayamadığı görüldü. 19 cm'lik düşey delikli tuğla ile 5 cm kalınlığında perlit sıva istenen direnci % 2, 2 cm'lik polistren sert köpük % 35, 3 cm'lik camyünü % 66 ve 4 cm'lik yonga levha % 4 fazlası ile sağlayabilmektedir [Ek 1]. Maliyet açısından incelendiğinde en ucuz kombinasyonun 19 cm düşey delikli tuğla ve 2 cm polistren sert köpük olduğu görüldü. 5 cm'lik perlit sıva kullanılması halinde bu maliyet % 122, 3 cm'lik camyününde % 109 ve 4 cm'lik yonga levhada % 230 arttı [Şekil 7.1]. Dış duvarlarda sadece 29 cm'lik düşey delikli tuğla kullanılması halinde ise istenen direnç % 3 fazlası ile sağlandı. 19 cm düşey delikli tuğla ve 2 cm polistren sert köpük ile elde edilen direnç değerinin bu değerden % 31 daha fazla olduğu, fakat 29 cm'lik düşey delikli tuğla ile yapılan dış duvar maliyetinin de 19 cm düşey delikli tuğla ve 2 cm polistren sert köpük kombinasyonundan % 14 daha pahalı olduğu görüldü [Şekil 7.1].

Dış duvar malzemesinin gazbetondan seçilmesi halinde 12,5 cm'lik gazbeton duvar bloğunun istenen direnç değerini tek başına sağlayamadığı görüldü. Bununla beraber kullanılan 4 cm'lik perlit sıva istenen değerini % 5, 2 cm'lik polistren sert köpük % 43, 3 cm'lik camyünü % 75 ve 3 cm'lik yonga levha da % 4 fazlasını sağlamaktadır [Ek 1]. Fiyat açısından incelendiğinde en ucuz kombinasyonun 2 cm polistren sert köpük ile yapılan olduğu görüldü [Şekil 7.2]. 4 cm'lik perlit sıva kullanılması bu maliyeti % 35, 3 cm'lik camyünü % 41, 3 cm'lik yonga levha

ise % 62 arttırmaktadır. Dış duvarda 15 cm'lik gazbeton kullanılması durumunda istenen direnç yine sağlanamamaktadır. 15 cm'lik gazbeton ile 1 cm'lik perlit sıvanın istenen direnci tam olarak sağladığı görüldü. Bununla beraber 2 cm'lik polistren sert köpük istenen direncin % 58 fazlasını, 3 cm'lik camyünü % 90 fazlasını ve 1 cm'lik yonga levha da % 2 fazlasını sağlamaktadır. Maliyet incelendiğinde ise en ucuz fiyatın 2 cm'lik polistren sert köpük ile yapılan kombinasyon olduğu görüldü. Yalıtım malzemesinin 1 cm'lik perlit sıva olması halinde maliyet % 1, 3 cm'lik camyününde % 34 ve 1 cm'lik yonga levhada da % 12 arttığı görüldü. Dış duvarda 17,5 cm'lik gazbeton istenen direnci tek başına % 8 fazlasıyla sağlayabilmektedir. Gazbeton duvar blokları içinde bir kıyaslama yapıldığında maliyet açısından en idealinin 12,5 cm'lik blok ve 2 cm'lik polistren sert köpük olduğu, direnç açısından en yüksek değer ise 17,5 cm'lik blok ile 5 cm'lik polistren sert köpük veya camyünü olduğu görüldü.

Dış duvar malzemesinin dolu bimsbeton seçilmesi halinde 15 cm'lik dolu bimsbeton duvar bloğunun istenen direnci tek başına sağlayamadığı görüldü. 15 cm'lik dolu bimsbeton ile 4 cm perlit sıva öngörülen direncin % 4, 2 cm polistren sert köpük % 42, 3 cm camyünü % 75, 3 cm yonga levha da % 4 fazlasını sağlamıştır [Ek 1]. Maliyet incelemesi yapıldığında en ucuz kombinasyonun 15 cm dolu bimsbeton ve 2 cm polistren sert köpük olduğu görüldü. Polistren sert köpük yerine kullanılan 4 cm'lik perlit sıvanın maliyetinin bu maliyetten % 41, 3 cm'lik camyününün % 49 ve 3 cm'lik yonga levhanın ise % 74 daha fazla olduğu görüldü [Şekil 7.3]. Dış duvarda kullanılan 20 cm'lik dolu bimsbeton istenen direnci tek başına % 2 fazlasıyla karşılayabilmektedir. Dolu bimsbeton duvar blokları içinde maliyet açısından bir karşılaştırma yapıldığında en idealinin 15 cm'lik blok ve 2 cm polistren sert köpük olduğu görüldü. Direnç açısından ise 20 cm'lik blok ile 5 cm'lik polistren sert köpük veya camyünü en iyi sonucu vermiştir.

Dış duvarlarda boşluklu bimsbeton duvar blokları kullanılması halinde 15 cm'lik boşluklu bimsbeton duvar bloğunun istenen direnci tek başına % 10 fazlası ile, 19 cm'lik bloğun ise % 37 fazlasıyla sağladığı

görüldü [Ek 1]. Maliyet yönünden karşılaştırıldıklarında ise 19 cm'lik bloğun 15 cm'lik bloktan % 25 daha pahalı olduğu görüldü. Fakat 15 cm boşluklu bimsbeton ve 2 cm polistren sert köpüğün direncinin, 19 cm'lik boşluklu bimsbeton direncinden % 27 daha fazla, fiyatının ise % 6 daha ucuz olduğu görüldü [Şekil 7.4].

Dış duvar malzemesinin betonarme plak seçilmesi halinde 15 cm'lik plağın istenen direnci tek başına sağlayamadığı görüldü. Fakat 15 cm'lik betonarme plak ile 4 cm'lik perlit şilte istenen direnci % 4, 4 cm'lik polistren sert köpük % 45, 3 cm'lik camyünü % 13 ve 10 cm'lik yonga levha % 1 fazlası ile sağlayabilmektedir [Ek 1]. Maliyet karşılaştırması yapıldığında en ucuz kombinasyonun 4 cm polistren sert köpük ile yapılan olduğu görüldü. 4 cm perlit şilte kullanılması durumunda maliyet % 37, 3 cm camyününde % 9 ve 10 cm yonga levhada ise % 106 daha fazla oldu [Şekil 7.5]. 20 cm'lik betonarme plak da istenen direnci tek başına sağlamamaktadır. 20 cm'lik betonarme plak ve 2,5 cm'lik polistren sert köpük istenen direnci tam olarak, 3 cm'lik camyünü % 16 ve 10 cm'lik yonga levha da % 3 fazlasıyla sağlamaktadır. Maliyet incelemesi yapıldığında 2,5 cm'lik polistren sert köpük ile yapılan kombinasyonun en ucuz olduğu ve 4 cm'lik perlit şiltenin bundan % 27, 3 cm'lik camyününün % 8, 10 cm'lik yonga levhanın da % 72 daha pahalı olduğu görüldü. 15 ve 20 cm'lik betonarme plaklar arasında kıyaslama yapıldığı taktirde maliyet açısından en idealinin 15 cm betonarme plak ve 4 cm polistren sert köpük olduğu, direnç açısından ise 20 cm betonarme plak ve 3 cm camyünü olduğu görüldü.

Dış duvar malzemelerinin kendi içlerinde yapılan bu irdelemelerden sonra istenen direnci sağlayacak şekilde en küçük yalıtım kalınlığı ile olan kombinasyonlarının maliyet karşılaştırması da şu şekilde yapılabilir.

Tablo 8.1. En İdeal Kombinasyon Karşılaştırması

En İdeal Kombinasyon	Direnç ($\frac{2}{m} \frac{0}{h} \frac{0}{C/kcal}$)	Maliyet (TL/m ²)
19 cm DDT + 2 cm GPSK	1,24	20.250
12,5 cm G + 2 cm GPSK	1,32	54.050
15 cm DBB + 2 cm GPSK	1,31	45.300
15 cm BBB + 2 cm GPSK	1,60	34.800
15 cm BA + 4 cm GPSK	1,33	112.000

DDT : Düşey delikli tuğla

G : Gazbeton

DBB : Dolu bimsbeton

BBB : Boşluklu bimsbeton

BA : Betonarme plak

GPSK : Polistren sert köpük

Bu tablodan direnç ve maliyet açısından en ideal kombinasyonun 19 cm düşey delikli tuğla + 2 cm polistren sert köpük bileşimi olduğu ortaya çıkmıştır. 12,5 cm gazbeton + 2 cm polistren sert köpüğün maliyetinin bu maliyetten % 167, 15 cm dolu bimsbeton + 2 cm polistren sert köpüğün % 123, 15 cm boşluklu bimsbeton + 2 cm polistren polistren sert köpüğün % 72 ve 15 cm betonarme + 4 cm polistren sert köpüğün ise % 453 daha fazla olduğu görülmektedir.

Bütün bu değerlendirmelerin sonucunda Isı Yalıtım Yönetmeliği'nin 3.iklim bölgesinde dış duvarlar için öngördüğü $1/D = 0,92 \text{ m}^2\text{h}^0\text{C/kcal}$ değerini sağlayan en ucuz dış duvar tipi 19 cm düşey delikli tuğla ve 2 cm polistren sert köpük olmuştur. Bu dış duvarda 2 cm iç sıva (kireç + alçı) ve 3 cm dış sıva (kireç + çimento) olduğu hesaplarda kabul edilmiştir.

9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan bu çalışma ile inşaat sektöründe faaliyet gösteren kişi ve kuruluşların ısı yalıtımı konusunda bilinçlendirilmeleri amaçlanmıştır. Özellikle mühendis, mimar ve yükleniciler tarafından ısı yalıtımının gereksiz bir ayrıntı değil, uzun vadeli düşünüldüğü zaman son derece avantajlı bir uygulama olduğunun bilinmesi gerekmektedir. Yurdumuzda binalarda ısı yalıtımının uygulanması zorunluluğu yönetmelikle belirlenmiş olmasına rağmen bu konuda etkili bir kontrolün yapıldığını söylemek mümkün değildir. Bu konunun takibi ile görevli olan belediyelerin daha etkili bir kontrol mekanizması kurarak ısı yalıtım hesaplarını sadece bir proje eki olmaktan çıkartmaları gereklidir.

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nca ısı yalıtımı konusunda hazırlanan yönetmelik ve standardın da tekrar gözden geçirilerek ülkemiz gerçeklerine uygun olarak düzenlenmesi doğru olur. Böylece yeni yönetmeliklerin uygulanmasıyla binalardaki ısı kayıplarının daha da azaltılması mümkün olabilecektir.

Bu konunun öncülüğünü yapması gereken kuruluşlar toplu konut inşaatlarını yüklenen büyük inşaat firmaları olmalıdır. Böylece bu büyük çaplı uygulamaların getirdiği avantajları gören halk da bilinçlenecek ve konunun daha geniş kitlelere yayılmasını sağlayacaktır. Ayrıca İnşaat Mühendisleri ve Mimarlar Odaları gibi geniş bir uygulayıcı kitlesine hitap etme imkanı olan kuruluşlar, ısı yalıtımının önemini yayınlarıyla üyelerine bildirebilirler. Bununla beraber ısı yalıtım malzemesi üreticisi firmaların ürünlerini tanıtırken çarpıcı rakamsal örneklerle halkın dikkatini çekmeleri gerekir.

Isı yalıtımını cazip hale getirme konusunda devlete de bazı görevler düşmektedir. Bugün ülkemizde halkın ısıtma amacıyla en çok kullandığı yakıt olan kömüre sübvansiyon uygulanmaktadır. Bunun yerine sübvansiyon için kullanılan kaynağın ısı yalıtımı uygulaması amacıyla halka kredi olarak dağıtılması ve bu konuda vergi kolaylıkları getirilmesi düşünülebilir.

Isı yalıtımından amaçlanan, maliyet açısından kazanç sağlamak olduğu kadar hava kirliliğinin azaltılmasına katkıda bulunmaktır. Eskişehir için yapılan özel uygulamada dış duvarlardaki farklı yalıtım seviyelerinde çeşitli yakıtlarla oluşacak hava kirliliği de incelenmiştir [Ek 1]. Buna göre linyit kömürü ve fuel oil kullanımında açığa çıkan hava kirletici özellikteki gazlar (SO_2) doğal gaz kullanılması halinde açığa çıkmamaktadır. Buradan hareketle ısıtma amacıyla doğal gaz kullanımının hava kirliliği problemine büyük ölçüde çözüm getireceği söylenebilir. Fakat hangi yakıt tipi kullanılırsa kullanılsın, önemli olan tüketilen yakıt miktarını azaltmak olduğuna göre bunu sağlamak için ısı yalıtım uygulamasının gerekliliği tartışılmaz.

KAYNAKLAR DİZİNİ

1. B.İ.B., Bazı belediyelerin imar yönetmeliklerinde değişiklik yapılması ve bu yönetmeliklere yeni maddeler eklenmesi hakkında yönetmelik, 18637 sayılı Resmi Gazete, S.9, 16 Ocak 1985
2. Borhan,B., Ytong El Kitabı, İstanbul, Türk ytong sanayii A.Ş., S 7, Mart 1987
3. Campbell,P., Home insulation, Newnes technical books, PP 67, 1987
4. Close,P.D., Sound control and thermal insulation of buildings, PP 5, 1963
5. Colesby,C., Townsend, P., Keeping warm for half the cost, London, PP 8, 1981
6. Croome,D.J., Sherrat,A.F.C., Condensation in buildings, London, PP 107 1972
7. Dağsöz,A.K., Yapılarda ısı yalıtımı ve buhar geçişi, İstanbul, İ.T.Ü. Makina Fak., S.43, 1991
8. Diamont, R.M.E., Thermal and acoustic insulation, London, PP 36-50, 1986
9. Dillon,J.B., Thermal insulation recent developments, Park Ridge NJ, Energy technology review No 23, Noyes Data Corp., 1978
10. Dilmaç,Ş., Akman,M.S., Aslan,Z., Bina kabuğunun enerji tasarrufu sağlayacak şekilde ve iklim özelliklerine uygun olarak belirlenmesi, Türkiye 5. enerji kongresi teknik oturum tebliğleri 3, Ankara, S.807, 22-26 Ekim 1990
11. Eriç,M., Malzeme bilimi ve yapı fiziği sorunları, Cilt I, İstanbul, S.82, 1991

12. Günşar,E., Enerji tasarrufu ve yapılarda ısı yalıtımı, İstanbul, Dizayn Konstrüksiyon dergisi, Sayı 67, S.30, 1990
13. Humbaracı,İ., Yapıların ısı yönetmelikleri açısından uygun projelendirilmesi, İstanbul, S.2, 1983
14. Isberg,J., The thermal conductivity of polyurethane foam, Göteborg, Chalmers University of Technology, PP.5, 1988
15. İzocam A.Ş., Çatıların ısı ve ses izolasyonu, İstanbul, Ekim 1990
16. İzocam A.Ş., Dış duvarların ısı ve ses izolasyonu, İstanbul, Nisan 1990
17. İzocam A.Ş., Ülkemizdeki eksik bina izolasyonunun şehirlerimizin hava kirliliği ve ülke ekonomisi üzerine etkileri, İstanbul, S.4-17, 1990
18. Kara,S., Kaytaroğlu,S., Dögeroğlu,T., Var,F., Sabit emisyon kaynaklarında hava kirleticilerin ölçüm yöntemleri teknik okulu, Ankara, TMMOB Kimya Müh. Odası Ankara Şubesi, S.25, 27-31 Mayıs 1991
19. Karamanlı,A.İ., Makina Müh. Odası Eskişehir şube başkanı, Şahsi görüşme, Ocak 1993
20. Kural, O., Kömür kimyasal teknolojisi, İstanbul, İ.T.Ü. Maden Fak., 1991
21. Makina Müh. Odası, Kalorifer tesisatı proje hazırlama teknik esasları, M.M.O.yayınları, No.84, S.53, 1973
22. Oruç, N., Eskişehirde hava kirliliği ölçümleri ve değerlendirilmesi, Yanma ve hava kirliliği kontrolü I. ulusal sempozyumu, Ankara, Gazi Üni. Müh. Mim. Fak., 10-12 Haziran 1991
23. Oruç, N., Eskişehir'de hava kirliliği ve bu kirliliğin azaltılmasında doğal gazın yeri, Balıkesir, Uludağ Üni., Balıkesir Müh.Fak., I.mühendislik sempozyumu bildiri kitabı, S.884, 26-27 Nisan 1988

24. Özdeniz, M.B., Mimari yapıda ısı ve yoğuşma denetimi, Trabzon, TMMOB Mimarlar Odası Trabzon Şubesi yayın no.1, S.31-33, 1987
25. Rogers, T.S., Thermal design of buildings, John Wiley & Sons Inc., PP 95, 1963
26. Tülbentçi, K., Kentsel hava kirliliğinin azaltılmasında ısı yalıtımının önemi, Yanma ve hava kirliliği kontrolü I. ulusal sempozyumu Ankara, Gazi Üni. Müh. Mim. Fak., S.684, 10-12 Haziran 1991
27. T.K.İ. Eskişehir Kömür Tevzii Müessesesi kayıtları, Eskişehir, 1989
28. T.S. 825 "Binalarda ısı yalıtım kuralları", Ankara, Mart 1989
29. Türkiye 5. enerji kongresi, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı genel enerji planlaması çalışmalarının ilk sonuçları, Ankara, S.30-155, 22-26 Ekim 1990
30. Türk Ytong A.Ş., Isı yalıtımında ytong, Teknik yayın no.3, İstanbul, Aralık 1988

EK 1

Dış Duvar Malzemesi	Kalınlık Cm	Yalıtım Malzemesi	Kalınlık Cm	$\frac{1}{D}$ $\frac{m^2h^{\circ}C}{Kcal.}$	K $\frac{Kcal}{m^2h^{\circ}C}$	Q $\frac{Kcal}{m^2h}$	Maliyet TL/m ²	ΣQ KCal/h
Düsey	19	—	—	0,65	1,19	38,08	14,950	336,041
Delikli Tuğla	"	Perlit sıva	5	0,94	0,88	28,16	44,950	310,336
"	"	"	6	1,00	0,84	26,88	50,950	307,019
"	"	G.P.S.K	2	1,24	0,70	22,40	20,250	295,411
"	"	"	2,5	1,38	0,64	20,48	21,576	290,435
"	"	"	5	2,12	0,43	13,76	28,200	273,022
"	"	"	7	2,71	0,34	10,88	33,500	265,560
"	"	Camyünü	3	1,53	0,58	18,56	42,230	285,460
"	"	"	5	2,12	0,43	13,76	55,670	273,022
"	"	"	8	3,00	0,31	9,92	82,950	263,072
"	"	Yonga Lev.	4	0,96	0,87	30,72	66,950	316,970
"	"	"	6	1,11	0,77	24,64	92,950	301,215
29	—	—	—	0,95	0,88	28,16	23,000	310,336
"	"	Perlit Sıva	1	1,01	0,83	26,56	29,000	306,190
"	"	"	2	1,07	0,79	25,28	35,000	302,873
"	"	G.P.S.K	2	1,54	0,58	18,56	28,300	285,460
"	"	"	2,5	1,69	0,53	16,96	29,626	281,314
"	"	"	5	2,42	0,38	12,16	36,250	268,876
"	"	"	7	3,01	0,31	9,92	41,550	263,072
"	"	Camyünü	3	1,83	0,50	16,00	50,280	278,827
"	"	"	5	2,42	0,38	12,16	63,720	268,876
"	"	"	8	3,31	0,29	9,28	91,000	261,414
"	"	Yonga Lev.	1	1,03	0,82	26,24	36,000	305,361
"	"	"	2	1,11	0,77	24,64	49,000	301,215

ΣQ Kcal/Mevsim	Linyit			Fuel Oil			Doğal Gaz		
	İhtiyaç Ton/Mev.	SO ₂ Ton/Mev.	Maliyet TL/Mev. ¹⁰	İhtiyaç Ton/Mev.	SO ₂ Ton/Mev.	Maliyet TL/Mev. ¹⁰	İhtiyaç m ³ /Mev. ¹⁰	SO ₂ m ³ /Mev.	Maliyet TL/Mev. ¹⁰
907,310,700	454	9,99	182	119	5,00	286	124	—	273
837,907,200	420	9,24	168	110	4,62	265	114	—	251
828,951,300	414	9,11	166	109	4,58	262	113	—	249
797,609,700	399	8,78	160	105	4,41	253	109	—	240
784,174,500	392	8,62	157	103	4,33	248	107	—	235
737,159,400	369	8,12	148	97	4,07	233	101	—	222
717,012,000	359	7,90	144	94	3,95	226	98	—	216
770,742,000	385	8,47	154	101	4,24	243	105	—	231
737,159,400	369	8,12	148	97	4,07	233	101	—	222
710,294,400	355	7,81	142	93	3,91	224	97	—	213
855,819,000	428	9,42	171	113	4,75	272	117	—	257
813,280,500	407	8,95	163	107	4,49	257	111	—	244
837,907,200	419	9,22	168	110	4,62	265	114	—	251
826,713,000	413	9,09	165	109	4,58	262	113	—	249
817,757,100	409	9,00	164	108	4,54	260	112	—	246
770,742,000	385	8,47	154	101	4,24	243	105	—	231
759,547,800	380	8,36	152	100	4,20	241	104	—	229
725,965,200	363	7,99	145	96	4,03	231	99	—	218
710,294,400	355	7,81	142	93	3,91	224	97	—	213
758,832,900	379	8,34	152	100	4,20	241	104	—	229
725,965,200	363	7,99	145	96	4,03	231	99	—	218
705,817,800	353	7,77	141	93	3,91	224	96	—	211
824,474,700	412	9,06	165	108	4,54	260	113	—	249
813,280,500	407	8,95	163	107	4,49	257	111	—	244

FUEL OİL Alt Isıl Değeri=9500 kcal/kg SO₂% 4,2

DOĞAL GAZ Alt Isıl Değeri=9155 kcal/m³ SO₂% 0

NOT:Tüm hesaplarda bu değerler kullanılmıştır.

Dış Duvar Malzemesi	Kalınlık Cm	Yalıtım Malzemesi	Kalınlık Cm	$\frac{1}{D}$ m ² hç / Kcal	K Kcal / m ² hç	Q Kcal / m ² h	Maliyet TL / m ²	Σ Q Kcal / h
Gazbeton	12,5	—	—	0,73	1,09	34,88	48,750	327,749
"	"	Perlit Sıva	4	0,97	0,86	27,52	72,750	308,678
"	"	"	5	1,02	0,83	26,56	78,750	305,361
"	"	G.P.S.K.	2	1,32	0,66	21,12	54,050	292,094
"	"	"	2,5	1,47	0,60	19,20	55,376	287,119
"	"	"	5	2,20	0,42	13,44	62,000	272,193
"	"	Camyünü	3	1,61	0,55	17,60	76,030	282,973
"	"	"	5	2,20	0,42	13,44	89,470	272,193
"	"	Yonga Lev.	3	0,96	0,87	27,84	87,750	309,507
"	"	"	5	1,12	0,77	24,64	113,750	301,215
15	—	—	—	0,86	0,95	30,40	58,500	316,140
"	"	Perlit Sıva	1	0,92	0,90	28,80	64,500	311,994
"	"	"	2	0,98	0,85	27,20	70,500	307,849
"	"	G.P.S.K.	2	1,45	0,61	19,52	63,800	287,948
"	"	"	2,5	1,60	0,56	17,92	65,126	283,802
"	"	"	5	2,33	0,40	12,80	71,750	270,535
"	"	Camyünü	3	1,75	0,52	16,64	85,780	280,485
"	"	"	5	2,33	0,40	12,80	99,220	270,535
"	"	Yonga Lev.	1	0,94	0,88	28,16	71,500	310,336
"	"	"	2	1,02	0,83	26,56	84,500	306,190
17,5	—	—	—	0,99	0,85	27,20	68,250	307,849
"	"	Perlit Sıva	1	1,07	0,79	25,28	74,250	302,873
"	"	"	2	1,11	0,77	24,64	80,250	301,215
"	"	G.P.S.K.	2	1,58	0,56	17,92	73,550	283,802
"	"	"	2,5	1,73	0,52	16,64	74,876	280,485
"	"	"	5	2,46	0,38	12,16	81,500	268,876
"	"	Camyünü	3	1,88	0,48	15,36	95,530	277,168
"	"	"	5	2,46	0,38	12,16	108,970	268,876
"	"	Yonga Lev.	1	1,07	0,79	25,28	81,250	302,873
"	"	"	2	1,15	0,75	24,00	94,250	299,557

ΣQ K Cal/Mevsim	Linyit			Fuel Oil			Doğal Gaz		
	İhtiyaç Ton/Mev	SO ₂ Ton/Mev.	Maliyet TL/Mev.İD	İhtiyaç Ton/Mev.	SO ₂ Ton/Mev.	Maliyet TL/Mev.İD	İhtiyaç m ³ /Mev.İD	SO ₂ m ³ /Mev.	Maliyet TL/Mev.İD
884.922.300	442	9,72	177	116	4,87	279	121	-	266
833.430.600	417	9,17	167	110	4,62	265	114	-	251
824.474.700	412	9,06	165	108	4,54	260	113	-	249
788.653.800	394	8,67	158	104	4,37	250	108	-	238
775.221.300	388	8,54	155	102	4,28	245	106	-	233
734.921.100	367	8,07	147	97	4,07	233	100	-	220
777.527.100	389	8,56	156	102	4,28	245	106	-	233
734.921.100	367	8,07	147	97	4,07	233	100	-	220
835.668.900	418	9,20	167	110	4,62	265	114	-	251
813.280.500	407	8,95	163	107	4,49	257	111	-	244
853.578.000	427	9,39	171	112	4,70	269	117	-	257
842.383.800	421	9,26	168	111	4,66	267	115	-	253
831.192.300	416	9,15	166	109	4,58	262	113	-	249
777.459.600	389	8,56	156	102	4,28	245	106	-	233
766.265.400	383	8,43	153	101	4,24	243	105	-	231
730.444.500	365	8,03	146	96	4,03	231	100	-	220
757.309.500	379	8,34	152	100	4,20	241	103	-	227
730.444.500	365	8,03	146	96	4,03	231	100	-	220
837.907.200	419	9,22	168	110	4,62	265	114	-	251
826.713.000	413	9,09	165	109	4,58	262	113	-	249
831.192.300	416	9,15	166	109	4,58	262	113	-	249
817.757.100	409	9,00	164	108	4,54	260	112	-	246
813.280.500	407	8,95	163	107	4,49	257	111	-	244
766.265.400	383	8,43	153	101	4,24	243	105	-	231
757.309.500	379	8,34	152	100	4,20	241	103	-	227
725.965.200	363	7,99	145	96	4,03	231	99	-	218
748.353.600	374	8,23	150	98	4,12	236	102	-	224
725.965.200	363	7,99	145	96	4,03	231	99	-	218
817.757.100	409	9,00	164	108	4,54	260	112	-	246
808.803.900	404	8,89	162	106	4,45	255	110	-	242

EK 2

	Perlit Sıva			G. P. S. K.			Camyünü			Yonga Levha		
Dış Duvar Mlz.	Kal. cm	P.Kal. cm	Maliyet TL/m ²	Kal. cm	P.Kal. cm	Maliyet TL/m ²	Kal. cm	P.Kal. cm	Maliyet TL/m ²	Kal. cm	P.Kal. cm	Maliyet TL/m ²
Düsey Delikli Tuğla												
19 cm	4,6	5	44.950	0,92	2	20.250	0,92	3	42.230	3,5	4	66.950
29 "	-	-	23.000	-	-	23.000	-	-	23.000	-	-	23.000
Gazbeton												
12,5 cm	3,2	4	72.750	0,60	2	54.050	0,60	3	76.030	2,5	3	87.750
15 "	0,97	1	64.500	0,19	2	63.800	0,19	3	85.780	0,74	1	71.500
17,5 "	-	-	68.250	-	-	68.250	-	-	68.250	-	-	68.250
Dolu Bimsbeton												
15 cm	3,3	4	64.000	0,66	2	45.300	0,66	3	67.280	2,5	3	79.000
20 "	-	-	53.300	-	-	53.300	-	-	53.300	-	-	53.300
Boşluklu Bimsbeton												
15 cm	-	-	29.500	-	-	29.500	-	-	29.500	-	-	29.500
19 "	-	-	37.000	-	-	37.000	-	-	37.000	-	-	37.000
Betonarme Plak												
15 cm	3,8	4	129.206	2,6	4	112.860	2,6	3	122.820	9,9	10	232.260
20 "	3,7	4	190.940	2,5	2,5	170.566	2,5	3	184.500	9,7	10	293.940

EK 3

Dış Duvar Mlz.	$\frac{1}{D}$ $\frac{m^2h^{\circ}C}{Kcal.}$	K $\frac{Kcal.}{m^2h^{\circ}C}$	Q $\frac{K.Cal.}{m^2h}$	Maliyet TL/m ²	Yalıtım Mlz. 5cm	Dış Duvar Mlz.	$\frac{1}{D}$ $\frac{m^2h^{\circ}C}{Kcal.}$	K $\frac{Kcal.}{m^2h^{\circ}C}$	Q $\frac{K.Cal.}{m^2h}$	Maliyet TL/m ²
D.D.T 19cm	0.94	0.88	28,24	44.950	Perlit Sıva	D.B.B 20cm	1.23	0.70	22,40	83,300
	2.12	0.43	13,76	28,200	G.P.S.K		2.41	0.38	12,31	66,550
	2.12	0.43	13,76	55,670	Camyünü		2,41	0,38	12,31	94,020
	1.03	0,82	26,33	79,950	Yonga Levha		1,33	0,66	21,09	118,300
D.D.T 29cm	1.25	0,70	22,28	53,000	Perlit Sıva	B.B.B 15cm	1.30	0,67	21,41	59,500
	2,42	0,38	12,16	36,250	G.P.S.K		2,48	0,37	11,98	42,750
	2,42	0,38	12,16	63,720	Camyünü		2,48	0,37	11,98	70,220
	1,34	0,65	20,96	88,000	Yonga Levha		1,40	0,63	20,18	94,500
G.B 12.5 cm	1,03	0,82	26,33	78,750	Perlit Sıva	B.B.B 19cm	1,55	0,57	18,39	67,000
	2,20	0,42	13,44	62,000	G.P.S.K		2,73	0,34	10,95	50,250
	2,20	0,42	13,44	89,470	Camyünü		2,73	0,34	10,95	77,720
	1,12	0,77	24,51	113,750	Yonga Levha		1,65	0,54	17,43	102,000
G.B 15cm	1,16	0,74	23,68	88,500	Perlit Sıva	B.A Plak 15cm	0,45	1,56	49,94	132,260
	2,33	0,40	12,80	71,750	G.P.S.K		1,63	0,55	17,61	115,510
	2,33	0,40	12,80	99,220	Camyünü		1,63	0,55	17,61	136,260
	1,25	0,70	22,40	123,500	Yonga Levha		0,54	1,37	43,84	167,260
G.B 17.5 cm	1,29	0,68	21,64	98,250	Perlit Sıva	B.A Plak 20cm	0,48	1,49	47,76	193,940
	2,46	0,38	12,08	81,500	G.P.S.K		1,66	0,54	17,34	177,190
	2,46	0,38	12,08	108,970	Camyünü		1,66	0,54	17,34	197,940
	1,38	0,64	20,40	133,250	Yonga Levha		0,57	1,32	42,11	228,940
D.B.B 15cm	1,02	0,83	26,45	70,000	Perlit Sıva					
	2,20	0,42	13,44	45,300	G.P.S.K					
	2,20	0,42	13,44	80,720	Camyünü					
	1,11	0,77	24,61	105,000	Yonga Levha					

EK 4

Dış Duvar Bileşenleri	$\frac{1}{D}$ $m^2h^{\circ}C/kcal$	k $kcal/m^2h^{\circ}C$	Q $kcal/m^2h.10^6$	Yakıt kg	SO ₂ gr
19cm D. D. Tuğla					
5 " Perlit Sıva	0,94	0,88	2824	1,41	39
2 " G.P.S.K.	1,24	0,70	2242	1,12	31
3 " Camyünü	1,53	0,58	1860	0,93	26
4 " Yonga Lev.	0,96	0,87	2790	1,40	39
29 " D.D.T	0,95	0,88	2802	1,40	39
12,5" Gazbeton					
4 " Perlit Sıva	0,97	0,86	2767	1,38	39
2 " G.P.S.K.	1,32	0,66	2120	1,06	30
3 " Camyünü	1,61	0,55	1774	0,89	25
3 " Yonga Lev.	0,96	0,87	2778	1,39	39
15 " Gazbeton					
1 " Perlit Sıva	0,92	0,90	2879	1,44	40
2 " G.P.S.K.	1,45	0,61	1950	0,97	27
3 " Camyünü	1,75	0,52	1654	0,83	23
1 " Yonga Lev.	0,94	0,89	2833	1,42	40
17,5 " Gazbeton	0,99	0,84	2688	1,34	38
15 " D. Bims					
4 " Perlit Sıva	0,96	0,87	2781	1,39	39
2 " G.P.S.K.	1,31	0,67	2128	1,06	30
3 " Camyünü	1,61	0,56	1780	0,89	25
3 " Yonga Lev.	0,96	0,87	2781	1,39	39
20 " D. Bims	0,94	0,88	2825	1,41	40
15 " B. Bims	1,01	0,83	2665	1,33	37
19 " "	1,26	0,69	2206	1,10	31
15 " B.A. Plak					
4 " Perlit Şilte	0,96	0,87	2791	1,40	39
4 " G.P.S.K.	1,33	0,66	2101	1,05	29
3 " Camyünü	1,04	0,81	2604	1,30	36
10 " Yonga Lev.	0,93	0,90	2868	1,43	40
20 " B.A. Plak					
4 " Perlit Şilte	0,98	0,85	2725	1,36	38
2,5 " G.P.S.K.	0,92	0,90	2884	1,44	40
3 " Camyünü	1,07	0,80	2546	1,27	36
10 " Yonga Lev.	0,95	0,87	2798	1,40	39

Dış Duvar Malzemesi : Düşey Delikli Tuğla

Yalıtım Tipi	ΣQ Kcal/h	Radya- tör dilin Ad.	Radyatör Maliyeti TL x 10 ³	Kazan Yüzeyi m ²	Kazan Maliyeti TL x 10 ³	Σ Maliyet TL x 10 ³
T/19	336.041	2710	177.559	62	34.100	211.659
T/19/P/5	310.336	2503	163.997	57	31.350	195.347
T/19/P/6	307.019	2476	162.228	57	31.350	193.578
T/19/S/2	295.411	2383	156.134	55	30.250	186.384
T/19/S/2,5	290.435	2343	153.513	54	29.700	183.213
T/19/S/5	273.022	2202	144.275	50	27.500	171.775
T/19/S/7	265.560	2142	140.344	49	26.950	167.294
T/19/C/3	285.460	2302	150.827	53	29.150	179.977
T/19/C/5	273.022	2202	144.275	50	27.500	171.775
T/19/C/8	263.072	2122	139.033	49	26.950	165.983
T/19/H/4	316.970	2557	167.535	59	32.450	199.985
T/19/H/6	301.215	2429	159.148	56	30.800	189.948
T/29	310.336	2503	163.997	57	31.350	195.347
T/29/P/1	306.190	2470	161.834	57	31.350	193.184
T/29/P/2	302.873	2443	160.065	56	30.800	190.865
T/29/S/2	285.460	2302	150.827	53	29.150	179.977
T/29/S/2,5	281.314	2269	148.665	52	28.600	177.265
T/29/S/5	268.876	2169	142.113	50	27.500	169.613
T/29/S/7	263.072	2122	139.033	49	26.950	165.983
T/29/C/3	278.827	2249	147.354	52	28.600	175.954
T/29/C/5	268.876	2169	142.113	50	27.500	169.613
T/29/C/8	261.414	2109	138.182	48	26.400	164.582
T/29/H/1	305.361	2463	161.376	56	30.800	192.176
T/29/H/2	301.215	2430	159.214	56	30.800	190.014

Dış Duvar Malzemesi: Gazbeton

Yalıtım Tipi	ΣQ Kcal/h	Radya- tör dilim Ad.	Radyatör Maliyeti TL x 10 ³	Kazan Yüzeyi m ²	Kazan Maliyeti TL x 10 ³	Σ Maliyet TL x 10 ³
G/12,5	327.749	2644	173.235	60	33.000	206.235
G/12,5/P/4	308.678	2490	163.145	57	31.350	194.495
G/12,5/P/5	305.361	2463	161.376	56	30.800	192.176
G/12,5/S/2	292.094	2356	154.365	54	29.700	184.065
G/12,5/S/2,5	287.119	2316	151.744	53	29.150	180.894
G/12,5/S/5	272.193	2196	143.882	50	27.500	171.382
G/12,5/C/3	282.973	2282	149.517	52	28.600	178.117
G/12,5/C/5	272.193	2196	143.882	50	27.500	171.382
G/12,5/H/3	309.507	2496	163.538	57	31.350	194.888
G/12,5/H/5	301.215	2430	159.214	56	30.800	190.014
G/15	316.140	2550	167.076	58	31.900	198.976
G/15/P/1	311.994	2516	164.848	58	31.900	196.748
G/15/P/2	307.849	2483	162.686	57	31.350	194.036
G/15/S/2	287.948	2323	155.203	53	29.150	184.353
G/15/S/2,5	283.802	2289	149.975	52	28.600	178.575
G/15/S/5	270.535	2182	142.965	50	27.500	170.465
G/15/C/3	280.485	2262	148.206	52	28.600	176.806
G/15/C/5	270.535	2182	142.965	50	27.500	170.465
G/15/H/1	310.336	2503	163.997	57	31.350	195.347
G/15/H/2	306.190	2470	161.834	57	31.350	193.184
G/17,5	307.849	2483	162.686	57	31.350	194.036
G/17,5/P/1	302.873	2443	160.065	56	30.800	190.865
G/17,5/P/2	301.215	2430	159.214	56	30.800	190.014
G/17,5/S/2	283.802	2289	149.975	52	28.600	178.575
G/17,5/S/2,5	280.485	2262	148.206	52	28.600	176.806
G/17,5/S/5	268.876	2169	142.113	50	27.500	169.613
G/17,5/C/3	277.168	2236	146.503	51	28.050	174.553
G/17,5/C/5	268.876	2169	142.113	50	27.500	169.613
G/17,5/H/1	302.873	2443	160.065	56	30.800	190.865
G/17,5/H/2	299.557	2416	158.296	55	30.250	188.546

Dış Duvar Malzemesi: Dolu Bimsbeton

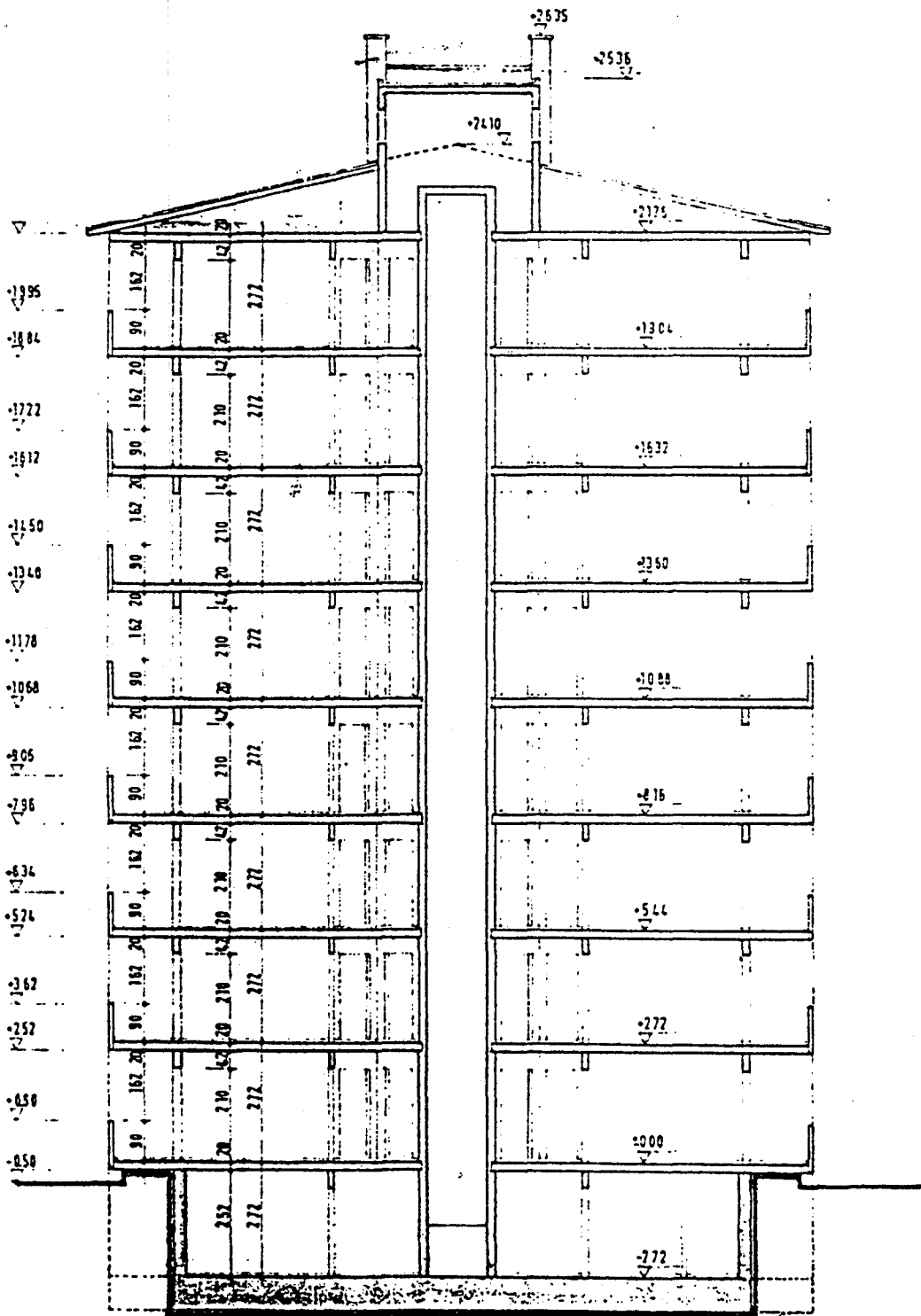
Yalıtım Tipi	ΣQ Kcal/h	Radya- tör dilim Ad.	Radyatör Maliyeti TL x 10 ³	Kazan Yüzeyi m ²	Kazan Maliyeti TL x 10 ³	Σ Maliyet TL x 10 ³
DB/15	327.749	2644	173.235	60	33.000	206.235
DB/15/P/4	309.507	2496	163.538	57	31.350	194.888
DB/15/P/5	306.190	2470	161.834	57	31.350	192.684
DB/15/S/2	292.923	2363	154.824	54	29.700	184.524
DB/15/S/25	287.948	2323	152.203	53	29.150	181.353
DB/15/S/5	272.193	2196	143.882	50	27.500	171.382
DB/15/C/3	283.802	2289	149.975	52	28.600	178.575
DB/15/C/5	272.193	2196	143.882	50	27.500	171.382
DB/15/H/3	309.507	2496	163.538	57	31.350	194.888
DB/15/H/4	305.361	2463	161.376	56	30.800	192.176
DB/20	310.336	2503	163.997	57	31.350	195.347
DB/20/P/1	307.019	2476	162.228	57	31.350	193.578
DB/20/P/2	303.703	2450	160.524	56	30.800	191.324
DB/20/S/2	285.460	2286	149.779	53	29.150	178.929
DB/20/S/25	282.143	2276	149.124	52	28.600	177.724
DB/20/S/5	268.876	2169	142.113	50	27.500	169.613
DB/20/C/3	278.827	2249	147.354	52	28.600	175.954
DB/20/C/5	268.876	2169	142.113	50	27.500	169.163
DB/20/H/1	306.190	2470	161.834	57	31.350	193.184
DB/20/H/2	302.044	2436	159.607	56	30.800	190.407

Dış Duvar Malzemesi: Boşluklu Bimsbeton

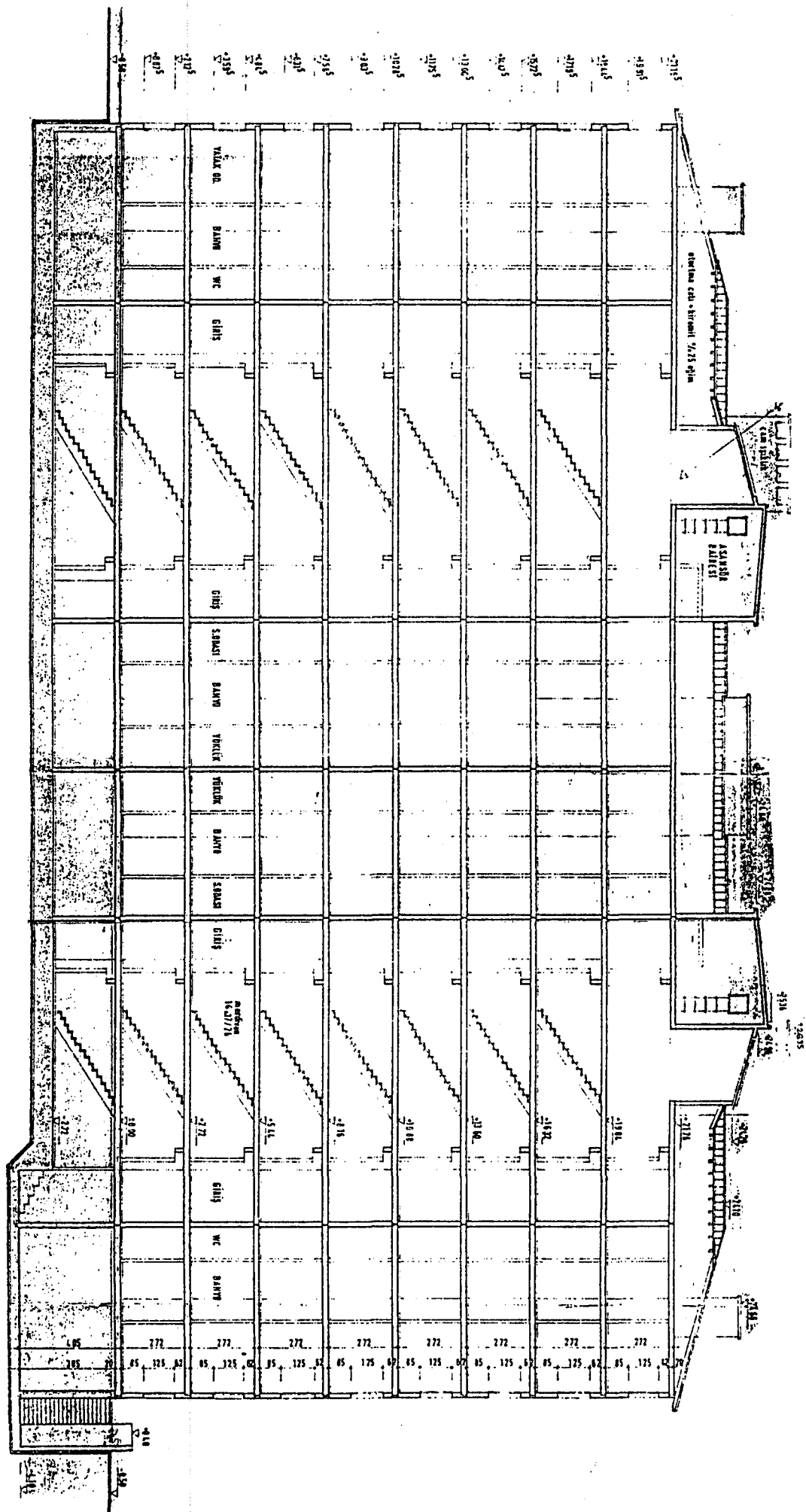
Yalıtım Tipi	ΣQ Kcal/h	Radya- tör dilim Ad.	Radyatör Maliyeti TLx10 ³	Kazan Yüzeyi m ²	Kazan Maliyeti TLx10 ³	Σ Maliyet TLx10 ³
BB/15	306.190	2470	161.834	57	31.350	193.184
BB/15/P/1	302.873	2443	160.065	56	30.800	190.865
BB/15/P/2	300.386	2423	158.755	55	30.250	189.005
BB/15/S/2	283.802	2289	149.975	52	28.600	178.575
BB/15/S/2,5	280.485	2262	148.206	52	28.600	176.806
BB/15/S/5	268.047	2162	141.654	50	27.500	169.154
BB/15/C/3	277.168	2236	146.503	51	28.050	174.553
BB/15/C/5	268.047	2162	141.654	50	27.500	169.154
BB/15/H/1	302.044	2436	159.607	56	30.800	190.407
BB/15/H/2	298.727	2409	157.838	55	30.250	188.088
BB/19	292.094	2356	154.365	54	29.700	184.065
BB/19/P/1	290.435	2343	153.513	54	29.700	183.213
BB/19/P/2	287.948	2323	152.203	53	29.150	181.353
BB/19/S/2	277.168	2236	146.503	51	28.050	174.553
BB/19/S/2,5	273.852	2209	144.734	51	28.050	172.784
BB/19/S/5	265.560	2142	140.344	49	26.950	167.294
BB/19/C/3	272.193	2196	143.882	50	27.500	171.382
BB/19/C/5	265.560	2142	140.344	49	26.950	167.294
BB/19/H/1	289.606	2336	153.055	53	29.150	182.205
BB/19/H/2	287.119	2316	151.744	53	29.150	180.894

Dış Duvar Malzemesi : Betonarme Plak

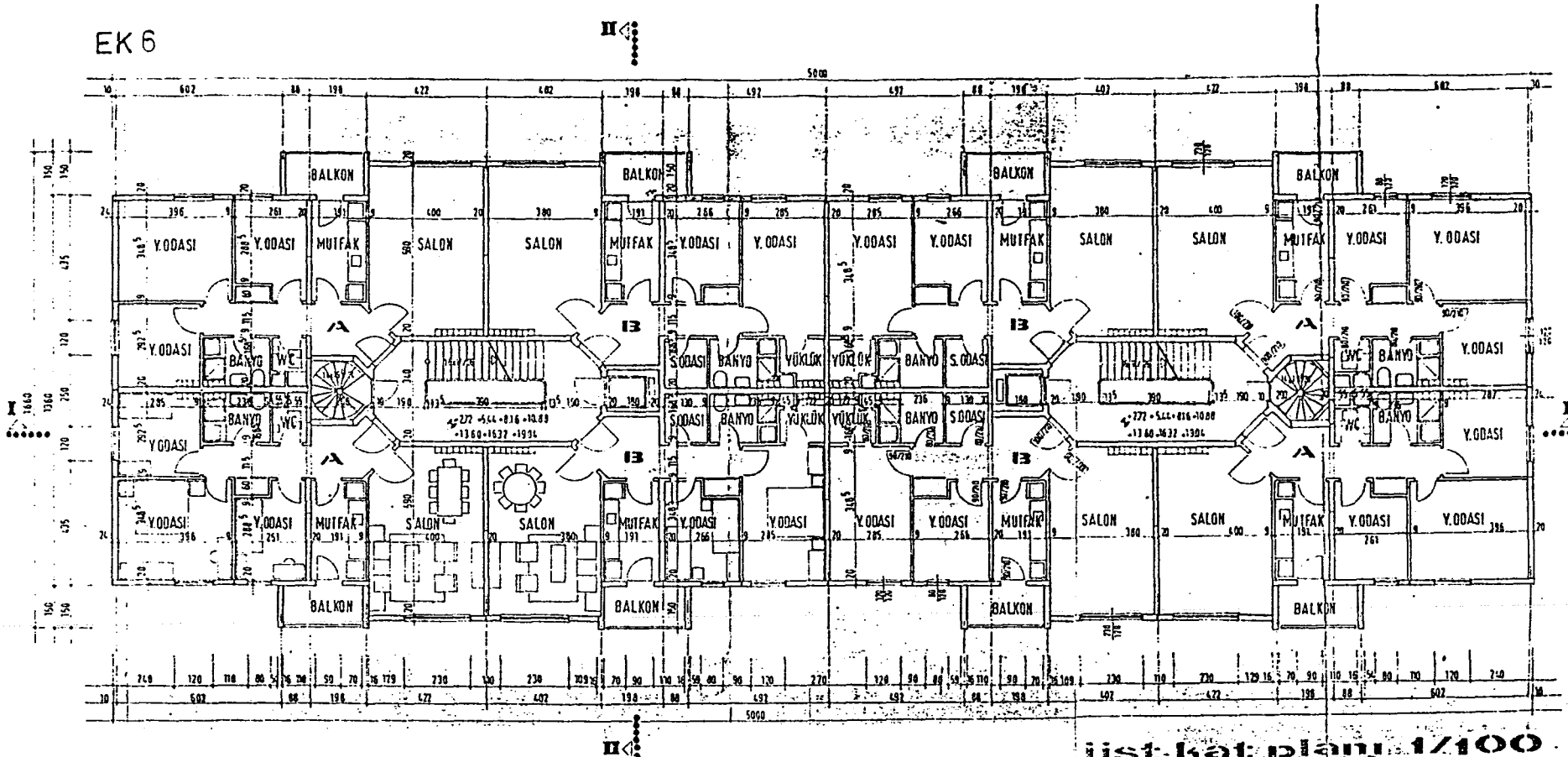
Yalıtım Tipi	ΣQ Kcal/h	Radyo- tör dilim Ad.	Radyatör Maliyeti TL x 10 ³	Kazan Yüzeyi m ²	Kazan Maliyeti TL x 10 ³	Σ Maliyet TL x 10 ³
BA/15	474.517	3827	250.745	87	47.850	298.595
BA/15/P/4	311.994	2516	164.848	58	31.900	196.748
BA/15/P/5	304.532	2456	160.917	56	30.800	191.717
BA/15/S/4	292.094	2356	154.365	54	29.700	184.065
BA/15/S/4.5	287.119	2316	151.744	53	29.150	180.894
BA/15/S/5	282.973	2282	149.517	52	28.600	178.117
BA/15/C/3	304.532	2456	160.917	56	30.800	191.717
BA/15/C/5	282.973	2282	149.517	52	28.600	178.117
BA/15/H/10	311.165	2510	164.455	57	31.350	195.805
BA/15/H/12	302.873	2443	160.065	56	30.800	190.865
BA/20	461.249	3720	243.734	85	46.750	290.484
BA/20/P/4	310.336	2503	163.997	57	31.350	195.347
BA/20/P/5	303.703	2450	160.524	56	30.800	191.324
BA/20/S/2.5	311.994	2516	168.848	58	31.900	200.748
BA/20/S/4	290.435	2343	153.513	54	29.700	183.213
BA/20/S/5	282.143	2276	149.124	52	28.600	177.724
BA/20/C/3	302.873	2443	160.065	56	30.800	190.865
BA/20/C/5	282.143	2276	149.124	52	28.600	177.724
BA/20/H/10	310.336	2503	163.997	57	31.350	195.347
BA/20/H/12	301.215	2430	159.214	56	30.800	190.014



II-II kesiti 1/100



EK 6



list kat planı 1/100