

# BİNALARDA ISI YALITIMININ ENERJİ TASARRUFUNA VE ÇEVRE KİRLİLİĞİNE ETKİLERİ

*Fevziye AKÖZ\*, Beyza ÇOMAKOĞLU ÜSTÜN\*\*, Özgür ÇAKIR\*\*\**

*\* Doç. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi İnş. Fak. İnş. Müh. Böl. Yapı Malzemeleri  
Anabilim Dalı*

*\*\* Doç. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi İnş. Fak. Çevre Müh. Böl. Çevre Teknolojisi  
Anabilim Dalı*

*\*\*\* Araş. Gör., Yıldız Teknik Üniversitesi İnş. Fak. İnş. Müh. Böl. Yapı  
Malzemeleri Anabilim Dalı*

## **ÖZET**

*Geleneksel yığma yapı sistemlerinin yerini, karkas yapıların alması ile düşey taşıyıcı elemanların kesitinin azalması sonucu işlevine uygun konfor koşullarının sağlanması için yapı elemanlarında ısı yalıtımı yapılması gerekmiştir. Binalarda kullanılan enerjinin, toplam enerji tüketimindeki payının büyüklüğü ve bunun önemli bir kısmının da ısıtmada kullanılması, ısı yalıtımının önemini açıkça göstermektedir. Doğadaki sınırlı kaynaklardan, çok yüksek maliyetle elde edilen enerjinin bilinçli kullanılması, ekonomi ve çevre kirliliği bakımından gelecek için önemli bir sorumluluktur.*

*İyi yalıtılmış bir ortamda, doğru seçilmiş yakıt türü ve iyi bir yakma tekniği ile harcanan enerjinin hemen hemen tamamı ısıtma amaçlı kullanılabilir ve yakıtın çevre kirliliğine etkisi minimum düzeye indirilebilir.*

**Anahtar sözcükler:** *Isı yalıtımı, yalıtım malzemesi, enerji kaynakları, yakma teknolojisi*

## **ABSTRACT**

*Changes in the conventional structure materials forces to consider mainly the new heat isolation techniques and materials. When frame structures are*

*replaced with conventional masonry structure systems, the cross-section of the vertical load carrying elements is decreased. In order to provide proper conditions, heat isolation has to be done in the structure elements. The importance of the heat isolation realized that the greatness in the ratio of the consumption of the energy in buildings especially for heating in the total energy consumption. It is responsibility for future by means of economy and environmental pollution to use energy which is obtained from limited natural sources in a conscious way.*

*In a good isolated environment, the consumed energy can be used for heating almost entirely by selection of fuel type and proper burning technology and so the effect of fuel to environmental pollution can be reduced to minimum level.*

**Keywords:** *Heat isolation, isolation materials, energy sources, burning technology*

23-25 Mart 2001 tarihinde Eskişehir'de gerçekleştirilen "Yalıtım 2001 Kongresi ve Sergisi"nde bildiri olarak sunulmuştur.

## **GİRİŞ**

Hızlı nüfus artışı ve ekonomik değişim nedeni ile ülke genelinde 20. yüzyılın son çeyreğinde özellikle de göç alan bölgelerde yapı gereksinimi hızla artmıştır. Bu durum, doğru ya da yanlış çok katlı modern binaların yaygın olarak uygulanmasına, yapım sistemlerinin değişip gelişmesine ve yapı üretiminin hızlanmasına neden olmuştur. Yeni yapım sistemleri ve hızlı yapı üretimi pek çok sorunu da beraberinde getirmiştir. Örneğin geleneksel yapıdaki bir taşıyıcı duvarın kesiti, iç ortamda gerekli olan fiziksel konforu sağlayabilir nitelikte iken çok katlı binalarda zati yükün ve eleman boyutunun azaltılması gibi mekanik etkiler nedeni ile durum tamamen değişmiştir. Binanın okul, konut, hastane, spor salonu, vb. oluşuna göre, işlevine uygun ısısal konforun koşullarının sağlanması için yapı elemanlarında ısı yalıtımı yapılması gerekmiştir. Türkiye'de 1989 verilerine göre enerjinin %41'i konutlarda, %33 ü sanayide, %20'si ulaşıtırmada, %5'i tarımda, %1'i de diğer alanlarda tüketilmektedir [1]. Binalarda kullanılan enerjinin, toplam enerji tüketimindeki payının büyüklüğü ve bunun önemli bir kısmının da ısıtımda

kullanılması, ısı yalıtımının önemini açıkça göstermektedir. Enerjinin her alanda bilinçli kullanılması, ekonomi ve insan sağlığı kadar gelecek için de önemli bir sorumluluktur, çünkü enerji, doğadaki sınırlı kaynaklardan, çok yüksek maliyetle elde edilmektedir. Bu nedenle binalarda ısı yalıtımı yapılması ile ilgili standart ve yönetmelikler yapım ile ilgili diğer standart ve yönetmelikler gibi yasal bir zorunluluk haline gelmiştir [ 2, 3, 4, 5].

Ülkemizde yaygın olarak kullanılan enerji kaynakları irdelendiğinde petrolün 1970'li yıllardan sonra daha az kullanıldığı, yerini ülkemizde rezervi en zengin olan linyite bıraktığı görülmektedir. Hava kirliliği sorununun çözümü olarak ise özellikle Büyükşehirlerde 1995'den sonra doğalgaz kullanımı yaygınlaşmıştır. Doğalgazın çevre kirliliğini azaltıcı etkisine karşın ülkeyi kaynak açısından dışa bağımlı kıldığı bilinen bir gerçektir. Yaşanan Körfez Savaşının ardından petrolün tüm dünya için sınırlı bir enerji kaynağı haline gelişi de dikkate alındığında, linyitin diğer yakıt türlerine göre enerji tasarrufu ve çevre kirliliği bakımından incelenmesi yararlı görülmüştür.

İyi yalıtılmış bir ortamda, doğru bir yakma tekniği ile elde edilecek enerjinin hemen hemen tamamı faydalı enerji olarak kullanılabilir ve kullanılan yakıtın çevre kirliliği yaratan etkisi minimum değerlere indirilebilir.

## **ISI YALITIMI**

Yapılarda ısı yalıtımının amacı, iç ortamı kışın fazla enerji kaybından, yazın fazla enerji kazanımından korumaktır. Isı yalıtımı, ısı geçişine karşı yapı elemanına yalıtım malzemesi koyarak elemanın ek direnç kazanmasını sağlamaktır. Yapı elemanlarının sahip olması gereken minimum geçirgenlik direnci, yapı elemanlarının konumuna ve Türkiye'nin iklim bölgelerine göre TS 825'de ve Isı Yalıtımı Yönetmeliğinde belirtilmiştir. Yapılarda ısı yalıtımı hesabından önce ısı iletimi, yalıtım malzemelerinin özellikleri ve ısı iletimine etkileri ile ısı yalıtımı hesaplarında kolaylık sağlamak amacıyla yapılan kabullerin kısaca açıklanması yararlı olur.

Isı enerjisinin katı cisimlerdeki iletimine kondüksiyon, gaz ve sıvı haldeki akışkanlardaki iletimine konveksiyon, gazlarda ve boşlukta elektromanyetik dalgalar halinde iletimine radyasyon denir. Isı iletimi katı cisimlerden metallerde, ısıl titreşim ve serbest elektronların dalga hareketi ile, serbest elektron içermeyen iyon ve kovalent bağlı polimer ve seramik bünyeli cisimlerde, malzemelerde sadece ortamların ısıl titreşimi ile gerçekleşir. Gaz ve sıvı haldeki akışkanlardaki ısı iletimi ise, atomların ve moleküllerin kütle halindeki hareketi ile

olur. Radyasyonla ısı iletiminde, elektromanyetik dalgalar cismin yüzeyine çarpınca enerjilerinin bir kısmını verirler ve cismin yüzeyini ısıtırlar. Elektromanyetik dalgalar boşlukta da yayıldığından iletici ortama gerek yoktur, güneş enerjisi yeryüzüne bu şekilde ulaşır.

### Malzeme Özelliklerinin Isı İletkenliğine Etkileri

Yalıtım malzemeleri çoğunlukla, boşluklarında hareketsiz hava veya gaz bulunan boşluk bakımından heterojen yapılarıdır. Malzemeyi oluşturan maddenin yapısına göre; hücresel, levhamsı veya lifli olabilirler. Gözenekli malzemelerin ısı iletkenliğine, katı fazın kimyasal yapısı, birim ağırlığı, dağılık fazı oluşturan boşlukların miktarı, boyutu, dağılımı ve bu boşluklar içindeki gazın cinsi etki eder. Isı iletkenliğinde bunlardan başka malzemenin sıcaklığı ve nem oranı, yüzey özellikleri ve rengi de etkilidir.

Gözenekli malzemelerin birim hacim ağırlığı  $\beta$ ,  $\text{kg}/\text{dm}^3$ , malzemelerin mekanik dayanımlarında, su ve buhar geçirimsizliğinde ve ısı iletkenliğinde önemli bir göstergedir. Bu fiziksel büyüklük, boşluk miktarı ve sürekli fazın kimyasal yapısı ile ilgilidir. Boşluk oranı porozite ( $p$ , %) arttıkça iletkenlik azalır, dolayısı ile birim hacim ağırlığı azalan malzemenin yalıtkanlık değeri artar, çünkü hareketsiz hava  $\lambda_h = 0,023 \text{ W}/\text{m K}$  değeri ile çok iyi bir yalıtıktır. Katı fazı aynı özelliğe sahip olan boşluklu malzeme ile boşluksuz malzemenin ısı iletkenliği arasındaki ilişki,

$$\lambda = \lambda_0(1-p) \quad (1)$$

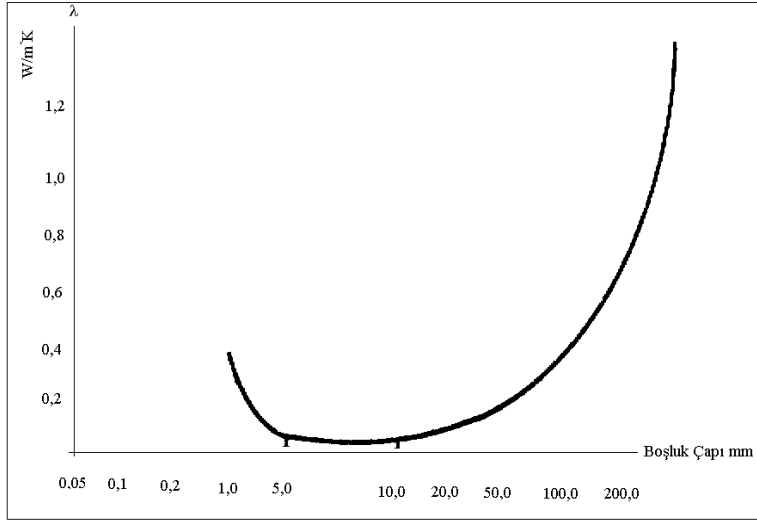
, boşluklu  $\lambda$  eşitliği ile ifade edilebilir. Eşitlikte  $\lambda_0$ , boşluksuz malzemenin ısı iletkenlik katsayısını,  $\lambda$  boşluklu malzemenin ısı iletkenlik katsayısını,  $p$ , porozitesini ifade eder. Bu bağıntının, boşluk boyutlarının birbirine yakın, dağılımın düzgün ve porozitenin % 15'ten az olduğu durumlarda iyi sonuç verdiği görülmüştür. Isı iletkenliği ile boşluk boyutu (çapı) arasındaki ilişki Tablo 1 ve Şekil 1'de görüldüğü gibi 1 mm ile 5 mm arasında en düşük değeri almaktadır.

Tablo 1. Boşluk Çapı ve Isı İletkenlik Katsayıları

Boşluk Çapı	mm	0,5	1	5	10	20	50,0
Isı iletkenliği	$\text{W}/\text{m}^\circ\text{K}$	0,256	0,028	0,044	0,069	0,116	0,302

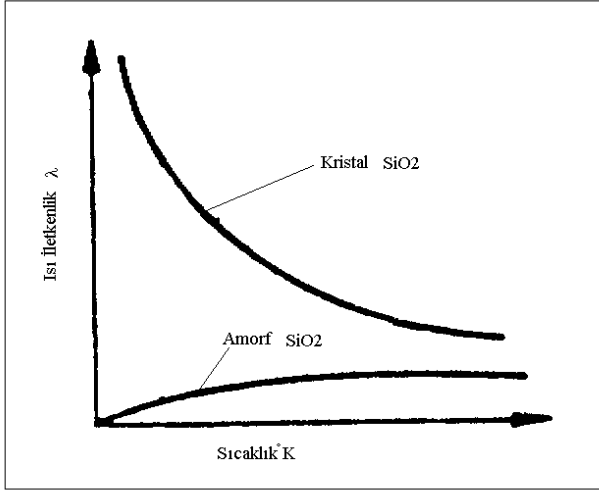
Boşluk boyutu ile ısı iletkenliği arasındaki bu ilişki, boşlukların boyutu, şekli ve liflerin yönü benzer olmak koşulu ile lifli malzemeler için de geçerlidir.

Boşluklardaki gazın türüne göre malzemenin ısı iletkenlik katsayısının değiştiği, örneğin poliüretan köpüklerde boşlukların freon gazı ile doldurulması durumunda köpüğün iletkenlik katsayısının, 0,033 W/m K'den 0,016 W/m K değerine düştüğü görülmüştür [6]. Boşluklu malzemelerde sürekli fazı oluşturan maddenin kimyasal bileşimi, serbest elektron bulunması, kristal veya amorf yapılı olması, ısı iletkenliğini etkiler. Örneğin serbest elektron içeren metal ve alaşımları ısıyı çok iyi iletirken, serbest elektron içermeyen seramikler, camlar ve polimerler daha az iletirler.



Şekil 1: Boşluk Çapına Bağlı Olarak Isı iletimi [6]

Isı iletkenliğine sıcaklığın etkisi, Şekil 2'de görüldüğü gibi cismin kristal veya amorf oluşuna göre değişir. Kristal yapılı cisimlerde sıcaklığın artması ile iletkenlik azalırken, amorf yapılı cisimlerde artmaktadır [7]. Asbest, diyatomit, cam yünü gibi oda sıcaklığında yalıtkanlık değeri olan malzemelerin yüksek sıcaklıklarda ısı iletkenliği artar.



Şekil 2. Amorf ve Kristal Cisimlerde  $\lambda - t$  Değişimi [7]

Yalıtım malzemelerinde nem oranının artması durumunda ısı iletkenlik katsayısı hızla artmaktadır. Bu nedenle yalıtım tabakasında yoğuşma olmasına ve tabakanın herhangi bir nedenle ıslanmasına izin verilmemelidir. Çünkü suyun iletkenliği, havanınkinin yaklaşık 25 katıdır [6]. Isı iletkenlik katsayısının nem oranı ile arttığı, deneysel çalışmalardan elde edilen bağıntılarla da gösterilmiştir.

$$\lambda = \lambda_0 + BW_0 - CW_{02} \quad (2)$$

Bu bağıntıda  $\lambda$  nemlenen malzemenin ısı iletkenlik katsayısı,  $\lambda_0$  malzemenin kuru haldeki iletkenlik katsayısı,  $W_0$  nem oranı, B ve C katsayılarıdır [8].

### Isı Yalıtım Hesaplarında Yapılan Kabuller

Tabakalı elemanlarda ısı yalıtımı problemlerinin çözümünde kolaylık sağlanması bakımından elemanın fiziksel özellikleri ve hesap yoluyla ilgili bazı kabuller yapılır. Örneğin elemanı oluşturan malzemelerin izotrop olduğu, kondüksiyonla ısı iletim katsayısının ( $\lambda$ ) sabit kaldığı, tabakalı sistemlerde tabakaların birbirleriyle ( $\lambda$ ) tam temas halinde olduğu ve herbirinin homojen yapıya sahip olduğu kabul edilir. Benzer şekilde hesap yolu ile ilgili olarak da ısı akışının tek yönlü olduğu, dış ortam sıcaklığının tek bir faktörle ifade edilebildiği, iç ve dış yüzeyden radyasyon ve konveksiyon yolu ile meydana gelen ısı akımlarının, birleşik film iletkenlik katsayısı ( $a_i, a_d$ ) ile temsil edilebildiği, ayrıca hesaplarda sıcaklığın rejim halinde

olduğu, zamanla değişmediği kabul edilir [9]. Gerçekte yapıların sıcaklıkları sürekli değişir ve ısı iletimi çok karmaşıktır.

### Eleman Kesitinde Isı ve Buhar Yalıtımı

Bir eleman kesitinin ısı ve buhar geçişine karşı yeterli olup olmadığı iki aşamada kontrol edilir. Birinci aşamada kesit, tabakaların kompozisyonundan bağımsız olarak ısı yalıtımı bakımından kontrol edilir, yalıtım tabakası gerekiyorsa kalınlığı belirlenir. İkinci aşamada kesitin kompozisyonuna göre tabakaların yüzey sıcaklığı hesaplanır, bu sıcaklıklarda yoğuşma olup olmayacağı ve yer yer yoğuşma oluyorsa, bölgenin iklim koşullarına göre kuruma kontrolü yapılır, en uygun kesit belirlenir. Yalıtım maliyetinin ne olacağı ve kendini ne kadar sürede amorti edeceği başlangıçta bilinmelidir. Maliyet hesaplarının, para ve kredi faizleri ile enflasyon oranları dikkate alınarak uzmanlarca yapılması gerekir. Uygulamalar, etkili yalıtım ile % 80 civarında enerji tasarrufu sağlandığını göstermektedir.

### ENERJİ KAYNAKLARI

Dünya enerji gereksinimi doğadaki tüm enerji kaynakları stoğunu geride bırakırcasına hızla büyümektedir. 1970'li yıllarda baş gösteren petrol krizi ve 1991 yılı içinde yaşanan körfez savaşı sonuçlarının petrol rezervlerine etkisi dikkate alındığında tüm dünya için; eldeki rezervleri en iyi şekilde kullanımından ve yeni enerji kaynaklarına yönelmekten başka seçenek kalmadığı açıktır. Buna yakıtların işleme sokulduktan sonra evre kirliliğine etkileri de ilave edildiğinde kaynaklardan en iyi, en etkin ve en az atık üretecek tarzda yararlanmak önem kazanmaktadır.

Türkiye'de enerji kaynakları irdelendiğinde; petrolün hem yüksek maliyetli hem de toplam rezervinin diğer enerji kaynaklarından çok daha sınırlı olması, taş kömürünün metalurjik amaçlı kullanılması, odunun hem ısıl değerinin çok düşük hem de orman hacminin 918 106 m<sup>3</sup> ile sınırlı olması ve giderek yangın v.s. nedenlerle azalması, jeotermal enerji ve güneş enerjisinin de ısıl değerlerinin çok düşük [10] olması nedeniyle geriye kullanılabilir enerji kaynaklarından, linyit, hidroelektrik enerji ve doğalgaz kalmaktadır.

Türkiye'deki linyitlerin rezerv kapasiteleri 3000 106 ile 8280 106 ton arasında değişmektedir [13]. Bunların kalorifik değerleri ise 1100~3000 kcal / kg arasındadır. Kalorifik değerleri düşüktür ve özellikle SO<sub>2</sub> açısından kirletici etkileri diğer ülkelerin linyitlerinininkinden neredeyse 10 kat fazladır [11]. Ancak

rezervin bu denli büyük olması linyitin ülkemizde kullanılmasını zorlamaktadır. Linyit kaynaklarının zenginliği yakıt olarak kullanımını tercih edilebilir kılmasına karşın çevre kirliliğine etkisi, kullanımında dezavantaj olarak ortaya çıkmaktadır. Ancak bu durum doğru bir yakma teknolojisi seçimi ile en aza indirilebilir.

### Linyit Kullanımının Çevre Kirliliğine Etkisi

Linyitin yanması sırasında meydana gelen kimyasal reaksiyonların sonucunda açığa çıkan kirlilikleri Tablo 2'de görülmektedir. Atmosferdeki CO<sub>2</sub> konsantrasyonu henüz acil çözüm getirememekte, CO ise tam yanmanın gerçekleşmediği koşullarda açığa çıkmaktadır.

Tablo 2. Kömür Yanması Sırasında Oluşan Kimyasal Reaksiyonlar [11]

Hidrokarbon+O <sub>2</sub>	Tam Yanma	CO <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> O+ısı ve termal kirlenme
Hidrokarbon+O <sub>2</sub>	Eksik Yanma	CO
Hidrokarbon+O <sub>2</sub>	Fakir Yanma	CO, kurum, duman, katran, yanmamış karbon vs.
S ve O <sub>2</sub>		SO <sub>2</sub> ve SO <sub>3</sub>
N ve O <sub>2</sub>		NO <sub>x</sub>

Ayrıca fakir veya eksik yanmada çok büyük bir enerji kaybı olmaktadır. Bu, yakıt kullanımını arttırmakta ve linyit gibi yakıtlardan yüksek konsantrasyonda SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO gibi kirletici emisyonlar atmosfere yayılmaktadır. Organik kükürdün oksitlenmesi ile açığa çıkan SO<sub>2</sub> nefes borusu ve ciğerlerde tahribat yaptığından kontrol altına alınmadığında facialara neden olmaktadır [11]. 1952'de 4000'e varan ölüm sayısı ile Londra faciası [12], 80'li yıllarda hemen hemen her yıl Ankara, Eskişehir ve Bursa'da yaşanan SO<sub>2</sub> artışına [13] paralel olarak artan ölümler, araştırmacıları SO<sub>2</sub> miktarını düşürmek için çareler aramaya zorlamaktadır. Benzer şekilde atmosferde NO<sub>x</sub> konsantrasyonunun artması ortamda hidrokarbonlar da mevcut ise ozon oluşumuna neden olmaktadır. Bu, tüm dünyanın kontrol altına almaya çalıştığı bir dönüşümdür.



Son yıllarda petrol ve doğal gazın, odun-kömür yerine kullanılmaya başlanması, 1950'li yıllarda %100 olan yurtiçi kaynak tüketimini, 1993 yılında %44'e düşürmüştür. 2010 yılında doğal kaynakların kullanımının % 38'lere düşmesi beklenmektedir [1]. Doğalgazın ve petrolün, linyit gibi yerli kaynaklara tercih edilmesi, kış aylarında İstanbul'da gr/m<sup>3</sup>'den yapılan ölçümlerde, SO<sub>2</sub> konsantrasyonunu, 1994 yılında 1000-1050 400 ≤2000 yılında Dünya Sağlık Örgütü limitlerinin ( gr SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> hava) altına düşürmüştür. 600 MW güçlü bir kombine çevrim santralinden yakıt olarak doğal gazın kullanılması durumunda aynı güçteki kömür yakıtlı buhar santralinden üretilen KWh enerji başına %55 daha az CO<sub>2</sub>, %50-79 daha az NO<sub>2</sub>, %56 daha az CO emisyon olarak çevreye atılmaktadır [14]. Ancak doğalgazın kullanımının çevre kirliliğini azaltıcı etkisi dikkate alınırken enerji kaynakları açısından ülkeyi dışa bağımlı kıldığı da göz ardı edilmemelidir.

Daha etkin bir ısı dönüşümü ve çevre kirliliğine en az düzeyde etki için iyi bir yakma teknolojisi gerekmektedir. Evlerde, apartmanlarda ve pek çok sanayii merkezlerinde kullanılan soba, sabit yataklı kalorifer kazanları gibi sistemler, fakir veya eksik yanma sağlamakta ve sonuçta oldukça düşük ısı enerjisi elde edilirken gerekenden fazla yakıt tüketilmekte ve Tablo 2'de görülen tüm kirleticiler atmosfere verilmektedir.

Oysa akışkan yataklı bir sistem kullanılırsa [9],

1) Tam yanma sağlanarak yüksek ısı açığa çıkmasından dolayı enerjinin tamamına yakını faydalı kullanıldığından yakma sistemi küçülmekte ve yatırım maliyeti düşmektedir.

2) Düşük sıcaklıklarda ( 1000 OC'nin altında )

a) Cüruf oluşmaz,

b) Kazan kirliliği minimum değerdedir ( tuz buharı

oluşmadığından ),

c) NO<sub>x</sub> oluşum 0.3 kg / GJ'nin altındadır ( EPA

standartı ),

3) Ortama kireç taşı ilave edildiğinde %100'e varan desülfürizasyon sağlanmakta ve yanma verimi % 99-99,5'a yükselmekte, bacadan yanmamış karbon ihmal edilebilecek kadar az çıkmakta, kurum ve SO<sub>2</sub> oluşumu engellenmektedir.

## SONUÇ

Binalarda bilinçli yalıtım ile ısıtmada kullanılan enerjiden % 80'e varan tasarruf sağlanabilir. Yalıtım sistemi, yakıt maliyetinde sağladığı tasarruf ile yapım maliyeti içindeki payını kısa sürede geri öder. Yakıttan sağlanan tasarruf ve yakıtta uygulanan doğru yakma tekniği ile yakıtın çevresel etkisi en az düzeye indirilebilir.

Bu amaçla,

- 1) Isı yalıtımı; inşaa edilecek binaların tasarım aşamasında, statik çözümlerle birlikte taşıyıcı sistemin bütününde ele alınmalı,
- 2) Mevcut binalarda uygun çözümler ve ödeme kolaylığı sağlanarak kullanıcılar ısı yalıtımı yapmaya özendirilmeli,
- 3) Hasar görmüş yapılarda onarım ve güçlendirme çalışmaları sırasında, kullanıcılar ısı yalıtımı yapmaları konusunda uyarılmalı,
- 4) Her üç durumda da doğru yalıtım malzemesi seçilmeli, yoğuşma kontrolü yapılmalı, gerekiyorsa buhar yalıtımı yapılmalı, işçiliğe titizlikle uyulmalı,
- 5) Isıtmada ülke ekonomisi ve doğal kaynaklar açısından en uygun yakıt seçilmeli, seçilen yakıt en iyi yakma tekniği ile yakılmalıdır.

## KAYNAKÇA

1. Karakoç H., Binyıldız E., Turan O., "Binalarda ve Tesisatta Isı Yalıtımı", ODE Teknik Yayınları No: 6.20, 1999.
2. TS 500, "Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları", Şubat 2000.
3. TC Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, 1998, THBB, 1999.
4. TS 825 "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları", 14 Haziran 1999.
5. Isı Yalıtım Yönetmeliği, 08 Mayıs, 2000.

6. **Gürdal E.**, "Isı İletkenlik Katsayısının Malzeme Özellikleri ile İlişkileri" Yapı 80,s: 44-46, Temmuz 1988.
7. **Onaran K.**, Malzeme Bilimi, İstanbul,
8. **N.B.**, Hutcheon "Influence of moisture on thermal properties of materials, building products and building elements", Rilem-Bulletin New series, no. 34, pp 41-47, 1967.
9. **Özyaman, C.**, "Katı yakıtlı yakma sistemlerinin neden olduğu çevre kirliliğinin akışkan yatak ile kontrolü", Çevre" 86 Sempozyumu, İzmir, 1986.
10. **Öner, G.**, ve Arkadaşları, "Linyitler ve hava kirliliği", Çevre" 86 Sempozyumu, İzmir,1986.
11. **Ekinci, E.**, "Türkiye"de Kömür Kullanımının Yarattığı Çevre Kirliliği", Türk " Alman Çevre Teknolojisi Semineri, İstanbul, 1987.
12. **Chester, P.F.**, "Coal and our atmosphere", Energy World, London 1986.
13. Başbakanlık Çevre İşleri Gn. Md. Hıfzısıhha Enst. hava kirliliği ve ölüm değerleri, 1983.
14. **Egeli M. Sinan**, " Doğalgaz ve sıvı yakıtlı enerji Üretim tesisleri" Çevre ve Enerji Kongresi Bildiriler Kitabı 5-7 Haziran 1997