

BİNA YAPIMINDA KÖYKE TAŞI (KAYNAKLANMIŞ TÜF) KULLANILMASININ ENERJİ TASARRUFUNDAKİ ÖNEMİ

H. Tank ÖZKAHRAMAN*, Ali BOLATTURK **

* SDÜ Mühendislik Mim. Fak. Maden Müh. Bölümü, İSPARTA-
tarik@mmf.sdu.edu.tr

** SDÜ Mühendislik Mim. Fak. Makine Müh. Bölümü, İSPARTA-
bolatturk@mmf.sdu.edu.tr

ÖZET

Enerji tüketiminin sektörlere göre dağılımında binalar en büyük payı almaktadır. Binalarda da etkin ist yalıtımı uygulaması yapıldığı takdirde enerjide büyük çapta enerji tasarrufu sağlanacaktır. Bu çalışmada, İsparta bölgesindeki binalarda gözenekli köyke taşı (kaynaklanmış tüf) kullanılması ile sağlanan enerji tasarrufu araştırılmıştır. Hesaplar ömür maliyet analizi (life cycle cost analysis) dikkate alınarak yapılmıştır. Mali analiz sonucunda dış duvarlarda köyke taşı kullanılması ile, beton duvara nazaran % 60 oranında enerji tasarrufu sağlanacağı ortaya konmuştur, ilk yatırım masraflarının da sağlanacak enerji tasarrufu ile yed! yılda karşılanacağı belirlenmiştir

Anahtar Kelimeler: Isıl direnç; Geri ödeme süresi; Enerji tasarrufu; Kaynaklanmış tüf

THE IMPORTANCE OF USING WELDED TUFFS IN CLADDING FOR ENERGY CONSERVATION

ABSTRACT

A great amount of energy savings can be obtained by using proper insulation materials in buildings since the house heating consumes a greater percentage of energy among the other sectors. In this study, the amount of energy saved by using porous tuffstone in external walls of buildings was investigated in İsparta region. Life cycle cost analysis was used in the calculations. According to the results, energy savings up to 60 % can be achieved by using tuff stone instead of concrete. The cost of installing tuffstone would be paid back in seven years by savings in heating energy

Key words : Thermal resistance; Pay-back time; Energy conservation; Welded tuff

1. Giriş

Enerjisinin çoğunu ithal eden Türkiye gibi ülkelerde enerjiden tasarruf edilmesi ve enerjinin daha etkin kullanılması çok önemlidir. Doğadaki sınırlı kaynaklardan, yüksek maliyette elde edilen enerjinin bilinçli kullanılması, ekonomi için önemli olduğu kadar çevre kirliliği bakımından da insanlığa sorumluluk yüklemektedir. Kullanılan daha az enerji, daha az karbondioksit, kükürt dioksit ve partikül demektir.

1999 verilerine göre enerji tüketiminin sektörel dağılımında ikinci büyük payı Dağsöz, (2001)'e [1] göre binalar almaktadır (Çizelge 1). Çengel (1998) [2] ve Bakos (2000)'e [3] göre binalarda mekanların ısıtılması en büyük paya sahiptir (Çizelge 2). Binaların ısı kayıplarının da büyük bir kısmı dış duvar, çatı ve döşemeden gerçekleşmektedir (Çizelge 3). Binalarda kullanılan enerjinin, toplam enerji tüketimindeki payının büyüklüğü ve bunun önemli bir kısmının da ısıtmada kullanılması, ısı yalıtımının önemini açıkça ortaya koymaktadır. Dolayısıyla enerjinin büyük bir kısmının kullanıldığı binalarda ve sanayide etkin ısı yalıtımı uygulamaları yapıldığı takdirde enerjide çok büyük tasarruf sağlanacağı açıktır [1], [4], [6] ile [12].

Çizelge 1. Enerji tüketiminin sektörel dağılımı, % [1]

Sanayi	Bina	Ulaşım	Tarım	Diğer
37	32	23	5	3

Çizelge 2. Binalardaki enerji tüketiminin dağılımı, % [2]

	Isıtma	Su ısıtma	Aydınlatma	Klima- Havalandırma	Soğutucu- Dondurucu	Diğer
Mesken	40	17	7	7	12	17
Ticari	32	5	25	22	-	16

Çizelge 3. Binalardaki ısı kayıplarının dağılımı, [1] ve [6].

Dış duvar	Çatı döşemeleri	Pencere	Bodrum döşemeleri	Enflitasyon
35	25	22	10	8

Türkiye' de üç iklim bölgesi vardır ve İsparta ikinci bölgededir [1]. İsparta da Ekim başı ile Nisan ayı sonuna kadar altı ay binalarda ısıtma yapılmaktadır. Hesaplamalarda İsparta için derece-gün sayısı 3063 alınmıştır [5]. Derece-gün sayısının hesaplanmasında günlük ortalama sıcaklığın 15°C ve daha altında olduğu günlerde ısıtma yapıldığı kabul edilmiştir. Bu çalışmada, dış duvarlarda beton yerine köyke taşı kullanılmasıyla sağlanacak olan (m² başına) tasarruf miktan ile yatırımın karşılama süresi (geri ödeme

süresi) hesaplanmıştır. Ayrıca on yıllık bir zaman diliminde faiz oranını da dikkate alarak yapılan tasarrufun bugünkü değeri hesaplanmıştır.

2. Bina İzolasyonunda Yıllık Enerji Maliyetlerinin Hesaplanması

Genelde soğuk iklim bölgelerinde binaların yan duvarları ile çatısında ısı yalıtımı yapılmaktadır. Yalıtım için çok çeşitli malzemeler kullanılmaktadır. Al-Sallah, (2003) [8] polistren ve cam yünü ile yapılan yalıtımları karşılaştırmıştır. Hasan, (1999) [7] ile Çomaklı ve Yüksel, (2003) [9] bunların optimum kalınlıklarını hesaplamıştır. Hesaplamalarda kullanılan paranın bugünkü değerinin bulunmasında Riggs, (1982) [10] tarafından verilen formüller kullanılmıştır. Bolattürk (2003) de [11], Binalarda optimum yalıtım kalınlıklarının değişik yakıt türleri için hesaplamıştır.

2.1 Dış Yüzeylerdeki Isı Kaybı

Dış duvar veya tavanın birim yüzeyinden olan ısı kaybı

$$q = U \Delta T \quad (1)$$

şeklindedir. Burada V toplam ısı transfer katsayısıdır. DD , derece gün sayısı olmak üzere birim yüzeyden gerçekleşen yıllık ısı kaybı q_A

$$q_A = 86400 DDU \quad (2)$$

ile belirlenir. Yıllık ısı kaybını karşılayacak yıllık enerji ihtiyacı n_s ısıtma sistemin verimi olmak üzere

$$E_A = 86400 U DD / \eta_s \quad (3)$$

hesaplanır. Duvarın toplam ısı transfer katsayısı U yalıtım malzemesinin ısı dirençleri ile birlikte

$$U = \frac{1}{R_i + R_w + R_o} \quad (4)$$

şeklindedir. Burada; R_i ve R_o iç ve dış ortamın ısı dirençleri, R_w duvar tabakalarının toplam ısı direncidir.

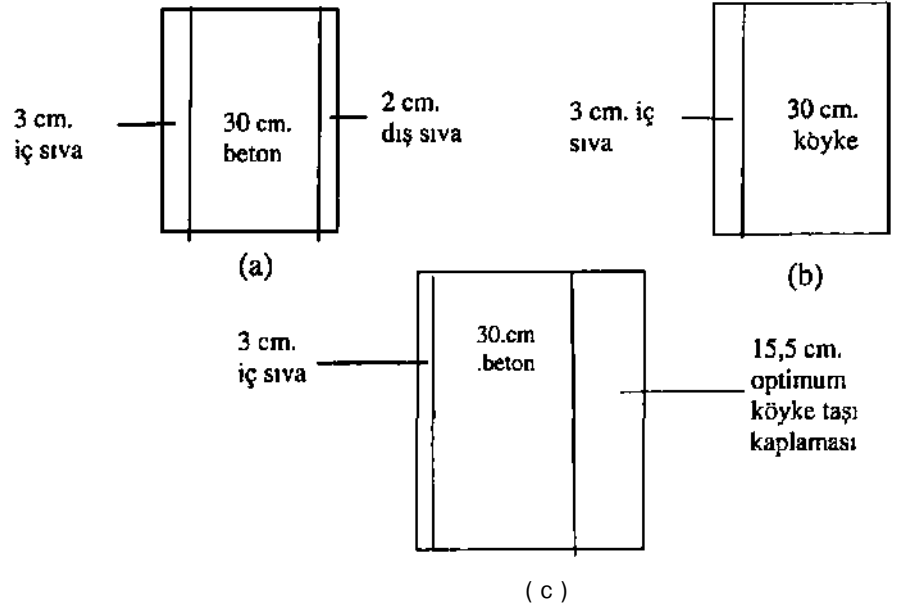
$R_w = R_{s1} + R_{b1} + R_{d1}$ dir. Burada R_{s1} , R_{d1} , iç ve dış sıvanın ısı dirençleri R_M ise beton duvarın ısı direncidir.

Şekil 1 de görüldüğü üzere beton duvar, 3 cm kalınlığında iç sıva ile 2 cm. kalınlığında dış sıvadan oluşmaktadır.

Köyke den yapılan duvarda ise 3 cm. iç sıva kullanılmakta fakat dış sıvaya ihtiyaç duyulmamaktadır. Çünkü köyke duvarlarda dış sıvaya ihtiyaç duyulmamaktadır. Hem köykenin dış görünümü güzeldir hem de sıvadan çok daha uzun ömürlüdür. Karşılaştırmada her iki duvar için beton ve köyke taşı kalınlıkları 30 cm. kalınlıkta eşit olarak alınmıştır.

2.2 Karşılaştırmada kullanılan beton duvar ile köyke duvarın yapısı

Köyke taşından yapılan bina duvarlarının sağlayacağı ısı enerjisi tasarrufunu belirlemek için 30 cm. kalınlığında betondan yapılan bir duvarla, aynı 30 cm. kalınlığında Köyke den yapılan bir duvar karşılaştırılmıştır. Aşağıdaki Şekil 3a ve 3 b'de bu duvarların ısı dirençlerinin hesaplanmasında kullanılan yapı kesitleri görülmektedir. Şekil 3c'de ise dış cepheye yapılan köyke levha kaplamasının optimum kalınlığı görülmektedir.



Şekil. 1. a. Beton duvar, b. köyke taşı duvar ve c. $X_{op} = 15,5$ cm. optimum kalınlıkta köyke kaplanmış duvar kesiti.

Köyke duvar, 2 cm sıva, 30 cm. köyke ve 3 cm sıva kalınlığından oluşmuştur.

Birim yüzey için ısıtma yükünün maliyeti kullanılan yakıtın fiyatı ile alt ısı değerinden hesaplanır. Yakıtın fiyatı C_f , alt ısı değeri Hu olmak üzere yıllık ısıtma maliyeti C_A ,

$$C_A = \frac{86400 DD U C_f}{Hu \eta_s} \quad (5)$$

şeklinde tanımlanabilir.

N yıllık ömür üzerinden toplam ısıtma maliyeti, şimdiki değer faktörü (PWF) ile birlikte değerlendirildiğinde daha gerçek maliyet elde edilmektedir. PWF faktörü faiz oranı i 'ye göre PWF aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır[9] :

$$PWF = \frac{(1+i)^N - 1}{i(1+i)^N} \quad (6)$$

on yıllık enerji maliyetinin bugünkü toplam değeri;

$$C_{on} = C_A PWF \quad (7)$$

2.3 Duvarların toplam ısıl direncinin hesaplanması

Duvarların ısıl direncinin hesaplanmasında TS 825 verilen formüller ve değerler kullanılmıştır, [4],

2.3.1. Beton duvarın ısıl direncinin hesaplanması

$$R_w = R_{i_s} + R_{bd} + R_d, \quad (8)$$

$$R_w = \frac{l_{suv,ic}}{k_{suv,ic}} + \frac{l_{beton}}{k_{beton}} + \frac{l_{suv,du}}{k_{suv,du}} \quad (9)$$

$$R_w = \frac{0.03}{1.2} + \frac{0.3}{1.74} + \frac{0.02}{1.2} = 0.2141 \frac{m^2 K}{W} \quad (10)$$

$$R_{td} = R_i + R_w + R_d = 0.13 + 0.214 + 0.04 = 0.384 \frac{m^2 K}{W} \quad (11)$$

Not: Hesaplamalarda aşağıdaki yüzeysel ısıl iletim katsayıları kullanılmıştır.
 R_i = Yüzeysel ısıl iletim katsayısı, İç, 0.13 ($m^2.K AV$)

R_d = Yüzeysel ısı iletim katsayısı, dış 0.04 ($m^2.K AV$)

Hesaplarda kullanılan parametreler ve bunların değerleri Çizelge 4' te verilmektedir.

Çizelge 4. Hesaplarda kullanılan parametreler

Parametre	Değeri
Derece-Gün sayısı	3063 İsparta
Yakıt	İthal kömür
Alt ısı değeri (Hu)	$33.480 \cdot 10^6$ J/kg
Yakma sistemi verimi	% 70
Fiyatı	0.125 \$/kg
Betonun ısı iletkenlik katsayısı	1.74 W/mK
Köy kenin ısı iletkenlik katsayısı	0.40 W/mK
Köykenin fiyatı	40 \$/m ³
Beton duvar	$R_w = 0,384$ m ² K/W
Köyke duvar	$R_w = 0,945$ m ² K/W
Faiz oranı	% 8
Enflasyon oranı	% 0
PWF	6.71

2.3.2 Köyke duvarın ısı direnci

$$R_w = R_{is} + R_{kd} + R_{ds} \quad (12)$$

$$R_w = \frac{l_{siv, iç}}{k_{siv, iç}} + \frac{l_{köyke}}{k_{köyke}} \quad (13)$$

$$R_w = \frac{0.03}{1.2} + \frac{0.3}{0.4} = 0.775 \frac{m^2 K}{W} \quad (14)$$

$$R_{tkd} = R_i + R_w + R_d = 0.13 + 0.775 + 0.04 = 0.945 \frac{m^2 K}{W} \quad (15)$$

3. Hesaplama Sonuçları

Beton duvar için yıllık enerji maliyeti formül 8'den;

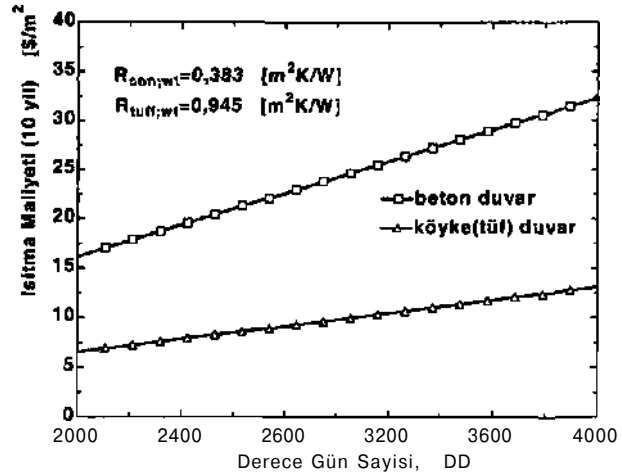
$C_A = 3,685$ \$/m²; On yıl süresince enerji maliyetinin bugünkü değeri

$C_{tb} = 24.73$ \$/m²

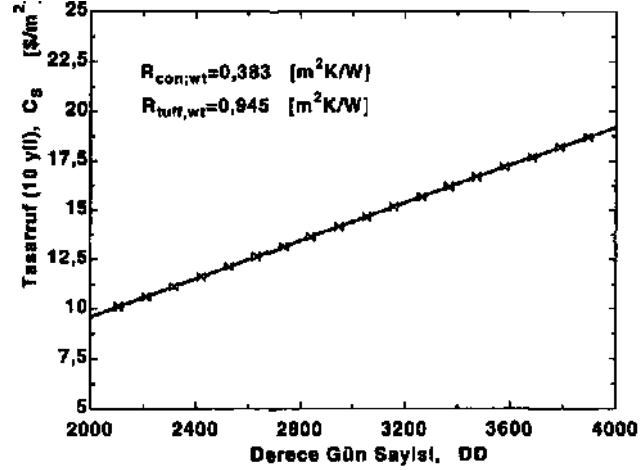
Köyke duvar için yıllık enerji maliyeti formül 8'den;

$C_A = 1.50 \text{ \$/m}^2$; On yıl süresince enerji maliyetinin bugünkü değeri
 $C_{ik} = 10.02 \text{ \$/m}^2$

Köyke taşı kullanmakla yıllık $2.2 \text{ \$/m}^2$; 10 yıllık bir süre içinde $14.71 \text{ \$/m}^2$ tasarruf sağlanıyor. Dolayısıyla Köyke taşı kullanmakla m^2 başına %60'lık bir enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Şekil 2'de beton ve köyke taşından yapılan duvarların on yıllık ısı enerjisi maliyetlerinin derece-gün sayısı ile değişimini göstermektedir. Şekil 2'den anlaşılacağı üzere daha soğuk iklim bölgelerinde "derece-gün sayısı" arttıkça binaların ısıtma maliyetleri de artmaktadır. Ancak bu artış oranları Şekil 3'de de gösterildiği gibi köyke taşında beton duvara göre daha az olmaktadır. Dolayısıyla Köyke taşı kullanmakla yapılan tasarruf miktarları derece gün sayısı ile doğrusal bir ilişki içinde artmaktadır.



Şekil 2. Beton ve köyke taşından yapılan duvarların on yıllık ısı enerjisi maliyetlerinin derece-gün sayısı ile değişimi



Şekil 3. Köyke duvarların beton duvara kıyasla enerji tasarrufunun (on yıllık) derece-gün sayısı ile değişimi

3.1 Optimum köyke levha kalınlığının hesaplanması

Şekil 3c'de Beton duvara yapılan köyke kaplaması görülmektedir. Optimum kalınlık hesabında Hasan, (1999) tarafından verilen Formül 15 kullanılmaktadır, [7].

Birim metreküp yalıtım fiyatı C , [$\$/m^3$] ve yalıtım kalınlığı x olmak üzere birim yüzey için yalıtım maliyeti C_m [$\$/m^2$]

$$C_m = C \cdot x \quad (16)$$

şeklinde tanımlanır. Böylece yalıtılmış bir binanın toplam maliyeti

$$C_t = C_A PWF + C_i X \quad (17)$$

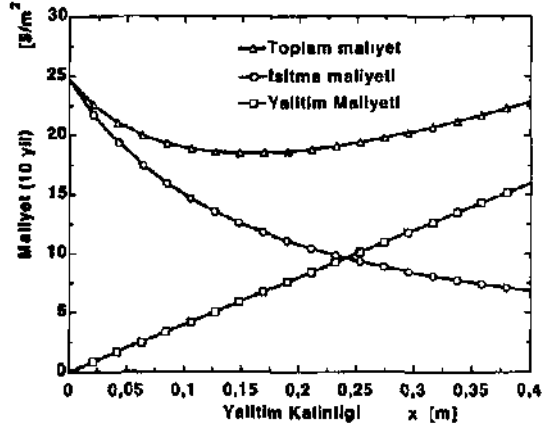
veya

$$C_t = \frac{86400 DDC_f PWF}{\left(R_{wt} + \frac{x}{k}\right) H_u \eta_s} + C_t x \quad (18)$$

olarak bulunur. Toplam maliyeti minimum yapacak yalıtım kalınlığı bize optimum yalıtım kalınlığını vermektedir. Buna göre optimum yalıtım kalınlığı;

$$x_{op} = 293,94 \left(\frac{DD C_f PWF k}{Hu C_i \eta_s} \right)^{1/2} - k R_{wr} \quad (19)$$

olarak hesaplanır. Şekil 1c'den görüleceği üzere la'şeklindeki referans beton duvara optimum köyke taşı kaplamak istediğimizde optimum köyke kalınlığı Formül 19'dan 15.46 cm. olarak hesaplanmıştır. Aynı şekilde bu optimum kalınlık değeri Şekil 4'de de grafiksel olarak görülmektedir. Referans beton duvara bu kaplama yapılmak suretiyle 10 yıl üzerinden 6,24 \$/m² tasarruf yapılmış olup bu kaplama maliyeti kendisini 4 yılda geri ödemektedir. Beton duvara hiç kaplama yapmadığımız durumda ısıtma maliyeti (10) yıllık 24,73 \$ iken kaplama yapmak suretiyle toplam ısıtma artı izolasyon yalıtım maliyetimiz 19,49\$/m² 'a düşmektedir. Netice olarak 6,24\$ kazanç sağlanmaktadır. Hesaplamalarda köykenin m³ fiyatı 40\$ alınmıştır.



Şekil 4. Optimum yalıtım kalınlığının tespitinin grafiksel gösterimi

Grafikten görüleceği üzere yalıtım maliyeti (köyke kaplama maliyeti) doğrusal bir şekilde yalıtım kalınlığıyla artmaktadır. Diğer taraftan da ise yıllık ısıtma maliyeti ise, yalıtım kalınlığı arttıkça, azalmaktadır. Bu iki eğrinin toplamı olan maliyet eğrisini minimum yapan yalıtım kalınlığı optimum kalınlığı göstermektedir.

4. Ekonomik Kıyaslamaya Bir Örnek

Türkmen ve Baran, (2000), [12] mühendislik yapılarının ekonomik analizini sayısal örnekler vererek açıklamışlardır. Köyke taşı ile yapılan duvarın beton duvar ile ekonomik kıyaslanmasının yapılmasında bu analizlerden yararlanılmıştır.

Köyke taşı kullanmakla yıllık 2.2 \$/m² tasarruf sağlanmakta olduğu bir Önceki bölümde verilmişti. Şimdi bunun ne anlama geldiğini köyke taşının kaplama maliyetini de göz önüne alarak şu şekilde açıklayabiliriz.

100 m² lik bir duvar yüzeyine 10 \$ /m² masrafla köyke taşı ile ısı yalıtımı yapıldığını farz edelim. İskonto oranı %12, ekonomik analiz süresi 15 yıl alındığında fayda /masraf oranının hesaplanması ve faydalarla masrafların hangi süre içinde eşitleneceğinin belirlenmesi;

$$\text{Fayda} = 219 \$/\text{yıl}$$

$$\text{Masraf} = 1000 \$$$

Yapılan masrafın-bugünkü değeri (bir yıl için), Y_m ;

$$Y_m = 1000 \cdot \left[\frac{0,12 \cdot (1 + 0,12)^{15}}{(1 + 0,12)^{15} - 1} \right] = 146,8 \cdot \frac{\$}{\text{yıl}}$$

$$\text{Fayda/masraf oranı} \frac{F}{M} = \frac{219}{146,8} = 1,49$$

Faydalarla masrafların hangi süre içinde eşit duruma geleceğinin belirlenmesi: Bu süreyi N ile gösterirsek;

$$\frac{219}{1000} = 0,219 \quad 0,219 = \frac{0,12 \cdot (1 + 0,12)^N}{(1 + 0,12)^N - 1}$$

$$N = 7 \text{ yıl}$$

Kıyaslamadan da görüleceği üzere köyke taşı kullanılmasıyla yapılan masraflar sağlanan enerji tasarrufu ile 7 yıl içinde karşılanacaktır.

5. Sonuçlar

Köyke kaplaması, binalarda hem ısı yalıtımı sağlar hem de binaya estetik bir güzellik kazandırır. Sıvayla kıyaslandığında daha uzun Ömürlü olup günlenmeye karşı dayanımı sıvadan çok daha yüksektir. Enerji tüketiminin sektörel dağılımında en büyük payı alan binalarda etkin ısı yalıtımı uygulamaları yapıldığı takdirde enerjide çok büyük tasarruf sağlanacağı bir gerçektir. Bu çalışmada, İsparta bölgesindeki binalarda köyke kullanılması halinde sağlanacak enerji tasarrufu hesaplanmıştır. Hesaplamalarda Köyke taşı kullanmakla, beton duvara göre % 60 oranında enerji tasarrufu sağlanacağı ortaya konmuştur. Yapılan ilk yatırım masraflarının da 7 yılda karşılanacağı belirlenmiştir.

Semboller

<i>C</i>	Fiyat, maliyet, $\$/m^3$, $\$/kg$, $\$/kWh$
<i>DD</i>	Derece-gün sayısı, C-gün
<i>E</i>	Isıtma enerjisi, J/m^2 yıl
<i>g</i>	Enflasyon oranı
<i>Hu</i>	Yakıt alt ısı değeri, J/m^3 , J/kg , J/kWh
<i>i</i>	Faiz oranı
<i>k</i>	Kondüktivite, W/mK
<i>N</i>	Ömür, yıl
<i>PWF</i>	Şimdiki değer faktörü
<i>R</i>	Isıl direnç, $m^2 KAV$
<i>q</i>	Isı kaybı, MJ/m^2 yıl
<i>U</i>	Toplam ısı transfer katsayısı, $W/m^2 K$
<i>r</i>	Sistem verimi

6. Kaynaklar

1. Dağsöz, K.,D., vd.. Isı yalıtımı ve kalorifer tesisatı standartları üzerine görüşler. MMO Tesisat Mühendisliği (66), 2001.
2. Çengel.Y.A., Heat transfer, a practical approach. McGraw Hill, pp.766, 1998
3. Bakos. G.C., Insulation protection studies for energy saving in residential and tertiary sector. Energy and Buildings (31), 2000.
4. TS 825 Binalarda ısı yalıtım kuralları, Resmi Gazete 23725. 1999.
5. Dağsöz, A.K , Türkiye' de derece-gün sayılan, Izocam Yayınları, 1995.
6. Mohsen, M.S., Akash, B.A., Some prospect of energy savings in buildings (42), 2001
7. Hasan, A., Optimizing insulation thickness for buildings using life cycle cost, Applied Energy (63), 1999.
8. Al-Sallal, K.A., Comparison between polystyrene and fiberglass roof insulation in warm and cold climates. Renewable Energy (28). 2003.

TÜRKİYE IV. MERMER SEMPOZYUMU (MERSEM'2003) BİLDİRİLER KİTABI 18-19 Aralık 2003

9. Çomaklı, K., Yüksel, B., Optimum insulation thickness of external walls for energy saving, Applied Thermal Eng. (23),2003.
10. Rİggs, J.,Engineering Economks.New York; Mc.Graw Hill, NY,(1982).
11. Bolattürk, A., Binalarda optimum yalıtım kalınlıklarının hesabı ve enerji tasarrufundaki rolü, 14.üncü Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, İsparta, Türkiye. (2003).
12. Türkmen, F., Baran, T., Mühendislik Sistemlerinin Ekonomik Analizinde Sayısal Örnekler Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No: 193 İzmir (2000).