İstanbul'daki Konutlar İçin Optimum Yalıtım Kalınlığının Belirlenmesi

Arş.Gör.Dr. Özden AĞRA
Arş. Gör. Özlem EMANET
Arş.Gör.Dr.N.Alpay KÜREKCİ

ÖZET

Türkiye'de üretilen enerjinin büyük bir kısmı ısıtma enerjisi olarak tüketilmektedir. Bu durum yakıt fiyatlarının yüksek olduğu ülkemizde binalara yalıtım yapılmasının önemini daha da artırmaktadır. Bu çalışmada ömür maliyet analizi yöntemi kullanılarak, İstanbul ili için dıştan yalıtımlı bir duvar modelinin altı farklı yakıt türü (Soma kömür, doğalgaz, ithal kömür, LPG, fuel-oil, motorin) ve iki farklı yalıtım malzemesi (ekstrüde polistren ve taş yünü) için optimum yalıtım kalınlığı hesaplanmıştır. Sonuç olarak ekstrüde polistren için optimum yalıtım kalınlığının 0,04-0,10 m arasında değişirken taş yünü için 0,05-0,13 m arasında değiştiği görülmüştür.

Anahtar sözcükler: *Isıtma derece-gün değeri, optimum yalıtım kalınlığı, enerji tasarrufu.*

Abstract:

In Turkey, the most of the produced energy is used for heating. This situation makes it more important to insulate buildings in our country where fuel prices are too high. In this study, the optimum insulation thickness of the external wall for six different energy sources (Soma coal, natural gas, coal, LPG, fuel-oil, diesel fuel) and two different insulation materials (extruded polystyrene, rock wool) is calculated for İstanbul. As result it was showed that for extruded polystyrene the optimum insulation thickness varies between 0,04–0,10 m and 0,05–0,13 m. for rock wool.

Key Words:

Heating degree-day values, optimum insulation thickness, energy saving

1. GİRİŞ

Günümüzde en çok kullanılan enerji kaynakları olan petrol, doğal gaz kömür gibi fosil yakıt rezervleri hızla tükenmektedir. Nüfus artışı ve sanayinin gelişimine paralel olarak enerji tüketimi de hızla artmaktadır. Hem enerji ihtiyacının artması, hem de bu kaynakların yol açtığı çevresel sorunlar enerjinin verimli kullanımını zorunlu hale getirmiştir.

Türkiye'de kullanılan enerjinin %33'ü ısıtma enerjisi olarak kullanılmaktadır[1]. Bu durum enerji ihtiyacının büyük bir kısmını ithalatla karşılayan ülkemizde, konutlarda enerjinin etkin kullanımının önemini artırmıştır. Konutlardaki ısı kaybı en fazla dış duvarlarda meydana gelmektedir. Türkiye'deki konutların büyük bir kısmında ısı yalıtımı olmadığından enerji tüketimi çok fazla olmaktadır. Bu da binalarda ısı yalıtımının önemini artırmaktadır. Binalarda ısı yalıtımı ile ısı kaybı azaltmasına karşın, kullanılan yalıtım malzemesinin kalınlığına bağlı olarak yalıtım maliyeti artmaktadır. Bu durumda maliyet analizi yapılarak optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesi gerekmektedir. Bu konuyla ilgili yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Hasan [2], Filistin için dört yakıt türü ve iki yalıtım malzemesi için

optimum yalıtım kalınlıklarını derece-gün ve ömür maliyet analizi yaklaşımıyla hesaplamıştır. Sonuç olarak taş yünü yalıtımı için geri ödeme süresinin 1,3-2,3 yıl arasında, polistren yalıtımı için 1-1,7 yıl arasında olduğunu belirtmiştir.

Çomaklı ve Yüksel [3], TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardına göre Türkiye'nin IV. derece-gün bölgesinde bulunan üç ili göz önüne alarak optimum yalıtım kalınlığını hesaplamışlardır.

Gölcü vd. [4], Denizli'deki binalarda ısıtma için iki farklı enerji kaynağı kullanarak dış duvarlar için optimum yalıtım kalınlığını derece-gün sayısını esas alarak belirlemişlerdir.

Bolattürk [5], Türkiye'nin dört iklim bölgesindeki 16 il için beş farklı yakıt türü için optimum yalıtım kalınlığını ve geri ödeme sürelerini hesaplamıştır. Diğer çalışmasında [6] Türkiye'nin birinci iklim bölgesindeki binaların dış duvarlarındaki optimum yalıtım kalınlığını yıllık ısıtma ve soğutma yüklerini göz önüne alarak hesaplamış ve P1-P2 metodu ile geri ödeme sürelerini belirlemiştir.

Dombaycı vd. [7], Denizli için iki farklı yalıtım malzemesi ve beş farklı yakıt kullanarak optimum yalıtım kalınlığını hesaplamıştır. Dombaycı [8] Türkiye'nin III. iklim bölgesinde bulunan Denizli ili için EPS yalıtım malzemesi ve kömür kullanarak bina dış duvarlarında optimum yalıtım kalınlığını hesaplamıştır. Yakıt tüketiminin %46,6 oranında azalması ile CO_2 ve SO_2 emisyonlarının %41,53 oranında azaldığını belirlemiştir.

Aytaç ve Aksoy [9], mevcut ısı yalıtım standardına göre III. iklim bölgesinde yer alan Elazığ ili için beş farklı yakıt türü ve iki farklı yalıtım malzemesi için optimum yalıtım kalınlıklarını dıştan yalıtımlı ve sandviç duvar olmak üzere iki farklı duvar için hesaplamışlardır.

Şişman vd. [10], konutlarda kullanılacak optimum yalıtım kalınlığını dış duvar ve tavandan oluşan ısı kaybını göz önüne alarak dört iklim bölgesi için derece-gün esasına göre hesaplamışlardır.

Kaynaklı [11], 1992–2005 yılları arasındaki dış hava sıcaklık değerlerini dikkate alarak ısıtma mevsimi için derece-saat değerlerini hesaplayarak Bursa ili için optimum yalıtım kalınlığını belirlemiştir.

Özel ve Pıhtılı [12], Adana, Elazığ, Erzurum, İstanbul ve İzmir illeri için dış duvarlara uygulanan yalıtımın optimum kalınlığını ısıtma ve soğutma derece-gün değerlerini göz önüne alarak hesaplamışlardır.

Uçar ve Balo [13], Türkiye'nin dört iklim bölgesi için dört farklı yalıtım malzemesi ve beş yakıt türü için sandviç duvar optimum yalıtım kalınlığını hesaplamışlar ve P1-P2 metodu ile net enerji tasarrufunu belirlemişlerdir.

Bu çalışmada; İstanbul'daki binalarda ısıtma için altı farklı yakıt türü ve iki farklı yalıtım malzemesi kullanılarak dış duvarlar için optimum yalıtım kalınlıkları derece-gün değerleri kullanılarak hesaplanmıştır. Çalışmada kullanılan yakıtların özellikleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Kullanılan yakıtların alt ısıl değeri, verim ve fiyatları, (İGDAŞ 2009)

Yakıt	Hu	η	Fiyat
Kömür (Soma)	22.990 kJ/kg	0,60	0,2395 TL/kg
Doğalgaz	34.526 kJ/m^3	0,93	1,08 TL/m^3
Kömür (İthal)	25.080 kJ/kg	0,65	0,69 TL/kg
LPG	45.980 kJ/kg	0,90	2,047TL/kg
Fuel-oil	40.546 kJ/kg	0,80	1,634 TL/kg
Motorin	42.636 kJ/kg	0,84	3,154 TL/kg

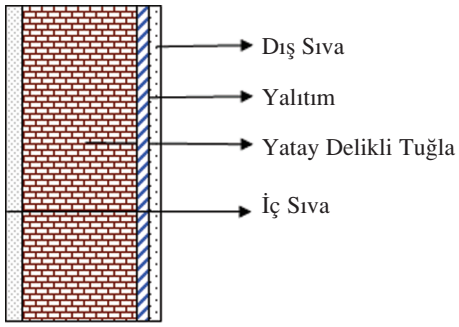
TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı'na göre Türkiye'nin II. derece-gün bölgesinde bulunan İstanbul ilinde ısıtma için derece gün sayısı olarak, 18°C denge noktası sıcaklığına göre 1865 alınmıştır [14].

2 YÖNTEM

2.1 Bina Duvarlarının Yapısı

Binalardaki ısı kayıpları genel olarak dış duvarlardan, pencerelerden, tavandan, döşemelerden ve hava infiltrasyonu ile gerçekleşmektedir. Bu çalışmada sadece dış duvarlardan oluşan ısı kayıpları göz önüne alınarak optimum yalıtım kalınlığı hesaplanmıştır.

Bina dış duvarı, Şekil 1'de görüldüğü gibi 2 cm iç sıva, 13 cm yatay delikli tuğla, yalıtım malzemesi ve 3 cm dış sıvadan oluşan dıştan yalıtımlı duvardır. Duvarı oluşturan yapı bileşenlerine ait fiziksel özellikler Tablo 2'de görülmektedir. Hesaplamalarda yalıtım malzemesi olarak ekstrüde polistren ve taş yünü kullanılmıştır. Yalıtım malzemelerine ait fiziksel özellikler Tablo 3'de verilmiştir.



Şekil 1. *Hesaplamalarda kullanılan duvar modeli*

Tablo 2. Dış duvar bileşenlerinin özellikleri

Malzeme	Dıştan yalıtımlı duvar		
	Kalınlık (m)	k (W/mK)	R (m^2K/W)
İç Sıva (Kireç esaslı)	0,02	0,87	0,02
Yatay delikli tuğla	0,13	0,45	0,28
Dış sıva (Çimento esaslı)	0,03	1,4	0,02
R_i			0,13
R_d			0,04
$R_{duvar,toplam}$ (Yalıtım malzemesi hariç duvar katmanları)			0,50

Tablo 3. Yalıtım malzemelerine ait parametreler

Yalıtım	k (W/mK)	C_y (TL/m^3)
Ekstrüde polistren	0,032	238
Taş yünü	0,04	180

2.2 Bina duvarlarının ısı kaybı ve yıllık enerji ihtiyacı

Dış duvarın birim yüzeyinden meydana gelen ısı kaybı,

$$q = U \cdot \Delta T \qquad (1)$$

eşitliği ile hesaplanır. Burada U ısı geçiş katsayısı, ΔT ise dış ortam sıcaklığı ile sabit iç ortam sıcaklığının farkıdır. Birim yüzeyde meydana gelen yıllık ısı kaybı ise U ve derece-gün sayısı kullanılarak hesaplanır [2].

$$q_{yıl} = 86400 \cdot DG \cdot U \qquad (2)$$

Tipik bir duvar için toplam ısı geçiş katsayısı U,

$$U = \frac{1}{R_{iç} + R_{duvar} + R_{yalıtım} + R_{dış}} \qquad (3)$$

şeklindedir. Burada $R_{iç}$ ve $R_{dış}$ sırasıyla iç ve dış ortamın ısı taşınım direncini, R_{duvar} duvar katmanlarının ısı yalıtımı olmadan ısı iletim direncini göstermektedir. $R_{yalıtım}$ ise yalıtım malzemesinin ısıl dirençi olup,

$$R_{yalıtım} = \frac{x}{k} \qquad (4)$$

şeklinde hesaplanır. Burada x ve k sırasıyla yalıtım malzemesinin kalınlığı ile yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısını göstermektedir. Yalıtımsız duvar tabakasının toplam direnci $R_{duvar,toplam}$,

$$R_{duvar,toplam} = R_{iç} + R_{duvar} + R_{dış} \qquad (5)$$

olduğuna göre buna bağlı olarak toplam ısı geçiş katsayısı U;

$$U = \frac{1}{R_{duvar,toplam} + R_{yalıtım}} \qquad (6)$$

şeklinde ifade edilir. Isıtma için gerekli olan yıllık enerji ihtiyacı $E_{yıl}$;

$$U = \frac{86400 \cdot DG}{(R_{duvar,toplam} + R_{yalıtım}) \cdot \eta} \qquad (7)$$

şeklinde hesaplanır.

2.3 Yıllık Enerji Maliyeti ve Optimum Yalıtım Kalınlığının Hesaplanması

Binaların dış duvarlarına yalıtım uygulanarak bina

yüzeyinden meydana gelecek ısı kaybı önemli ölçüde azaltılmış olur. Ancak optimum yalıtım kalınlığının belirlenebilmesi için bir maliyet analizinin yapılması gerekir. Birim yüzey için ısıtmanın yıllık enerji maliyeti $C_{yıl}$,

$$U = \frac{86400 \,.\, DG \,.\, C_{yakıt}}{(R_{duvar,toplam} + R_{yalıtım}) \,.\, Hu \,.\, \eta} \qquad (8)$$

eşitliği ile hesaplanır. Burada $C_{yakıt}$ yakıtın birim fiyatını, Hu yakıtın alt ısıl değerini, η ısıtma sisteminin verimini göstermektedir.

Optimum yalıtım kalınlığı hesaplanırken ömür maliyet analizi metodu kullanılmıştır. Yıllık enerji maliyeti şimdiki değer faktörü ve belirlenen ömür süresine göre hesaplanmıştır [2]. Şimdiki değer faktörü enflasyon ve faiz oranlarına bağlı olarak aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$r = \frac{i - g}{1 + g} \qquad (9)$$

$$PWF = \frac{(1+r)^N - 1}{r \,.\, (1+r)^N} \qquad (10)$$

Burada PWF şimdiki değer faktörü, r gerçek faiz oranı, i faiz oranı, g enflasyon oranını ve N ömür süresini göstermektedir. Yalıtım maliyeti ise;

$$C_{yalıtım} = C_y \,.\, x \qquad (11)$$

şeklinde hesaplanır. Burada C_y yalıtım birim fiyatıdır.

Sonuç olarak yalıtılmış bir binanın ömür maliyet analizi metoduna göre toplam ısıtma maliyeti

$$C_{yalıtım,toplam} = C_{yıl} \,.\, PWF \,.\, C_y \,.\, x \qquad (12)$$

veya

$$U = \frac{86400 \,.\, DG \,.\, C_{yakıt} \,.\, PWF}{(R_{duvar,toplam} + R_{yalıtım}) \,.\, Hu \,.\, \eta} + C_y \,.\, x \qquad (13)$$

şeklinde hesaplanır. Toplam ısıtma maliyetini minimuma indiren optimum yalıtım kalınlığı;

$$x_{opt} = 293{,}94. \quad \frac{DG.C_{yakıt}.PDF.k}{Hu.C_y.\eta}^{1/2} - k.R_{duvar,toplam} \qquad (14)$$

eşitliğiyle hesaplanır [2].

2.4 Geri Ödeme Süresi

Yıllık toplam ısıtma maliyeti farkı;

$$A_{yıl} = C_{yalıtım,toplam} - C_{toplam} \qquad (15)$$

Geri ödeme süresi;

$$pp = \frac{C_{toplam}}{A_{yıl}} \qquad (16)$$

eşitliğiyle hesaplanır.

3. HESAPLAR VE DEĞERLENDİRME

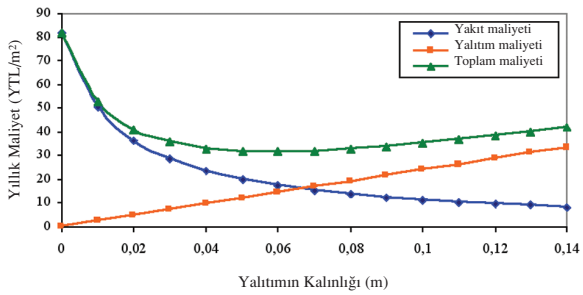
Binaların dış duvarlarına uygulanan yalıtım kalınlığı arttıkça, binanın ısı kaybı dolayısıyla, ısıtma yükü ve yakıt maliyeti azalır. Yalıtım kalınlığının artması yakıt maliyetini azaltır, yalıtım maliyetini ve dolayısıyla ilk yatırım maliyetini artırır. Yalıtım maliyetinin artması toplam maliyeti etkiler. Bu çalışmada dış duvarlara uygulanacak optimum yalıtım kalınlığı, ısıtma derece gün değerleri gözönüne alınarak hesaplanmıştır. Çalışmada İstanbul ili için, altı farklı yakıt türü ve iki farklı yalıtım malzemesi için optimum yalıtım kalınlıkları hesaplanmıştır. Yalıtım kalınlığı hesabında kullanılan yalıtım malzemesine ait özellikler Tablo 3'de gösterilmiştir.

Dış duvarlara ekstrüde polistren ve taş yünü yalıtım malzemesi uygulanarak, artan yalıtım kalınlıklarına göre optimum yalıtım kalınlığı, enerji tasarrufu ve geri ödeme süresi hesaplanmıştır. Şimdiki değer faktörünün hesaplanmasında kullanılan ömür, faiz ve enflasyon değerleri Tablo 4'de özetlenmiştir.

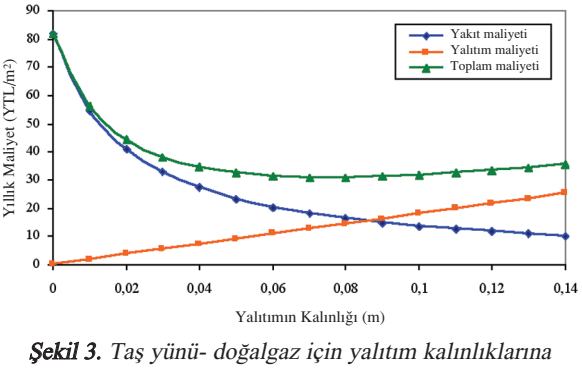
Tablo 4. Hesaplarda kullanılan parametreler

DG (Derece-Gün)	1865 °C.gün
Faiz oranı (i)	%16
Enflasyon oranı (g)	%10
Ömür (N)	10 yıl
Bugünkü Değer Faktörü (PWF)	7,55

İstanbul için yalıtım kalınlığının toplam maliyet, yakıt maliyeti ve yalıtım maliyeti üzerindeki etkisi, ekstrude polistren ve taş yünü için uygulamaları Şekil 2 ve 3'te gösterilmiştir. Yakıt ve yalıtım maliyetinin toplamından oluşan toplam maliyet, belirli bir değere kadar azalır; bu seviyeden sonra artar. Toplam maliyetin minimum olduğu değer optimum yalıtım kalınlığını verecektir. Şekilden de görüleceği üzere İstanbul için doğal gaz kullanılması durumunda, dış duvar yalıtımında ekstrüde polistren kullanıldığında optimum yalıtım kalınlığı 6 cm iken, taş yünü kullanıldığında optimum yalıtım kalınlığı 8 cm olmaktadır.

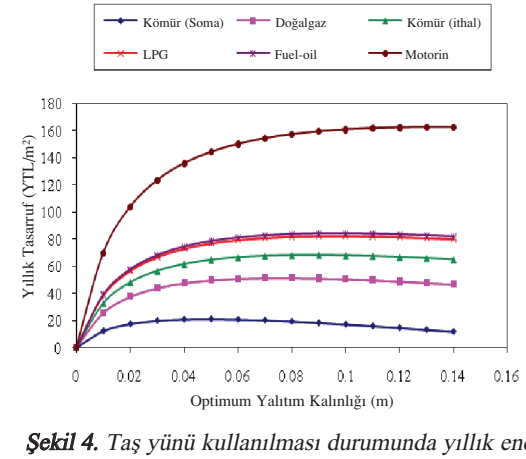


Şekil 2. *Ekstrude polistren-doğalgaz için yalıtım kalınlıklarına göre maliyet değişimi*

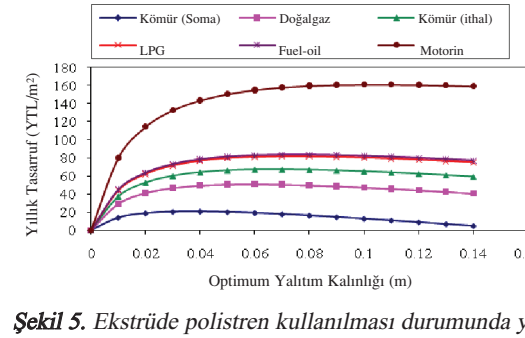


Şekil 3. *Taş yünü- doğalgaz için yalıtım kalınlıklarına göre maliyet değişimi*

Farklı yakıt tipleri için optimum yalıtım kalınlığı Eşitlik 14 kullanılarak hesaplanmıştır. Farklı yakıt türleri için yalıtım malzemesine bağlı olarak elde edilen optimum yalıtım kalınlığı ve geri ödeme süresi değerleri Tablo 5'de gösterilmiştir. Şekil 4 ve 5'de



Şekil 4. *Taş yünü kullanılması durumunda yıllık enerji maliyeti tasarrufu*



Şekil 5. *Ekstrüde polistren kullanılması durumunda yıllık enerji maliyeti tasarrufu*

Tablo 5. Farklı yakıt tipleri için optimum yalıtım kalınlığı ve geri ödeme süresi

	Ekstrüde polistren		Taş yünü	
Yakıt Tipi	**Kalınlık (m)**	**Geri ödeme süresi (yıl)**	**Kalınlık (m)**	**Geri ödeme süresi (yıl)**
Kömür (Soma)	0,04	2,04	0,05	1,99
Doğalgaz	0,06	1,62	0,08	1,60
Kömür (İthal)	0,07	1,53	0,09	1,51
LPG	0,07	1,48	0,10	1,46
Fuel-oil	0,07	1,47	0,10	1,45
Motorin	0,10	1,33	0,13	1,32

çalışma için seçilen altı farklı yakıtın yıllık enerji maliyeti tasarrufu üzerindeki etkisi görülmektedir.

4. SONUÇ

Bu çalışmada İstanbul ili için; binaların ısıtılmasında altı farklı yakıt ve iki farklı yalıtım malzemesi kullanılarak dış duvarlar için optimum yalıtım kalınlığı hesaplanmıştır. Hesaplarda ömür maliyet analizi yöntemi kullanılmıştır. Yapılan hesaplarda yakıt maliyeti ile geri ödeme süresinin ters orantılı olduğu görülmüştür. Geri ödeme süresi en düşük olan yakıt, fiyatının yüksek olmasından dolayı motorindir. İstanbul ilinin büyük bir kısmında kullanılan doğalgaz yakıtı için geri ödeme süresi ekstrüde polistren yalıtım malzemesi için 1,62 yıl, taş yünü için 1,60 yıl olarak tespit edilmiştir. Optimum yalıtım kalınlığı doğalgaz kullanılması durumunda ekstrüde polistren yalıtım malzemesi için 6 cm, taş yünü için 8 cm olarak tespit edilmiştir. İthal kömür için de bu süreler ekstrüde polistren için 1,53 yıl ve taş yünü için 1,51 yıl olarak bulunmuştur. Optimum yalıtım kalınlığı ithal kömür kullanılması durumunda ekstrüde polistren yalıtım malzemesi için 7 cm, taş yünü için 9 cm olarak tespit edilmiştir.

Yakıt maliyetlerinin artması, konutlarda yalıtımın önemini belirgin hale getirmiştir. Ayrıca ısınma amaçlı kullanılan enerji miktarını ve dolayısıyla doğaya salınan baca gazı emisyonlarını azaltabilmek için yalıtım yapmak çevreci bir yaklaşımın gereğidir.

SİMGE LİSTESİ

$A_{yıl}$	Yıllık toplam ısıtma maliyeti farkı, (TL/m^2 yıl)
C_{toplam}	Yalıtılmamış binanın toplam ısıtma maliyeti, (TL/m^2 yıl)
C_y	Yalıtım malzemesinin birim fiyatı (TL/m^3)
$C_{yalıtım}$	Yalıtım malzemesinin maliyeti, (TL/m^2)
$C_{yalıtım,toplam}$	Yalıtılmış binanın toplam ısıtma maliyeti, (TL/m^2 yıl)
$C_{yıl}$	Birim yüzey için yıllık ısıtma maliyeti, (TL/m^2 yıl)
DG	Derece-gün sayısı, (°C-gün)
g	Enflasyon oranı
Hu	Yakıtın alt ısıl değeri, (J/kg)
i	Faiz oranı
k	Yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısı, (W/mK)
N	Ömür süresi, (yıl)
PWF	Şimdiki değer faktörü
q	Yıllık ısı kaybı, (W/m^2)
r	Gerçek faiz oranı
R_d	Dış ısı taşınım direnci, (m^{2}K/W)
$R_{duvar,toplam}$	Yalıtımsız duvarın toplam ısıl direnci, (m^{2}K/W)
R_i	İç ısı taşınım direnci, (m^{2}K/W)
R_y	Yalıtım malzemesinin ısıl direnci, (m^{2}K/W)
U	Toplam ısı geçiş katsayısı, (W/m^{2}K)
X	Yalıtım kalınlığı, (m)
x_{opt}	Optimum yalıtım kalınlığı, (m)
pp	Geri ödeme süresi, (yıl)
η	Yakma sisteminin verimi

KAYNAKLAR

[1] Özgür, N., "Enerji Verimliliği ve Suyun Verimli Kullanılması", 2008, Ankara.

[2] Hasan, A., "Optimizing Insulation Thickness for Buildings Using Life Cycle Cost", Applied Energy, Cilt 63, 115-124, 1999

[3] Çomaklı, K., Yüksel, B., "Optimum Insulation thickness of External Walls for Energy Saving", cilt 23, 473-479, 2003

[4] Gölcü, M., Dombaycı, A., Abalı, S., "Denizli için Optimum Yalıtım Kalınlığının Enerji Tasarrufuna Etkisi ve Sonuçları", Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi, Cilt 21, 639-644,

[5] Bolattürk, A., "Determination of Optimum Insulation Thickness fot building Walls with Respect to various Fuels and Climate Zones in Turkey", Applied Thermal Engineering, Cilt 26, 1301-1309, 2006

[6] Bolattürk, A., "Optimum Insulation thickness for Building Walls with Respect to Cooling and Heating Degree-Hours in the warmest Zone of Turkey", Building and Environment, cilt 43, 1055-1064, 2008

[7] Gölcü, M., Dombaycı, A., Abalı, S., "Optimization of Insulation Thickness for External Walls Using Different Energy-Sources", Applied Energy, Cilt 83,921-928, 2006

[8] Dombaycı, Ö.A., "The environmental Impact of Optimum Insulation Thickness for External Walls of Buildings", cilt 42, 3855-3859, 2007

[9] Aytaç, A., Aksoy, U.T., "Enerji Tasarrufu için Dış Duvarlarda Optimum Yalıtım Kalınlığı ve Isıtma Maliyeti İlişkisi", Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi, Cilt 21, 753-758, 2006

[10] Sisman, N., Kahya, E., Aras, N., Aras, H., "Determination of Optimum Insulation thicknesses of The External Walls and Roof (Ceiling) for Turkey's Different Degree-Day Regionse", Energy Policy, cilt 35, 5151-5155, 2007.

[11] Kaynaklı, O., "A Study on Residential Heating Energy Requirement and Optimum Insulation Thickness", Renewable Energy, Cilt 33, 1164-1172, 2008.

[12] Özel, M., Pıhtılı, K., "Determination of Optimum Insulation Thickness by Using Heating and Cooling Degree-Day Values", Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, Cilt 26, 191-197, 2008

[13] Uçar, A. ve Balo, F., "Effect of Fuel Type on the Optimum Thickness of Selected Insulation Materials for the Four Different Climatic Regions of Turkey", Applied Energy, doi: 10.1016 /j.apenergy. 2008.09.015

[14] Bulut, H., Büyükalaca, O. ve Yılmaz, T., "Türkiye için Isıtma ve Soğutma Derece-Gün Bölgeleri", 16. Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, 30 Mayıs-2 Haziran 2007, Kayseri