



Research Article / Araştırma Makalesi
EFFECT OF INSULATION MATERIAL THICKNESS ON THERMAL INSULATION

Derya B. ÖZKAN*, Cenk ONAN, Serkan ERDEM

Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Yıldız-İSTANBUL

Received/Geliş: 07.01.2009 Revised/Düzeltilme: 03.07.2009 Accepted/Kabul: 28.09.2009

ABSTRACT

In our country, “Thermal Insulation Requirements for Buildings” was implemented to save energy in buildings in 2000. By insulating the buildings, the required heating energy is decreased and energy saving is provided. Determining the correct material and optimum insulation thickness are very important issues in thermal insulation. In this study, software is developed according to TS 825 and charts which show optimum insulation thickness for different insulation materials are drawn for 4 different regions of Turkey. Moreover, in the study the effect of change in window and wall area to building heat energy requirement and optimum thickness is investigated.

Keywords: Insulation thickness, TS 825, thermal insulation, energy efficiency.

YALITIM MALZEMESİ KALINLIĞININ ISI YALITIMINA ETKİSİ

ÖZET

Ülkemizde binalarda enerji tasarrufu sağlamak amacı ile 2000 yılında “Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği” yürürlüğe girmiştir. Binalarda ısı yalıtımı yapılarak ısıtma enerjisi ihtiyacı azaltılıp, enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Isı yalıtımında doğru malzeme seçimi ve optimum yalıtım kalınlığının tespiti önemli bir konudur. Bu çalışmada da TS 825 standardına uygun bir yazılım geliştirilerek Türkiye'nin 4 bölgesi için, farklı yalıtım malzemelerine göre optimum yalıtım kalınlığını veren grafikler hazırlanmıştır. Ayrıca çalışmada pencere ve dış duvar alanı değişiminin, bina ısıtma enerjisi ihtiyacına ve optimum yalıtım kalınlığına etkisi incelenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Yalıtım kalınlığı, TS 825, ısı yalıtımı, enerji verimliliği.

1. GİRİŞ

Dünyadaki teknolojik gelişmeler, nüfus artışı ile beraber enerji tüketimini hızla arttırmaktadır. Enerji tüketiminin artması ülke ekonomisine yük getirmesinin yanı sıra çevre kirliliğine de yol açmaktadır. Sınırlı fosil yakıt kaynakları ile enerji ihtiyacını uzun süre karşılayabilmek için enerjinin verimli şekilde kullanılması gerekmektedir. Türkiye’de Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının verilerine göre, enerji tüketiminin % 31’ i konutlarda gerçekleşmektedir. Konutlarda tüketilen enerjinin % 85’ inin ısıtma amaçlı kullanıldığı görülmektedir. 1998’ de yayınlanan TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları standardı, 14 Haziran 2000 tarihinde

*Corresponding Author/Sorumlu Yazar: e-mail/e-ileti: tumer@yildiz.edu.tr, tel: (212) 383 29 11

uygulanması zorunlu olarak yürürlüğe girmiştir. Bu standart ile binalarda ısıtma için kullanılan enerji miktarı sınırlandırılarak, enerji tasarrufu sağlanması hedeflenmiştir. Binalarda ısı yalıtımı yapılması, enerji tüketimini azaltıp yakıttan tasarruf sağlamanın yanı sıra, duvar iç yüzey sıcaklığının artması ile ısı konforun iyileşmesi, duvar iç yüzeylerinde yoğuşma ve küflenme sorunlarının ortadan kalkması gibi faydalarda sağlamaktadır [1]. Isı yalıtım malzemelerinin seçiminde, malzemelerin uygulanabilme kolaylığı ile birlikte maliyet önemli bir faktördür. Yalıtım binanın ilk yatırım maliyetini arttırmasıyla birlikte, işletme tasarrufu göz önüne alındığında birey ve ülke ekonomisine katkı sağlamaktadır. Önemli olan bina için uygun yalıtım malzemesi ve optimum yalıtım kalınlığını belirlemektir. Çomaklı ve Yüksel [2], Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardına göre Türkiye'nin IV. Derece gün bölgesinde olan üç il için optimum yalıtım kalınlığını hesaplamışlardır. Bolattürk [3], Türkiye'nin dört iklim bölgesindeki iller için, farklı yakıt türleri kullanılması halinde optimum yalıtım kalınlığını ve geri ödeme süresini hesaplamıştır. Yaptığı diğer çalışmada [4], Türkiye'nin birinci iklim bölgesindeki binaların dış duvarlarında optimum yalıtım kalınlığını ısıtma ve soğutma yüklerini göz önüne alarak hesaplamıştır. Özel ve Pıhtılı [5], Adana, Elazığ, Erzurum, İstanbul ve İzmir illerinde dış duvarlar için optimum yalıtım kalınlığını ısıtma ve soğutma derece gün değerlerini göz önüne alarak hesaplamışlardır. Uçar ve Balo [6], Türkiye'nin dört iklim bölgesi için dört farklı yalıtım malzemesi ve beş yakıt türü için sandviç duvar optimum yalıtım kalınlığını hesaplamışlardır.

Bu çalışmada TS 825 standardına uygun bir yazılım geliştirilerek Türkiye'nin 4 bölgesi için, farklı yalıtım malzemelerine göre optimum yalıtım kalınlığını veren grafikler hazırlanmıştır. Pencere ve dış duvar alanı değişiminin, bina ısıtma enerjisi ihtiyacına ve optimum yalıtım kalınlığına etkisi incelenmiştir. Hesaplamalar dış duvarlarda uygulanabilecek farklı yalıtım malzemeleri için yapılmıştır. Çizelge 1' de analizde kullanılan yalıtım malzemelerinin fiziksel özellikleri verilmiştir.

Çizelge 1. Analizde kullanılan yalıtım malzemelerinin fiziksel özellikleri

No	Yalıtım Malzemesi	Birim hacim kütlesi (kg/m ³)	Isıl iletkenlik hesap değeri λ (W/mK)	Referans
1	Polistiren sert köpüklü levhalar (PS)	/15	0.040	TS 825,2008 / 10.3.1.1 ısı iletkenlik grubu 040
2	Ekstrüde polistiren köpük (XPS)	/25	0.030	TS 825,2008 / 10.3.2.1 ısı iletkenlik grubu 030
3	Poliüretan sert köpük levhalar (PUR)	/30	0.035	TS 825,2008 / 10.3.3.1 ısı iletkenlik grubu 035
4	Mineral lifli yalıtım malzemeleri (Cam Yünü veya Taş Yünü)	8-500	0.045	TS 825,2008 / 10.5 ısı iletkenlik grubu 045

2.YALITIM KALINLIĞININ BELİRLENMESİ

Optimum yalıtım kalınlığının belirlenebilmesi için öncelikle binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplanmalıdır. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplanması için kullanılan yöntem aşağıda anlatılmaktadır. Taban, tavan ve pencereler için ısı geçiş katsayıları her bir bölge için TS 825 Ek.A.3'den alınmıştır ve alınan değerler Çizelge 2'de gösterilmiştir. [7]

Çizelge 2. Toplam ısı geçiş katsayısı değerleri

	U_{Ta} (W/m ² K)	U_t (W/m ² K)	U_p (W/m ² K)
1.Bölge	0.45	0.70	2.4 (low-e kaplamalı çift cam ve plastik doğrama)
2.Bölge	0.40	0.60	
3.Bölge	0.30	0.45	
4.Bölge	0.25	0.40	

Dış duvarın ısı geçiş katsayısı yalıtım malzemesine ve kalınlığına bağlı olarak değişmektedir. Hesaplamalar yalıtım malzemesi kalınlığının konutlarda minimum 1 cm, maksimum 20 cm olabileceği kabulüne göre yapılmıştır. Alanların hesaplarında etkin bir rol oynadığı göz önünde bulundurularak alan oranı sabiti kullanılmış ve "AO" ile gösterilmiştir.

$$AO = \frac{\text{Pencere yüzey alanları toplamı}}{\text{Dış duvar yüzey alanları toplamı}} \quad (1)$$

Hesaplamalarda toplam dış duvar + pencere yüzey alanı, taban veya tavan alanının 4.2 katı olarak alınmıştır. Dış duvarın yapı elemanları sırasıyla 2 cm'lik iç sıva, 19 cm'lik delikli tuğla, yalıtım malzemesi ve 3 cm'lik dış sıva olarak alınmıştır. Buna göre dış duvar ısı geçiş katsayısı için 2 no'lu eşitlik kullanılmıştır.

$$U_{dd} = \frac{1}{0.13 + \frac{0.02}{1} + \frac{0.19}{0.45} + \frac{L_{yal}}{\lambda_{yal}} + \frac{0.03}{1.6} + 0.04} \quad (2)$$

Aylık ortalama dış sıcaklık değerleri TS 825 Ek.B.2'den, ortalama aylık güneş ışınımı değerleri ise TS 825 Ek.C'den alınmıştır [7]. Kazanç Kayıp Oranı her ay için, 3 no'lu ifade ile hesaplanmıştır.

$$KKO_{ay}^{ijk} = \frac{\phi_g^{ik} + (0.32 \times 5 \times V_{brüt})}{H^{ijk} (T_{iç}^k - T_{dış}^k)} \quad (3)$$

Burada "i" ile alan oranı, "j" ile yalıtımın kalınlığı ve "k" ile de binanın bulunduğu bölge belirtilmektedir. Mevcut yalıtımsız yapıların genellikle eski yerleşim bölgelerinde olup, özellikle şehir içinde oldukları düşünülerek, aylık ortalama gölgelenme faktörü, çevre binaların 10 kata kadar yükseklikte olabildiği veya ağaçlardan kaynaklanan gölgelenmelerin bulunması durumu için incelenmiştir. Toplam yıllık ısıtma enerjisi gereksinimi "Alan oranı", yalıtım malzemesi cinsi ve kalınlığı, binanın bulunduğu şehre bağlı olarak 4 no'lu ifade ile hesaplanmıştır.

$$Q_{yıl}^{ijk} = \sum_{ay} [H^{ijk} \Delta T^k - \eta^{ijk} (\phi_g^{ik} + \phi_{iç}^k)] \times 86400 \times 30 / 1000 \quad (4)$$

Binanın dış duvar haricindeki yüzeylerinden olan ısı kaybı K ile sembolize edilmiştir.

$$K^{ik} = A_p U_p^k + \frac{A_p}{AO} (0.191 U_T^k + 0.119 U_t^k) + 0.2112 V_{brüt} \quad (5)$$

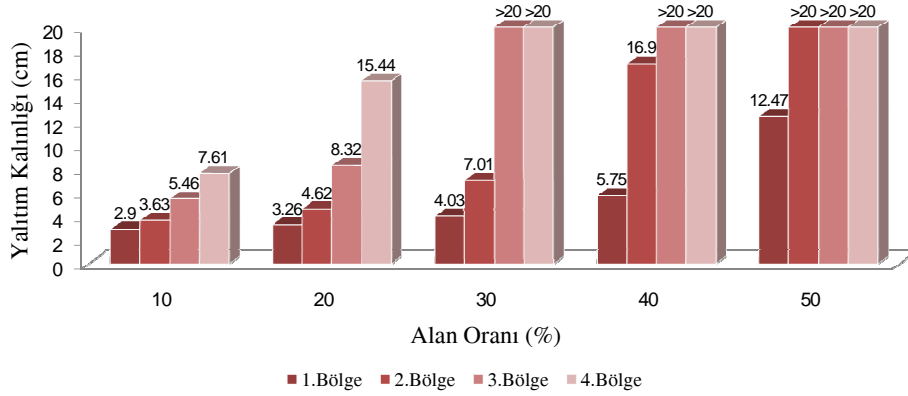
TS 825 standardı ile sınırlandırılan ısıtma enerjisine bağlı olarak yalıtım kalınlıklarının sınır değerleri denklem 6 ile belirlenmiştir.

$$L_s^{ijk} = \frac{\sum_{ay} A_{dd}^i \lambda \Delta T^k}{Q_s^{ijk} \times 0.44 V_{brüt} + \sum_{ay} ((1 - e^{-1/KKO^{ijk}}) (\phi_g^{ik} + \phi_{iç}^k) - K^{ik} \Delta T^k)} - R_{dd} \lambda \quad (6)$$

Aylara göre bulunan ısıtma enerjisi ihtiyaçları toplanarak binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı bulunmuştur. Bulunan bu değer izin verilen yıllık ısıtma enerjisi gereksinimi ile karşılaştırılarak yalıtım malzemesine göre kalınlık belirlenmiştir.

3. ANALİZİN DEĞERLENDİRİLMESİ

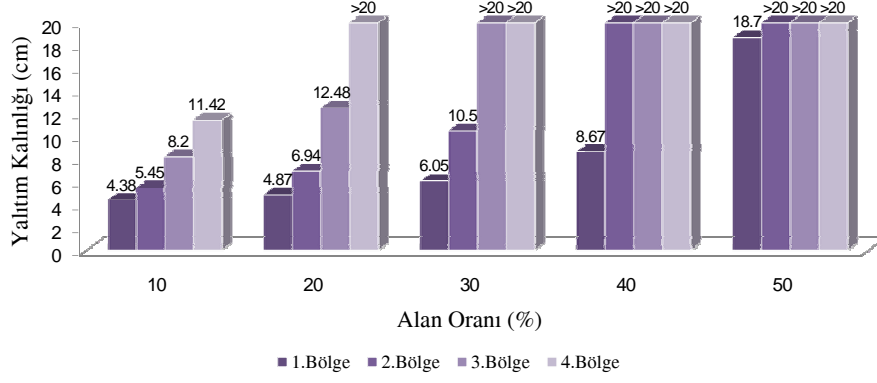
Bu çalışmada mimari detayları mevcut bir bina için, TS 825'e uygun kullanılması gerekli minimum yalıtım kalınlığını veren yazılım geliştirilmiştir. Şekil 2'de konutta, XPS yalıtım malzemesinin kullanılması durumunda ihtiyaç duyulacak minimum yalıtım kalınlığı alan oranına bağlı olarak dört bölge için gösterilmiştir. Şekil 2'den ikinci bölge illerinde bulunan yapıların, pencere alanı dış duvar alanının %10'u ise, kullanılması yeterli yalıtım kalınlığı 4 cm iken, %20'de 5 cm kalınlığında yalıtıma, %30'da 8 cm kalınlığında yalıtıma, %40'da ise 17 cm kalınlığında yalıtıma ihtiyaç duyulacağı görülmektedir. Alan oranının %50'den büyük olması halinde 20 cm kalınlığında yalıtım dahi yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle bina tasarım aşamasındayken alan oranının dikkate alınması önem arz etmektedir.



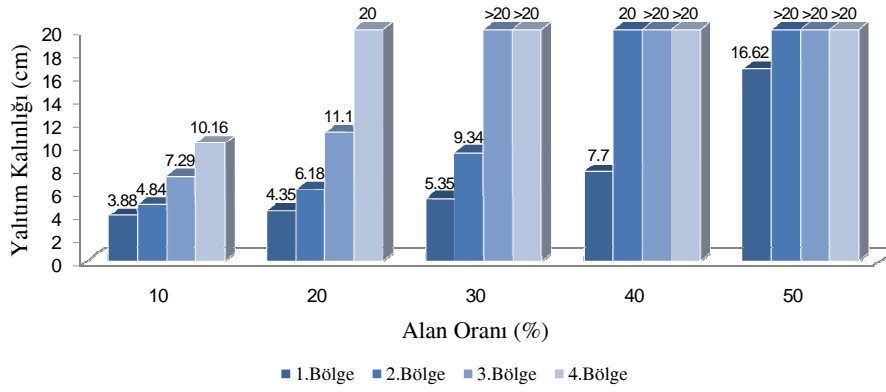
Şekil 2. XPS kullanılması halinde uygun yalıtım malzemesi kalınlığı değerleri

Bina dış duvar yalıtım kalınlığının çok yüksek değerlere ulaştığı alan oranları, bölgelere göre Şekil 2'de görülebilmektedir. Her bir bölgenin değerleri alan oranına bağlı olarak incelendiğinde, birinci bölge illerinde alan oranı etkisinin yalıtım ile dengelenebildiği ancak diğer bölge illerinde alan oranı yüksek ise 20 cm yalıtım kalınlığının üzerinde bir yalıtıma ihtiyaç duyulduğu görülmektedir. Alan oranının ofis, alışveriş merkezi vs. gibi yapılara oranla konutlarda daha düşük olduğu düşünülecek olursa, Şekil 2 'de belirtilen yüksek alan oranlarında hesaplanan yalıtım kalınlıklarına fazla ihtiyaç duyulmamaktadır.

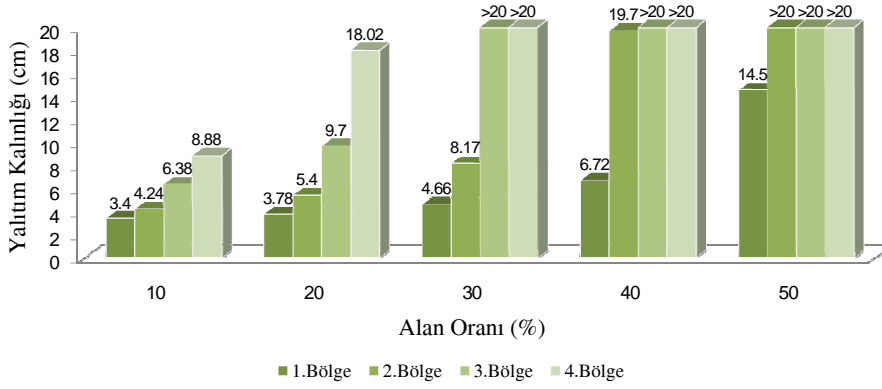
Çizelge 1'de belirtilen farklı yalıtım malzemeleri için hesaplamalar tekrarlanarak tüm bölgeler için uygun yalıtım kalınlıkları belirlenmiştir. Şekil 3'de yalıtım malzemesi olarak mineral lifli malzeme kullanılması halinde, Şekil 4'de polistiren sert köpüklü levha kullanılması halinde, Şekil 5'de poliüretan sert köpüklü levha kullanılması halinde her bir bölge için belirlenen uygun yalıtım malzemesi kalınlığı değerleri gösterilmiştir.



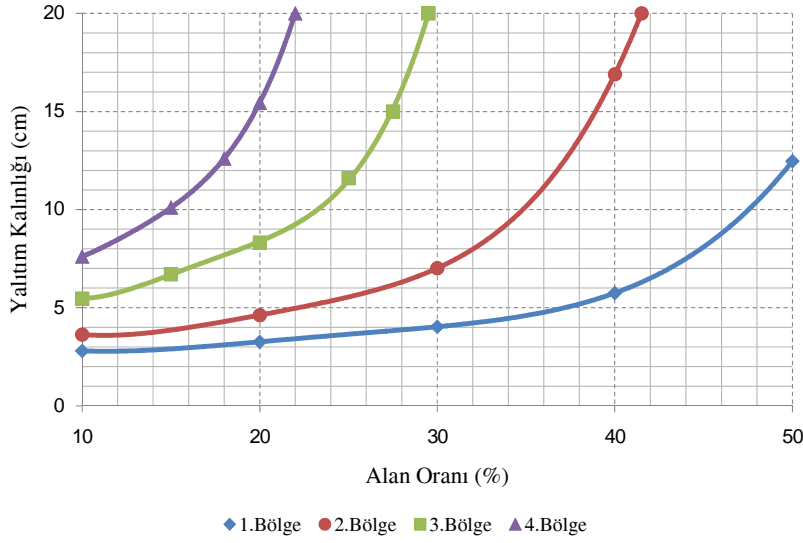
Şekil 3. Mineral lifli malzeme kullanılması halinde uygun yalıtım malzemesi kalınlığı değerleri



Şekil 4. PS kullanılması halinde uygun yalıtım malzemesi kalınlığı değerleri



Şekil 5. PUR kullanılması halinde uygun yalıtım malzemesi kalınlığı değerleri



Şekil 6. XPS yalıtım malzemesi için yalıtım kalınlıklarının bölgelere göre değişimi

Her bir bölge için TS 825 Standardına göre yapılarda yapılması zorunlu yalıtım kalınlığı denklem 6 ile belirlenmiştir. Hesaplamalar sonucunda bölgelere göre kullanılması gerekli minimum yalıtım kalınlığının değişimi yalıtım malzemesi XPS için Şekil 6'da verilmiştir. Bu grafik ile istenilen alan oranı için bölgelere göre gerekli minimum yalıtım kalınlığı bulunabilmektedir. Örneğin, dördüncü bölgede %15 alan oranına sahip bir mimari yapı için, kullanılması standart ile zorunlu tutulan minimum yalıtım kalınlığı 10.1 cm olarak belirlenebilmektedir. Şekil 6'da görüldüğü üzere, yalıtım kalınlığının belirlenme aralığı bölgelere göre farklılık göstermektedir.

4. SONUÇLAR

Binaların ısıtılmasında ve soğutulmasında pencere alan oranı, yalıtım malzemesi cinsi ve kalınlığı enerji tüketimi açısından önemli rol oynamaktadır. Bu çalışmada da TS 825 standardına uygun bir yazılım geliştirilerek Türkiye'nin 4 bölgesi için, farklı yalıtım malzemeleri ve alan oranına göre optimum yalıtım kalınlığını veren grafikler hazırlanmıştır. Proje mühendisleri, detay çalışmalarında binalar için yalıtım kalınlıklarını belirlerken, yapılan analiz çalışması sonucunda hazırlanan bu grafiklerden faydalanabilirler. Binalarda pencere alan oranlarının artması ısı kaybını ve yakıt tüketimini arttıracığından tercih edilmemelidir. Özellikle grafiklerden de görüldüğü üzere 4. bölgede alan oranının artması yalıtım kalınlığını çok büyük miktarda arttırmaktadır. Yakıt maliyetleri ve ülkemizin enerjide dışa bağımlılığı düşünülecek olursa, projecilerin ve uygulamacıların daha bilinçli olarak binalarda optimum kalınlıkta ısı yalıtımı yapmaları önemlidir. Ayrıca ısı, ses ve yangın yalıtımını birlikte yerine getirebilen yalıtım malzeme ve tekniklerinin araştırılıp geliştirilmesine önem verilmelidir. Binalarımızda enerjinin verimli kullanılmasına, konutlarımızda yalıtım malzemesi ve kalınlığının doğru olarak saptanmasıyla ve binaların mimari detaylarının ısıtma gereksinimlerini azaltacak şekilde tasarlanmasıyla başlanabileceği unutulmamalıdır.

SEMBOL LİSTESİ

A	Alan	t	Taban
AO _i	Alan oranı	T _{iç}	İç mahal sıcaklığı (K)
dd	Dış duvar	T _{dış}	Dış hava sıcaklığı (K)
H	Özgül Isı kaybı (W/K)	U	Yapı bileşenin ısıl geçirgenlik katsayısı (W/m ² K)
k	Bölge	XPS	Ekstrüde polistiren köpük
KKO	Kazanç Kayıp Oranı	Q _s	İzin verilen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (kWh/m ³)
L _j	Kalınlık	Q _{yıl}	Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (kWh)
PS	Polistiren sert köpüklü levhalar	V	Hacim (m ³)
PUR	Poliüretan sert köpük levhalar	yal	Yalıtım
p	Pencere	Φ _g	Güneş enerjisi kazancı (W)
R	Yalıtımsız duvarın ısıl direnci (m ² K/W)	λ	Isıl iletkenlik katsayısı (W/mK)
s	Sınır değeri	η	Kazanç Kullanım Faktörü
Ta	Tavan		

REFERENCES / KAYNAKLAR

- [1] Erbay B.,Özsarı Ö.,Umut T.,Özdemir Y., “Sağlık Yapılarında Isı, Ses, Yangın Yalıtımı ve Ekonomik Analizi”, 7. Üniversitelerarası Yalıtım Yarışması Sonuç Bildirgesi, 78-90, 2007.
- [2] Çomaklı K.,Yüksel B., “Optimum Insulation Thickness of External Walls for Energy Saving”, 23, 473-479, 2003.
- [3] Bolattürk A., “Determination of Optimum Insulation Thickness for Building Walls with Respect to Various Fuels and Climate Zones in Turkey”, Applied Thermal Engineering, 26, 1301-1309, 2006.
- [4] Bolattürk A., “Optimum Insulation Thicknesses for Building Walls with Respect to Cooling and Heating Degree-Hours in the Warmest Zone of Turkey”, Building and Environment, 43, 1055-1064, 2008.
- [5] Özel M.,Pıhtılı K., “Determination of Optimum Insulation Thickness by Using Heating and Cooling Degree-Day Values”, Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 26, 3, 191-197, 2008.
- [6] Uçar A.,Balo F., “Effect of Fuel Type on the Optimum Thickness of Selected Insulation Materials for the Four Different Climatic Regions of Turkey”, Applied Energy, 86, 730-736, 2009.
- [7] TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2008, 6-75.