

DUVAR YÖNÜNÜN YALITIM KALINLIĞINA ETKİSİ

Meral ÖZEL ve Kazım PIHTILI

Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Fırat Üniversitesi, Elazığ
mozel@firat.edu.tr, kpihtili@firat.edu.tr

(Geliş/Received: 28.11.2005; Kabul/Accepted: 08.06.2006)

ÖZET

Bu çalışmada, uygulamada çok kullanılan dıştan yalıtımlı duvarlar göz önünde bulundurularak duvar yönünün yalıtım kalınlıklarına olan etkisi, ısı kazanç ve kayıpları açısından sayısal olarak araştırılmıştır. Çalışma, farklı iklim şartlarına sahip Elazığ, İzmir ve Kars illerinin meteorolojik değerleri kullanılarak üç farklı yalıtım malzemesi için yapılmıştır. Yaz ve kış iklim şartlarına göre elde edilen sonuçlar, grafikler halinde sunulmuştur. Sonuç olarak, doğu ve batı yönündeki duvarlara uygulanan yalıtımın güneye bakan duvarların yalıtımına göre daha kalın olması gerektiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Duvar yönleri, yalıtım kalınlığı, ısı kazanç ve kayıpları.

EFFECT OF ORIENTATION OF WALLS ON THE INSULATION THICKNESS

ABSTRACT

In this study, taking into consideration the walls insulated on the outside which is widely used in application, the effect of orientation of walls on the insulation thickness has been numerically investigated from heat gains and losses points of view. The study has been carried for three different insulation materials by using meteorological data of Elazığ, İzmir and Kars having different climatic conditions. Results obtained for summer and winter conditions are presented in the forms of graph. Consequently, it is seen that the insulation applied to east and west facing walls must be thicker than insulation of south facing walls.

Keywords: Orientations of wall, insulation thickness, heat gains and losses.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Dünyadaki enerji kaynaklarının önemli bir bölümü binalardaki ısı konforu sağlamak amacıyla yapıların ısıtılması ve soğutulması için harcanmaktadır. Bu enerji kaynaklarının fazla kullanılması maliyeti artırarak devlet ve aile bütçesine olumsuz etki yapmakta ve doğal kaynakların hızla tükenmesine neden olmaktadır. Ayrıca fosil yakıtların yanması sonucu oluşan çevre kirliliği insan sağlığına büyük ölçüde zarar vermektedir. Bu nedenlerden dolayı aktif ısıtma ve soğutma sistemlerini optimum oranda kullanarak enerji tasarrufunun sağlanması zorunludur. 1970'li yıllarda yaşanan petrol krizi sonrasında enerji konusuna ilgi artmış ve enerji tasarrufu konusu gündeme gelmiştir. Böylece sınırlı ve pahalı olan geleneksel enerji kaynaklarının son derece dikkatli tüketilmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı hedeflenmiştir. Bu amaçla bina elemanlarında ısı yalıtımı yapılması enerjinin tasarrufu açısından oldukça önemli olmuştur. Bilindiği

gibi yalıtım genellikle bina duvarlarının dış yüzeyine, ortasına veya iç yüzeyine uygulanmaktadır. Bu şekilde üç farklı yalıtım konumlandırma durumu incelendiği zaman yalıtımın duvarın iç yüzeyine veya ortasına uygulanmasındansa dış yüzeyinde yerleştirilmesinin ısı kazanç veya kaybı açısından daha iyi olduğu bilinmektedir. Ayrıca hale hazırda mevcut olan yalıtımsız binaların ısı konforu açısından yalıtılması gerekiyorsa bu yalıtım uygulamasının ancak duvar dış tarafına yerleştirilebileceği de bilinmektedir [1]. Bu konuyla ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde, Özel ve Pıhtılı [2], bina duvarlarına uygulanan yalıtımın duvar içerisinde beş farklı konumlandırma durumunu ele alarak ısı kazanç ve kayıpları açısından implicit sonlu fark formülasyonunu kullanarak araştırmışlardır. Aynı yazarlar başka bir çalışmada sabit duvar kalınlığında dış tarafta artan yalıtım kalınlığına göre çeşitli yalıtım malzemeleri için duvar yönlerini de dikkate alarak faz kaybı ve sönüm oranlarının değişimini sayısal olarak araştırmışlardır [3]. Soderegger [4],

Fourier dönüşümleri ve matris metodu kullanılarak bir boyutlu ısı iletim denkleminin çözümünü, basitleştirici kabuller yaparak bir veya iki katmanlı duvarlara uygulamıştır. Ana duvar kütlelerinin iç tarafına veya dış tarafına yalıtımı yerleştirmenin avantajları ve dezavantajlarını tartışmıştır. Ayrıca, yalıtılmış ve yalıtılmamış binaların çatı ve duvarlarının ısı davranışı deneysel metotla araştırılarak, yalıtılmış ev modelinin yalıtılmamış olandan daha çok ömre sahip olduğu ve daha küçük çatlaklar oluştuğu gösterilmiştir [5]. Son olarak da, Al-Regib vd. [6], duvarın dış yüzeyinde, iç yüzeyinde ve ortasında yalıtım durumları için yalıtımlı duvar boyunca ısı transferinin geçici etkilerini araştırmışlardır.

Bu çalışmada ise, güneş ışınımı şiddetinin farklı yönlerde değişim gösterdiği göz önünde bulundurularak, duvar yönünün yalıtım kalınlığına olan etkisi ısı kazanç ve kayıpları açısından incelenmiştir. Bunun için özellikle yalıtım uygulamasında çokça kullanılan dıştan yalıtımlı duvarlar ele alınmış ve yalıtım kalınlığı 10 cm oluncaya kadar 1 cm aralıklarla artırılarak ısı akıları her bir duvar yönü için hesaplanmıştır.

2. MATEMATİKSEL YÖNTEM (MATHEMATICAL METHOD)

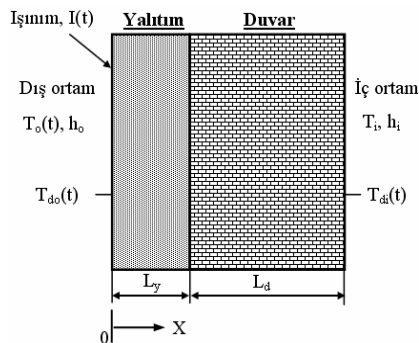
Bu çalışmada, dıştan yalıtımlı duvarlarda bina yönünün yalıtım kalınlığına olan etkisini ısı açıdan analiz etmek amacıyla Şekil 1'de verilen yalıtım ve tuğla duvardan oluşmuş iki katmanlı bir duvar yapısı ele alınmıştır.

Şekil 1'deki dıştan yalıtımlı duvardan x doğrultusunda ısı geçişi için aşağıdaki bir boyutlu ısı iletim denklemleri yazılabilir:

$$\frac{\partial^2 T_y}{\partial x^2} = \frac{1}{\alpha_y} \frac{\partial T_y}{\partial t} \quad (1)$$

$$\frac{\partial^2 T_d}{\partial x^2} = \frac{1}{\alpha_d} \frac{\partial T_d}{\partial t} \quad (2)$$

Burada α_y ve α_d , sırasıyla yalıtım malzemesinin ve duvar malzemesinin ısı yayılım katsayıları olup, yapı elemanının ısı iletim katsayısı (k), yoğunluğu (ρ) ve özgül ısısına (c_p) bağlı olarak aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır:



Şekil 1. Duvar yapısı ve sınır şartları (Wall structure and boundary conditions)

$$\alpha = \frac{k}{\rho c_p} \quad (3)$$

Bu durumda yapı elemanının sınır şartları ile başlangıç şartı sırasıyla aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$-k_y \left(\frac{\partial T_y}{\partial x} \right)_{x=0} = h_o (T_e - T_{do}) \quad (4)$$

$$-k_d \left(\frac{\partial T_d}{\partial x} \right)_{x=L_y+L_d} = h_i (T_{di} - T_i) \quad (5)$$

$$-k_y \left(\frac{\partial T_y}{\partial x} \right)_{x=L_y} = -k_d \left(\frac{\partial T_d}{\partial x} \right)_{x=L_y} \quad (6)$$

$$[T_y(x,t) = T_d(x,t)]_{x=L_y} \quad (7)$$

$$T(x,0) = T_b \quad (8)$$

Yukarıdaki eşitliklerde, h_o ve h_i sırasıyla yapının dış ve iç yüzeyindeki ısı taşınım katsayılarıdır. T_{do} ve T_{di} ise sırasıyla yapı elemanının dış ve iç yüzey sıcaklıklarıdır. T_b başlangıç sıcaklığı ve T_i iç ortam sıcaklığıdır. T_e ise eşdeğer çevre sıcaklığı olup dış hava sıcaklığı ile güneş ışınımı şiddetini birlikte ifade eden teorik bir sıcaklıktır ve dik yüzeyler için aşağıdaki şekilde yazılmaktadır [7]:

$$T_e = T_o + \frac{aI}{h_o} \quad (9)$$

Burada T_o dış hava sıcaklığıdır. a ve I ise sırasıyla dış taraf yüzeyinin güneş emiciliğini ve toplam güneş ışınımı şiddetini göstermektedir ve eğimli yüzeyler için güneş ışınımı şiddeti aşağıdaki gibi ifade edilmektedir [8]:

$$I = R_d I_d + I_y \frac{1 + \cos \beta}{2} + I_a \rho_y \frac{1 - \cos \beta}{2} \quad (10)$$

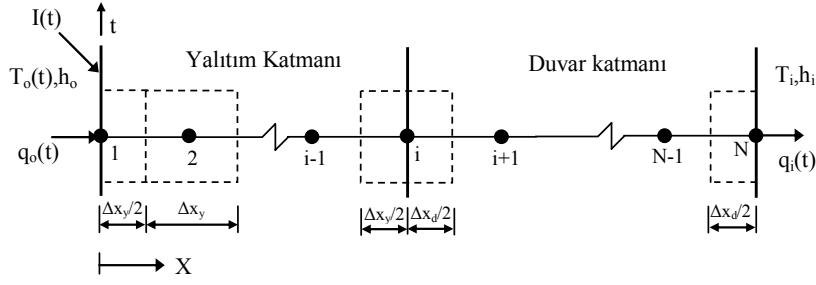
Burada I_d , I_y ve I_a yatay yüzeye gelen direk, yayılı ve tüm güneş ışınımıdır. β eğim açısı olup dik duvar yüzeyleri için 90° 'dir. ρ_y ise çevrenin yansıtma oranı olup 0.2 değerine sahiptir.

$$R_d = (\cos \delta \sin \phi \cos \gamma \cos \omega + \cos \delta \sin \gamma \sin \omega - \sin \delta \cos \phi \cos \gamma) / (\cos \phi \cos \delta \cos \omega + \sin \phi \sin \delta) \quad (11)$$

Burada δ deklinasyon açısı, ϕ enlem açısı, ω saat açısıdır. γ ise yüzey azimut açısı olup duvarın yönünü belirler [8].

3. SAYISAL ÇÖZÜM YÖNTEMİ (NUMERICAL SOLUTION METHOD)

Diferansiyel denklem ile sınır şartları, implicit sonlu fark yaklaşımını kullanarak çözülmüştür. Bu amaçla, iki katmanlı duvar Şekil 2'de gösterildiği gibi her



Şekil 2. İki katmanlı yapı elemanı içerisindeki düğüm noktaları (Nodes in the double layer element)

katman kendi içerisinde düğümlere ayrıştırılarak bir ağ yapısı oluşturulmuştur. Daha sonra ise sonlu fark denklemleri sırasıyla dış yüzeydeki sınır düğümü, katman içi düğüm, ara yüzey düğümü ile iç yüzeydeki sınır düğüm noktaları için türetilerek aşağıdaki ifadeler elde edilmiştir.

Dış yüzeydeki sınır düğüm noktası için:

$$T_1^n + (2\lambda_y \frac{h_o \Delta x_y}{k_y}) T_e = (1 + 2\lambda_y + 2\lambda_y \frac{h_o \Delta x_y}{k_y}) T_1^{n+1} - 2\lambda_y T_2^{n+1} \quad (12)$$

Yalıtım katmanı içerisindeki iç düğüm noktaları için:

$$T_i^n = -\lambda_y T_{i-1}^{n+1} + (1 + 2\lambda_y) T_i^{n+1} - \lambda_y T_{i+1}^{n+1}, \quad i = 2, 3, \dots, M-1 \quad (13)$$

Ara yüzey düğüm noktası için:

$$A T_M^n = -\frac{k_y}{\Delta x_y} T_{M-1}^{n+1} + (\frac{k_y}{\Delta x_y} + \frac{k_d}{\Delta x_d} + A) T_M^{n+1} - \frac{k_d}{\Delta x_d} T_{M+1}^{n+1} \quad (14)$$

Burada $A = (\rho_y c_y \Delta x_y + \rho_d c_d \Delta x_d) / 2 \Delta t$ şeklinde tanımlanıyor.

Duvar katmanı içerisindeki iç düğüm noktaları için:

$$T_i^n = -\lambda_d T_{i-1}^{n+1} + (1 + 2\lambda_d) T_i^{n+1} - \lambda_d T_{i+1}^{n+1}, \quad i = M+1, M+2, \dots, N-1 \quad (15)$$

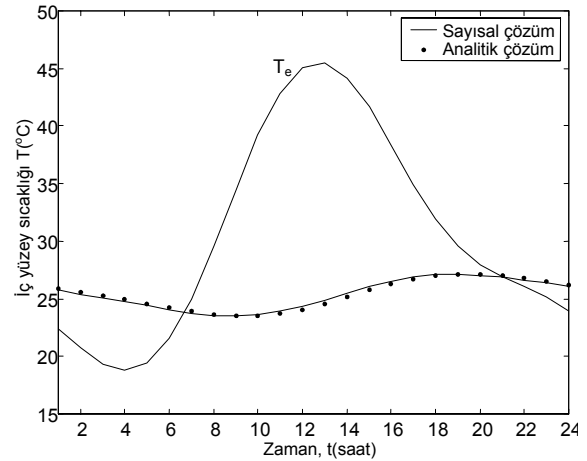
Dış yüzeydeki sınır düğüm noktası için:

$$T_N^n + (2\lambda_d \frac{h_i \Delta x_d}{k_d}) T_i = -2\lambda_d T_{N-1}^{n+1} + (1 + 2\lambda_d + 2\lambda_d \frac{h_i \Delta x_d}{k_d}) T_N^{n+1} \quad (16)$$

ifadeleri geçerlidir. Yukarıdaki denklemlerde yer alan $\lambda_y = \alpha_y \cdot \Delta t / (\Delta x_y)^2$ ve $\lambda_d = \alpha_d \cdot \Delta t / (\Delta x_d)^2$ şeklinde tanımlanır.

Bütün düğüm noktalarındaki sıcaklıkların bulunması için, yukarıdaki cebirsel denklem takımı, MATLAB'de matris fonksiyonları kullanılarak çözülmüş ve yapı içerisindeki sıcaklık dağılımı, geliştirilen bilgisayar programı ile hesaplanmıştır.

Implicit sonlu farklarla yapılan sayısal çözümün doğruluğunun belirlenmesi için tek katmanlı 20 cm kalınlığındaki yapı elemanının iç yüzey sıcaklığı değişimleri hem bu çalışmada yapılan sayısal çözüm ile hem de analitik olarak çözümü mevcut olan harmonik analiz yöntemi ile çözülmüştür [7]. Her iki sonuç da Şekil 3'te karşılaştırılmıştır. Sayısal çözüm ile analitik çözümün oldukça iyi bir uyum sağladığı şekilden görülmektedir.



Şekil 3. İç yüzey sıcaklığının sayısal çözümü ile analitik çözümünün karşılaştırılması ve eşdeğer çevre sıcaklığının zamana göre değişimi

İç ortama transfer edilen anlık ısı akısı miktarı ise elde edilen duvar iç yüzey sıcaklıklarından faydalanarak aşağıdaki Newton'un soğutma kanunu ifadesi yardımıyla hesaplanmıştır.

$$q_i = h_i (T_{di} - T_i) \quad (17)$$

Yapı elemanının aynı eşdeğer sıcaklık değişimine her periyot (24 h) sonunda tekrar maruz kaldığı dikkate alınarak ısı akısı değişiminin sanki sürekli hale ulaşması sağlanmıştır. Dış yüzeyinde yalıtım bulunan duvardaki ısı akısının periyodik hale ulaşması beş periyot sürmüştür.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

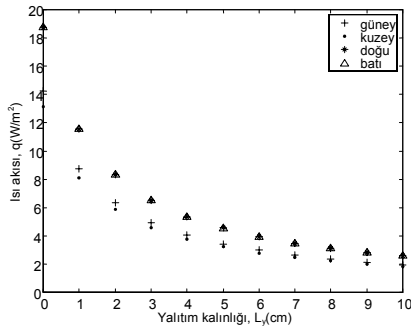
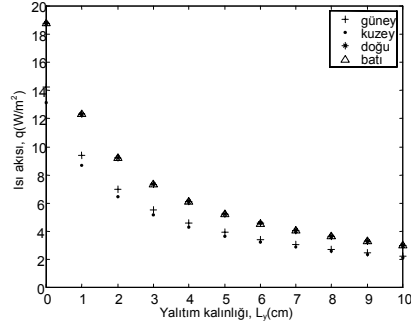
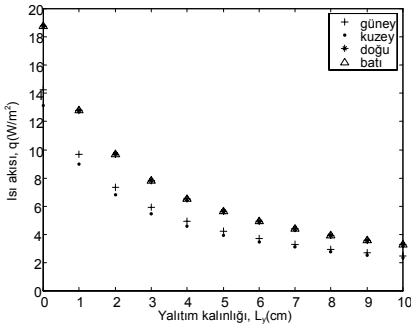
Bu çalışmada, yalıtım kalınlığının duvar yönlerine göre değişebileceğini göstermek amacıyla bir binanın farklı yöndeki duvarlarına dış taraftan yalıtım uygulanarak ısı kazanç ve kayıpları hesaplanmıştır. Bu amaçla duvar malzemesi olarak 20 cm kalınlığında tuğla,

Tablo 1. Kullanılan yapı ve yalıtım malzemelerinin termofiziksel özellikleri

Yapı ve Yalıtım Malzemeleri	ρ (kg/m ³)	c_p (J/kgK)	k (W/mK)	$\alpha \cdot 10^6$ (m ² /s)
Tuğla	1800	840	0,62	0,41005
Poliüretan	30	837	0,03	1,19474
Cam yünü	105	795	0,036	0,43126
Mantar	160	1888	0,04	0,13241

yalıtım malzemesi olarak da poliüretan, camyünü ve mantar seçilmiştir. Bu malzemelerin termofiziksel özellikleri Tablo 1’de sırasıyla verilmiştir.

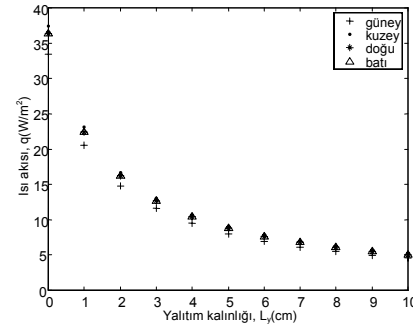
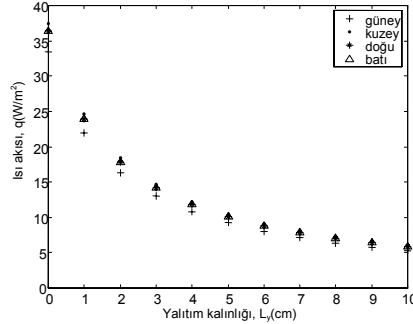
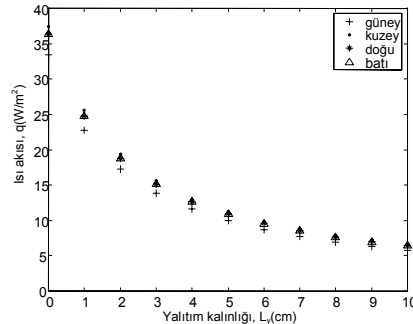
Hesaplamalar farklı iklim şartlarına sahip olan Elazığ, İzmir ve Kars illeri için yapılmıştır. Bu illerin dış ortam sıcaklıkları 15 Temmuz ve 15 Ocak için meteorolojiden alınmıştır [10]. İç ortam sıcaklıkları ise, yazın 23 °C ve kışın 20 °C olarak sabit kabul edilmiştir. Hesaplamalar sırasında kullanılan opak yapının yutma oranı $a=0,9$, içteki ve dıştaki ısı

**Şekil 4(a).** Elazığ için 15 Temmuz’da farklı yönlere bakan poliüretan yalıtımlı duvarda artan yalıtım kalınlığına göre ısı akısının değişimi**Şekil 5(a).** Elazığ için 15 Temmuz’da farklı yönlere bakan camyünü yalıtımlı duvarda artan yalıtım kalınlığına göre ısı akısının değişimi**Şekil 6(a).** Elazığ için 15 Temmuz’da farklı yönlere bakan mantar yalıtımlı duvarda artan yalıtım kalınlığına göre ısı akısının değişimi

transfer katsayısı ise sırasıyla $h_i=6$ W/m²K ve $h_o=22$ W/m²K olarak alınmıştır.

Güneş ışınımı şiddeti yönler göre değişim gösterdiğinden ısı akıları da farklı yönlerde farklı değerler alır. Bu durumda artan yalıtım kalınlıklarına göre yaz ve kış şartlarında farklı duvar yönleri için ısı akılarının değişimleri aşağıda grafikler halinde gösterilmiştir. Grafiklerdeki ısı akıları, her bir yalıtım kalınlığı için 24 saat boyunca elde edilen ısı akısı değişiminin gün boyunca ortalama değeri alınarak elde edilmiştir.

Şekil 4(a) ve 4(b) Elazığ’da sırasıyla yaz ve kış iklim şartlarında tuğla duvarın dış tarafına poliüretan yalıtım uygulanması durumunda tüm ana yönler için artan yalıtım kalınlığına göre ısı akısının değişimini gösteriyor. Aynı durum, cam yünü yalıtım malzemelerinin uygulanması halinde Şekil 5(a) ve 5(b)’de ve mantar yalıtım malzemesi halinde ise Şekil 6(a) ve 6(b)’de gösterili-

**Şekil 4(b).** Elazığ için 15 Ocak’ta farklı yönlere bakan poliüretan yalıtımlı duvarda artan yalıtım kalınlığına göre ısı akısının değişimi**Şekil 5(b).** Elazığ için 15 Ocak’ta farklı yönlere bakan camyünü yalıtımlı duvarda artan yalıtım kalınlığına göre ısı akısının değişimi**Şekil 6(b).** Elazığ için 15 Ocak’ta farklı yönlere bakan mantar yalıtımlı duvarda artan yalıtım kalınlığına göre ısı akısının değişimi

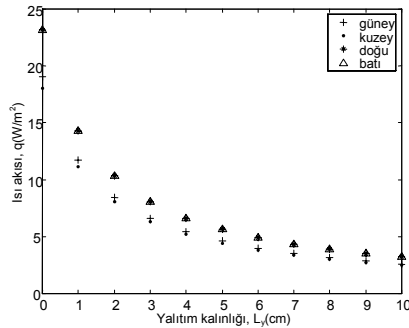
yor. Yazın tuğla duvarda hiç yalıtım yokken ısı kazancı doğu ve batı duvarında yaklaşık olarak 19 W/m^2 , güneye bakan duvarda 14 W/m^2 ve kuzey duvarında ise 13 W/m^2 'dir. Kışın ise ısı kaybı doğu ve batı duvarında 36 W/m^2 , güney duvarda 33 W/m^2 ve kuzey duvarında ise 37 W/m^2 olmuştur.

Şekil 7(a), 8(a) ve 9(a) İzmir'de sırasıyla poliüretan, camyünü ve mantar yalıtım malzemeleri için artan yalıtım kalınlıklarına göre ısı kazançlarını göstermektedir. Sırasıyla aynı yalıtım malzemeleri için ısı kayıplarının değişimleri de Şekil 7(b), 8(b) ve 9(b)'de gösterilmektedir. Bu grafikler incelendiği zaman İzmir'de yazın yalıtımsız tuğla duvarın ısı kazancı doğu ve batıya bakan duvarda 23 W/m^2 , güneye bakan duvarda 19 W/m^2 ve kuzeye bakan duvarında ise 18 W/m^2 olmuştur. Kışın ısı kaybı ise doğu ve batı duvarında 24 W/m^2 , güneyde 19 W/m^2 ve kuzeyde ise 25 W/m^2 olmuştur. Burada

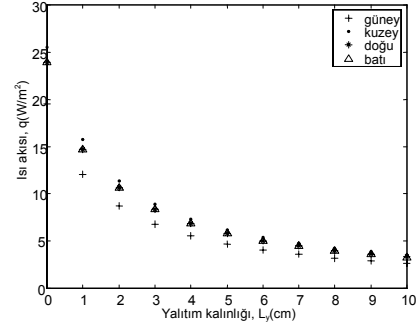
görüldüğü gibi İzmir'de doğu, batı ve güney duvarlarında ısı kazanç ve kayıpları aynı olmuştur.

Aynı yalıtım malzemeleri için artan yalıtım kalınlıklarına göre Kars ilindeki ısı kazanç ve kayıpları ise sırasıyla Şekil 10(a), 10(b), 11(a), 11(b) ve 12(a), 12(b)'de gösterilmiştir. Bu grafiklerden görüldüğü gibi doğu ve batıya bakan yalıtımsız tuğla duvarın, yazın ısı kazancı $6,4 \text{ W/m}^2$ iken güneyde $2,6 \text{ W/m}^2$ kuzeyde ise $1,3 \text{ W/m}^2$ olurken kışın ısı kayıpları ise doğu ve batı duvarında 59 W/m^2 , güney duvarında 55 W/m^2 ve kuzey duvarında ise 60 W/m^2 gibi oldukça yüksek değerlerde olmuştur. Kış aylarının oldukça sert geçtiği Kars'ta ısı kayıpları oldukça yüksek olurken ısı kazancı ise oldukça düşük olmuştur.

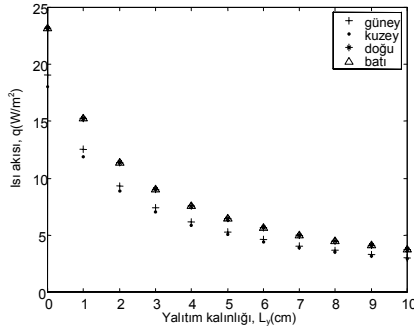
Bütün bu grafiklerden görüldüğü gibi duvara dış taraftan yalıtım uygulanırsa yazın ısı kazancı kışın ise ısı



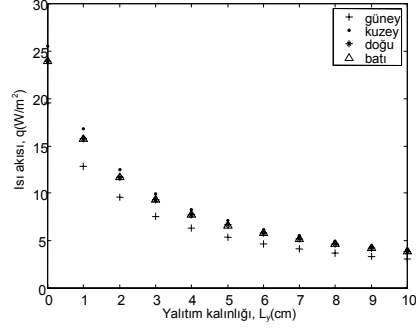
Şekil 7(a). İzmir için 15 Temmuz'da farklı yönlerde bakan poliüretan yalıtımlı duvarda artan yalıtım kalınlığına göre ısı akısının değişimi



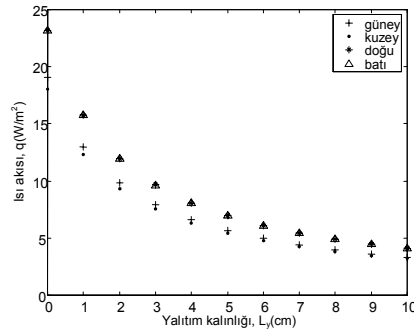
Şekil 7(b). İzmir için 15 Ocak'ta farklı yönlerde bakan poliüretan yalıtımlı duvarda artan yalıtım kalınlığına göre ısı akısının değişimi



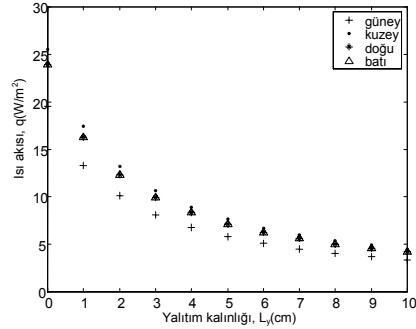
Şekil 8(a). İzmir için 15 Temmuz'da farklı yönlerde bakan camyünü yalıtımlı duvarda artan yalıtım kalınlığına göre ısı akısının değişimi



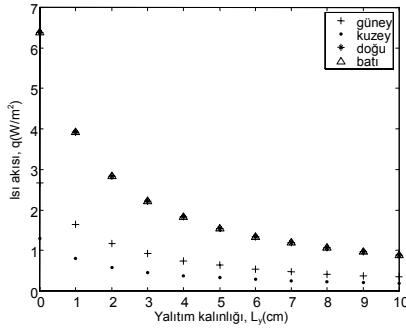
Şekil 8(b). İzmir için 15 Ocak'ta farklı yönlerde bakan camyünü yalıtımlı duvarda artan yalıtım kalınlığına göre ısı akısının değişimi



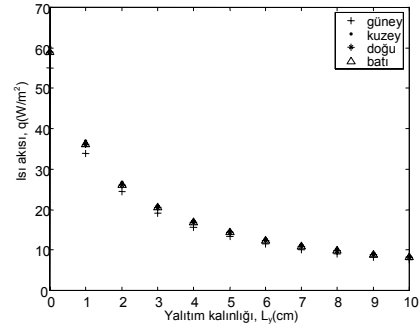
Şekil 9(a). İzmir için 15 Temmuz'da farklı yönlerde bakan mantar yalıtımlı duvarda artan yalıtım kalınlığına göre ısı akısının değişimi



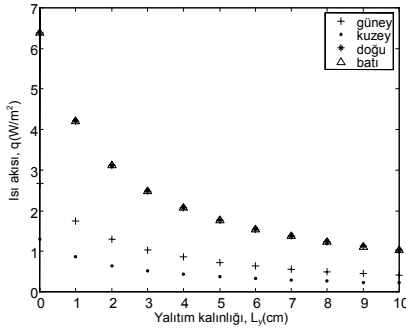
Şekil 9(b). İzmir için 15 Ocak'ta farklı yönlerde bakan mantar yalıtımlı duvarda artan yalıtım kalınlığına göre ısı akısının değişimi



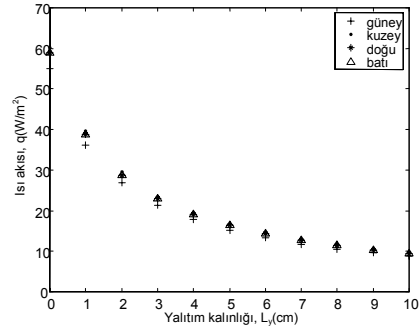
Şekil 10(a). Kars için 15 Temmuz'da farklı yönlerde bakan poliüretan yalıtımlı duvarda artan yalıtım kalınlığına göre ısı akısının değişimi



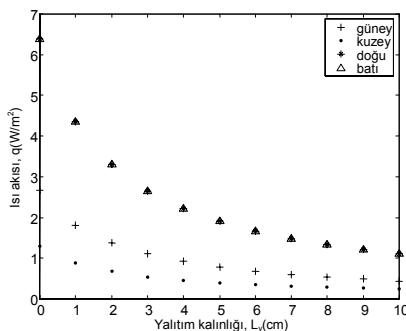
Şekil 10(b). Kars için 15 Ocak'ta farklı yönlerde bakan poliüretan yalıtımlı duvarda artan yalıtım kalınlığına göre ısı akısının değişimi



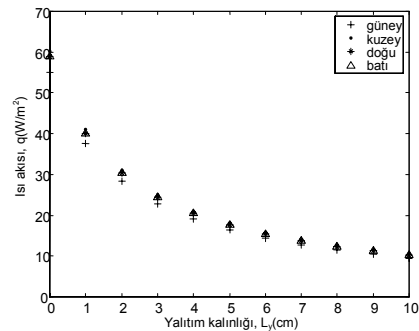
Şekil 11(a). Kars için 15 Temmuz'da farklı yönlerde bakan camyünü yalıtımlı duvarda artan yalıtım kalınlığına göre ısı akısının değişimi



Şekil 11(b). Kars için 15 Ocak'ta farklı yönlerde bakan camyünü yalıtımlı duvarda artan yalıtım kalınlığına göre ısı akısının değişimi



Şekil 12(a). Kars için 15 Temmuz'da farklı yönlerde bakan mantar yalıtımlı duvarda artan yalıtım kalınlığına göre ısı akısının değişimi



Şekil 12(b). Kars için 15 Ocak'ta farklı yönlerde bakan mantar yalıtımlı duvarda artan yalıtım kalınlığına göre ısı akısının değişimi

kayıbı azalmaya başlamıştır. İncelenen üç il için, 10 cm kalınlığında poliüretan yalıtım, hem yaz hem de kış şartlarında ısı akısını %86 oranında azaltırken cam yünü yalıtım malzemesi %84 mantar yalıtımı ise %82 oranında azaltmıştır.

Şekil 4–12 incelenecek olursa, hem yaz hem de kış şartlarında tüm yalıtım malzemeleri için Elazığ, İzmir ve Kars illerinde güneye bakan duvarın ısı kazanç ve kayıpları tüm yalıtım kalınlıkları için diğer yöndeki duvarlara göre daha az olmuştur. Ancak bu fark yaz şartlarında daha fazla olmuştur. Dolayısıyla binalarda farklı yönlerde bakan duvarların eşit kalınlıklarda yalıtılması yerine farklı kalınlıklarda yalıtılmasının, özellikle ısı kazançları açısından daha iyi olabileceği sonucu ortaya çıkmıştır. Örneğin Elazığ'da yazın incelenen üç yalıtım malzemesi için özellikle doğu ve batıya uygulanan yalıtımın güneye uygulanan yalıtım

kalınlığından %45 daha fazla seçilmesi kışın ise yaklaşık olarak %12'den fazla seçilmesi doğu ve batıdaki duvarların ısı kazancını ve kaybını azaltarak güneydeki duvarın seviyesine getirecektir. İzmir'de ise hem yaz hem de kış şartlarında doğu ve batıya bakan duvarın kalınlığının güneye bakan duvar kalınlığından yaklaşık olarak %35 fazla seçilmesi doğu ve batıya bakan duvarın ısı kazanç ve kayıplarını güney duvarından olan ısı akılarına yaklaştıracaktır. Kars'ta, kışın tüm yalıtım malzemeleri için yönler arasında ısı kaybı açısından çok fazla fark olmamasına rağmen yazın ısı kazancında oldukça fazla fark olmuştur. Bu yüzden Kars'ta kış ikliminin çok etkili geçmesinden dolayı kış ayını referans alırsak yönler arasında kalınlık değişimi yapmaya gerek olmadığı, ancak yazın soğuk depo olarak kullanılan bir yapının yalıtılması gerekiyorsa, doğu ve batı duvarına oldukça fazla yalıtım uygulanması gerekmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER (RESULTS AND SUGGESTIONS)

Bu çalışmada özellikle dıştan yalıtımlı duvarlardaki bina yönünün yalıtım kalınlıklarına olan etkisi ısı kazanç ve kaybı açısından üç il için detaylı olarak araştırılmıştır. Yapılan çalışmada, güneşin simetrik hareketinden dolayı ısı akısı grafiklerinde aynı değişimi gösteren doğu ve batıya bakan duvarların ısı kazanç ve kayıpları, güneşe bakan duvarlarından fazla olduğu için bu yöndeki duvarlara (doğu ve batı) daha kalın yalıtım malzemesi yerleştirmek gerekmektedir. Bu durum özellikle doğu ve batı cephesinin geniş olduğu binalarda oldukça kazanç getirecektir.

Ayrıca yapılan çalışma Türkiye'deki farklı iklim şartlarına sahip diğer iller için de yapılarak sonuçlar daha da genişletilebilir.

SEMBOLLER (NOMENCLATURE)

a	: Dış yüzeyin güneş ışınımını yutma oranı
c_p	: Özgül ısı (J/kgK)
h_i	: İçteki taşınım katsayısı, (W/m ² °C)
h_o	: Dıştaki taşınım katsayısı, (W/m ² °C)
I	: Eğik düzleme gelen anlık tüm güneş ışınımı, (W/m ²)
I_a	: Yatay düzleme gelen tüm güneş ışınımı, (W/m ²)
I_d	: Yatay düzleme gelen direkt güneş ışınımı, (W/m ²)
I_y	: Yatay düzleme gelen yayılı güneş ışınımı, (W/m ²)
k_y, k_d	: Yalıtım malzemesi ve duvar malzemesinin ısı iletim katsayısı, (W/mK)
T_e	: Eşdeğer çevre sıcaklığı, (°C)
T_i	: İç ortam sıcaklığı, (°C)
T_o	: Dış ortam sıcaklığı, (°C)
T_{di}	: İç duvar sıcaklığı, (°C)
T_{do}	: Dış duvar sıcaklığı, (°C)

Yunan Harfleri

α_y, α_d	: Yalıtım malzemesi ve duvar malzemesinin ısı yayılım katsayısı (m ² /s)
β	: Eğim açısı (derece)

γ	: Yüzey azimut açısı (derece)
δ	: Deklinasyon açısı (derece)
ϕ	: Enlem açısı (derece)
ω	: Saat açısı (derece)
ρ	: Yoğunluk, (kg/m ³)
ρ_y	: Yansıtma oranı

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Oğulata, R.T., "Yapılarda Isıl Yalıtım ve Önemi", **Yalıtım**, No 3, 40-44, 1996.
- Özel, M. ve Pıhtılı, K., "Bina Duvarlarına Uygulanan Yalıtımın Farklı Konumlarının Isı Kazanç ve Kayıplarına Olan Etkisinin Araştırılması", **Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi**, Cilt 7, No 1, 87-97, 2005.
- Özel, M. ve Pıhtılı, K., "Farklı Yönlerde Bakan Duvarlarda Yalıtım Kalınlığının Faz Kayması ve Sönüm Oranına Olan Etkisinin Araştırılması" **Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi**, Cilt 17, No 2, 287-298, 2005.
- Soderegger, R.C., "Harmonic Analysis of Building Thermal Response Applied to The Optimal Location of Insulation within the Walls", **Energy and Buildings**, 1, 131-140, 1977.
- İbrahim, S.M.A., "The Thermal Behavior of Thermally Insulated and Uninsulated Buildings", **Energy**, Cilt 12, No 7, 615-622, 1986.
- Al-Regib, E. ve Zubair, S.M., "Transient Through Insulated Walls", **Energy**, Cilt 20, No7, 687-694, 1995.
- Threlkeld, J.L., **Thermal Environmental Engineering**, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1998.
- Kılıç, A. ve Öztürk, A., **Güneş Enerjisi**, Kipaş Dağıtımçılık, İstanbul, 1983.
- Özışık, M.N., **Finite Difference Methods in Heat Transfer**, CRC Pres, 1994.
- Elazığ Devlet Meteoroloji İstasyonu**, Dış Hava Sıcaklığı Raporu, Elazığ, 1997-2002.

