

# BİNA DIŞ YÜZEYLERİNİN GÜNEŞ IŞINIMINI YUTMA ORANLARININ ISI AKISI AÇISINDAN ARAŞTIRILMASI

**Meral ÖZEL, Kâzım PIHTILI**

Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Elazığ

Geliş Tarihi : 26.04.2005

## ÖZET

Bu çalışmada, binaların dış yüzeylerinin güneş ışınımını yutma oranları, ısı kazanç ve kaybı açısından sayısal olarak araştırılmıştır. Bu amaçla yaz ve kış şartlarında farklı yönlere bakan bina duvarları ve çatısı dikkate alınarak tuğla ve beton yapı malzemeleri için dış yüzey yutma oranı 0' dan 1' e kadar 0.1' lik bir oranla artırılarak ısı akıları hesaplanmıştır. Bunun yanı sıra, dış yüzey yutma oranı 0.2, 0.5 ve 0.9 alınarak, duvarın dış yüzeyinde artan yalıtım kalınlıklarına göre ısı kazanç ve kayıpları hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar grafikler halinde sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler :** Yutma oranı, Duvar yönü, Yalıtım kalınlığı, Isı kazanç ve kaybı

## INVESTIGATION OF SOLAR ABSORPTANCE OF BUILDING EXTERNAL SURFACES FROM HEAT FLUX POINT OF VIEW

### ABSTRACT

In this study, solar absorptance of external surfaces of buildings has been numerically investigated from the heat gain and losses point of view. For this purpose, external surface solar absorptance was increased from 0 to 1 with an ratio of 0.1 and, for the summer and winter conditions, heat fluxes was calculated by considering orientations of the wall and its roof for brick and concrete structure materials. Besides, external surface absorptance was assumed as 0.2, 0.5 and 0.9, respectively. Then, heat gain and losses were calculated to insulation thickness increasing on the outdoor surface of wall. Results obtained were presented as graphics

**Key Words :** Solar absorptance, Orientation of wall, Insulation thickness, Heat gain and loss

## 1. GİRİŞ

Binaları oluşturan dış kabuk, sürekli olarak değişen çevre sıcaklığı ve güneş ışınımı ile etkileşim halindedir. Bu etkileşim sonucu dış kabuk yüzey sıcaklığı ve bu yüzeyden transfer edilen ısı akısı zamana bağlı olarak sürekli değişir. Bu değişim, iç ortam şartlarını önemli ölçüde etkiler. Bilindiği gibi bir mekanın iklim şartlarının kontrol altında tutulmasında esas temel prensip, insanların istenilen konfor şartlarında çalışma, dinlenme ve diğer ihtiyaçlarının karşılanması olduğu gibi, çeşitli

endüstriyel işlemlerin, bilimsel çalışmaların ve hassas cihazların istenmeyen çevre şartlarına karşı korunmasını da hedeflemektedir. Bütün bu işlemlerin sağlıklı ve ekonomik şekilde yapılabilmesi için yaz ve kış şartlarında bina iç konfor şartlarını etkileyen parametrelerin araştırılması ve bu etkileri azaltacak teknik ve ekonomik önlemlerin alınması hem daha düzenli bir çalışma ortamı sağlayacağı gibi, hem de önceden bilinen değerler dikkate alınarak gerekli pasif ve aktif önlemler ile enerji tasarrufu sağlanmış olacaktır.

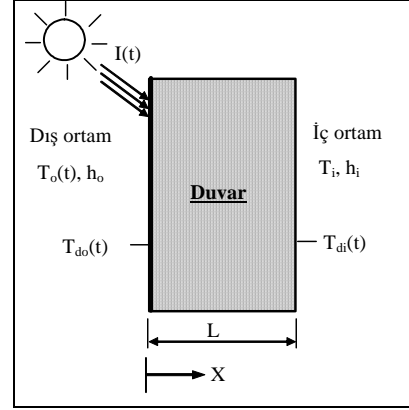
Isıtma ve soğutma dönemlerinde bina ısı kayıp ve kazançlarının tespitinde; çevre sıcaklığı, güneş ışınımı ve dolayısıyla yapı elemanının bulunduğu yön, iç ortam şartları, bina kabuğunu oluşturan yapı elemanının cinsi ve kalınlığı v.s. önemli birer parametre olmakla birlikte yapı elemanının dış yüzeyinin rengi de önemli bir parametredir. Bu parametrenin ısı akısına olan etkilerinin araştırılması, enerji tasarrufu açısından oldukça kazanç sağlayacaktır.

Antonopoulos and Valsamakis (1993), tipik yaz ve kış günleri için duvarlardaki ısı akısı üzerine içteki ve dıştaki ısı transferi katsayıları ile güneş emiliminin etkilerini göstermişlerdir. Bansal v.d. (1992), bir binanın ısıl davranışı üzerine dış yüzey renginin etkisini teorik ve deneysel olarak çalışmışlardır. Bu çalışmadaki deneyler üç farklı şart için yani tam olarak sıkışık bina, kapı açmanın etkisi ve gün boyunca tam gölgelenme için pencerede bir çıkıntı düşünülerek yapılmıştır. Cheng et al., (2005), iç sıcaklıklar üzerine kabuk renginin ve ısıl kütlelenin etkisini deneysel olarak araştırmışlardır. Sonuç olarak açık yüzey renginin ve ısıl kütlelenin kullanımının maksimum iç sıcaklıkları azaltabildiğini göstermişlerdir. Omar et al., (1997), duvarın rengindeki değişimin soğutma yüküne ve güneş-hava sıcaklığına etkisini çalışmışlardır. Bu çalışmada saatlik soğutma yükünü bulmak için ASHRAE tarafından kabul edilen Transfer Fonksiyon Metodu (TFM) kullanılmıştır. Shariah et al., (1998), TRNSYS simülasyon programını kullanarak binaların dış yüzeylerinin emiciliğinin ısıtma, soğutma ve toplam yüklere etkisini çalışmışlardır.

Bu çalışmada ise, yaz ve kış şartlarında binanın dış yüzey renginin ısı kazanç ve kaybına olan etkisi ilk önce yalıtımsız duvar ve çatı için duvar yönleri de ele alınarak incelenmiştir. Daha sonra ise duvarın dış yüzeyine yalıtım eklenerek üç farklı yutma oranı için artan yalıtım kalınlıklarına göre ısı kazanç ve kayıpları hesaplanmıştır. Böylece yalıtım kalınlığı üzerinde yutma oranının etkisi tüm yönler için araştırılmıştır.

## 2. METOD

Bu çalışmada ele alınan duvarın yüksekliği ve genişliğinin onun kalınlığına göre oldukça büyük olduğu düşünülerek, duvar boyunca ısı geçişinin sadece  $x$  doğrultusunda bir boyutlu olarak gerçekleştiği kabul edilmiştir. Bu durumda herhangi bir konum ve zaman için geçici rejimde bir boyutlu ısı iletim denklemi aşağıdaki gibi yazılabilir.



Şekil 1. Duvar yapısı ve sınır şartları

$$\rho \cdot c_p \frac{\partial T(x,t)}{\partial t} = k \frac{\partial^2 T(x,t)}{\partial x^2} \quad (1)$$

Dış ve iç duvar yüzeylerindeki taşınım sınır şartları ile başlangıç şartı ise sırasıyla,

$$-k \left( \frac{\partial T_y}{\partial x} \right)_{x=0} = h_o (T_e - T_{do}), \quad (2)$$

$$-k \left( \frac{\partial T_d}{\partial x} \right)_{x=L} = h_i (T_{di} - T_i), \quad (3)$$

$$T(x,0) = T_b \quad (4)$$

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 olarak adlandırılır ve dış hava sıcaklığıyla güneş ışınımı şiddetini birlikte ifade edebilen ve gün boyunca periyodik bir değişim gösteren bir teorik sıcaklık olup aşağıdaki bağıntı yardımıyla hesaplanmaktadır (Threlkeld, 1998):

$$T_e(t) = T_o(t) + \frac{\alpha \cdot I(t)}{h_o} - \frac{\varepsilon \cdot \Delta R}{h_o} \quad (5)$$

Burada  $T_o$  dış hava sıcaklığı ve  $\alpha$  dış yüzeyin güneş ışınımını yutma oranıdır.  $\varepsilon \cdot \Delta R / h_o$  uzun dalga ışınım için düzeltme faktörü olup yatay yüzeyler için  $4^\circ\text{C}$  ve dik yüzeyler için de  $0^\circ\text{C}$  olarak kabul edilmiştir (Threlkeld, 1998).  $I$  ise toplam güneş ışınımı şiddeti olup eğik düzleme gelen direkt ( $I_{ed}$ ), yayılı ( $I_{ey}$ ) ve yansıyan ( $I_{ya}$ ) ışınımın toplamından aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Duffie and Beckman, 1991; Kılıç ve Öztürk, 1983).

$$I = I_{ed} + I_{ey} + I_{ya} \quad (6)$$

Yukarıdaki denklemde mevcut olan ışınımın hesap yöntemi ayrıntılı olarak mevcuttur (Kılıç ve Öztürk, 1983). Yapı elemanı boyunca sıcaklık dağılımını hesaplamak için, diferansiyel denklem ile sınır şartları implicit sonlu fark yaklaşımını kullanarak çözüm yapılmıştır (Patankar, 1980). Daha sonra ise bir bilgisayar programı geliştirilerek yapı içerisindeki sıcaklık dağılımı bulunmuştur. Bu durumda iç ortama transfer edilen anlık ısı akısı miktarı ise elde edilen duvar iç yüzey sıcaklıklarından faydalanarak aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$q_i = h_i(T_{di} - T_i) \quad (7)$$

Elde edilen ısı akıları sanki sürekli hal içindir. Yani yapı elemanının aynı eşdeğer sıcaklık değişimine her periyot sonunda tekrar maruz kaldığı dikkate alınarak ısı akısı değişiminin sanki sürekli hale ulaşması sağlanmıştır. Tek katmanlı duvar için periyodik hale ulaşma üç gün sürmüştür.

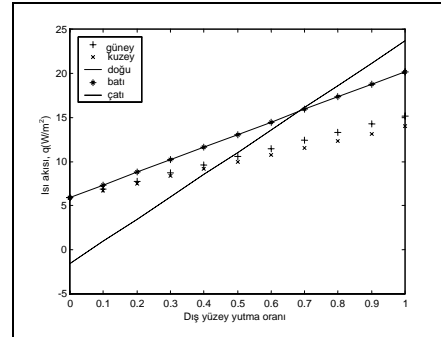
### 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada dış etkiye maruz kalan bina duvarlarının ve çatısının dış yüzeyinin güneş ışınımını yutma oranına göre ısı kazanç ve kayıplarının değişimi detaylı olarak araştırılmıştır.

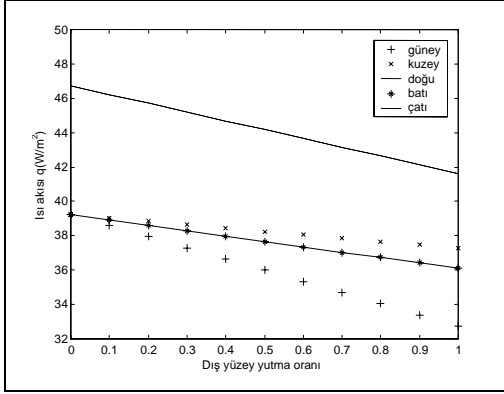
Hesaplamalar Elazığ' da yazın en sıcak günlerinden biri olan 15 Temmuz' da ve 23 °C sabit iç ortam sıcaklığında ve kışın en soğuk günlerinden biri olan 15 Ocak' ta 20 °C sabit iç ortam sıcaklığı için yapılmıştır. Hesaplamalar sırasında kullanılan dış ortam sıcaklıkları 15 Temmuz ve 15 Ocak için meteorolojiden alınmıştır (Elazığ Meteoroloji İstasyonu, 1997-2002). İçteki ve dıştaki ısı transfer katsayısı ise sırasıyla  $h_i=6 \text{ W/m}^2\text{K}$  ve  $h_o=22 \text{ W/m}^2\text{K}$  olarak alınmıştır. Duvar ve çatı malzemesi olarak 20 cm kalınlığında tuğla ( $k=0.64 \text{ W/m-K}$ ,  $\rho=1800 \text{ kg/m}^3$ ,  $c_p=840 \text{ J/kg-K}$ ) ve 20 cm kalınlığında beton blok ( $k=1.731 \text{ W/m-K}$ ,  $\rho=2243 \text{ kg/m}^3$ ,  $c_p=840 \text{ J/kg-K}$ ) seçilmiştir. Bu durumda opak yapının yutma oranı  $\alpha=0'$  dan 1'e kadar 0.1 oranında artırılarak, dört ana yöne bakan duvarlar ve çatı için ısı akıları yaz ve kış şartları için hesaplanmıştır. Yalıtımsız tuğla ve beton yapılarda dış yüzey yutma oranının ısı kazanç ve kayıplarına olan etkileri incelendikten sonra, duvar dış yüzeyine yalıtım eklenerek yalıtım kalınlığı arttıkça dış yüzey yutma oranlarına göre ısı akıları da ayrıca hesaplanmıştır. Böylece yalıtım kalınlığı üzerinde yutma oranının etkisi, ısı kazanç ve kaybı açısından incelenmiştir. Bunun için de yalıtım malzemesi olarak cam yünü ( $k=0.036 \text{ W/m-K}$ ,  $\rho=105 \text{ kg/m}^3$ ,  $c_p=795 \text{ J/kg-K}$ ) ve duvar

malzemesi olarak da tuğla seçilmiştir. Bu durumda cam yünü yalıtım malzemesi, 20 cm kalınlığındaki tuğla duvarın dış yüzeyinden itibaren 10 cm oluncaya kadar 1 cm lik bir artışla artırılarak üç farklı yutma oranı (0.2, 0.5 ve 0.9) için ısı kazanç ve kayıpları hesaplanarak grafikler halinde sunulmuştur. Grafiklerdeki ısı akıları 24 saat boyunca elde edilen ısı akılarının ortalamasıdır.

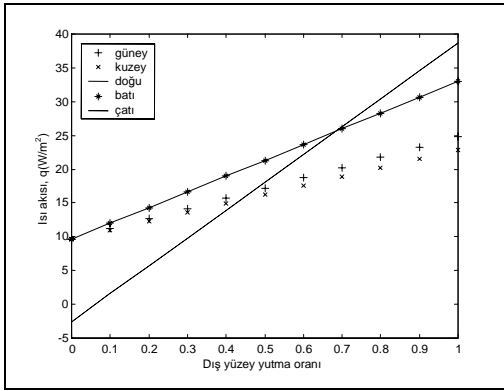
Şekil 2 ve 3 sırasıyla yaz ve kış şartlarında farklı yönlere bakan tuğla duvar ile tuğla çatı için dış yüzey yutma oranının ısı akısına göre değişimlerini göstermektedir. Aynı durum yapı malzemesi olarak beton kullanılması halinde Şekil 4 ve 5'te gösterilmektedir. Farklı duvar yönlerinde, yutma oranının ısı kazanç ve kayıplarına göre değişimlerini daha iyi görebilmek için yaz ve kış şartları birlikte ele alınarak yine iki farklı malzeme için Şekil 6 ve 7 de gösterilmiştir. Bu şekillerden görüldüğü gibi yaz şartlarında dış yüzey yutma oranı sıfırken yani güneş ışınımının etkisi yokken tuğla duvarda tüm yönlerdeki ısı kazancı yaklaşık olarak  $6 \text{ W/m}^2$  iken beton duvarda bu değer  $10 \text{ W/m}^2$  dir. Kış şartlarında ise yine güneşin etkisi sıfırken yani eşdeğer çevre sıcaklığı dış ortam sıcaklığına eşit olduğu zaman tuğla duvar için tüm yönlerdeki ısı kaybı yaklaşık olarak  $39.2 \text{ W/m}^2$  iken beton duvarda bu değer  $64 \text{ W/m}^2$  dir. Ancak çatıda ise dış yüzey yutma oranı sıfırken, eşdeğer çevre sıcaklığı, dış ortam sıcaklığından  $4 \text{ }^\circ\text{C}$  daha az olduğu için yaz şartlarında çok az da olsa bir ısı kaybı olmuştur. Bu ısı kaybı tuğla çatıda  $-1.56 \text{ W/m}^2$  olurken beton çatıda  $-2.56 \text{ W/m}^2$  olmuştur. Yutma oranı arttıkça yani 0.1'den itibaren hızla artan ısı kazancı meydana gelmiştir. Ancak  $\alpha=0.4$  değerine kadar en düşük ısı kazancı çatıda oluşurken  $\alpha=0.7$  değerinden sonra çatıdaki ısı kazancı duvarın tüm yönlerinde meydana gelen ısı kazancından fazla olmuştur (Şekil 2 ve 4). Kışın ise dış yüzey yutma oranı sıfırken ısı kaybı tuğla çatı için  $46.7 \text{ W/m}^2$  iken beton çatıda  $76.3 \text{ W/m}^2$  olmuştur.



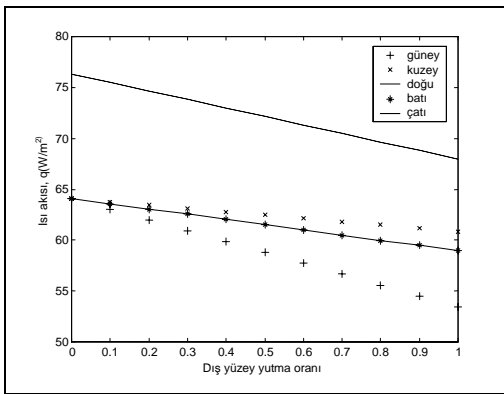
Şekil 2. Yaz şartlarında farklı yönlere bakan bina duvarlarının ve çatısının dış yüzey yutma oranı ile ısı akısının değişimi (yapı malzemesi olarak tuğla için)



Şekil 3. Kış şartlarında farklı yönlerde bakan bina duvarlarının ve çatısının dış yüzey yutma oranı ile ısı akısının değişimi (yapı malzemesi olarak tuğla için)



Şekil 4. Yaz şartlarında farklı yönlerde bakan bina duvarlarının ve çatısının dış yüzey yutma oranı ile ısı akısının değişimi (yapı malzemesi olarak beton için)



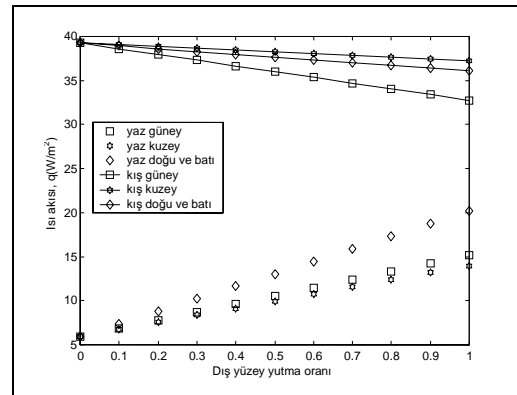
Şekil 5. Kış şartlarında farklı yönlerde bakan bina duvarlarının ve çatısının dış yüzey yutma oranı ile ısı akısının değişimi (yapı malzemesi olarak beton için)

Yutma oranı arttıkça tüm yönlerde ve çatıda yazın ısı kazancı artarken kışın ise ısı kaybı azalmıştır.

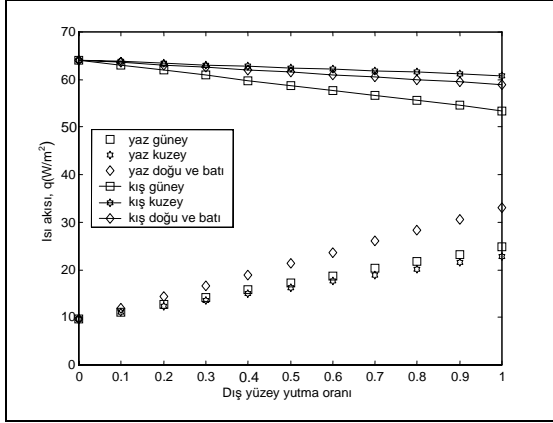
Ancak yutma oranı 0' dan 1'e kadar arttıkça, yazın ısı kazancında tuğla ve beton malzemenin her ikisi için de güneye bakan duvarda yaklaşık olarak % 60 oranında, doğu ve batı yönlerinde % 70, kuzeyde % 57 ve çatıda ise % 106 oranında bir artış olurken kışın ise ısı kaybında güneyde % 16, doğu ve batıda % 8, kuzeyde % 5 ve çatıda ise % 11 oranında bir azalma görülmüştür. Dolayısıyla yazın yutma oranının etkisi daha fazla olduğu için duvarın renginin yaz şartlarına göre belirlenmesi daha doğru olabilir. Bu yüzden yazın ısı kazancını azaltmak için duvarlar ve çatıların beyaz boyanması enerjinin korunumu açısından gereklidir. Özellikle çatılarda dış yüzey yutma oranının oldukça düşük olması ısı kazancını, duvarlara göre daha çok azaltmakta ve hatta  $\alpha = 0$  olması durumunda ısı kaybından dolayı bir soğutma etkisi yapmaktadır.

Kuzeye bakan duvarlar diğer yöndeki duvarlara göre yazın ve kışın en az güneş ışınımı kabul ettiğinden yazın en az ısı kazancı kışın ise en fazla ısı kaybı söz konusudur. Doğru ve batı duvarları ise güneşin simetrik hareketinden dolayı benzer değişim göstermişlerdir. Güneye bakan duvarlar ise diğer yöndeki duvarlara göre kışın en fazla güneş ışınımı yazın ise kuzey yönü hariç en az güneş ışınımı kabul ettiğinden, dış yüzeyin güneş emiciliği arttıkça yazın kuzey duvarı hariç en az ısı kazancı kışında en az ısı kaybı söz konusu olmuştur (Şekil 6 ve 7).

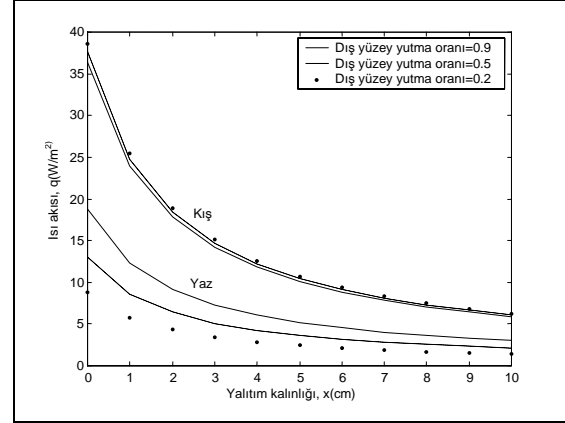
Şekil 8, 9 ve 10 ise yaz ve kış şartlarında sırasıyla güney, kuzey ve doğu batı yönlerine bakan yalıtımlı duvarın üç farklı dış yüzey yutma oranlarına göre artan yalıtım kalınlığı ile ısı akısının değişimini göstermektedir. Bu üç şekil incelendiği zaman, tüm yönlerde kışın yalıtım kalınlığı üzerinde dış yüzey renginin etkisi hemen hemen hiç olmazken, yazın daha etkili olmuştur. Ancak 5 cm yalıtım kalınlığından itibaren dış yüzey renginin etkisi çok fazla olmamıştır.



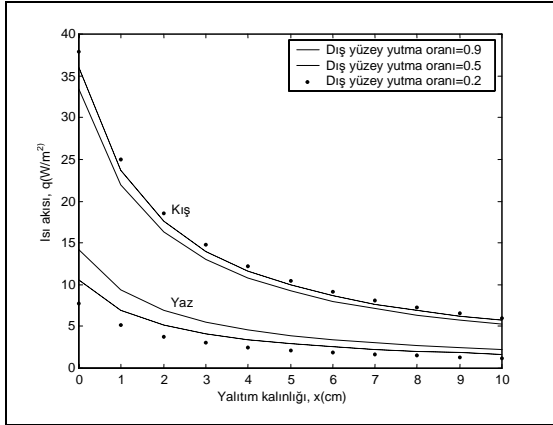
Şekil 6. Yaz ve kış şartlarında farklı yönlerde bakan bina duvarlarının dış yüzey yutma oranı ile ısı akısının değişimi (yapı malzemesi olarak tuğla için)



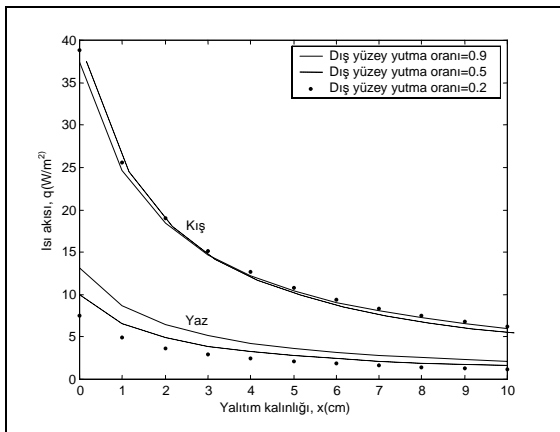
Şekil 7. Yaz ve kış şartlarında farklı yönlere bakan bina duvarlarının dış yüzey yutma oranı ile ısı akısının değişimi (yapı malzemesi olarak beton için)



Şekil 10. Yaz ve kış şartlarında doğu ve batıya bakan cam yünü yalıtımlı tuğla duvarın üç farklı dış yüzey yutma oranına göre artan yalıtım kalınlığı ile ısı akısının değişimi



Şekil 8. Yaz ve kış şartlarında güneye bakan cam yünü yalıtımlı tuğla duvarın üç farklı dış yüzey yutma oranına göre artan yalıtım kalınlığı ile ısı akısının değişimi



Şekil 9. Yaz ve kış şartlarında kuzeye bakan cam yünü yalıtımlı tuğla duvarın üç farklı dış yüzey yutma oranına göre artan yalıtım kalınlığı ile ısı akısının değişimi

#### 4. KAYNAKLAR

Antonopoulos, K. A. and Valsamakis, S. P. 1993. Effects of Indoor and Outdoor Heat Transfer Coefficients and Solar Absorptance on Heat Flow Through Walls. *Energy*. 18 (3), 259-271.

Bansal, N. K., Garg, S.N. and Kothari, S. 1992. Effect of Exterior Surface Colour on the Thermal Performance of Buildings. *Building and Environment*. 27(1), 31-37.

Cheng V., Ny E. and Givoni, B. 2005. Effect of Envelope Colour and Thermal Mass on Indoor Temperatures in Hot Humid Climate. *Solar Energy*. 78 (4), 528-534.

Duffie J.A. and Beckman, W. A. 1991. *Solar Engineering of Thermal Processes*. John Wiley and Sons, inc., New York.

Elazığ Devlet Meteoroloji İstasyonu, *Dış hava Sıcaklığı Raporu*, Elazığ, 1997-2002.

Kılıç, A. ve Öztürk, A. 1983. *Güneş Enerjisi. Kipas Dağıtımçılık*, İstanbul.

Omar, M.A. 1997. Al-Rabghi and Khalid M. Al-Johani, Utilizing Transfer Function Method for Hourly Cooling Load Calculations. *Energy Convers. Mgmt*. 38 (4), 319-332.

Patankar, S.V. 1980. *Numerical Heat Transfer and Fluid Flow*, Hemisphere Publishing Co., USA.

Shariah, A., Shalabi, B., Rousan, A. and Tashtoush, B. 1998. Effects of Absorptance of External Surfaces on Heating and Cooling Loads of Residential Buildings in Jordan. *Energy Convers. Mgmt*. 39 (3/4), 273-284.

Threlkeld, J.L. 1998. *Thermal Environmental Engineering*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.