



Bu bir MMO
yayıdır

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

DUVAR YÖNLENMESİNİN ISI KAYIP VE KAZANÇLARINA ETKİSİ

TUĞÇE PEKDOĞAN
TAHSİN BAŞARAN
İZMİR YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ

DUVAR YÖNLENMESİNİN ISI KAYIP VE KAZANÇLARINA ETKİSİ

Design And Construction Of A Multi-Purpose Reverberation Suite For Sound Power Measurements Of HVAC Equipment

Tuğçe PEKDOĞAN
Tahsin BAŞARAN

ÖZET

Binaların opak duvar yüzeylerindeki ısı transferi problemi, yıl boyunca değişik iklim koşulları ve yönlenmelere bağlı olarak, enerji tüketiminin azaltılması ve istenen ısı konfor şartlarının elde edilmesi bağlamında oldukça önemlidir. Bu çalışmada, uygulamada çok kullanılan dıştan yalıtımlı opak duvarın zamana bağlı ısı davranışı parametrik olarak farklı dış ortam sınır koşulları için analiz edilmiştir. İzolasyon kalınlığı TS825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı baz alınarak belirlenmiştir. Tüm ayların günlük ortalama iklimsel verileri ile kuzey, güney ve batı olmak üzere üç farklı yönlenme durumunda, bir boyutlu zamana bağlı ısı iletim denklemi, sonlu farklar yöntemi kullanılarak, ısı kazanç ve kayıpları açısından irdelenmiştir. İç ortam sıcaklığı yıl boyunca sabit bir değer alınmış; dış yüzeyde ise etkili olan güneş ve gökyüzü ışıınımı; dış hava sıcaklık, bağıl nem ve rüzgâr hızı ve buna bağlı olarak tanımlanan ısı taşınım katsayısı değerleri, zamana bağlı olarak ifade edilmiştir. Bu sınır koşulları altında analizler, İzmir ilinin meteorolojik verileri kullanarak gerçekleştirilmiş olup, duvar içindeki sıcaklık dağılımının ve buna bağlı ısı transferinin gün boyunca zamana bağlı değişimi sayısal olarak elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Isı iletimi, Duvar yönlenmesi, Isı yalıtımı.

ABSTRACT

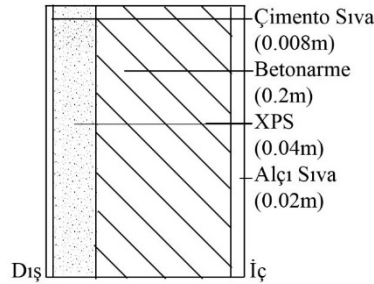
Heat transfer problem of the building opaque wall surfaces are highly important for restricting of the energy consumptions and providing thermal comfort for different climatic conditions and orientations. In this study, opaque wall insulated externally which is widely used in application is parametrically analyzed regarding their time dependent thermal behaviors. Thermal insulation thickness is obtained based on TS825 Turkish directive on the thermal insulation of buildings. One dimensional time dependent heat conduction equation is investigated by solving implicit finite difference method for monthly average daily climatic conditions; and it is analyzed three different directions including north, south, and west orientations. The inside temperature is defined as a constant value during the year; and the solar and sky radiation, outside temperature, relative humidity, heat convection coefficient defined by wind velocity values for the outside surface are also expressed as a function of time. Numerical analyses under those climatic conditions are carried out to calculate time dependent temperature distribution through the wall and the heat transfer by using the meteorological data for İzmir.

Key Words: Heat conduction, Orientation of the wall, Thermal insulation.

1. GİRİŞ

21. yüzyılda artmakta olan nüfus ve sanayileşmenin sonucu olarak mevcut kaynakların aşırı kullanılması, günden güne azalması, enerji talebi ve fosil yakıt rezervlerinin tükenmesi sonucu ekolojik dengenin bozulması dünyanın karşı karşıya kaldığı en büyük problem olmuştur. Enerji ihtiyacı gittikçe artarken enerjinin verimli kullanılması da önem kazanmaktadır. Bu durum insanları üretim ve tüketim biçimlerini tekrar gözden geçirmeye, farklı kaynak arayışına ve yeni çözümler bulmaya yönlendirmiştir. Bu sebeple çevreye duyarlı tasarım yaklaşımları, binalarda ve sanayide enerji verimliliğini destekleyecek çalışmalar ön plana çıkmıştır. Bu amaçla bina elemanlarında ısı yalıtımı enerji tasarrufu açısından önemli bir katkı sağlamaktadır. Isı yalıtımı, iç ortamda ısı konfor koşullarının sağlanabilmesi için, dış iklimsel koşulların şiddetine bağlı olarak, içeriden dışarıya veya dışarıdan içeriye ısı geçişinin sınırlandırılması ve dolayısıyla ısıtma ve soğutma enerjisi giderlerinin azaltılması için uygulanmaktadır. Isı yalıtım malzemelerinin kendilerinden beklenen performansı gösterebilmeleri için yer aldıkları yapı elemanlarının tasarımında dış etkenler (rüzgâr, sıcaklık, bağıl nem ve ışınlam) göz önünde bulundurularak tasarlanmalıdır.

Yıllık ısıtma ve soğutma yükleri, yalıtım kalınlığının belirlenmesinde göz önüne alınmış; birçok yazar, farklı iklim bölgelerinde optimum yalıtım kalınlığını araştırmıştır. Bu çalışmaların bazıları kararlı durum altında geliştirilmiş olup binaların ısıl atalet etkisi hesaba katılmamıştır [1]. Aksine, dış duvarlarda zamana bağlı ısı transferinde ısıl atalet önemli bir etkiye sahiptir [2-12] ve bu çalışmada göz önüne alınmıştır. Buna göre ısıl analiz gerçekleştirildiği dış duvar yapısı olarak Şekil 1’de görüldüğü üzere, dıştan yalıtımlı durum için kabuk gövde elemanı olarak 20 cm betonarme, yalıtım malzemesi olarak XPS (extrude polistren köpük) kullanılmıştır. TS825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardına [13] göre ve kullanılan malzemelerin ısıl dirençlerinin tanımlanmasıyla, İzmir için yalıtım kalınlığı 4 cm olarak belirlenmiştir. Bu duvar yapısı için zamana bağlı bir boyutlu ısı iletim denklemi, farklı yönlenme ve farklı dış ortam koşulları altında sayısal olarak incelenmiştir.



Şekil 1. Dıştan yalıtımlı duvar yapısı.

2. MATEMATİKSEL YÖNTEM

Opak bir duvar yüzeyinden olan ısı kazanç ve kayıplarının hesaplanabilmesi için aşağıdaki bağıntılar kullanılmıştır. Dış yüzeyinde değişen güneş ışınlamı, dış hava koşulları ve ısı taşınım katsayısı zamana bağlı olarak ifade edilen değişkenlerken; iç yüzeyinde ise sabit değerdeki ısı taşınım katsayısı ve oda sıcaklığına maruz bırakılan dıştan yalıtımlı duvardan olan ısı geçişi ele alınmıştır. Bu duruma göre, zamana bağlı ve içinde ısı üretimi olmayan koşullar için paralel, izotropik ve homojen çok tabakalı bir duvardaki tek boyutlu ısı iletim denklemi aşağıdaki gibi yazılmıştır;

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

Bu denklemdeki k , ρ ve c_p yapı elemanlarının ısı iletim katsayısı, yoğunluğu ve özgül ısıyı temsil etmektedir. Buna bağlı olarak çok tabakalı bu duvar yapısı için sınır şartları ve başlangıç şartı aşağıdaki gibi tanımlanmıştır;

$$t > 0, x = 0 \leftrightarrow -k_0 \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=0} = \alpha I + \sigma \varepsilon (T_{sky}^4 - T_{s,0}^4) + h_o (T_{\infty,o} - T_{s,0}) \quad (2)$$

$$t > 0, x = L \leftrightarrow -k_L \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=L} = h_i (T_{s,L} - T_{\infty,i}) \quad (3)$$

$$0 \leq x \leq L, t = 0 \leftrightarrow T(x, 0) = T_{initial} \quad (4)$$

Ayrıca her bir duvar bileşeninin kesişme noktaları ise;

$$x: \text{ara yüzeyler}, t > 0 \Rightarrow \left(-k \frac{\partial T}{\partial x}\right)_{Layer 1} = \left(-k \frac{\partial T}{\partial x}\right)_{Layer 2} \quad (5)$$

eşitlik 5'teki gibi tanımlanmıştır. Yukarıdaki eşitliklerde, k_0 ve k_L dış ve iç yüzeylerdeki sıva malzemesinin ısı iletkenliğini temsil eder. α ve I sırasıyla 0.4 olarak tanımlanan dış yüzey güneş emiciliğini ve İzmir için dikey bir yüzeye gelen toplam güneş ışınımı şiddetini göstermektedir [14]. σ değeri $5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ olarak alınmış olan Stefan-Boltzmann sabitiyken, dış yüzeyin yayma katsayısı ε ise 0.93 olarak kabul edilmiştir [15]. Burada verilmiş olan $T_{s,0}$ ve $T_{s,L}$ sırasıyla iç ve dış yüzey sıcaklığıdır. $T_{\infty,i}$ ise iç ortam sıcaklık değeri olup tüm aylar boyunca 22°C olarak sabit kabul edilmiştir. Buna karşılık $T_{\infty,o}$ ise, aylık ortalamalara göre belirlenen dış hava sıcaklığının gün boyunca değişimini yansıtmaktadır. Atmosfer etkin gökyüzü sıcaklığı T_{sky} denklem 6'daki gibi ifade edilir [15].

$$T_{sky} = T_{\infty,o} \left(0.8 + \frac{T_{dp}}{250}\right)^{0.25} \quad (6)$$

burada gökyüzü sıcaklığı T_{sky} , zamana bağlı olarak iklim koşullarına göre değişmektedir ve çiy noktası sıcaklığı T_{dp} ile dış hava sıcaklığı $T_{\infty,o}$ kullanılarak tanımlanmıştır. Kelvin birimindeki çiy noktası sıcaklığı, bağıl nem ve hava sıcaklığı ile ilişkilendirilir. h_i ve h_o parametreleri sırasıyla duvarın iç ve dış yüzeylerindeki ısı taşınım katsayılarını temsil etmektedir. İç yüzey taşınım direnci TS825'te tanımlandığı gibi $1/0.13 \text{ m}^2\text{K/W}$ olarak alınmıştır [13]. Buna karşılık dış yüzey taşınım katsayısı rüzgar hızına (V_s) bağlı olarak eşitlik 7'deki gibi tanımlanmıştır [16]:

$$h_o = 6.31 V_s + 3.32 \quad (7)$$

$T_{initial}$, tanımlanmış olan duvar kesiti için başlangıç sıcaklığıdır ve meşlenmiş (ağ yapısı modeli) bölgelere başlangıç şartı olarak uygulanmıştır. Yazılmış olan kod çalıştırıldıktan sonra duvar kesitinde yeni bir sıcaklık dağılımı hesaplanmıştır. Çıkan sonuç, bir sonraki iterasyon için yeni başlangıç sıcaklığı dağılımı olarak alınmıştır. Bu çalışmada iterasyon sayısı, duvar kesiti boyunca sıcaklık değeri için, son iterasyon ile onun bir öncesi arasındaki en yüksek oran %0.5 olana kadar tekrarlanmıştır. Dolayısıyla duvar boyunca sıcaklık değerleri hesaplanan son döngü sonuçları kullanılarak verilmiştir.

Fotovoltaik Coğrafi Bilgi Sisteminde yer alan interaktif haritalar, zamana bağlı güneş ışınım değerlerinin hesaplanmasında kullanılmıştır [14]. Bu interaktif haritalar ile Avrupa alt kıtasındaki veriler güneş ışınım modeli ve GRASS [17] olarak adlandırılan CBS yazılımı ile tanımlanan bazı programlar kullanılarak geliştirilmiştir. Güneş ışınım algoritmaları, Avrupa Güneş Işınım Atlas'ında yayınlanan denklemlere [18] dayanmaktadır. Buna karşılık diğer iklimsel veriler, sıcaklık, bağıl nem ve rüzgâr, İzmir ili için, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınmış, aylık ortalamaların günlük değişimini yansıtmaktadır [19].

3. DIŞTAN YALITIMLI DUVAR ELEMANININ YAPISAL VE TERMOFİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Yalıtım kalınlığı TS825 [13] İzmir verilerine göre belirlenmiş olan, dıştan yalıtımlı dış duvar elemanının ısı kazanç ve kayıplarını belirlemek amacıyla, malzemelerin termofiziksel özellikleri ASHRAE kriterlerine göre tanımlanmış olup Tablo 1'de sırasıyla verilmiştir [20]. Bina kabuğunu oluşturan katmanlar; 20 cm kalınlığında betonarme duvar elemanı, 4 cm kalınlığında yalıtım malzemesi olan XPS, dış ve iç yüzeye uygun sıvadır.

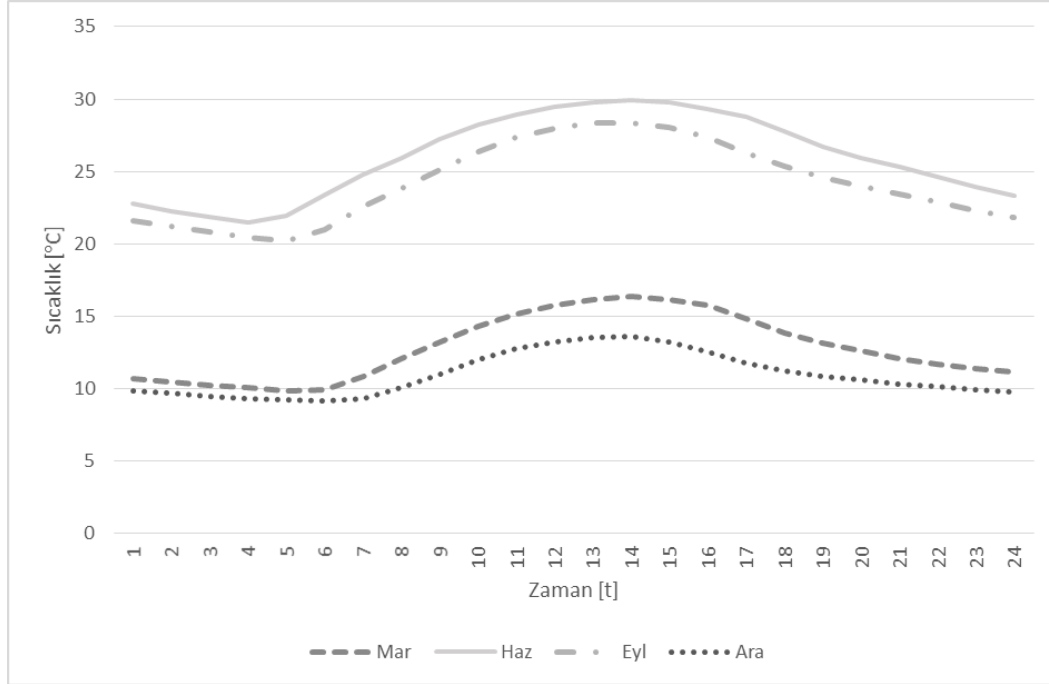
Tablo 1. Kullanılan yapı ve yalıtım malzemelerinin termofiziksel özellikleri [13,20].

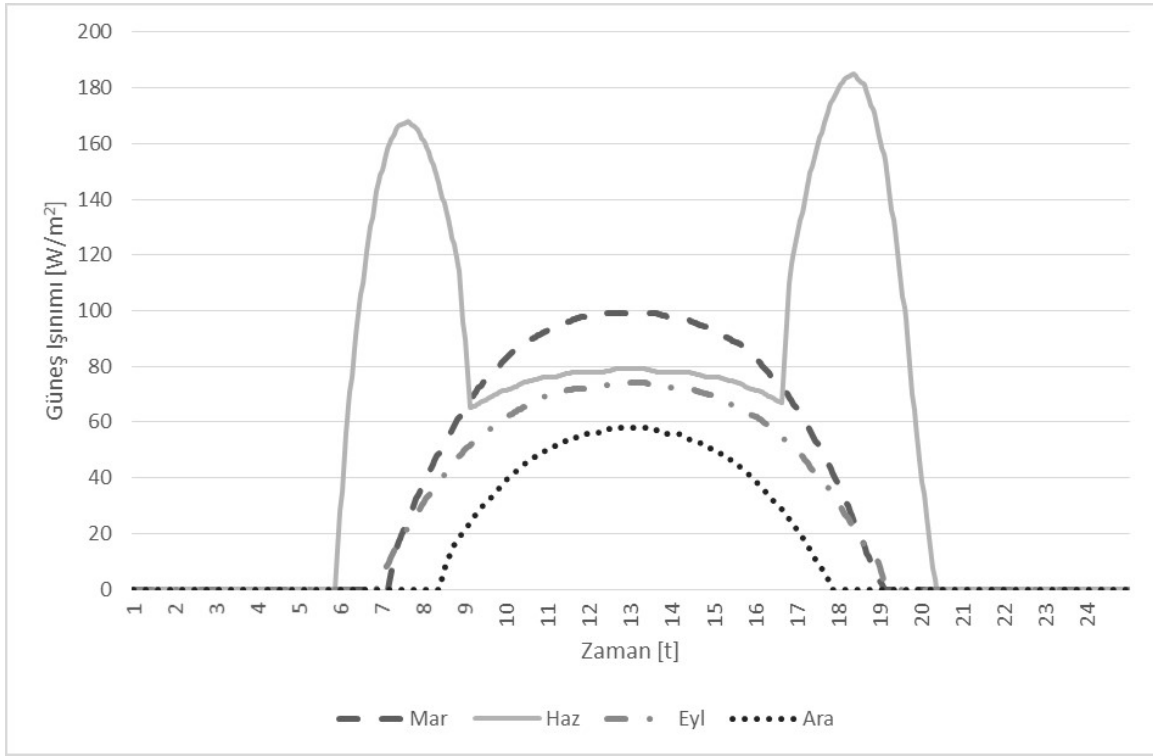
Malzeme	Kalınlık (m)	Isı İletim Katsayısı (W/m-K)	Özgül Isı (J/kg-K)	Yoğunluk (kg/m ³)
Çimento Sıva	0.008	0.720	840	1860
XPS İzolasyon Malzemesi	0.04	0.035	1400	35
Betonarme	0.2	2.300	1000	2300
Alçı Sıva	0.02	0.380	1090	1120
Total	0.268			

Şekil 1'deki kompozisyon oluşturulduğunda ve Tablo 1'deki değerlere göre; toplam ısı transfer katsayısı $0.676 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak hesaplanmaktadır ve bu değer TS825 gereğince İzmir için olması gereken değer $0.7 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'den düşüktür.

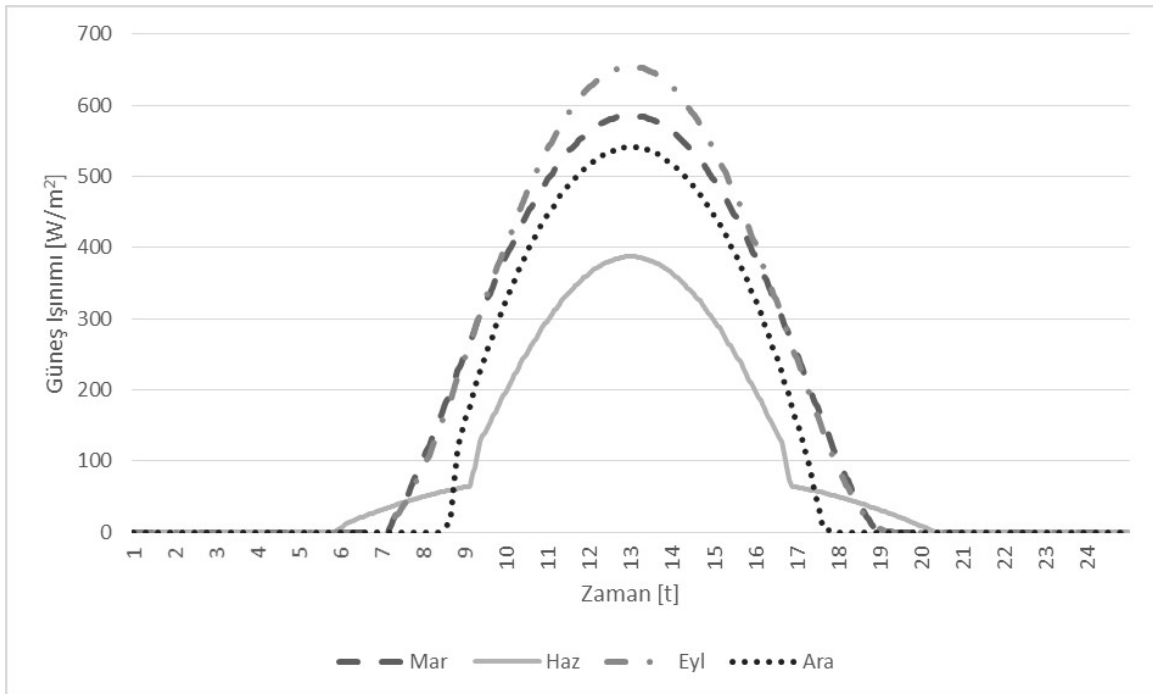
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, çok katmanlı bir duvarda ısı kayıp ve kazançlarını hesaplamaya yönelik bir boyutlu zamana bağlı ısı iletim denklemi implisit sonlu farklar yöntemi ile Visual Basic Programı kullanılarak çözülmüştür. Günün farklı saatlerinde duvar kalınlığı boyunca sıcaklık dağılımı ile ilgili simülasyonlar gerçekleştirilirken, özellikle 21 Mart ve 23 Eylül ekinoks (gece-gündüz eşitliği) ve 21 Aralık ve 21 Haziran solstis (gündönümü) tarihleri için kuzey, güney ve batı'ya bakan dış cephelerde dıştan yalıtımlı duvar yapısı için saatlik varyasyonlar incelenmiştir. Şekil 2'de Mart, Haziran, Eylül ve Aralık aylarının aylık ortalama günlük sıcaklık değişimleri görülmektedir [19]. Hesaplamalar sırasında bu değerler periyodik dış sınır şartları olarak kullanılmıştır. Şekil 3, 4 ve 5'de sırasıyla kuzey, güney ve batı yönlerinde dik düzleme gelen anlık güneş ışınlama şiddeti (W/m^2) değişimi görülmektedir [14].

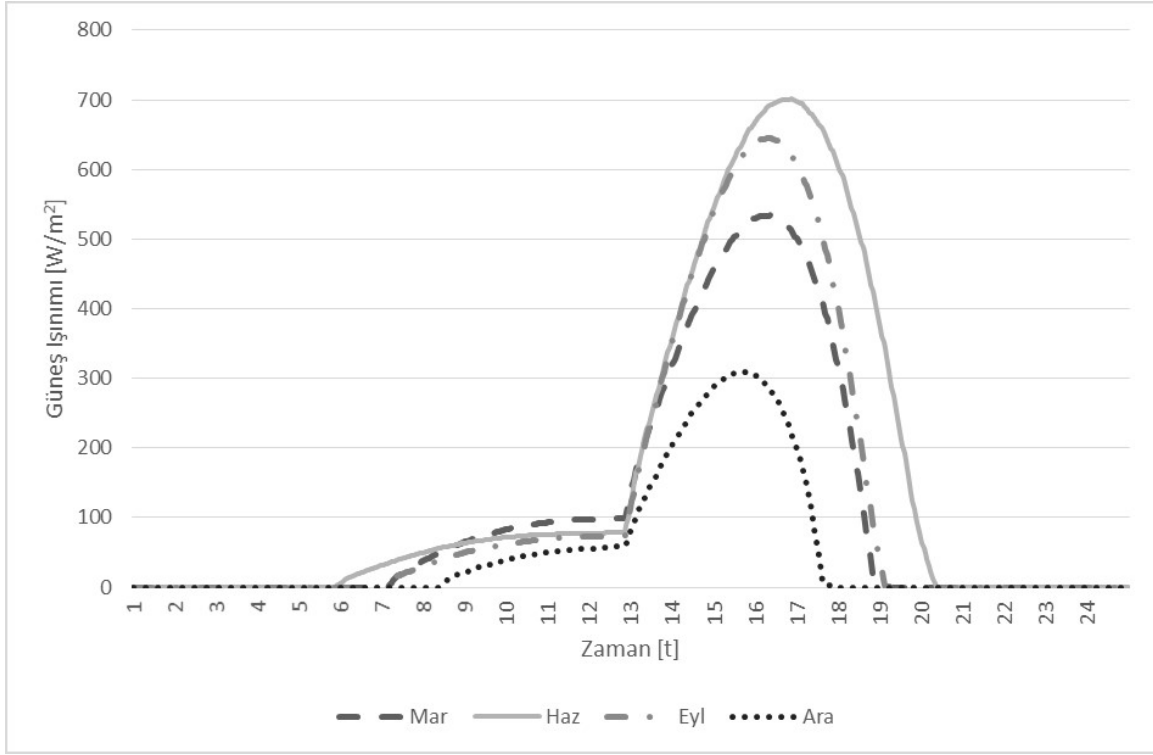

Şekil 2. İzmir; Mart, Haziran Eylül ve Aralık aylarındaki günlük meteorolojik verilerin aylık ortalama günlük sıcaklık değişimleri.



Şekil 3. İzmir; kuzey yönü için Mart, Haziran, Eylül ve Aralık aylarındaki günlük güneş ışınlamalarının ortalama değişimleri.

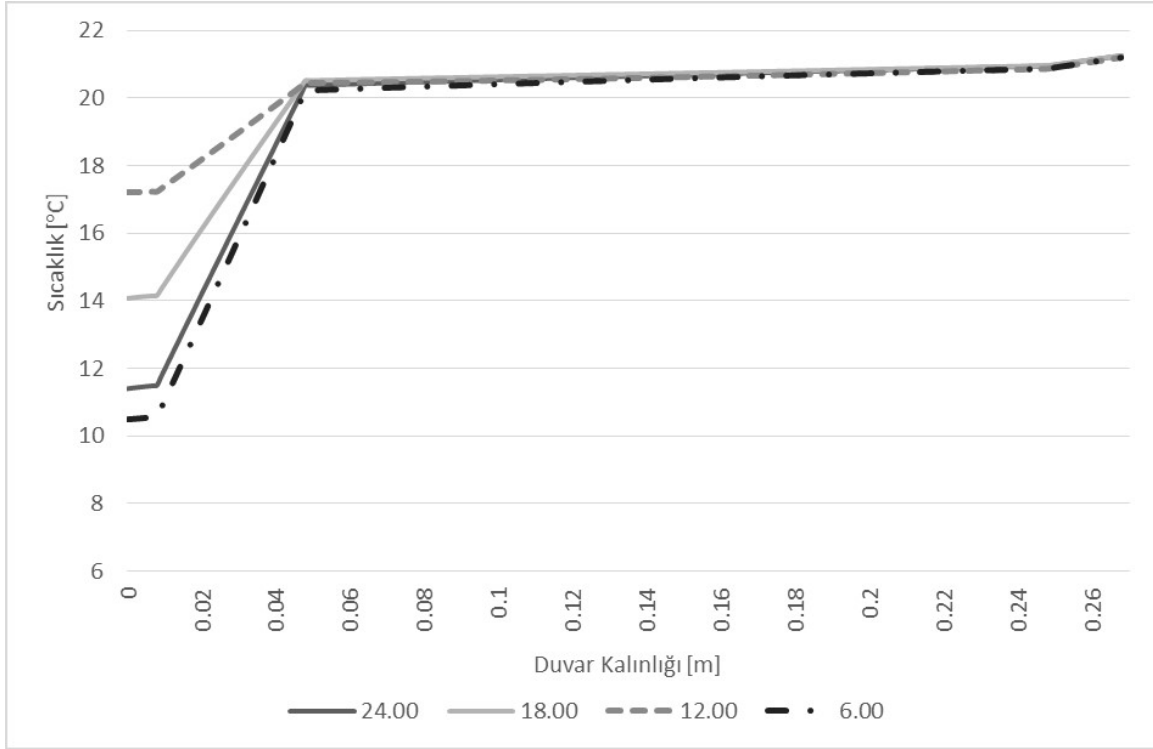


Şekil 4. İzmir; güney yönü için Mart, Haziran, Eylül ve Aralık aylarındaki günlük güneş ışınlamalarının ortalama değişimleri.

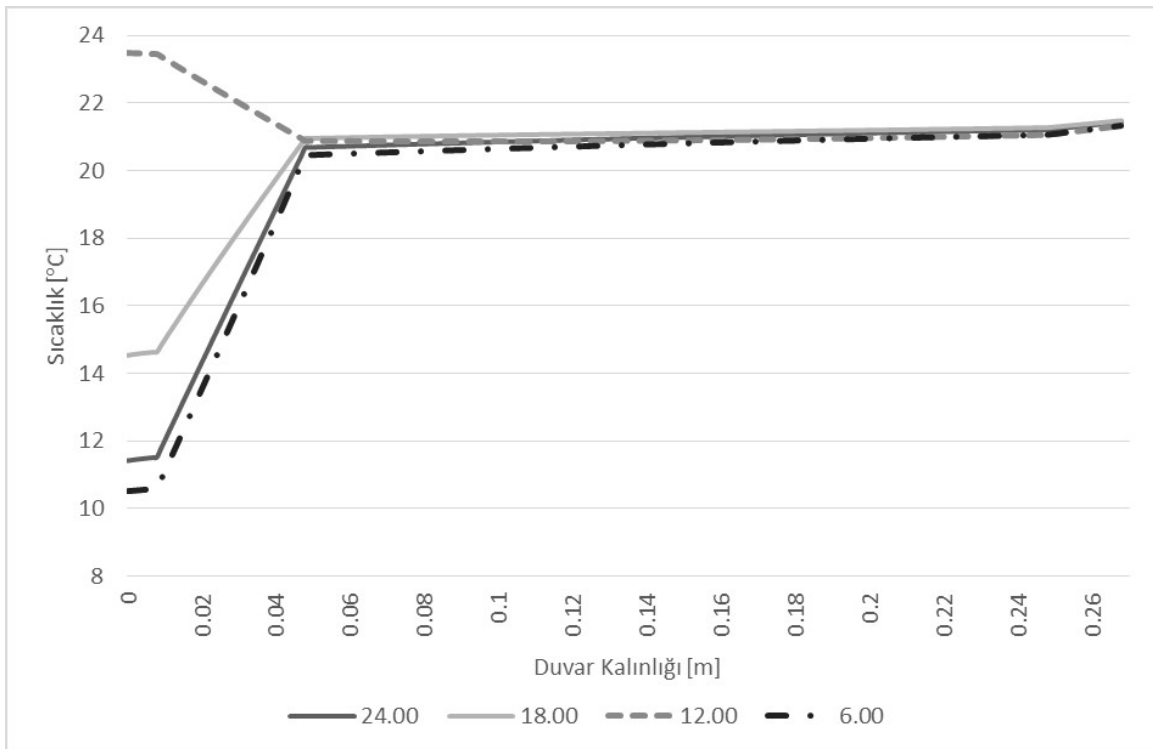


Şekil 5. İzmir; batı yönü için Mart, Haziran, Eylül ve Aralık aylarındaki günlük güneş ışıının ortalama değışimleri.

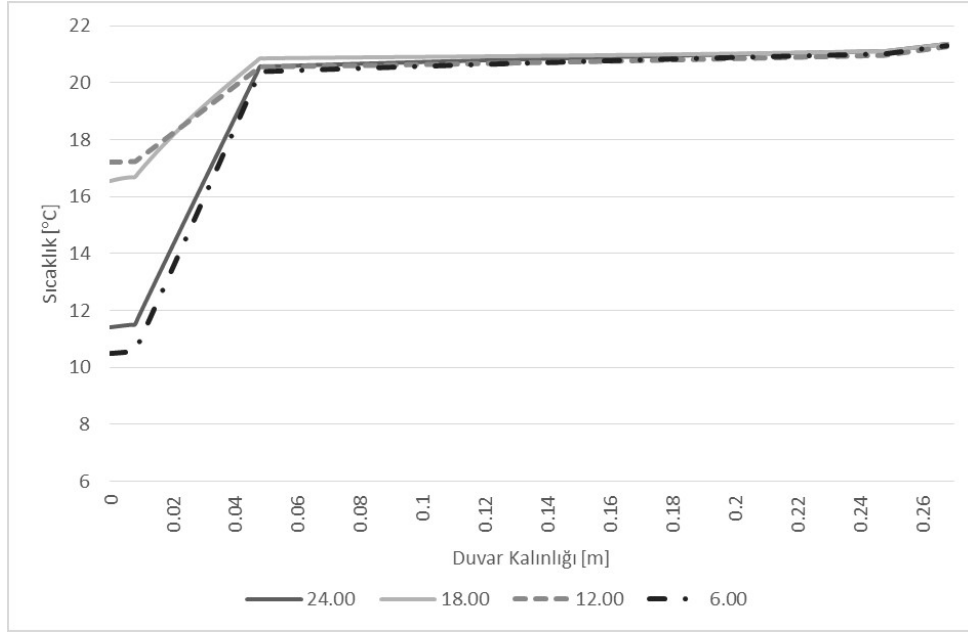
Hazırlanmış olan kodda yukarıda tanımlanmış sınır koşulları kullanılarak, opak yalıtımlı duvar kesitinde farklı zaman adımları için sıcaklık dağılımları elde edilmiştir. Yapılan bu çalışmanın sonuçlarına göre pasif kontrol stratejileri ve farklı duvar yönlendirmelerine bağlı farklı yalıtım stratejileri geliştirilebilir. Şekil 6, 7 ve 8, İzmir’de Mart ayı iklim şartlarında betonarme duvarın dış tarafına yalıtım uygulanması durumunda sırasıyla kuzey, güney ve batı yönleri için duvarda olan sıcaklık değışimlerini göstermektedir. Bütün aylar için iç ortam sıcaklık değeri 22°C olarak alınmış olup İzmir ili mart ayına ait günlük ortalama dış hava sıcaklığı değeri 12.8°C’dir. Şekil 6, 7 ve 8’de; 24.00, 18.00, 12.00 ve 06.00 zaman aralıkları için duvar kesiti boyunca sıcaklık dağılımları elde edilmiştir. Grafikte görülen kırılma noktaları duvardaki malzeme değışimine karşılık gelmekte; izolasyon malzemesinde ise en fazla sıcaklık değışimi meydana gelmektedir. Hesaplama sonuçlarına göre Şekil 6’da kuzey yönü için, tanımlanmış zaman adımlarındaki sıcaklık değışimlerinin gösterildiği Mart ayının ortalamasını yansıtan tüm bir gün için, iç yüzey sıcaklığı ortalaması 21.22°C iken; Şekil 7’de güney yönü için bu değeri 21.39°C olmakta ve Şekil 8’de ise batı cephesinde dıştan yalıtımlı opak duvar bileşeni ortalama iç yüzey sıcaklığı 21.31°C değeri almaktadır. Üç duvar yönlendirmesi için belirlenmiş olan standart sapma değeri ise 0.09°C’dir.



Şekil 6. İzmir; Mart ayı, kuzey cephesinde hesaplanan, günün farklı zamanlarında, duvar kalınlığındaki sıcaklık dağılımı.

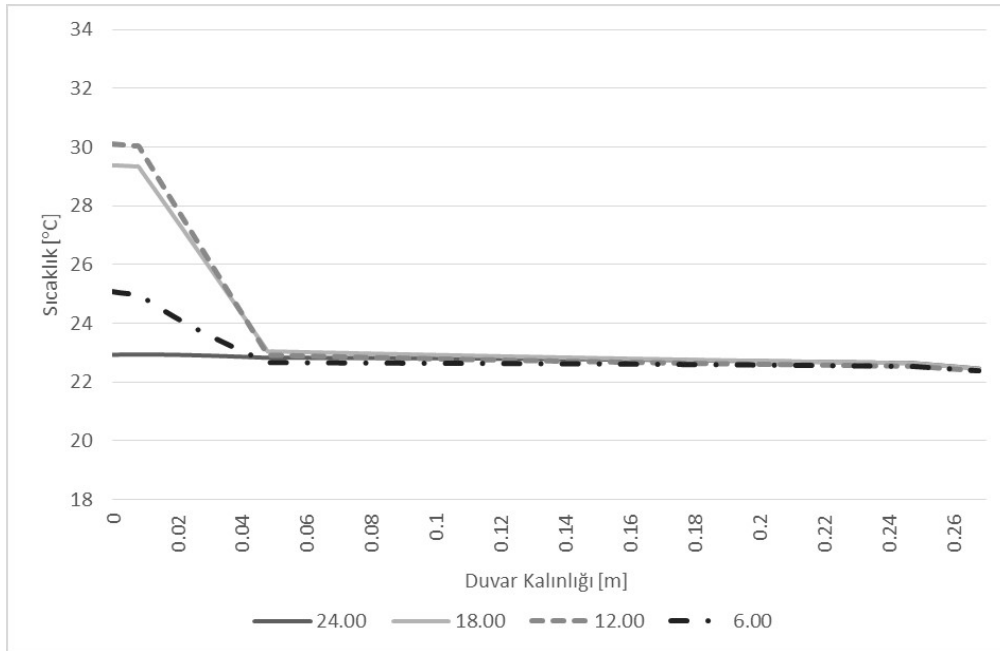


Şekil 7. İzmir; Mart ayı, güney cephesinde hesaplanan, günün farklı zamanlarında, duvar kalınlığındaki sıcaklık dağılımı.

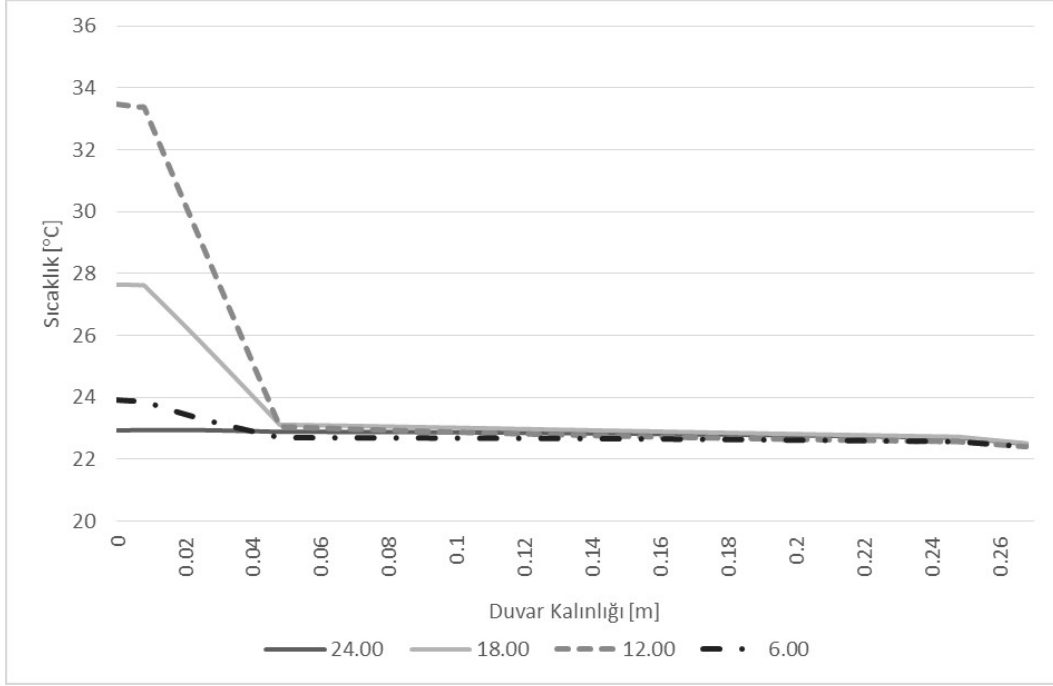


Şekil 8. İzmir; Mart ayı, batı cephesinde hesaplanan, günün farklı zamanlarında, duvar kalınlığındaki sıcaklık dağılımı.

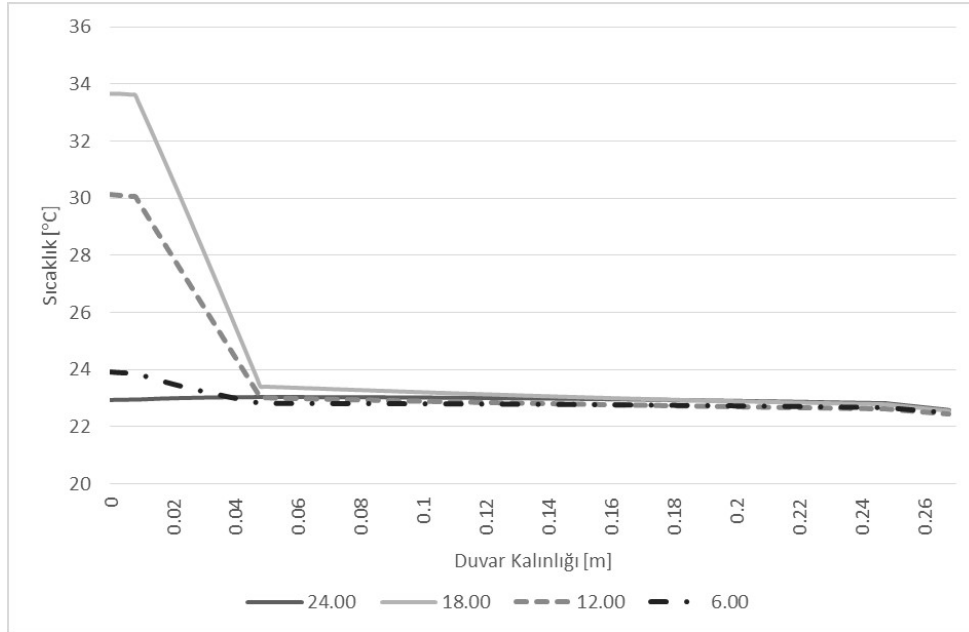
Şekil 9, 10 ve 11; İzmir için sırasıyla, kuzey, güney ve batı yönleri olmak üzere Haziran ayında günün farklı zamanlarında duvar kalınlığında meydana gelen sıcaklık dağılımlarını temsil etmektedir. Haziran ayına ait aylık ortalama dış hava sıcaklığı 25.9°C olarak saptanmıştır. Sayısal çözüme göre eklenmiş olan yalıtım malzemesi, ısı kaybı ve kazançlarını azaltmıştır. Hesaplama sonuçlarına göre Şekil 9'da Haziran ayı kuzey yönünde iç yüzey sıcaklığı ortalama 22.41°C iken Şekil 10'da güney yönü için 22.45°C ve Şekil 11'de batı cephesinde dıştan yalıtımlı opak duvar bileşen ortalama iç yüzey sıcaklığı ise 22.52°C'dir. Elde edilen sonuçlara göre standart sapma değeri 0.05°C'dir.



Şekil 9. İzmir; Haziran ayı, kuzey cephesinde hesaplanan, günün farklı zamanlarında, duvar kalınlığındaki sıcaklık dağılımı.

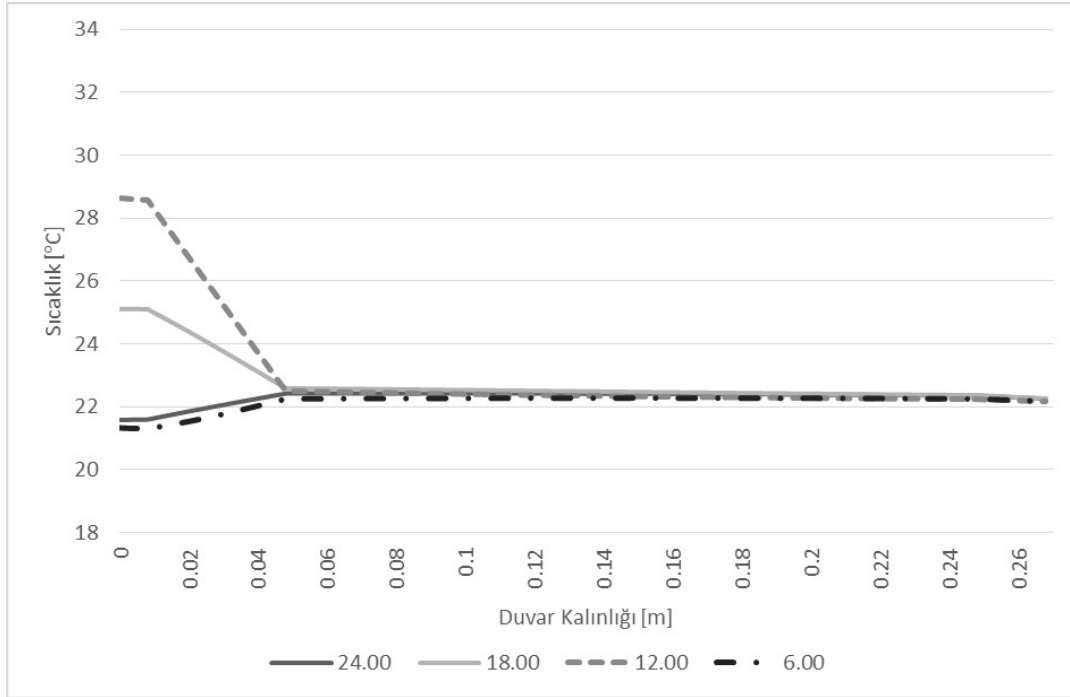


Şekil 10. İzmir; Haziran ayı, güney cephesinde hesaplanan, günün farklı zamanlarında, duvar kalınlığındaki sıcaklık dağılımı.

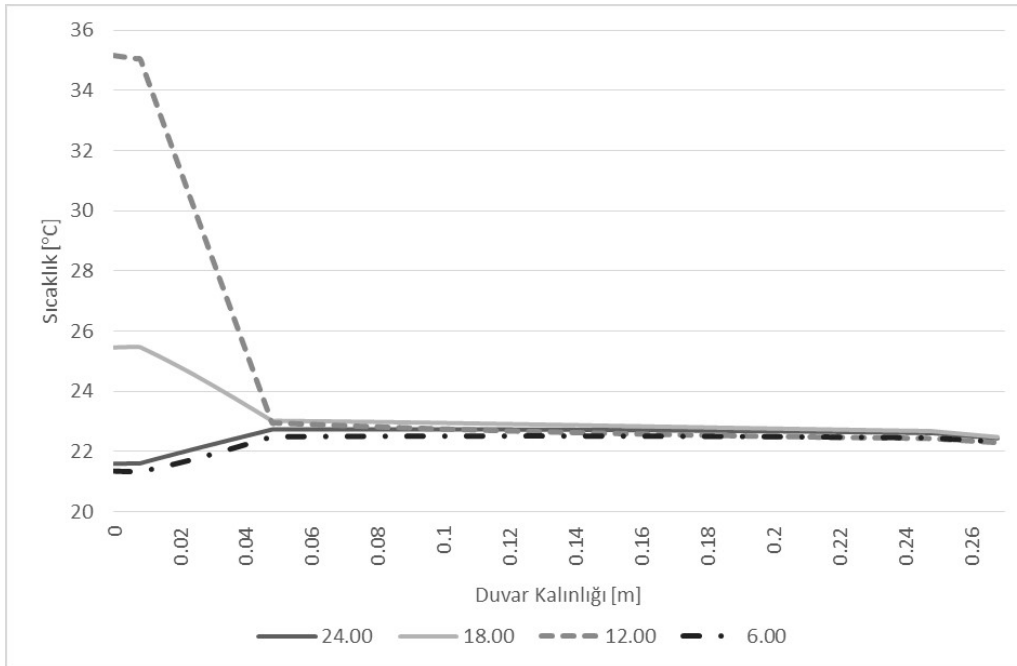


Şekil 11. İzmir; Haziran ayı, batı cephesinde hesaplanan, günün farklı zamanlarında, duvar kalınlığındaki sıcaklık dağılımı.

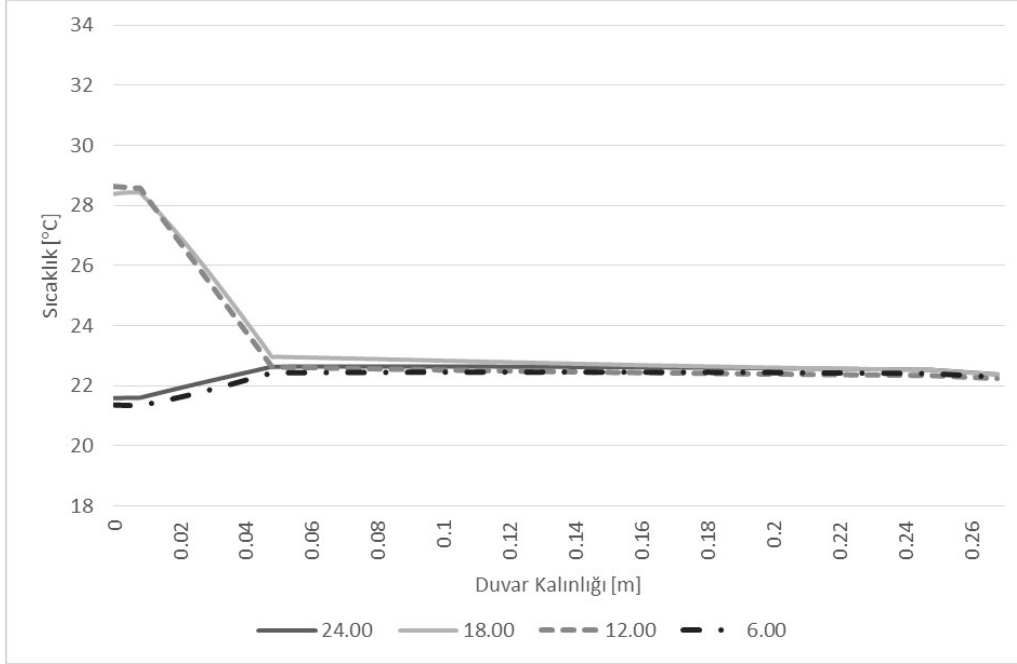
Şekil 12, 13 ve 14'de, saat 24.00, 18.00, 12.00 ve 06.00 olmak üzere, Eylül ayında günün dört farklı zaman diliminde hesaplanmış olan sıcaklık dağılımı verileri görülmektedir. Eylül ayına ait aylık ortalama dış hava sıcaklığı 24.2°C'dir. Hesaplama sonuçlarına göre Şekil 6'da Eylül ayı kuzey yönünde iç yüzey sıcaklığı ortalama 22.21°C iken Şekil 7'de güney yönü için 22.39°C ve Şekil 8'de batı cephesinde dıştan yalıtımlı opak duvar bileşen ortalama iç yüzey sıcaklığı 22.32°C'dir. Eylül ayı değerlerine göre standart sapma değeri 0.09'dur.



Şekil 12. İzmir; Eylül ayı, kuzey cephesinde hesaplanan, günün farklı zamanlarında, duvar kalınlığındaki sıcaklık dağılımı.

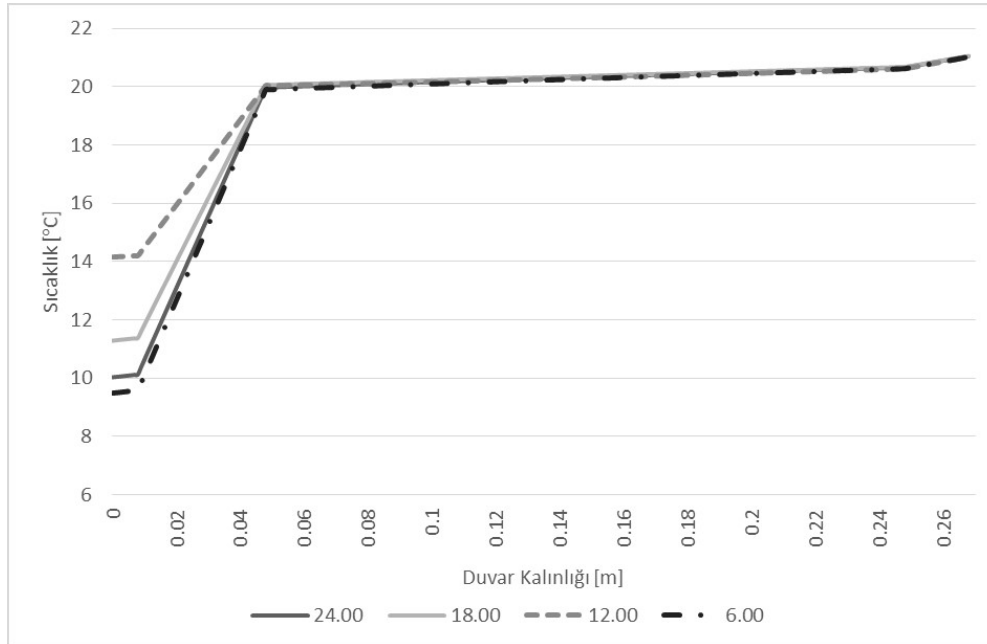


Şekil 13. İzmir; Eylül ayı, güney cephesinde hesaplanan, günün farklı zamanlarında, duvar kalınlığındaki sıcaklık dağılımı.

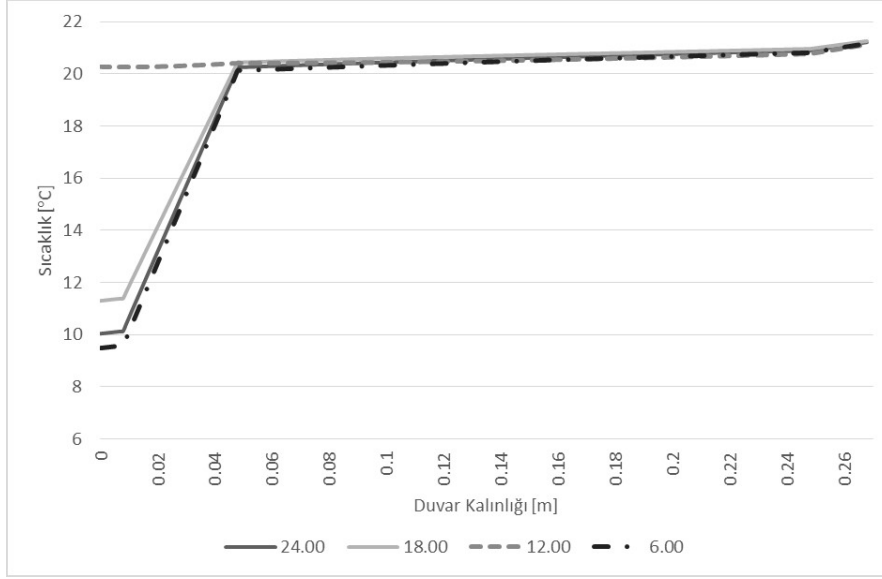


Şekil 14. İzmir; Eylül ayı, batı cephesinde hesaplanan, günün farklı zamanlarında, duvar kalınlığındaki sıcaklık dağılımı.

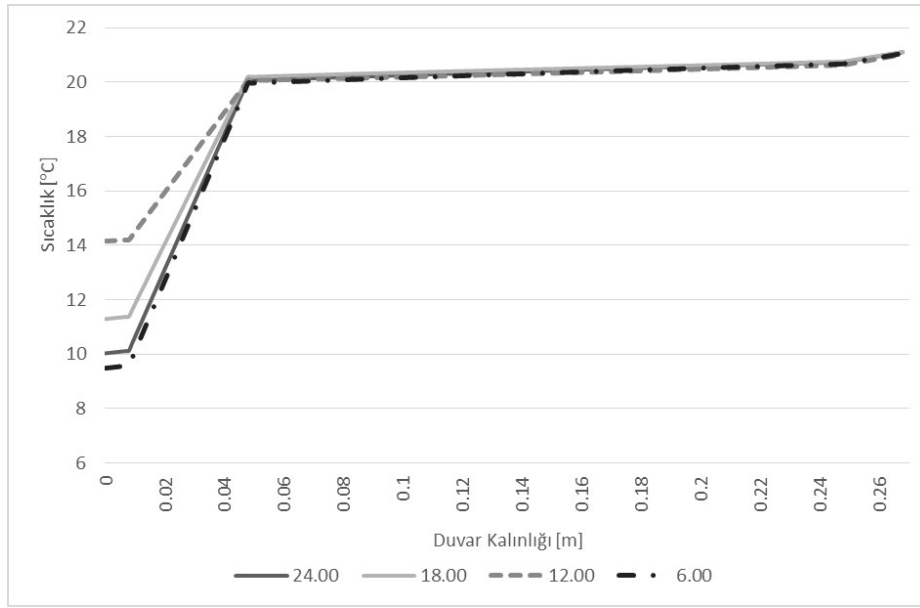
İzmir’de dış hava sıcaklığının ortalama olarak 10.9°C olduğu Aralık ayı hesaplamalarının sonuçları sırasıyla kuzey, güney ve batı yönü olmak üzere Şekil 15, 16 ve 17’de verilmiştir. Bu hesaplamalarda ele alınmış olan dıştan yalıtımlı duvarda ortalama iç yüzey sıcaklıkları, sırasıyla, Şekil 15’de kuzey cephesi için 21.03°C iken; Şekil 16’da güney cephesinde bu değer 21.18°C olmakta ve Şekil 17’de ise batı cephesinde iç yüzey ortalama sıcaklığının 21.07°C olduğu görülmektedir. Buna bağlı olarak standart sapma değeri 0.08°C olarak belirlenmiştir.



Şekil 15. İzmir; Aralık ayı, kuzey cephesinde hesaplanan, günün farklı zamanlarında, duvar kalınlığındaki sıcaklık dağılımı.



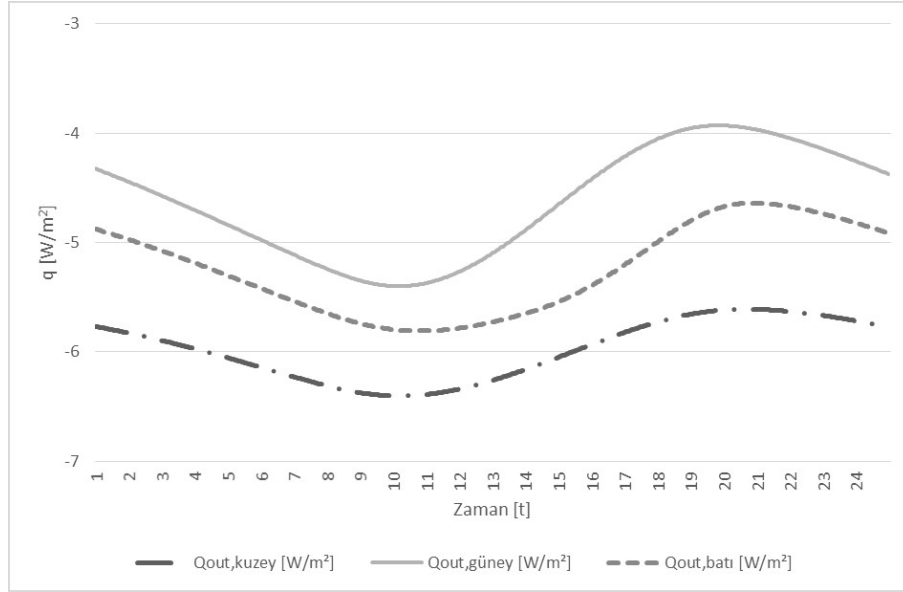
Şekil 16. İzmir; Aralık ayı, güney cephesinde hesaplanan, günün farklı zamanlarında, duvar kalınlığındaki sıcaklık dağılımı.



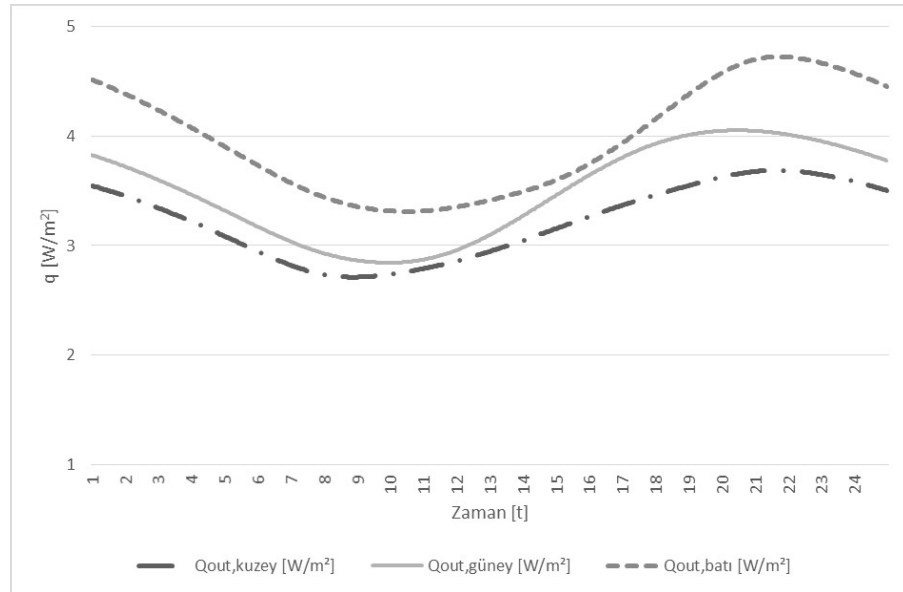
Şekil 17. İzmir; Aralık ayı, batı cephesinde hesaplanan, günün farklı zamanlarında, duvar kalınlığındaki sıcaklık dağılımı.

Yukarıda sıcaklık dağılımları verilen dıştan yalıtımlı betonarme duvar kesiti için, sayısal çözümlemeden ayrıca elde edilen ısı akıları; zamana bağlı olarak hesaplanmış olup, Şekil 18, 19, 20 ve 21’de, sırasıyla, Mart, Haziran, Eylül ve Aralık aylarına göre 24 saatlik periyot boyunca oluşan değişimleri gösterilmiştir. Yapılan inceleme sonucunda Mart, Eylül ve Aralık aylarında en az kaybın güney cephede en fazla kaybın ise kuzey cephede olduğu görülmüştür. Haziran ayında ise en fazla kazanç batı cephesinde elde edilmektedir. Buna göre Mart ayında kuzey, güney ve batı yönleri ortalama ısı akısı değerleri sırasıyla -5.98 W/m^2 , -4.63 W/m^2 , -5.25 W/m^2 olarak hesaplanmış ve buna bağlı olarak yönler arası standart sapma değeri 0.67 W/m^2 olarak belirlenmiştir. Haziran ayında ise; kuzey için 3.21 W/m^2 , güney için 3.49 W/m^2 ve batı için ise 3.96 W/m^2 olarak ısı akısı değerleri saptanırken; standart sapma değeri ise 0.37 W/m^2 olarak hesaplanmıştır. Eylül ayı bir günlük ısı akısı dağılım sonuçlarına göre hesaplanan ortalama değerler ise; kuzey yönünde 1.67 W/m^2 , güney yönünde 3.02 W/m^2 , batı yönünde 2.47 W/m^2 iken standart sapma değeri ise 0.68 W/m^2 ’dir. Son

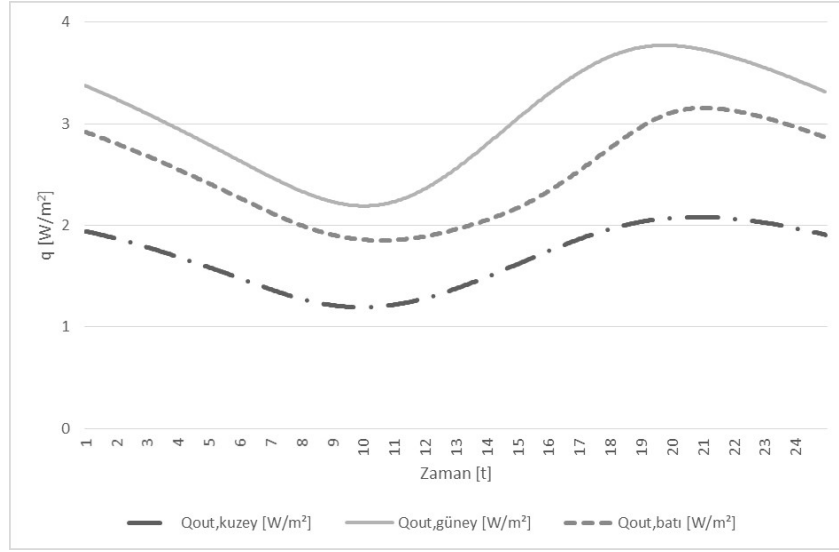
olarak Aralık ayı değerleri kuzey cephesi için -7.46 W/m^2 , güney cephesi için -6.26 W/m^2 ve batı cephesinde ise -7.11 W/m^2 'dir ve bu değerlere bağlı olarak hesaplanan standart sapma değeri ise 0.62 W/m^2 'dir. Ayrıca dört duvar oryantasyonu için (doğu cephesi de batı cephesine benzer davranış göstermektedir [12]), birim yüzey alanı başına günlük ısı transferi yüzdelerine bakıldığında; Mart'ta kuzey cephesinden olan ısı transferinin yüzdesi, dört yönün toplamının %28.32'sidir ve güney cephesinde bu değer % 21.94'dür; batı cephesinde ise %24.86 oranında bir kayıp gözlenmektedir. Haziran ayı için ısı kazanımı yüzdeleri; kuzeyde %21.98, güneyde %23.83, batıda ise %27.08 oranında meydana gelmektedir. Eylül ayında da ısı kazanımı görülmekte olup, kuzey, güney ve batı yönleri için, sırasıyla, ısı transferi yüzdeleri; %17.34, %31.34 ve %25.65'dir. Son olarak Aralık ayında ise, %26.70 değeri ile kuzey cephesinden en fazla ısı kaybı yaşanırken; bu yönü %25.44 ile batı cephesi ve %22.39 ile güney cephesi takip etmektedir.



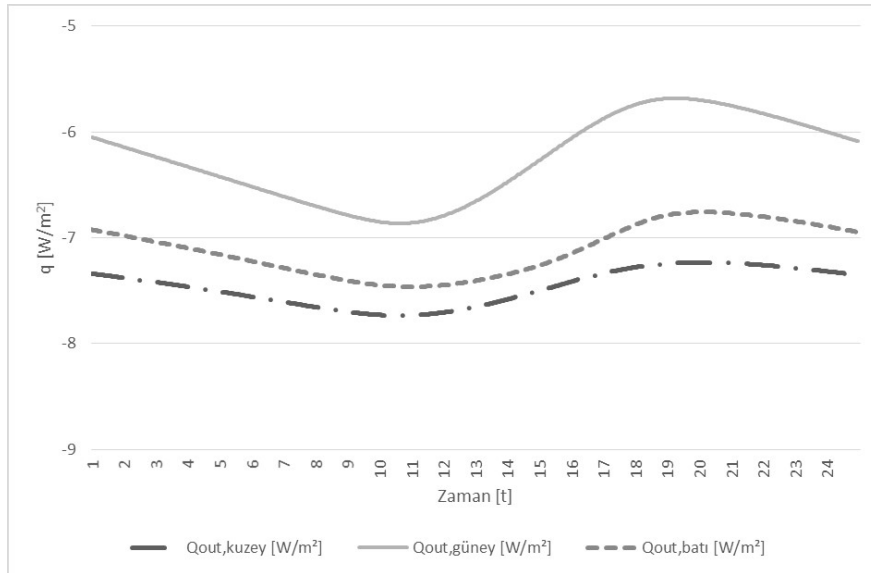
Şekil 18. İzmir; Mart ayı, kuzey, güney ve batı cepheleri için optimum yalıtım koşulları altında duvar kalınlığı boyunca iç yüzey ısı akısının gün boyunca değişimi.



Şekil 19. İzmir; Haziran ayı, kuzey, güney ve batı cepheleri için optimum yalıtım koşulları altında duvar kalınlığı boyunca iç yüzey ısı akısının gün boyunca değişimi.

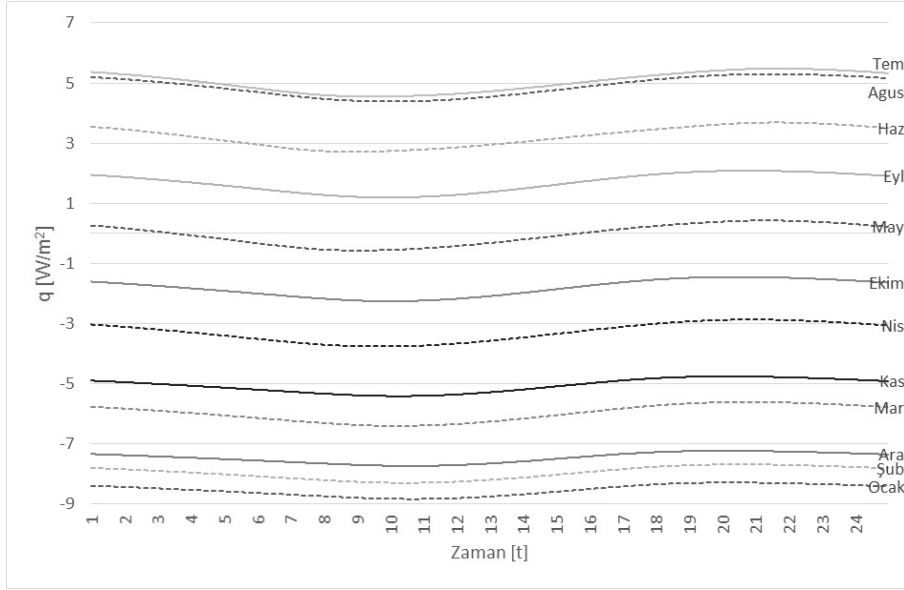


Şekil 20. İzmir; Eylül ayı, kuzey, güney ve batı cepheleri için optimum yalıtım koşulları altında duvar kalınlığı boyunca iç yüzey ısı akısının gün boyunca değişimi.

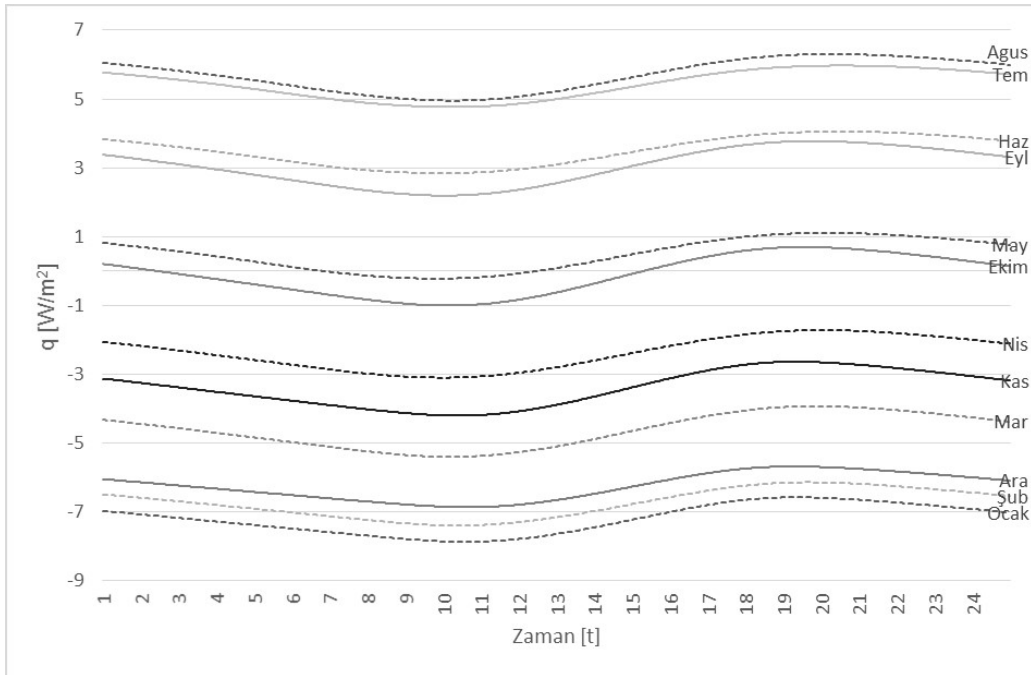


Şekil 21. İzmir; Aralık ayı, kuzey, güney ve batı cepheleri için optimum yalıtım koşulları altında duvar kalınlığı boyunca iç yüzey ısı akısının gün boyunca değişimi.

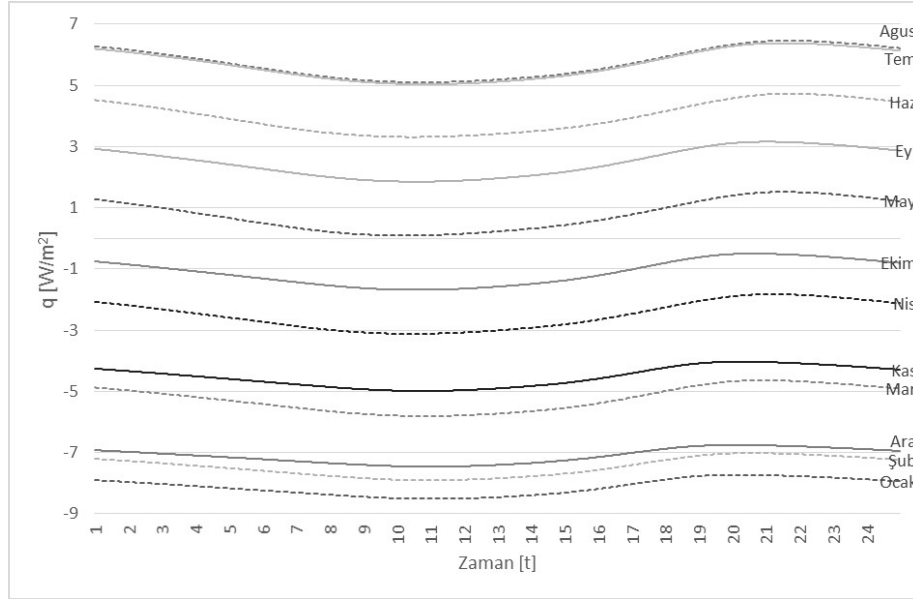
Ayrıca dıştan yalıtılmış olan bu duvarda oluşan ısı kazanç ve kayıplarının daha iyi gözlemlenebilmesi için seçili yönler ve 12 ay için sonuçlar Şekil 22, 23 ve 24’de sırasıyla kuzey, güney ve batı yönleri için, duvardan iç ortama geçen ısı akısının gün boyunca değişimleri toplu olarak da verilmiştir.



Şekil 22. İzmir; 12 ay için kuzey cephesinde görülen optimum yalıtım koşulları altında duvar kalınlığı boyunca iç yüzey ısı akısının gün boyunca değişimi.



Şekil 23. İzmir; 12 ay için güney cephesinde görülen optimum yalıtım koşulları altında duvar kalınlığı boyunca iç yüzey ısı akısının gün boyunca değişimi.



Şekil 24. İzmir; 12 ay için batı cephesinde görülen optimum yalıtım koşulları altında duvar kalınlığı boyunca iç yüzey ısı akısının gün boyunca değişimi.

Dıştan yalıtımlı betonarme duvar örneklemesi için hesaplanmış olan; birim yüzey alanından oluşan ısı kazanım ve kayıpları, 12 ay boyunca, her ayın ortalamasını yansıtan bir gün için, Tablo 2’de listelenmiştir. Sonuçlara göre kış aylarında kuzey yönlü dış cephelerden kaynaklanan ısı kaybı en yüksek düzeydeyken; güney cephe yükleri en düşük değerleri göstermektedir. Mayıs, Haziran Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında ise en fazla ısı kazanımı batı cephesinde meydana gelmektedir. Ayrıca dış ortam sıcaklığının aylık ortalama değerinin bir gün için kararlı durum analizi ile elde edilen sonuçları da aynı tabloda karşılaştırma amacı ile gösterilmiştir.

Tablo 2. Oluşturulmuş olan dış cephe kompozisyonuna göre İzmir’de 12 ay boyunca kuzey, güney ve batı cephesindeki birim yüzey alanı için günlük ısı transferi değerleri

Aylar	Kararlı Durum (Wh/m ² gün)	Kuzey (Wh/m ² gün)	Güney (Wh/m ² gün)	Batı (Wh/m ² gün)
Ocak	-206.16	-204.97	-173.03	-195.08
Şubat	-193.28	-191.25	-161.92	-179.39
Mart	-148.83	-143.57	-111.24	-126.02
Nisan	-85.52	-78.99	-57.08	-60.30
Mayıs	-11.72	-1.10	11.57	18.14
Haziran	64.54	77.24	83.75	95.18
Temmuz	110.06	120.81	130.00	137.90
Ağustos	110.65	117.00	136.38	136.34
Eylül	35.89	40.20	72.68	59.48
Ekim	-47.57	-43.76	-2.97	-26.79
Kasım	-123.25	-121.48	-81.73	-108.63
Aralık	-179.42	-179.16	-150.25	-170.73

SONUÇ

Bu çalışmada, TS-825 kapsamında tanımlanan toplam ısı geçiş katsayısını sağlayan yalıtım kalınlığının kullanıldığı dıştan yalıtımlı opak duvar için, bir boyutlu zamana bağlı ısı iletim denklemi, sonlu farklar yöntemine göre parametrik olarak analiz edilmiştir. İzmir ili meteorolojik verileri baz alınarak yapılan bu çalışmada, ısı kazanç ve kayıplarının hesaplanmasında, iç ortam sıcaklığı sabit değer olarak alınmıştır. Duvarın dış yüzeyinde etkili olan güneş ve gökyüzü ışıınımı, dış hava sıcaklığı, nem ve rüzgâr hızı değerleri ve ısı taşınım katsayısı, zamana bağlı olarak ifade edilmiştir. Sonuçlar 24 saatlik periyod üzerinden, sürekli kullanım fonksiyonu uygulamalarına göre hesaplanmıştır. Tüm mevsim koşulları ile kuzey, güney ve batı olmak üzere üç farklı yönelme durumunda, ısı konfor etkisi bağlamında iç yüzey sıcaklığının değişimi irdelenmiş ve ısı konforu olumsuz etkileyecek bir sıcaklık değerinin tüm yıl boyunca görülmediği gösterilmiştir. Opak duvar yüzeylerinden olan ısı transferinin yöne bağlı değişimleri sayısal olarak verilmiş ve kararlı durum değerleri ile olan farklılıkları da gösterilmiştir. Mevsim geçişlerinde ısı atalet etkisiyle oluşan yönelmeye bağlı farklar ve kararlı durum ile oluşan farklılıklar daha belirgin olarak görülmektedir. Buna bağlı olarak zamana bağlı hesaplanmış değerler ile kararlı durum değerleri arasındaki minimum fark Aralık ayı için kuzey cephesinde gözlemlenmekteyken; maksimum fark ise Mayıs ayı batı cephesinde elde edilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] UCAR, 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(5), 730-736, 2009.
- [2] DAOUAS, N., HASSEN, Z., & AISSIA, H. B., “Analytical Periodic Solution For The Study of Thermal Performance and Optimum Insulation Thickness of Building Walls In Tunisia”, Applied Thermal Engineering, 30(4), 319-326, 2010.
- [3] YUMRUTAŞ, R., Kaşka, Ö., & Yıldırım, E., “Estimation of Total Equivalent Temperature Difference Values for Multilayer Walls and Flat Roofs by Using Periodic Solution”, Building and Environment, 42(5), 1878-1885, 2007.
- [4] AL-SANEA, S. A., & ZEDAN, M. F., “Effect of Insulation Location on Thermal Performance of Building Walls under Steady Periodic Conditions”, International journal of ambient energy, 22(2), 59-72, 2001.
- [5] OZEL, M., “Effect of Insulation Location on Dynamic Heat-Transfer Characteristics of Building External Walls and Optimization of Insulation Thickness”, Energy and Buildings, 72, 288-295, 2014.
- [6] OZEL, M., “Thermal Performance and Optimum Insulation Thickness of Building Walls with Different Structure Materials”, Applied Thermal Engineering, 31(17), 3854-3863, 2011.
- [7] IBRAHİM, M., BIWOLE, P. H., WURTZ, E., & ACHARD, P., “A Study on the Thermal Performance of Exterior Walls Covered With a Recently Patented Silica-Aerogel-Based Insulating Coating”, Building and Environment, 81, 112-122, 2014.
- [8] GAGLIANO, A., PATANIA, F., NOCERA, F., & SIGNORELLO, C., “Assessment of the Dynamic Thermal Performance of Massive Buildings”, Energy and buildings, 72, 361-370, 2014.
- [9] BAŞARAN, T., “Thermal Analysis of the Domed Vernacular Houses of Harran, Turkey”, Indoor and Built Environment, 1420326X11411237, 2011.
- [10] AXAOPOULOS, I., AXAOPOULOS, P., & GELEGENIS, J., “Optimum Insulation Thickness for External Walls on Different Orientations Considering the Speed and Direction of the Wind”, Applied Energy, 117, 167-175, 2014.
- [11] WATI, E., MEUKAM, P., & NEMATCHOUA, M. K., “Influence of External Shading on Optimum Insulation Thickness of Building Walls in a Tropical Region”, Applied Thermal Engineering, 90, 754-762, 2015.

- [12] PEKDOĞAN, T., & BASARAN, T., “Thermal Performance of Different Exterior Wall Structures Based on Wall Orientation”, Applied Thermal Engineering, 112, 15-24, 2017.
- [13] TS825., “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları”, 2013.
- [14] ŠÚŘI, M., HULD, T. A., DUNLOP, E. D., & OSSENBRINK, H. A., “Potential of Solar Electricity Generation in the European Union Member States and Candidate Countries”, Solar energy, 81(10), 1295-1305, 2007.
- [15] DUFFIE, J. A., & BECKMAN, W. A., “Solar Engineering of Thermal Processes”, New York etc. Wiley, 1980.
- [16] LIU, Y., & HARRIS, D. J., “Full-Scale Measurements of Convective Coefficient on External Surface of A Low-Rise Building in Sheltered Conditions”, Building and Environment, 42, 2718-2736, 2007.
- [17] GRASS (Geographic Resources Analysis Support System) GIS, 2006.
- [18] ESRA (European Solar Radiation Atlas), Fourth edition, published for the Commission of the European Communities by Presses de l'Ecole des Mines de Paris, France 2000.
- [19] Meteoroloji 2. Bölge Genel Müdürlüğü, “İzmir İklim Elemanları Verileri”, 2000-2010.
- [20] ASHRAE, ANSI/ASHRAE Standard 55-2010: “Thermal Environment Conditions for Human Occupancy”, American Society of Heating, Ventilation and Air Conditioning Engineers, Atlanta, GA.

ÖZGEÇMİŞ

Tuğçe PEKDOĞAN

2013 yılında Doğu Akdeniz Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümünden birincilikle mezun olmuştur. 2013 yılında İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü'nde Mimarlık Anabilim Dalı'nda yüksek lisans programına başlamış olup 2016 yılında mezun olmuştur. Aynı üniversitede, bina dış duvarlarının zamana bağlı ısı davranışlarının incelenmesi üzerine çalışmalarına Doktora eğitiminde de devam etmektedir. 2013 yılından bu yana İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır.

Tahsin BAŞARAN

Dokuz Eylül Üniversitesi Makina Mühendisliği bölümünden mezun olmuştur ve aynı üniversiteden 1995 yılında yüksek mühendis, 2002 yılında da doktor unvanını almıştır. 1993-2010 yılları arasında aynı üniversitede araştırma görevlisi ve yardımcı doçent olarak çalışmış, ardından da 2010 itibarıyla İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mimarlık Bölümü'nde yardımcı doçent olarak çalışmalarına devam etmiştir. 2012 yılından itibaren doçent olarak aynı bölümde görevine devam etmektedir. Çalışma konuları, binalarda ısı transferi ve akış, bina enerji performansı, ısı enerji depolama ve ısı konfor üzerinedir.