

# Isı Köprülerindeki Sıcaklık Dağılımlarının Sayısal Olarak İncelenmesi

Mustafa Kemal İŞMAN  
Mehmet Özgün KORUKÇU  
Bilsay PASTAKKAYA  
Numan YÜKSEL

## ÖZET

Mahallerin ısıtma yükleri hesaplanırken, genellikle yapı elemanlarına dik doğrultuda olan ısı geçişleri ele alınır. Ancak bina taşıyıcı iskelet sistemini teşkil eden kolon, kiriş ve döşeme gibi elemanlar önemli miktarlarda ısının geçişi için köprü oluştururlar. Dolayısıyla bu ısı köprülerinden oluşacak olan ısı kayıplarının da hesaba katılması gerekmektedir. Bunun için ısı köprüsü uzunluklarının bilinmesi zaruridir. Bu çalışmada, değişik tipte döşeme elemanları bilgisayar ortamında simüle edilmiştir. Simülasyonda, TS 825'de dört derece gün bölgesi için tespit edilmiş ortalama dış sıcaklık değerlerinde analizler yapılarak döşemeler üzerinde oluşan sıcaklık dağılımları elde edilmiştir. Ayrıca, simülasyonda içten yalıtım ve dıştan yalıtım durumları da modellenerek bu durumların sıcaklık dağılımlarına olan etkileri incelenmiştir. Çalışma sonunda, farklı yalıtım durumları için ısı köprülerinin ne uzunluğa kadar etkili oldukları elde edilmiştir. Ayrıca dıştan yalıtımda bu mesafedeki sıcaklıklarda düşüşlerin meydana geldiği belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Isı Köprüleri, Isı Yalıtımı, Yapı Malzemeleri

## 1. GİRİŞ

Ülkemizde betonarme bina kullanımı çok çok yaygındır. Deprem riskinin de büyük olması binalarda kiriş-kolon ve döşeme elemanlarının kullanım yoğunluğunu arttırmaktadır. Beton elemanların bina dış yüzeyindeki oransal ağırlığı yaklaşık %20-25 mertebelerindedir [1]. Bu durum, betonun yüksek ısı iletim katsayısından dolayı (2.5 W/mK), binalarda ısı kaybı ve kazancı için ekstra bir yük oluşturmaktadır. Elemanlara dik yönde oluşan ısı transferinin yanında döşemelerde, döşemeye paralel yönde oluşan sıcaklık gradyanından dolayı ilave bir ısı transferi oluşmaktadır. Bu durum ısı köprüsü olarak adlandırılmaktadır.

Isı köprüleri ile ilgili ulusal ve uluslararası çalışmaların sayısı oldukça azdır [1, 2]. Üstelik uluslararası çalışmalarda kullanılan yapı tekniği ve yapı malzemeleri ülkemizde tercih edilenlerden farklı oldu-

## Abstract:

In generally, perpendicular heat transfer in the building elements is taken into account when heat loads of the places are calculated. However, building structural systems consist of different elements such as beam, girder and concrete floor act as thermal bridges. Therefore, extra heat losses due to these thermal bridges should be taken into account. Thus, knowing of thermal bridge lengths is essential. In this study, various concrete floor types are simulated. Analyses have been performed for averaged outlet temperatures described according to four different degree day regions in TS825 and temperature distributions on top surface of inner concrete floors have been obtained. Internal and external insulation have been also modeled and effects of these cases on temperature distribution have been investigated. At the end of study, effective lengths of the thermal bridges have been determined for different insulations cases. Besides, it is found that temperature values have been decreased in these lengths for external insulation case.

## Key Words:

Thermal Bridges, Heat Insulation, Building Materials

## Makale

ğundan ısı davranışları da farklı olacaktır [1].

Dilmaç ve ark [1] QuickField programını kullanarak, ara kat döşeme üzerindeki sıcaklık dağılımı ve ısı akılarının araştırıldığı bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada birinci derece gün bölgesi verileri için yalıtımsız, içten yalıtım, dıştan yalıtım ve sandviç duvar durumları araştırılmıştır. Araştırma sonucunda dıştan yalıtımın enerji kaybı ve konfor açısından en ideal durum olduğu tespit edilmiştir. Cihan ve ark [2] yaptıkları sayısal çalışmada dört derece gün bölgesi için de hesaplamalar gerçekleştirmiştir. Çalışmada sandviç duvar ve sandviç duvar + giriş iç yüzeylerinin yalıtılma durumları karşılaştırılmıştır. Çalışma sonunda giriş iç yüzeylerinin yalıtılması durumunda en düşük iç yüzey sıcaklıklarında düşmeler olsa da konfor değerlerinin yakalanamadığı vurgulanmıştır. Akgün ve Dilmaç [3] ısı köprülerindeki sıcaklık dağılımlarını hem sayısal olarak hem de çeşitli analitik benzeşimleri kullanarak belirlemeye çalışmışlardır. Hesaplamalarla elde edilen sıcaklık değerlerinin deneysel değerlerden en fazla 1°C saptığı görülmüştür. Dilmaç ve ark [4] yaptıkları diğer bir sayısal çalışmada ise, değişik yalıtım senaryoları için dört derece gün bölgesi verileri ile hesaplamalar yapmışlardır. Çalışılan senaryolar içerisinde dıştan yalıtımın baskın bir üstünlük gösterdiği belirtilmiştir. Larbi [5] yaptıkları çalışmada, ısı köprülerini 2 boyutlu statik bir model oluşturarak analiz etmişlerdir. Elde edilen sonuçlar nanlineer regresyon ile karşılaştırıldığında %5'in altında bir sapmanın olduğu tespit edilmiştir. Sanea ve Zedan'ın [6] yaptıkları çalışmada da yine ısı köprülerinin ısıll yüklerle olan etkileri araştırılmıştır.

Bu çalışmada ise, ara kat döşemesi kesiti FLUENT paket programı kullanılarak iki boyutlu olarak modellenmiştir. Model vasıtasıyla yalıtımsız, içten yalıtımlı ve dıştan yalıtımlı olma durumları incelenerek iç taban döşemesi üzerindeki sıcaklık dağılımları elde edilmiştir. Ayrıca balkon çıkıntısı olması durumu için de aynı şekilde hesaplamalar yapılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Çalışmada ısı köprülerinde oluşacak olan sıcaklık

dağılımı sayısal olarak tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla farklı senaryolarda yalıtım uygulamaları bilgisayar ortamında simüle edilmiştir. Simülasyonlarda ısı iletim denkleminin çözümü için, sonlu hacim metodunu kullanan FLUENT paket programı kullanılmıştır (Detaylı bilgi [7] no'lu kaynaktan alınabilir). Çözümlerde, duvar ve döşemelerdeki ısı transferi, iki boyutlu, sürekli rejimde ve içinde ısı üretimi olmayacak şekilde kabul edilmiştir. Bu durumda çözülecek olan ısı iletimi denklemini aşağıdaki formu alacaktır;

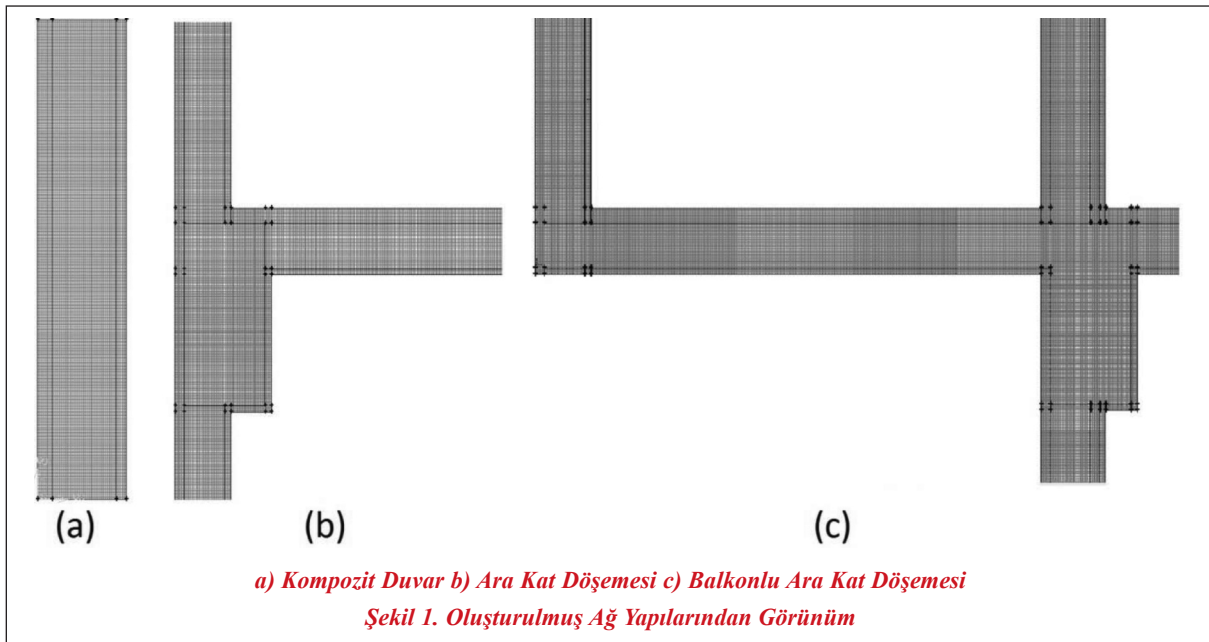
$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = 0 \quad (1)$$

Çözüm için öncelikle simülasyonda kullanılacak geometriler oluşturulmuştur ve geometriler, sonlu hacimler metodu gereği elemanlara (ağ) ayrılmıştır. Bu işlemler GAMBIT paket programı kullanılarak yapılmıştır. Şekil 1'de oluşturulmuş olan ağ yapısından bazıları verilmiştir.

Oluşturulan ağ yapılarından çözümlerin elde edilebilmesi için program sınır şartlarına ve termodinamik özelliklere ihtiyaç duymaktadır. Bu sınır şartları ve termodinamik özellikler Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmektedir. Dış ortam sıcaklıklarının, iletim ve taşınım katsayılarının tespitinde TS 825 [8] referans alınmıştır.

Yapılan hesaplama metodunun doğruluğundan emin olunmalıdır. Bu amaçla içerisinde sıcaklık dağılımının bulunması nispeten kolay olan kompozit duvar için sayısal çözümleme yapılmıştır. Sayısal çözümleme için Şekil 1a.'da görülen geometri ve ağ yapısı, 3 cm dış sıva, 13.5 cm yatay delikli tuğla ve 2 cm iç sıva için oluşturulmuştur. Bu sayısal çözümleme, duvar içerisindeki belirli noktaların sıcaklıklarının tespit edildiği analitik hesaplamalarla karşılaştırılmıştır. Şekil 2'de bu karşılaştırılma verilmiştir.

Şekil 2'den görüldüğü üzere sayısal sonuçlar ile analitik sonuçlar arasında mükemmel bir yakınlık elde edilmiştir. Bu, tercih edilen metodun doğruluğunu ortaya koymaktadır. Bu kontrolden sonra parametrik incelemeye geçilmiştir.

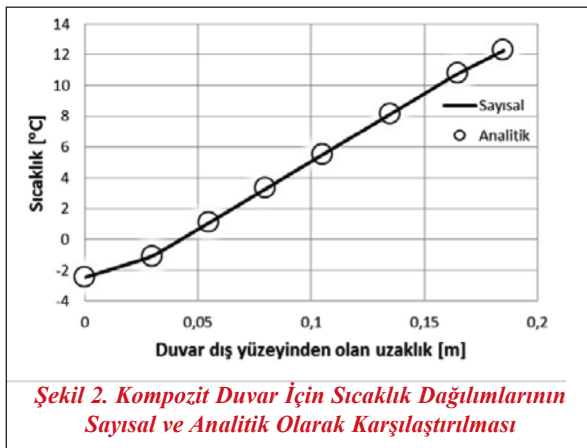
**Tablo 1. Yüzey Isı Taşınım Katsayıları**

Yüzey ismi	Taşınım katsayısı [W/m <sup>2</sup> K]
Dış duvar dış yüzeyi	25
Dış duvar iç yüzeyi	7.7
İç ortam taban yüzeyi	5.9
İç ortam tavan yüzeyi	7.7
Balkon taban ve tavanı	25
Balkon duvarı iç ve dış yüzeyi	25

**Tablo 2. Malzeme Kalınlıkları ve Isı İletim Katsayıları**

Malzeme ismi	Malzeme kalınlığı [cm]	Isı iletim katsayısı [W/mK]
Dış sıva	3*	1.6
İç sıva	2	1
Şap	5	1.4
Donatılı beton	15	2.5
Yalıtım malzemesi	3-5-7	0.03

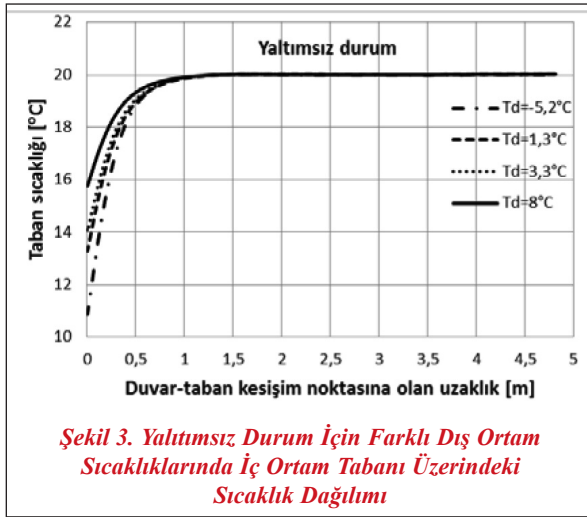
\* Bu kalınlık yalıtım üzerine yapılan sıva için 1 cm alınmıştır.



### 3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Çalışmada öncelikle yalıtım olmaması durumunda dış ortam sıcaklığının iç ortam tabanı üzerindeki sıcaklık dağılımına olan etkileri incelenmiştir. Bu amaçla yalıtımsız ara kat döşemesi modellenerek, oluşturulan modelde dış duvar dış yüzeyine uygulanan taşınım sınır şartındaki dış ortam sıcaklığı, 4 derece gün bölgesi için kaydedilmiş ortalama sıcaklıklar olan, -5.2, 1.1, 3.3 ve 8 °C olacak şekilde değiştirilmiştir. Farklı derece gün sıcaklıkları için elde edilen sonuçlar Şekil 3'te verilmiştir.

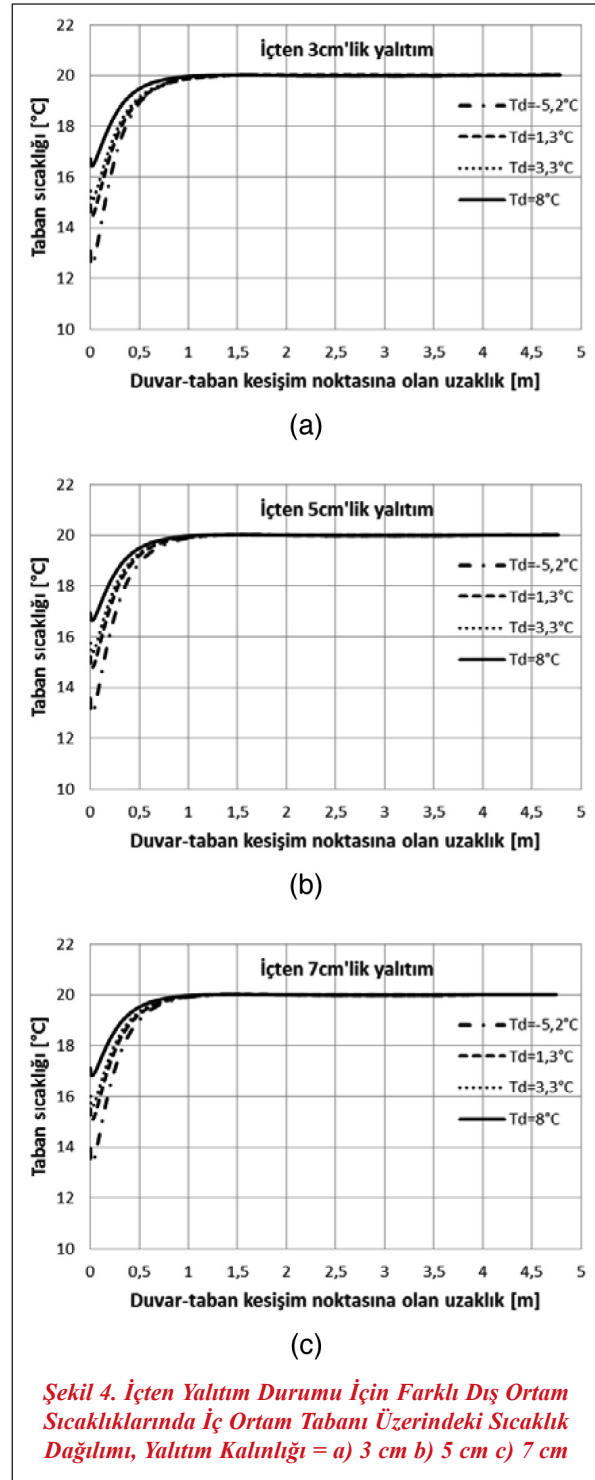
## Makale



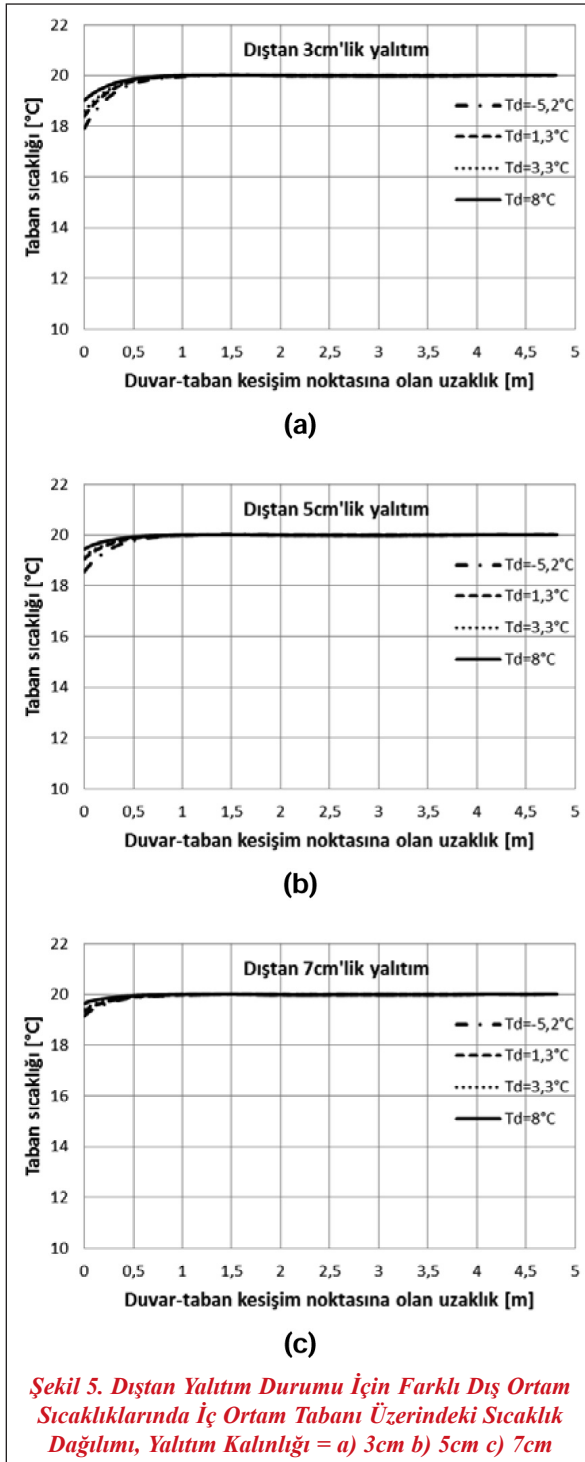
Şekil 3'ten görüldüğü üzere yalıtım olmamasına rağmen yaklaşık 1m'lik mesafeden sonra taban sıcaklığı ortam sıcaklığı ile dengeye gelmektedir. Fakat özellikle yaklaşık 30 cm'lik mesafeye kadar olan bölgede oldukça düşük sıcaklıklar görülmektedir. Bu bölgede görülen sıcaklıklar doğal olarak dış ortam sıcaklığının düşmesi ile daha da düşmektedir. Enerji kaybının yanında, ısıl konfor açısından yüzey sıcaklıklarının ortam sıcaklığından 3 °C'den daha düşük olmaması arzu edildiği düşünüldüğünde etki alanı değişmekle birlikte tüm dış ortam sıcaklıkları için konforsuz bölgeler oluşmaktadır.

Yukarıda bahsedilen olumsuzlukların bertarafı yalıtım yapılması ile mümkün olabilir. Bu amaçla öncelikle içten yalıtımın etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla iç sıva altına sırasıyla 3, 5 ve 7 cm'lik yalıtım malzemeleri ilave edilmiştir. Elde edilen sıcaklık dağılımları Şekil 4'de verilmektedir.

İçten yalıtım durumunda, döşeme tabanının dış ortam ile temas eden kesitine herhangi bir yalıtım yapılmamaktadır. Fakat Şekil 4 incelendiğinde bu olumsuzluğa karşın iç tabanın ilk 1 m'lik kısmındaki sıcaklıklarda bir miktar düşme olmaktadır. Bunun sebebi duvar üzerindeki yalıtımın, döşemeden duvara olan ısı kaçığını engellemesidir. Fakat bu düşüş şekle bakıldığında yalıtım kalınlığındaki artış ile müspet yönde çok az etkilenmektedir. Ayrıca bu yalıtım şekli sadece 8 °C'lik dış sıcaklık için tüm nokta-



larda konfor şartının sağlanmasına sebep olmuştur. Benzer şekilde dıştan yalıtım uygulandığında elde edilen sıcaklık dağılımları ise Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5 incelendiğinde 3 cm'lik yalıtımda dahi konforsuz bölgeye rastlanmadığı görülmektedir. Çünkü yukarıda bahsedildiği üzere bu yalıtım yönteminde döşemenin dışa bakan kesiti de yalıtılmaktadır. Bu ekonomik kazancın yanında konforu da beraberinde getirmektedir. Artan yalıtım kalınlığı ile birlikte

duvar-taban kesişim noktalarındaki sıcaklıklar daha da artmaktadır. Hatta 7 cm'lik yalıtım durumunda neredeyse tüm noktalarda taban sıcaklığı iç ortam sıcaklığına eşit olacak şekilde kaydedilmiştir. Ayrıca bu yalıtım şeklinde dış ortam sıcaklığının taban üzerindeki sıcaklık dağılımı üzerine olan etkisi, içten yalıtım durumuna göre daha da azalmıştır. Şekil 4 ve 5 karşılaştırıldığında aynı kalınlıkta yalıtım için dıştan yalıtımın ısı ekonomisi ve konfor açısından daha avantajlı olduğu net bir şekilde görülmektedir.

Yapılan bu karşılaştırmanın ardından, döşeme üzerinde bir balkon çıkıntısı olması durumunda bu durumun iç taban sıcaklık dağılımında ne tür bir etki göstereceği incelenmiştir. Bu amaçla aynı boyutlardaki döşeme geometrisine, Şekil 1c.'de görüldüğü gibi 1.5 m'lik bir balkon çıkıntısı ilave edilmiştir. Bu durumda yine içten ve dıştan yalıtım durumları için ayrı ayrı araştırılmıştır.

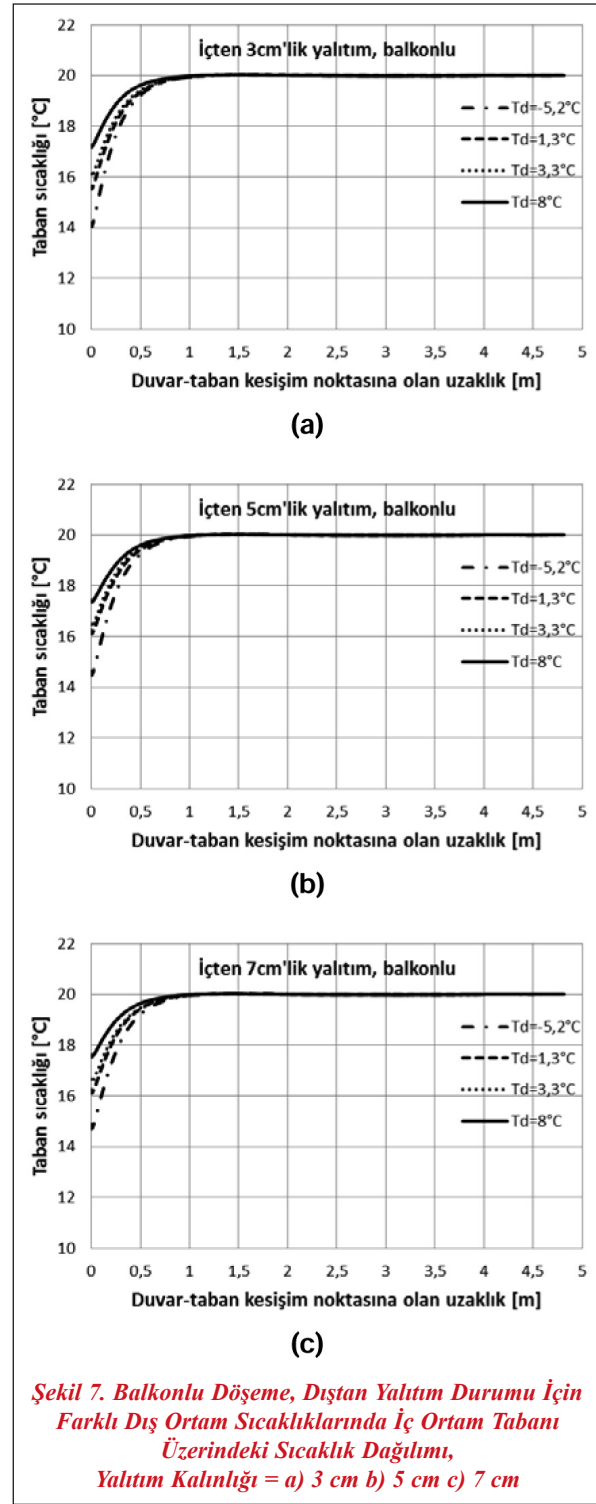
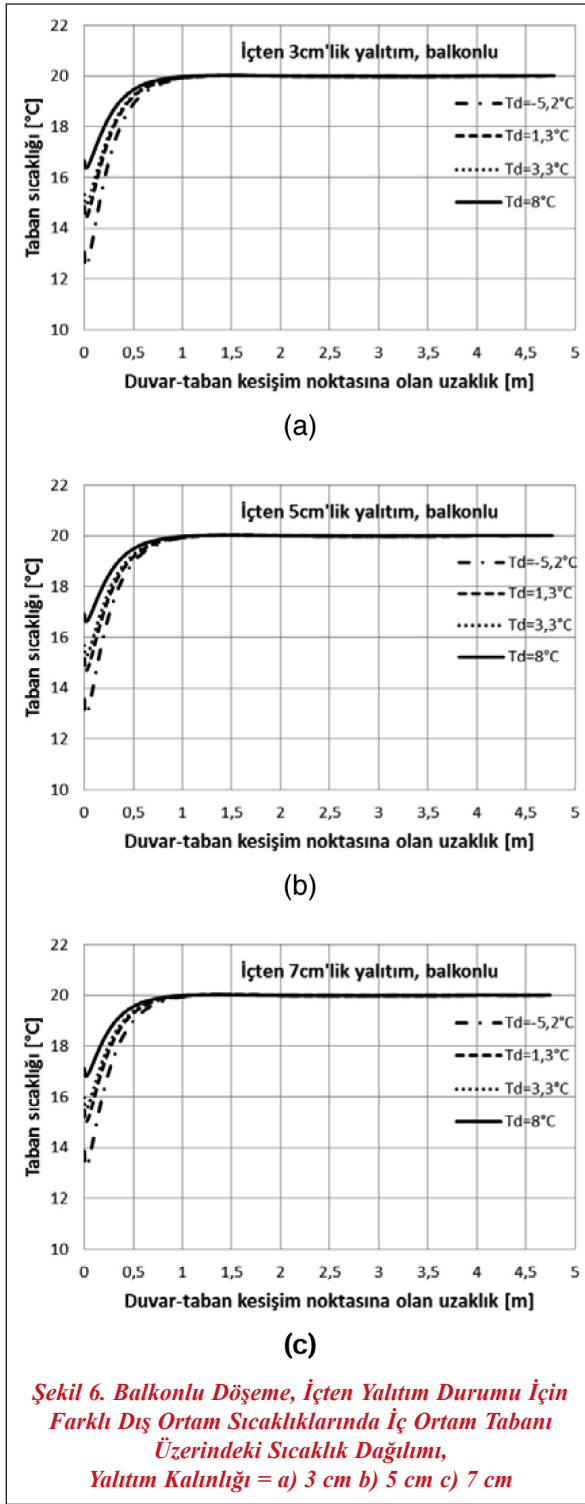
Şekil 6'da içten yalıtımlı balkonlu döşeme için elde edilen sıcaklık dağılımı verilmektedir. Şekil 6 ile Şekil 4 karşılaştırıldığında, içten yalıtım için balkon çıkıntısının sonuçları neredeyse hiç etkilemediği görülmektedir. Bu durum, balkon döşemesinin alt ve üst yüzeyinin dış ortam havasına açık olmasından dolayı, döşeme iç sıcaklığının dış ortam sıcaklığı ile çok yakın değerlerde olmasından kaynaklanmaktadır.

Şekil 7'de ise, balkon çıkıntısı olan döşeme durumu için duvar dıştan farklı kalınlıklarda yalıtım malzemesi ile yalıtılmıştır. Bu şekil Şekil 5 ile karşılaştırıldığında döşemedeki dışa çıkıntının yalıtımdaki sürekliliği bozduğundan, iç taban sıcaklıklarında düşüşe sebep olduğu görülmektedir. Hatta bu şekil Şekil 6 ile karşılaştırıldığında içten ve dıştan yalıtım arasındaki farkın çok azaldığı görülmektedir. Ancak burada da dıştan yalıtımın içten yalıtıma oranla daha avantajlı olduğu görülmektedir. Çünkü balkon çıkıntısı burada da yalıtımda süreksizliğe neden olsa da, duvarlar dışarıdan yalıtımlı olduğundan duvar döşeme arasındaki ısı transferi daha azalmaktadır.

## SONUÇ

Binalarda ısı kayıplarının doğru bir şekilde hesap-

## Makale



lanması, optimum sistem seçimi açısından oldukça önemlidir. Bu amaçla, daha önce ihmal edilen ısı köprüsü kanalı ile olan ısı kayıpları TS 825 ile birlikte hesaba katılmaya başlanmıştır. Ancak bu hesap-

lamada ısı köprüsünün uzunluğunun ne olacağı büyük bir soru işaretidir. Bu çalışmada, balkon çıkıntısına sahip olan ve olmayan iki farklı tipteki döşeme-deki sıcaklık dağılımı sayısal olarak elde edilmiş-

tir. Bu iki farklı durumda, ayrıca içten ve dıştan yalıtım durumları araştırılmıştır. Araştırma sonucunda özetle şu bulgular elde edilmiştir;

Ara kat döşemesi üzerinde, balkonlu ve balkonsuz durumları için yalıtımın içten veya dıştan yapıldığına bakılmaksızın ısı köprüsü uzunluğu bir metreyi geçmemektedir.

Yalıtım kalınlığındaki değişim, ısı köprüsü uzunluğunu etkilememekte, sadece bu uzunluk içerisinde kaydedilen sıcaklık değerlerini etkilemektedir.

Dış ortam sıcaklığı benzer şekilde ısı köprüsü uzunluğunu değil bu bölgedeki sıcaklığa etki etmektedir. Dıştan yalıtım, her durum için içten yalıtıma nazaran daha avantajlıdır.

#### KAYNAKLAR

- [1] DİLMAÇ, Ş., CAN, A., ŞENKAL SEZER, F., “Ara Kat Kirişli Döşemelerde İçeriden ve Dışarıdan Yalıtım Uygulamalarının Enerji Verimliliklerinin Karşılaştırılması” TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Tesisat Mühendisliği, Sayı 80, s. 7-20, 2004.
- [2] CİHAN, M.T., ŞENKAL SEZER, F., DİLMAÇ, Ş., “Ülkemizdeki Çift Duvar Arası Yalıtım Uygulamalarında Betonarme Kirişlerin Oluşturduğu Isı Köprülerinin Değerlendirilmesi” Uludağ Üniversitesi Mühendislik - Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 10, Sayı 2, s. 33-47, 2005.
- [3] AKGÜN, G., DİLMAÇ, Ş., “Isı Köprüsü Problemlerinde Kullanılan Matematik Modellerin Karşılaştırılması”, İTÜ Dergisi/D Mühendislik, Cilt 4, Sayı 5, s. 3-16, 2005.
- [4] DİLMAÇ, Ş., CAN, A., KARTAL, S., “Ara Kat Döşemelerinin Isıl Davranışı Üzerine İklim Şartlarının ve Yalıtım Sistemlerinin Etkisi”, Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı 82, s49-65, 2004.
- [5] Larbi, A. B., “Statistical modeling of heat transfer for thermal bridges of buildings” Energy and Buildings, Sayı 37, s. 945–951, 2005.
- [6] AL-SANEA, S. A., ZEDAN, M.F. “Effect of thermal bridges on transmission loads and thermal resistance of building walls under dynamic conditions”, Applied Energy, Sayı 98, s. 584–593, 2012.
- [7] FLUENT, Fluent User’s Guide, Fluent Inc., Lebanon, NH, 2006.
- [8] ANONİM, “TS 825-Binalarda Isı Yalıtım Kuralları”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara 1998.