

# Periyodik Rejimde Yalıtımlı ve Yalıtımsız Betonarme Duvarlarda Yoğuşma Denetimi: Edirne Örneği

## *Condensation Control of Insulated and Uninsulated Concrete Walls in the Periodic Regime: The Case of Edirne*

Filiz UMAROĞULLARI,<sup>1</sup> Gülay ZORER GEDİK,<sup>2</sup> Esmâ MIHLAYANLAR<sup>1</sup>

Sürdürülebilirlik, dünya üzerindeki yaşamın devamlılığının sağlanabilmesi için gerekli koşullar ve önlemler bütünüdür. Sürdürülebilir tasarımın asıl bileşenleri malzeme seçimi ve binanın inşaedildikten sonraki performansdır. Binanın işletme performansında da en büyük etken enerji kullanımıdır. Enerjinin verimli kullanımı ancak yapı kabuğunun doğru seçimi ile mümkün olacaktır. Enerji tasarrufu sağlamak amacıyla oluşturulan yapı kabuğu kesitlerinde, su buharı hareketi açısından değerlendirme göz ardı edilmektedir. Yoğuşan suyun yapı malzemesine zarar vermemesi için yoğuşma suyu miktarının sınırı aşmaması veya buharlaşma periyodunda bulunduğu bölgeden çıkması gerekmektedir. Fakat buharlaşma (kuruma) periyoduna kadar geçen süreçte yapı malzemesinin ısı direnci etkilenmektedir. Teorik düzeyde yapılan hesaplamaların birçoğu yalıtım malzemesinin zamanla bozulması nedeniyle gerçek durumu göstermemektedir. Ayrıca standartların bir kısmında bu hesaplamalar sabit rejimde yapıldığından, gerçekçi sonuçlara ulaşılamamaktadır. Bu konuda alınması gereken özel önlemler alınmadığında, yapı elemanlarında yoğuşma zararları ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada Edirne iklim koşullarında, binalarda yoğuşma problemlerinin en çok rastlandığı betonarme duvar elemanları için, dış ortam şartlarının periyodik olarak değiştiği, iç ortamın sabit kabul edildiği yalıtımlı ve yalıtımsız duvar kesitleri model alınarak, WUFI®2D-3 bilgisayar programı ile hesaplamalar yapılmıştır. Karşılaştırma açısından betonarme duvar, önce yalıtımsız daha sonra da yalıtımın duvarın farklı yerlerine uygulandığı durumlar için hesaplanmıştır. WUFI®2D-3 programı ile elde edilen hesap sonuçları grafikler halinde sunulmuş ve değerlendirilmiştir.

**Anahtar sözcükler:** Buhar kontrolü; etkin enerji kullanımı; ısı iletimi; yapı kabuğu; yoğuşma.

<sup>1</sup>Trakya Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Yapı Anabilim Dalı, Edirne; <sup>2</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Yapı Fiziği Bilim Dalı, İstanbul

Yapı Fiziği ve Sürdürülebilir Tasarım Kongresi'nde sözlü olarak sunulmuştur (4-5 Mart 2010, İstanbul).

*Sustainability is the sum of the precautions and conditions necessary to sustain life on earth. The major elements of sustainable design are choice of material and the building's post-construction performance. The most important factor in terms of building management is energy usage. On building envelope sections which are created to provide energy savings, the value of evaluating water vapor movement is often overlooked. Levels of condensation should not exceed the limits specified in the regulations. This is because the condensed water must not harm the building material or dry it out during the evaporation period. However, the thermal resistance of the building material is affected during the process before the drying period. Deterioration of the insulation material over time means that many theoretical level calculations do not reflect the true situation. In addition, due to the fact that the standards of some of these calculations are done in steady state conditions, realistic results cannot be achieved. If special precautions are not taken with regards to this, condensation damage occurs on the building elements. In this study of the climate conditions in Edirne, calculations are made using the computer program WUFI®2D-3 for buildings' most frequently condensed reinforced concrete wall elements. Insulated and uninsulated wall sections are modeled for periodically changing external and constant internal environmental conditions. For comparison purposes, the reinforced concrete walls are calculated, first for non-insulation, and then insulated with different position of isolation. The calculated results obtained from the WUFI®2D-3 program are shown in graphic form.*

**Key words:** Humidity transfer; efficient use of energy; heat transfer; building envelope; condensation.

<sup>1</sup>Department of Architecture (Construction Department), Trakya University, Faculty of Engineering and Architecture, Edirne; <sup>2</sup>Department of Building Physics, Yıldız Technical University, Faculty of Architecture, Istanbul

Presented at the Building Physics and Sustainable Design Congress (March 4-5, 2010, Istanbul, Turkey).

MEGARON 2011;6(1):13-20

Başvuru tarihi: 17 Eylül 2010 (Article arrival date: September 17, 2010) - Kabul tarihi: 13 Ocak 2011 (Accepted for publication: January 13, 2011)

İletişim (Correspondence): Filiz UMAROĞULLARI. e-posta (e-mail): filizu@trakya.edu.tr

© 2011 Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi - © 2011 Yıldız Technical University, Faculty of Architecture

## Giriş

Dünyada olduğu gibi ülkemizde de toplam enerjinin çok önemli bir oranı binalarda iklimsel konfor sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Dünyada binalarda kullanılan enerjinin toplam enerji içerisindeki payı %45-50'ye kadar çıkabilmektedir. Bu durum binalarda enerji tasarrufunun ve yönetiminin ne kadar önemli olduğunun göstergesidir.<sup>1</sup> Binalarda enerjinin önemli bir bölümü ısıtma amaçlı harcandığından ısıtma enerjisi korunumu öncelikle ele alınması gereken konulardan biridir. Isıtma enerjisi korunumu, ısıtma sırasında çevrede oluşan çevre kirliliği ve bu tür olumsuzlukların giderilmesi, enerjinin verimli kullanımının sağlanması amacıyla ısı yalıtımı uygulanmasını ve nem kontrolünü kapsamaktadır. Yapıda istenilen ısı korunumunun sağlanabilmesi için ısı yalıtım malzemelerinin nem nedeni ile direncinin düşmesi engellenmelidir. Isı yalıtım malzemeleri bünyelerinde su veya nem bulundurmadıkları sürece özelliklerini koruyabilirler. Yalıtım malzemeleri içindeki kılcal hava kanallarında veya gözeneklerde nemin su fazına geçmesi, malzemenin ısı geçirgenlik direncini düşürür ve yalıtım işlevini yerine getiremez. Bu nedenle ısıtma enerjisi korunumunda ısı ve nem konusunun birlikte ele alınması, ısı yalıtımı ve nem kontrol sistemlerinin geliştirilmesi zorunludur.<sup>2</sup>

Günümüzde, yapı kabuğu büyük oranda betonarme duvardan oluşmaktadır. Betonun ısı geçirgenlik direncinin düşük olması nedeniyle iskelet sistemlerde, duvar birleşimlerinde meydana gelen ısı köprüleri büyük miktarda enerji kayıpları oluşturarak, enerji kullanımının artmasına neden olmaktadır.

Ayrıca, su buharının betonda yoğunlaşmasıyla, betonda; korozyon, donma, küflenme ve aderans kaybı gibi sorunlar meydana gelebilmektedir. Ayrıca betondan geçen su buharı beraberinde betona zarar verecek kimyasalları da taşıyabilir. Deprem sonrası yıkılan betonarme binaların pek çoğunda çelik donatıların paslandığı ve elemanın taşıyıcılık niteliğini kaybettiği görülmektedir.<sup>3</sup>

Yapı kabuğu, sürekli olarak değişen çevre sıcaklığı ve güneş ışınımı ile etkileşim halindedir. Bu etkileşim sonucu dış kabuğun iç yüzey sıcaklığı ve bu yüzeyden

iletilecek ısı akısı zamana bağlı olarak sürekli değişmektedir. Bu değişim iç ortam şartlarını da önemli ölçüde etkilemektedir. Yapı kabuğunun performansı, iç ortam iklimsel konfor koşullarının sağlanmasının yanı sıra kabuğun sağlığı ile de ilişkilidir. Yapı kabuğunun sağlığı açısından yapı elemanı kesitinden nem geçişi yoğunlaşma olmadan sağlanmalıdır.

Bu durumda, yapı kabuğunun ısı ve nem açısından beklenen performansı gösterebilmesi için, tasarım aşamasında, malzeme seçimi ve yalıtımın yeri ve dağılımının belirlenmesi, hem ülke ekonomisi açısından hem de yapısal bozulmaların önlenmesi açısından önemlidir.

## Gereç ve Yöntem

Isı ve nem geçişi zamana bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Hesaplamalarda kullanılan çevresel etmenlerin özelliklerine bağlı olarak sabit rejim ve değişken rejim olarak ele alınmaktadır. Isı iletimi problemlerinde sıcaklık ve dolayısı ile ısı akışının hızı zamana bağlı olarak değişmektedir. Bu duruma zamana bağlı değişken rejimde ısı iletimi denilmektedir. Bazı durumlarda ise ısı yüksek sıcaklıktaki bir sistemden düşük sıcaklıktaki bir sisteme aktarılırken sistem içerisindeki sıcaklıkların zamanla değişiklik göstermediği varsayılır. Bu duruma (zamandan bağımsız) sabit rejimde ısı iletimi denilmektedir.<sup>4</sup>

Değişken rejim, değişken sıcaklıkların etkisi altında meydana gelir. Herhangi iki eşit zaman aralığında iletilecek ısı enerjisi miktarı farklıdır. Değişken rejim şartlarında elemanın ısı direncinin yanı sıra, elemandan ısının geçiş hızı ve elemanda ısının depolanabilme kapasitesi de önemlidir. Bu özellikler üzerinde, elemanı oluşturan malzemelerin ısı iletkenliğinin yanında özgül ısılarının ve yoğunluklarının da önemi büyüktür. Ayrıca sabit rejimden farklı olarak yapı elemanını oluşturan katmanların sıralanışı da önemlidir. Bu rejimde, ısı iletimi miktarı ve kesit sıcaklıklarının yanında, ortam ve yüzey sıcaklıklarının değişim genliklerinin oranı (sönüm oranı) ve dış sıcaklığın iç ortamı etkilemesi için geçen süre (faz kayması-zaman gecikmesi) de hesaplanır. Binalar için değişken rejimde ısı iletimi, ısı akısının 24 saatlik bir periyotla sinüzoidal değişim gösterdiği periyodik rejim şartlarında yapılmaktadır.<sup>5,6</sup> Ülkemizde değişken rejimde ısı özellikleri TS EN ISO 13786 standardında verilmektedir fakat standartta nem geçişi ile ilgili hesaplama yöntemleri mevcut değildir. TS EN ISO 13788 standardında ise sabit rejim şartlarında hesap yer almaktadır. Uluslararası değişken rejimde hesaplama yöntemlerine bakıldığında, Karagiozis-2001 ve Künel-2003 yöntemleri görülmek-

<sup>1</sup> Yılmaz, 2006, s. 7

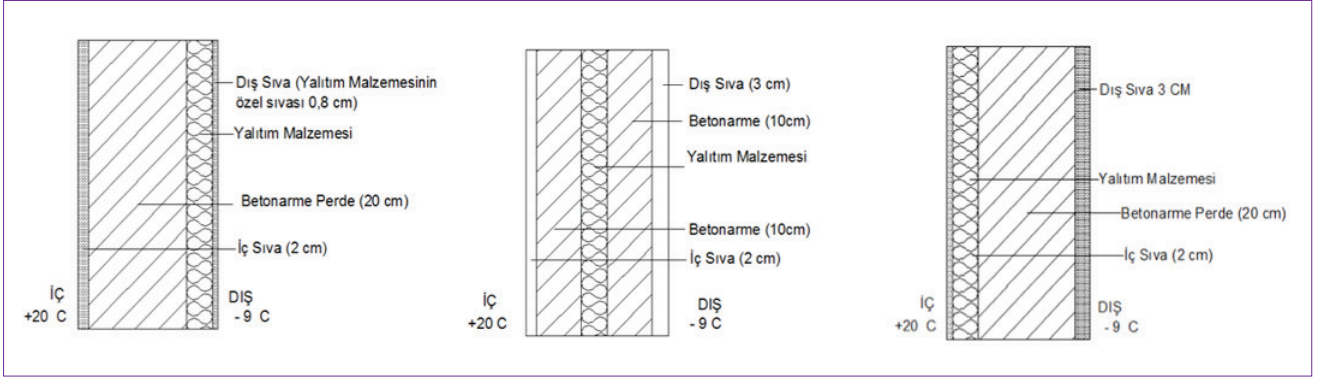
<sup>2</sup> Oral, 2006

<sup>3</sup> Akman, 2000, s. 47

<sup>4</sup> Yaşar, 1989, s. 7

<sup>5</sup> Cihan, 2004, s. 9

<sup>6</sup> Altun, 1997, s. 3



Şekil 1. Betonarme yapı kabuğunda yalıtımın yeri.

tedir ve Künz el yönteminin bilimsel yayınlarda kabul gördüğü belirlenmiştir.<sup>7,8,9,10</sup>

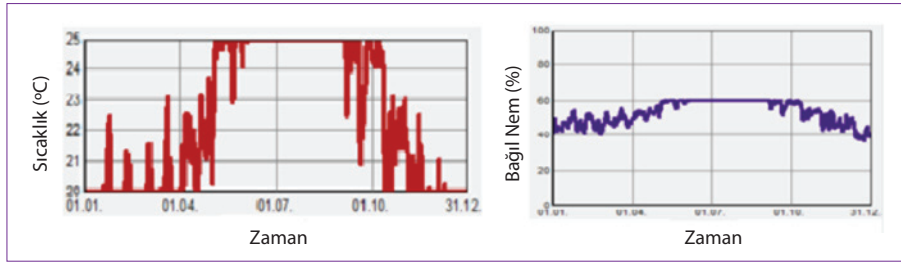
Bu çalışma kapsamında, bina kabuğunu oluşturan betonarme duvar elemanlarının Edirne ili meteorolojik verileri kullanılarak, periyodik rejimde ısı ve nem geçişi, Künz el metodunun kullanıldığı WUFI®2D-3 bilgisayar programı ile hesaplanmıştır. Elde edilen veriler yoğuşma açısından değerlendirilmiştir. Wufi 2D programının binalardaki ısı ve nem transferinin simülasyonunda kullanışlı bir araç olduğu ve iki yönlü bu modelin kesin sonuçlar verdiğine yönelik deneysel araştırmalar mevcuttur.<sup>7,8,9,11,12</sup>

### Betonarme Yapı Kabuğu Kesitleri

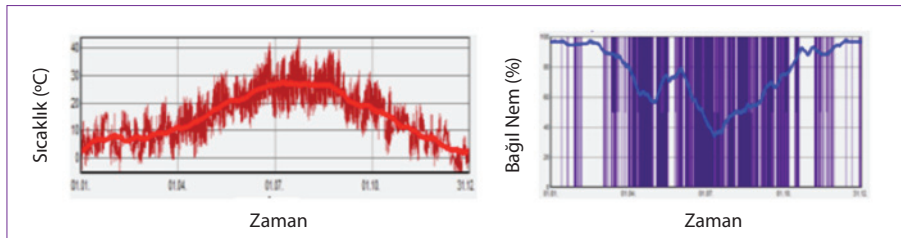
Yapı kabuğu kesitlerinde, betonarme duvarın (20 cm), içeriden, dışarıdan ve çift duvar arası yalıtımlı ol-

mak üzere üç ayrı durum ele alınmıştır. Çalışma bölgesi olarak, kış aylarında sıcaklığın düşük olması ve özellikle bağıl nem oranının çok yüksek olması (%65-%99) nedeniyle Edirne ili seçilmiştir. Edirne için TS 825 (Binalarda Isı Yalıtım Kuralları) standardında dış duvarlar için tavsiye edilen  $U_{duv}$  sınır değeri göz önünde bulundurularak, 6 cm kalınlığında EPS yalıtım malzemesi kullanılmıştır (Şekil 1).

Hesaplamalar 1 aylık kış periyodu (Aralık ayı) esas alınarak yapılmıştır. Edirne ili iklim verileri meteorolojiden alınarak WUFI®2D-3 programına girilmiştir. İç ortam iklim verilerinde EN 15026 standardı esas alınmıştır. Şekil 2'de iç ortam ikliminin bir yıllık değişim grafikleri, Şekil 3'de ise Edirne ili'ne ait 1 yıllık dış ortam iklim koşulları görülmektedir.



Şekil 2. EN 15026 standardına göre iç ortam iklim koşulları.



Şekil 3. Edirne ili'ne ait bir yıllık dış ortam iklim koşulları.

<sup>7</sup> Künz el, 1998, s. 100

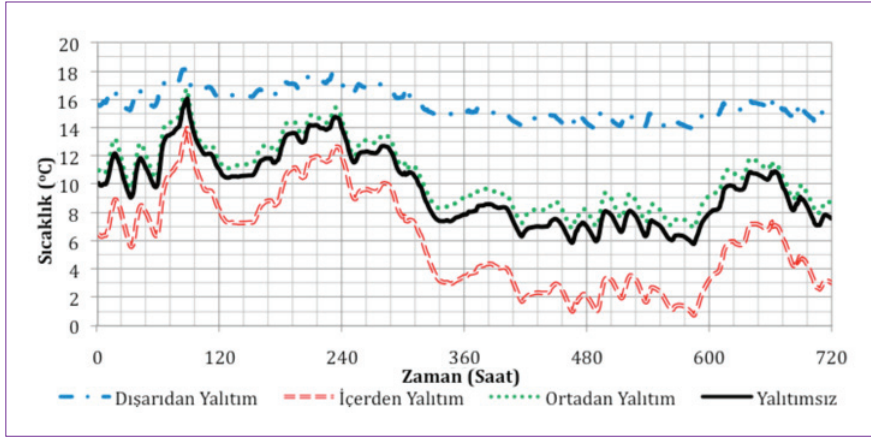
<sup>10</sup> Altun, 1997, s. 35

<sup>8</sup> Karagiozis, 2001

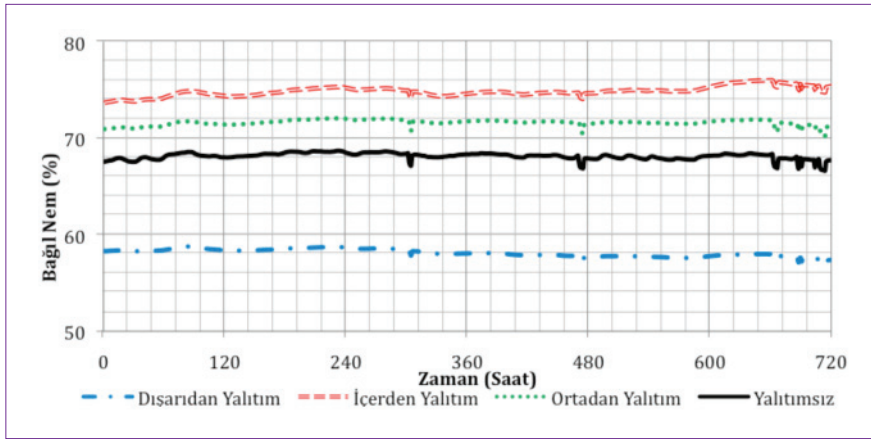
<sup>11</sup> Teasdale, Derome, 2007

<sup>9</sup> Salonvaara, 2001

<sup>12</sup> Kwiatkowski, Woloszyn, JacquesRoux, 2009



Şekil 4. Yalıtım sistemlerinde sıcaklık karşılaştırması.



Şekil 5. Yalıtım sistemlerinde bağıl nem karşılaştırması.

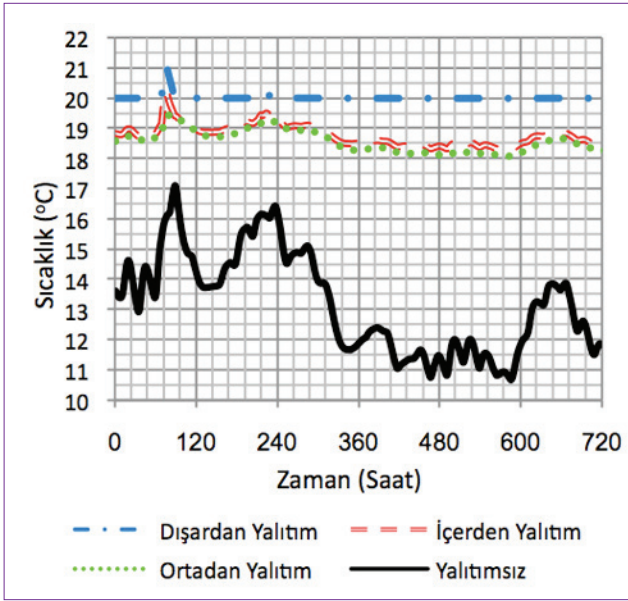
### Bulgular ve Değerlendirme

Yapı kabuğu kesitlerinde hesaplamalar sonucunda elde edilen, zamana bağlı olarak, saatlik ortalama sıcaklık ve bağıl nem değişimleri grafikler halinde verilmiştir. Şekil 4’de yalıtım sistemlerinin sıcaklık değişimleri karşılaştırmalı olarak görülmektedir. Grafikte, yalıtımsız durumda kesitteki ortalama sıcaklıkların 6-16°C arasında (minimum ve maksimum değerler) hızlı değişimler gösterdiği görülmektedir. İçerden yalıtımlı durumda ise minimum sıcaklık düşerek 1-14°C arasında değerler almaktadır. Ortadan yalıtımda 7-17°C, dışarıdan yalıtımda ise sıcaklıklar 14-18°C aralığında gerçekleşmektedir. Bu durumda, kesit sıcaklıkları açısından, dışarıdan yalıtımlı durumun en olumlu sonuçları verdiği, ortadan yalıtım ve yalıtımsız durumun ise birbirine çok yakın ve paralel bir grafik çizdiği görülmektedir. İçerden yalıtımın ise yalıtımsız durumdan bile kötü sonuçlar verdiği görülmektedir.

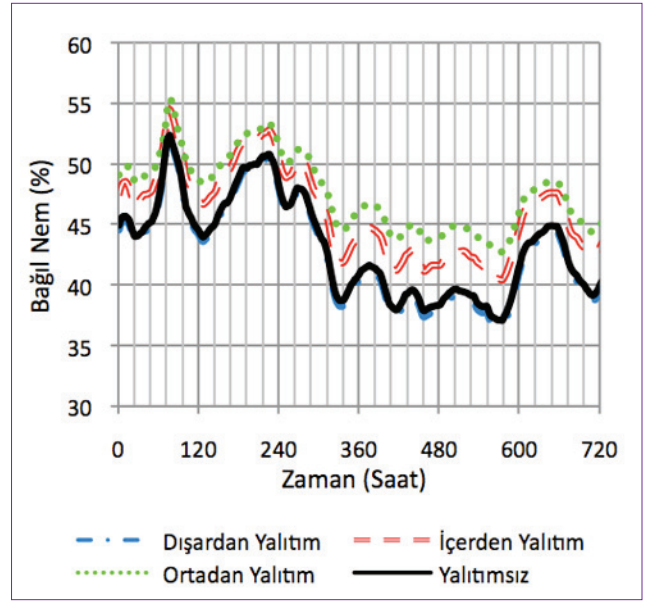
Şekil 5’de yalıtım sistemlerinin bağıl nem açısından karşılaştırmalı grafiği verilmiştir. Ortalama bağıl nem

değerleri açısından, dışarıdan yalıtımlı kesitin en düşük bağıl nem değerine (~%58) sahip olduğu, daha sonra ortadan yalıtım (~%72) ve içeriden yalıtımın (~%75) geldiği izlenmektedir. Bu durumda da içeriden yalıtımlı durumun yalıtımsız duruma (~%68) göre %6 daha kötü sonuç verdiği görülmektedir. Dışarıdan yalıtımlı durumun yalıtımsız duruma göre %15, içeriden yalıtıma göre %23, ortadan yalıtıma göre ise %19 olumlu sonuçlar verdiği görülmektedir.

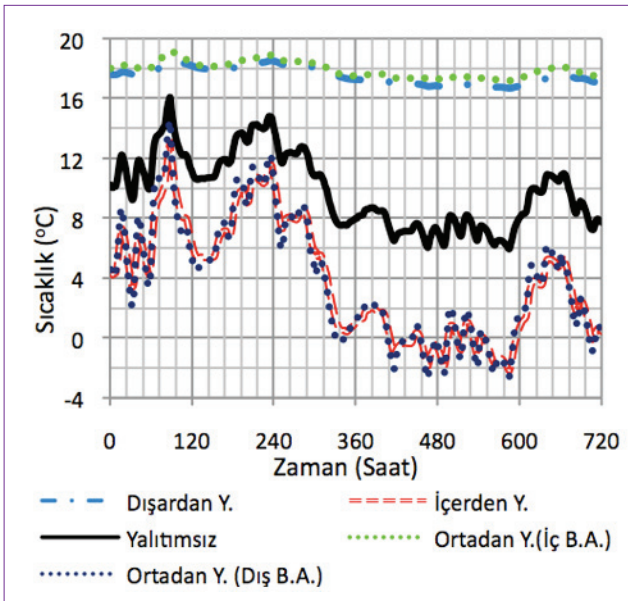
Betonarme duvar kesitlerinin ortalama değerlerinin yanı sıra, kesitleri oluşturan malzemelerin de ayrı ayrı sıcaklık ve bağıl nem grafikleri oluşturulmuştur. Bu grafiklerde iç sıva tabakasına bakıldığında (Şekil 6), yüzey sıcaklıkları açısından, yalıtımsız durumda ani sıcaklık değişimleri izlenirken, üç farklı yalıtımlı durumda da birbirine paralel olarak, sıcaklıkların 18-20°C arasında dalgalandığı görülmektedir. Dışarıdan yalıtımın diğer sistemlere göre %7 olumlu olduğu söylenebilir. Aynı şekilde bağıl nem değerlerinin de oranları birbirine çok yakın olmakla birlikte, içeriden ve ortadan yalıtımlı ke-



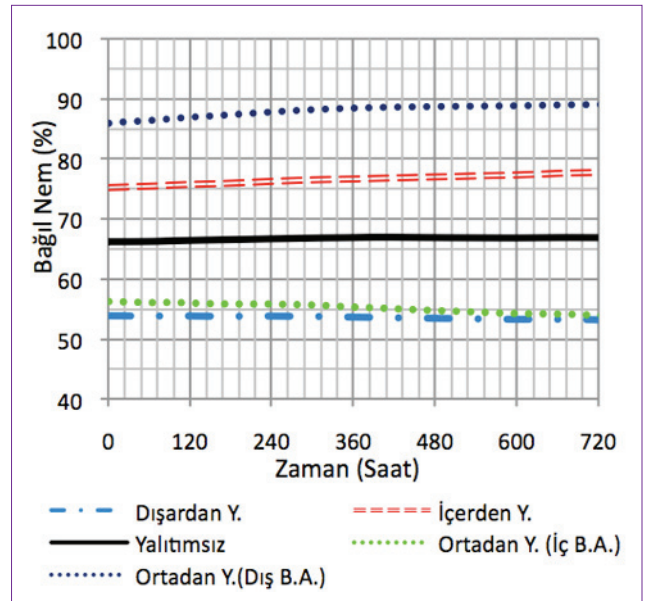
Şekil 6. Farklı yalıtım sistemlerinde iç sivada sıcaklık değişimi.



Şekil 7. Farklı yalıtım sistemlerinde iç sivada bağıl nem değişimi.



Şekil 8. Farklı yalıtımlı betonarme duvarların sıcaklık değişimi.



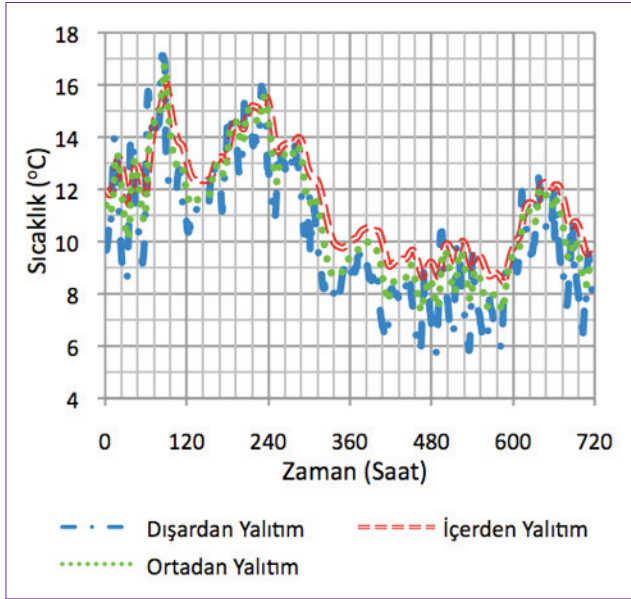
Şekil 9. Farklı yalıtımlı betonarme duvarların bağıl nem değişimi.

sitlerde, dışarıdan yalıtımlı ve yalıtımsız duruma göre olumsuz sonuçlar görülmektedir (Şekil 7).

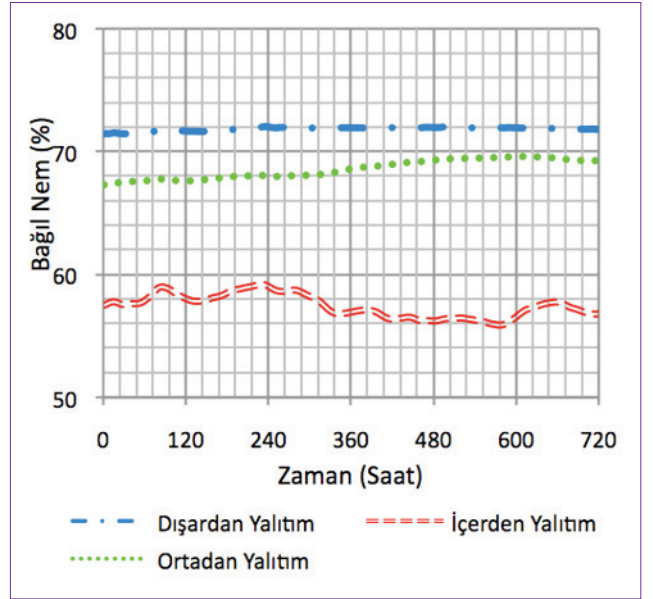
Betonarme kesitlerdeki sıcaklık dağılımlarında ise içerden ve ortadan yalıtımda ani sıcaklık değişimleri izlenmektedir. İçerden yalıtımda minimum sıcaklıklar  $-2^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar düşerken, ortadan yalıtımda da, özellikle dış taraftaki betonarme bileşende  $-3^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar düştüğü görülmektedir. İçerden ve ortadan yalıtımın dış betonarme duvarı, yalıtımsız duruma göre %13-114 aralığında olumsuz sonuçlar vermektedir. Dışarıdan yalıtım

ise yalıtımsız duruma göre %16-65 oranlarında olumlu değerleri vermektedir (Şekil 8).

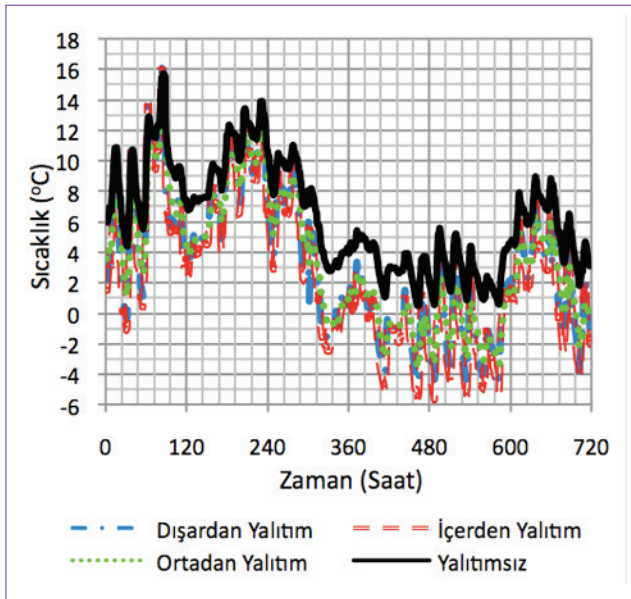
Bağıl nem değerleri betonarme bileşende; içerden yalıtımda, dışarıdan yalıtıma göre %48, ortadan yalıtımın dış betonarme duvar bölümü, dışarıdan yalıtıma göre %63, yine ortadan yalıtımın her iki betonarme duvarının (iç ve dış kısım) ortalama bağıl nem değeri dışarıdan yalıtımlı duruma göre %25 daha fazladır (Şekil 9). Bu durumda içerden yalıtımlı betonarme duvarda bağıl nem oranı %75-80, ortadan yalıtımlı durumda ise, özel-



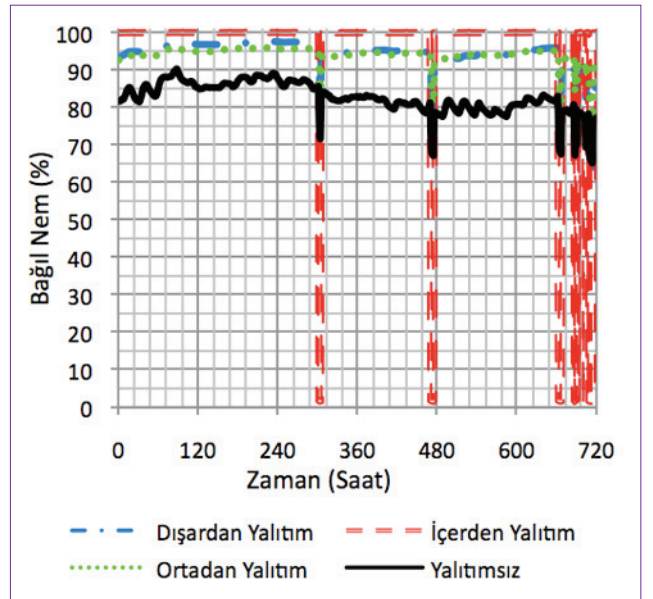
Şekil 10. Farklı yalıtımlı betonarme duvarların yalıtım malzemesi sıcaklık değişimi.



Şekil 11. Farklı yalıtımlı betonarme duvarların yalıtım malzemesi bağıl nem değişimi.



Şekil 12. Farklı yalıtımlı betonarme duvarların dış sıva katmanında sıcaklık değişimi.

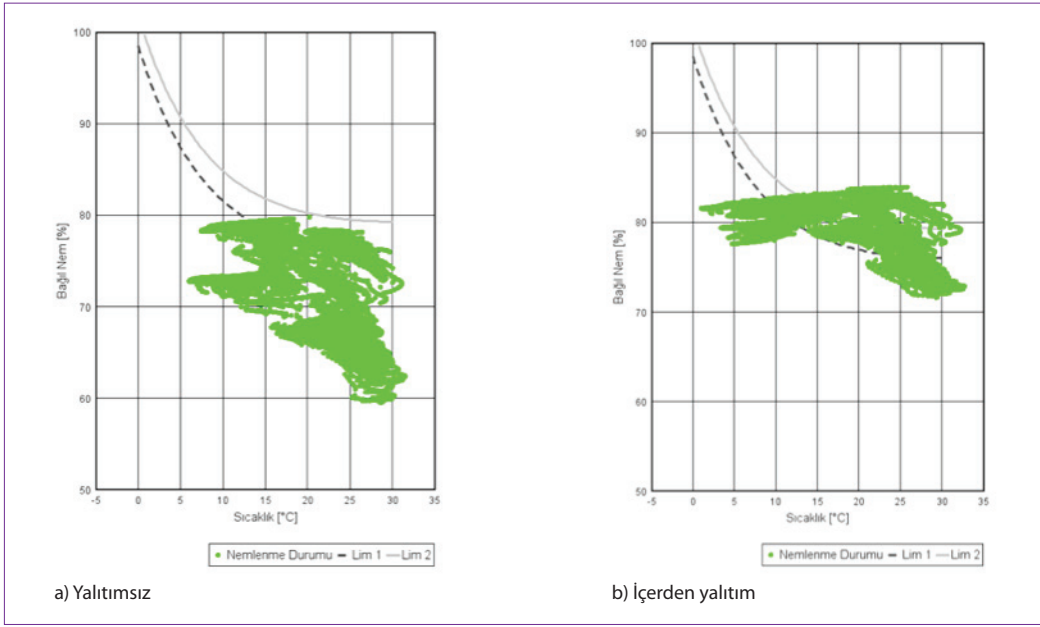


Şekil 13. Farklı yalıtım konumlarında dış sıva tabakası bağıl nem değişimi.

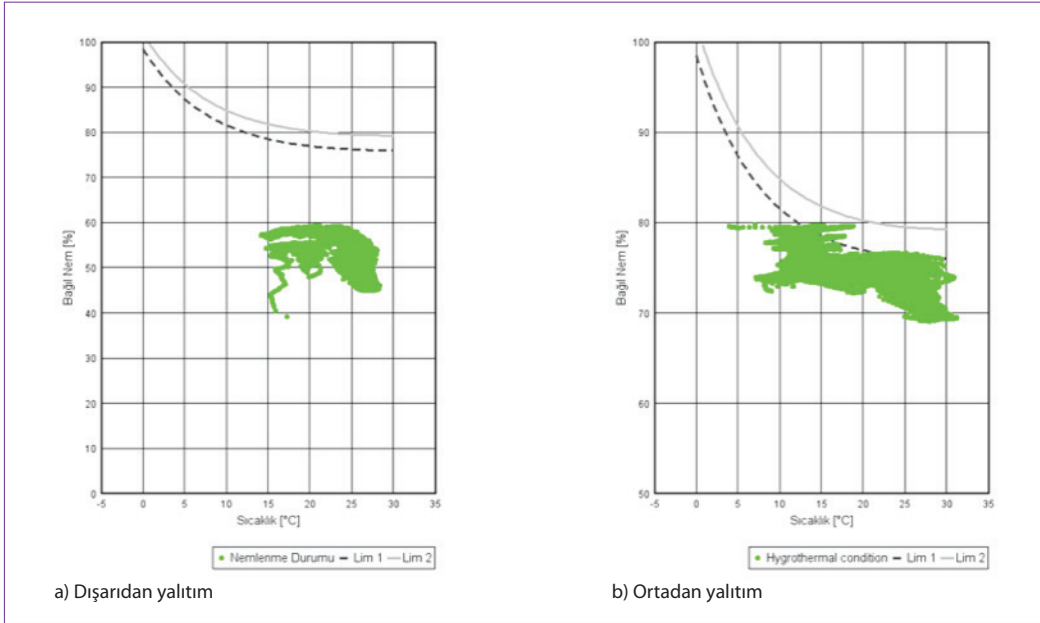
likle dış betonarme duvarın bağıl nemi %88'lere kadar yükselmektedir. Bağıl nemin bu kadar yükselmesi ve kesit sıcaklığının da  $-3^{\circ}\text{C}$ 'ye düşmesi, bileşenin içerisindeki suyun donarak önemli riskler oluşturmasına neden olur.

Yalıtım malzemesindeki sıcaklık ve bağıl nem değerlerine bakıldığında,  $1-2^{\circ}\text{C}$  farkla birbirine çok yakın olduğu görülmektedir (Şekil 10, 11). Aynı şekilde dış sıva tabakasında da yakın değerler izlenmektedir (Şekil 12, 13).

Şekil 14 ve Şekil 15'de incelenen duvar kesitlerindeki nemlenme durumlarını göstermektedir. Limit 1 olarak tanımlanan kesikli çizgi; suda ayrışabilen malzemelerin sınır değerlerini, limit 2 ise suda çözünmeyen malzemelerin sınır değerlerini göstermektedir. Grafiklere bakıldığında sadece dışardan yalıtım durumunda yağışma açısından risklerin olmadığı söylenebilmektedir. Dışardan yalıtımı ortadan yalıtım izlemektedir ve az miktarda 1. sınır değere kadar bir nemlenme söz konusu-



Şekil 14. Yalıtımsız ve içerden yalıtım durumunda kesit içerisindeki nemlenme.



Şekil 15. Dışarıdan ve ortadan yalıtım durumunda kesit içerisindeki nemlenme.

dur. İçerden yalıtımlı durumda ise yalıtımsız durumdan bile çok daha fazla nemlenme görülmektedir.

### Sonuç

Yapı kabuğunun iç yüzey sıcaklığı, yapı içi ısısal konforu etkileyen en önemli öğelerden biridir. Çünkü kişi ile yapı kabuğunun iç yüzeyi arasında ışıma yoluyla sürekli ısı alışverişi söz konusudur. İç yüzey sıcaklıklarının konfor sınırlarında olması yapı kabuğunun ısı ge-

çirmezlik açısından da uygun olduğunu gösterir. Yapılan araştırmalara göre, hacmin kuru termometre sıcaklığı ile iç yüzey sıcaklıkları farkı  $< \pm 3^{\circ}\text{C}$  olduğu zaman ışımsal sıcaklık açısından konfor oluşur.<sup>13,14</sup> Bu doğrultuda bakıldığında yalıtımsız durum dışında üç farklı

<sup>13</sup> Fanger, 1972

<sup>14</sup> Zorer Gedik, 2001, s. 57

yalıtımlı durumda da bu şartın sağlanmış olduğu söylenebilmektedir. Ancak yapı kabuğunun bu niteliğini koruyabilmesi, kabukta yoğunlaşma nedeniyle oluşabilecek bozulmaların ve bu bozulmalara bağlı olarak ısı geçişiyle ilgili fiziksel özelliklerde ortaya çıkabilecek değişmelerin önlenmesiyle olanaklıdır. Bunun için, yapı kabuğunu oluşturan kesitte yalıtımın yeri uygun bir biçimde düzenlenmelidir.

Bu çalışmada yalıtımın betonarme duvar kuruluşundaki üç farklı konumu Edirne ili soğuk dönem koşullarında incelenmiş ve yoğunlaşma açısından en ideal durumun dışarıdan yalıtımlı durum olduğu belirlenmiştir. Ayrıca dışarıdan yalıtım, bina sağlığı ve kullanım ömrü açısından da en verimli sistemlerden biridir. İçeriden yalıtımlı kesitin bazı durumlarda yalıtımsız kesitten bile daha olumsuz sonuçlar verdiği görülmektedir. Ortadan yalıtımlı duvar kuruluşunda ise özellikle dış taraftaki betonarme bileşende istenmeyen sıcaklık ve nem dağılımları tespit edilmiştir. Duvar malzemesinin de betonarme olmasından dolayı, kesit içerisindeki yoğunlaşan su korozyon, donma gibi etkiler göstererek, hem taşıyıcı sistemin zayıflamasına, hem de istenmeyen çiçeklenme, küflenme v.b. biyolojik durumların oluşmasına neden olur.

Yapı kabuğu kesiti oluşturulurken, malzeme sıralanışının önemi büyüktür. Sıcaklığı yüksek olan ortamdaki, daha düşük olan ortama doğru buhar geçirgenlik direnci yüksek olan malzemeden, düşük olan malzemeğe doğru sıralanması gerekmektedir. Ayrıca, ısı yalıtım özelliği yüksek olan katmanlar sıcak ortam yüzeyinden olabildiğince uzaklaştırılmalıdır. Yapı kabuğu katmanlarının bu şekilde düzenlenmesi, daha sıcak ortamdaki daha soğuk ortama doğru yayılan su buharının ilk katmanlarda tutulmasını sağlayacağından sıcak ortam havasında bulunan nem, ısı yalıtım özelliği olan katmanlara ulaşamayacaktır.

Binaların sürdürülebilirliği açısından, tasarım aşamasında verilen kararlar büyük önem taşımaktadır. Özellikle yapı kabuğu kesitinin uygun tasarımıyla hem yapıların ömrü uzatılabilir, hem de kullanıcıların konforlu bir ortamda yaşamaları ve çalışmalarının verimli olması sağlanır.

## Kaynaklar

- Akman, S., (2000), "Yapı hasarları ve onarım ilkeleri", TM-MOB Yayınları, İstanbul.
- Altun, C., (1997), "Buhar difüzyonunun dış duvarların nem ile ilgili performansına etkilerinin değerlendirilmesinde kullanılabilecek bir yaklaşım", Basılmamış Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim dalı, İstanbul.
- Cihan, T., (2004), "EPS-Bloklu, çelik donatılı, beton taşıyıcı duvarlı binanın ısı performansını", Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Fanger, P.O., (1972), Thermal comfort. McGraw-Hill Book Company.
- Karagiozis, A., Künzl, H.M., Holm, A., (2001), "WUFI-ORNL/IBP - A North American hygrothermal model" Contribution to performance of exterior envelopes of whole buildings VIII, p. 1-10, Clearwater Beach, Florida.
- Künzl, Hartvig, M., (1998), "Effect of interior and exterior insulation on the hygrothermal", Materials and Structures, Vol. 31, p. 99-103.
- Kwiatkowski, J., Woloszyn, M., JacquesRoux, J., (2009), "Modelling of hysteresis influence on mass transfer in building materials", Building and Environment 44, p. 633-42.
- Oral, G.K., Altun, C., (2006), "Binalarda ısıtma enerjisi korunumunda ısı yalıtımı ve nem kontrolü", Yalıtım Dergisi, sayı: 59, Doğa Yayın Grubu, İstanbul.
- Salonvaara, M., Karagiozis, A., Holm, A., (2001), "Stochastic building envelope modeling. The influence of material properties" Contribution to performance of exterior envelopes of whole buildings VIII, p. 1-8, Clearwater Beach, Florida.
- Teasdale, A.H, Derome, D., (2007), "Comparison of experimental and numerical results of wood-frame wall assemblies wetted by simulated wind-driven rain infiltration", Energy and Buildings, No. 39, p. 1131-9.
- Yaşar, Y., (1989), "Paralel yüzeyli ısı köprüsü içeren yapı elemanında yüzey sıcaklıklarının hesaplanmasında kullanılabilecek bir yöntem", Basılmamış Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Ün., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yılmaz, Z., (2006), "Akıllı binalar ve yenilenebilir enerji", Tesi-sat Mühendisliği Dergisi, No. 91, p. 7-15.
- Zorer Gedik, G., (2001), "Hazır dış duvar elemanlarının ısısal konfor açısından incelenmesi ve değerlendirilmesi", TM-MOB Makina Mühendisleri Odası, Yalıtım Kongresi, p. 56-60, Eskişehir.