

Dilay DİL
Müslüm ARICI
Hasan KARABAY

Abstract:

Floor heating is a kind of heating system which achieves indoor climate control primarily by thermal conduction through the floor. The hot water is circulated through pipes laid into the floor. In this study, the effect of the pipe spacing and the water temperature on the floor temperature variation is investigated numerically using a commercial CFD code. The problem is studied both in steady and unsteady conditions. A parametric study is carried out for 100mm, 150mm, 200mm, 300mm and 400mm pipe spacings and 45°C, 50°C and 55°C water temperatures. Computed results show that small pipe spacing should be used in unsteady floor heating systems since the large pipe spacing delays the heating time. However, the small pipe spacing causes to exceed the comfort floor surface temperature limit if the heating system runs continuously. Therefore, pipe spacing should be increased or water temperature should be decreased in such heating systems. Consequently, in order to reduce the investment and the running cost, the pipe spacing and the water temperature should be specified according to the system requirements.

Key Words:

Floor heating, pipe spacing, comfort conditions

Yerden Isıtma Uygulamalarında Boru Mesafesi ve Su Sıcaklığının Zemin Yüzey Sıcaklığı Üzerindeki Etkisi

ÖZET

Yerden ısıtma sistemi mekândaki ısı kayıplarını, zemin betonu içindeki borularla ısı kaynağından aldığı enerjiyi zemin altına yayarak dağıtan, zemini dolayısıyla ortamı ısıtan bir ısıtma sistemidir. Bu çalışmada yerden ısıtma sisteminde borular arasındaki mesafenin ve su sıcaklığının yüzey sıcaklığına olan etkisi ticari bir paket program ile incelenmiştir. Problem zamandan bağımsız ve zamana bağlı olmak üzere iki şekilde ele alınmıştır. Borular arası mesafenin yüzey sıcaklığına olan etkisini incelemek amacıyla borular arasındaki mesafe 100 mm, 150 mm, 200 mm, 300 mm ve 400 mm alınarak parametrik bir çalışma yapılmıştır. Ayrıca sıcak su sıcaklıkları 45°C, 50°C ve 55°C alınarak, su sıcaklığının döşeme yüzeyi sıcaklığı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu çalışma sonucunda, sürekli çalışmayan konut tipi yapılarda büyük boru mesafeleri ısıtma süresini arttırdığından küçük boru mesafelerinin kullanılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca, sürekli çalışan sistemlerde küçük boru mesafelerinin kullanılması ile konfor şartını sağlayan sıcaklık aşıldığından ya boru mesafesinin artırılması ya da daha düşük su sıcaklığı kullanılması gerektiği görülmüştür. Yatırım ve işletme maliyetlerini azaltmak, dolayısıyla enerji tasarrufu sağlamak amacıyla yerden ısıtma yapılan bir mahalde sistemin çalışma durumu göz önünde bulundurulurken borular arasında mesafe ve su sıcaklığı seçilmelidir.

Anahtar Kelimeler: *Yerden ısıtma, ısıtma boru mesafeleri, konfor şartları, enerji tasarrufu, sıcak su sıcaklığı*

1. GİRİŞ

Yerden ısıtma sistemi mekândaki ısı kayıplarını, zemin betonu içindeki borularla ısı kaynağından aldığı enerjiyi zemin altına yayarak dağıtan, zemini dolayısıyla ortamı ısıtan bir ısıtma sistemidir. Sistemin ana prensibi, ısı kaybı hesaplanmış bir hacimde ısı kaybını karşılayacak enerji miktarının, merkezi bir üreticiden temin edilen sıcak suyun, döşeme malzemesi altından özel borular içinden sirküle ettirilerek karşılanmasıdır. Ilık su tüm döşeme alanına yayılarak homojen ısıtma sağlar. Düşük sıcaklıktaki ısıtma suyu bir merkezi ısıtıcı üniteden elde edilir. Dağıtım sadece bir kolon ve katlar arasında bir dağıtıcı ile gerçekleşir [2].

36.5°C vücut sıcaklığına sahip insan ile kendisinden daha düşük sıcaklığa sahip oda arasında ısı transferi olacağı açıktır. Hava hare-

ketlerinin fazlalığı dolayısıyla vücuttan taşınım ile kaybedilen ısı, soğuk duvar ve tavan yüzeyleri nedeniyle ışınım yoluyla kaybedilen ısı ve döşeme ile sürekli temasta olan ayak yüzeyinden iletim yoluyla kaybedilen ısı insana üşüme hissi vermektedir. Bu ısı transfer mekanizması düşünülecek olursa yerden ısıtma sistemi insan vücudu ve ortam arasında en az ısı kaybına neden olmaktadır. Bu nedenle, yerden ısıtma sistemi insanın ısısal-fizyolojik ihtiyaçlarına en uygun ısıtma sistemi olarak kabul edilmektedir [2].

Sağlıklı bir insanın taban altı sıcaklığı ortalama 25°C 'dir. Uluslararası standartlarla belirlenen yerden ısıtma sistemleri için sağlıklı döşeme sıcaklığı maksimum 29°C 'dir. Bu sıcaklıklar ortak alanlarda 29°C , banyoda 33°C , ısı kaybının fazla olduğu kenar bölgelerde 35°C 'yi aşmamalıdır [4].

Yerden ısıtma sistemiyle ısıtılan bir mahalde gerek yatayda gerek düşeyde daha homojen bir sıcaklık dağılımı sağlanmaktadır. Yerden ısıtma sistemiyle ısınan yerdeki hava mahalın üst kısımlarına doğru yükselmektedir. Yükseldikçe mahalın üst kısımlarına doğru hava hareketleri zayıflayarak hava soğumaktadır. Böylece sıcak hava mahalın üst kısımlarında değil yerde, yaşam hacminde birirmektedir. Yerden tavana olan bu üniform sıcaklık dağılımı teorik olarak ideal olan ısı dağılımı profiline en uygun profildir [4].

Yerden ısıtma sistemi diğer ısıtma sistemleriyle karşılaştırıldığında akarlar için daha elverişsiz bir ortam sağlamaktadır. Halılarda ve yaşanan bölgedeki yüksek sıcaklık bağıl nemi azaltmaktadır. Bu nedenle akarlar nemin daha yüksek olacağı nispeten daha soğuk yerlere, örneğin halının üst kısımlarına doğru hareket ederler. Böylece çok daha kolay bir şekilde temizlenebilirler. Ek olarak yerden ısıtma sisteminde diğer sistemlere göre daha az toz hareketi vardır. Ayrıca tozu ve kirliliği tutma özelliği gösteren halıların kullanımına da gerek yoktur. Bu durum yerden ısıtma sistemini genel sağlık şartlarının yanında astım vb. solunum yolu rahatsızlığı olan hastalar için de daha uygun yapmaktadır [4].

Bunların yanı sıra, radyatörlü ısıtma sistemlerinde suyun çalışma sıcaklığı 90°C - 70°C iken, yerden ısıtmada tek borulu sistemde giriş sıcaklığı 50°C - 60°C 'dir. Böylece sistem ısıtıcı akışkan sıcaklığının daha düşük sıcaklıkta seçilmesine olanak sağlayarak hem işletme maliyetini düşürmekte hem de enerji tasarrufu sağlamaktadır.

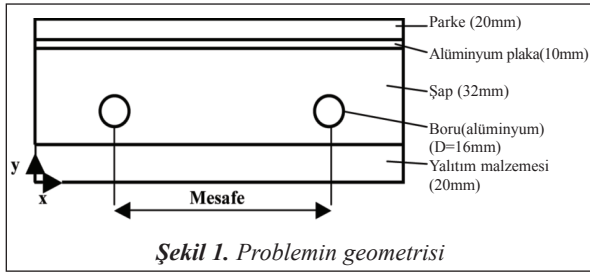
Literatürde yerden ısıtma sistemiyle ilgili dizayn parametreleri ve sistem performansı zamana bağlı olarak incelenmiştir [5]. Bu çalışmada boru tipi ve boru çapının sistem performans üzerindeki etkisinin çok küçük olduğu gösterilmiştir. Yine aynı çalışmada döşeme kaplama malzemesi ve kalınlığının performansı etkileyen en önemli parametreler olduğu gösterilmiştir. Ancak boru içinden geçen akışkan sıcaklığının ısınma üzerine etkisi incelenmemiştir.

Bu çalışmada döşeme içine yerleştirilen borular arasındaki mesafenin ve boru içerisinden geçen su sıcaklığının döşeme yüzey sıcaklığı üzerindeki etkisi incelenmiştir.

2. PROBLEMİN TANITIMI

Hesaplamalarda kullanılan problemin geometrisi, yapı bileşenleri ve boyutları Şekil 1'de görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi, hesaplamalarda kullanılan geometri en altta 20 mm kalınlığında yalıtım malzemesi, onun üzerinde içinde boruların yerleştirildiği şap, sıcaklık dağılımını iyileştirici iletken bir malzeme ve parkeden oluşmaktadır. Problem zamandan bağımsız ve zamana bağlı olmak üzere iki şekilde ele alınmıştır. Hem zamandan bağımsız hem de zamana bağlı durumda borular arası mesafenin yüzey sıcaklığına olan etkisini incelemek amacıyla borular arasındaki mesafe 100mm, 150mm, 200mm, 300mm ve 400mm alınarak parametrik bir çalışma yapılmıştır. Ayrıca zamana bağlı durumda, su sıcaklıkları 45°C , 50°C ve 55°C alınarak, su sıcaklığının döşeme yüzeyi sıcaklığı üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Makale



Şekil 1. Problemin geometrisi

Tablo 1’de modellemede kullanılan malzemelerin fiziksel özellikleri verilmiştir. Döşeme malzemesi olarak parke kullanılmış, parke üzerinde halı vb. herhangi bir katman olmadığı varsayılmıştır.

Problemin çözümünde sonlu hacimler yöntemi esasına dayanan ticari bir paket program kullanılmıştır. Problem iki boyutlu olarak modellenmiş olup zamandan bağımsız ve zamana bağlı olmak üzere iki kısımda incelenmiştir. Enerji denklemleri ikinci mertebeden ayrıklaştırılmıştır. Alt yüzeylerde adyabatik sınır şartı, yan yüzeylerde ise periyodik sınır şartı kullanılmıştır.

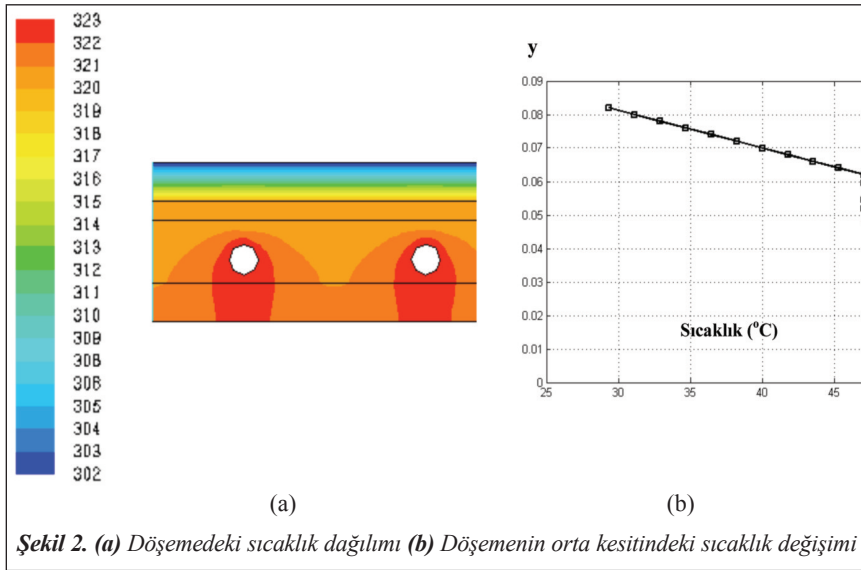
Parke üzerinde serbest akış sıcaklığı (oda sıcaklığı) 22°C, ısı taşınım katsayısı 7.7 W/m²K olarak alınmıştır. Zamana bağlı çözümlerde sistemin ilk sıcak-

lığı 15°C alınmıştır. Isı iletim katsayısı, özgül hacim vb. fiziksel özellikler sabit olarak alınmıştır.

3. SAYISAL SONUÇLAR

Daha önce bahsedildiği gibi, problem zamandan bağımsız ve zamana bağlı olmak üzere iki şekilde ele alınmıştır. Şekil 2’de boru mesafesinin 100mm olması durumunda döşemedeki sıcaklık dağılımı ve döşeme dikey orta kesitindeki sıcaklık değişimi görülmektedir. Şekilde de görüldüğü gibi üst zeminde bulunan, ısı iletim katsayısı küçük bir malzeme olan parke ısı direnci artırarak, ısı geçişini engellemekte sıcaklık değişiminin parkenin bulunduğu bölgede azalmasına yol açmaktadır. Sonuç olarak, üst zemindeki parke, halı vb. tabakalar döşemeden odaya ısı geçişini kontrol etmektedir.

Şekil 3’te döşeme boruları arasındaki mesafenin 100mm, 150 mm, 200 mm, 300 mm ve 400 mm olması durumunda sıcaklığın döşeme yüzeyindeki değişimi zamandan bağımsız hal için görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi borular arası mesafe arttıkça döşeme yüzey sıcaklığı azalmaktadır. Buna ek olarak, mesafenin artmasıyla yüzeyde bölgesel sıcaklık farkları görülmektedir. Bu bölgesel farklar borular arasındaki mesafenin artması ile belirginleşmektedir. Ancak en büyük boru mesafesi olan 400 mm’de dahi konfor şartlarının sağlandığı görülmektedir. Borular arasındaki mesafenin 100 mm’den 400 mm’ye çıkarılmasıyla yüzeylerdeki sıcaklık farkı 1°C mertebelerinde olmaktadır. Şekil 2’deki verilerden sürekli çalışacak bir ısıtma sisteminde, döşeme içindeki boruların çok sık döşenmesi-

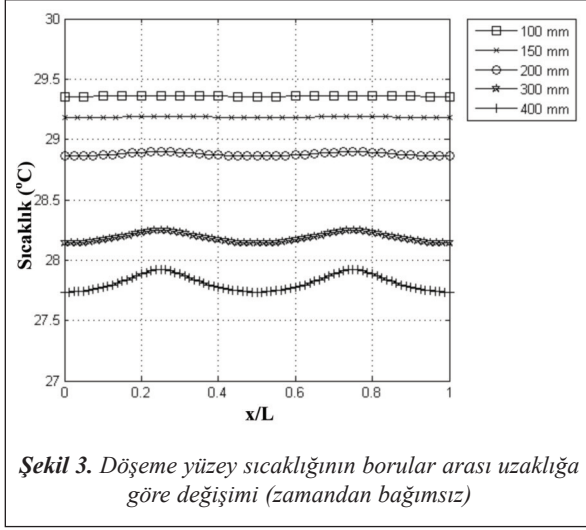


Şekil 2. (a) Döşemedeki sıcaklık dağılımı (b) Döşemenin orta kesitindeki sıcaklık değişimi

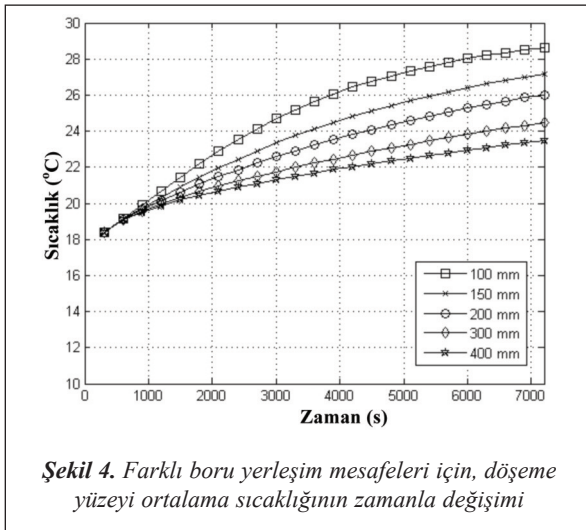
Tablo 1. Kullanılan malzemelerin özellikleri

| | Yoğunluk (kg/m ³) | Isı iletim katsayısı (W/mK) | Özgül ısı (J/kgK) |
|-------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------|
| Parke | 450 | 0.0638 | 1200 |
| Plaka (Alüminyum) | 2719 | 202.4 | 871 |
| Şap | 2100 | 1.4 | 1000 |
| Yalıtım(strafor) | 20 | 0.04 | 1400 |

ne gerek olmadığı, yani borular arasındaki mesafenin artırılmasında bir sakınca olmadığı söylenebilir. Borular arasındaki mesafenin 100 mm ve 150 mm olması halinde, döşeme yüzey sıcaklıklarının standartlarda belirtilen ortak alan için konfor şartını sağlayan limiti geçtiği görülmektedir.

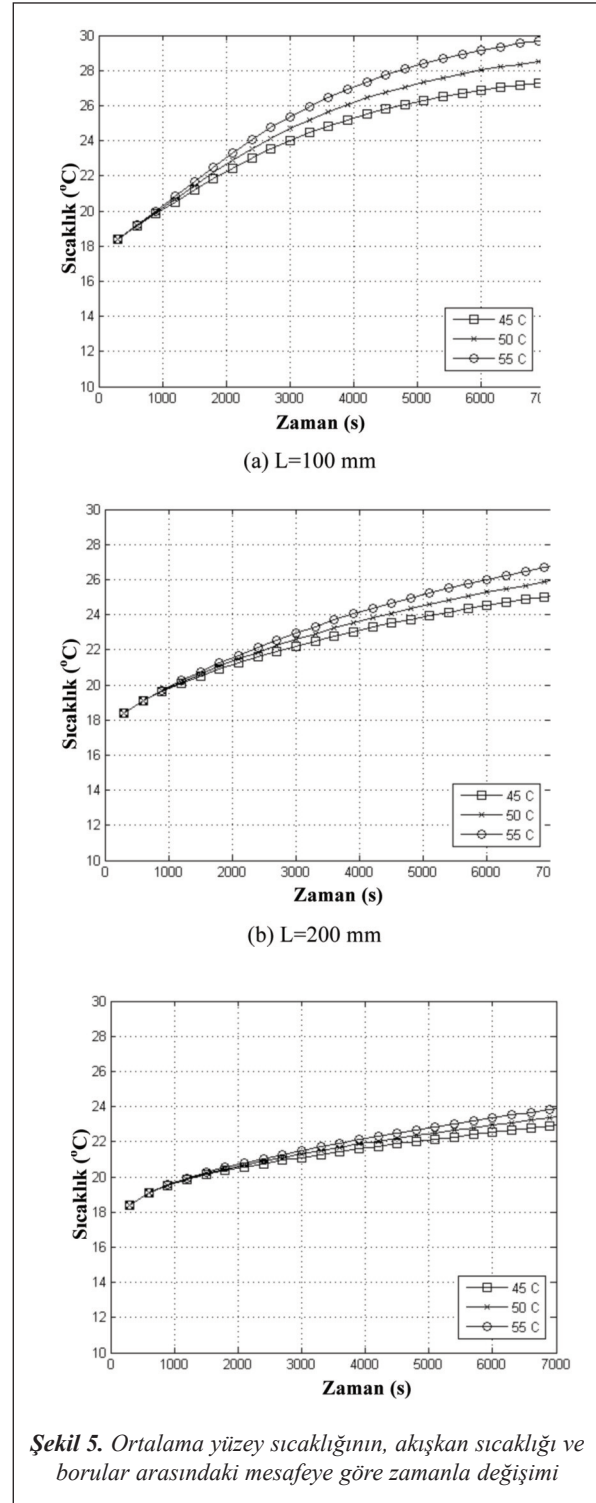


Şekil 4'te borular arası mesafenin döşeme yüzeyi ısınma süresine etkisi görülmektedir. Grafikten de görüldüğü gibi borular arası mesafe arttıkça ısınma süresi de artmaktadır. Boru mesafesinin 300mm ve 400mm olması durumunda, 2 saat sonra dahi döşeme yüzey sıcaklığının standartlarda belirtilen sağlıklı taban altı sıcaklığına ulaşmadığı görülmüştür. Dolayısıyla sürekli çalışmayacak yaşam mahallerinin yerden ısıtma sistemlerinde, borular arasındaki



mesafenin çok artırılmaması gerektiği sonucu ortaya çıkmaktadır.

Şekil 5'te farklı su sıcaklıkları ve farklı boru mesafeleri için, döşeme yüzeyi ortalama sıcaklığı zama-



Makale

nın fonksiyonu olarak gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi akışkan sıcaklığı arttıkça sistemin rejime girme süresi azalmakta, borular arası mesafe arttıkça bu süre artmaktadır. Akışkan sıcaklığının etkisi borular arasındaki mesafe arttıkça azalmaktadır. Küçük boru mesafelerinde yüksek su sıcaklıkları konfor şartlarını olumsuz etkilemektedir. Düşük su sıcaklıklarının kullanılması halinde de konfor şartları sağlanmakta ve dolayısıyla enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Boru mesafesi arttıkça düşük su sıcaklıklarının kullanılması durumunda konfor şartlarından uzaklaşmaktadır. Bu veriler ışığında, yerden ısıtma sistemlerinde sistemin devreye alındığı geçici rejim bölgesinde akışkan sıcaklığı yüksek tutularak, ileriki safhalarda akışkan sıcaklığını düşürecek bir otomasyon ile sistemin rejime ulaşma sürelerinde ve enerji tasarrufunda ciddi katkılar sağlanabileceği görülmektedir.

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada yerden ısıtma sisteminde borular arasındaki mesafenin ve su sıcaklığının döşeme yüzey sıcaklığına olan etkisi incelenmiştir. Çalışma zamandan bağımsız ve zamana bağlı olmak üzere iki kısımda ele alınmıştır. 100 mm, 150 mm, 200 mm, 300 mm ve 400 mm olmak üzere 5 farklı boru mesafesi, 45°C, 50°C ve 55°C olmak üzere 3 farklı su sıcaklığı göz önüne alınmıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda kısaca özetlenmiştir:

Kış sezonu boyunca sürekli çalışacak, kapatılmayacak mahallerin yerden ısıtma sistemlerinde borular arasındaki mesafeleri kısa tutmaya gerek yoktur. Borular arası mesafe düşük tutulduğu takdirde akışkan sıcaklığı düşürülerek, ısıtıcı verimi artırılabilir. Dolayısı ile, sürekli çalışan sistemlerde ya borular arasındaki mesafe arttırılmalı ya da sistem daha düşük su sıcaklıklarında çalıştırılmalıdır.

Sürekli çalışmayan bir sistemde borular arası mesafenin artması ısınma (rejime ulaşma) süresini ciddi şekilde geciktirmektedir. Bu nedenle sistemin sürekli çalışmadığı konut tipi yapılarda, büyük boru açıklıklarının kullanılması önerilmemektedir.

Öte yandan küçük boru mesafelerinde yüksek su sıcaklıkları konfor şartlarını olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle, küçük boru mesafeleri ile çalışacak sistemlerde akışkan sıcaklığının kontrol edilebileceği basit bir otomasyon ile enerji tasarrufu sağlanabilir.

Yerden ısıtma sistemlerinde ısı geçişini üst zemininde bulunan düşük ısı iletim katsayısına sahip (parke, halı vb.) yapı bileşeninin ısı direnci kontrol etmektedir. Bu tip mahallerde kullanılan yerden ısıtma sistemlerinde ısıtma projesinde öngörülmeyen tadilatlarla kesinlikle gidilmemesi gerektiği görülmüştür. Aksi takdirde, projede öngörülen ısı direncin artırılması halinde ortamın ısı ihtiyacı sağlanamayacak, ısı direncin azaltılması halinde ise zemin sıcaklığı standartlarda belirtilen sıcaklık değerlerinin üzerine çıkarak konfor şartlarını olumsuz etkileyecektir.

KAYNAKLAR

- [1] Bozkır, Oğuz and Canbazoglu, Suat. Unsteady thermal performance analysis of a room with serial and parallel duct radiant floor heating system using hot airflow. *Energy and Buildings*,36, 579-586, 2004
- [2] Genceli, Osman F. ve Parmaksizoglu, İ. Cem. Kalorifer Tesisatı. İstanbul : TMMOB Makina Mühendisleri Odası, 2007. MMO/352/4.
- [3] Karadağ, Refet ve Teke, İsmail. New approach relevant to floor Nusselt number in floor heating system, *Energy Conversion and Management*, 49, 1134–1140, 2008
- [4] Olesen, Bjerna W. Radiant floor heating in theory and practice: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc., 2002.
- [5] Sattari, S. ve Farhanieh, B. A parametric study on radiant floor heating system performance. *Renewable Energy*, 31,1617-1626, 2006
- [6] TS EN 1264 Döşemeden ısıtma – Sistemler ve bileşenleri. Ankara : Türk Standartları Enstitüsü.
- [7] Wietzmann,P., Kragh,J., Roots,P., Svendsen,S. Modelling floor heating systems using a validated two-dimensional ground-coupled numerical model, *Building and Environment*, 40, 153–163, 2005.