



**19. ULUSAL ISI BİLİMİ ve TEKNİĞİ
KONGRESİ**

09 - 12 Eylül 2013



ULIBTK' 13

BİLDİRİLER KİTABI



Editörler

Prof. Dr. Haşmet TÜRKOĞLU

Prof. Dr. Aydın DURMUŞ

Yrd. Doç. Dr. Lütfü NAMLI

Editör Yardımcıları

Arş. Gör. Cengiz Görkem DENGİZ

Arş. Gör. Onur YONTAR

Arş. Gör. Kadir KAYA

Arş. Gör. Mahmut Can ŞENEL

Arş. Gör. Muhammet ÖZDOĞAN

Arş. Gör. Erkan ÖZTÜRK

Arş. Gör. Bilal SUNGUR

Arş. Gör. Murat KAPUSUZ

SAMSUN

2013

KÖŞE NOKTALARINA ENGEL YERLEŞTİRİLEN KARE KAPALI ORTAMDA DOĞAL TAŞINIMLA ISI TRANSFERİ

Buğra SARPER, Kemal KUVVET ve Birol ŞAHİN

Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü
29100 Merkez, Gümüşhane

e-mail: bugrasarper@gumushane.edu.tr, kuvvet@gumushane.edu.tr, bsahin@gumushane.edu.tr

Özet: Bu çalışmada, köşe noktalarına engel yerleştirilen kare şeklindeki kapalı ortamda doğal taşınım ile ısı transferi sayısal olarak incelenmiştir. Kare şeklindeki kapalı ortamın düşey yüzeyleri farklı sıcaklıklarda tutulurken yatay yüzeyleri ve engel yüzeyi yalıtılmıştır. Kapalı ortamın köşe noktalarında yerleştirilen engeller yalıtılmıştır. Engel ile yatay yüzey arasındaki eğim açısı $\phi=45^\circ$ ve boyutsuz engel uzunluğu $l^*=0.25$ ve 0.5 'tir. Engel parametrelerinin doğal taşınım ile ısı transferi üzerine etkileri 10^3 ile 10^6 Rayleigh sayısı aralığında çalışılmış, sonuçlar eş sıcaklık eğrileri, akım çizgileri ve ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayısı ile değişim grafikleri şeklinde sunulmuştur. Sonuç olarak, kare şeklindeki kapalı ortamın köşe noktalarına yerleştirilen engellerin doğal taşınım ile ısı transferi üzerinde önemli etkisinin olduğu ve ısı transferini azaltmada etkin bir parametre olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Doğal taşınım ile ısı transferi, kare kapalı ortam, engel kullanımı

NATURAL CONVECTION HEAT TRANSFER IN A SQUARE ENCLOSURE WITH BAFFLE MOUNTED ON CORNER POINTS

Abstract: In this study, natural convection heat transfer in a square enclosure with baffle mounted on corner points is investigated numerically. Horizontal surfaces of the square enclosure and the baffle surface is adiabatic while the vertical surfaces are kept at different temperatures. The inclination angle between baffle and horizontal surface is $\phi=45^\circ$ and the dimensionless baffle length is $l^*=0.25$ and 0.5 . Effects of the baffle parameters on natural convection heat transfer is studied between the range of the Rayleigh numbers 10^3 and 10^6 and the results are represented as temperature isotherms, streamlines and mean Nusselt number variation with Rayleigh number. As a result, it is determined that baffles mounted on corner points of square enclosure has a considerable effect on natural convection heat transfer and it is a significant parameter to reduce the heat transfer.

Keywords: Natural convection heat transfer, square enclosure, use of baffle

SEMBOLLER

H	kapalı ortamın yüksekliği [m]	β	hacimsel genleşme katsayısı [1/K]
L	kapalı ortamın uzunluğu [m]	ρ	akışkanın yoğunluğu [kg/m^3]
l^*	boyutsuz engel uzunluğu [L/L]	ν	akışkanın kinematik viskozitesi [m^2/s]
Nu_y	sıcak yüzey boyunca yerel Nusselt sayısı	ψ	akım çizgisi
Nu_h	sıcak yüzeyde ortalama Nusselt sayısı	θ	boyutsuz sıcaklık
p, P	basınç, boyutsuz basınç [Pa]	ϕ	engelin yatay eksenle yaptığı eğim
Pr	Prandtl sayısı [ν/α]		
Ra	Rayleigh sayısı [$\rho g \beta (T_h - T_c) L^3 / \nu \alpha$]		
T_h, T_c	sıcak ve soğuk yüzey sıcaklıkları [K]		
u, U	x doğrultusunda hız bileşeni, x doğrultusunda boyutsuz hız bileşeni [m/s]		
v, V	y doğrultusunda hız bileşeni, y doğrultusunda boyutsuz hız bileşeni [m/s]		
x, X	yatay mesafe, boyutsuz yatay mesafe [m]		
y, Y	düşey mesafe, boyutsuz düşey mesafe [m]		

Yunan Harfleri

α ısı yayılım katsayısı [m^2/s]

1. GİRİŞ

Kapalı ortamlarda doğal taşınım ile ısı transferi, yaşam alanlarında ısı konforunun sağlanması, yaşam alanlarının doğal yollardan havalandırılması, ısıtma, soğutma ve iklimlendirme uygulamaları, enerji etkin bina tasarımı, güneş enerji sistemleri, elektronik elemanların soğutulması, nükleer reaktörlerin soğutulması, gibi konularda kendine uygulama alanı bulmaktadır.

Özellikle son yıllarda enerji tüketimindeki artış ve doğal kaynakların azalmasına bağlı olarak doğal taşınımın önemi artmakta ve araştırmacıların daha çok ilgisini çekmektedir.

Kare ve dikdörtgen şeklindeki kapalı ortamlar üzerine yapılan çalışmalarda ilk olarak Davis (1983), yatay yüzeyleri yalıtılmış, düşey yüzeyleri farklı sıcaklıktaki kare şeklinde kapalı ortamda doğal taşınımı Rayleigh sayısının 10^3 - 10^6 aralığında incelemiştir. Lin ve Bejan (1983) bölümlendirilmiş kapalı ortamda doğal taşınım ısı transferini 10^9 - 10^{10} Rayleigh sayısı aralığında deneysel ve analitik olarak incelemiştir. Zimmerman ve Acharya (1987) taban ve tavanına yerleştirilen bölmeler vasıtasıyla kısmi olarak bölümlendirilen kare kapalı ortamda doğal taşınım ısı transferini sayısal olarak çalışmışlardır. Acharya ve Jetli (1990) tabanına bölme yerleştirilen kare şeklindeki kapalı ortamda, bölme yüksekliği ve pozisyonunun doğal taşınım ile gerçekleşen akış ve ısı transferi üzerine etkilerini 10^4 ile 3.55×10^5 Rayleigh sayısı aralığında analiz etmişlerdir. Aydın (2000) farklı şehirlerdeki iklim koşullarını temsil eden 4 adet sıcaklık farkı için çift cam uygulamalarındaki cam arası boşluklarının optimum kalınlığının belirlenebilmesi için bir çalışma yürütmüştür. Bilgen (2002) düşey yüzeylerinden farklı sıcaklıklarda ısıtılan, yatay yüzeyleri ise yalıtılmış, farklı yükseklik-genişlik oranlarına sahip dikdörtgen kapalı ortamda engelin yükseklik ve yatay yüzey üzerindeki konumu gibi parametreleri geniş bir Rayleigh sayısı aralığında (10^4 - 10^{11}) incelemiştir. Costa vd. (2003) yatay yüzeyleri yalıtılmış, farklı şekilde ısıtılan kare şeklindeki kapalı ortamda köşe noktalara yerleştirilen üçgen şeklindeki katı blokların ısı transferi üzerine etkisi üzerine çalışmış ve kullanılan blokların boyut ve ısı iletim katsayılarına bağlı olarak ısı transferinde artış ya da düşüşe sebep olduklarını belirlemiştir. Shi ve Khodadadi (2003) düşey sıcak yüzeyine kanatçık yerleştirilen farklı şekilde ısıtılmakta olan kare kapalı ortamda doğal taşınım ısı transferini farklı kanatçık uzunluk ve konumları için Rayleigh sayısının 10^4 ile 10^7 aralığında incelemişler, kanatçığın uzunluk ve konumuna bağlı olarak hidrodinamik engelleme ve ekstra ısıtma etkisine sebep olduğunu belirlemiştir. Yücel ve Özdem (2003) yatay yüzeyleri yalıtılmış ya da iyi derecede iletken, düşey yüzeyleri farklı sıcaklıkta tutulan kare şeklindeki kapalı ortam içerisindeki bölmelerin sayısı ve yüksekliklerinin doğal taşınım üzerine etkilerini farklı Rayleigh sayıları için analiz etmişler ve bölme sayısı ve yüksekliğindeki artışla birlikte ortalama Nusselt sayısının düştüğünü belirlemiştir. Tasnim ve Collins (2005) kare kapalı ortamın merkezine yerleştirilen yay şeklindeki yalıtılmış engelin doğal taşınım ısı transferine etkisini analiz etmiş ve ısı transferinin engelin şekli ve uzunluğundan etkilendiğini belirlemiştir. Bilgen (2005) ısı olarak aktif yüzeyine kanatçık yerleştirilen kare kapalı ortamda doğal taşınım Rayleigh sayısının 10^4 - 10^9 aralığında çalışmış olup kanatçığın düşey yüzeyin ortası ya da ortasına yakın bölümde konumlandırılması gerektiğini ortaya koymuştur. Şahin ve Arıcı (2005) kare kapalı

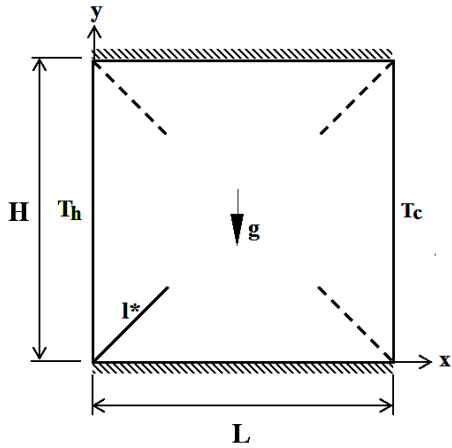
ortamlarda düşey, yatay ve eğik konumda kullanılan bölmelerin doğal taşınım etkisini 10^3 - 10^7 Rayleigh sayısı aralığında sayısal olarak incelemiştir. Alhazmy (2006) üç farklı konfigürasyon için tuğla iç geometrisinin taşınım-iletim birleşik ısı transferini nasıl etkilediğini araştırmış ve bu konfigürasyonlara bağlı olarak ısı transferinde %36'ya varan bir düşüş gözlemlemiştir. Ben-Nakhi ve Chamkha (2007) kare kapalı ortamda sıcak yüzey üzerine yerleştirilen eğimli kanatçığın birleşik ısı transferi (taşınım-iletim) üzerine etkilerini sayısal olarak incelemiştir. Ghassemi vd. (2007) ısı olarak aktif düşey yüzeyler üzerine konumlandırılan iki adet engelin doğal taşınım üzerine etkilerini 10^4 - 10^7 Rayleigh sayısı aralığında analiz etmişler ve engel pozisyonuna bağlı olarak ortalama Nusselt sayısının değiştiğini gözlemlemiştir. Sırasıyla Sun ve Fang (2009), Antar ve Baig (2009) ile Svoboda ve Kubr (2009) ısı transferinin farklı tuğla boşluklarından nasıl etkilendiğini incelemiştir. Alhazmy (2010) tuğla boşluğu içerisine eğimli plakalar yerleştirilerek ısı transferinin %37-42 oranlarında azaltılabileceğini belirlemiştir. Yine Alhazmy (2010) tuğla boşluğu içerisinde yatay yüzeylerde iki ayrı engel kullanarak sıcak ve soğuk yüzeyler arasında transfer edilen ısının miktarında azalma sağlanabileceğini gözlemlemiştir. Varol vd. (2012) tabanı yüksek, tavanı düşük sıcaklıkta tutulan ve yalıtılmış düşey yüzeylerinden birine eğimli bir kanatçık yerleştirilen kare kapalı ortamda doğal taşınım farklı Rayleigh sayıları ve kanatçığın farklı eğim değerleri için deneysel ve sayısal olarak analiz etmişler ve kullanılan eğimli kanatçığın ısı transferini kontrol etmede kullanılabileceğini belirlemiştir. Son olarak Şahin (2013) Farklı tuğla iç geometrilerinin doğal taşınım ısı transferi üzerine etkilerini 10^4 - 10^6 Rayleigh sayısı aralığında analiz etmiş, havanın ısı iletim katsayısının düşük olmasından dolayı tuğla içerisinde herhangi bir yalıtım malzemesi kullanmak yerine tuğla iç geometrisinin değiştirilmesiyle ısı kaybında önemli bir azalma sağlanabileceğini belirlemiştir.

Literatürde farklı sınır koşullarına sahip kare ve dikdörtgen kapalı ortamlarda doğal taşınım ısı transferi ve engel ya da kanatçık kullanımının doğal taşınım üzerine etkilerini inceleyen çalışmalar mevcut olmakla birlikte köşe noktalara yerleştirilen engellerin doğal taşınım üzerine etkilerini inceleyen herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmanın amacı ise köşe noktalara yerleştirilen, yalıtkan engellerin doğal taşınım ile gerçekleşen ısı transferine etkilerini incelemektir.

2. PROBLEMİN TANIMI VE FİZİKSEL MODEL

Şekil 1'de çalışılan problemin geometrisi ve ilgili sınır koşulları sunulmuştur. Kare şeklindeki kapalı ortamın yatay yüzeyleri yalıtılırken, düşey yüzeyler farklı sıcaklıklarda tutulmaktadır. Kare kapalı ortamın yatay yüzeyi L, düşey yüzeyi H ve engel l* uzunluğundadır. Ayrıca engellerin eğimi $\phi=45^\circ$ 'dir. Kullanılan engellerin doğal taşınım ısı transferi üzerine etkileri $10^3 \leq Ra \leq 10^6$ aralığında, engelin $l^*=0.25-0.5$

uzunluklarında ve engelin yalıtılmış olması durumları için sayısal olarak incelenmiştir.



Şekil 1. Kapalı ortamın geometrisi ve kullanılan sınır koşulları

Çalışılan Rayleigh sayısı aralığında akım 2 boyutlu, sıkıştırılmaz ve laminerdir. Düşey yöndeki momentum denkleminde akışkanın yoğunluk dışındaki özelliklerinin sıcaklıkla değişmediğini varsayan Boussinesq yaklaşımının kullanılmasıyla birlikte, akışkanın hareketini tanımlayan diferansiyel korunum denklemleri aşağıdaki şekli alır:

$$\frac{\partial U}{\partial X} + \frac{\partial V}{\partial Y} = 0 \quad (1)$$

$$U \frac{\partial U}{\partial X} + V \frac{\partial U}{\partial Y} = -\frac{\partial P}{\partial X} + \text{Pr} \left(\frac{\partial^2 U}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial Y^2} \right) \quad (2)$$

$$U \frac{\partial V}{\partial X} + V \frac{\partial V}{\partial Y} = -\frac{\partial P}{\partial Y} + \text{Pr} \left(\frac{\partial^2 V}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial Y^2} \right) + Ra \text{Pr} \theta \quad (3)$$

$$U \frac{\partial \theta}{\partial X} + V \frac{\partial \theta}{\partial Y} = \frac{\partial^2 \theta}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial Y^2} \quad (4)$$

Denklemleri boyutsuzlaştırmada kullanılan parametreler şu şekildedir:

$$X = \frac{x}{L}, Y = \frac{y}{L}, U = \frac{uL}{\alpha}, V = \frac{vL}{\alpha}, \theta = \frac{T - T_c}{T_h - T_c},$$

$$P = \frac{pL^2}{\rho\alpha^2}, \text{Pr} = \frac{\nu}{\alpha}, Ra = \frac{g\beta(T_h - T_c)L^3}{\alpha\nu}$$

Kullanılan sınır koşulları ise şu şekildedir:

$U=V=0$ (bütün yüzeylerde);

$\theta=1$ (sol yüzeyde);

$\theta=0$ (sağ yüzeyde);

$$\frac{\partial T}{\partial n} = 0 \text{ (yatay yüzeyler ve engel yüzeyinde).}$$

Kare kapalı ortam içerisinde doğal taşınım ısı transferi üzerine kullanılan engellerin etkileri incelenirken, engel

kullanılmayan durum ile farklı engel parametrelerinde sol sıcak yüzey için, yerel ve ortalama Nusselt sayıları aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

$$Nu_y = \left(-\frac{\partial \theta}{\partial X} \right)_{X=0} \quad (5)$$

$$Nu_H = \frac{1}{H} \int_0^H Nu_y dy \quad (6)$$

Akışkanın hareketini tanımlayan diferansiyel korunum denklemlerinin çözümü gerçekleştirilirken Fluent 14.5. programından yararlanılmıştır. Sonlu hacimle yöntemine göre ayrıklaştırılmış cebirsel denklemlerin çözümü Patankar (1983) tarafından açıklanan SIMPLE algoritması kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. Elde edilen sonuçların literatür ile karşılaştırılması

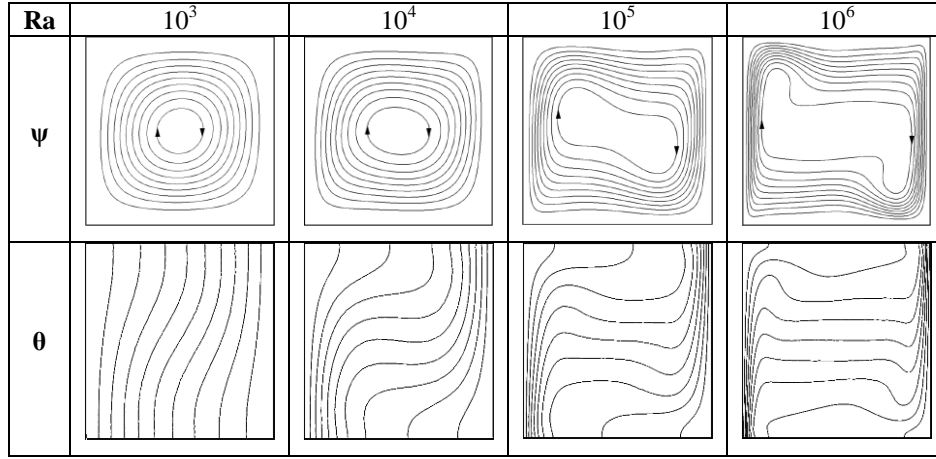
Ra	Davis (1983)	Shi ve Khodadadi (2003)	Yapılan Çalışma
10^3	1.118 (0.179%)	-	1.116
10^4	2.243 (0.045%)	2.247 (0.223%)	2.242
10^5	4.519 (0.221%)	4.532 (0.066%)	4.529
10^6	8.800 (0.890%)	8.893 (0.157%)	8.879

Kare şeklindeki kapalı ortamın sol sıcak yüzeyi için farklı Rayleigh sayılarında elde edilen ortalama Nusselt sayıları Davis (1983), Shi ve Khodadadi (2003)'nin çalışmaları ile karşılaştırılmış elde edilen sonuçların literatür ile gayet uyumlu olduğu görülmüştür.

3. BULGULAR

Şekil 2'de engel kullanılmayan durumda kapalı ortam içerisinde akım çizgileri ve eş sıcaklık eğrileri görülmektedir. Rayleigh sayısının 10^3 değerinde kapalı ortam içerisinde akım zayıf olup simetrik sirkülasyon hücresinin oluştuğu görülmektedir. Sol taraftaki sıcak yüzey boyunca ısınan akışkanın yoğunluğu düşmekte, sağ taraftaki soğuk yüzey boyunca akışkanın yoğunluğu artmaktadır. Böylece kapalı ortamın içerisinde akım saat yönünde oluşmaktadır. Rayleigh sayısındaki artışla birlikte sirkülasyon hücresi genişlemektedir. Doğal taşınımın baskın hale geldiği 10^5 ve 10^6 Rayleigh sayılarında, sıcak ve soğuk yüzeylere yakın bölgelerde hız gradyanları daha belirgin hale gelmektedir.

Eş sıcaklık eğrileri incelendiğinde, 10^3 Rayleigh sayısı değerinde eş sıcaklık eğrilerinin soğuk ve sıcak yüzeyler arasında hemen hemen paralel bir şekilde yer aldığı görülmektedir. Sıcaklık sıcak yüzeyden soğuk yüzeye gidildikçe düşmektedir. Rayleigh sayısı 10^3 iken kapalı ortam içerisinde taşınım ısı transferi henüz baskın değildir ve bu durum eş sıcaklık eğrilerinin sıcak ve soğuk yüzeylere paralel uzanmasından anlaşılmaktadır. Rayleigh sayısının 10^4 'e çıkmasıyla eş sıcaklık



Şekil 2. Engel kullanılmayan durumda akım çizgileri ve eş sıcaklık eğrileri

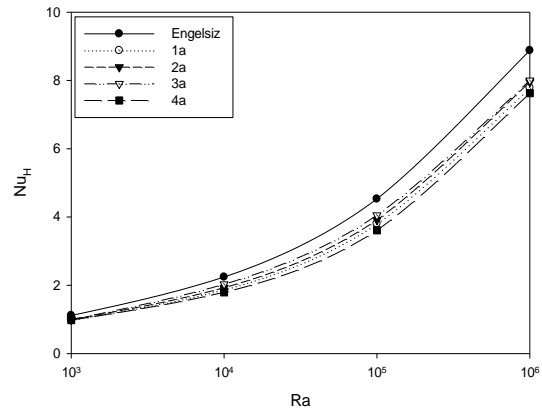
eğrilerinde dalgalanmalar başlamaktadır. $Ra=10^5$ iken eş sıcaklık eğrileri yoğunluk farklarının daha yüksek olduğu sıcak ve soğuk yüzeylere yaklaşmakta ve eş sıcaklık eğrilerinde dalgalanmalar artmaktadır. Rayleigh sayısındaki artışa bağlı olarak kapalı ortam içerisinde taşınım baskın hale gelmektedir. Rayleigh sayısının 10^6 sıcak ve soğuk yüzeylerde sıcaklık gradyanlarının arttığı, eş sıcaklık eğrilerinin kapalı ortamın merkezinde ise yatay eksene paralel şekilde uzandığı görülmektedir.

Şekil 3'de, Rayleigh sayısının 10^3 ve 10^6 değerlerinde, farklı konumlardaki $l^*=0.25-0.5$ uzunluğundaki yalıtılmış engellerin akım alanı ve sıcaklık dağılımı üzerine etkileri görülmektedir.

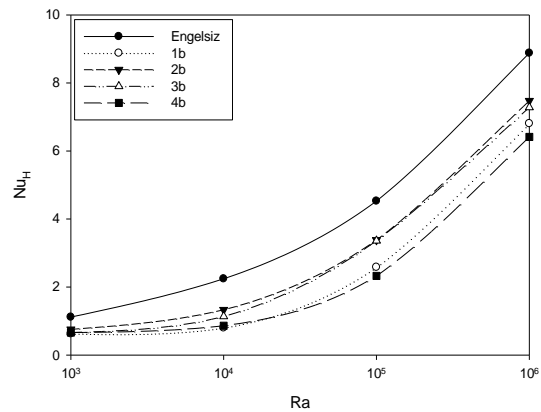
Akım çizgileri incelendiğinde, engel kullanımına bağlı olarak kapalı ortam içerisindeki akımın şiddetinin düştüğü açıkça görülmektedir. Bu durum engelin uzunluğundaki artışla daha belirgin hale gelmektedir. Durum 1b'de engellerin uzunluğu $l^*=0.5$ olup, kullanılan engeller sol yüzeye yakın bölümde etkin bir akımın oluşmasını engellemektedir. Rayleigh sayısı 10^6 'ya yükseldiğinde kullanılan engellerin, aynı Rayleigh sayısında engel kullanılmayan durumdaki simetrik akım yapısını bozduğu görülmektedir. Yine durum 2a ve 2b'de, kullanılan engeller simetrik akım yapısını bozmakta, sirkülasyon hücresinin merkezi sağ düşey yüzeye yaklaşmaktadır. Durum 3 ve 4'te ise engeller çarpaz şekilde konumlandırılmakta, bu durum kapalı ortamın içerisindeki simetrik akım yapısını bozmamaktadır. Genel olarak akım şiddetinin, kullanılan engellerin uzunluğundaki artışla birlikte düştüğü gözlemlenmekte, engel yüzeylerindeki sürtünmeler ve engellerin kaldırma kuvveti etkisindeki hareketi sınırlandırmasıyla birlikte engellerin alt ve üst kısımlarında kuvvetli bir akım meydana gelmediği görülmektedir.

Eş sıcaklık eğrileri incelendiğinde, yalıtılmış engellerin sıcak ile soğuk yüzeyler arasındaki sıcaklık dağılımını önemli derecede etkilediği görülmektedir. Durum 1b'de Rayleigh sayısı 10^3 iken kullanılan engellerin sıcak havayı aralarında hapsedtiği ve kapalı ortamın büyük

bölümünde, görece soğuk havanın dolaştığı görülmektedir. Rayleigh sayısındaki artışla birlikte eş sıcaklık eğrilerindeki dalgalanmalar artmakta ve kapalı ortam içerisinde taşınım baskın hale gelmektedir. Durum 2b'de $Ra=10^3$ iken kapalı ortamın üst bölümünde ılık, sabit sıcaklıktaki bölgenin oluştuğu görülmektedir. Durum 3 ve 4'te ise akımdaki simetrik yapı eş sıcaklık eğrilerine yansımakta, eş sıcaklık eğrileri sıcak ve soğuk yüzeyler arasında uzanmakta ve adyabatik engel yüzeylerine tutunmaktadır.



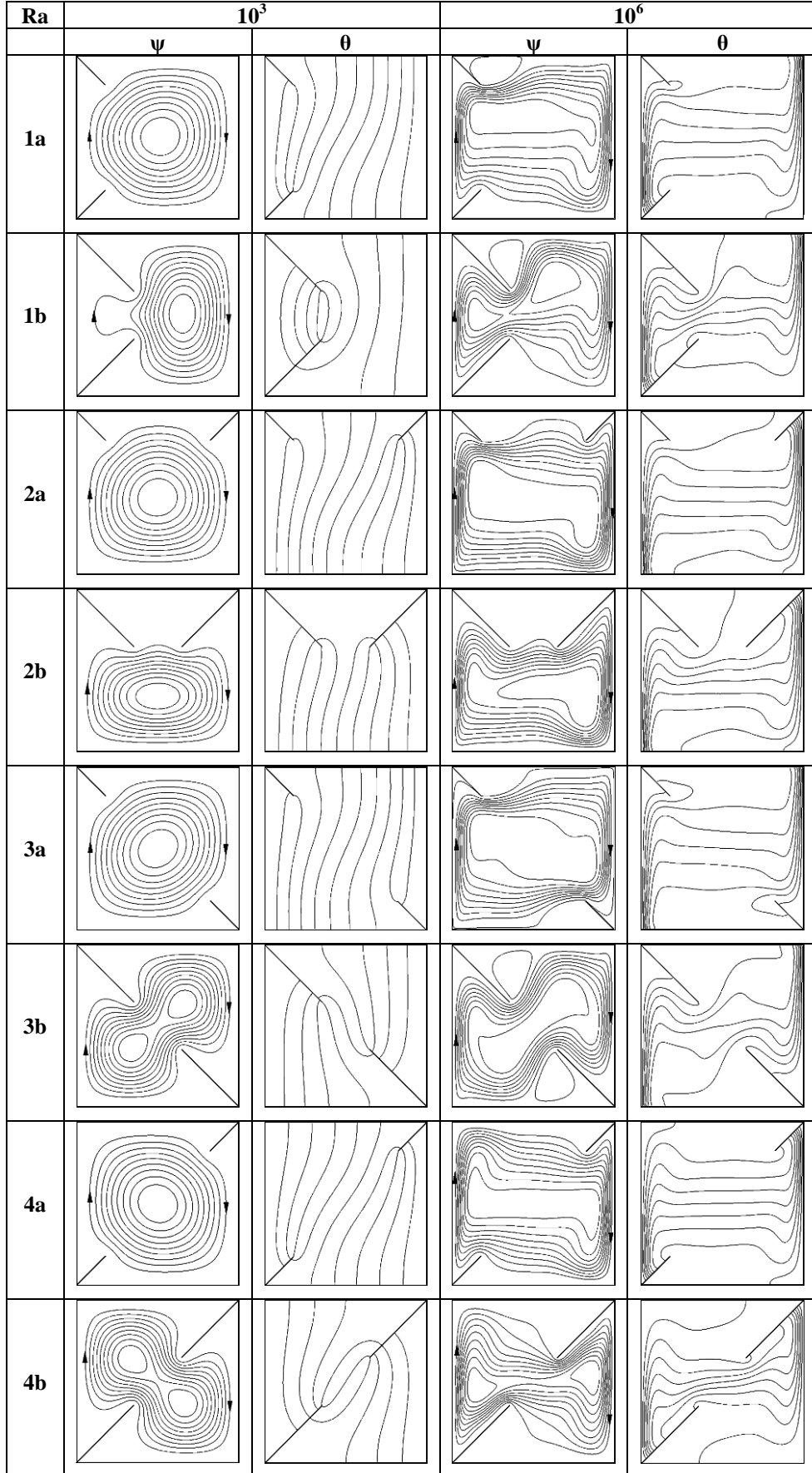
Şekil 4. Farklı engel pozisyonlarında ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayısı ile değişimi ($l^*=0.25$)



Şekil 5. Farklı engel pozisyonlarında ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayısı ile değişimi ($l^*=0.5$)

Şekil 4 ve Şekil 5'de farklı engel pozisyonları ve uzunluklarında ortalama Nusselt sayısının Rayleigh

sayısı ile değişimi görülmektedir. Kullanılan engellerin doğal taşınım ile gerçekleşen ısı transferine etkilerini



Şekil 3. Rayleigh sayısının 10^3 ve 10^6 değerlerinde farklı engel pozisyonları için akım çizgileri ve eş sıcaklık eğrileri.

incelemek amacıyla engel kullanılmayan durumda elde edilen ortalama Nusselt sayısı değerleriyle karşılaştırmalar yapılmıştır. Engel kullanılmayan durumda $Ra=10^3$ iken ortalama Nusselt sayısı en düşük değerini almaktadır. Rayleigh sayısındaki artışla birlikte akışkana etkiyen kaldırma kuvvetinin etkisi armakta, taşınımın etkin hale gelmesiyle birlikte ortalama Nusselt sayısında önemli bir artış meydana gelmektedir. Kullanılan engellerin ise ortalama Nusselt sayısını önemli derecede azalttığı belirlenmiştir. $I^*=0.25$ ve $Ra=10^3$ iken ortalama Nusselt sayısı ve dolayısıyla ısı transferindeki net düşüş en fazla %12 olmakta, Rayleigh sayısının 10^4 'e çıktığında ise %19.96 olmaktadır. Rayleigh sayısının 10^5 ve 10^6 değerlerinde ise ısı transferindeki net düşüş sırasıyla %20.27 ve %14.10 olarak gerçekleşmektedir.

$I^*=0.5$ ve $Ra=10^3$ iken ısı transferindeki net düşüş %43.79, $Ra=10^4$ iken %64.22 olmakta, Rayleigh sayısı 10^5 'e çıktığında %48.59, 10^6 'ya çıktığında ise %27.77 olarak gerçekleşmektedir. Isı transferindeki düşüş engel uzunluğu ve engel konumuna bağlı olarak değişmektedir. Engelin uzunluğundaki artışla birlikte ortalama Nusselt sayısı düşmekte $I^*=0.25$ iken ısı transferindeki net düşüş en fazla, durum 4a'da, $I^*=0.5$ iken ise Rayleigh sayısının 10^3 ve 10^4 değerlerinde durum 1b'de, Rayleigh sayısının 10^5 ve 10^6 değerlerinde ise durum 4b'de gözlemlenmektedir.

4. SONUÇLAR

Çalışılan parametrelere bağlı olarak elde edilen sonuçlar incelendiğinde, ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayısından oldukça etkilendiği ve Rayleigh sayısındaki artışla birlikte doğal taşınımın ısı transferinin arttığı gözlemlenmiştir. İncelenen tüm Rayleigh sayılarında kapalı ortam içerisinde saat yönünde dönmekte olan tek bir sirkülasyon hücresi yapısı görülmektedir. Taşınım etkilerinin belirgin hale gelmesiyle sirkülasyon hücresi genişlemekte, eş sıcaklık eğrilerinde ise dalgalanmalar meydana gelmektedir. Köşe noktalarında konumlandırılan engellerin akımı zayıflattığı, simetrik akım yapısını bozduğu belirlenmiştir. Akım şiddetinin azalması ile ısı transferinde önemli azalma meydana geldiği gözlemlenmiştir. Ayrıca engel uzunluğu ve konumunun ortalama Nusselt sayısını oldukça etkilediği belirlenmiştir. Kullanılan engellere bağlı olarak ısı transferindeki düşüş en az %12, en fazla ise %64.22 olarak gerçekleşmiştir. Sonuç olarak kare kapalı ortamın köşe noktalarına yerleştirilen engellerin ısı transferini azaltmada kullanılabileceği belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

Davis, G. de V., Natural Convection of Air in a Square Cavity: A Benchmark Numerical Solution, International Journal for Numerical Methods in Fluids, 3, 249-264, 1983.

Lin, N. N., Bejan, A., Natural Convection in a Partially Divided Enclosure, International Journal of Heat Mass Transfer, 26-12, 1867-1878, 1983.

Zimmerman, E, Acharya, S., Free Convection Heat Transfer in a Partially Divided Vertical Enclosure with Conducting End Walls, International Journal of Heat Mass Transfer, 30-2, 319-331, 1987.

Acharya, S., Jetli, R., Heat Transfer due to Buoyancy in a Partially Divided Square Box, International Journal of Heat Mass Transfer, 33-5, 931-942, 1990.

Aydin, O., Determination of Optimum Air-Layer Thickness in Double-Pane Windows, Energy and Buildings, 32, 303-308, 2000.

Bilgen, E., Natural Convection in Enclosures with Partial Partitions, Renewable Energy, 26, 257-270, 2002.

Costa, V. A. F., Oliviera, M. S. A., Sousa, A. C. M., Control of Laminar Natural Convection in Differentially Heated Square Enclosures Using Solid Inserts at Corners, International Journal of Heat and Mass Transfer, 46, 3529-3537.

Shi, X., Khodadadi, J. M., Laminar Natural Convection Heat Transfer in a Differentially Heated Square Cavity Due to Thin Fin on the Hot Wall, Journal of Heat Transfer, 125, 624-634.

Yücel, N. Ozdem, A. H., Natural Convection in Partially Divided Square Enclosures, Heat and Mass Transfer, 40, 167-175, 2003.

Tasnim, S. H., Collins, M. R., Suppressing Natural Convection in a Differentially Heated Square Cavity With an Arc Shaped Baffle, International Communications in Heat and Mass Transfer, 32, 94-106, 2005.

Bilgen, E., Natural Convection in Cavities with a Thin Fin on the Hot Wall, International Journal of Heat and Mass Transfer, 48, 3493-3505, 2005.

Şahin, B., Arıcı, M. E., Kapalı Kare Ortamlarda Yatay, Düşey ve Eğik İç Bölmelerin Doğal Taşınımın Isı Transferine Etkisinin Sayısal Olarak İncelenmesi, 15. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi ULIBTK05, Trabzon, 789-794, 2005.

Alhazmy, M. M., Analysis of Coupled Natural Convection-Conduction Effects on the Heat Transport Through Hollow Building Blocks, Energy and Buildings, 38, 515-521, 2006.

Ben-Nakhi, A., Chamkha, A. J., Conjugate Natural Convection in a Square Enclosure with Inclined Thin Fin of Arbitrary Length, International Journal of Thermal Sciences, 46, 467-478, 2007.

Ghassemi, M., Pirmohammadi, M., Sheikhzadeh, G. A., A Numerical Study of Natural Convection in a Cavity with Two Baffles Attached to Its Vertical Walls, Proc. Of 5th IASME/WSEAS International Conference On Fluid Mechanics And Aerodynamics, Athens, 25-27, 2007.

Sun, J., Fang, L., Numerical Simulation of Concrete Hollow Bricks by the Finite Volume Method, International Journal of Heat And Mass Transfer, 52, 2298-5607, 2009.

Antar, M. A., Baig, H., Conjugate Conduction-Natural Convection Heat Transfer in a Hollow Building Block, Applied Thermal Sciences, 29, 3716-3720, 2009.

Svoboda, Z., Kubr, M., Numerical Simulation of Heat Transfer Through Hollow Bricks in the Vertical Direction, Journal of Building Physics, 34-4, 325-350, 2010.

Alhazmy, M. M., Numerical Investigation on Using Inclined Partitions to Reduce Natural Convection Inside the Cavities of Hollow Bricks, International Journal of Thermal Sciences, 49, 2201-2210, 2010.

Alhazmy, M. M., Internal Baffles to Reduce Natural Convection in the Voids of Hollow Blocks, Building Simulation, 3, 125-137, 2010.

Varol, Y., Oztop, H. F., Ozgen, F., Koca, A., Experimental and Numerical Study on Laminar Natural Convection in a Cavity Heated from Bottom due to an Inclined Fin, Heat Mass Transfer, 48, 61-70, 2012.

Şahin, B., Tuğla İç Geometrisinin Isı Transferi Üzerine Etkisinin İncelenmesi, 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 425-433, 2013.

Patankar, S. V., Numerical Heat Transfer and Fluid Flow, McGraw Hill, New York, 1980.