

## YATAY KAPALI BİR ORTAMDA AYRIK ISI KAYNAKLARINDAN OLAN DOĞAL TAŞINIM AKIŞIN SAYISAL İNCELENMESİ

**Şenol BAŞKAYA ve Emre ALPAY**

Makina Mühendisliği Bölümü, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Gazi üniversitesi  
06570 Maltepe Ankara, [baskaya@gazi.edu.tr](mailto:baskaya@gazi.edu.tr)

### ÖZET

Duvarlarında düzlemsel Ayrık Isı Kaynakları (AIK) bulunan iki boyutlu yatay bir kapalı ortamda, sürekli şartlarda, laminer doğal taşınım akış özellikleri sayısal olarak incelenmiştir. İki boyutlu laminar sayısal modellemeler, tam eliptik korunum denklemlerinin sonlu hacimler metoduna dayalı sayısal akışkanlar dinamiği (SAD) kodu ile çözülmesi ile elde edilmiştir. Isı transferi ve akış özellikleri hız vektörleri ile sabit sıcaklık kontur grafikleri ile incelenmiştir. Ortamın duvar sıcaklıkları ile ısıtıcı sıcaklıkları sabit tutulmuştur. Değişik AIK konumları altında altı değişik durum incelenmiştir. AIK konumlarının önemli derecede doğal taşınım akış özelliklerini değiştirdiği gözlemlenmiştir. Her bir incelenen durum için farklı hava hareketi karakteristikleri elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ayrık ısı kaynakları, doğal taşınım, kapalı ortam, SAD

### NUMERICAL ANALYSIS OF NATURAL CONVECTION FROM DISCRETE HEAT SOURCES INSIDE A HORIZONTAL ENCLOSURE

#### ABSTRACT

Steady-state, laminar natural convection flow characteristics inside a two-dimensional horizontal enclosure with flush-mounted discrete heat sources (DHSs) on the walls is numerically investigated. Two-dimensional laminar numerical simulations are obtained by solving the full elliptic governing equations using a finite volume based computational fluid dynamics (CFD) code. The heat and fluid flow structures are examined using velocity vector and isotherm contour plots. Enclosure wall and heater temperatures are fixed. Six different cases are investigated with different locations of DHSs. It is observed that DHS locations significantly alter the natural convection flow pattern. For each case investigated different air movement characteristics were obtained.

**Keywords:** Discrete heat sources, natural convection, enclosure, CFD

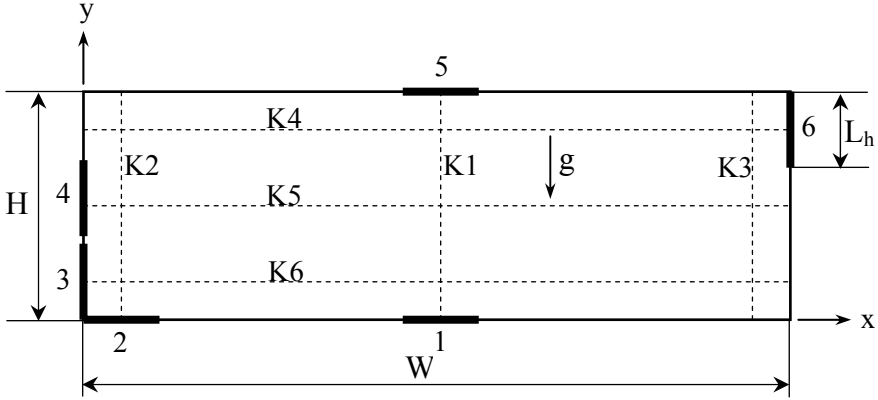
## 1. GİRİŞ

Günümüzde elektronik cihazların tasarımında dikkat edilmesi gereken en önemli husus, güvenli bir çalışma için uygun sıcaklık aralıklarının tespiti ve bunu sağlamak için uygun ısı transfer mekanizmalarının kullanılmasıdır. Böylelikle elektronik elemanlarının performansları ve güvenilirlikleri artırılmış olur. Doğal taşınım soğutma düşük yoğunluklu ve düşük güçlü sistemlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Güvenilirliğinin yüksek olması, bakım masrafının düşük olması ve gürültüye sebep vermemesi ile doğal taşınım elektronik elemanların soğutulması etkili bir yöntem olarak ortaya çıkmaktadır. Elektronik sistemlerin doğal taşınım soğutulması konusunda genel bilgileri ve derlemeleri şu eserlerde bulmak mümkün: Incropera [1] ve Sözbir vd. [2].

Ayrık ısı kaynaklarından olan ısı transferi literatürde son yıllarda gittikçe daha fazla ilgi görmeye başlamıştır. Keyhani vd. [3] deneysel olarak dikey konumdaki bir kapalı ortamdaki AIK'ların neden olduğu doğal taşınımı araştırmışlar. Chadwick vd. [4] ise iki boyutlu AIK kullanarak dik dörtgen bir ortamda doğal taşınım ile olan ısı transferini incelemişler. Ho ve Chang [5] ise gene dikey ve dik dörtgen bir ortamda AIK ile olan doğal taşınım ısı transferini en/yükseklik oranı açısından incelemişler. Bütün bu çalışmalarda dik kapalı ortamlarda AIK'nın dik duvara yerleştirilmiş durumdaki doğal taşınım incelenmiştir. Oysa yatay duvardaki konum ve diğer olası konumlarda çok önemli inceleme konularıdır. Örneğin Polentini vd. [6], eğer değişik ısı kaynağı sıralarından homojen bir ısı transferi isteniliyorsa, AIK'ların yatay konumlandırılmasının tercih edildiği bildirilmiştir. Sezai ve Mohamad [7] sayısal olarak yatay bir kapalı ortamın sadece alt yüzeyine yerleştirmiş bir AIK'ından olan doğal taşınım incelenmiştir. Değişik Rayleigh sayılarında çalışılmış ve AIK boyları da değiştirilmiştir. Biri yatay yüzeyde diğeri dikey yüzeyde olmak üzere iki AIK kullanılarak Deng vd. [8] doğal taşınım ile ısı transferini incelemişlerdir. Bu çalışmada doğal taşınım denklemlerinin boyutsuzlaştırılması işlemiyle birleştirilmiş sıcaklık skalası önerilmiştir ve sonuçlar akım çizgileri ve sıcaklık dağılımları ile verilmiştir. Deng vd. [9] daha sonra iki farklı durum için AIK'larından olan ısı transferini incelemişler. Birinci durumda yatayda iki AIK ve ikinci durumda ise yatayda sadece bir AIK yerleştirilmiş, fakat buna ilave olarak yatay kapalı ortamın orta kısmına iki adet hacimsel ısı kaynağı yerleştirmiş. Bu çalışmada da bir önceki makalede kullandıkları metod uygulanmış. AIK'ları bulunan, kapalı ve havalandırılan ortamlarda, Abraham ve Sparrow [10] ayrıntılı deneysel çalışmalar yapmışlar. Kapalı ortam bir fırın hacmine benzemektedir. Deneysel, değişik parametrelere ek olarak ısı kaynaklarının değişik ısıma yüzey karakteristiklerinin etkileri incelenmiş. Literatürde bulunabilecek belli başlı eserlerden görüldüğü gibi AIK'larından kaynaklanan doğal taşınım akışının değişik özellikleri deneysel ve sayısal olarak incelenmiştir. Bu çalışmada kullanılan kapalı hacim ve AIK konumları ayrıntılı olarak çalışılmamıştır. Bu çalışmayla AIK'ların konumlarının doğal taşınımı ne kadar değiştirdiği gösterilmiştir.

## 2. SAYISAL MODEL VE DENKLEMLER

İncelenen kapalı ortam şematik olarak Şekil 1’de verilmiştir. Yatay dikdörtgen biçimindeki kapalı hacmin uzunluğu 0.4 m ve yüksekliği 0.1 m olarak sabit tutulmuştur. AIK’ların konumları şekil üzerinde gösterilmiştir. Görüldüğü gibi altı değişik konum için incelemeler yapılmıştır. Ayrıca aynı şekil üzerinde rakamsal sonuçların sunulduğu kesitler de K1 v.s. olarak belirtilmiştir. Burada K kesitlerinin koordinat merkezinden uzaklıkları x-yönünde sırasıyla 0.025, 0.2 ve 0.375 m, ve y-yönünde sırasıyla 0.025, 0.05 ve 0.075 m olarak seçilmiştir.



**Şekil 1.** İncelenen kapalı hacmin şematik görünüşü, AIK konumları ve incelenen kesitler

### 2.1. Akışı Tanımlayan Denklemler

İncelenen kapalı hacim içerisindeki doğal taşınım ile ısı transferi ve akışkan akışı, sürekli şartlarda kütle korunumu, momentum korunumu ve enerjinin korunumu denklemleri kullanılarak iki boyutlu olarak ifade edilmiştir. Sürekli ve iki boyutlu sıkıştırılmaz bir akış için kütle korunumu denklemi aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

Momentum denklemleri ise aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + \nu \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) \quad (2)$$

$$u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} + \nu \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + g\beta(T - T_r) \quad (3)$$

Enerji denklemi de aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} = \frac{\nu}{Pr} \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) \quad (4)$$

Görüldüğü gibi Boussinesq yaklaşımı kullanılmıştır. Yoğunluk sadece doğal taşınım akışını oluşturan kaldırma kuvveti teriminde değişken olarak alınmıştır. Diğer akışkan özellikleri sabit kabul edilmiştir. Burada,  $\beta=1/T_r$  hacimsel genleşme katsayısını göstermektedir. Referans sıcaklık  $T_r$  duvar ile AIK sıcaklıklarının ortalaması olarak alınmıştır.

Tablo 1’de bu çalışmada incelenen altı durumun özellikleri sunulmuştur. Görüldüğü gibi kapalı hacmi oluşturan duvarların sıcaklığı  $T_w=0$  °C ve AIK sıcaklıkları ise  $T_h=40$  °C sıcaklıkta sabit tutulmuştur. AIK boyları olarak 0.05 ve 0.025 m seçilmiştir. Kapalı hacmi oluşturan duvarlarda ve ısıtıcı yüzeylerinde akışkan hızları sıfırdır.

**Tablo 1.** İncelenen altı durumun özellikleri

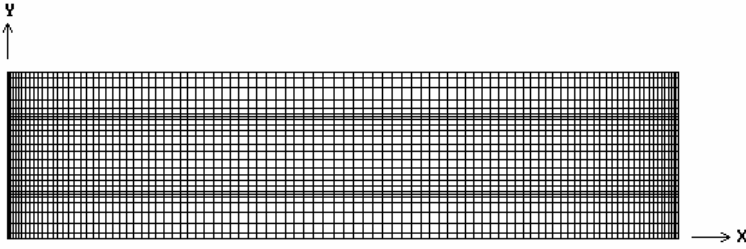
Durum No.	H (m)	W (m)	$L_h$ (m)	$T_w$ (°C)	$T_h$ (°C)	Isıtıcı No.
1	0.1	0.4	0.05	0	40	1
2	0.1	0.4	0.05	0	40	5
3	0.1	0.4	0.05	0	40	3
4	0.1	0.4	0.05	0	40	4
5	0.1	0.4	0.05	0	40	2
6	0.1	0.4	0.05	0	40	6

## 2.2. Sayısal Çözüm Tekniği

Problemi tanımlayan temel korunum denklemleri, sonlu hacimler metodu ile çalışan PHOENICS koduyla çözülmüştür. PHOENICS, ısı ve kütle transferi, akışkanlar mekaniği, kimyasal reaksiyon ve bunun gibi olayların simülasyonunu yapan bir programdır [11, 12]. Bu program, lineer olmayan kısmi diferansiyel denklem setlerinin çözümü için iteratif sayısal yaklaşımlar sağlar. Sayısal çözüm yöntemi yaygın olarak kullanılan SIMPLE algoritmasının gelişmiş bir biçimidir. Taşınım terimleri için hibrid metot kullanılmıştır. Denklem setleri TDMA (Tri-Diagonal-Matrix-Algorithm) algoritması ile çözülmüştür. Sayısal çözüm prosedürü ile ilgili

ayrıntılı bilgi Rosten ve Spalding [11], Spalding [12], Patankar [13] ve benzer yayınlardan elde edilebilir.

Şekil 2’de bu çalışmada kullanılan örnek bir hücre dağılımı görülmektedir. Hücre dağılımları AIK konumlarına göre değiştirilmiştir. Genel olarak duvara yakın ve ısıtıcılara yakın bölgelerde daha yoğun hücre kullanıldı. Çözümlerin hücre sayısı ve dağılımından bağımsız hale gelecek şekilde, kaba bir hücre dağılımından başlayarak, hücre sayı ve dağılımları değiştirilmiştir. Son çözümler, x-yönünde 80 ve y-yönünde 20 hücre kullanılarak elde edilmiştir.



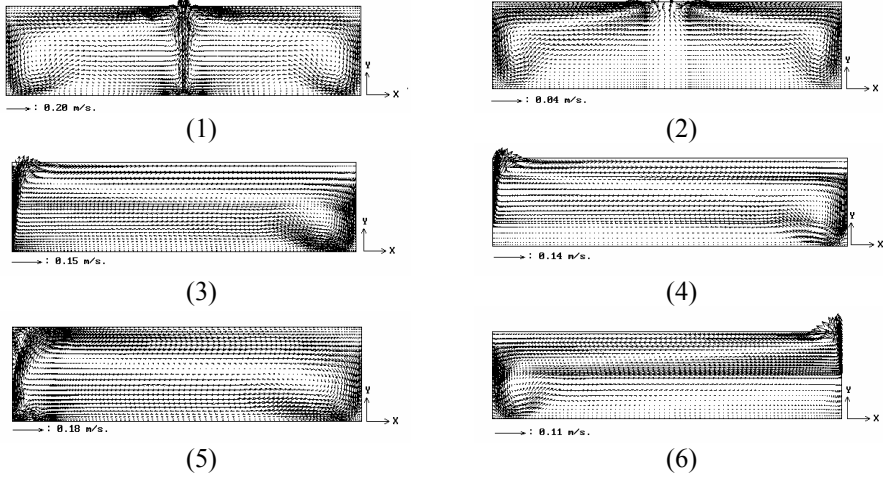
Şekil 2. Sayısal çözümlerde kullanılan örnek hücre dağılımı

### 3. SAYISAL SONUÇLAR

Hücre sayısından ve dağılımından bağımsız çözümler elde edildikten sonra, Tablo 1’de verilen her bir durum için çözümler elde edilmiştir. Elde edilen sayısal sonuçlar hız vektörleri ve sıcaklık konturları olarak grafiksel olarak sunulmuştur. Akış özelliklerini daha ayrıntılı görebilmek amacıyla, bu grafiklere ilave olarak, Şekil 1’de verilen kesitlerde sıcaklık değişimleri ile hız bileşenlerinin değişimleri ayrıca gösterilmiştir. Her bir grafiksel sunuş incelenen altı ayrı durum için bir set halinde toplanarak sunulmuştur. Bununla tek bir şekilde altı ayrı grafik bulunmaktadır ve buda durumlar arasındaki ısı transferi ve akış farklılıklarını daha çarpıcı olarak göstermektedir.

Şekil 3’de her bir durum için hız vektörleri dağılımları sunulmuştur. Bu şekillerde ısıtıcıların konumları vektör dağılımlarının yoğunlaştığı ve büyüklüklerinin arttığı konumlar olarak rahatca tespit edilebilmektedir. Söz konusu grafikleri değerlendirirken her grafik altında verilen birim vektör büyüklüğü değerinin mutlaka dikkate alınması gerekmektedir. Bütün birim vektör değerleri akışın daha kolay görülebilmesi için artırılmış veya küçültülmüştür. Bunun neticesi olarak eşit büyüklükte görülen vektör dağılımlarında gerçek hızlar çok farklı olabilir. Örneğin durum 1 ve durum 2 için verilen grafiklerde vektör boyutları birbirine çok yakın görünmekte. Oysa birim vektör büyüklüklerine bakıldığında durum 1’de hızların durum 2’ye göre yaklaşık beş kat daha büyük olduğu anlaşılıyor. Bunun sebebi ise durum 1’de alttan ısıtma söz konusu olup kaldırma kuvveti en etkin şekilde akışı belirlemektedir.

Durum 2'de ise ısıtıcı üst duvardadır ve ısınan hava yukarı doğru yükselmektedir ve bunun neticesinde hızlar çok düşük mertebelerde kalmaktadır.

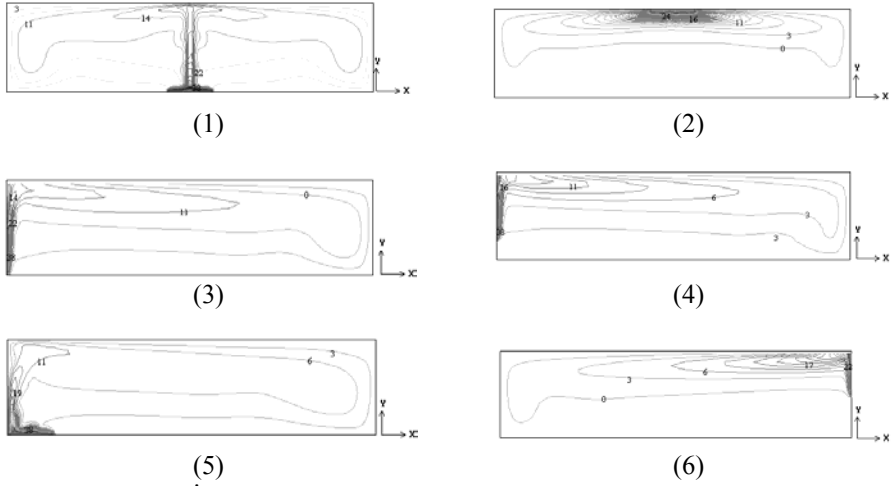


**Şekil 3.** Araştırılan altı durum için hız vektörlerinin dağılımları

Şekil 3'de görüldüğü gibi her bir durum farklı doğal taşınım akış özellikleri göstermektedir. Isıtıcı konumu ve büyüklüğü akış özelliklerini önemli derecede etkilemektedir. Doğal taşınım akıları ısıtıcının tabana yakın olduğu durumlarda daha etkili olmaktadır. Isıtıcılar hava sirkülasyonlarına sebep vermektedir. Bu sirkülasyonlar genel olarak iki adet olmakta ve yarı yarıya bütün kapalı hacmi etkilemektedir. Doğal taşınım akılarının düşük seviyede olduğu durumlarda ise sirkülasyonlarda bölgesel kalmaktadır.

Yukarıda verilen hız vektörlerinin gösterdiği doğal taşınım akışı, AIK'larından olan ısı transferini belirlemektedir. Bu ısı transferi neticesinde oluşan sıcaklık dağılımları ise Şekil 4'de gösterilmiştir. Hız dağılımlarında olduğu gibi her incelenen durum farklı sıcaklık dağılımları oluşturmuş. Birinci durumda sıcaklık dağılımları önemli mertebede saçılımla, homojene yakın dağılım oluşturmuş. Durum 2'de ise tavanda bir yığılma söz konusu. AIK'ların sağ ve sol duvarlara yakın konumlarda olmaları durumunda ise daha bölgesel özellikler göze çarpmaktadır. Bu durumlarda sıcaklıklar ısıtıcıya yakın bölgelerde daha yüksek ve ısıtıcıdan uzak bölgelerde sıcaklıklarda büyük düşüşler görülmektedir. Durum 2 ve 6'de ise kapalı hacmin yaklaşık yarısı duvar sıcaklığı olan 0°C civarında kalmaktadır.

Şekil 5'den Şekil 8'e kadar olan grafiklerde sıcaklık ve hız değerlerinin Şekil 1'de gösterilen kesitlerdeki (K1'den K6'ya kadar) dağılımları verilmiştir. Bu grafiklerde çok fazla yer işgal etmesinden dolayı durum numaraları verilmemiştir. Fakat grafik sıralaması Şekil 3 ve 4'de verilen sıralamayla aynıdır. Sıcaklığın K1, K2 ve K3

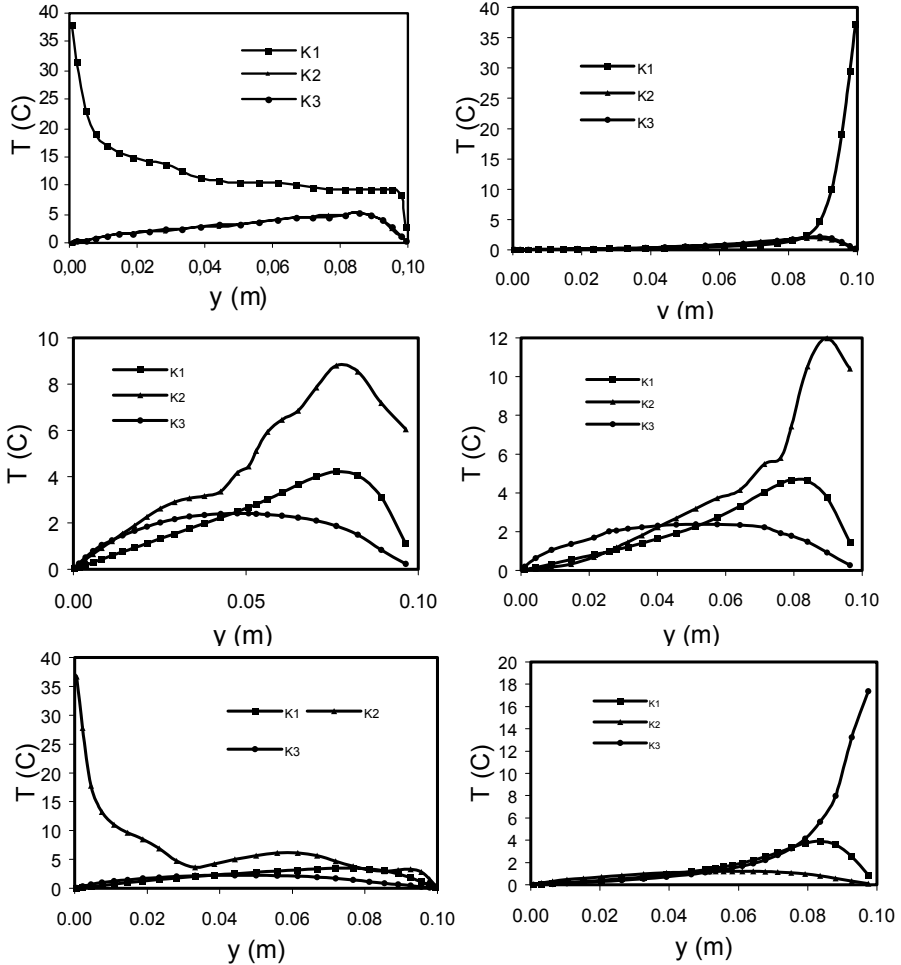


**Şekil 4.** İncelenen altı durum için sabit sıcaklık eğrisi dağılımları

kesitlerindeki değişimleri Şekil 5’de sunulmuştur. Buradaki değişimler y-yönünde olup alt duvardan üst duvara kadardır. Görüldüğü gibi bu kesitler üstünde olan AIK’larının sıcaklık dağılımları 40°C yüzey sıcaklığına yakın değerler göstermektedir. Tam 40°C olması söz konusu değil, çünkü AIK sıcaklığı 40°C olmakla birlikte grafiklerde gösterilen sıcaklıklar ısıtıcılarla temas halinde bulunan havanın sıcaklığıdır. Aynı sıcaklığı görebilmek için çok daha küçük hücrelerin duvarlara yakın bölgelerde kullanılmasını gerektirmektedir. Sonuçların hücresel bağımsızlaştırma çalışmasında bunun gerekli olmadığı görülmüştür. Grafiklerden görüldüğü gibi AIK’larına yakın bölgelerde sıcaklık oldukça yüksek, diğer kısımlarda ise hızlı bir düşüş oluşmakta ve sıcaklıklar duvar sıcaklıklarına yaklaşmakta. Örneğin durum 1 için K2 ve K3 sıcaklıkları çok düşük, K1 sıcaklıkları ise ısıtıcıdan dolayı oldukça yüksek olmaktadır. Merkezde bulunan hem geometrik hemde ısıl simetriden dolayı K2 ve K3 değerleri üst üste çakışmış durumdadır.

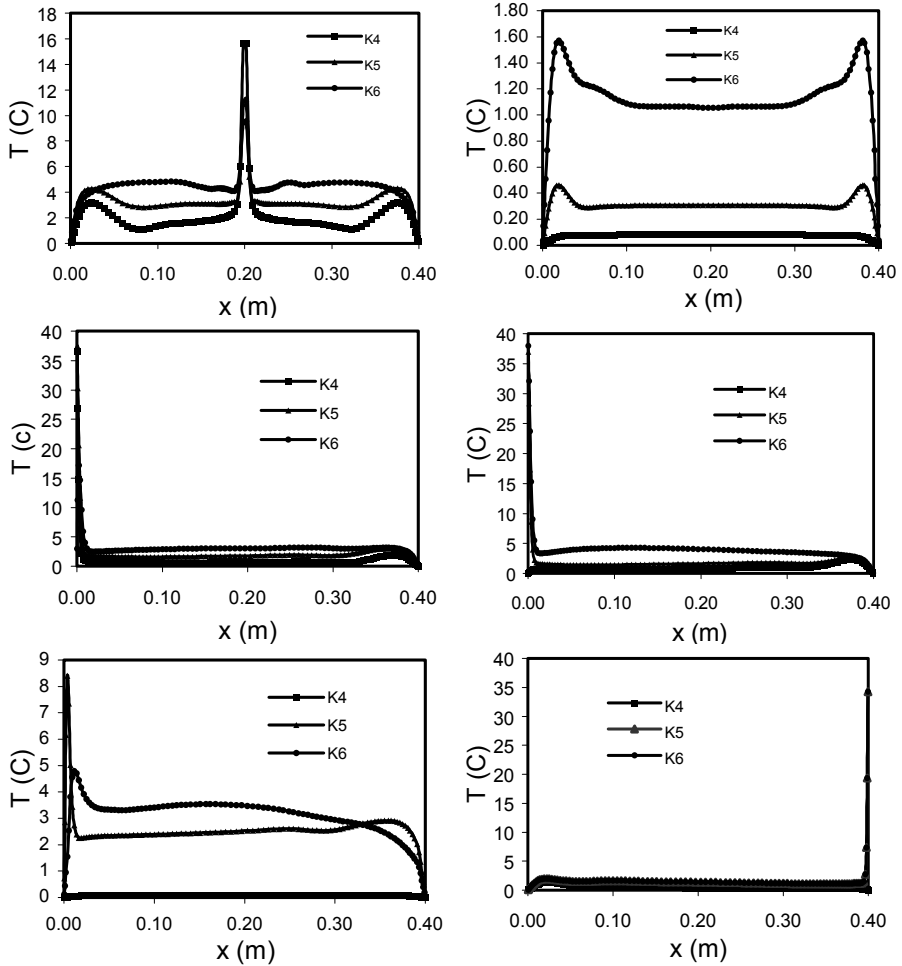
Sıcaklık dağılımlarının x-yönünde değişimleri, diğer bir değişle sol duvardan sağ duvara kadar olan değişimleri her bir durum için Şekil 6’da verilmiştir. Sıcaklığın K4, K5 ve K6 kesitlerindeki değişimleri gene ısıtıcı konumuna bağlılık göstermektedir. Genel olarak tüm değişimler ortaklaşa incelenecek olursa, durum 1, 2 ve 5’de sıcaklık dağılımlarını daha homojen olduğu görülüyor. Oysa durum 3, 4, ve 6’da akışın etkinliği ısıtıcı yerleştirilmiş bölgeyle sınırlı kalmakta ve sadece ısıtıcı yakınında yüksek sıcaklıklar oluşmakta. Bu durumlar için kapalı hacmin büyük bir kısmı AIK’ndan etkilenmemektedir.

Şekil 7 ve 8’de sıcaklıkların sunulduğu aynı kesitlerde hız bileşenlerinin değişimleri gösterilmiştir. Her grafikte hızların u ve v bileşenleri ayrı ayrı gösterilmiştir. İncelenen durumların sıralaması ise gene durum 1’den durum 6’ya doğrudur. Her bir hız bileşeni için sunulan hız değerlerinden akışın hangi yönde yoğunluklu olarak



hareket ettiği görülüyor. Örneğin Şekil 7, birinci grafikde K1 kesitindeki  $u$  ve  $v$  hız bileşenlerinin değişimine bakıldığında,  $v$  hız bileşeninin hız değerlerinin çok daha yüksek olduğu görülüyor. Bu ise bu kesitteki havanın hareketinin daha çok  $y$  eksenı yönünde, diğer bir deyişle yukarı doğru olduğu anlaşılıyor. Zaten bu grafik birinci durum için ve bu durumda ısıtıcı alt tabanın ortasına yerleştirilmiş. K1 kesiti tam ısıtıcının üstünde, bu nedenden dolayı kaldırma kuvveti etkisi ile hava yukarı doğru hareket etmekte. Gene aynı eğriden görüldüğü gibi ısıtıcıya ve tavana yakın bölgelerde hızlar düşük, yaklaşık üst orta kısımda ise en yüksek değere ulaşmakta. Bunun sebebi ise ısıtıcı yüzeyinde durağan olan havanın, havanın ısınması ve yoğunluğunun düşmesi sonucu yavaş yavaş hareket kazanması ve sürekli olarak hızlanması. Tavana doğru ise hava hareketi gene yavaşlayıp tavan yüzeyinde

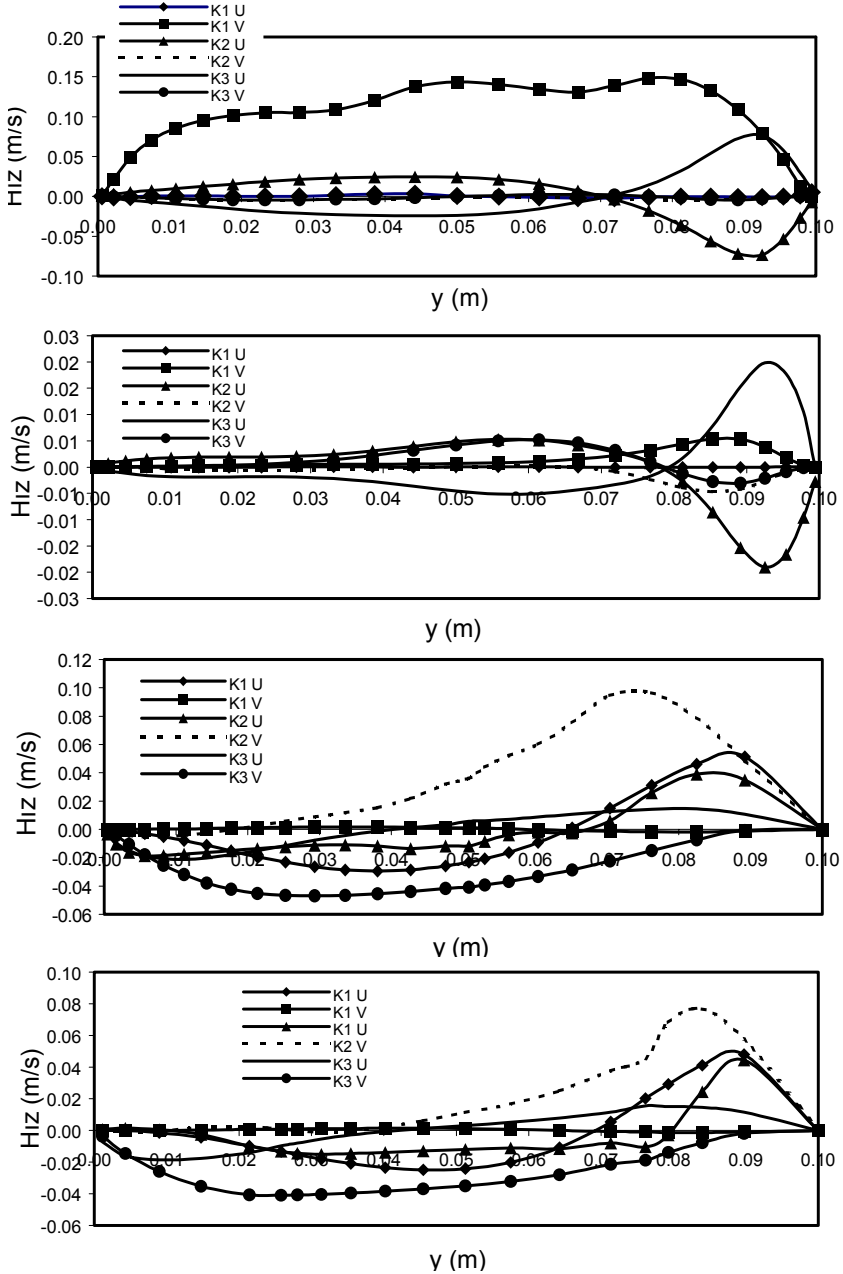




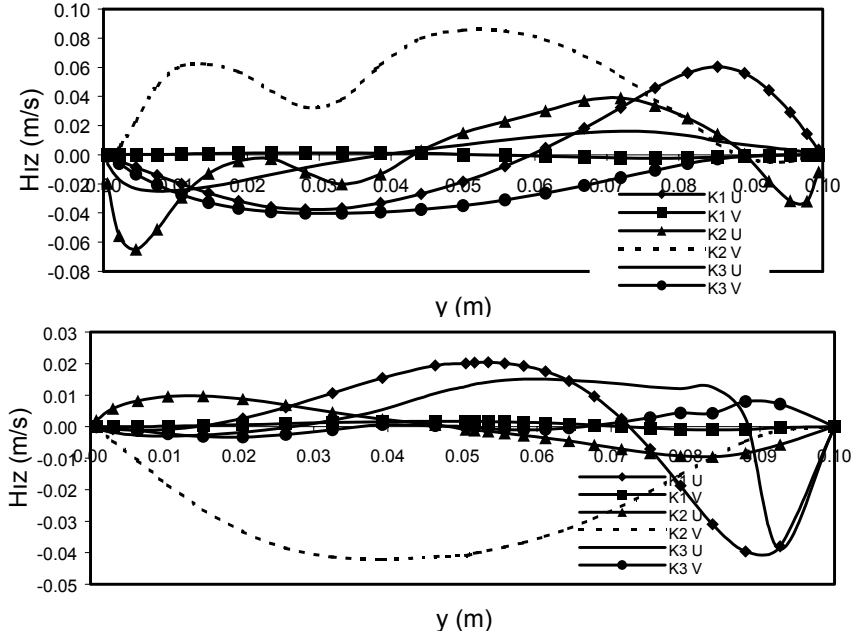
Şekil 6. K4, K5 ve K6 kesitlerinde sıcaklık değişimleri

hareketsiz hale gelmektedir. Benzer gözlemler ve yorumlar diğer hız değişimleri içinde yapılabilir.

K4, K5 ve K6 kesitlerindeki hız bileşenlerinin değişimleri Şekil 8’de sunulmuştur. Burada sunulan grafikler de Şekil 7’de gösterilen değişimlere benzer özelliklerdedir. Hızların büyüklüklerinden hava hareketinin hangi bölgelerde daha güçlü olduğu veya hangi bölgelerde hemen hemen hiç hava hareketi oluşmadığı açıkça gözlenebilmektedir. Durum 1 için oldukça homojen dağılmış doğal taşınım akıları oluşmuş. Durum 2 ve 6’da hava hareketi sağ ve sol duvarlarla sınırlı kalmış. Oysa durum 3, 4 ve 5’de doğal taşınım neticesinde oluşan hava hareketi sol duvarda belirgin olurken, sağ duvarda çok az bir hareket görülmekte.



Şekil 7. K1, K2 ve K3 kesitlerinde hız değişimleri

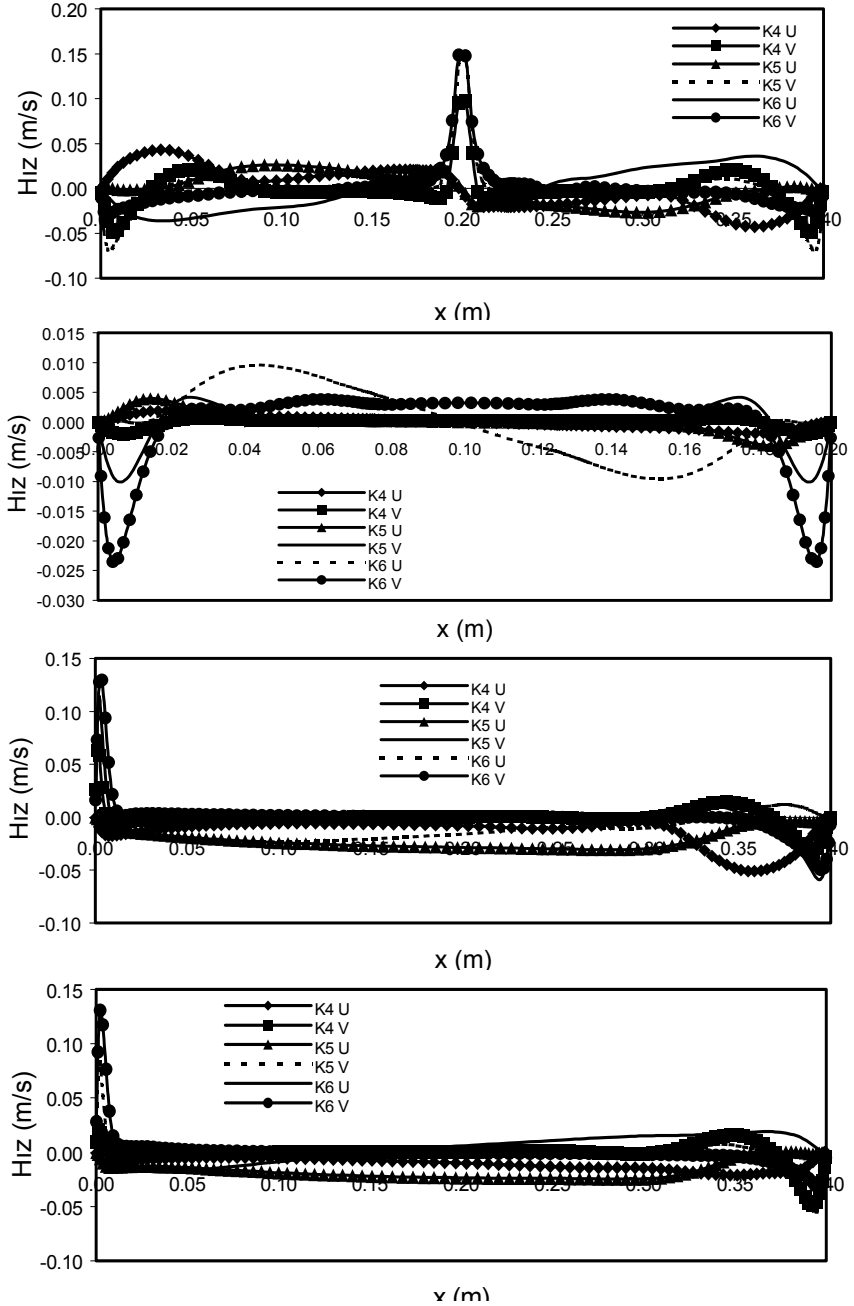


Şekil 7. (devam ediyor)

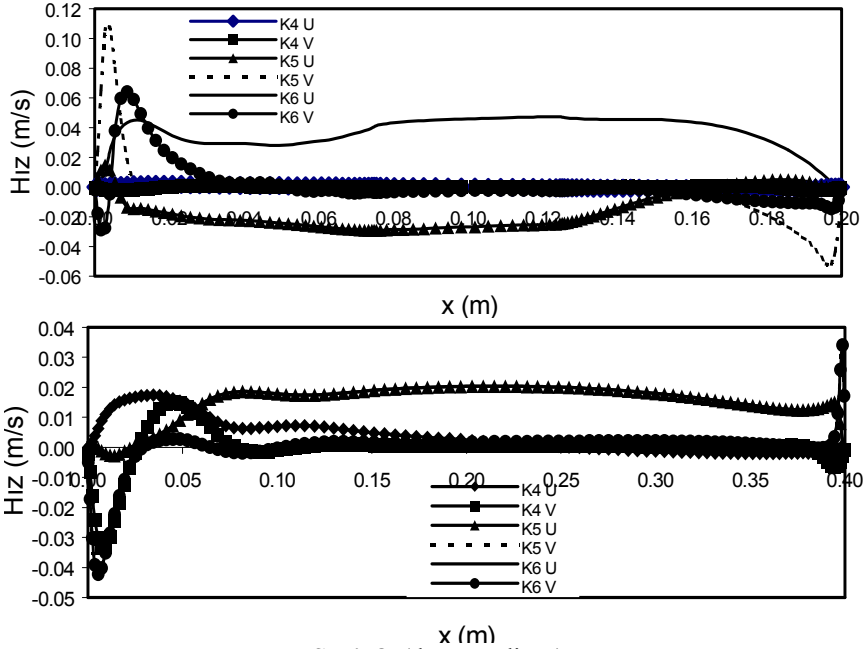
#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Kapalı bir ortam içinde ayrık ısı kaynaklarından kaynaklanan doğal taşınım akımı sayısal olarak analiz edilmiştir. AIK konumunun kaldırma kuvveti neticesinde oluşan hava hareketlerine etkisi altı değişik durum için, hız vektör dağılımları, sabit sıcaklık eğrileri ve belirli kesitlerde sıcaklık ve hız bileşenlerinin değişimleri ile irdelenmiştir.

Bir önceki bölümde sunulan grafiklerden görüldüğü gibi doğal taşınım ile akışkan akımları AIK'nın konumu ile değişmektedir. Her bir durum için farklı hava hareketleri oluşmakta. Doğal taşınım ile ısı transferi, ısı transferinin söz konusu olduğu yüzeye onu çevreleyen akışkanın hareketine bağlı olduğundan, bu akışkan hareketi ısı transfer özelliklerini belirlemektedir. Akışkan hareketinin artması ile ısı transferinde de artış gözlenecektir. Bundan dolayı AIK konumlarına bağlı olarak ısı transfer özellikleri oluşacaktır. Sonuç olarak, AIK'ların neden olduğu elektronik elemanların soğutulma problemlerinde yapılacak ısı transferi analizlerinde, AIK konumu en çok dikkat edilmesi gereken özellik olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 8. K4, K5 ve K6 kesitlerinde hız değişimleri



Şekil 8. (devam ediyor)

**SEMBOLLER**

AIK	ayrık ısı kaynağı
DHS	discrete heat source
g	yerçekimi ivmesi ( $m/s^2$ )
H	yükseklik (m)
$L_h$	ısıtıcı uzunluğu (m)
P	basınç ( $N/m^2$ )
Pr	Prandtl sayısı
T	sıcaklık ( $^{\circ}C$ )
$T_r$	referans sıcaklık ( $^{\circ}C$ )
$T_w$	duvar yüzey sıcaklığı ( $^{\circ}C$ )
$T_h$	ısıtıcı yüzey sıcaklığı ( $^{\circ}C$ )
u	x-yönündeki hız bileşeni (m/s)
v	y-yönündeki hız bileşeni (m/s)
W	genişlik (m)
x	yatay eksen
y	dikey eksen
$\beta$	hacimsel genişleme katsayısı ( $1/K$ )
$\rho$	yoğunluk ( $kg/m^3$ )
$\nu$	kinematik viskozite ( $m^2/s$ )

**KAYNAKLAR**

1. Incropera, F.P., "Convection Heat Transfer in Electronic Equipment Cooling", **J. Heat Transfer**, Cilt 110, 1097-1111, 1988.
2. Sözbir, N., Sözbir, M., Ekmekçi, İ., Saraç, H.İ. , Çallı, İ., "Elektronik Sistemlerin Isı Taşınımı ile Soğutulması", **11. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi**, Edirne, 546-555, 17-19 Eylül 1997.
3. Keyhani, M., Prasad, V., Cox, R., "An Experimental Study of Natural Convection in a Vertical Cavity with Discrete Heat Sources", **J. Heat Transfer**, Cilt 110, 616-624, 1988.
4. Chadwick, M.L., Webb, B. W., Heaton, H.S., "Natural Convection from Two-Dimensional Discrete Heat Sources in a Rectangular Enclosure", **Int. J. of Heat and Mass Transfer**, Cilt 34, 1679-1692, 1991.
5. Ho, C.J., Chang, J. Y., "A Study of Natural Convection Heat Transfer in a Vertical Rectangular Enclosure with Two-Dimensional Discrete Heating: Effect of Aspect Ratio", **Int. J. of Heat and Mass Transfer**, 917-925, 1994.
6. Polentini, M.S., Ramadhyani, S., Incropera, F.P., "Single Phase Thermosyphon Cooling of an Array of Discrete Heat Sources in a Rectangular Cavity", **Int. J. of Heat and Mass Transfer**, Cilt 36, 3983-3996, 1993.
7. Sezai, I., Mohammad, A.A., "Natural Convection from a Discrete Heat Source on the Bottom of a Horizontal Enclosure", **Int. J. of Heat and Mass Transfer**, Cilt 43, 2257-2266, 2000.
8. Deng, Q.-H., Tang, G.-F., Li, Y., "A Combined Temperature Scale for Analyzing Natural Convection in Rectangular Enclosures with Discrete Wall Heat Sources", **Int. J. of Heat and Mass Transfer**, Cilt 45, 3437-3446, 2002.
9. Deng, Q.-H., Tang, G.-F., Li, Y., Ha, M.Y., "Interaction Between Discrete Heat Sources in Horizontal Natural Convection Enclosures", **Int. J. of Heat and Mass Transfer**, Cilt 45, 5117-5132, 2002.
10. Abraham, J.P., Sparrow, E.M., "Experiments on Discretely Heated, Vented/Unvented Enclosures for Various Radiation Surface Characteristics of the Thermal Load, Enclosure Temperature Sensor, and Enclosure Walls", **Int. J. of Heat and Mass Transfer**, Cilt 45, 2255-2263, 2002.
11. Rosten, H. and Spalding, B., **PHOENICS Beginners Guide**, CHAM/TR100, 1987.
12. Spalding, D.B., **The PHOENICS Encyclopedia**, London, CHAM Ltd, 1994.
13. Patankar, S. V., **Numerical Heat Transfer and Fluid Flow**, New York, Hemisphere, 1980.