

**BİR YÜZEYİ ISITILMIŞ KİSMİ AÇIK HACİMLERDEN DOĞAL
KONVEKSİYONLA OLAN ISI TRANSFERİNİN SAYISAL İNCELENMESİ**

Serhat BAYSAL

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

OCAK 2006

ANKARA

**BİR YÜZEYİ ISITILMIŞ KİSMİ AÇIK HACİMLERDEN DOĞAL
KONVEKSİYONLA OLAN ISI TRANSFERİNİN SAYISAL İNCELENMESİ**

Serhat BAYSAL

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OCAK 2006
ANKARA**

Serhat Baysal tarafından hazırlanan BİR YÜZEYİ ISITILMIŞ KISMİ AÇIK HACİMLERDEN DOĞAL KONVEKSİYONLA OLAN ISI TRANSFERİNİN SAYISAL İNCELENMESİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.



Prof. Dr. Şenol BAŞKAYA

Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

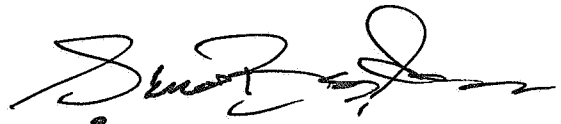
Başkan : Prof. Dr. Mecit SİVRİOĞLU



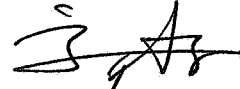
Üye : Prof. Dr. Taner ALTINOK



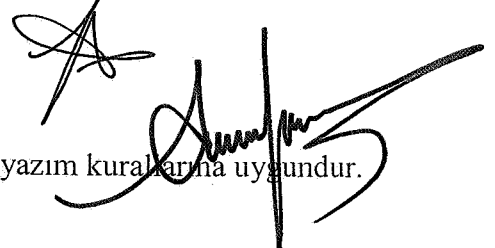
Üye : Prof. Dr. Şenol BAŞKAYA



Üye : Doç. Dr. İrfan AR



Üye : Yrd. Doç. Dr. İbrahim ATILGAN



Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

**BİR YÜZEYİ ISITILMIŞ KİSMİ AÇIK HACİMLERDEN DOĞAL
KONVEKSİYONLA OLAN ISI TRANSFERİNİN SAYISAL İNCELENMESİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

Serhat BAYSAL

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Ocak 2006

ÖZET

Elektronik ve mikro-elektronik sistemlerin güvenli çalışması ve uygun tasarımı için ısı transferinin oldukça büyük önemi vardır. Bu parçaların performansları sıcaklığa bağlı olduğu için soğutulmaları hem performanslarını hem de boyutlarını etkilemektedir. Özellikle son yıllarda, elektronik elemanlardan ısı transferi üzerine dikkate değer sayıda araştırma yapılmaktadır. Bu çalışmada, bir yüzeyi ısıtılmış, kısmi açık hacimlerden doğal konveksiyonla olan ısı transferi sayısal olarak incelenmiştir. Çalışmanın amacı, sürekli şartlarda ısıtılan hacimde meydana gelen doğal konveksiyonla ısı transferinin, üstten ve ortadan açık konumlarda olmak üzere, farklı ısı akılarında (q''), farklı açıklık oranlarında (AO), farklı eğim açılarında (θ) ve farklı geometrik oranlarda (GO) araştırmaktır. Bu amaçla, kütle, momentum ve enerjinin korunumunu temsil eden denklemler uygun sınır şartları kullanılarak PHOENICS paket programından faydalanılarak çözülmüştür.

Elde edilen sonuçlara göre açıklık oranının artması ve bununla birlikte eğim açısının azalması ile ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısının arttığı, ortalama yüzey sıcaklığının azaldığı görülmüştür. En iyi ısı transferinin, geometrik oranın maksimum, açıklık oranının 0,75 ve eğim açısının -10° de elde edildiği görülmüştür.

Bilim Kodu : 914.1.065
Anahtar Kelimeler : Doğal konveksiyon, açıklık oranı, geometrik oran
Sayfa Adedi : 182
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Şenol BAŞKAYA

**NUMERICAL ANALYSIS OF NATURAL CONVECTION
HEAT TRANSFER FROM PARTIALLY OPEN CAVITIES
HEATED AT ONE WALL
(M. Sc. Thesis)**

Serhat BAYSAL

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
January 2006**

ABSTRACT

Heat transfer is very important for the reliable operation and proper design of electronic and micro-electronic systems. The performance of these devices depend on temperature, therefore, heat removal affects both their performance and dimensions. Especially in recent years, a substantial amount of research has been done on the heat transfer from electronic and micro-electronic devices. In this study, the heat transfer by natural convection from partially open cavities with one wall heated was investigated numerically. The aim of this study was the steady state investigation of the natural convection heat transfer inside the cavity under different heat fluxes (q''), different opening ratios (OR), different tilt angles (θ) and different cavity aspect ratios (AR), for top and center opening positions. For this purpose, the equations of conservation of mass, momentum and energy were solved using adequate boundary conditions by means of the PHOENICS code.

According to the results obtained, the average heat transfer coefficient increases and the average wall temperature decreases, with the increase in opening ratio and decrease in the tilt angel. Best heat transfer was obtained with the maximum aspect ratio for opening ratio of 0,75 and tilt angel of -10°.

Science Code	: 914.1.065
Key Words	: Natural convection, opening ratio, aspect ratio
Page Number	: 182
Adviser	: Prof. Dr. Şenol BAŞKAYA

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam Prof. Dr. Şenol BAŞKAYA'ya ve manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan çok değerli aileme ve çalışmalarımda ihtiyacım olan zamanı bana sağlayan ÖZGÜN MATBAACILIK SANAYİ ve TİC. A.Ş. sahibi başta sayın Ünsal GÜNDOĞAN ve Fırat GÜNDOĞAN'a ve tüm çalışanlarına teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	Sayfa iii
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜRLER.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xxi
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Literatürde Bulunan Çalışmalar.....	2
2. TEORİK MODEL VE MATEMATİKSEL FORMÜLASYON.....	8
2.1. Problemin Tanımı.....	8
2.2. Fiziksel Model.....	8
2.2.1. Varsayımlar.....	8
2.2.2. Kullanılan koordinat sistemi ve hesaplama bölgesi.....	9
2.3. Matematiksel Modelin Tanımlanması.....	9
2.3.1. Korunum denklemleri.....	10
2.3.2. Giriş ve sınır şartları.....	11
3. SAYISAL ÇÖZÜM YÖNTEMİ.....	14
3.1. PHOENICS' in Genel Tanıtımı.....	15
3.2. PHOENICS İşletim Sistemi.....	15
3.2.1. Q1 Giriş kütüğü ve çözüm prosedürü.....	17
3.2.2. Grid geometrisi.....	19

	Sayfa
3.3. Sonlu Hacimler Yöntemi.....	20
3.3.1. Sonlu hacimler ayırıklaştırma prosedürü.....	22
3.4. Yakınsama Kriterlerinin Kontrol Edilmesi.....	25
4. ÖN ÇALIŞMA VE DENEME ÇÖZÜMLERİ.....	28
4.1. Q1 Kütüğünün Oluşturulması.....	29
4.2. Yakınsama Kriterlerinin Kontrol Edilmesi.....	30
4.3. Deneysel Sonuçlarla Karşılaştırılması.....	33
5. ÇEŞİTLİ PARAMETRELERİN ISI TRANSFERİNE ETKİLERİNİN ANALİZİ.....	36
5.1. Üstten Açık Konumda $H/W=1$ 'deki Parametrik Çalışmalar.....	36
5.2. Üstten Açık Konumda $H/W=0,75$ 'deki Parametrik Çalışmalar.....	52
5.3. Üstten Açık Konumda $H/W=0,50$ 'deki Parametrik Çalışmalar.....	67
5.4. Üstten Açık Konumda Eğim Açısı $\theta = -10^\circ$ 'deki Parametrik Çalışmalar....	82
5.5. Üstten Açık Konumda Eğim Açısı $\theta = 0^\circ$ 'deki Parametrik Çalışmalar.....	93
5.6. Üstten Açık Konumda Eğim Açısı $\theta = 10^\circ$ 'deki Parametrik Çalışmalar....	105
5.7. Merkezden Açık Konumda $H/W=1$ için Parametrik Çalışma.....	116
6. BULGULAR VE ÖNERİLER.....	132
KAYNAKLAR.....	140
EKLER.....	143
Ek-1 Q1 Kütüğü.....	144
Ek-2 Örnek sonuç kütüğü.....	146
ÖZGEÇMİŞ.....	182

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Hesaplama bölgesi için sınır şartları.....	13
Çizelge 3.1. Model Q1 Kütüğünde standart komutlar.....	17
Çizelge 5.1. Üstten açık konumda $GO = 1$ ve $\theta = -10^\circ$ 'de elde edilen sonuçlar.....	37
Çizelge 5.2. Üstten açık konumda $GO = 1$ ve $\theta = 0^\circ$ 'de elde edilen sonuçlar.....	37
Çizelge 5.3. Üstten açık konumda $GO = 1$ ve $\theta = 10^\circ$ 'de elde edilen sonuçlar.....	38
Çizelge 5.4. Üstten açık konumda $GO = 0,75$ ve $\theta = -10^\circ$ 'de elde edilen sonuçlar.....	52
Çizelge 5.5. Üstten açık konumda $GO = 0,75$ ve $\theta = 0^\circ$ 'de elde edilen sonuçlar.....	53
Çizelge 5.6. Üstten açık konumda $GO = 0,75$ ve $\theta = 10^\circ$ 'de elde edilen sonuçlar.....	53
Çizelge 5.7. Üstten açık konumda $GO = 0,50$ ve $\theta = -10^\circ$ 'de elde edilen sonuçlar.....	67
Çizelge 5.8. Üstten açık konumda $GO = 0,50$ ve $\theta = 0^\circ$ 'de elde edilen sonuçlar.....	68
Çizelge 5.9. Üstten açık konumda $GO = 0,50$ ve $\theta = 10^\circ$ 'de elde edilen sonuçlar.....	68
Çizelge 5.10. Üstten açık konumda $\theta = -10^\circ$ ve $AO=0,25'$ de elde edilen sonuçlar.....	82
Çizelge 5.11. Üstten açık konumda $\theta = -10^\circ$ ve $AO=0,50'$ de elde edilen sonuçlar.....	83
Çizelge 5.12. Üstten açık konumda $\theta = -10^\circ$ ve $AO=0,75'$ de elde edilen sonuçlar.....	83
Çizelge 5.13. Üstten açık konumda $\theta = 0^\circ$ ve $AO=0,25'$ de elde edilen sonuçlar.....	93
Çizelge 5.14. Üstten açık konumda $\theta = 0^\circ$ ve $AO=0,50'$ de elde edilen sonuçlar.....	94

Sayfa

Çizelge 5.15. Üstten açık konumda $\theta = 0^\circ$ ve $AO=0,75'$ de elde edilen sonuçlar.....	94
Çizelge 5.16. Üstten açık konumda $\theta = 10^\circ$ ve $AO=0,25'$ de elde edilen sonuçlar.....	105
Çizelge 5.17. Üstten açık konumda $\theta = 10^\circ$ ve $AO=0,50'$ de elde edilen sonuçlar.....	106
Çizelge 5.18. Üstten açık konumda $\theta = 10^\circ$ ve $AO=0,75'$ de elde edilen sonuçlar.....	106
Çizelge 5.19. Merkezden açık konumda $GO = 1$ ve $\theta = -10^\circ$ de elde edilen sonuçlar.....	116
Çizelge 5.20. Merkezden açık konumda $GO = 1$ ve $\theta = 0^\circ$ de elde edilen sonuçlar.....	117
Çizelge 5.21. Merkezden açık konumda $GO = 1$ ve $\theta = 10^\circ$ de elde edilen sonuçlar.....	117

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Problemde kullanılan koordinat sistemi ve geometrisi.....	10
Şekil 3.1. PHOENCS paket programının genel yapısı.....	15
Şekil 3.2. İki boyutlu bir hücre için kontrol hacmi.....	19
Şekil 4.1. Sabit ısı akısında, farklı süpürme sayılarında elde edilen ortalama yüzey sıcaklığının değişimi ($q''=205 \text{ W/m}^2$, $AO=0,25$, $GO=1$).....	31
Şekil 4.2. Elde edilen ortalama yüzey sıcaklığının farklı hücre dağılımındaki değişimi, ($q''=205 \text{ W/m}^2$, $AO=0,25$, $GO=1$).....	32
Şekil 4.3. Uygun görülen 90x90 hücre sayısı dağılımı ($q''=205 \text{ W/m}^2$, $AO=0,25$, $GO=1$).....	32
Şekil 4.4. Çeşitli eğim açılarında ($\theta=-10^\circ$, $\theta=0^\circ$, $\theta=10^\circ$) ortalama yüzey sıcaklığının deneysel ve sayısal sonuçlarının karşılaştırılması.....	33
Şekil 4.5. Çeşitli eğim açılarında ($\theta=-10^\circ$, $\theta=0^\circ$, $\theta=10^\circ$) Nusselt sayısının deneysel ve sayısal sonuçların karşılaştırılması.....	34
Şekil 5.1. $GO=1$ ve $\theta=-10^\circ$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$, $AK=\text{Üstten}$).....	39
Şekil 5.2. $GO=1$ ve $\theta=0^\circ$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$, $AK=\text{Üstten}$).....	39
Şekil 5.3. $GO=1$ ve $\theta=10^\circ$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$, $AK=\text{Üstten}$).....	40
Şekil 5.4. $GO=1$ ve $\theta=-10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$, $AK=\text{Üstten}$).....	41
Şekil 5.5. $GO=1$ ve $\theta=0^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$, $AK=\text{Üstten}$).....	41
Şekil 5.6. $GO=1$ ve $\theta=10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$, $AK=\text{Üstten}$).....	42
Şekil 5.7. $GO=1$ ve $AO=0,25$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta = -10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$, $AK=\text{Üstten}$).....	43

Sayfa

Şekil 5.8. $GO=1$ ve $AO=0,50$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta = -10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$, $AK=\text{Üstten}$).....	43
Şekil 5.9. $GO=1$ ve $AO=0,75$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta = -10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$, $AK=\text{Üstten}$).....	44
Şekil 5.10. $GO=1$ ve $AO=0,25$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta = -10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$, $AK=\text{Üstten}$).....	44
Şekil 5.11. $GO=1$ ve $AO=0,50$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta = -10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$, $AK=\text{Üstten}$).....	45
Şekil 5.12. $GO=1$ ve $AO=0,75$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta = -10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$, $AK=\text{Üstten}$).....	45
Şekil 5.13. $GO=1$ ve $\theta=-10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$, $AK=\text{Üstten}$).....	46
Şekil 5.14. $GO=1$ ve $\theta=0^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$, $AK=\text{Üstten}$).....	47
Şekil 5.15. $\theta=10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$, $AK=\text{Üstten}$).....	47
Şekil 5.16. Üstten açık konumda $GO=1$ 'de $\theta=-10^\circ$, $q''=240 \text{ W/m}^2$, $AO=0,25$ için: a)Sıcaklık konturları, b)Hız vektörleri.....	49
Şekil 5.17. Üstten açık konumda $GO=1$ 'de $\theta=-10^\circ$, $q''=240 \text{ W/m}^2$, $AO=0,50$ için: a)Sıcaklık konturları, b)Hız vektörleri.....	50
Şekil 5.18. Üstten açık konumda $GO=1$ 'de $\theta=-10^\circ$, $q''=240 \text{ W/m}^2$, $AO=0,75$ için: a)Sıcaklık konturları, b)Hız vektörleri.....	51
Şekil 5.19. $\theta = -10^\circ$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$ ve $GO=0,75$, $AK=\text{Üstten}$).....	54
Şekil 5.20. $\theta = 0^\circ$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$ ve $GO=0,75$, $AK=\text{Üstten}$).....	55
Şekil 5.21. $\theta = 10^\circ$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$ ve $GO=0,75$, $AK=\text{Üstten}$).....	55
Şekil 5.22. $\theta=-10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$ ve $GO=0,75$, $AK=\text{Üstten}$).....	56

Sayfa

Şekil 5.23. $\theta=0^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$ ve $GO=0,75$, $AK=\text{Üstten}$).....	57
Şekil 5.24. $\theta=10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$ ve $GO=0,75$, $AK=\text{Üstten}$).....	57
Şekil 5.25. $AO=0,25$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta = -10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$ ve $GO=0,75$, $AK=\text{Üstten}$).....	58
Şekil 5.26. $AO=0,50$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta = -10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$ ve $GO=0,75$, $AK=\text{Üstten}$).....	59
Şekil 5.27. $AO=0,75$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta = -10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$ ve $GO=0,75$, $AK=\text{Üstten}$).....	59
Şekil 5.28. $AO=0,25$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta = -10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$ ve $GO=0,75$, $AK=\text{Üstten}$).....	60
Şekil 5.29. $AO=0,50$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta = -10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$ ve $GO=0,75$, $AK=\text{Üstten}$).....	60
Şekil 5.30. $AO=0,75$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta = -10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$ ve $GO=0,75$, $AK=\text{Üstten}$).....	61
Şekil 5.31. $\theta=-10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$ ve $GO=0,75$, $AK=\text{Üstten}$).....	62
Şekil 5.32. $\theta=0^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$ ve $GO=0,75$, $AK=\text{Üstten}$).....	62
Şekil 5.33. $\theta=10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$ ve $GO=0,75$, $AK=\text{Üstten}$).....	63
Şekil 5.34. Üstten açık konumda $\theta=-10^\circ$, $GO=0,75$ 'de $q''=240 \text{ W/m}^2$, $AO=0,50$ için: a)Sıcaklık konturları, b)Hız vektörleri.....	64
Şekil 5.35. Üstten açık konumda $\theta=0^\circ$, $GO=0,75$ 'de $q''=240 \text{ W/m}^2$, $AO=0,50$ için: a)Sıcaklık konturları, b)Hız vektörleri.....	65
Şekil 5.36. Üstten açık konumda $\theta=10^\circ$, $GO=0,75$ 'de $q''=240 \text{ W/m}^2$, $AO=0,50$ için: a)Sıcaklık konturları, b)Hız vektörleri.....	66

Sayfa

Şekil 5.37. $\theta = -10^\circ$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$ ve $GO=0,50$, $AK=\text{Üstten}$).....	69
Şekil 5.38. $\theta = 0^\circ$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$ ve $GO=0,50$, $AK=\text{Üstten}$).....	70
Şekil 5.39. $\theta = 10^\circ$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$ ve $GO=0,50$, $AK=\text{Üstten}$).....	70
Şekil 5.40. $\theta = -10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$ ve $GO=0,50$, $AK=\text{Üstten}$).....	71
Şekil 5.41. $\theta = 0^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$ ve $GO=0,50$, $AK=\text{Üstten}$).....	72
Şekil 5.42. $\theta = 10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$ ve $GO=0,50$, $AK=\text{Üstten}$).....	72
Şekil 5.43. $AO=0,25$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta = -10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$ ve $GO=0,50$, $AK=\text{Üstten}$).....	73
Şekil 5.44. $AO=0,50$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta = -10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$ ve $GO=0,50$, $AK=\text{Üstten}$).....	74
Şekil 5.45. $AO=0,75$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta = -10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$ ve $GO=0,50$, $AK=\text{Üstten}$).....	74
Şekil 5.46. $AO=0,25$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta = -10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$ ve $GO=0,50$, $AK=\text{Üstten}$).....	75
Şekil 5.47. $AO=0,50$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta = -10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$ ve $GO=0,50$, $AK=\text{Üstten}$).....	76
Şekil 5.48. $AO=0,75$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta = -10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$ ve $GO=0,50$, $AK=\text{Üstten}$).....	76
Şekil 5.49. $\theta = -10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$ ve $GO=0,50$, $AK=\text{Üstten}$).....	77
Şekil 5.50. $\theta = 0^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$ ve $GO=0,50$, $AK=\text{Üstten}$).....	78
Şekil 5.51. $\theta = 10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$ ve $GO=0,50$, $AK=\text{Üstten}$).....	78

Sayfa

Şekil 5.52. Üstten açık konumda $q''=10 \text{ W/m}^2$, $\theta=-10^\circ$, $GO=0,50$ 'de $AO=0,50$ için: a)Sıcaklık konturları, b)Hız vektörleri.....	79
Şekil 5.53. Üstten açık konumda $q''=240 \text{ W/m}^2$, $\theta=-10^\circ$, $GO=0,50$ 'de $AO=0,50$ için: a)Sıcaklık konturları, b)Hız vektörleri.....	80
Şekil 5.54. Üstten açık konumda $q''=480 \text{ W/m}^2$, $\theta=-10^\circ$, $GO=0,50$ 'de $AO=0,50$ için: a)Sıcaklık konturları, b)Hız vektörleri.....	81
Şekil 5.55. $AO=0,25$ ve $\theta=-10^\circ$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($GO=0,50$, $GO=0,75$ ve $GO=1$).....	84
Şekil 5.56. $AO=0,50$ ve $\theta=-10^\circ$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($GO=0,50$, $GO=0,75$ ve $GO=1$).....	85
Şekil 5.57. $AO=0,75$ ve $\theta=-10^\circ$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($GO=0,50$, $GO=0,75$ ve $GO=1$).....	85
Şekil 5.58. $AO=0,25$ ve $\theta=-10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($GO=0,50$, $GO=0,75$ ve $GO=1$).....	86
Şekil 5.59. $AO=0,50$ ve $\theta=-10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($GO=0,50$, $GO=0,75$ ve $GO=1$).....	86
Şekil 5.60. $AO=0,75$ ve $\theta=-10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($GO=0,50$, $GO=0,75$ ve $GO=1$).....	87
Şekil 5.61. $AO=0,25$ ve $\theta=-10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi ($GO=0,50$, $GO=0,75$ ve $GO=1$).....	88
Şekil 5.62. $AO=0,50$ ve $\theta=-10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi ($GO=0,50$, $GO=0,75$ ve $GO=1$).....	88
Şekil 5.63. $AO=0,75$ ve $\theta=-10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi ($GO=0,50$, $GO=0,75$ ve $GO=1$).....	89
Şekil 5.64. Üstten açık konumda $GO=0,50$ 'de, $q''=240 \text{ W/m}^2$, $\theta=-10^\circ$, $AO=0,25$ için: a)Sıcaklık konturları, b)Hız vektörleri.....	90
Şekil 5.65. Üstten açık konumda $GO=0,75$ 'de, $q''=240 \text{ W/m}^2$, $\theta=-10^\circ$, $AO=0,50$ için: a)Sıcaklık konturları, b)Hız vektörleri.....	91

Sayfa

Şekil 5.66. Üstten açık konumda $GO=1$ 'de, $q''=240 \text{ W/m}^2$, $\theta=-10^\circ$, $AO=0,25$ için: a)Sıcaklık konturları, b)Hız vektörleri.....	92
Şekil 5.67. $AO=0,25$ ve $\theta=0^\circ$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($GO=0,50$, $GO=0,75$ ve $GO=1$).....	96
Şekil 5.68. $AO=0,50$ ve $\theta=0^\circ$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($GO=0,50$, $GO=0,75$ ve $GO=1$).....	96
Şekil 5.69. $AO=0,75$ ve $\theta=0^\circ$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($GO=0,50$, $GO=0,75$ ve $GO=1$).....	97
Şekil 5.70. $AO=0,25$ ve $\theta=0^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($GO=0,50$, $GO=0,75$ ve $GO=1$).....	98
Şekil 5.71. $AO=0,50$ ve $\theta=0^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($GO=0,50$, $GO=0,75$ ve $GO=1$).....	98
Şekil 5.72. $AO=0,75$ ve $\theta=0^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($GO=0,50$, $GO=0,75$ ve $GO=1$).....	99
Şekil 5.73. $AO=0,25$ ve $\theta=0^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi ($GO=0,50$, $GO=0,75$ ve $GO=1$).....	100
Şekil 5.74. $AO=0,50$ ve $\theta=0^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi ($GO=0,50$, $GO=0,75$ ve $GO=1$).....	100
Şekil 5.75. $AO=0,75$ ve $\theta=0^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi ($GO=0,50$, $GO=0,75$ ve $GO=1$).....	101
Şekil 5.76. Üstten açık konumda $q''=10 \text{ W/m}^2$, $GO=0,75$ 'de, $\theta=0^\circ$, $AO=0,25$ için: a)Sıcaklık konturları, b)Hız vektörleri.....	102
Şekil 5.77. Üstten açık konumda $q''=240 \text{ W/m}^2$, $GO=0,75$ 'de, $\theta=0^\circ$, $AO=0,25$ için: a)Sıcaklık konturları, b)Hız vektörleri.....	103
Şekil 5.78. Üstten açık konumda $q''=480 \text{ W/m}^2$, $GO=0,75$ 'de, $\theta=0^\circ$, $AO=0,25$ için: a)Sıcaklık konturları, b)Hız vektörleri.....	104
Şekil 5.79. $AO=0,25$ ve $\theta=10^\circ$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($GO=0,50$, $GO=0,75$ ve $GO=1$).....	107
Şekil 5.80. $AO=0,50$ ve $\theta=10^\circ$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($GO=0,50$, $GO=0,75$ ve $GO=1$).....	108

Sayfa

Şekil 5.81. $AO=0,75$ ve $\theta=10^\circ$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($GO=0,50$, $GO=0,75$ ve $GO=1$).....	108
Şekil 5.82. $AO=0,25$ ve $\theta=10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($GO=0,50$, $GO=0,75$ ve $GO=1$).....	109
Şekil 5.83. $AO=0,50$ ve $\theta=10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($GO=0,50$, $GO=0,75$ ve $GO=1$).....	109
Şekil 5.84. $AO=0,75$ ve $\theta=10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($GO=0,50$, $GO=0,75$ ve $GO=1$).....	110
Şekil 5.85. $AO=0,25$ ve $\theta=10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi ($GO=0,50$, $GO=0,75$ ve $GO=1$).....	111
Şekil 5.86. $AO=0,50$ ve $\theta=10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi ($GO=0,50$, $GO=0,75$ ve $GO=1$).....	111
Şekil 5.87. $AO=0,75$ ve $\theta=10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi ($GO=0,50$, $GO=0,75$ ve $GO=1$).....	112
Şekil 5.88. Üstten açık konumda $GO=0,50$ 'de, $q''=240 \text{ W/m}^2$, $\theta=10^\circ$, $AO=0,25$ için: a)Sıcaklık konturları, b)Hız vektörleri.....	113
Şekil 5.89. Üstten açık konumda $GO=0,75$ 'de, $q''=240 \text{ W/m}^2$, $\theta=10^\circ$, $AO=0,25$ için: a)Sıcaklık konturları, b)Hız vektörleri.....	114
Şekil 5.90. Üstten açık konumda $GO=1$ 'de, $q''=240 \text{ W/m}^2$, $\theta=10^\circ$, $AO=0,25$ için: a)Sıcaklık konturları, b)Hız vektörleri.....	115
Şekil 5.91. $\theta=-10^\circ$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$ ve $GO=1$, $AK=\text{Merkezden}$).....	118
Şekil 5.92. $\theta=0^\circ$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$ ve $GO=1$, $AK=\text{Merkezden}$).....	119
Şekil 5.93. $\theta=10^\circ$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$ ve $GO=1$, $AK=\text{Merkezden}$).....	119
Şekil 5.94. $\theta=-10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$ ve $GO=1$, $AK=\text{Merkezden}$).....	120

Sayfa

Şekil 5.95. $\theta=0^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$ ve $GO=1$, $AK=Merkezden$).....	121
Şekil 5.96. $\theta=10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$ ve $GO=1$, $AK=Merkezden$).....	121
Şekil 5.97. $AO=0,25$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta = -10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$ ve $GO=1$, $AK=Merkezden$).....	122
Şekil 5.98. $AO=0,50$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta = -10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$ ve $GO=1$, $AK=Merkezden$).....	123
Şekil 5.99. $AO=0,75$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta = -10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$ ve $GO=1$, $AK=Merkezden$).....	123
Şekil 5.100. $AO=0,25$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta = -10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$ ve $GO=1$, $AK=Merkezden$).....	124
Şekil 5.101. $AO=0,50$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta = -10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$ ve $GO=1$, $AK=Merkezden$).....	125
Şekil 5.102. $AO=0,75$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta = -10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$ ve $GO=1$, $AK=Merkezden$).....	125
Şekil 5.103. $\theta=-10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$ ve $GO=1$, $AK=Merkezden$).....	126
Şekil 5.104. $\theta=0^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$ ve $GO=1$, $AK=Merkezden$).....	127
Şekil 5.105. $\theta=10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$ ve $GO=1$, $AK=Merkezden$).....	127
Şekil 5.106. Üstten açık konumda $AO=0,25$, $GO=1$ 'de, $q''=240 \text{ W/m}^2$, $\theta=0^\circ$ için: a)Sıcaklık konturları, b)Hız vektörleri.....	129
Şekil 5.107. Üstten açık konumda $AO=0,50$, $GO=1$ 'de, $q''=240 \text{ W/m}^2$, $\theta=0^\circ$ için: a)Sıcaklık konturları, b)Hız vektörleri.....	130
Şekil 5.108. Üstten açık konumda $AO=0,75$, $GO=1$ 'de, $q''=240 \text{ W/m}^2$, $\theta=0^\circ$ için: a)Sıcaklık konturları, b)Hız vektörleri.....	131

Sayfa

Şekil 6.1. AO=0,25 olan geometriler içerisindeki havanın akış durumları

- a) $\theta = -10^\circ$ 'de GO=1, GO=0,75 ve GO=0,50
- b) $\theta = 0^\circ$ 'de GO=1, GO=0,75 ve GO=0,50
- c) $\theta = 10^\circ$ 'de GO=1, GO=0,75 ve GO=0,50.....135

Şekil 6.2. AO=0,50 olan geometriler içerisindeki havanın akış durumları

- a) $\theta = -10^\circ$ 'de GO=1, GO=0,75 ve GO=0,50
- b) $\theta = 0^\circ$ 'de GO=1, GO=0,75 ve GO=0,50
- c) $\theta = 10^\circ$ 'de GO=1, GO=0,75 ve GO=0,50.....136

Şekil 6.3. AO=0,75 olan geometriler içerisindeki havanın akış durumları

- a) $\theta = -10^\circ$ 'de GO=1, GO=0,75 ve GO=0,50
- b) $\theta = 0^\circ$ 'de GO=1, GO=0,75 ve GO=0,50
- c) $\theta = 10^\circ$ 'de GO=1, GO=0,75 ve GO=0,50.....137

Şekil 6.4. GO=1 olan geometriler içerisindeki havanın akış durumları

- a) $\theta = -10^\circ$ 'de AO=0,25, AO=0,50 ve AO=0,75
- b) $\theta = 0^\circ$ 'de AO=0,25, AO=0,50 ve AO=0,75
- c) $\theta = 10^\circ$ 'de AO=0,25, AO=0,50 ve AO=0,75138

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
a	Dışa açık ağız yüksekliği, m
AK	Açıklık konumu
AO	Açıklık oranı
C_p	Atmosfer basıncındaki havanın özgül ısısı, W/m ² °C
EA	Eğim açısı, °
g	Yerçekimi ivmesi, m ² /s
GO	Geometrik oran
Gr_H	Yüzey yüksekliğine bağlı Grashof sayısı
H	Yüzey yüksekliği, m
h	Isı transfer katsayısı, W/m ² °C
h_{ort.}	Ortalama ısı transfer katsayısı, W/m ² °C
k	Isı iletim katsayısı, W/m°°C
Nu_{H,ort.}	Ortalama Nusselt sayısı
P	Basınç (Pa)
P_∞	Dış ortam basıncı (Pa)
Pr	Prandtl sayısı
Ra_H	Yüzey yüksekliğine bağlı Rayleigh sayısı
T_∞	Dış sıcaklık, °C
T_w	Ortalama yüzey sıcaklığı, °C
u	x-yönündeki hız bileşeni
v	y-yönündeki hız bileşeni
W	Genişlik, m

Simgeler	Açıklama
α	Isıl yayılım katsayısı, m^2/s
β	Isıl genleşme katsayısı, K^{-1}
Δx	x-eksenindeki 1.hücrenin y-eksenine olan mesafesi, m
ρ	Akışkan yoğunluğu, kg/m^3
ν	Kinematik viskozite, m^2/s
μ	Dinamik viskozite, Ns/m^2
θ	Eğim açısı, $^{\circ}$

1. GİRİŞ

Bugün varolan enerji türlerinin gerek maliyetinin sürekli artması gerekse kaynaklarının azalması ihtimali, hem yeni enerji kaynaklarına yönelme gerekliliğini hem de maksimum verimle enerji kullanma zorunluluğunu getirmiştir. Bu amaçla kullanılan tüm enerji sistemlerinde, sistemin verimliliğinin artırılması yönünde enerji analizi yapılmaktadır. Bu nedenle sistemlerin ısı analizleri üzerinde yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Bunlar çift camlı pencerelerde, güneş kolektörlerinde, çift duvar yalıtımlarında, nükleer reaktörlerin yalıtımlarında, elektronik sistemlerin ve mikro-elektronik aygıtların soğutulmasında, buzdolaplarında, yapılardaki yalıtımlarda v.b. gibi birçok mühendislik uygulamalarında karşımıza çıkmaktadır.

Doğal konveksiyonla ısı transferinde akış hızları genellikle küçük olduğundan, konveksiyonla ısı geçişi de yavaştır ve belki de bu nedenle, doğal konveksiyonla ısı geçişi az önemsenir. Oysa, farklı yollarla ısı geçişinin olduğu birçok uygulamada, doğal konveksiyon ısı geçişine en büyük direnci oluşturur ve bu nedenle sistemin tasarımında veya performansında önemli rol oynar. Bunun ötesinde, ısı geçişini azaltmak ve buna bağlı olarak işletme giderlerini en düşük düzeye indirmek söz konusu olduğunda, doğal konveksiyonla ısı transferi tercih edilir.

Doğal konveksiyonun etkili olduğu birçok uygulama vardır. Doğal konveksiyon, çeşitli elektronik cihazlardan olan ısı geçişini etkilediği kadar, borulardan ve dağıtım hatlarından olan ısı geçişini de etkiler. Özellikle elektrikli ısıtıcılardan veya radyatörlerden oda havasına aktarılan ısıda doğal konveksiyon ile oluşmaktadır.

Doğal konveksiyonun fiziksel mekanizmasını anlamak amacı ile yapılan çalışmalarda yapılan analizlerin analitik çözümleri oldukça karmaşık ve zor olması nedeni ile sayısal (nümerik) çalışmalar önem kazanmıştır. Son yıllarda gelişen teknolojiyle birlikte bilgisayar hızlarının artması karmaşık ve zor analitik denklemlerin çözülmesinde bize olanak sağlayan birçok paket program geliştirilmiştir. Sayısal çalışmaların bir miktar hata içermesi, sınır şartları uygulama da zorlukların olması ve bazı durumlarda pahalı olmalarına rağmen her türlü

denklemleri çözmede, karmaşık fiziksel olayların ve bu olayların zamanla gelişiminin incelenmesinde bize kolaylıklar sağlaması son derece önemlidir.

1.1. Literatürde Bulunan Çalışmalar

Kısmen kapalı veya tamamen kapalı alanlarda doğal konveksiyonla olan ısı transferi ile ilgili şimdiye kadar yapılan çalışmalar incelenmiş ve aşağıda bu çalışmalar hakkında kısa bilgiler verilmiştir.

Nada ve Moawed yaptıkları çalışmada; alt duvardan sabit ısı akısı ile ısıtılan, üç boyutlu dikdörtgen şeklinde eğilebilen, dar ve uzun yivlerden meydana gelen açıklıklara sahip geometride doğal konveksiyonla dışarıya olan ısı transferini farklı geometrik düzenlerde deneysel olarak incelemişlerdir. Bu çalışma; 0° 'den 180° ye kadar eğilebilen kapalı alanın tabanından uygulanan sabit ısı akısında, üstü açık, yanı açık ve üstü - yanı açık düzenlemelerin her birinde 1, 0,75 , 0,5 , 0,25 açıklık oranlarında kapalı alanın farklı eğim açılarındaki Nusselt sayısındaki ve sıcaklık farkındaki değişimini incelemişlerdir. Sonuç olarak; üstü açık düzenlemede kapalı alanın eğim açısı artarken Nusselt sayısının azaldığı görülmüştür. Yanı açık ve yanı – üstü açık düzenlemelerde de $0^\circ - 90^\circ$ arasında eğim açısı artarken Nusselt sayısının arttığı daha sonra ki eğim açılarındaki ise Nusselt sayısının azaldığı gözlenmiştir. Herhangi bir açıklık oranında ve üç farklı düzende, açıklık oranlarının artması ile Nusselt sayısının arttığını gözlemlemişlerdir. Sonuç olarak kapalı alanın eğim açısı ve açıklık oranlarına göre üç farklı düzende kapalı alanın ortalama Nusselt sayısının gelişimi arasında ilişkisi olduğu ortaya çıkmıştır (1).

Yu ve Joshi yaptıkları çalışmada; doğal konveksiyon, radyasyon ve karışık konveksiyon ile üç boyutlu yanı açık kapalı alanlardan olan ısı transferi üzerine sayısal ve deneysel çalışma yapmışlardır (2).

Hess ve Henze açık oyuklardan doğal konveksiyonla ısı kaybı üzerine deneysel araştırma yapmışlardır. Bu çalışma sonucunda hız profilleri ve sıcaklık profillerini elde etmişlerdir (3).

Elsayed ve Chakroun kısmen eğilebilen üç boyutlu karesel geometrideki açıklıkların ısı transferi üzerine etkisini deneysel olarak incelemişlerdir. Bu çalışma dört farklı geometrik düzende (yan duvarlarda; üstten açık, alttan açık, merkezden açık, tamamen açık), açıklık oranları (0,25 , 0,50 ve 0,75) ve farklı eğim açıları (-90° ile 90° arasında 15° arttırarak), ortalama duvar sıcaklığının ve ortalama Nusselt sayısının değişimini elde etmişlerdir (4).

Showole ve Tarasuk dikdörtgen kesitli izotermik yatay ve eğimli açık oyuklardan kararlı iki boyutlu laminar doğal konveksiyonla ısı transferi üzerine deneysel ve sayısal çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada yatayla 0° , 30° , 45° ve 60° eğim açılarında, 0,25 , 0,5 ve 1 oyuk açıklık oranlarında, $10^4 - 5 \times 10^5$ Rayleigh sayılarında, 0,7 Prandtl sayısında deneysel sonuçları incelemişlerdir. Sayısal çalışmada ise; 0° ve 45° eğim açılarında, 1 açıklık oranında ve $10^3 \leq Ra \leq 5 \times 10^5$ Rayleigh sayısında inceleme yapmışlardır (5).

Yu ve Joshi, kompakt yatay kısmen açık kapalı alanlarda elektronik elemanların doğal konveksiyonla soğuması üzerine deneysel çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada 13×13 sıra dairesel açıklıklarda, 3×3 sıra karesel açıklıkta ve sadece karasal bir açıklıkta ve tamamen kapalı geometrilerdeki elektronik elemanların doğal konveksiyonla olan soğumasına etkisini deneysel olarak incelemişlerdir (6).

Frederick, kübik kapalı bir alanın dik bir duvarındaki aktif iki bölgede meydana gelen doğal konveksiyonla ısı transferini sayısal olarak incelemiştir (7).

Costa, dikdörtgesel kapalı alanlarda ayrılmış farklı ısılardaki dik duvarlarda laminar doğal konveksiyonla ısı transferi üzerine sayısal çalışma yapmıştır (8).

Baytaş ve Pop; gözenekli bir ortam ile eğri, kapalı alanlarda serbest konveksiyonla ısı transferi üzerine farklı Rayleigh sayılarında, farklı eğim açılarında ve farklı geometrik oranlarda detaylı bir sayısal çalışma yapmışlardır (9).

Aydın, Ünal ve Ayhan; tavandan soğuyan ve yan duvardan ısıtılan iki boyutlu dikdörtgensel kapalı alanlarda, beş farklı geometrik oranda (0,25 , 0,50 , 1 , 2 ve 4) ve farklı Rayleigh sayılarında ($10^3 < Ra < 10^7$) doğal konveksiyonla ısı transferi üzerine sayısal çalışma yapmışlardır (10).

Salat, Xin, Joubert, Sergent, Penot ve Quere; hava ile dolu geniş oyuklarda türbilanslı doğal konveksiyonun $1,5 \times 10^9$ Rayleigh sayısında deneysel ve sayısal incelemesini yapmışlardır (11).

Arcidiacono, Di Piazza ve Ciofalo; iki karesel bölgeye sahip dikdörtgensel alanlarda ısı hacimlerin ölçümünde düşük Prandtl sayısının ($Pr=0,0321$) doğal konveksiyonla ısı transferine etkisini iki boyutlu simülasyonla sayısal çalışma yaparak incelemişlerdir (12).

Poujol, Rojas ve Ramos; bir oyukta yüksek Prandtl sayısındaki ($Pr=320$) bir akışkanın üç boyutlu kübik bir geometride olan süreksiz doğal konveksiyonla ısı transferini belirli bir Rayleigh sayısı ve sabit ısı akısında zamana bağlı olarak duvar sıcaklıklarının değişimini ve hız vektörlerinin durumlarını deneysel ve sayısal olarak incelemişlerdir (13).

Di Piazza, Ciofalo; ince uzun bir oyukta sahip dikdörtgensel alanlarda ısı hacimlerin ölçümünde düşük Prandtl sayısının ($Pr=0,0321$) ve Grashof sayısının doğal konveksiyonla ısı transferine etkisini iki boyutlu simülasyonla sayısal olarak incelenmiştir (14).

Chang, Tsay; kapalı bir alanda ısıtılan bir geri basamakta meydana gelen doğal konveksiyonla ısı transferini, Prandtl sayısı 0,71 ve $10^3 \leq Ra \leq 10^7$ Rayleigh sayıları arasında sayısal bir çalışma ile analizini yapmışlardır (15).

Polat ve Bilgen; eğilebilen yüzeyli açık oyuklarda laminar doğal konveksiyonla ısı transferi üzerine $10^3 < Ra < 10^{10}$ aralığındaki Rayleigh sayılarında ve 1 , 0,125 açıklık oranlarında ($A=H/L$) sayısal çalışma yapmışlardır (16).

Arcidiacono ve Ciofalo; Yüzeysel oyuğa sahip dikdörtgensel alanlarda ısı hacimlerin ölçümünde düşük Prandtl sayısının ($Pr=0,0321$) doğal konveksiyonla ısı transferine etkisini iki boyutlu simülasyonla sayısal çalışma yaparak incelemişlerdir. Bu çalışmaların incelenmesi sonucunda farklı açıklık oranlarında ve farklı geometrik boyutlarda sayısal modelleme yaparak doğal konveksiyonla ısı transferinin oluşumunu incelerken, farklı grid sayılarındaki boyutsuz sıcaklık değişimlerini, farklı Grashof sayılarında (10^6 , 10^7 , 10^8 , 10^9) zamana bağlı olarak maksimum sıcaklık değişimini ve sıcaklık dağılımını elde etmişlerdir (17).

Leong ve Tan; Dikdörtgensel kapalı bir alanda n-parafin solisyonu içinde soğuk havanın etkisini deneysel bir çalışma yaparak incelemişlerdir (18).

Chan ve Tien; İki boyutlu açık bir oyuktan doğal konveksiyonla ısı transferinin deneysel çalışma yaparak incelemişlerdir. Bu çalışmada; 0.143 açıklık oranında ve ayrı ayrı $1,05 \times 10^6$ Rayleigh sayısında $Pr=8,7$ ve $T_{\infty}=12,8$ °C, $\Delta T=1,4$ °C' de ve $1,27 \times 10^7$ Rayleigh sayısında $Pr=6,2$ ve $T_{\infty}=21,3$ °C, $\Delta T=7,4$ °C' de deneysel çalışma yaparak yatay ve dikey hız profilleri ve sıcaklık profillerini elde etmişlerdir (19).

Chakroun ve Quadri; Düz ve pürüzlü eğilebilen yarı silindirik oyuklarda ısı transferinin ölçümleri üzerine deneysel çalışma yapmışlardır. Yaptıkları çalışmada; pürüzlü ve pürüzsüz olarak iki durumda da 90° , 75° , 60° , 30° , 0° , -30° ve -60° eğim açılarında zamana bağlı olarak ortalama Nusselt sayısındaki değişimi ve yarı silindirik oyukta kararlı hal de pürüzlü ve pürüzsüz yüzeylerde eğim açısı – zaman değişimini incelemişlerdir (20).

Khanafer, Vafai ve Lightstone; İki boyutlu açık uçlu kapalı alanlardan karışık konveksiyonla ısı transferi üzerine sayısal bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışma da açıklık oranı (AR) $0,25 \leq AR \leq 1$ aralığında ve $10^2 \leq Gr \leq 10^5$ aralığındaki Grashof sayılarında, Prandtl sayısı (Pr) 0,7 değerindeki hava ile çalışma yapmışlar ve açıklık oranı (AR) 1, Reynolds sayısı (Re) 100 sabit değerlerinde üç farklı akış

konfigürasyonu için streamline ve isotherms durumlarında 10^3 , 10^4 , 10^5 değerlerindeki Grashof sayılarında oluşan ısı dağılımını ve ayrıca açıklık oranı (AR) 1, Grashof sayısı (Gr) 100 sabit değerlerinde üç farklı akış konfigürasyonu için streamline ve isotherms durumlarında 250, 500, 1000 ve 2000 değerlerindeki Reynolds sayılarında oluşan ısı dağılımlarını incelemişlerdir (21).

Miyamoto, Kuehn, Goldstein ve Katoh; Çeşitli artan açılarda ve aynı ısıdaki üç duvar ile kısmen açık ve tamamen açık oyuklara sahip iki boyutlu karesel bir alandaki laminar doğal konveksiyonla ısı transferinin sayısal analizi üzerine çalışma yapmışlardır (22).

Abib ve Jaluria; İki boyutlu digdörtgensel, kısmen açık oyuğa sahip, dik duvarın bir kısmından ısıtılan ve diğer duvarları yalıtılmış geometrideki ısı transferinin $10^3 < Ra < 10^9$ Rayleigh sayısı (Ra) aralığında, farklı oyuk açıklıklarında ve farklı zamanlardaki ısı dağılımlarını ve dikey-yatay hız dağılımlarının sayısal simülasyonunu incelemişlerdir (23).

Bilgen ve Öztöp; Kısmen açık, eğilebilen karesel iki boyutlu geometrilerde $10^3 < Ra < 10^6$ Rayleigh sayıları (Ra) arasında ve $0,25 \leq AR \leq 0,75$ açıklık oranlarında (AR), $0^\circ \leq \phi \leq 120^\circ$ eğim açılarındaki sayısal çalışma yaparak, Rayleigh sayısının, açıklık oranlarının ve eğim açılarındaki ısı dağılımındaki değişimi, Rayleigh (Ra) sayısına ve açıklık oranı ve eğim açısına bağlı olarak Nusselt (Nu) sayısındaki değişimi incelemişlerdir (25).

Yukarıda verdiğim çalışmalar bugüne kadar doğal konveksiyonla ilgili yapılmış birbirinden farklı çalışmalar olup bu çalışmalar dışında daha birçok deneysel ve sayısal olarak farklı kombinasyonlarda yapılmış çalışmalar mevcuttur.

Bu çalışmada ise literatürde nümerik olarak henüz incelenmemiş geometri (Şekil 2.1) ve sınır şartlarında doğal konveksiyonla ısı transferi yarı kapalı bir ortamda incelenmiştir. Bu inceleme farklı ısı akılarında ($q''=10-480 \text{ W/m}^2$), üç farklı

geometrik oranda ($GO=1$, $GO=0,75$ ve $GO=0,50$), üç farklı açıklık oranında ($AO=0,25$, $AO=0,50$ ve $AO=0,75$), üç farklı eğim açısında ($\theta=-10^\circ$, $\theta=0^\circ$, $\theta=10^\circ$) ve iki farklı açıklık konumunda ($AK=\text{üstten}$ ve $AK=\text{merkezden}$) yapılmıştır. Elde edilen sonuçlardan ortalama duvar sıcaklığı (T_w) ve ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı ($Nu_{H,ort.}$) değerleri tablolar halinde sunulmuştur ve daha sonra şekiller ve grafikler ile bu değişimler detaylı bir şekilde incelenmiştir.

2. TEORİK MODEL VE MATEMATİKSEL FORMÜLASYON

Bu bölümde, problemin tanımı, fiziksel model, problemle ilgili çeşitli varsayımlar, kullanılan koordinat sistemi ve hesaplama bölgesi ile ilgili bilgiler verilmiştir. Problemin daha iyi anlaşılabilmesi için bu konuların her biri detaylı olarak incelenmiştir.

2.1. Problemin Tanımı

Bu çalışmada, iki boyutlu kısmen açık bir karesel geometriye sahip hacimde, sürekli şartlarda doğal konveksiyon ile ısı transferi sayısal olarak incelenmiştir. Kütlenin korunumu, momentum ve enerji denklemleri uygun sınır şartları kullanılarak PHOENICS paket programı ile çözülmüştür. Sol levhaya sabit ısı akısı sınır şartı, diğer duvarlar ise adyabatik sınır şartı uygulanmıştır. Sonuçlar, farklı ısı akılarında, farklı açıklık oranlarında (AO), farklı açıklık konumlarında (AK) ve farklı geometrik boyutlarda oluşan doğal konveksiyonla ısı transferini, ortalama yüzey sıcaklığı, ortalama Nusselt sayısı ve Grashof sayısının değişimleri ve ısı transferi üzerine olan etkileri araştırılmıştır.

2.2. Fiziksel Model

Sayısal olarak incelenecek kısmen açık geometri, yatay düzlem üzerinde Şekil 2.1’de görüldüğü gibi yer almaktadır.

2.2.1. Varsayımlar

Yatay düzlem üzerine yerleştirilmiş kısmen açık geometriden çevreye radyasyon ile olan ısı transferi hesaba katılmayıp, sadece laminar, doğal konveksiyon ile ısı transferi incelenmiştir. Sol duvarın sabit ısı akısında (q'') olduğu ve diğer duvarların yalıtılmış olduğu kabul edilmiştir. Hız değerlerinin çok küçük mertebelerde olması nedeniyle denklemlerde, viskoz disipasyonlardan dolayı oluşan ısı kaynakları ihmal edilmiştir. Yoğunluğun sıcaklık ve basıncın her ikisinin de fonksiyonu olmasına

karşılık, basınca bağlı değişiminin bu çalışmada çok küçük mertebelerde olması nedeniyle sadece sıcaklığın bir fonksiyonu olduğu, $\rho=\rho(T)$, kabul edilmiştir. Yoğunluk dışında, akışkana ait tüm diğer taşınım özellikleri, ortam sıcaklığında $T_{\infty}=22\text{ }^{\circ}\text{C}$ hesaplanarak, sabit kabul edilmiştir. Bu kabuller, bazı hataları da beraberinde getirmiştir. Fakat sıcaklık değişimlerinin çok büyük olmaması nedeniyle, bu hataların da büyük olmadığı kabul edilmiştir.

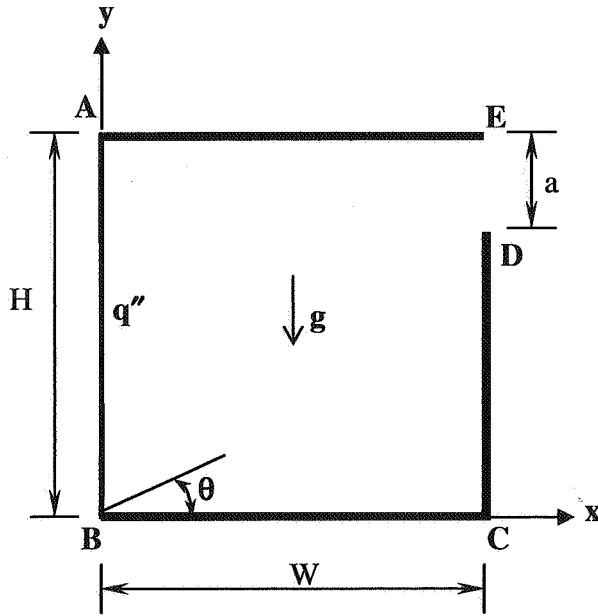
2.2.2. Kullanılan koordinat sistemi ve hesaplama bölgesi

Şekil 2.1’de iki boyutlu problem için kartezyen koordinat sistemi görülmektedir. Sabit ısı akısı uygulanan yüzey y ve geometrinin alt yüzeyi x eksenini olarak seçilmiştir. Sabit ısı akısının (q'') kısmen açık geometride meydana getirdiği ısı transferinde, kontrol edilebilir parametreler olan ısı akısının uygulandığı y eksenindeki yüzey uzunluğu (H), geometrinin dış ortama açık kısmının yüksekliği (a), taban uzunluğu (W) ve sabit ısı akısını (q'') ısı transfer katsayısına ve birim zamandaki ısı transferine etkileri, Şekil 2.1’deki hesaplama bölgesi için incelenecektir.

2.3. Matematiksel Modelin Tanımlanması

Geometri gereği akış iki boyutludur. Şekil 2.1’de görüldüğü üzere ısıtılan yüzey y-ekseni doğrultusundaki yüzeydir. Bu yüzeyin tamamı sabit ısı akısı ile ısıtılmaktadır.

Sayısal çalışmalarda, problemi tanımlayan temel denklemleri çözebilmek için bazı varsayımlar yapılır. Genellikle akış şartlarının zamanla çok değişmediği problemler için ilk yapılan varsayım, akışın sürekli olduğudur. Böylece zamana bağlı terimler atılır ve denklemlerde bulunan bağımsız değişken sayısı dörtten üçe indirgenmiş olur. Bu çalışmada akışın laminar ve sürekli olduğu varsayılmıştır.



Şekil 2.1 Problemde kullanılan koordinat sistemi ve geometrisi

2.3.1. Korunum denklemleri

Denklemlerin çözümlerinde çözümü kolaylaştırmak için bazı yaklaşımlar kullanılır. Bunlardan biri de Boussinesq yaklaşımıdır. Bu yaklaşımda kütle kuvvetindeki yoğunluk değişimi hariç, diğer bütün akışkan özellikleri sabit kabul edilir. Aşağıda bu yaklaşıma göre yazılmış denklemler verilmiştir.

Sürekli rejim şartlarında, iki boyutlu laminar akış için kartezyen koordinatlarda, süreklilik, momentum ve enerji denklemleri aşağıdaki gibi yazılabilir.

Süreklilik denklemi

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

[2.1]

x-yönündeki momentum denklemi

$$\frac{\partial(\rho uu)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho uv)}{\partial y} = -\frac{\partial(p)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu \frac{\partial u}{\partial y} \right) + (\rho_{\infty} - \rho) g_x \quad [2.2]$$

y-yönündeki momentum denklemi

$$\frac{\partial(\rho uv)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho vv)}{\partial y} = -\frac{\partial(p)}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu \frac{\partial v}{\partial y} \right) + (\rho_{\infty} - \rho) g_y \quad [2.3]$$

Enerji denklemi

$$u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} = \alpha \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) \quad [2.4]$$

Burada; $(\rho_{\infty}-\rho)g$ ifadesi fiziksel olarak kaldırma kuvveti (buoyancy force) olarak tanımlanır ve akışkanın yoğunluk etkisi ile ivmelenmesini gösterir. Ayrıca x-yönündeki yerçekimi ivmesi (g_x) ve y-yönündeki yerçekimi ivmesi (g_y) şöyle tanımlanmıştır; $g_x=g.\sin(\theta)$ ve $g_y=-g.\cos(\theta)$ olarak tanımlanmış fakat eğim açısının -10° olduğu durumda x-yönündeki yerçekimi ivmesi $g_x=-g.\sin(\theta)$ olarak tanımlanmıştır. $\alpha=k/\rho c_p$ ısıl yayılım katsayısıdır.

2.3.2. Giriş ve sınır şartları

Süreklilik, momentum ve enerji denklemlerindeki hız, basınç ve sıcaklık bilinmeyenleri, aşağıda açıklamaları yapılan nedenlerden dolayı belirlenmiş olan giriş ve sınır şartları kullanılarak çözülmüştür.

Açık yüzey sınır şartı

Hacmin çevre şartlarına açık kısmına uygulanmıştır.

$$T_{\infty}=22\text{ }^{\circ}\text{C} ; P=P_{\infty}=0 ; \frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial x} = 0 \quad [2.5]$$

Duvar sınır şartları

Duvar yüzeyindeki hızlar sıfırdır. Şekil 2.1'e göre BC, CD ve EA yüzeylerindeki her üç yöndeki hızlarda sıfırdır.

$$u = v = 0 \quad [2.6]$$

Isıtılan yüzeyde yani AB yüzeyinde sabit ısı akısı olduğu kabul edilmiştir.

$$q'' = \text{sbt.} \quad [2.7]$$

Sabit ısı akısı uygulanan yüzey dışındaki diğer yüzeyler yalıtılmış olarak kabul edildiği için;

BC yüzeyinde sıcaklığın y yönündeki değişimi sıfırdır.

$$\frac{\partial T}{\partial y} = 0 \quad [2.8]$$

CD yüzeyinde sıcaklığın x yönündeki değişimi sıfırdır.

$$\frac{\partial T}{\partial x} = 0 \quad [2.9]$$

EA yüzeyindeki sıcaklığın y yönündeki değişimi sıfırdır.

$$\frac{\partial T}{\partial y} = 0 \quad [2.10]$$

Sınır şartları, Çizelge 2.1’de toplu olarak verilmiştir.

Çizelge 2.1. Hesaplama bölgesi için sınır şartları

AB	BC	CD	DE	EA
$q'' = \text{sbt}$ $u = v = 0$	$u = v = \frac{\partial T}{\partial y} = 0$	$u = v =$ $\frac{\partial T}{\partial x} = 0$	$T_{\infty} = 22^{\circ}\text{C}$ $P = P_{\infty} = 0$ $\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial x} = 0$	$u = v = \frac{\partial T}{\partial y} = 0$

3. SAYISAL ÇÖZÜM YÖNTEMİ

1970’li yıllardan başlayarak ve bilhassa son 10 yılda gerçekleşen bilgisayar teknolojisindeki hayal sınırlarımızı zorlayan gelişmeler, akışkanlar dinamiği problemlerinin sayısal (nümerik) olarak çözülme yolunun gittikçe daha fazla tercih edilmesine imkan tanımıştır. Bilindiği gibi birçok akışkanlar dinamiği, ısı ve kütle transferi v.b. problemlerin analitik çözümü ya imkansız yada çok zor olmaktadır. Bundan dolayı günümüzde ısı ve kütle transferi, akışkanlar dinamiği uygulamaları, kimyasal reaksiyonlar ve benzeri prosesler, mühendislikte, doğal çevrede ve canlıların bünyesinde sıkça görülen birçok problem, Sayısal Akışkanlar Dinamiği (SAD) kullanılarak çözülmektedir. Akışkanlar dinamiği problemlerinin sayısal yöntemlerle çözülmesi konusu Sayısal Akışkanlar Dinamiği (SAD) “Computational Fluid Dynamics (CFD)” olarak adlandırılır.

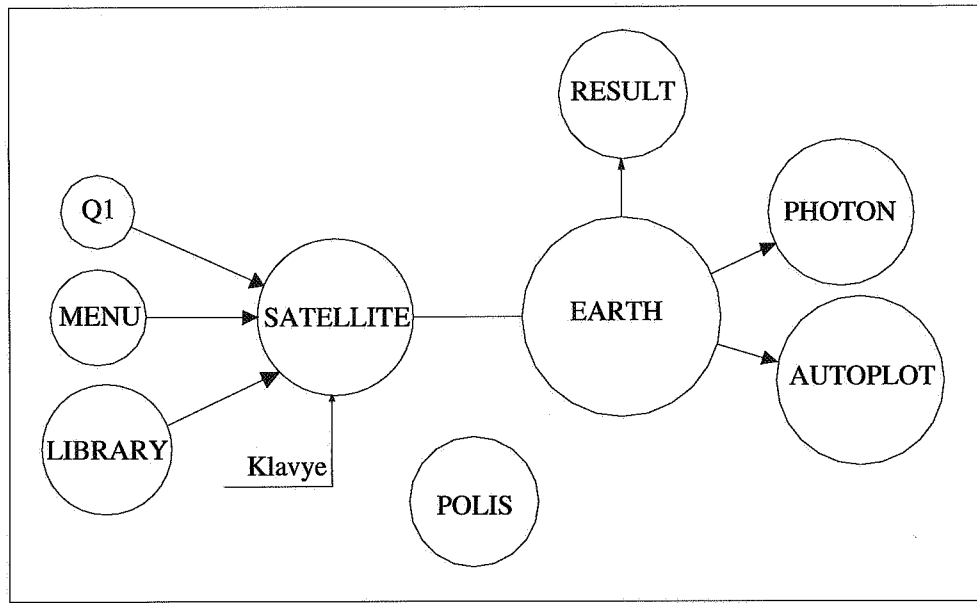
Sayısal akışkanlar dinamiği konusunda akademik olarak gerçekleştirilen gelişmelerden sonra, sayısal akışkanlar dinamiğinin (SAD) önemi endüstride bulunan ARGE (Araştırma Geliştirme) kuruluşları tarafından da anlaşıldıktan sonra, çok önemli bir ticari değer kazanmıştır. Endüstriyel ürünlerin tasarımı ve geliştirilmesindeki önemi ile birlikte bir çok ticari sayısal akışkanlar dinamiği (SAD) kodu geliştirilmiştir. Ticari sayısal akışkanlar dinamiği (SAD) kodları arasında PHOENICS, FLUENT, THEBES v.b. birçok kod bulunmaktadır. Burada yapmış olduğumuz çalışmada sayısal akışkanlar dinamiği (SAD) kodu olan PHOENICS programını kullanılmıştır. Burada PHOENICS’ in tercih nedeni en yaygın olarak kullanılan ve en çok doğrulama çalışması yapılmış kodlardan birisi olma özelliğinden dolayı tercih edilmiştir. PHOENICS ile korunum denklemleri, verilen sınır şartları altında boyutlu formda çözülmüştür. Program hakkında detaylı bilgi aşağıda verilmiştir.

3.1. PHOENICS'in Genel Tanıtımı

PHOENICS, lineer olmayan kısmi differansiyel denklem setlerinin çözümlerine iteratif sayısal yaklaşımlar sağlar. PHOENICS kodu korunum denklemlerinin (kütle, momentum, enerji, kimyasal reaksiyonlar v.s., bir, iki, üç boyutlu geometriler, zamandan bağımsız ve zamana bağlı) uygulandığı problemlerin analizinde kullanılır.

3.2. PHOENICS İşletim Sistemi

PHOENICS paket proramı üç ana eleman ve yardımcı elemanlardan oluşur.



Şekil 3.1. PHOENICS paket programının genel yapısı

SATELLITE, EARTH ve PHOTON, PHOENICS'in ana elemanlarıdır. SATELLITE, ön işlemci (preprocessor) olarak görev yapar. Bu görevler kısaca şunlardır:

- Q1 kütüğünde verilmiş olan işlemleri okur,
- PHOENICS kütüphanesinde örnek problemler seçer,
- Menü sistemini çalıştırarak problem tanımını yapabilir,

- Klavye üzerinden verilen komutları işler,
- Yardım ve komut tarama işlemlerini yapar.

EARTH, ana işlemci olarak, SATELLITE tarafından hazırlanan veri kütüğünü okur ve istenen hesaplamaları yapar. Hesaplama sonunda RESULT ve PHI adında iki kütük oluşturur. PHI kütüğü PHOTON tarafından okunabilecek formattadır.

PHOTON, son işlemci (post-processor) olarak görev yapar. PHOTON, EARTH tarafından oluşturulan PHI, veri kütüğünü okur ve kullanıcıyla interaktif olarak sonuçları grafik formda sunar. Kullanıcının vereceği komutlara bağlı olarak, bağımlı değişkenlerin vektörel yada kontur grafiklerini ve problemde kullanılan hücre yapısını gösterir.

Sonuç olarak SATELLITE, kullanıcı tarafından girilen bilgileri EARTH'in anlayacağı bir dile çevirir. Giriş bilgileri Q1 kütüğünde oluşturulur. EARTH ise bu giriş bilgileri doğrultusunda gerekli hesaplamaları yapar ve RESULT ile PHI kütüğüne aktarır. Son işlemci olan PHOTON, EARTH tarafından hazırlanan PHI data kütüğünü okur ve kullanıcı ile karşılıklı olarak sonuçları sunar. Kullanıcının vereceği komutlara göre akış vektörlerini, sıcaklık dağılımlarını, problemin hücre yapısını gösterir.

Ayrıca, PHOENICS'in en önemli özelliklerinden birisi çok geniş kapsamlı bir kütüphaneye sahip olmasıdır. Bu kütüphanede mühendislik problemleri ile ilgili pek çok örnekler bulundurulur.

3.2.1. Q1 Giriş kütüğü ve çözüm prosedürü

PHOENICS tarafından kullanılan datalar, Q1 giriş kütüğü içinde yirmi dört ayrı grup içinde toplanır. Her grubun ayrı bir amacı vardır. Q1 kütüğünün yazıldığı dil İngilizce'ye benzer ve birçok hazır komuttan oluşmaktadır. Q1 kütüğü içerisindeki gruplar genel olarak şu bilgileri içermektedir:

- Problemi tanımlayan başlık,
- Problemin geometrisi ve hücre yapısı,
- Çözümü istenen bağımlı değişkenler,
- Her değişken için çözülmesi istenen denklemin biçimi (parabolik, eliptik, sürekli, süreksiz)
- Uygulanması istenen sayısal çözüm metodu,
- Ortamın fiziksel ve termodinamik özellikleri,
- İlk iterasyon için bağımlı değişkenlerin kabul edilen dağılımı
- Problemin sınır şartları,
- Çözüm kontrolünde kullanılan parametreler,
- Sonuçların çıkış formunun belirlenmesi.

Q1 kütüğüne ait 24 grup Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Model Q1 kütüğünde standart komutlar

GROUP 1	Run title and other preliminaries
GROUP 2	Transience;time step specification
GROUP 3	x-direction grid specification
GROUP 4	y-direction grid specification
GROUP 5	z-direction grid specification
GROUP 6	Body fitted coordinates or grid distortion
GROUP 7	Variable stored, solved & named
GROUP 8	Terms (in differential equations)
GROUP 9	Properties of medium (or media)

Çizelge 3.1. (Devamı) Model Q1 kütüğünde standart komutlar

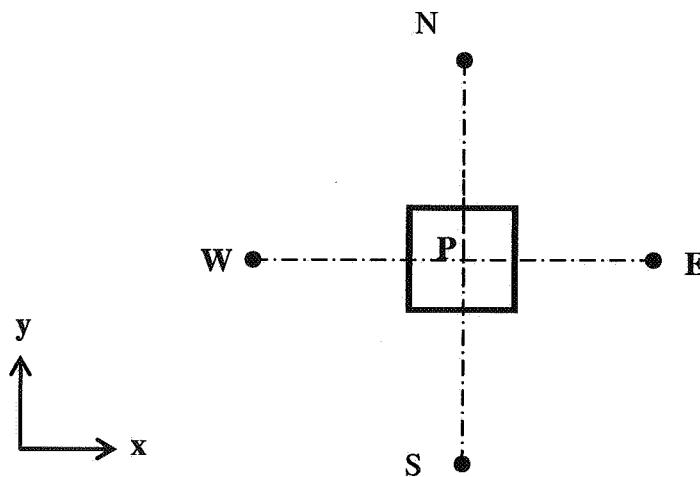
GROUP 10	Inter-phase-transfer process and properties
GROUP 11	Initialization of variable or porosity fields
GROUP 12	Convection diffusion adjustments
GROUP 13	Boundary conditions and special sources
GROUP 14	Down stream pressure for PARAB=.TRUE.
GROUP 15	Termination of sweep
GROUP 16	Termination of iterations
GROUP 17	Under-relaxion devices
GROUP 18	Limits on variables or increments to them
GROUP 19	Data communicated by satellite to GROUND
GROUP 20	Preliminary print-out
GROUP 21	Printout of variables
GROUP 22	Spot-value print-out
GROUP 23	Field print-out and plot control
GROUP 24	Dumps for restart

Grup 1’de yapılan çalışmanın adı, Grup 2’de çalışmanın sürekli olup olmadığı, Grup 3-4-5’te x, y ve z- yönlerindeki boyut, hücre sayısı, ve hücre sisteminin üç ayrı yönde üniform olup olmadığı, Grup 6’da kullanılacak koordinat sistemi kartezyen veya silindirik değilse, özel bir hücre sistemi kullanılacak ise buna ait özellikler girilir. Grup 7’de çözülecek değişkenlerin isimleri, nasıl çözülecekleri ve kaydedilecek olanlar belirlenir. Grup 8’de diferansiyel denklemdeki terimler ve bazı özelliklerin kullanılıp kullanılmayacağı belirlenir. Grup 9’da simülasyonu yapılan ortamın bazı fiziksel özellikleri (yoğunluk, viskozite vb.) girilir. Grup 10 iki fazlı akışlar için aralarında bir etkileşim varsa kullanılır. Grup 11’de zamana bağlı problemlerde başlangıç şartları girildiği gibi, problem sürekli şartlarda başlangıç (ilk tahmin) değerleri girilir. Ortam gözenekli ise yine bu grupta belirtilmelidir. Grup 12’de konveksiyon ve difüzyon ile ilgili ayarlar yapılır. Grup 13.’te ilgili sınır şartları ve özel kaynaklar girilir. Grup 14.’te tam bir simülasyon için gerekli bilgiler verilir.

Grup 15'te kaç defa hesaplama yapılacağı belirtilir. PHOENICS dış ve iç iterasyon olmak üzere iki tür iterasyon içerir. Grup 15 ile dış iterasyon (sweep) Grup 16 ile de iç iterasyon verilir. Grup 17'de ise, yakınsamanın sağlanabilmesi için, lineer olmayan denklem setlerinin çözümünde "under-relaxation", lineer denklem setlerinin çözümünde de "over-relaxation" seçenekleri belirlenir. Grup 18 ile bazı değişkenlerin belli sınırlar içinde kalması veya küçük artışlar sağlanır. Grup 19 ile SATELLITE ve GROUND arasındaki iletişim sağlanır. Grup 20-24'de ise istenen sonuçların program çalışırken ekranda ve çözüm bittikten sonra RESULT kütüğünde ki çıktılarının formu belirlenir.

3.2.2. Grid geometrisi

Sayısal problemlerin çözümünde kullanılan bilgisayar programları, kısmi diferansiyel denklemleri doğrudan çözmezler. Sayısal akışkanlar dinamiği ile kısmi diferansiyel denklemler diskritize edilerek lineer cebirsel denklemlere dönüştürülür. Bu denklemler bilgisayar programı yardımıyla çözülerek sonuca gidilir. Lineer cebirsel denklemlerin oluşturulmasında birçok yöntem vardır. Bunlar, sonlu farklar (finite difference), sonlu hacimler (finite volume), sonlu elemanlar (finite element) vb. Kullandığımız PHOENICS bilgisayar programında sonlu hacimler metodu kullanılmaktadır.



Şekil 3.2 İki boyutlu bir hücre için kontrol hacmi

Şekil 3.2’de P noktasında ϕ_p değeri, komşu ϕ değerleriyle ilişkilidir. Ayrıca, eğer problem zamana bağımlı ise bir önceki zaman dilimindeki ϕ_p ile de ilişkilidir. Bunun neticesi olarak aşağıdaki lineer cebirsel denklem yazılabilir:

$$a_p \phi_p = a_N \phi_N + a_S \phi_S + a_W \phi_W + a_E \phi_E + b \quad [3.1]$$

Burada; ‘a’ katsayıları, ‘b’ kaynak terimini, ϕ ise fonksiyonun o noktadaki değerini gösterir. Dikkat edilirse, her komşu hücrenin ayrı bir katsayısı vardır. Bu katsayıların sayısal değeri birçok faktöre bağlıdır. Bunlardan bazıları, hücre geometrisi, akışkanın bir hücreden diğerine akış hızı ve akışkanın yerel özellikleridir. Bütün katsayıların bilinmesi; her bir bağımlı değişken, hücre ve zaman dilimi için katsayıların bilinmesi anlamına gelmektedir. Her bir nokta için cebirsel denklem yazmak mümkündür. Toplam denklem sayısı aşağıdaki eşitlikten bulunabilir.

$$T.D.S = N_X \times N_Y \times N_\phi \quad [3.2]$$

Burada N_X , N_Y sırasıyla x, y yönündeki hücre sayısı, N_ϕ değişken sayısını göstermektedir.

3.3. Sonlu Hacimler Yöntemi

Sonlu hacimler yönteminin akışkanlar dinamiği ve ısı transferi denklemlerine uygulanışı aşağıda verilmiştir.

PHOENICS kodu, korunum denklemlerinin uygulandığı problemlerin analizinde kullanılır.

- Kütle, momentum, enerji, kimyasal reaksiyon v.s.
- Bir, iki, üç boyutlu geometriler
- Zamandan bağımsız ve zamana bağımlı

Klasik analitik mekanikte bu problemler kısmi diferansiyel denklemlerle ifade edilir. Korunum yasaları genel bir ifade ile aşağıdaki gibi verilebilir.

$$\frac{\partial}{\partial t}(r_i \rho_i \varphi_i) + \text{div}(r_i \rho_i \vec{v}_i - r_i \Gamma_{\varphi_i} \text{grad} \varphi_i) = r_i S_{\varphi_i} \quad [3.3]$$

zamana konveksiyon difüzyon kaynak
bağlı terimi terimi terimi
terim

Burada;

t, zaman,

r_i , i fazının hacimsel kesri,

ρ_i , i fazının yoğunluğu,

φ_i , i fazının entalpi, birim kütle başına momentum, v.b. gibi özelliği,

v_i , i fazının hız vektörü

Γ_{φ_i} , i fazındaki φ 'nin değişim katsayısı,

S_{φ_i} , φ_i 'nin kaynak oranı,

olarak tanımlanır.

$$S_{\varphi_i} = f \times CO \times (VAL - \varphi_{pi}) \quad [3.4]$$

olarak alınır. Burada f, çarpım faktörü, TYPE komutuna bağlı olarak değişir. φ_{pi} , tanımlanan değişken, VAL, değişkenin hesaplanan noktadaki değeridir. Bu kaynak terimi GROUP 13' de COVAL komutu kullanılarak programda dikkate alınır.

i fazı için, kütleinin korunumu şu forma dönüşür.

$$\frac{\partial}{\partial t}(r_i \rho_i) + \text{div}(r_i \rho_i \vec{v}_i) = r_i S_{\varphi_i} \quad [3.5]$$

$S_{\phi i}$ birim hacim başına faza giren kütledir. Tek fazlı durumda hacimsel kesir sadeleştirildiğinde denklem şu şekle dönüşür.

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho\phi) + \text{div}(\rho\vec{v}\phi - \rho\Gamma_{\phi}\text{grad}\phi) = S \quad [3.6]$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho) + \text{div}(\rho\vec{v}) = 0 \quad [3.7]$$

İkinci faz yoksa, sonlu kütle kaynağı olamayacağından denklemin sağ tarafı sıfırdır. Birden çok faz durumunda, hacimsel kesirlerin toplamı 1'dir.

$$\sum r_i = 1 \quad [3.8]$$

Çözülmesi istenen denklem seti PHOENICS' de bu şekilde tanımlanmalıdır. Ana korunum denklemlerine ilave olarak başka denklemlerde kullanmak gereklidir. Bunlar termodinamik özellikler, taşınım özellikleri, sınır şartları v.s olabilir.

3.3.1. Sonlu hacimler ayrıklaştırma prosedürü

Sonlu hacimler metodu ile cebirsel denklemleri iki yaklaşımla elde etmek mümkündür. Söz konusu cebirsel denklemler, ısı ve kütle transferini temsil eden denklemlerdir. Hangi yaklaşım olursa olsun sonlu hacimler metodunun en büyük avantajı, ayrıklaştırma prosesi boyunca asıl temel fizik kanunlarını sürekli göz önünde bulundurmasıdır. Birinci yaklaşımda değişik matematiksel teoremler kullanılır ve diferansiyel denklemlerin diskritizasyonu gerçekleştirilir. İkinci yaklaşımda ise temel fizik kanunları yazılarak diskritizasyon işlemi yapılır.

Sonlu hacimler denklemlerine, lineer cebirsel denklemlerin çözümünde kullanılan teknikleri uygulamak istiyorsak, Eş. 3.1'deki kaynak terim olan 'b' yi de, doğrusal bir biçimde ifade etmek gerekir. Kontrol hacmin iç noktalarındaki hücrelerle ilgili sonlu hacim denklemleri elde edildiği gibi, kontrol hacmin sınır şartları içinde sonlu

hacim denklemleri uygun formda çıkarılmalıdır. Bir akışın hesabı için sınır şartları belirlenmelidir. PHOENICS, bu belirlemede esnek bir yapıya sahiptir ve programın çalışma şartları şunlardır:

- PHOENICS, daima problemdeki kaynağın çeşidine göre bir sınır şartı değerlendirir (kütle, momentum, enerji, kimyasal özellik, türbülans enerji gibi). Bu nedenle sınır değerlerini doğrudan kullanmaz.
- Kaynaklar, duvarlara değil hücre merkezine yerleştirildiğinden sınır şartları tam olarak sınırlarla temasta değildir. Sınır hücrelerinin, bölgesel değişimlerde önemsiz olması için bu hücreler oldukça küçük alınır.
- PHOENICS, kaynakların özelliklerini bir 'C' katsayısı ve 'V' değeri cinsinden kabul eder. Kaynak, ϕ değişkeni için C_ϕ ve V_ϕ ile belirlenir.

$$S = C_\phi (V_\phi - \phi_p) \quad [3.9]$$

Burada ϕ_p , P düğüm noktasındaki ϕ değeridir.

-SATELLITE ön işlemcisi, kullanıcının COVAL komutu ile belirlediği 'C' ve 'V' değerlerini kabul eder. Uygulanan sınır şartı, PATCH komutu ile PHOENICS tarafından kullanılır. Kütle akış sınır şartları, hesaplama aralığındaki kütle akışı, PATCH ve COVAL komutları ile girilir. Dış basınç, hücre içindeki basınçtan büyük olabilir. Eğer 'C' katsayısı çok küçükse, dış basınç çok büyük olmalıdır. Hücre içindeki basınç değişimi, hücre içindeki hız alanını biraz etkilemektedir. Bir aralıktaki akış, düşük katsayılı basınç sınır şartı ile temsil edilir. Dış akış, yüksek bir katsayı ile temsil edilir ve değişken sayısı çoktur. Süreklilik denklemine eklenen kütle akış kaynağı şu şekildedir:

$$C_p (V_p - P_p) \quad [3.10]$$

Burada C_p , basınç katsayısı, P_p ise basınç değeridir. P noktasındaki düğümde basıncın değeri P_p ile gösterilir.

Sonlu hacimler analizi ile denklemlerin diskritizasyonu için uygulanması gereken genel kurallar şunlardır:

1. İki komşu kontrol hacminin yüzeylerinden olan akıların matematiksel ifadeleri, her iki kontrol hacmi için aynı olmalıdır. Bununla, örneğin bir kontrol hacminin doğu yüzeyini terk eden bütün ısıнын, komşu kontrol hacminin batı yüzeyinden girdiği kabul edilir. Bu korunum prensibinin çok açık olduğu düşünülebilir. Fakat denklemlerin türetilmesinde kolayca unutulabilir ve böylece hatalı akılar oluşturulmuş olur.

2. Denklemlerdeki katsayıların (a'lar) değerleri ya sıfır yada pozitif olmalıdır. Negatif değer alamazlar. Bununla bir hücredeki bağımlı değişkenin (sıcaklık, hız vb.) artması durumunda komşu hücredeki bu değişkenin değerinin de artması sağlanmış olur.

3. Denklemlerdeki kaynak terimlerinin, negatif bir eğimle lineerize edilmesi gerekir. Bunun anlamı bir ısı transferi probleminde bir kaynak terimini,

$$S_p = S_c (T_v - T_p) \quad [3.11]$$

gibi bir lineer ifadeyle modellenmek istenirse, S_c pozitif bir değer olmalıdır. T_v sabit bir sıcaklık değeri, S_c kaynak katsayısı, T_p ise P düğüm noktasındaki sıcaklıktır. Eğer bu kural sağlanmaz ise, yanlışlıkla ikinci kural çiğnenebilir. Çünkü a_p katsayısı, bu kaynak katsayısının bir kısmını içermektedir.

4. Zamandan bağımsız problemler için kaynak terimlerinin olmadığı durumlarda, katsayılar,

$$a_p = \sum a_{nb} \quad [3.12]$$

ifadesini sağlamalıdır. Bununla, kontrol hacmi içerisinde herhangi bir ısı kaynağının olmadığı durumlarda ve komşu sıcaklıkların da aynı olduğu bir durumda, T_p sıcaklığının bunlara eşit olması sağlanır.

3.4. Yakınsama Kriterlerinin Kontrol Edilmesi

Sayısal akışkanlar dinamiği metodlarını kullanarak birçok probleme çözüm elde etmek mümkündür. Çok kısa bir sürede, belirli problemlerin çözümlerine ulaşılabilir. Fakat, çözümlerin ve sonuçların gerçek fiziksel olay ve fizik kanunlarına uygun olması gerekmektedir. Birçok çözüm bundan dolayı bir işe yaramaz ve problem defalarca yeniden programlanarak ve tanımlanarak, kullanılan sayısal akışkanlar dinamiği kodunun içerdiği çözüm teknikleri ve değişkenleri tekrar tekrar gözden geçirilerek, problemin gerçek çözümlerinin elde edilmesi sağlanır. PHOENICS'te elde edilen çözümlerin ve sonuçların doğruluğunun ve geçerliliğinin kontrolü için beş ana kriterin cevaplanması gerekmektedir. Aşağıda bu beş ana kriter detaylı olarak açıklanmıştır.

1.kriter ; Çözümün yakınsaklığı sağlandı mı?

Sonuç (Result) kütüğünün son kısımda süpürme (sweep) sayısına bağlı olarak kalıntılar (residual' lar) grafik halinde verilir. Çözümün yakınsaması için bütün değişkenlerin kalıntıları monoton veya değişken bir azalma göstermesi gerekir. Yakınsamanın grafiksel olarak kontrolü yapıldıktan sonra, her değişken için toplam kalıntı değerlerine bakmak gerekir. Bu değerlerin de mümkün olduğunca sıfıra yakın çok küçük değerler olması istenir.

2.kriter ; Çözüm iterasyon sayısından bağımsız mı?

Çözüm süpürme (sweep) sayısı ile yakından ilgilidir. Problemin basit ve karmaşık olmasına göre süpürme sayısı değişir. Bundan dolayı iterasyon sayısı değiştirilerek ilk sorunun cevabı aranır. Yani süpürme sayısı ile yakınsamanın nasıl değiştiği sürekli olarak gözlenir. Burada amaç süpürme sayısının artmasıyla yakınsamış bir problemin yakınsamasının devam ettiğini gözlemektir. Bununla birlikte sadece kalıntılara bakmak yeterli değildir. Elde edilen çözüm değerlerinin değişimine de bakmak gerekir. Buna ilave olarak, sonuç kütüğünün son kısmında kalıntılar için verilen grafiklerle birlikte, değişkenlerin fiziksel değerlerinin değişimini veren grafiklerde mevcuttur. Yakınsamış ve süpürme sayısından bağımsız bir çözümde bütün değişkenler için kalıntılar sürekli olarak küçülmeli, anlık değerler (spot value' lar) ise belirli bir zamandan sonra sabit kalmalıdır.

3.kriter ; Korunum denklemleri sağlandı mı?

İlk iki sorunun olumlu cevaplandırılmasından sonra, çözümünü elde etmeye çalıştığımız fiziksel problemi tanımlayan kütle, momentum ve enerjinin korunumu denklemlerinin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmelidir. Bu değerleri kontrol etmek için yine sonuç kütüğünün sonunda korunum denklemlerinin ne ölçüde sağlandığını gösteren değerler vardır. Bu değerlerin kontrol edilmesi gerekmektedir.

4.kriter ; Çözüm hücre yapısından bağımsız mı?

İlk üç sorunun olumlu cevaplandırılmasına rağmen, elde edilen sonuçlar gerçek değerlerden uzak olabilir. Buna sebep olan nedenlerden biri de çözüm alanı içerisindeki hücre sayısı ve dağılımıdır. Uygun hücre sayısının belirlenememesi, farklı sonuçlar doğurabilir. Ayrıca, problemin fiziğine bağlı olarak, hücre dağılımı da çok önemlidir. Akışın yapısına göre giriş veya çıkış bölgesinde yada herhangi bir bölgede akışın değişimi farklı olabilir ve hücre dağılımı homojen olmayabilir. Hücre yapısından bağımsız bir çözüm elde etmek sonuçların doğruluğu açısından şarttır. Hücre yapısında ve dağılımında yapılan değişikliklerle, elde edilen sonuçlardaki

değişim minimuma indirgemeli ve optimum hücre sayısı belirlenmelidir. Böylece hesaplama zamanından da önemli ölçüde kazanç sağlanmış olur.

5.kriter ; Sonuçlar deneysel sonuçlarla uyumlu mu?

Sayısal akışkanlar dinamiği çözüm ve sonuçlarının gerçek fiziksel değerlerle doğruluğu ve uyumluluğu ilk dört sorunun olumlu olarak cevaplandırılmasından sonra, literatürde mevcut veya kendi deneysel değerleri ile karşılaştırılması sonucu ispat edilmiş olur. Eğer hiçbir şekilde deneysel veri mevcut değil ise bu kesin karşılaştırma literatürde kabul görmüş teorik, analitik veya diğer sayısal çözümlerle karşılaştırılabilir.

4. ÖN ÇALIŞMA VE DENEME ÇÖZÜMLERİ

Bu çalışmada, farklı ısı akıları uygulanan yüzeyin yüksekliği (H), taban uzunluğu (W) ve dış tarafa açık olan kısmın açıklık oranı'nın (AO), eğim açısının (θ) ve açıklık konumunun (AK) değiştirilmesi ile elde edilen sonuçlar ayrıntılı olarak sunulmuştur. Hesaplamalar farklı ısı akılarında ($q''=10-480 \text{ W/m}^2$), farklı eğim açılarında ($\theta=-10^\circ$, $\theta=0^\circ$, $\theta=10^\circ$) farklı açıklık konumlarında (AK) (üstten açık, merkezden açık), farklı açıklık oranlarında ($AO=0,25$, $AO=0,50$ ve $AO=0,75$) ve farklı geometrik oranlarda ($GO=1$, $GO=0,75$, $GO=0,50$) olmak üzere üç farklı parametrede çalışmalar yapılmıştır. Isı akısı uygulanan yüzeyin dışındaki diğer bütün yüzeylerin yalıtılmış olduğu ve çevre sıcaklığının (T_∞) 22°C olduğu kabul edilerek, ısı akısının uygulandığı yüzeydeki ortalama yüzey sıcaklığı ve ortalama Nusselt sayısı yukarıda belirtilen parametrelerde hesaplanmıştır. Sonuçlar, literatürdeki benzer çalışmalardan elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlardan faydalanılarak ısı akısının uygulandığı yüzey ile dışarıya kısmen açıklığı bulunan yüzey arasındaki akışın hız vektörleri ve sıcaklık konturları çizilmiştir. Sonuçların sunulmasında kullanılan ortalama yüzey sıcaklığı (T_w) ve ortalama Nusselt sayısı ($Nu_{H,ort.}$) ve Rayleigh sayısı (Ra_H) aşağıda açıklanmıştır.

$$T_{iw}=T_{ih}+\frac{q''\Delta x}{k} \quad [4.1]$$

Burada; T_{ih} PHOENICS programı tarafından y-ekseni boyunca Δx mesafedeki hücrelerdeki sıcaklığı göstermekte, k ise ısı iletim katsayısını göstermektedir. T_{iw} y-ekseni boyunca duvar yüzeyinde yer alan NY sayıdaki hücreden her birindeki sıcaklığı göstermektedir. Ortalama yüzey sıcaklığı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$T_w=\frac{\sum_{i=1}^{NY} T_{iw}}{NY} \quad [4.2]$$

Yüzey yüksekliğine bağlı ortalama Nusselt sayısı, $Nu_{H,ort.}$ ise şu şekilde tanımlanmıştır.

$$Nu_{H,ort.} = \frac{h_{ort.} H}{k} \quad [4.3]$$

Burada; $h_{ort.}$ ortalama yüzey sıcaklığına bağlı ısı iletim katsayısıdır. Aşağıda belirtilmiştir.

$$h_{ort.} = \frac{q''}{T_w - T_{\infty}} \quad [4.4]$$

Yüzey yüksekliğine bağlı Rayleigh sayısı da aşağıdaki gibi tanımlanmıştır. Burada; Gr_H , yüzey yüksekliğine bağlı Grashof sayısını, Pr ise Prandtl sayısını göstermektedir.

$$Gr_H = \frac{g \beta q'' H^4}{k \nu^2} \quad [4.5]$$

$$Ra_H = Gr_H \cdot Pr \quad [4.6]$$

Sayısal akışkanlar dinamiği yöntemleri kullanılarak birçok sayısal çözüm elde etmek ve çok kısa sürede belirli problemlerin çözümüne ulaşmak mümkündür. Fakat, çözümlerin ve sonuçların gerçek fiziksel olaylara ve kanunlara uygun olması gerekmektedir. Çözümlerin doğruluğunun ve geçerliliğinin sağlanması için yerine getirilmesi gerekli olan koşullar bu bölümde incelenmiştir.

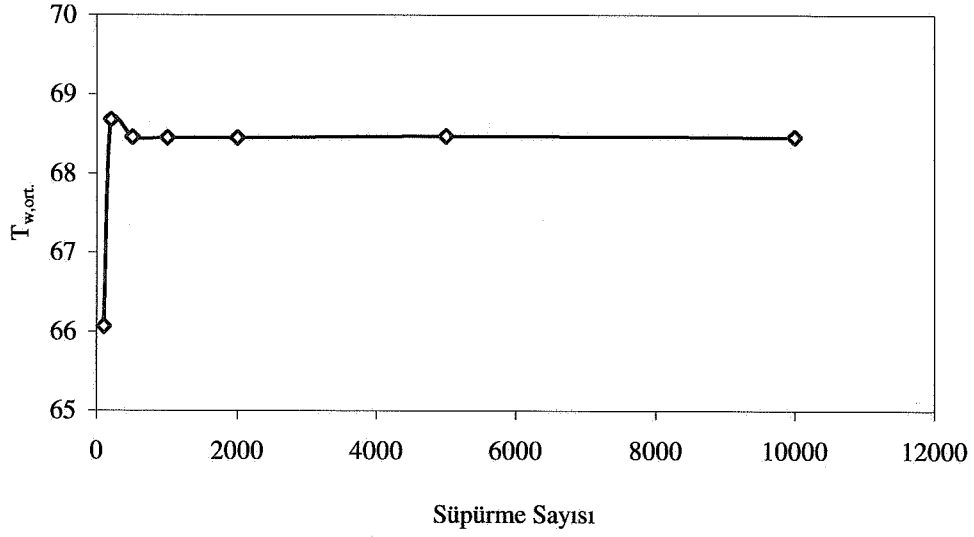
4.1. Q1 Kütüğünün Oluşturulması

Geometrinin yüksekliği $H=0,1485$ m, uzunluğu $W=0,1485$ m ve eğim açısı, açıklık oranı ve geometrik oran gibi üç farklı parametre için örnek bir Q1 kütüğü oluşturulmuş ve yakınsama kriterlerini hangi durumda sağladıkları incelenmiştir.

Yakınsama kriterleri, Bölüm 4.2’de ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Yapılan çözümlerde, hız vektörlerinin ve sıcaklık konturlarının çizimleri elde edilmiştir. Çözüm alanı içerisinde, akışın önemli olduğu bölgelerde daha sık olmak üzere uniform olmayan hücre tipi kullanılmıştır. Çözümlerde kullanılan örnek bir Q1 kütüğü Ek-1’de verilmiştir.

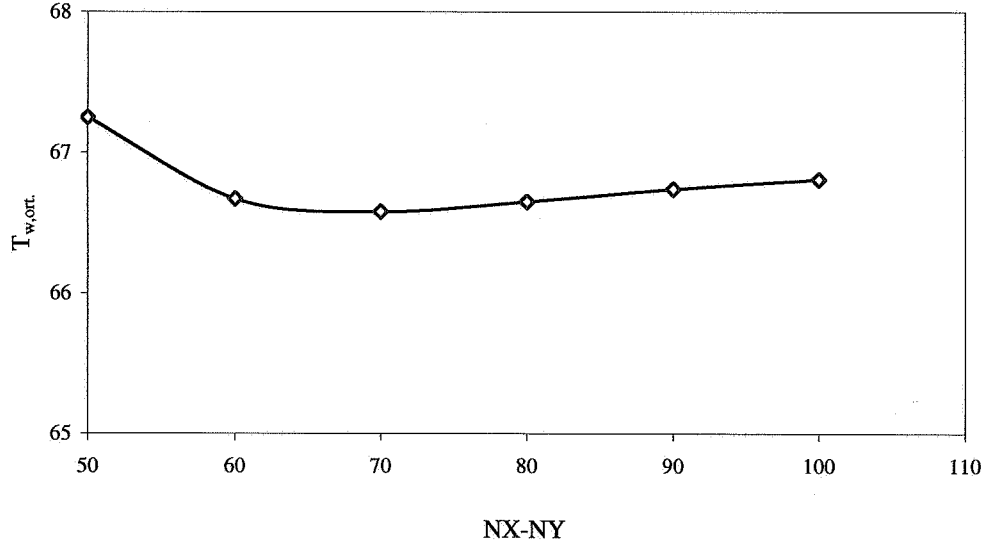
4.2. Yakınsama Kriterlerinin Kontrol Edilmesi

SAD çözümlerinin ve sonuçlarının yakınsama kriterleri, Bölüm 3.4’de ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır. Ek-2’de verilmiş olan sonuç kütüğünün son kısmında görüldüğü gibi ‘Net source of H1 at patch named: OUTLET’ ve ‘Net source of H1 at patch named: LWALL’ mutlak değerlerinin birbirine eşit olması, yani süreklilik denklemlerinin sağlanması yakınsama kriterlerinden birisidir. Diğer kriterler, yine sonuç kütüğünün son kısmındaki iki grafiklerdir. Bu kriterlerden ilki, anlık değer grafiğinden görüldüğü gibi bağımlı değişkenler için belirli bir iterasyondan sonra salınımların bitmesi ve sabit değere ulaşmasıdır. Diğer bir kriter ise sonuç kütüğünün en son kısmında bulunan kalıntı grafiğindeki değerlerin sıfıra yaklaşmasıdır. Bu üç kriterin sağlanıp süreklilik, momentum ve enerji denklemlerinin eşitlenmesi ile doğru çözüme ulaşılır. Şekil 4.1’de değişik süpürme sayılarına bağlı olarak sabit bir ısı akısında (q'') elde edilen ortalama yüzey sıcaklığı değerlerinin değişimi görülmektedir. Grafikten de görüldüğü üzere ortalama yüzey sıcaklığı 5000 süpürme sayısından sonra sabit bir değerde devam etmektedir. Bu durumda süpürme sayısı minimum 5000 olarak belirlenmiştir.

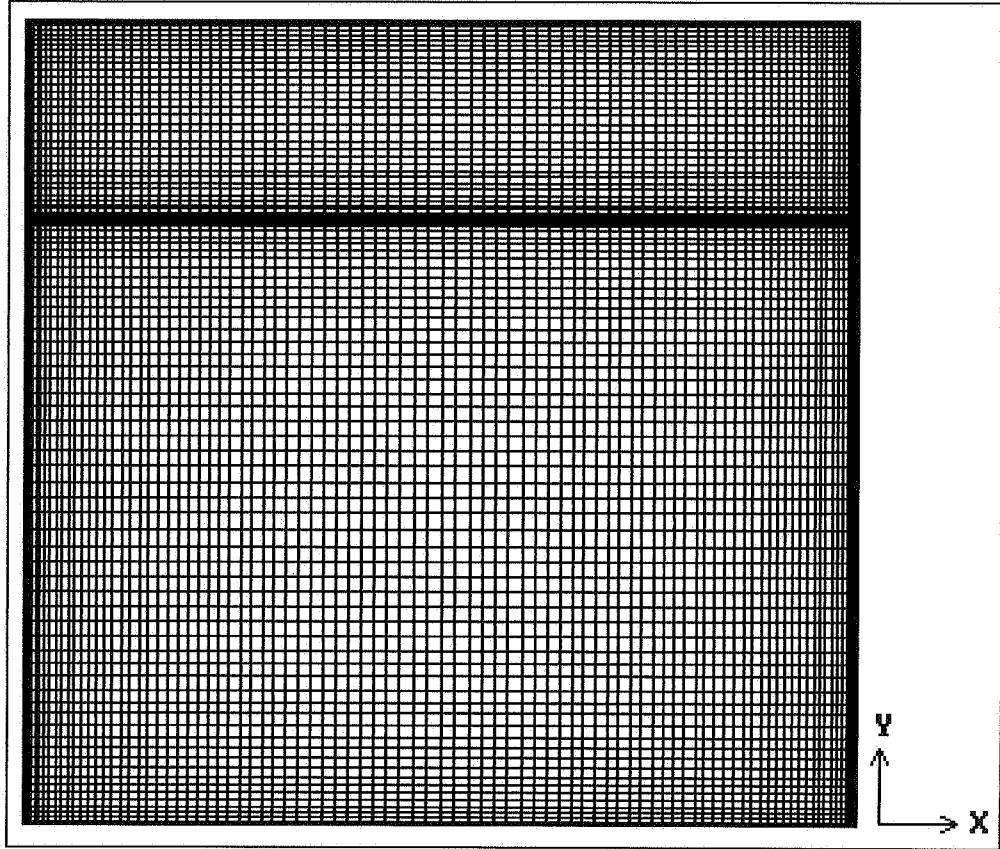


Şekil 4.1. Sabit ısı akısında, Farklı süpürme sayılarında elde edilen ortalama yüzey sıcaklığının değişimi ($q''=205 \text{ W/m}^2$, $AO=0,25$, $GO=1$)

Fakat bazı problemler ve buna bağlı olarak geometriler için süpürme sayısı 10000'e kadar çıkabilmektedir. Çözümün ayrıca hücre sayısından bağımsız hale geldiğini görebilmek için Şekil 4.2'de farklı hücre sayılarında sabit ısı akısına bağlı olarak ortalama yüzey sıcaklığı değişimi çizilmiştir. Dikkat edilirse hücre sayısı arttıkça ortalama yüzey sıcaklığı değerinin hemen hemen sabitlendiği görülmektedir. Son iki çözüme (Şekil 4.2) dikkatlice bakıldığında yani 90x90 ve 100x100 hücre dağılımları arasındaki farkın çok küçük mertebelerde olması bize hücre sayılarındaki dağılımın 90x90 da bağımsız hale geldiğini göstermektedir. Yukarıdaki sonuçlar ile uygun süpürme sayısının yaklaşık 5000, uygun hücre sayısının ise 90x90 olduğuna karar verilmiştir. Şekil 4.3'de 90x90'daki uygun hücre dağılımı görülmektedir.



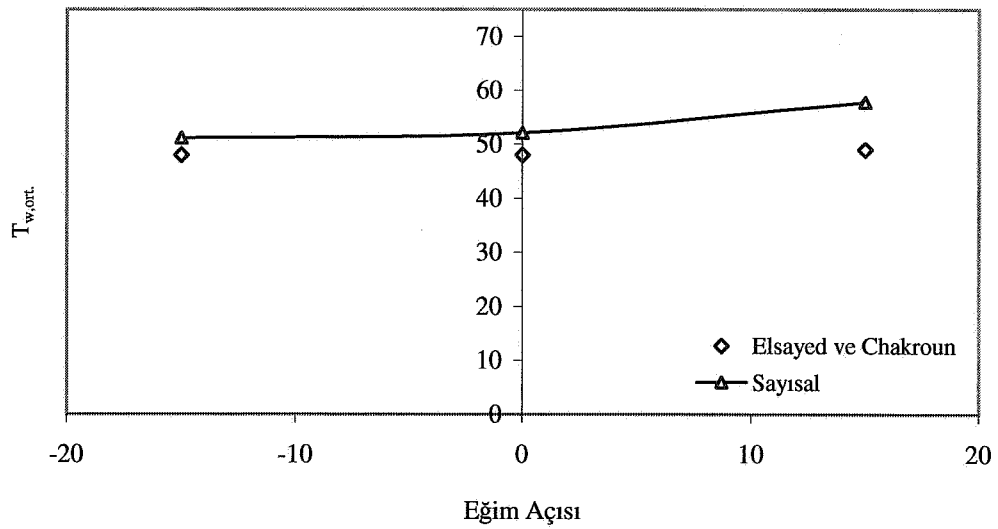
Şekil 4.2. Elde edilen ortalama yüzey sıcaklığının farklı hücre dağılımlarındaki değişimi, ($q''=205 \text{ W/m}^2$, $AO=0,25$, $GO=1$)



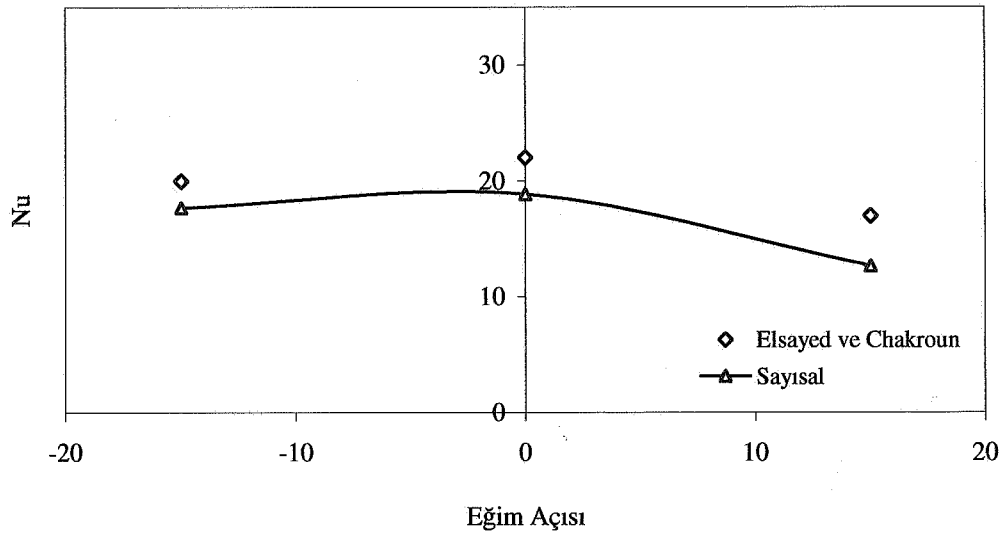
Şekil 4.3. Uygun görülen 90x90 hücre sayısı dağılımı
($q''=205 \text{ W/m}^2$, $AO=0,25$, $GO=1$)

4.3. Deneysel Sonuçlarla Karşılaştırılması

Elsayed ve Chakroun' nun, iki boyutlu kısmen açık karesel geometride sabit ısı akısı uygulayarak farklı eğim açılarında meydana gelen doğal konveksiyonla ısı transferini incelemek amacı ile yapmış oldukları deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlar (4) ile sayısal olarak elde edilen sonuçların karşılaştırılması Şekil 4.4 ve Şekil 4.5'de sunulmuştur.



Şekil 4.4. Çeşitli eğim açılarında ($\theta=-10^\circ$, $\theta=0^\circ$, $\theta=10^\circ$) ortalama yüzey sıcaklığının deneysel ve sayısal sonuçlarının karşılaştırılması



Şekil 4.5. Çeşitli eğim açılarındaki ($\theta = -10^\circ$, $\theta = 0^\circ$, $\theta = 10^\circ$) Nusselt sayısının deneysel ve sayısal sonuçlarının karşılaştırılması

Deneysel ve sayısal sonuçların karşılaştırılması amacıyla, Elsayed ve Chakroun'un yaptıkları deneysel çalışma sonucu elde etmiş oldukları ve aşağıda belirtilen korelasyon kullanılmıştır.

$$Nu_{ort.} = \frac{154.(0,95 + 0,13.AO)}{5,1 + \exp(3,5\theta)} - \frac{\cos^3(\theta)}{AO^2} \quad [4.6]$$

Burada, $Nu_{ort.}$ açıklık oranına ve eğim açısına bağlı Nusselt sayısını temsil etmektedir. Ayrıca yüzey yüksekliğine bağlı Grashof sayısı aşağıda belirtilen formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$Gr_H = \frac{g\beta q'' H^4}{k\nu} \quad [4.7]$$

Daha önce yapılan deneysel çalışma (4) ile mevcut sayısal çalışmanın sonuçları karşılaştırılırken, bu sayısal çalışma için geçerli olan Grashof sayısı hesaplanmış ve açıklık oranı (AO) ve eğim açısı (θ) kullanılarak Eş. 4.6'da verilen korelasyon için $Nu_{ort.}$ sayısı hesaplanmıştır. Hesaplanan $Nu_{ort.}$ sayısı değerleri, sayısal çalışma sonucu

elde edilmiş olan ortalama yüzey sıcaklığı (T_w) kullanılarak, aşağıdaki formül ile hesaplanan $Nu_{H,ort.}$ sayısı değerleri ile karşılaştırılmıştır.

$$Nu_{H,ort.} = \frac{h_{ort.} H}{k} \quad [4.3]$$

Karşılaştırma sonucu, bu sayısal çalışmadan elde edilen değerlerle deneysel çalışma (4) sonucu elde edilen korelasyon ile hesaplanan değerlerin birbirleriyle oldukça uyumlu olduğu görülmüştür. Bu nedenle, bu çalışmada kullanılacak olan programın yeterli doğrulukta sonuçlar verebileceği kabul edilmiştir.

5. ÇEŞİTLİ PARAMETRELERİN ISI TRANSFERİNE ETKİLERİNİN ANALİZİ

Bu bölümde; kısmen açık, iki boyutlu geometride meydana gelen doğal konveksiyonla ısı transferinin kontrol edilebilir parametreler olan geometrik oran ($GO=H/W$), eğim açısı (θ) ve açıklık oranında ($AR=a/H$), farklı ısı akılarının (q'') etkileri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Aşağıda bu parametrelerin ısı transferine etkileri, sıcaklık konturları ve hız vektörlerinden faydalanılarak ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır.

5.1. Üstten Açık Konumda $H/W=1$ 'deki Parametrik Çalışmalar

Geometrik oran $H/W=1$ 'de üstten açık konumda, açıklık oranının ($AO=0,25$, $AO=0,50$ ve $AO=0,75$) ve eğim açısının ($\theta=-10^\circ$, $\theta=0^\circ$, $\theta=10^\circ$) farklı ısı akılarında ($q''=10-240$ W/m²), $H=0,1485$ m yükseklikte ve $W=0,1485$ m genişlikteki geometride ısı transferine etkileri; ısı akısına bağlı ortalama yüzey sıcaklığı, ısı akısına bağlı ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı değişimleri farklı parametrelere ve ayrıca ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısının Rayleigh sayısına ($1,83.10^7 \leq Ra_H \leq 8,785.10^8$) göre değişimleri grafiklerle ele alınmış ayrıca sıcaklık konturları ve hız vektörleri ile detaylı bir şekilde incelemesi yapılmıştır. Elde edilen ortalama yüzey sıcaklıkları (T_w) ve ortalama boyutsuz ısı transfer katsayıları ($Nu_{H,ort.}$), Rayleigh sayısı (Ra_H) ve farklı ısı akılarındaki sonuçları; Çizelge 5.1, Çizelge 5.2 ve Çizelge 5.3'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Üstten açık konumda $GO=1$ ve $\theta=-10^\circ$ 'de elde edilen sonuçlar

Eğim Açısı $\theta = -10^\circ$	Prandtl Sayısı $Pr = 0,708$	Geometrik Oran $H/W = 1$	Açıklık Konumu (AO) Üstten Açık				
Isı Akısı (q'') [W/m ²]	Rayleigh Sayısı (Ra_H)	Ort. Yüzey Sıcaklığı (T_w) [°C]			Ort. Nusselt Sayısı ($Nu_{H,ort.}$)		
		Açıklık Oranı (AO)			Açıklık Oranı (AO)		
		0,25	0,50	0,75	0,25	0,50	0,75
10	$1,83 \cdot 10^7$	28,00	25,65	25,51	9,55	15,70	16,33
40	$7,32 \cdot 10^7$	37,89	32,93	32,58	14,43	20,97	21,67
80	$1,464 \cdot 10^8$	48,29	41,18	40,55	17,44	23,90	24,72
120	$2,196 \cdot 10^8$	57,52	48,80	47,88	19,36	25,66	26,57
160	$2,928 \cdot 10^8$	66,14	56,11	54,88	20,77	26,88	27,89
200	$3,660 \cdot 10^8$	74,38	63,25	61,68	21,88	27,79	28,89
240	$4,392 \cdot 10^8$	82,38	70,30	68,34	22,78	28,48	29,68
280	$5,125 \cdot 10^8$	90,23	77,25	74,91	23,52	29,04	30,33
320	$5,857 \cdot 10^8$	97,97	84,06	81,42	24,14	29,55	30,86
360	$6,589 \cdot 10^8$	105,63	90,89	87,87	24,67	29,95	31,32
400	$7,321 \cdot 10^8$	113,24	97,72	94,29	25,12	30,27	31,71
440	$8,052 \cdot 10^8$	120,78	104,52	100,70	25,53	30,56	32,04
480	$8,785 \cdot 10^8$	128,38	111,34	107,11	25,86	30,79	32,32

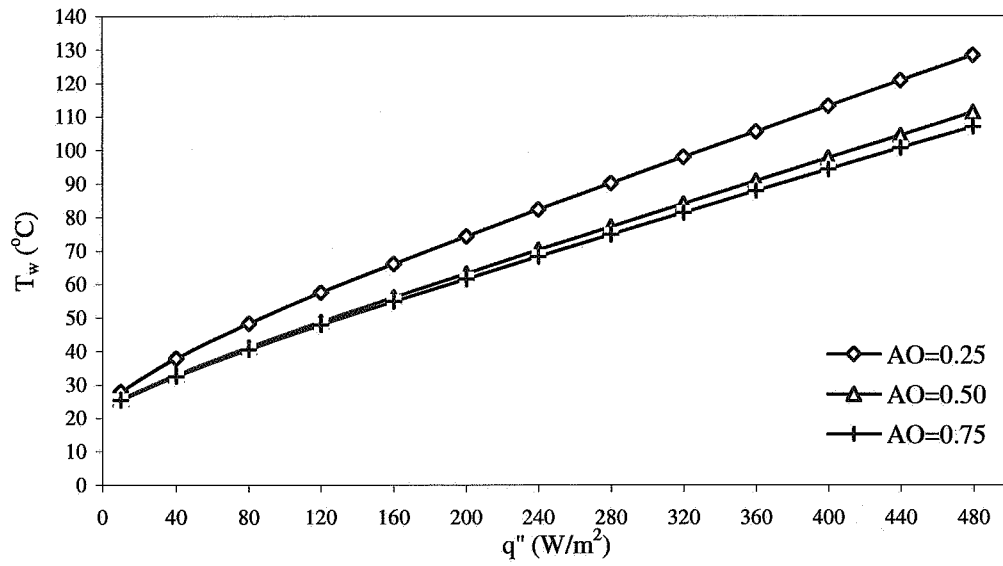
Çizelge 5.2. Üstten açık konumda $GO=1$ ve $\theta=0^\circ$ 'de elde edilen sonuçlar

Eğim Açısı $\theta = 0^\circ$	Prandtl Sayısı $Pr = 0,708$	Geometrik Oran $H/W = 1$	Açıklık Konumu (AO) Üstten Açık				
Isı Akısı (q'') [W/m ²]	Rayleigh Sayısı (Ra_H)	Ort. Yüzey Sıcaklığı (T_w) [°C]			Ort. Nusselt Sayısı ($Nu_{H,ort.}$)		
		Açıklık Oranı (AO)			Açıklık Oranı (AO)		
		0,25	0,50	0,75	0,25	0,50	0,75
10	$1,85 \cdot 10^7$	27,86	25,70	25,54	9,78	15,49	16,19
40	$7,43 \cdot 10^7$	37,40	33,02	32,62	14,89	20,80	21,59
80	$1,487 \cdot 10^8$	47,54	41,30	40,59	17,95	23,76	24,66
120	$2,230 \cdot 10^8$	56,64	48,95	47,94	19,85	25,52	26,51
160	$2,974 \cdot 10^8$	65,21	56,28	54,95	21,22	26,75	27,83
200	$3,717 \cdot 10^8$	73,48	63,43	61,75	22,26	27,67	28,83
240	$4,460 \cdot 10^8$	81,53	70,47	68,41	23,10	28,38	29,64
280	$5,204 \cdot 10^8$	89,46	77,39	74,99	23,79	28,97	30,28
320	$5,947 \cdot 10^8$	97,28	84,24	81,50	24,36	29,46	30,82
360	$6,690 \cdot 10^8$	105,02	91,06	87,96	24,85	29,87	31,28
400	$7,434 \cdot 10^8$	112,75	97,85	94,39	25,26	30,22	31,67
440	$8,177 \cdot 10^8$	120,46	104,63	100,81	25,61	30,52	32,00
480	$8,920 \cdot 10^8$	128,16	111,42	107,22	25,91	30,76	32,28

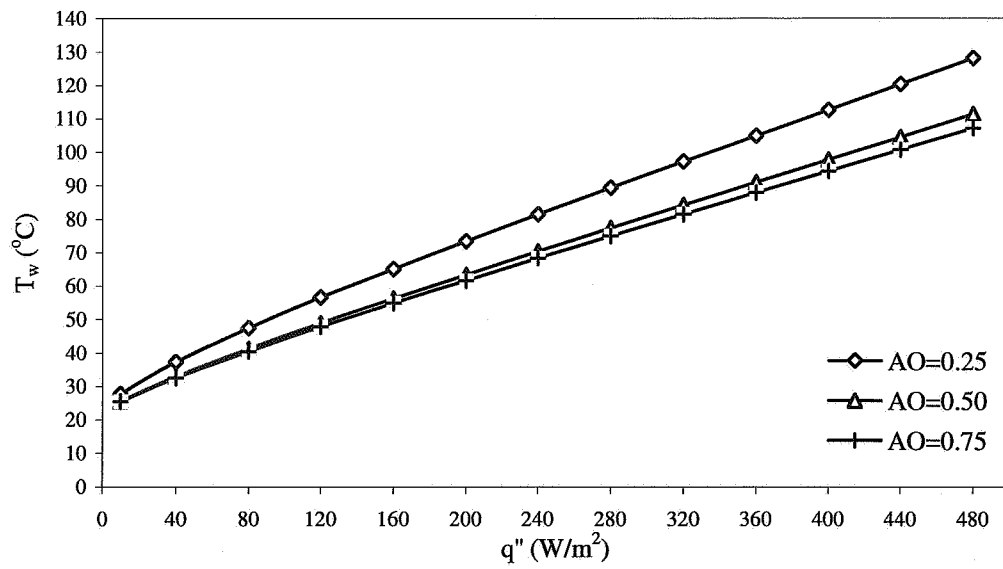
Çizelge 5.3. Üstten açık konumda $GO=1$ ve $\theta=10^\circ$ 'de elde edilen sonuçlar

Eğim Açısı $\theta = 10^\circ$	Prandtl Sayısı $Pr = 0,708$	Geometrik Oran $H/W = 1$	Açıklık Konumu (AO) Üstten Açık				
Isı Akısı (q'') [W/m ²]	Rayleigh Sayısı (Ra_H)	Ort. Yüzey Sıcaklığı (T_w) [°C]			Ort. Nusselt Sayısı ($Nu_{H,ort.}$)		
		Açıklık Oranı (AO)			Açıklık Oranı (AO)		
		0,25	0,50	0,75	0,25	0,50	0,75
10	$1,83 \cdot 10^7$	28,35	25,98	25,75	9,03	14,40	15,28
40	$7,32 \cdot 10^7$	39,05	33,70	33,12	13,45	19,59	20,61
80	$1,464 \cdot 10^8$	50,53	42,31	41,38	16,07	22,57	23,66
120	$2,196 \cdot 10^8$	60,83	50,22	48,96	17,71	24,37	25,51
160	$2,928 \cdot 10^8$	70,47	57,77	56,17	18,92	25,63	26,83
200	$3,660 \cdot 10^8$	79,64	65,10	63,16	19,89	26,59	27,85
240	$4,392 \cdot 10^8$	88,45	72,29	70,01	20,70	27,35	28,65
280	$5,125 \cdot 10^8$	96,94	79,43	76,75	21,41	27,94	29,31
320	$5,857 \cdot 10^8$	105,15	86,52	83,43	22,06	28,42	29,85
360	$6,589 \cdot 10^8$	113,13	93,49	90,06	22,64	28,86	30,31
400	$7,321 \cdot 10^8$	120,91	100,43	96,66	23,18	29,23	30,70
440	$8,052 \cdot 10^8$	128,55	107,37	103,31	23,67	29,54	31,01
480	$8,785 \cdot 10^8$	136,12	114,31	109,90	24,10	29,80	31,30

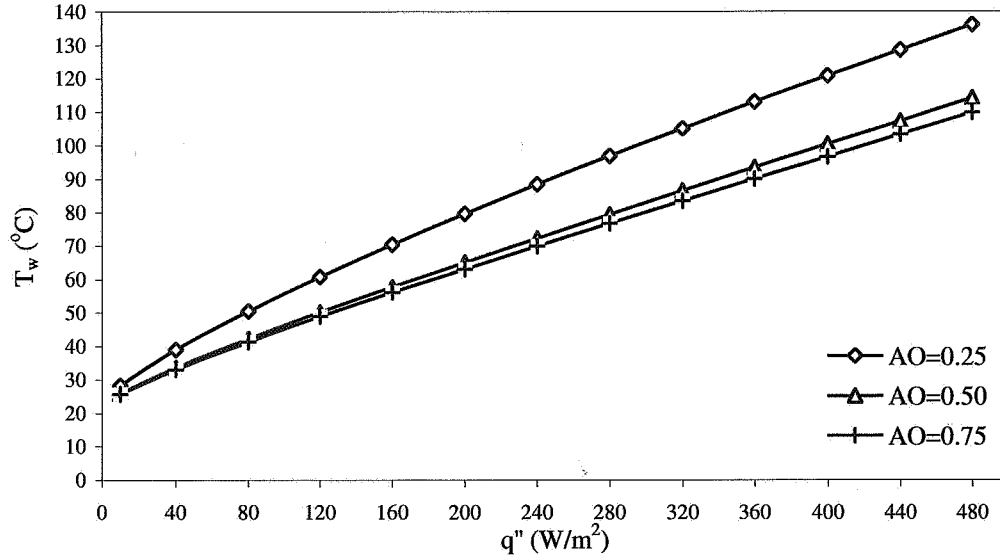
$GO=1$ 'de farklı açıklık oranlarında; farklı ısı akılarında ortalama yüzey sıcaklığı değişimi Şekil 5.1, Şekil 5.2, Şekil 5.3'de verilmiştir. Bu grafikler incelendiğinde açıklık oranı 0,25'de ortalama yüzey sıcaklığı, 0,50 ve 0,75 açıklık oranlarındaki ortalama yüzey sıcaklığı değerlerinden, ısı akısının düşük değerlerinde fazla fark olmamakla beraber ısı akısının yüksek olduğu değerlerde ise sıcaklık farkının arttığı görülmektedir. Diğer taraftan açıklık oranı 0,50 ile 0,75'de ortalama yüzey sıcaklığı değerlerinin 200 W/m^2 ısı akısına kadar yaklaşık aynı değerlerde olduğu ısı akısının 200 W/m^2 'nin üzerindeki değerlerinde ise ortalama yüzey sıcaklıkları değerlerine bakıldığında açıklık oranı 0,50'deki ortalama yüzey sıcaklığı değerlerinin de açıklık oranı 0,75'deki ortalama yüzey sıcaklığı değerlerinden yüksek olduğu görülmüştür.



Şekil 5.1. GO=1 ve $\theta=-10^\circ$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi (AO=0,25-0,50-0,75 , AK=Üstten)

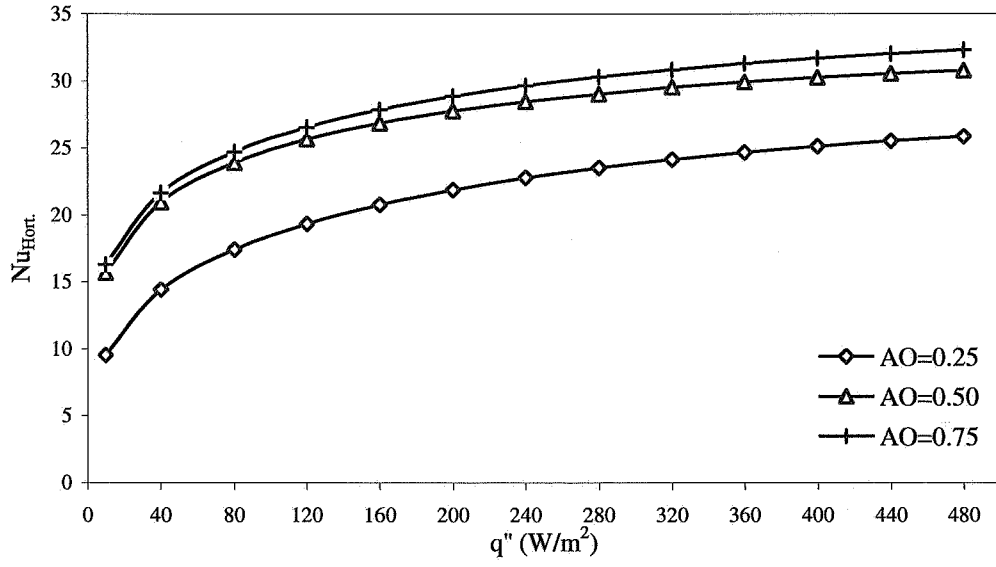


Şekil 5.2. GO=1 ve $\theta=0^\circ$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi (AO=0,25-0,50-0,75 , AK=Üstten)

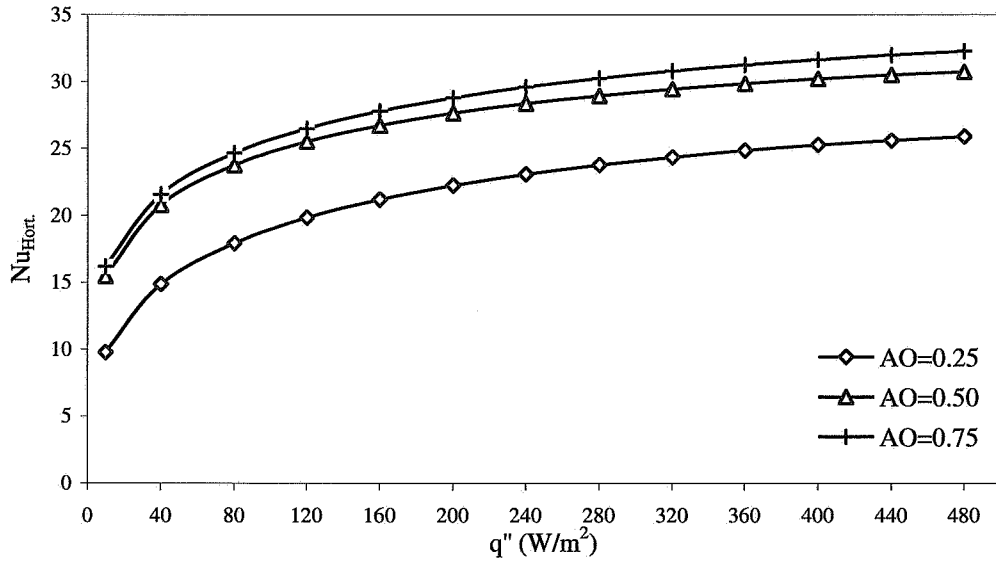


Şekil 5.3. GO=1 ve $\theta=10^\circ$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi (AO=0,25-0,50-0,75 , AK=Üstten)

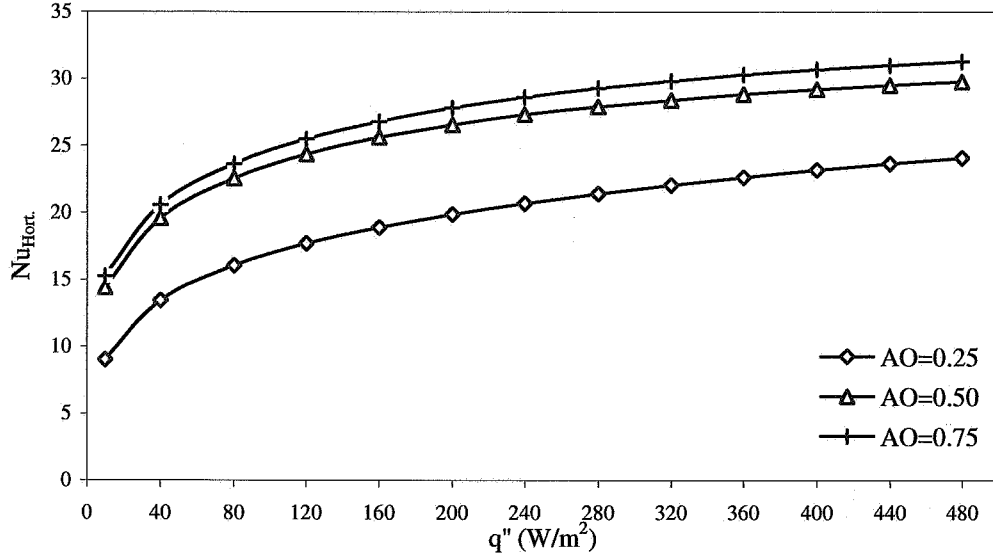
Şekil 5.4, Şekil 5.5 ve Şekil 5.6'da GO=1'de farklı açıklık oranlarında, farklı ısı akılarında ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı ($Nu_{ort.}$) değişimleri görülmektedir. Şekiller detaylı bir şekilde incelendiğinde ortaya şu sonuçlar çıkmaktadır. Bütün eğim açılarında ($\theta=-10^\circ$, $\theta=0^\circ$, $\theta=10^\circ$); AO=0,75'de boyutsuz ısı transfer katsayısının yüksek olduğu ve açıklık oranının azalması ile boyutsuz ısı transferi katsayısının giderek azaldığı görülmektedir. Aynı zamanda bütün açıklık oranlarında ısı akısını artırması ile Nusselt sayısında önce hızlı bir artış meydana gelirken bu artış yüksek ısı akılarında yavaşlayarak yaklaşık sabit bir değere ulaşmak üzeredir. Yani açıklık oranının artması ile boyutsuz ısı transferinin arttığı ve artışın bir süre azaldığı ve sabit değerlerde kaldığı görülmektedir. Açıklık oranının artması ile ısı transferinin arttığı ve açıklık oranının azalması ile ısı transferinin azaldığı görülmektedir.



Şekil 5.4. $GO=1$ ve $\theta=-10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$, $AK=\text{Üstten}$)

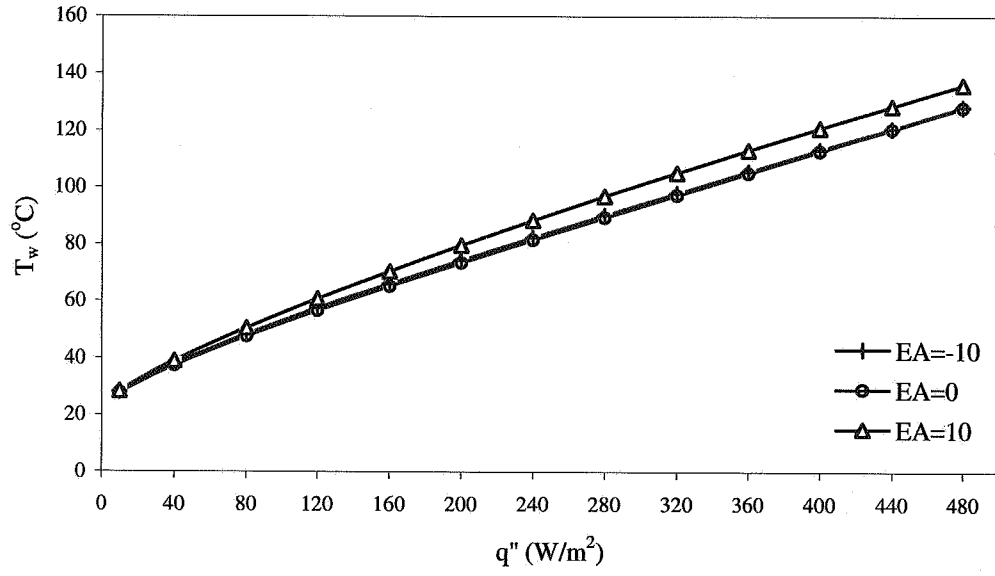


Şekil 5.5. $GO=1$ ve $\theta=0^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$, $AK=\text{Üstten}$)

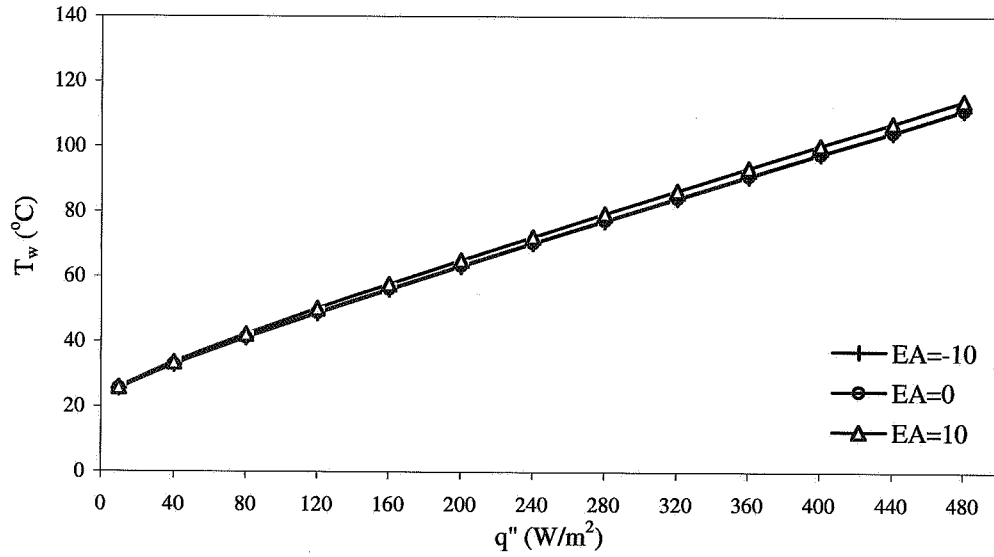


Şekil 5.6. $GO=1$ ve $\theta=10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$, $AK=Üstten$)

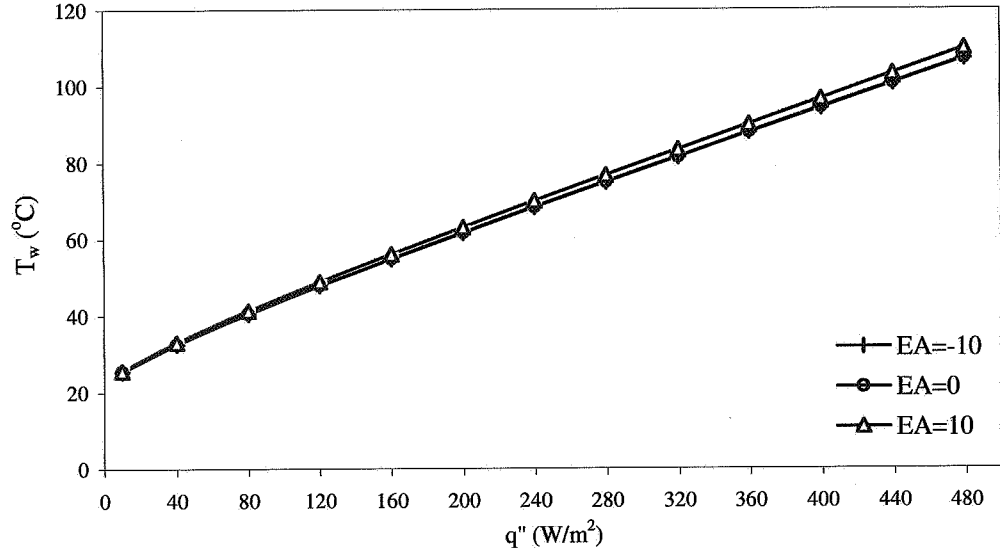
Şekil 5.7, Şekil 5.8 ve Şekil 5.9'da $GO=1$ 'de üç farklı eğim açısında (θ), farklı ısı akılarında ortalama yüzey sıcaklığı (T_w) değişimleri görülmektedir. Eğim açısının artması ile ortalama yüzey sıcaklığının arttığı görülmektedir, burada dikkat edilirse eğim açısının 0° ve -10° 'deki ortalama yüzey sıcaklığı (T_w) değerleri çok yakın olmaktadır. Eğim açısının artması ve açıklık oranının artmasına bağlı olarak ortalama yüzey sıcaklığı değişiminin farklı ısı akılarına bağlı olarak azaldığı görülmektedir. Şekil 5.10, Şekil 5.11 ve Şekil 5.12'de ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısının ($Nu_{ort.}$), $GO=1$ 'de üç farklı eğim açısında ($\theta=-10^\circ, \theta=0^\circ, \theta=10^\circ$), farklı ısı akılarındaki değişimi görülmektedir. Ortalama boyutsuz ısı transferi katsayısının 10° 'deki eğim açısında düşük değerlerde olduğu ve bu değerlerin açıklık oranına bağlı arttığı görülmektedir, $-10^\circ, 0^\circ$ 'de ise boyutsuz ısı transfer katsayısının ($Nu_{Hort.}$) birbirine yakın değerlerde olduğu ve 10° eğim açısında elde edilen değerlerden yüksek olduğu ve açıklık oranının artması ile de ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısının arttığı görülmektedir. Açıklık oranının artması ile ısı transferinin arttığı görülmektedir.



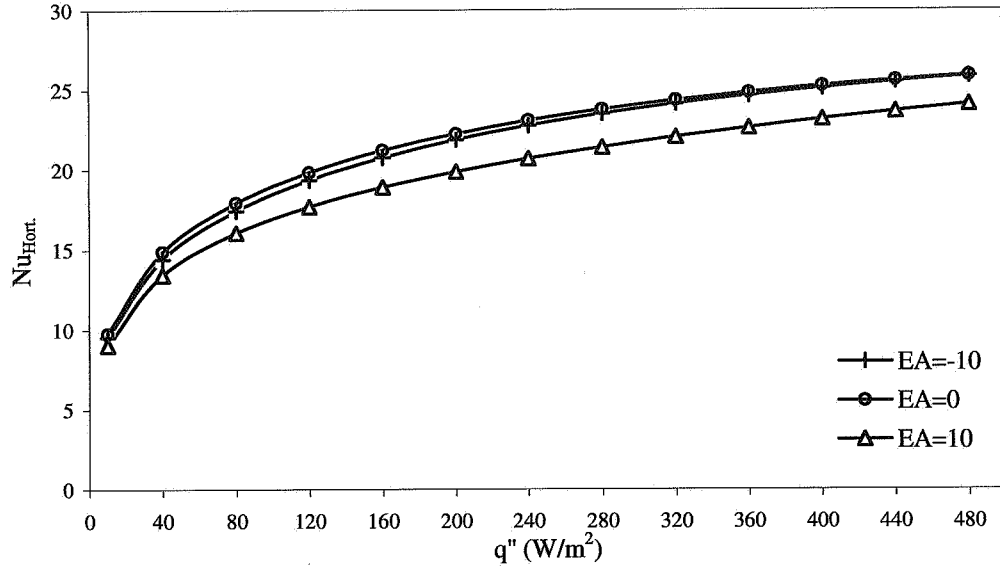
Şekil 5.7. GO=1 ve AO=0,25'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta=-10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$, AK=Üstten)



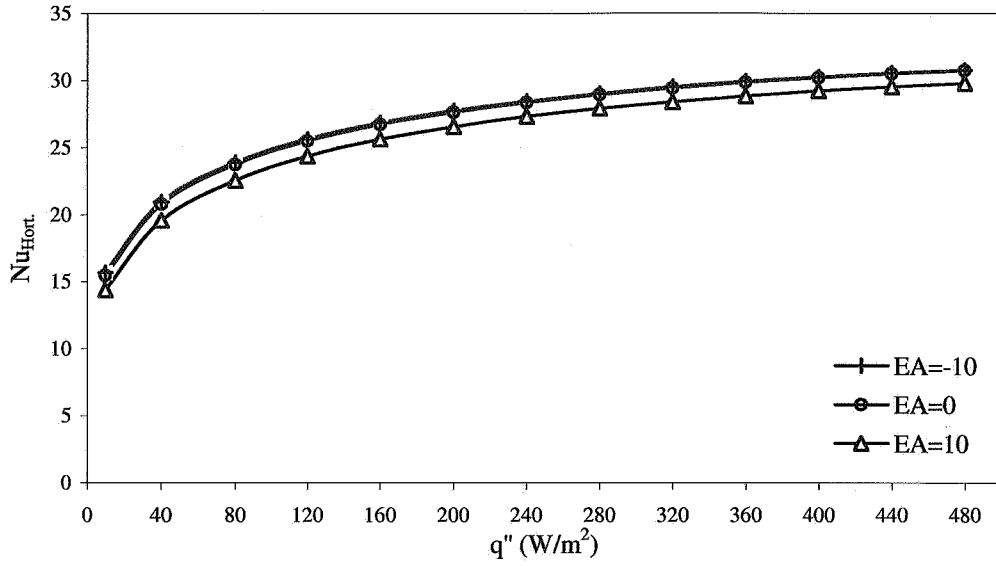
Şekil 5.8. GO=1 ve AO=0,50'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta=-10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$, AK=Üstten)



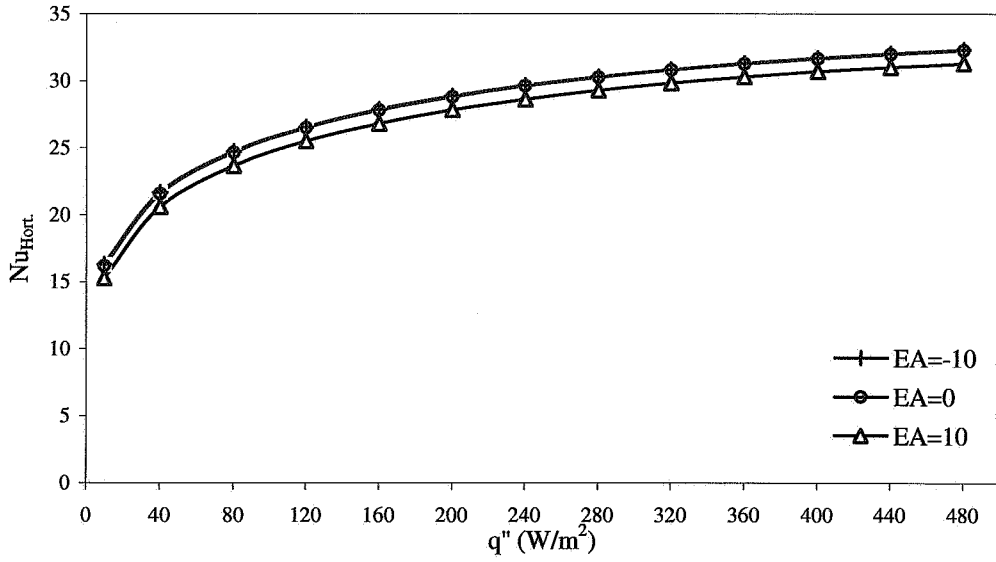
Şekil 5.9. $\text{GO}=1$ ve $\text{AO}=0.75$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta=-10^{\circ}, 0^{\circ}, 10^{\circ}$, $\text{AK}=\text{Üstten}$)



Şekil 5.10. $\text{GO}=1$ ve $\text{AO}=0.25$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta=-10^{\circ}, 0^{\circ}, 10^{\circ}$, $\text{AK}=\text{Üstten}$)



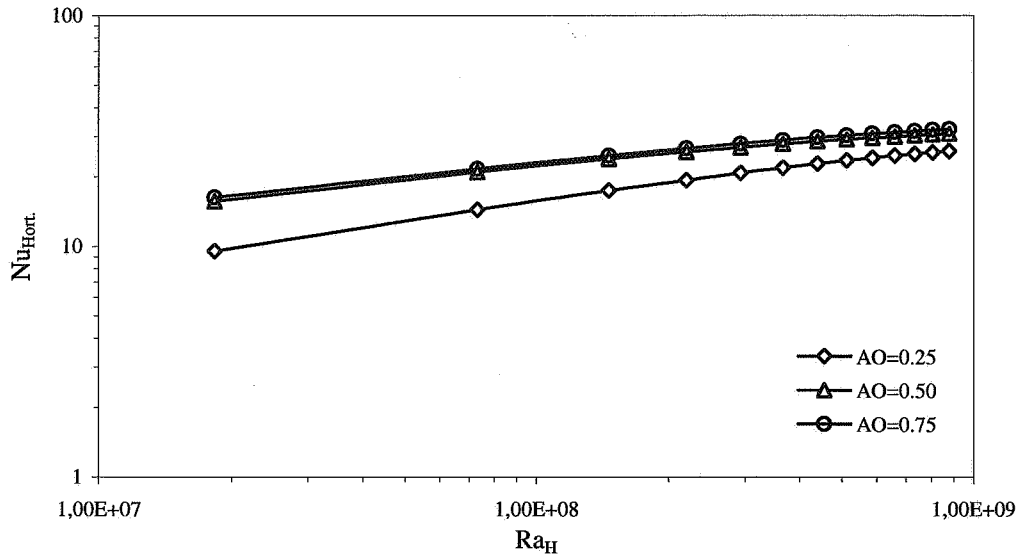
Şekil 5.11. GO=1 ve AO=0,50'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta = -10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$, AK=Üstten)



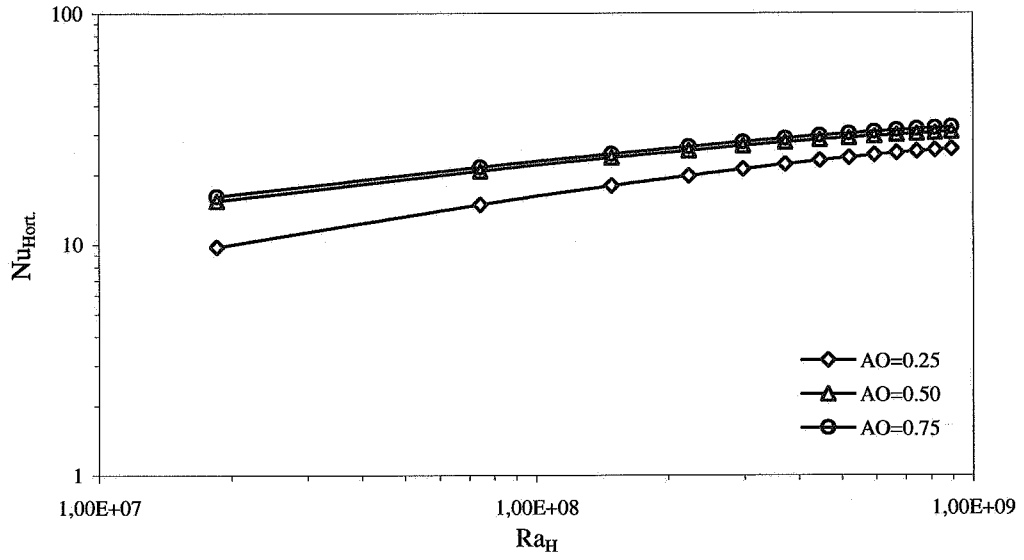
Şekil 5.12. GO=1 ve AO=0,75'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta = -10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$, AK=Üstten)

Şekil 5.13, Şekil 5.14 ve Şekil 5.15'de ise GO=1'de ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısının ($Nu_{H,ort.}$) Rayleigh sayısına ($1,83 \cdot 10^7 \leq Ra_H \leq 8,785 \cdot 10^8$) göre, açıklık oranlarına (AO=0,25 , AO=0,50 ve AO=0,75) bağlı değişimleri görülmektedir. Tüm şekiller incelendiği zaman, Rayleigh sayısının artması ile ortalama boyutsuz ısı

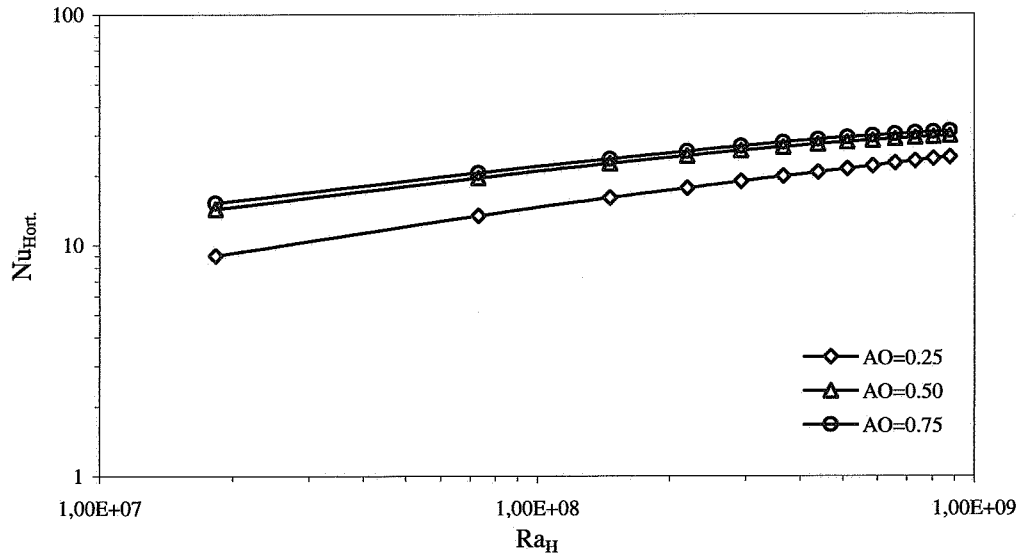
transfer katsayısının ($Nu_{H,ort.}$) sürekli bir şekilde arttığı görülmektedir. Aynı Rayleigh sayıları için açıklık oranının artmasıyla, ortalama Nusselt sayısı değerinin arttığı görülmektedir. Açıklık oranın 0,50 ve 0,75 olduğu durumlarda ortalama Nusselt sayısı ($Nu_{H,ort.}$) değerlerinin, Rayleigh sayılarına (Ra_H) göre değişimleri birbirlerine oldukça yaklaştığı görülmektedir. Fakat açıklık oranın 0,25’de olduğu durumda ortalama Nusselt sayısı değerlerinin Rayleigh sayısına göre değişimi, diğer açıklık oranlarına ($AO=0,50$ ve $AO=0,75$) göre düşük olmaktadır.



Şekil 5.13. $GO=1$ ve $\theta=-10^\circ$ ’de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$, $AK=Üstten$)



Şekil 5.14. $GO=1$ ve $\theta=0^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$, $AK=\text{Üstten}$)

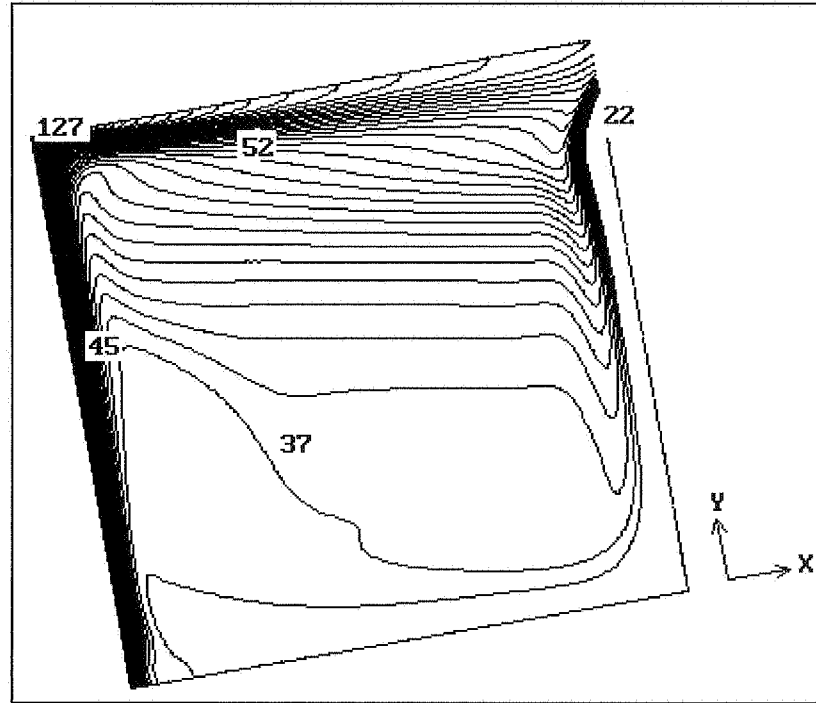


Şekil 5.15. $\theta = 10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$, $AK=\text{Üstten}$)

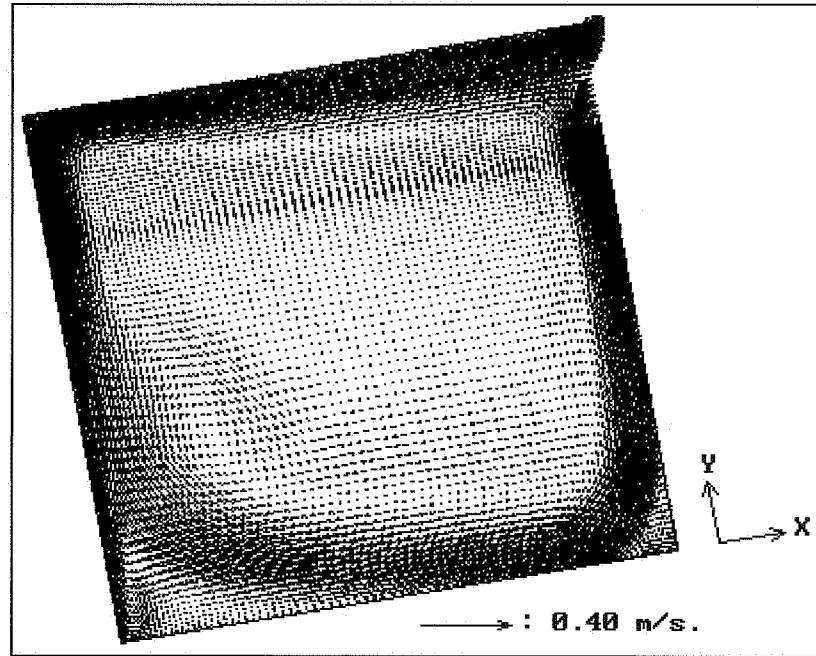
Şekil 5.16, Şekil 5.17 ve Şekil 5.18'de $GO=1$ 'de $\theta=-10^\circ$, $q''=240 \text{ W/m}^2$ 'de farklı açıklık oranlarındaki ($AO=0,25$, $AO=0,50$ ve $AO=0,75$) sıcaklık konturları ve hız vektörleri verilmiştir. Şekil 5.16.a, Şekil 5.17.a ve Şekil 5.18.a' daki sıcaklık konturları incelendiğinde, $GO=1$ 'de en yüksek sıcaklığın $AO=0,25$ 'de elde edildiği,

$AO=0,50$ ve $AO=0,75$ 'de ise maksimum sıcaklık değerlerinin eşit olduğu görülmektedir. Açıklık oranının azalması içerdeki ısınan havanın dışarı çıkışının zorlaşmasına ve içerde daha fazla durmasına ve böylece içerdeki sıcaklığın artmasına dolayısıyla ısı transferinin düşmesine neden olduğu görülmektedir. Yani açıklık oranının azalması sonucunda, ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısının ($Nu_{H,ort.}$) düştüğü görülmektedir. Bununla birlikte açıklık oranının artması ile ısınan havanın çıkışının daha iyi olması ve taze havanın içeri girişinin artması ile sürekli bir taze hava giriş çıkışı olmakta böylece içerdeki sirkülasyonunun arttığı ve buna bağlı olarak ısı transferinin arttığı görülmektedir.

Buradan şu sonuca varılmaktadır. Açıklık oranının azalması ile ısınan havanın içeride daha çok kalması ile dışarıya çıkışı zorlaşmakta ve taze havanın içeriye girmesinde de gecikmeye neden olmakta dolayısıyla içerdeki ısının artmasına ve ısı transferinin düşmesine neden olmaktadır. Açıklık oranının artması ile de ısınan havanın dışarı çıkışının ve taze hava girişinin rahat bir şekilde oluşması ile ısı transferinin arttığı ve soğumanın daha iyi olduğu görülmektedir.

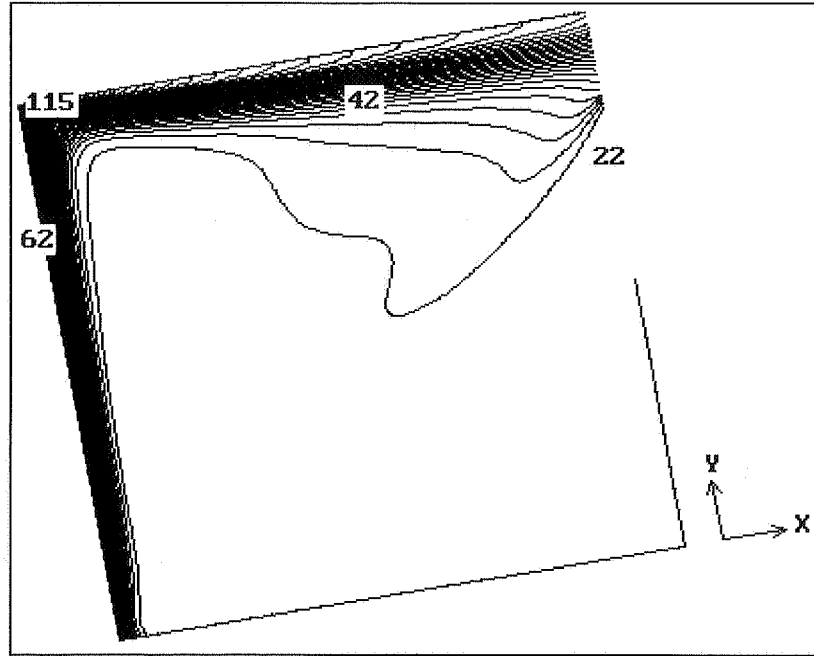


(a)

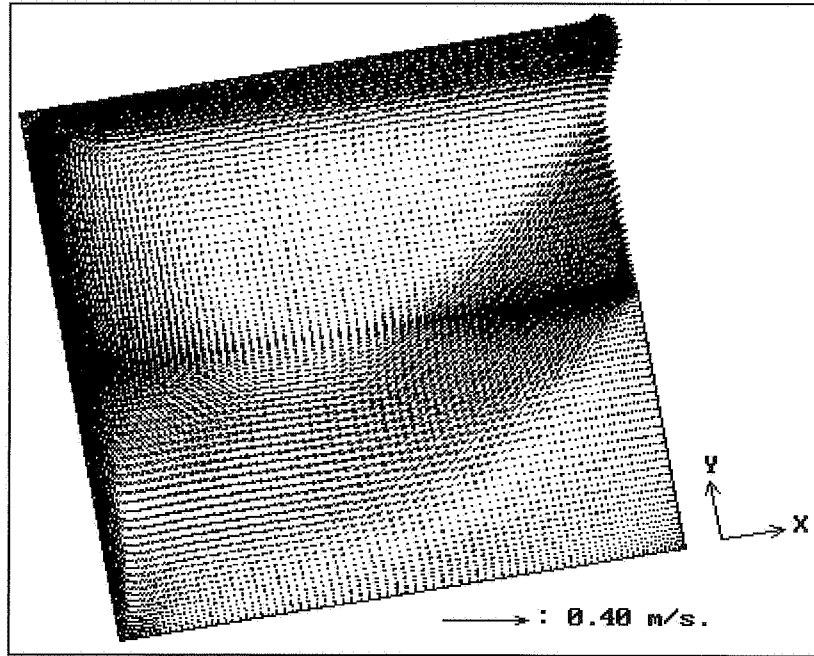


(b)

Şekil 5.16. Üstten açık konumda $GO=1$ 'de $\theta=-10^\circ$, $q''=240 \text{ W/m}^2$, $AO=0,25$ için:
a) Sıcaklık konturları, b) Hız vektörleri

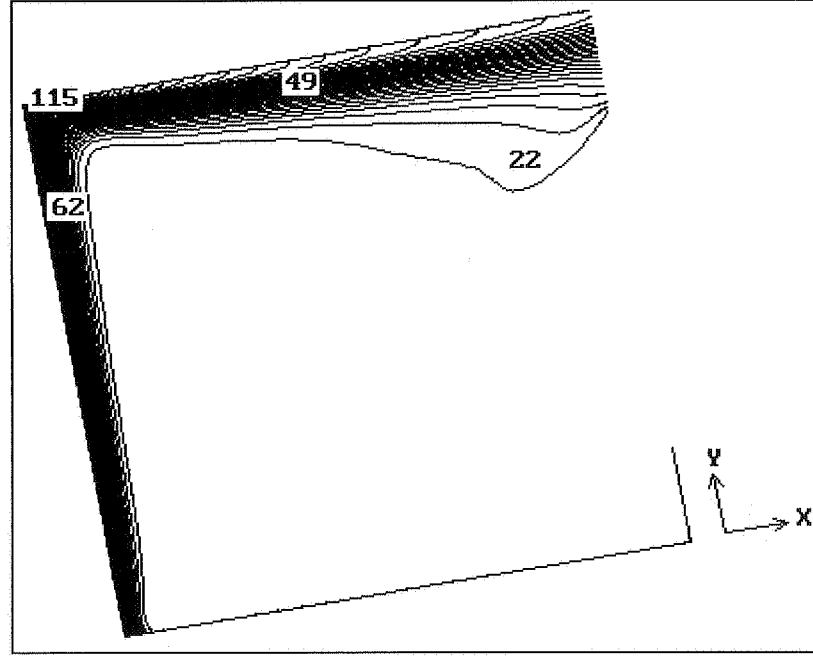


(a)

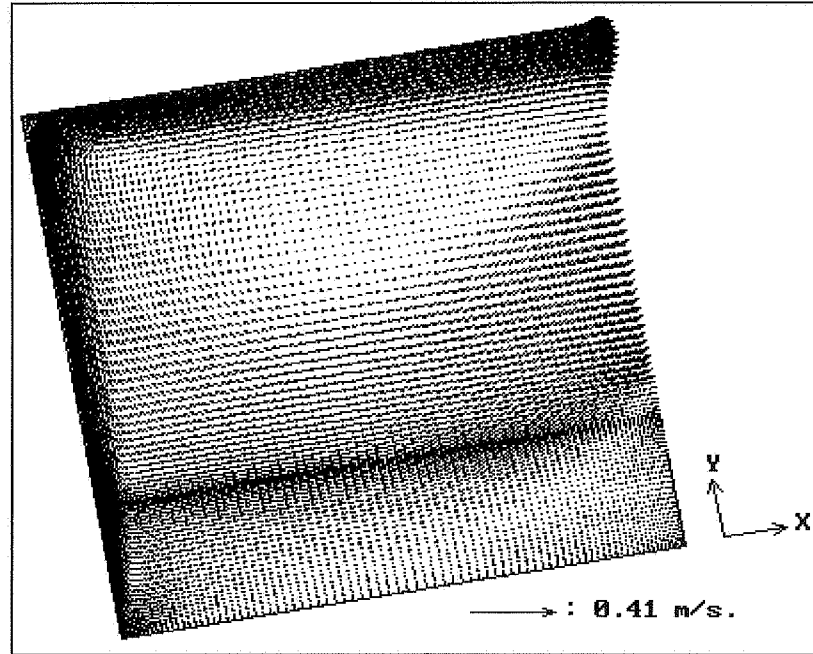


(b)

Şekil 5.17. Üstten açık konumda $GO=1$ 'de $\theta=-10^\circ$, $q''=240 \text{ W/m}^2$, $AO=0,50$ için:
a) Sıcaklık konturları, b) Hız vektörleri



(a)



(b)

Şekil 5.18. Üstten açık konumda $GO=1$ 'de $\theta=-10^\circ$, $q''=240 \text{ W/m}^2$, $AO=0,75$ için:
a) Sıcaklık konturları, b) Hız vektörleri

5.2. Üstten Açık Konumda $H/W=0,75$ 'deki Parametrik Çalışmalar

Geometrik oran ($GO=H/W$) 0,75'de üstten açık konumda, açıklık oranının ($AO=0,25$, $AO=0,50$ ve $AO=0,75$) ve eğim açısının ($\theta=-10^\circ$, $\theta=0^\circ$, $\theta=10^\circ$) farklı ısı akılarında ($q''=10-240 \text{ W/m}^2$), $H=0,1113 \text{ m}$ yükseklikte ve $W=0,1485 \text{ m}$ genişlikteki geometride ısı transferine etkileri incelenmiştir. Elde edilen ortalama yüzey sıcaklığı değerlerinin (T_w) ısı akılarına göre değişimleri ve ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısının ($Nu_{H,ort.}$), Rayleigh sayısı ($5,86.10^6 \leq Ra_H \leq 2,81.10^8$ ve $5,78.10^6 \leq Ra_H \leq 2,77.10^8$) ve farklı ısı akılarındaki değişimleri grafiklerle, sıcaklık konturları ve hız vektörleri ile beraber detaylı bir şekilde incelenmiştir. Ayrıca elde edilen ortalama yüzey sıcaklığı (T_w) ve ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı ($Nu_{H,ort.}$) sonuçları; Çizelge 5.4, Çizelge 5.5 ve Çizelge 5.6'de verilmiştir.

Çizelge 5.4. Üstten açık konumda $GO=0,75$ ve $\theta=-10^\circ$ 'de elde edilen sonuçlar

Eğim Açısı $\theta = -10^\circ$	Prandtl Sayısı $Pr = 0,708$	Geometrik Oran $H/W = 0,75$	Açıklık Konumu (AO) Üstten Açık				
Isı Akısı (q'') [W/m^2]	Rayleigh Sayısı (Ra_H)	Ort. Yüzey Sıcaklığı (T_w) [$^\circ\text{C}$]			Ort. Nusselt Sayısı ($Nu_{H,ort.}$)		
		Açıklık Oranı (AO)			Açıklık Oranı (AO)		
		0,25	0,50	0,75	0,25	0,50	0,75
10	$5,78.10^6$	26,99	25,68	25,57	8,61	11,67	12,03
40	$2,31.10^7$	35,21	32,75	32,66	13,01	15,98	16,12
80	$4,62.10^7$	43,92	40,66	40,63	15,68	18,42	18,44
120	$6,93.10^7$	51,72	47,93	47,96	17,34	19,88	19,86
160	$9,24.10^7$	59,05	54,86	54,95	18,55	20,91	20,86
200	$1,16.10^8$	66,09	61,58	61,73	19,48	21,70	21,62
240	$1,39.10^8$	72,92	68,17	68,37	20,24	22,33	22,23
280	$1,62.10^8$	79,59	74,66	74,92	20,88	22,84	22,73
320	$1,85.10^8$	86,19	81,07	81,40	21,41	23,27	23,14
360	$2,08.10^8$	92,71	87,44	87,84	21,87	23,63	23,49
400	$2,31.10^8$	99,18	93,78	94,25	22,26	23,94	23,78
440	$2,54.10^8$	105,61	100,10	100,63	22,60	24,20	24,04
480	$2,77.10^8$	112,05	106,40	107,02	22,90	24,43	24,25

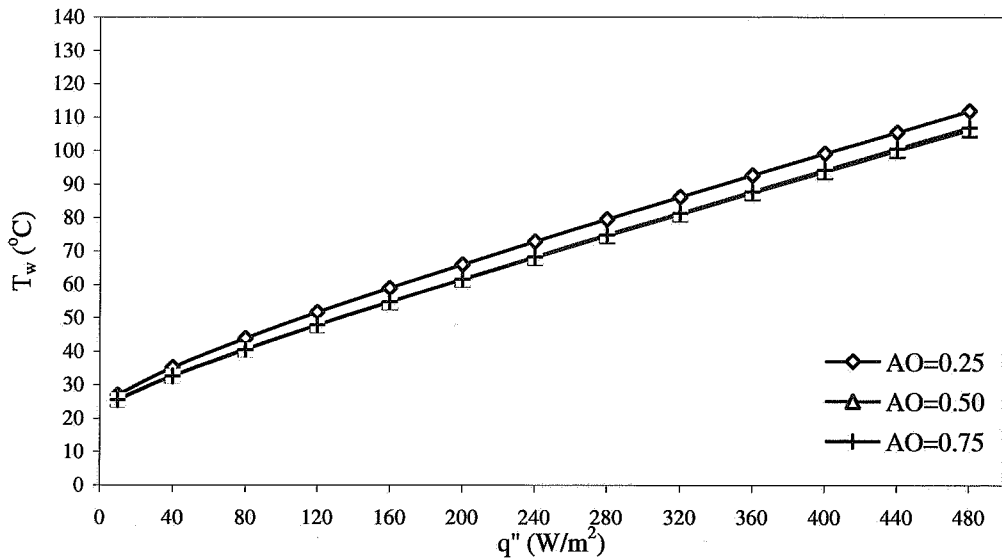
Çizelge 5.5. Üstten açık konumda $GO=0,75$ ve $\theta=0^\circ$ 'de elde edilen sonuçlar

Eğim Açısı $\theta = 0^\circ$	Prandtl Sayısı $Pr = 0,708$	Geometrik Oran $H/W = 0,75$	Açıklık Konumu (AO) Üstten Açık				
Isı Akısı (q'') [W/m ²]	Rayleigh Sayısı (Ra_H)	Ort. Yüzey Sıcaklığı (T_w) [°C]			Ort. Nusselt Sayısı ($Nu_{H,ort.}$)		
		Açıklık Oranı (AO)			Açıklık Oranı (AO)		
		0,25	0,50	0,75	0,25	0,50	0,75
10	$5,86 \cdot 10^6$	26,90	25,73	25,61	8,77	11,52	11,90
40	$2,35 \cdot 10^7$	34,92	32,86	32,74	13,30	15,82	16,00
80	$4,69 \cdot 10^7$	43,50	40,82	40,73	15,98	18,26	18,35
120	$7,04 \cdot 10^7$	51,22	48,12	48,08	17,64	19,73	19,76
160	$9,38 \cdot 10^7$	58,50	55,07	55,08	18,83	20,78	20,78
200	$1,17 \cdot 10^8$	65,52	61,81	61,87	19,74	21,58	21,55
240	$1,41 \cdot 10^8$	72,35	68,40	68,52	20,47	22,22	22,16
280	$1,64 \cdot 10^8$	79,06	74,90	75,08	21,08	22,74	22,66
320	$1,88 \cdot 10^8$	85,69	81,34	81,57	21,58	23,16	23,07
360	$2,11 \cdot 10^8$	92,25	87,73	88,02	22,01	23,53	23,42
400	$2,35 \cdot 10^8$	98,77	94,08	94,44	22,38	23,84	23,72
440	$2,58 \cdot 10^8$	105,26	100,42	100,84	22,70	24,10	23,97
480	$2,81 \cdot 10^8$	111,73	106,74	107,23	22,98	24,33	24,19

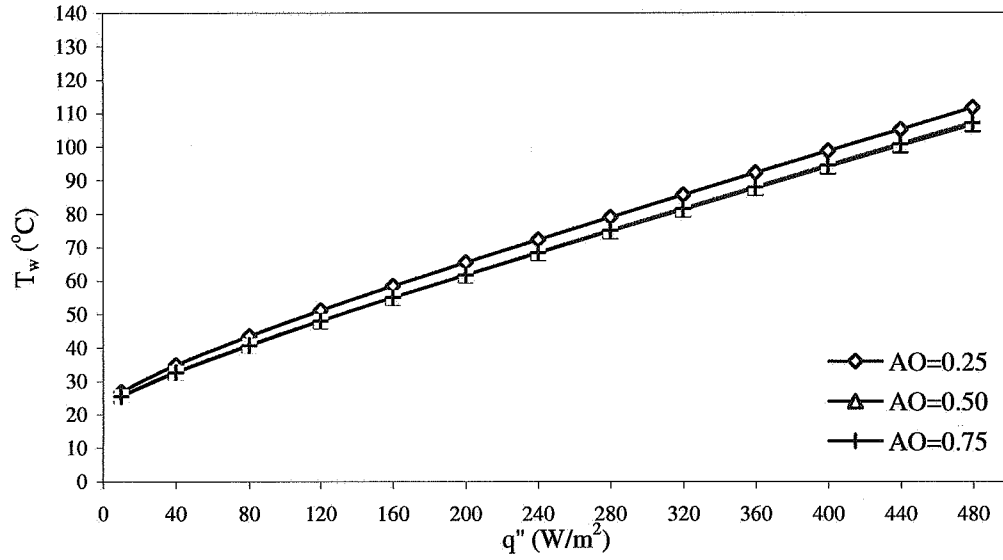
Çizelge 5.6. Üstten açık konumda $GO=0,75$ ve $\theta=10^\circ$ 'de elde edilen sonuçlar

Eğim Açısı $\theta = 10^\circ$	Prandtl Sayısı $Pr = 0,708$	Geometrik Oran $H/W = 0,75$	Açıklık Konumu (AO) Üstten Açık				
Isı Akısı (q'') [W/m ²]	Rayleigh Sayısı (Ra_H)	Ort. Yüzey Sıcaklığı (T_w) [°C]			Ort. Nusselt Sayısı ($Nu_{H,ort.}$)		
		Açıklık Oranı (AO)			Açıklık Oranı (AO)		
		0,25	0,50	0,75	0,25	0,50	0,75
10	$5,78 \cdot 10^6$	27,46	26,27	26,14	7,87	10,06	10,38
40	$2,31 \cdot 10^7$	36,84	34,55	34,35	11,58	13,69	13,91
80	$4,62 \cdot 10^7$	47,07	43,84	43,63	13,71	15,73	15,89
120	$6,93 \cdot 10^7$	56,38	52,37	52,16	14,99	16,97	17,09
160	$9,24 \cdot 10^7$	65,24	60,49	60,28	15,89	17,86	17,95
200	$1,16 \cdot 10^8$	73,81	68,32	68,11	16,58	18,55	18,63
240	$1,39 \cdot 10^8$	82,18	75,93	75,73	17,13	19,12	19,19
280	$1,62 \cdot 10^8$	90,45	83,36	83,20	17,57	19,60	19,65
320	$1,85 \cdot 10^8$	98,59	90,59	90,52	17,95	20,04	20,06
360	$2,08 \cdot 10^8$	106,66	97,72	97,71	18,26	20,42	20,42
400	$2,31 \cdot 10^8$	114,63	104,77	104,80	18,55	20,76	20,75
440	$2,54 \cdot 10^8$	122,65	111,69	111,76	18,78	21,07	21,06
480	$2,77 \cdot 10^8$	130,60	118,52	118,63	18,98	21,36	21,34

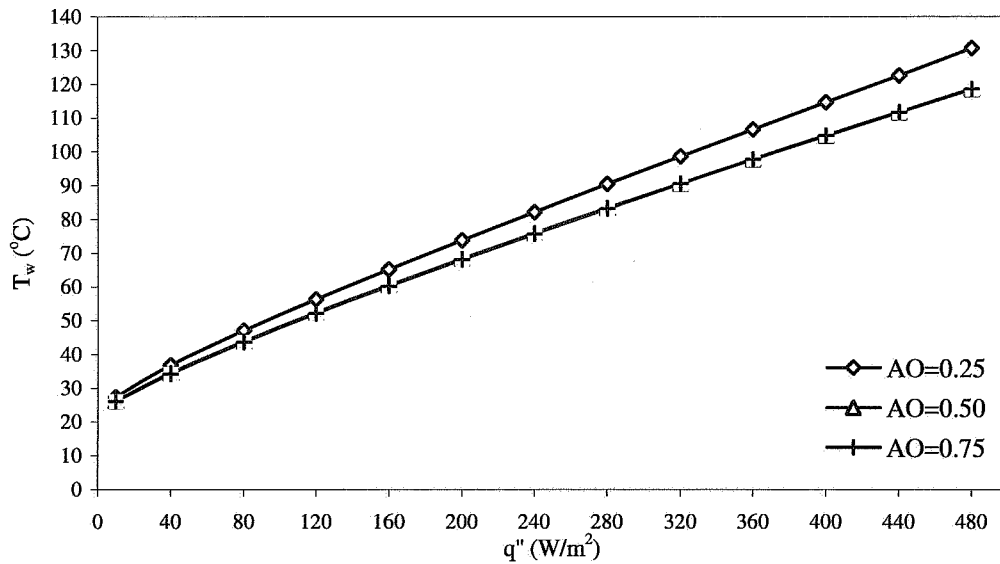
Şekil 5.19, Şekil 5.20 ve Şekil 5.21’de; $GO=H/W=0,75$ ’de, üç farklı eğim açısında, açıklık oranlarına göre $10-480 \text{ W/m}^2$ ısı akısı aralıklarında ortalama yüzey sıcaklığı (T_w) eğrileri verilmiştir. Şekillere bakıldığında ısı akısının artmasıyla ortalama yüzey sıcaklığının arttığı görülmektedir. $GO=0,75$ ’de, 0,25 açıklık oranında eğim açısının artması ile ortalama yüzey sıcaklıklarının arttığı, açıklık oranı 0,50 ve 0,75’de ise eğim açısının artması ile ortalama yüzey sıcaklığındaki artışın açıklık oranı 0,25’e göre düşük olduğu görülmektedir. Dikkat edilirse eğim açısı -10° ’de elde edilen maksimum ortalama sıcaklık değeri 0,25 açıklık oranında 110°C ’ye yakınken, eğim açısı 10° ’de aynı açıklık oranında maksimum ortalama yüzey sıcaklığı değeri yaklaşık 130°C ’ye çıktığı görülmektedir. Açıklık oranının artması ve eğim açısının azalması ile ortalama yüzey sıcaklığı değerlerinin düştüğü, açıklık oranının azalması ve eğim açısının artması ile ortalama yüzey sıcaklığı (T_w), değerlerinin arttığı görülmektedir.



Şekil 5.19. $\theta=-10^\circ$ ’de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$ ve $GO=0,75$, $AK=\text{Üstten}$)



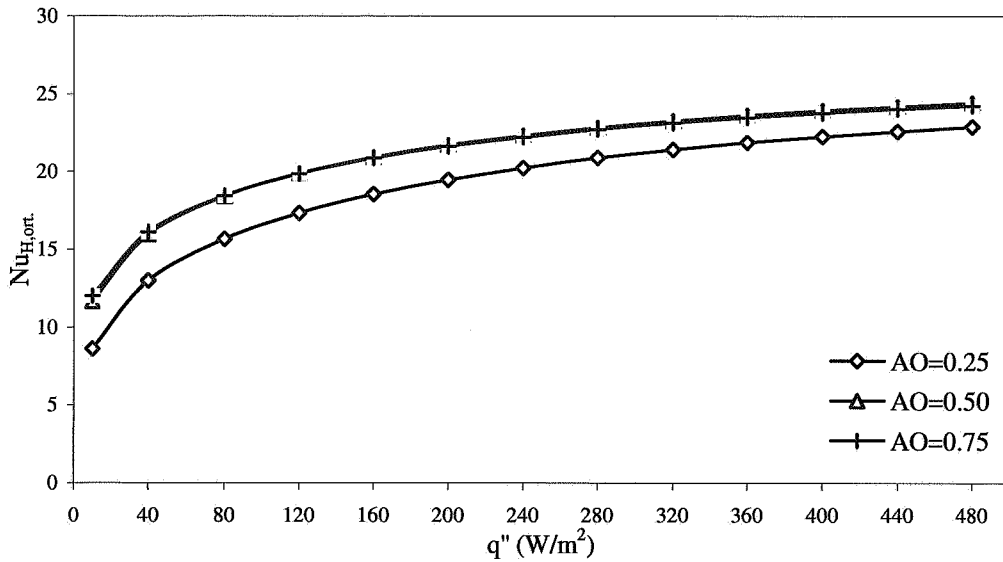
Şekil 5.20. $\theta=0^\circ$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi (AO=0,25-0,50-0,75 ve GO=0,75 , AK=Üstten)



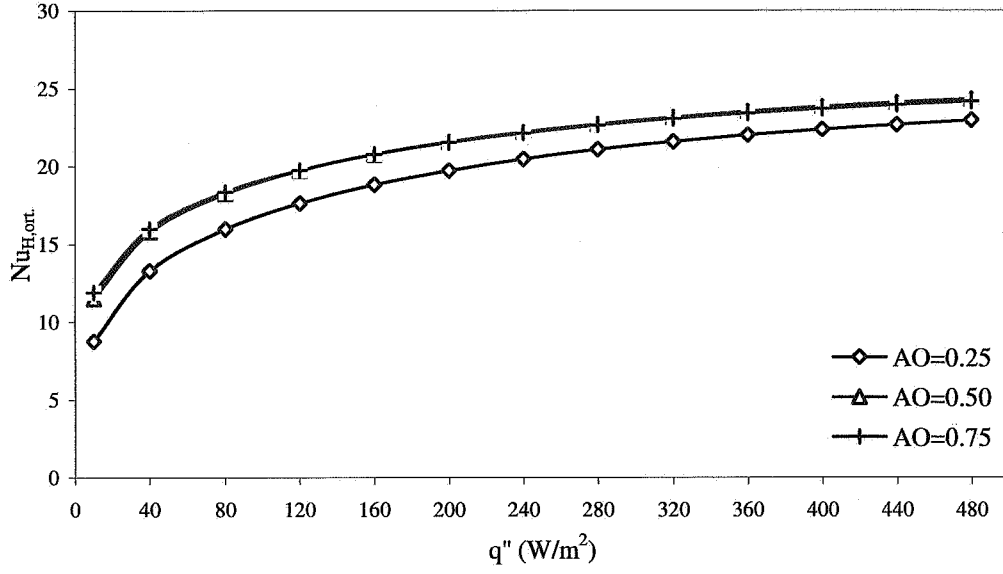
Şekil 5.21. $\theta=10^\circ$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi (AO=0,25-0,50-0,75 ve GO=0,75 , AK=Üstten)

Şekil 5.22, Şekil 5.23 ve Şekil 5.24'de ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısının ($Nu_{H,ort.}$) açıklık oranına ve eğim açısına göre değişimleri görülmektedir. Şekiller incelendiğinde ısı akısının artması ile ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı değerlerinin arttığı ve giderek sabitleştiği görülmektedir. Ayrıca, AO=0,25'de eğim

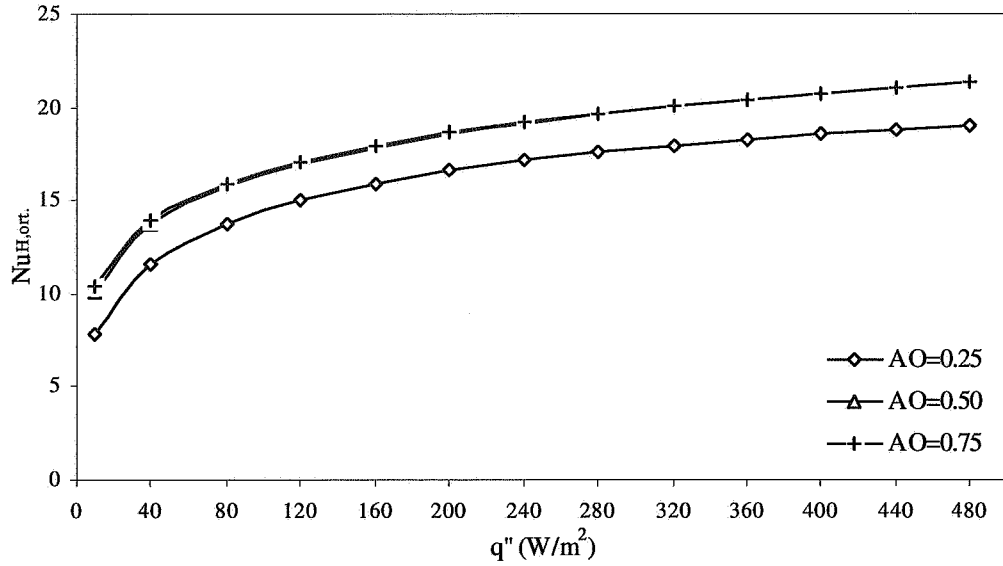
açısının artması ile ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısının düştüğü böylelikle ısı transferinin açıklık oranına da bağlı olarak düştüğü görülmektedir. Açıklık oranının artması ile boyutsuz ısı transfer katsayısının arttığı ve buna bağlı olarak ısı transferinin arttığı görülmektedir. Şekiller incelendiğinde $AO=0,50$ ve $AO=0,75$ 'de ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısının eğim açısının artmasıyla birbirine yaklaştığı hatta aynı değerlerde olduğu görülmektedir. Ayrıca $AO=0,25$ 'de ısı akısının artması sonucu eğim açısının -10° ve 0° 'de olduğu durumlarda boyutsuz ısı transfer katsayısının giderek $AO=0,50$ ve $AO=0,75$ 'deki değerlerine yaklaştığı, fakat eğim açısı 10° olduğunda giderek uzaklaştığı görülmektedir. Yani eğim açısının arttığı ve açıklık oranının azaldığı durumda ($\theta=10^\circ$ ve $AO=0,25$) ortalama ısı transfer katsayısının düştüğü, buna bağlı olarak da ısı akışının zorlaştığı ve de ısı transferinin düşmesine neden olduğu görülmektedir.



Şekil 5.22. $\theta=-10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$ ve $GO=0,75$, $AK=\text{Üstten}$)



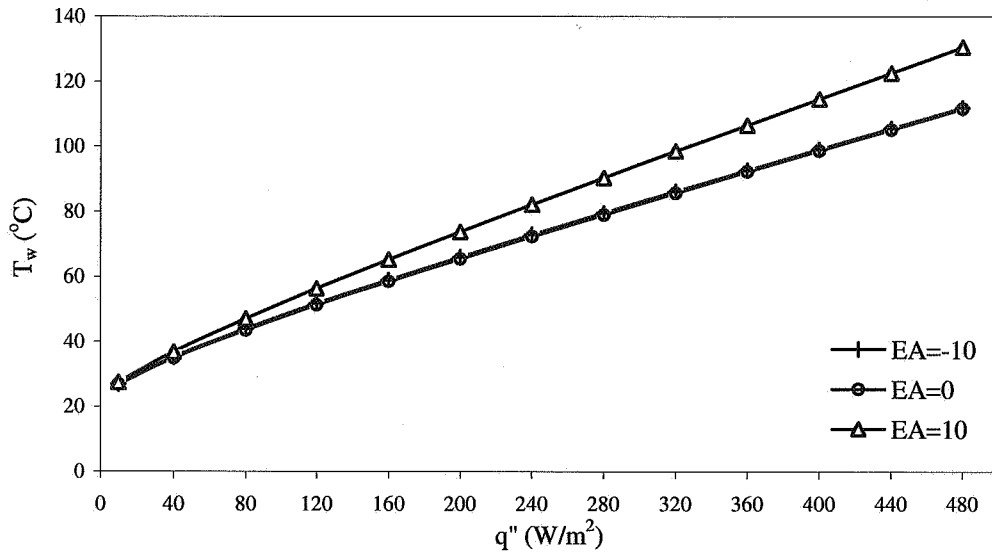
Şekil 5.23. $\theta=0^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi (AO=0,25-0,50-0,75 ve GO=0,75 , AK=Üstten)



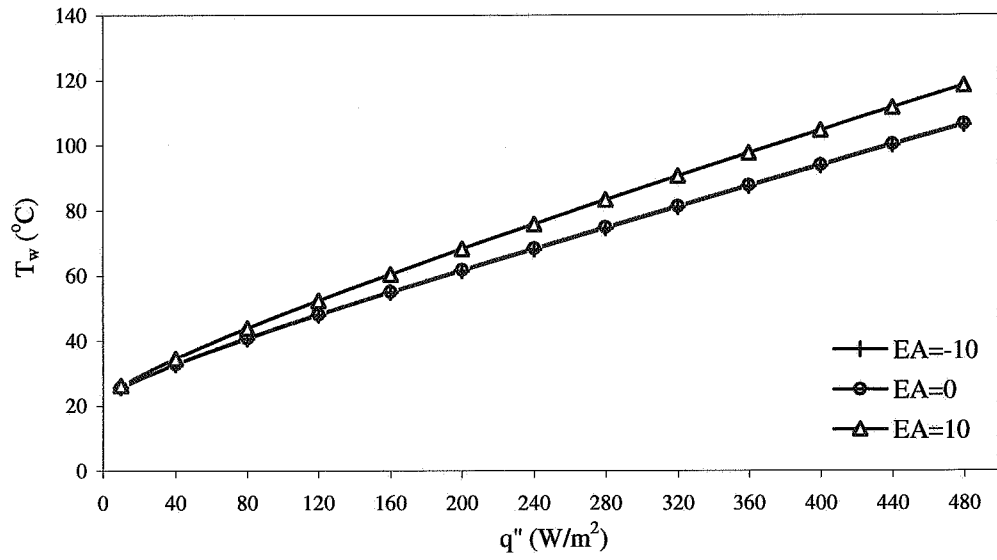
Şekil 5.24. $\theta=10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi (AO=0,25-0,50-0,75 ve GO=0,75 , AK=Üstten)

Şekil 5.25, Şekil 5.26 ve Şekil 5.27'de 0,25 , 0,50 ve 0,75 açıklık oranlarında eğim açılarına bağlı elde edilen ortalama yüzey sıcaklığı değerleri görülmektedir. Grafikler incelendiğinde eğim açısının artması ile ortalama yüzey sıcaklığının arttığı bununla birlikte en çok artışın 0,25 açıklık oranında olduğu görülmektedir. Ayrıca Şekil 5.28,

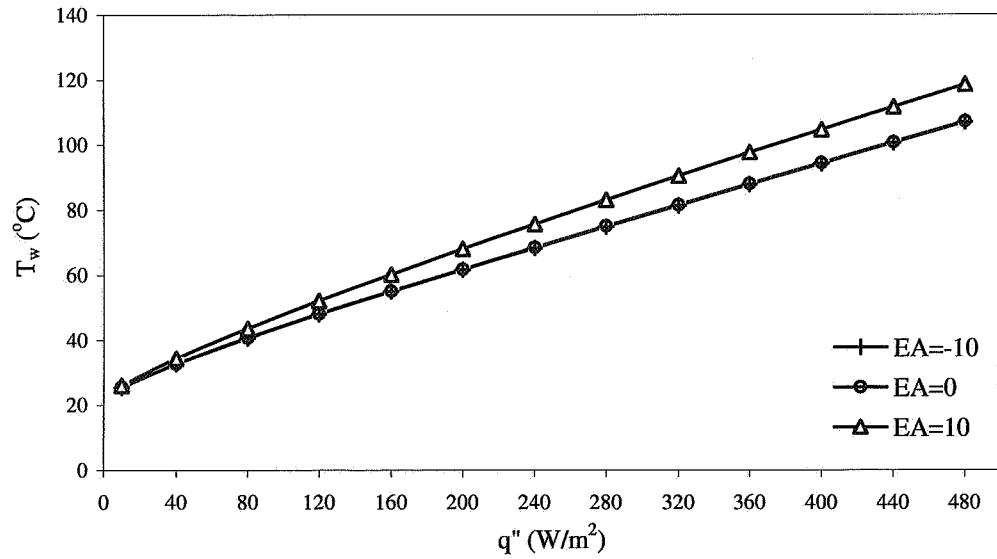
Şekil 5.29 ve Şekil 5.30'da ortalama boyutsuz ısı iletim katsayısı ($Nu_{H,ort.}$) eğrileri görülmektedir. Dikkat edilirse burada da eğim açısının -10° ve 0° olduğu durumlarda boyutsuz ısı transferi katsayısının, eğim açısı 10° 'deki boyutsuz ısı transferi katsayısından yüksektir, buna bağlı olarak ısı transferi de iyidir. Eğim açısının 10° 'de olduğu durumlarda ısı transferindeki düşüşün nedeni ısınan havanın açık ağızdan dışarı çıkışı zorlaşmakta ve bununla birlikte taze hava girişinin de azalmasıyla ısı transferi azalmaktadır.



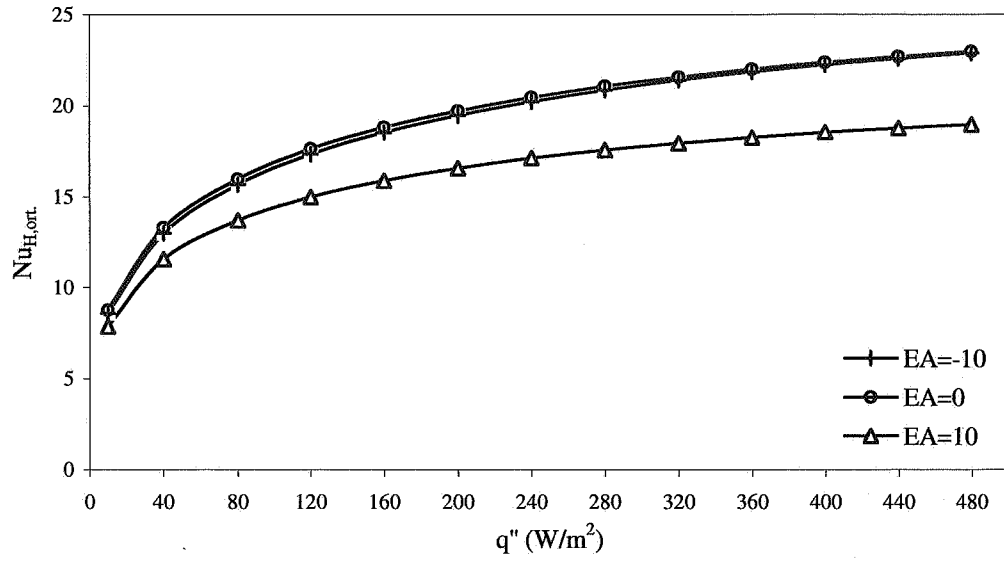
Şekil 5.25. $AO=0,25$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta=-10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$ ve $GO=0,75$, $AK=\text{Üstten}$)



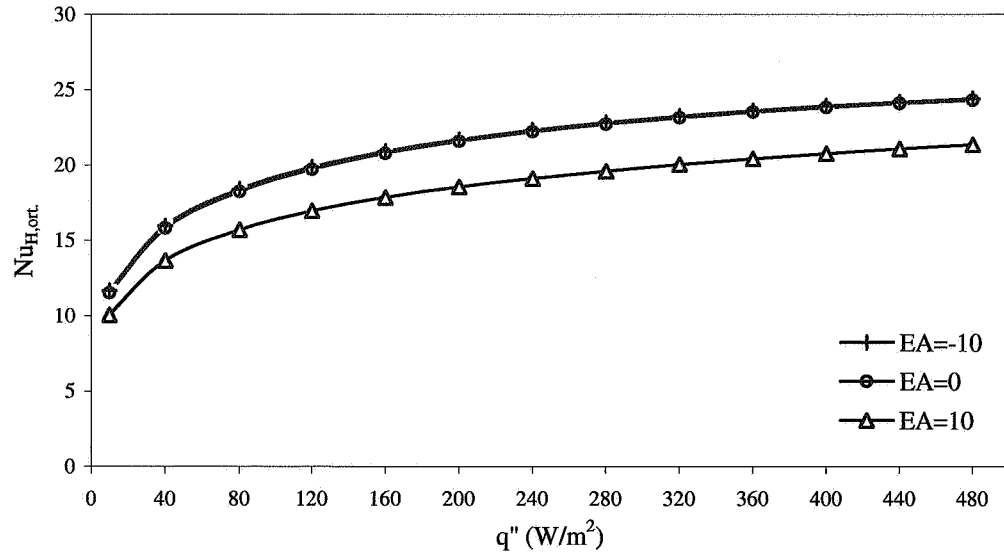
Şekil 5.26. AO=0,50'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta=-10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$ ve GO=0,75 , AK=Üstten)



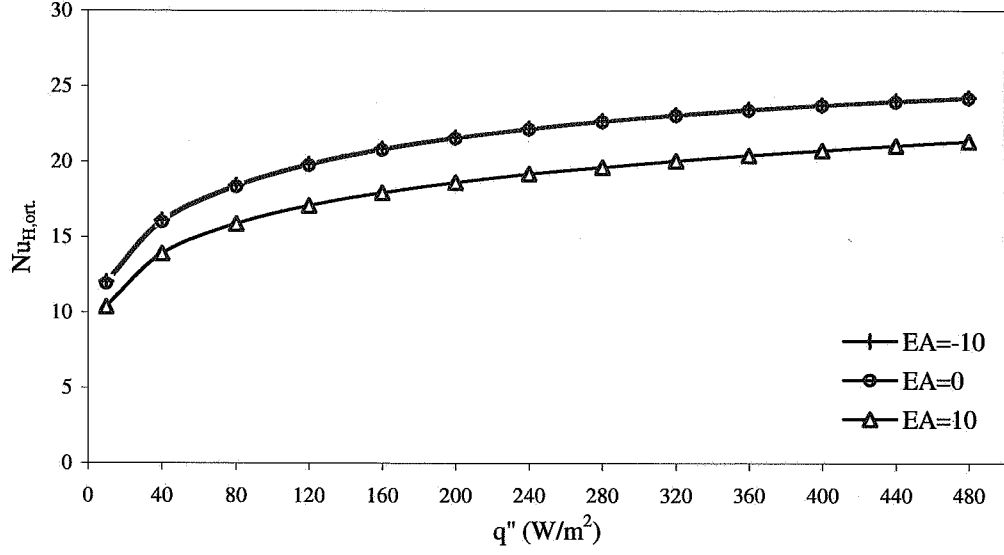
Şekil 5.27. AO=0,75'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta=-10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$ ve GO=0,75 , AK=Üstten)



Şekil 5.28. AO=0,25'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta=-10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$ ve GO=0,75 , AK=Üstten)

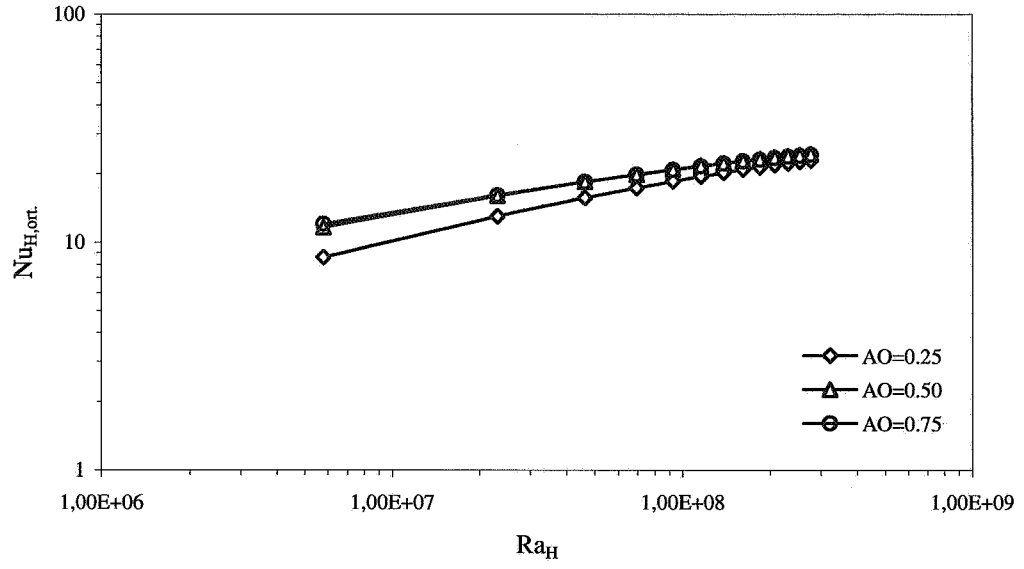


Şekil 5.29. AO=0,50'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta=-10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$ ve GO=0,75 , AK=Üstten)

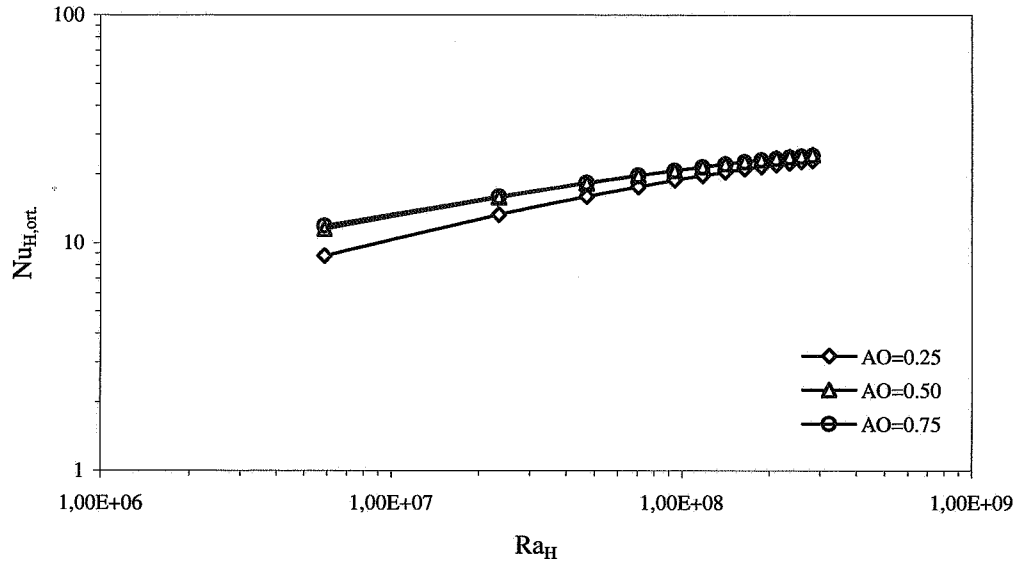


Şekil 5.30. AO=0,75'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta = -10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$ ve GO=0,75 , AK=Üstten)

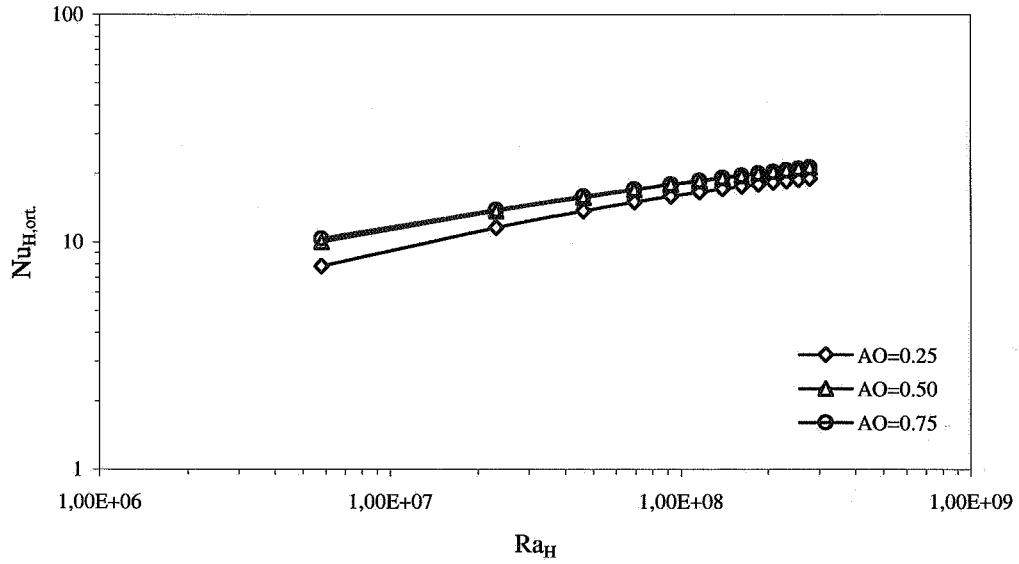
Ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısının ($Nu_{H,ort.}$), Rayleigh sayısına ($5,86.10^6 \leq Ra_H \leq 2,81.10^8$ ve $5,78.10^6 \leq Ra_H \leq 2,77.10^8$) göre değişimi; Şekil 5.31, Şekil 5.32 ve Şekil 5.33'de açıklık oranlarına bağlı değişimleri eğim açılarına ($\theta = -10^\circ$, $\theta = 0^\circ$, $\theta = 10^\circ$) göre verilmiştir. Şekillere bakıldığında Rayleigh sayısının artması ile ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı değerlerinin arttığı görülmektedir. Açıklık oranının ve Rayleigh sayısının artması ile ortalama Nusselt sayısının arttığı ve ayrıca bu artışın eğim açısının artmasına karşılıklı arttığı görülmektedir. Şekiller incelendiğinde Rayleigh sayısının maksimum değere giderken açıklık oranlarına bağlı değişimi görülen ortalama Nusselt sayısı eğrilerinin de birbirine yaklaştığı görülmektedir.



Şekil 5.31. $\theta = -10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$ ve $GO=0,75$, $AK=\text{Üstten}$)

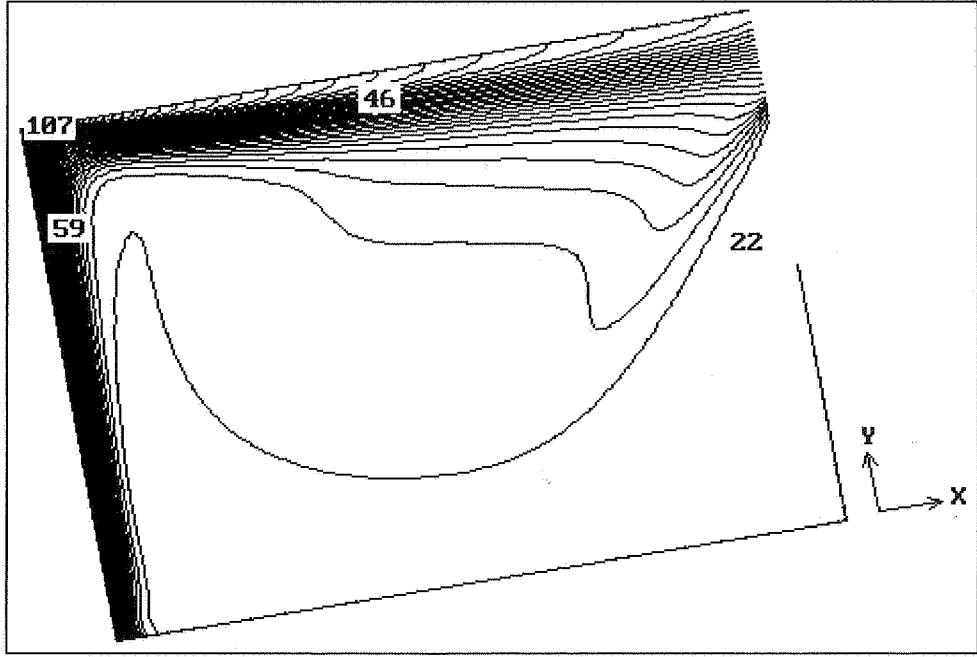


Şekil 5.32. $\theta = 0^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$ ve $GO=0,75$, $AK=\text{Üstten}$)

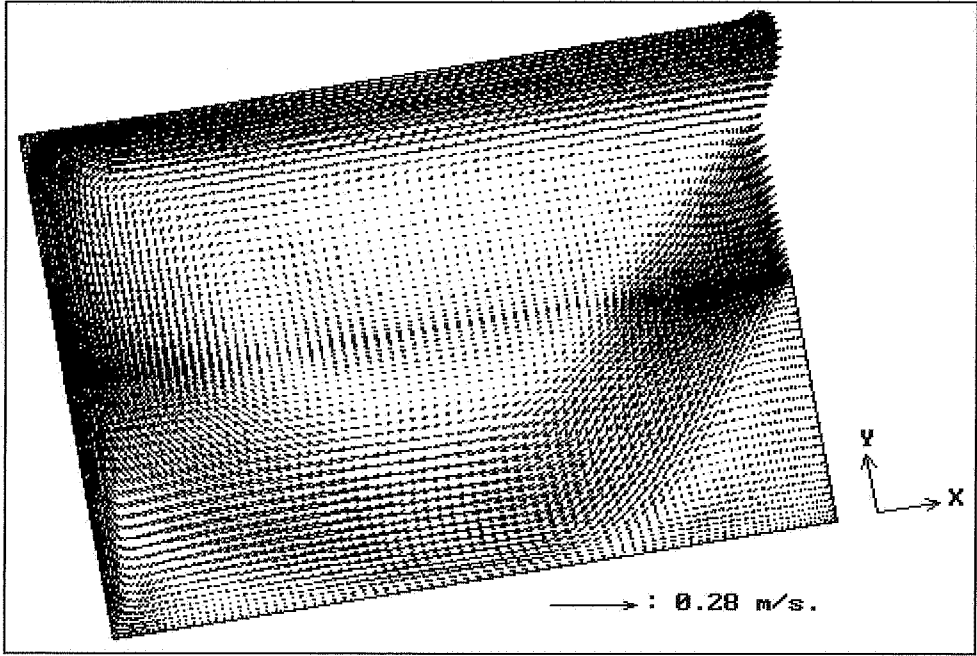


Şekil 5.33. $\theta=10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi (AO=0,25-0,50-0,75 ve GO=0,75 , AK=Üstten)

Şekil 5.34, Şekil 5.35 ve Şekil 5.36'daki sıcaklık konturları ve hız vektörleri görülmektedir. Şekil 5.34.a, Şekil 5.35.a ve Şekil 5.36.a'daki sıcaklık konturları incelendiğinde, GO=0,75'de, $q''=240 \text{ W/m}^2$, AO=0,50'de eğim açılarının ($\theta=-10^\circ$, $\theta=0^\circ$, $\theta=10^\circ$) etkileri görülmektedir. Dikkat edilirse eğim açısının artması ile sıcaklık konturlarına bakılırsa maksimum sıcaklıkların eğim açısının artması ile arttığı görülmektedir. Eğim açısının artması ile dışarıya ısınan havanın çıkışı zorlaşmaktadır ve böylece içerdeki sıcaklıkta artmaktadır ve ısı transferi azalmaktadır. Eğim açısı -10° olduğunda ısınan havanın dışarı çıkışı daha rahat olmakta çünkü ısınana havanın yoğunluğu azalmaktadır ve yükselmektedir, eğim açısının -10° 'de olması ile açık ağızdan dışarıya çıkışı daha rahat olmakta ve dışarıdan içeriye taze havanın girişinin daha kolay olması ile içerdeki sirkülasyon rahat bir şekilde gerçekleşmektedir. Böylelikle soğuma daha iyi olmakta ve ısı transferi de iyi bir şekilde gerçekleşmektedir. Eğim açısının artması ile içerdeki ısınan havanın çıkışı ve taze hava girişi zorlaşmakta ve ısınana havanın içerde daha uzun süre kalmasına neden olmaktadır ve içerdeki hava sirkülasyonunun azalması sonucunda ısı transferinin düşmesine neden olmaktadır.

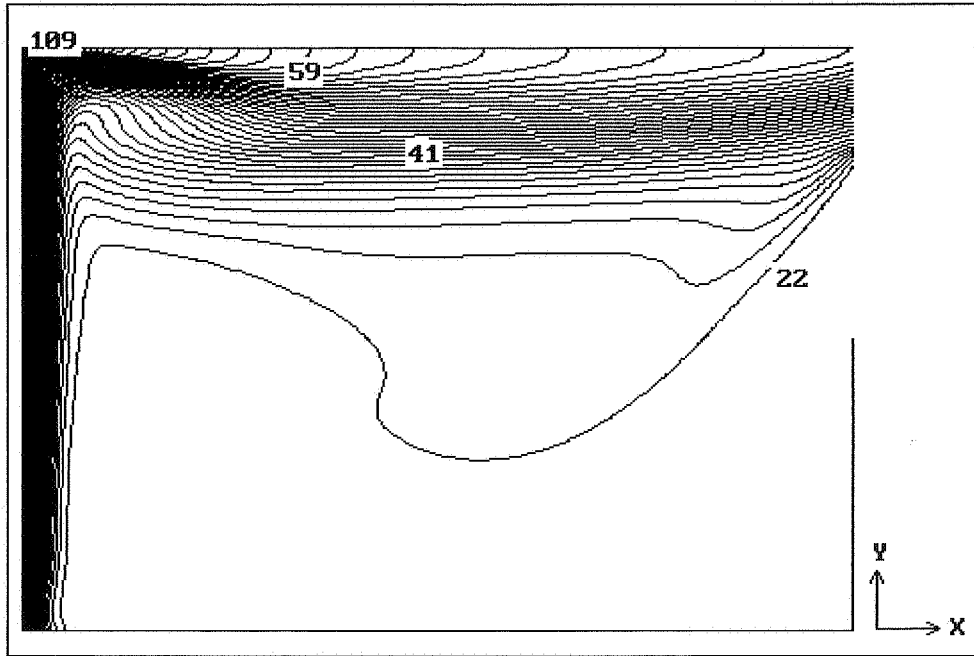


(a)

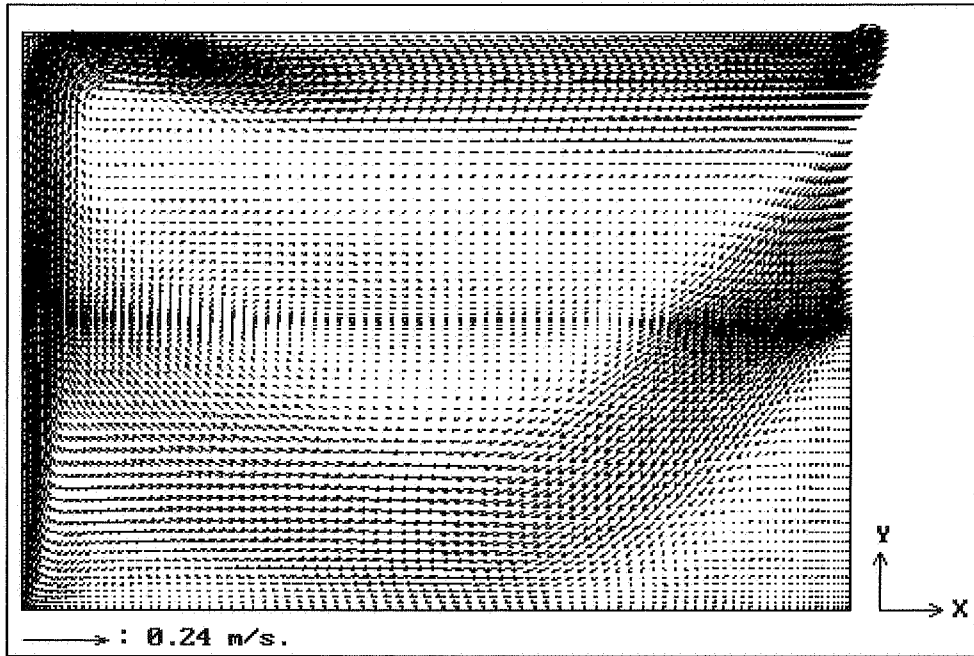


(b)

Şekil 5.34. Üstten açık konumda $\theta = -10^\circ$, $GO = 0,75$ 'de $q'' = 240 \text{ W/m}^2$, $AO = 0,50$ için:
a) Sıcaklık konturları, b) Hız vektörleri

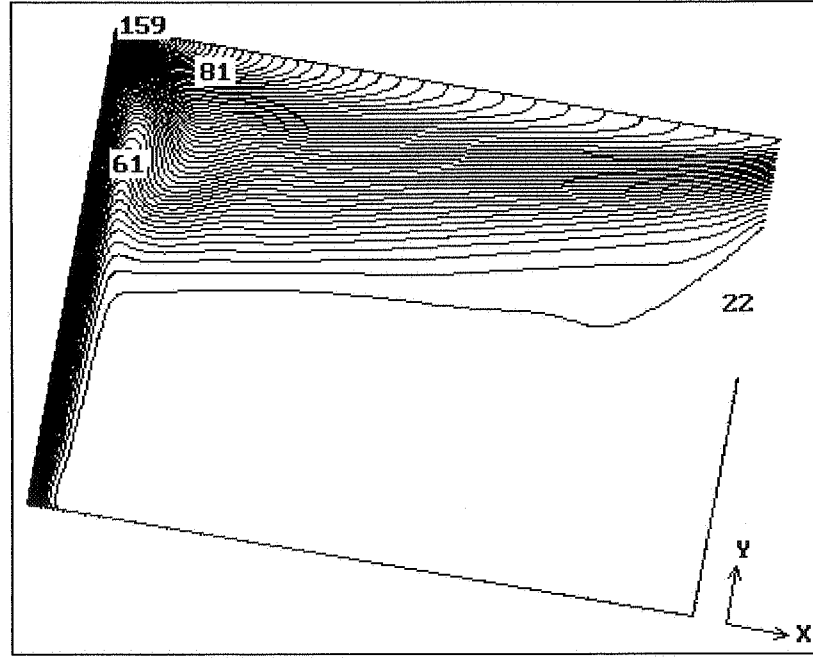


(a)

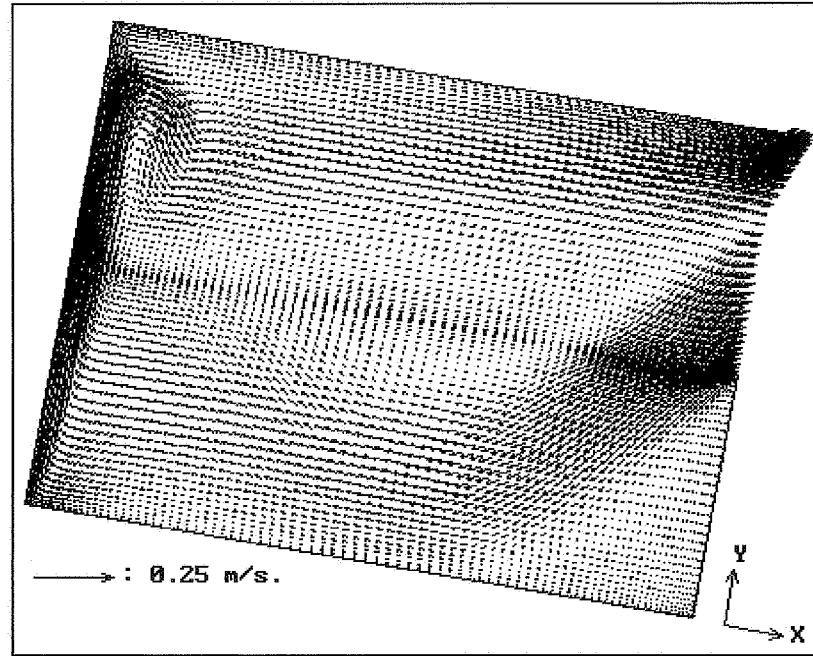


(b)

Şekil 5.35. Üstten açık konumda $\theta=0^\circ$, $GO=0,75$ 'de $q''=240 \text{ W/m}^2$, $AO=0,50$ için:
a) Sıcaklık konturları, b) Hız vektörleri



(a)



(b)

Şekil 5.36. Üstten açık konumda $\theta=10^\circ$, $GO=0,75$ 'de $q''=240 \text{ W/m}^2$, $AO=0,50$ için:
a) Sıcaklık konturları, b) Hız vektörleri

5.3. Üstten Açık Konumda $H/W=0,50$ 'deki Parametrik Çalışmalar

Bu bölümde geometrik oran 0,50'de ($H=0,07425$ m); açıklık oranı 0,25 , 0,50 ve 0,75'de, -10° , 0° ve 10° olmak üzere üç farklı eğim açısında, farklı ısı akılarında ($q''=10-480$ W/m²) elde edilen ortalama yüzey sıcaklıklarının (T_w) değişimi ve ortalama boyutsuz ısı transferi katsayısı ($Nu_{H,ort.}$) değişimleri incelenmiştir. Ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısının Rayleigh sayısına ($1,14.10^6 \leq Ra_H \leq 5,49.10^7$ ve $1,16.10^6 \leq Ra_H \leq 5,58.10^7$) göre değişimleri de incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 5.7, Çizelge 5.8 ve Çizelge 5.9'de elde edilen sonuçlar verilmiştir.

Çizelge 5.7. Üstten açık konumda $GO=0,50$ ve $\theta=-10^\circ$ 'de elde edilen sonuçlar

Eğim Açısı $\theta = -10^\circ$	Prandtl Sayısı $Pr = 0,708$	Geometrik Oran $H/W=0,50$	Açıklık Konumu (AO) Üstten Açık				
Isı Akısı (q'') [W/m ²]	Rayleigh Sayısı (Ra_H)	Ort. Yüzey Sıcaklığı (T_w) [°C]			Ort. Nusselt Sayısı ($Nu_{H,ort.}$)		
		Açıklık Oranı (AO)			Açıklık Oranı (AO)		
		0,25	0,50	0,75	0,25	0,50	0,75
10	$1,14.10^6$	28,01	25,88	25,54	4,77	7,38	8,09
40	$4,58.10^6$	37,26	32,82	32,32	7,51	10,59	11,11
80	$9,15.10^6$	46,82	40,48	39,87	9,24	12,40	12,83
120	$1,37.10^7$	55,23	47,47	46,78	10,35	13,50	13,87
160	$1,83.10^7$	63,04	54,10	53,35	11,17	14,28	14,62
200	$2,29.10^7$	70,45	60,50	59,69	11,83	14,88	15,20
240	$2,75.10^7$	77,60	66,74	65,89	12,37	15,37	15,67
280	$3,20.10^7$	84,57	72,86	72,00	12,82	15,78	16,05
320	$3,66.10^7$	91,39	78,91	78,04	13,21	16,11	16,36
360	$4,12.10^7$	98,08	84,89	84,01	13,56	16,40	16,64
400	$4,58.10^7$	104,66	90,82	89,94	13,87	16,65	16,87
440	$5,03.10^7$	111,21	96,72	95,84	14,13	16,87	17,08
480	$5,49.10^7$	117,73	102,60	101,72	14,37	17,07	17,25

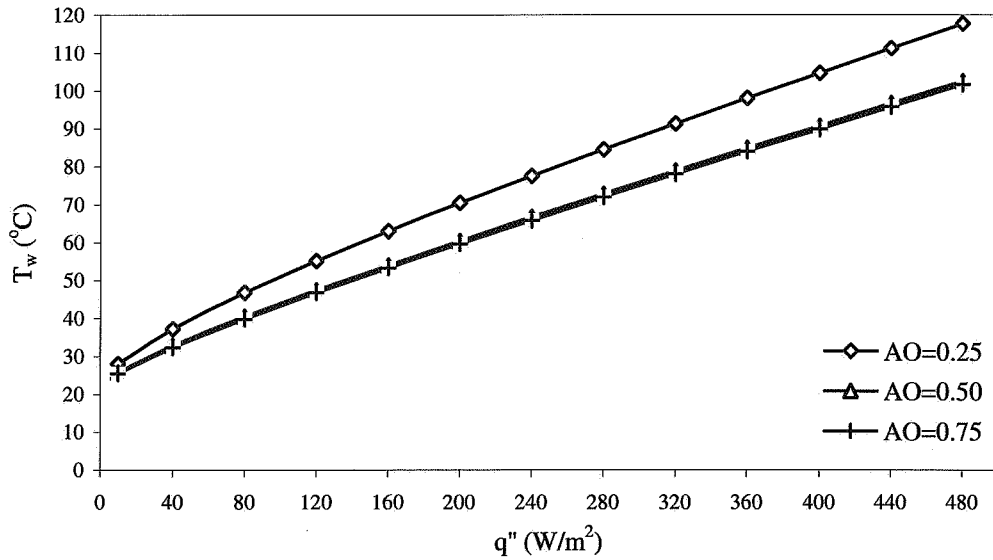
Çizelge 5.8. Üstten açık konumda $GO=0,50$ ve $\theta=0^\circ$ 'de elde edilen sonuçlar

Eğim Açısı $\theta = 0^\circ$	Prandtl Sayısı $Pr = 0,708$	Geometrik Oran $H/W=0,50$	Açıklık Konumu (AO) Üstten Açık				
Isı Akısı (q'') [W/m ²]	Rayleigh Sayısı (Ra_H)	Ort. Yüzey Sıcaklığı (T_w) [°C]			Ort. Nusselt Sayısı ($Nu_{H,ort.}$)		
		Açıklık Oranı (AO)			Açıklık Oranı (AO)		
		0,25	0,50	0,75	0,25	0,50	0,75
10	$1,16 \cdot 10^6$	27,98	25,96	25,68	4,79	7,24	7,79
40	$4,65 \cdot 10^6$	36,89	32,90	32,54	7,70	10,51	10,87
80	$9,29 \cdot 10^6$	46,04	40,53	40,16	9,54	12,37	12,62
120	$1,39 \cdot 10^7$	54,10	47,47	47,12	10,71	13,50	13,69
160	$1,86 \cdot 10^7$	61,59	54,05	53,73	11,58	14,30	14,45
200	$2,32 \cdot 10^7$	68,75	60,42	60,12	12,26	14,92	15,03
240	$2,79 \cdot 10^7$	75,67	66,62	66,36	12,81	15,41	15,50
280	$3,25 \cdot 10^7$	82,44	72,72	72,50	13,27	15,82	15,89
320	$3,72 \cdot 10^7$	89,09	78,72	78,57	13,67	16,17	16,21
360	$4,18 \cdot 10^7$	95,64	84,68	84,58	14,01	16,46	16,48
400	$4,65 \cdot 10^7$	102,14	90,59	90,55	14,30	16,71	16,72
440	$5,11 \cdot 10^7$	108,59	96,47	96,49	14,56	16,93	16,93
480	$5,58 \cdot 10^7$	114,99	102,32	102,42	14,79	17,13	17,10

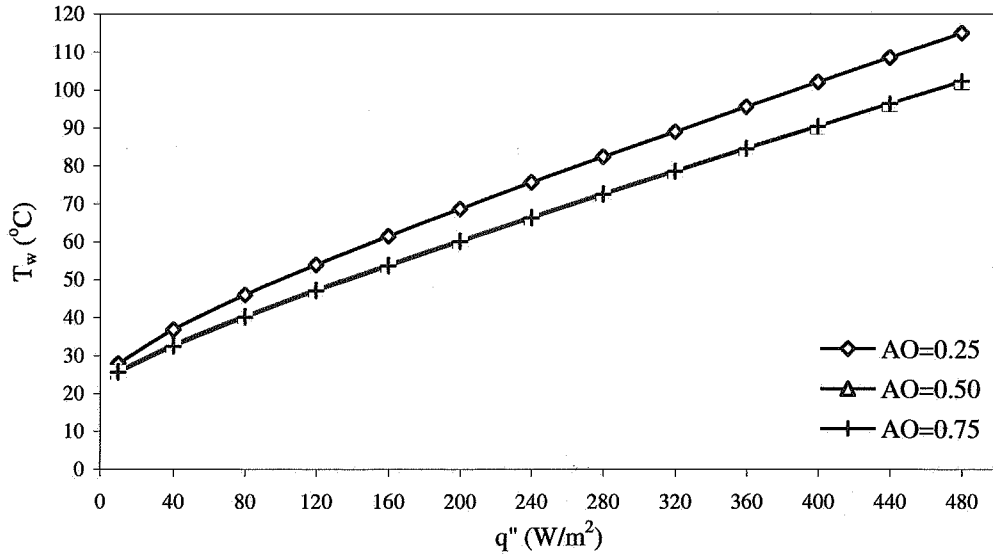
Çizelge 5.9. Üstten açık konumda $GO=0,50$ ve $\theta=10^\circ$ 'de elde edilen sonuçlar

Eğim Açısı $\theta = 10^\circ$	Prandtl Sayısı $Pr = 0,708$	Geometrik Oran $H/W=0,50$	Açıklık Konumu (AO) Üstten Açık				
Isı Akısı (q'') [W/m ²]	Rayleigh Sayısı (Ra_H)	Ort. Yüzey Sıcaklığı (T_w) [°C]			Ort. Nusselt Sayısı ($Nu_{H,ort.}$)		
		Açıklık Oranı (AO)			Açıklık Oranı (AO)		
		0,25	0,50	0,75	0,25	0,50	0,75
10	$1,14 \cdot 10^6$	28,94	26,97	26,77	4,13	5,77	6,01
40	$4,58 \cdot 10^6$	40,21	36,33	36,13	6,29	8,00	8,11
80	$9,15 \cdot 10^6$	52,35	46,93	46,88	7,55	9,19	9,21
120	$1,37 \cdot 10^7$	63,43	56,81	56,95	8,30	9,88	9,84
160	$1,83 \cdot 10^7$	74,03	66,36	66,73	8,81	10,34	10,25
200	$2,29 \cdot 10^7$	84,37	75,73	76,38	9,19	10,67	10,54
240	$2,75 \cdot 10^7$	94,65	85,02	85,97	9,47	10,91	10,75
280	$3,20 \cdot 10^7$	104,76	94,30	95,60	9,69	11,10	10,90
320	$3,66 \cdot 10^7$	115,02	103,64	105,25	9,86	11,23	11,01
360	$4,12 \cdot 10^7$	125,19	113,05	114,98	10,00	11,33	11,09
400	$4,58 \cdot 10^7$	135,66	122,53	124,79	10,08	11,40	11,15
440	$5,03 \cdot 10^7$	146,04	132,00	134,81	10,16	11,46	11,18
480	$5,49 \cdot 10^7$	156,57	141,60	144,74	10,22	11,50	11,21

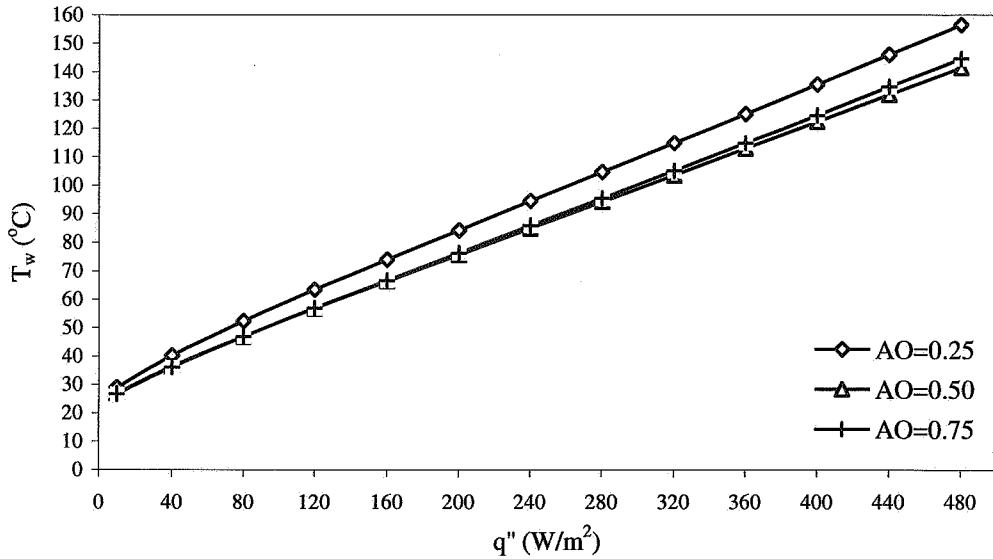
Şekil 5.37, Şekil 5.38 ve Şekil 5.39'da $GO=0,50$ 'de, $10-480 \text{ W/m}^2$ ısı akısı aralıklarındaki ortalama yüzey sıcaklıkları, farklı açıklık oranlarında ($AO=0,25$, $AO=0,50$, $AO=0,75$), eğim açlarına bağlı ($\theta=-10^\circ$, $\theta=0^\circ$, $\theta=10^\circ$) değişimleri verilmiştir. Şekiller incelendiğinde $0,25$ açıklık oranında elde edilen ortalama yüzey sıcaklığı değerlerinin yüksek olduğu, diğer açıklık oranlarında elde edilen ($AO=0,50$ ve $AO=0,75$) ortalama yüzey sıcaklığı değerlerinin, $0,25$ açıklık oranındaki ortalama yüzey sıcaklığı (T_w) değerlerinden düşük olduğu görülmektedir. Açıklık oranı $0,25$ 'de, -10° ve 0° eğim açlarında ortalama yüzey sıcaklığı (T_w) değerleri birbirine yakındır. Eğim açısının 10° olduğu durumda ortalama yüzey sıcaklığı (T_w) değerleri $0,25$ açıklık oranından maksimum değerlere ulaşmaktadır. Dikkat edilirse açıklık oranı $0,25$ 'de, -10° ve 0° eğim açlarında ısı akısı 480 W/m^2 de ortalama yüzey sıcaklığı değeri yaklaşık 120°C 'ye ulaşmışken, 10° eğim açısında 120°C 'ye daha düşük ısı akısında 320 W/m^2 'de ulaşmaktadır.



Şekil 5.37. $\theta=-10^\circ$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$ ve $GO=0,50$, $AK=\text{Üstten}$)



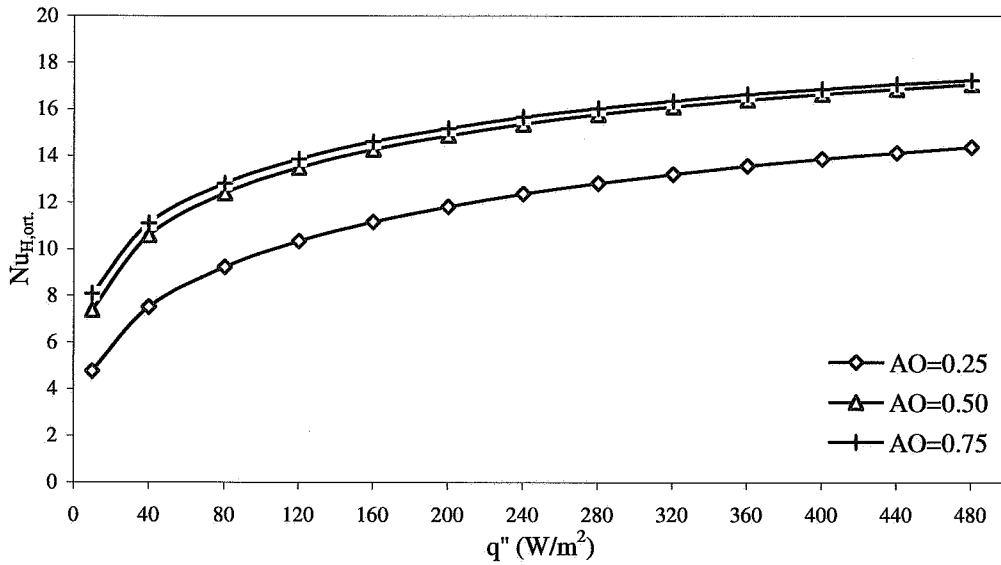
Şekil 5.38. $\theta=0^\circ$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi (AO=0,25-0,50-0,75 ve GO=0,50 , AK=Üstten)



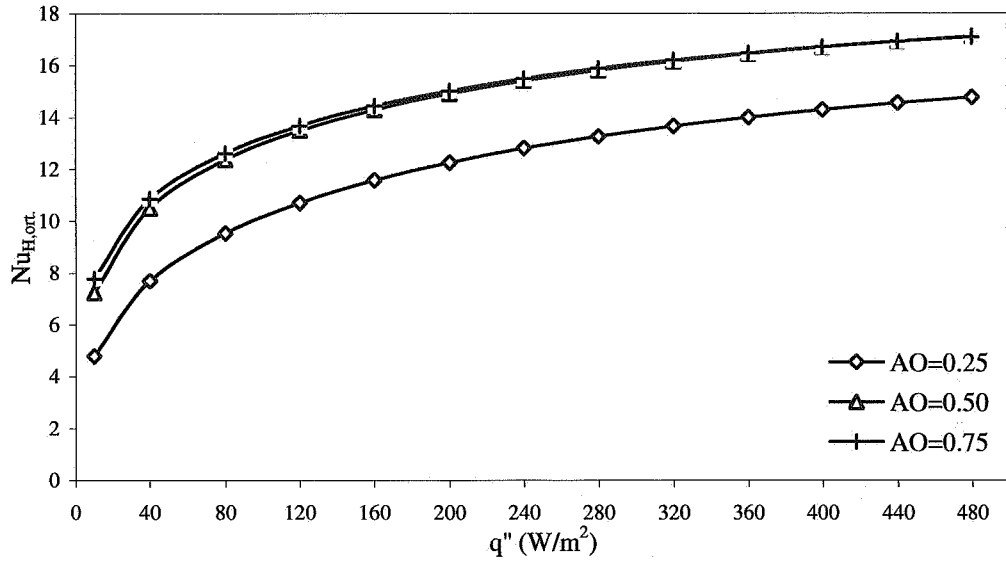
Şekil 5.39. $\theta=10^\circ$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi (AO=0,25-0,50-0,75 ve GO=0,50 , AK=Üstten)

Şekil 5.40, Şekil 5.41 ve Şekil 5.42'de ortalama boyutsuz ısı transferi katsayısının ($Nu_{H,ort.}$), 10-480 W/m² ısı aralıklarındaki değişimleri görülmektedir. Burada; dikkat edilirse, açıklık oranı 0,25'de bütün eğim açılarında ortalama boyutsuz ısı transferi katsayısı değerleri düşüktür. Buna karşılık açıklık oranı 0,50 ve 0,75'de ise ortalama

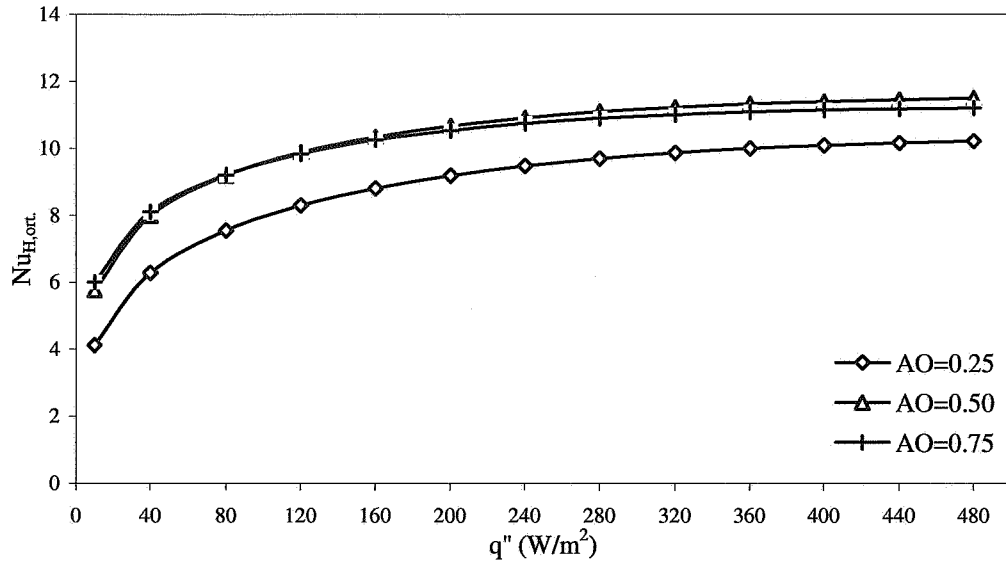
boyutsuz ısı transferi katsayısı değerlerinin yüksek olduğu görülmektedir. Dikkat edilirse eğim açısı -10° 'de açıklık oranı 0,50'deki ortalama boyutsuz ısı transferi katsayısı değerlerinin 0,75'deki ortalama boyutsuz ısı transferi katsayısı değerlerine yakın olduğu görülmektedir, fakat eğim açısı 10° 'de açıklık oranı 0,50 ve 0,75'de dikkat edilirse ısı akısının $80-120 \text{ W/m}^2$ aralıklarında ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı değerlerinin birbirine yaklaştığı, ısı akısının 120 W/m^2 'den yüksek değerlerde olduğu durumlarda 0,75 açıklık oranında ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı değerleri ile 0,50 açıklık oranındaki ortalama boyutsuz ısı transferi değerleri arasındaki farkın arttığı yani 0,75 açıklık oranında ısı transferinin, 0,50 açıklık oranındaki ısı transferinden daha iyi olduğu görülmektedir. Bir kez daha şekilleri dikkatlice incelediğimizde, eğim açısının artması ile ortalama boyutsuz ısı transferi değerlerinde düşme olduğu görülmektedir. Bu düşüşün nedeni içerdeki ısınan havanın ve dışarıdaki taze havanın çıkışı ve girişindeki sirkülasyonun zorlaşmasından kaynaklanmaktadır, bu nedenle de ısı transferinde bir düşüş gerçekleşmektedir.



Şekil 5.40. $\theta=-10^\circ$ de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi (AO=0,25-0,50-0,75 ve GO=0,50 , AK=Üstten)



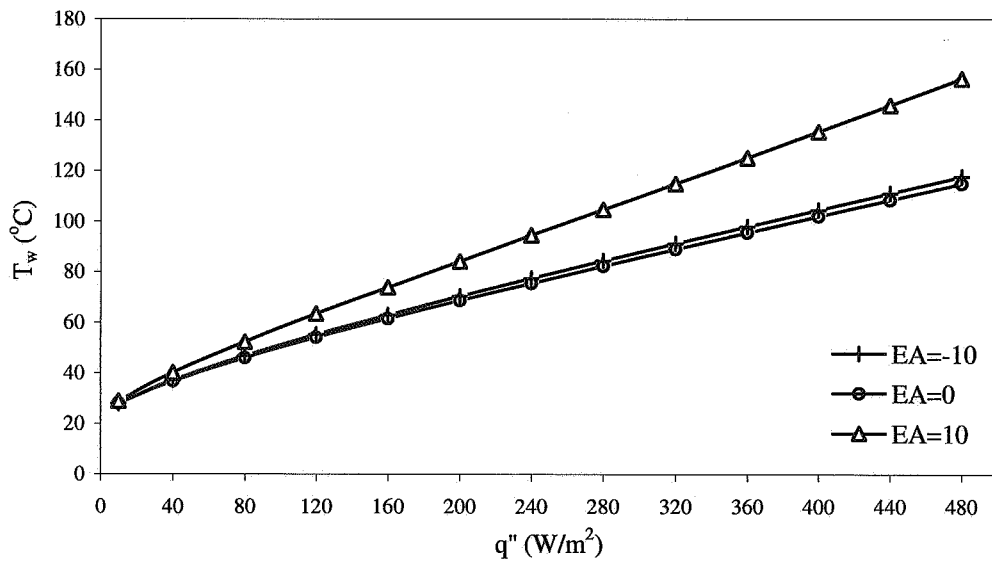
Şekil 5.41. $\theta=0^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi (AO=0,25-0,50-0,75 ve GO=0,50, AK=Üstten)



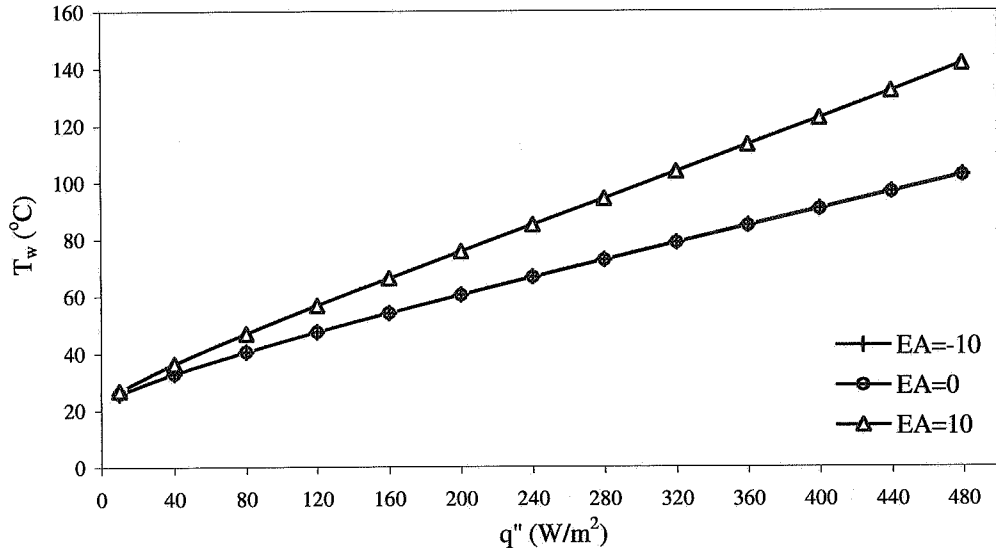
Şekil 5.42. $\theta=10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi (AO=0,25-0,50-0,75 ve GO=0,50 , AK=Üstten)

GO=0,50'de açıklık oranına bağlı olarak, $\theta=-10^\circ$, $\theta=0^\circ$ ve $\theta=10^\circ$ eğim açılarında farklı ısı akılarındaki ($10-480 W/m^2$) ortalama yüzey sıcaklığının değişimleri Şekil 5.43, Şekil 5.44 ve Şekil 5.45'de verilmiştir. Şekillere bakıldığında ısı akısının artması ile bütün eğim açılarında elde edilen ortalama yüzey sıcaklıklarının arttığı

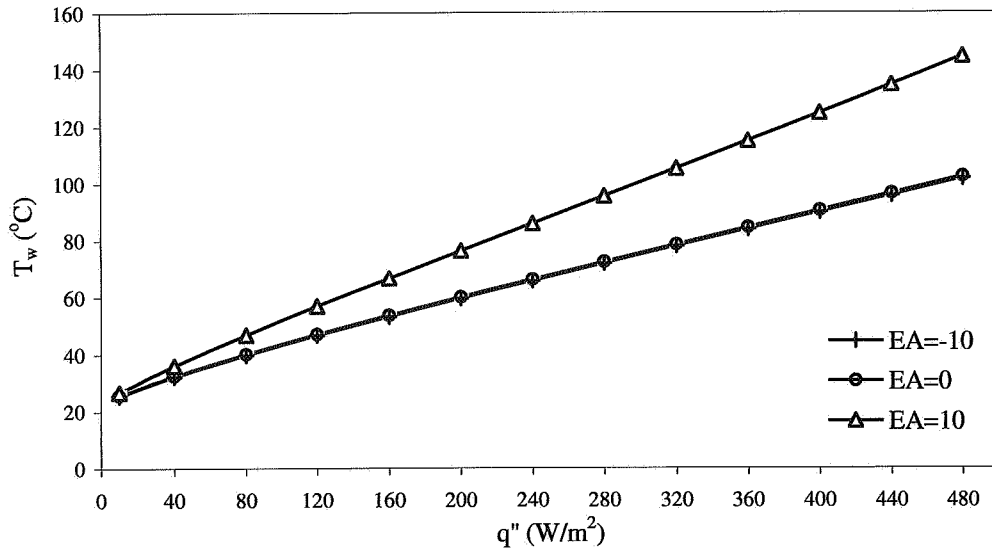
görülmektedir. Açıklık oranı 0,25’de elde edilen ortalama yüzey sıcaklığı (T_w) değerlerinin yüksek olduğu, $AO=0,50$ ve $AO=0,75$ ’de ise ortalama yüzey sıcaklığı değerlerinin düşük olduğu görülmektedir. Ayrıca eğim açısının artması ile ortalama yüzey sıcaklıklarının arttığı görülmektedir. Açıklık oranı 0,50 ve 0,75’de iken eğim açısı -10° ve 0° ’de ortalama yüzey sıcaklığı değerlerinin birbirine çok yaklaştığı görülmektedir.



Şekil 5.43. $AO=0,25$ ’de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta=-10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$ ve $GO=0,50$, $AK=\text{Üstten}$)



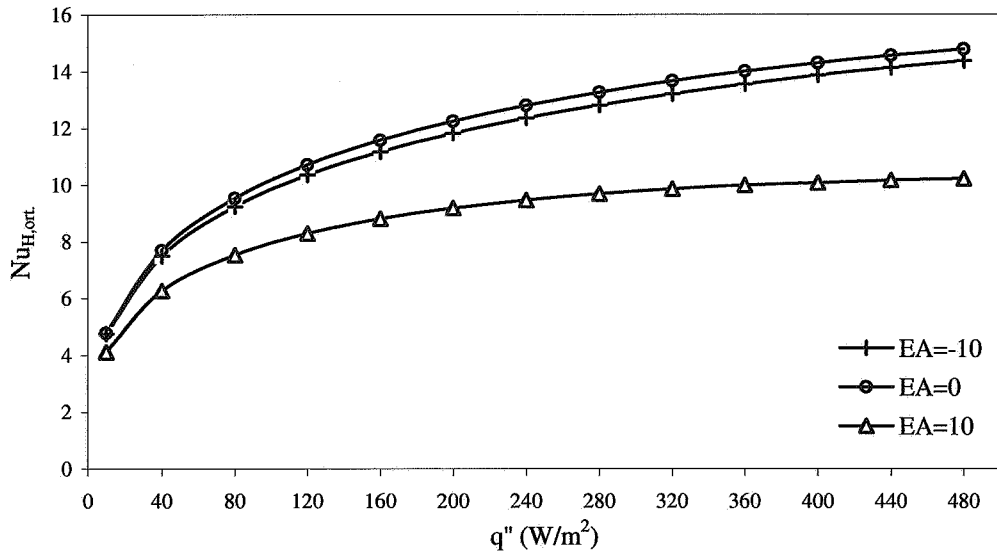
Şekil 5.44. AO=0,50'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta=-10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$ ve GO=0,50 , AK=Üstten)



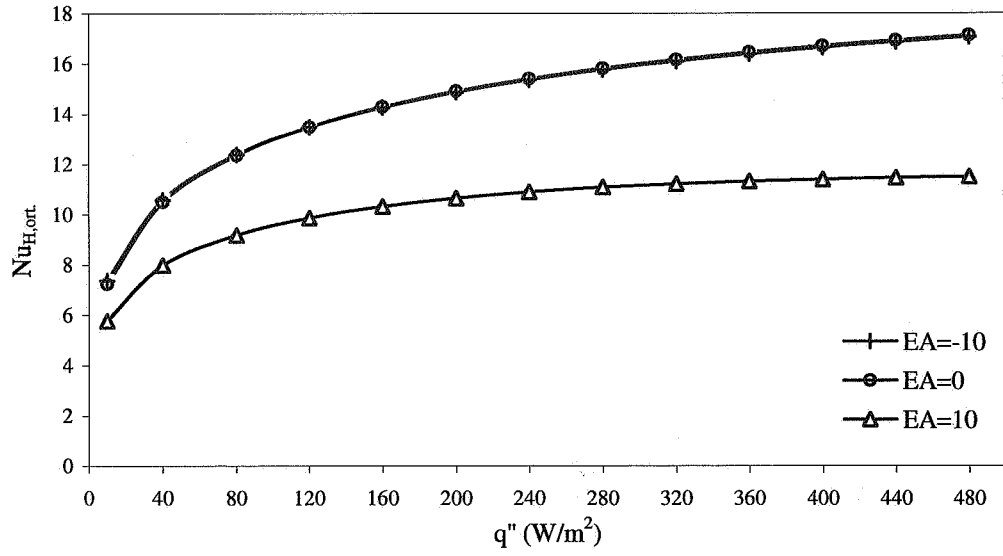
Şekil 5.45. AO=0,75'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta=-10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$ ve GO=0,50 , AK=Üstten)

Şekil 5.46, Şekil 5.47 ve Şekil 5.48'de ise ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısının ($Nu_{H,ort.}$), 10-480 W/m² ısı akılarındaki değişimleri görülmektedir. Şekiller incelendiğinde ısı akısının artması ile ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı değerlerinin de arttığı görülmektedir. Bakıldığında bu artışın -10° ve 0° 'de yüksek

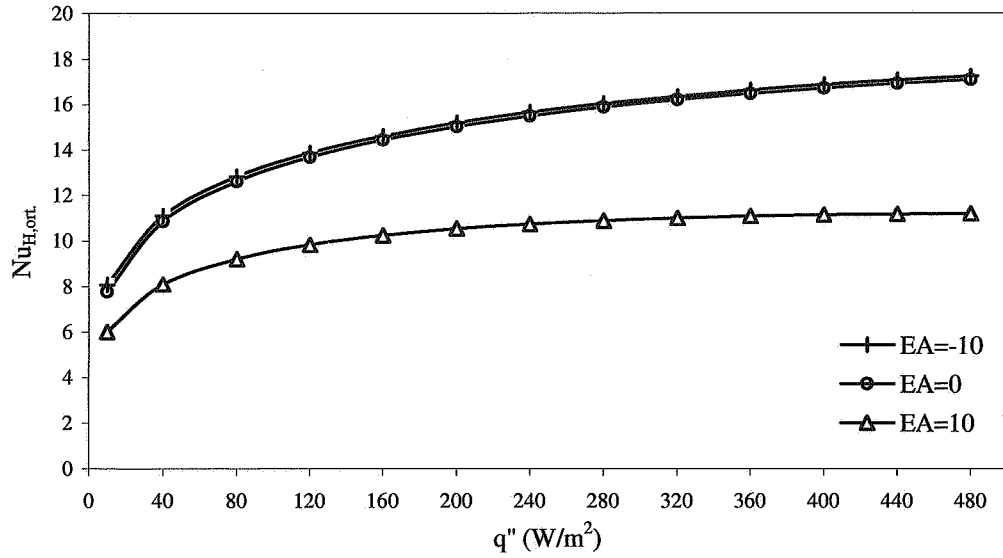
olduğu ayrıca açıklık oranının artması ile de ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı değerlerinin daha da arttığı ve -10° ve 0° 'deki ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı değerlerinin birbirine yaklaştığı ve açıklık oranının artması ile de -10° ve 0° 'deki ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı değerlerinin birbirine eşit olduğu görülmektedir. Açıklık oranı 0,25'de elde edilen ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı değerlerinin düşük olduğu, açıklık oranları 0,50'de ve 0,75'de ise ortalama boyutsuz ısı transferi değerlerinin yüksek olduğu görülmektedir. Yani açıklık oranını artması ile ısı transferinin daha iyi olduğu, açıklık oranının azalması ile de ısı transferinin azaldığı görülmektedir.



Şekil 5.46. AO=0,25'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta=-10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$ ve GO=0,50 , AK=Üstten)



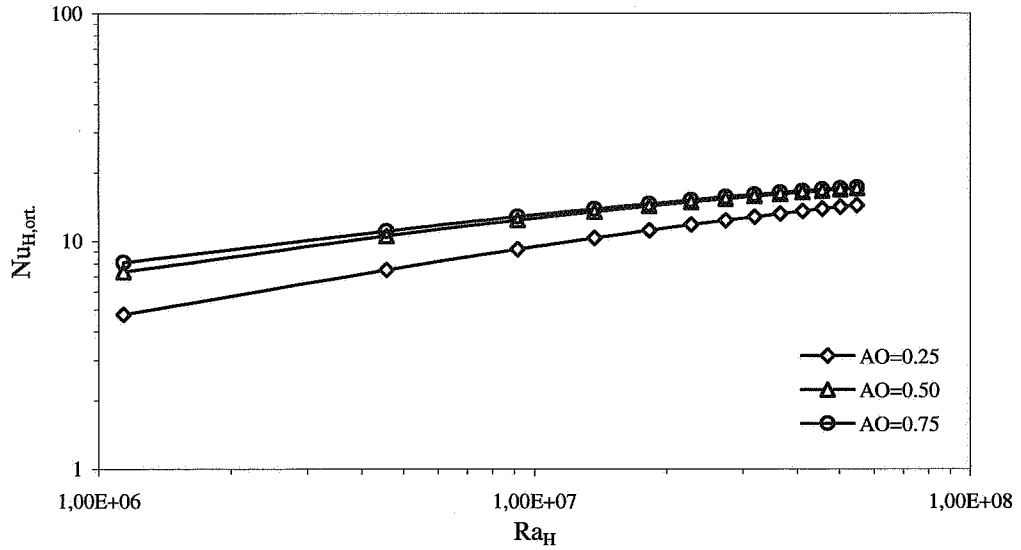
Şekil 5.47. AO=0,50'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta=-10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$ ve GO=0,50 , AK=Üstten)



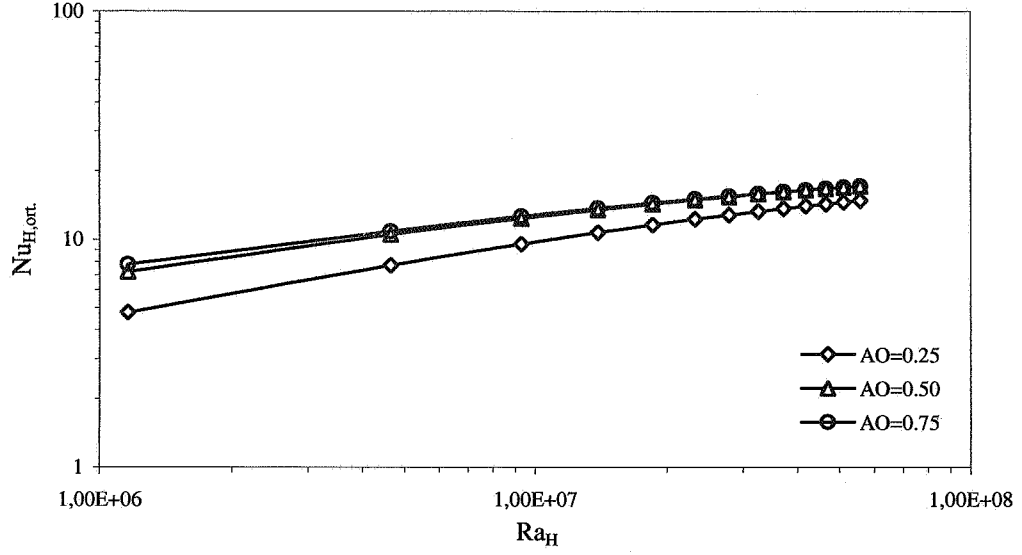
Şekil 5.48. AO=0,75'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta=-10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$ ve GO=0,50 , AK=Üstten)

Ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısının ($Nu_{H,ort}$), Rayleigh sayısına ($1,14 \cdot 10^6 \leq Ra_H \leq 5,49 \cdot 10^7$ ve $1,16 \cdot 10^6 \leq Ra_H \leq 5,58 \cdot 10^7$) göre, GO=H/W=0,50'de, üç farklı eğim açısında ($\theta=-10^\circ, \theta=0^\circ, \theta=10^\circ$), açıklık oranlarına bağlı değişimleri Şekil 5.49, Şekil 5.50 ve Şekil 5.51'de verilmiştir. Şekiller incelendiğinde, Rayleigh

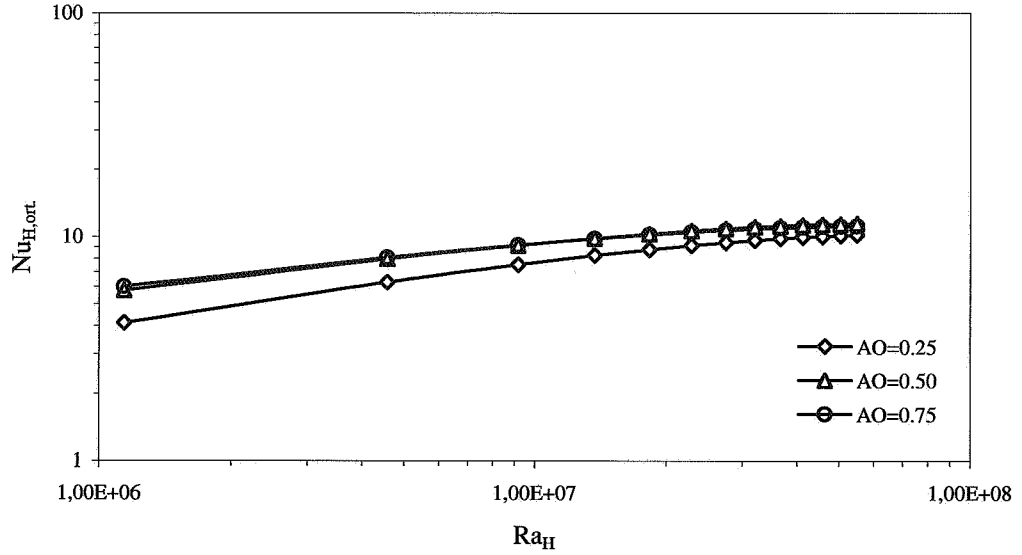
sayısının artması ile ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısının arttığı ve bütün açıklık oranlarındaki ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı değerlerinin Rayleigh sayısının artması ile birbirine yaklaştığı görülmektedir. Ayrıca dikkat edilirse açıklık oranı 0,50 ve 0,75'deki ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı ($Nu_{H,ort.}$) değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Bütün eğim açılarında, açıklık oranı 0,25'deki ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı değerlerinin Rayleigh sayısına göre değişimleri $AO=0,50$ ve $AO=0,75$ 'deki değerlere göre düşüktür. Eğim açısının artması ile bütün açıklık oranlarındaki ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı değerlerinin Rayleigh sayısına göre değişimleri birbirine yaklaşmaktadır.



Şekil 5.49. $\theta=-10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$ ve $GO=0,50$, $AK=\text{Üstten}$)



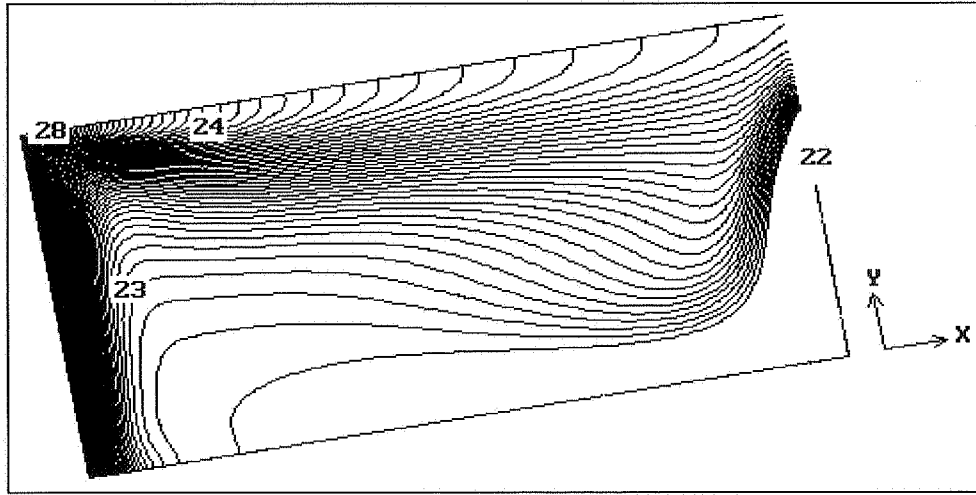
Şekil 5.50. $\theta=0^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi (AO=0,25-0,50-0,75 ve GO=0,50 , AK=Üstten)



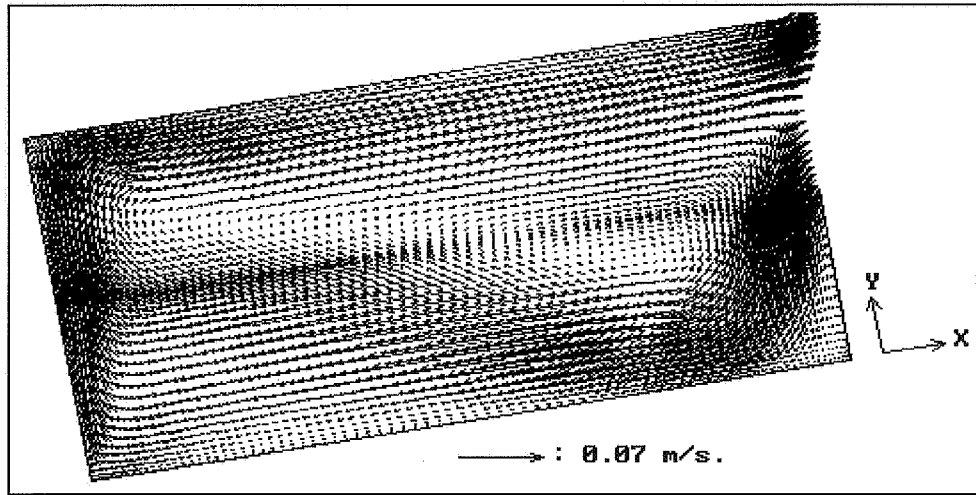
Şekil 5.51. $\theta=10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi (AO=0,25-0,50-0,75 ve GO=0,50 , AK=Üstten)

Şekil 5.52, Şekil 5.53 ve Şekil 5.54'de GO=0,50 , AO=0,50 ve $\theta = -10^\circ$ 'de, üç farklı ısı akısında 10 W/m^2 , 240 W/m^2 ve 480 W/m^2 değerlerinde elde edilen sıcaklık konturları ve hız vektörleri görülmektedir. Şekil 5.52.a, Şekil 5.53.a ve Şekil 5.54.a'daki sıcaklık konturları incelendiğinde ısı akısının artması ile içerdeki havanın

sıcaklığının da arttığı görülmektedir. İçerdeki havanın sıcaklığının artması ile dışardan içeriye taze hava girişinin zorlaştığı, ısı akısının yüksek olduğu durumlarda taze hava içeri girdikten kısa bir süre de ısındığı görülmektedir. Ayrıca yüksek ısı akılarında ısı transferinin düştüğü ve ısı akısının artması ile hava sirkülasyonunun zorlaştığı düşük ısı akısında daha iyi ısı transferinin olduğu görülmektedir.

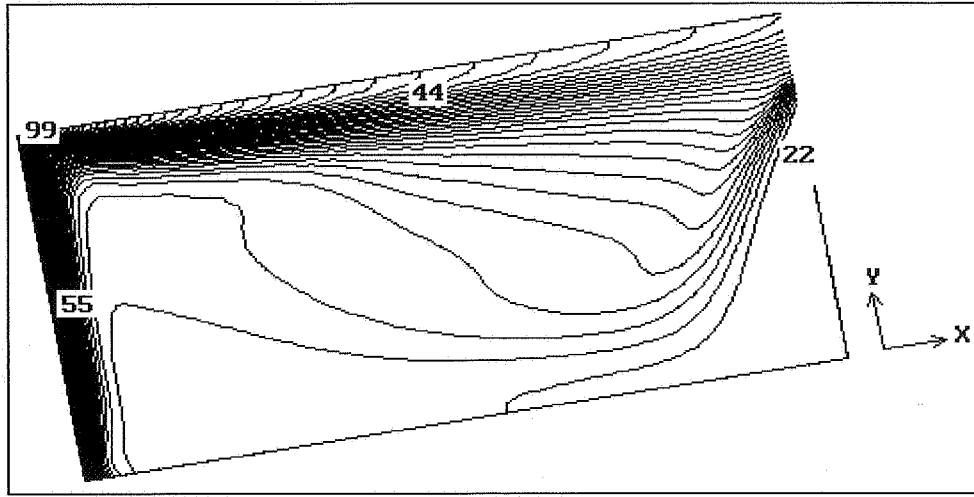


(a)

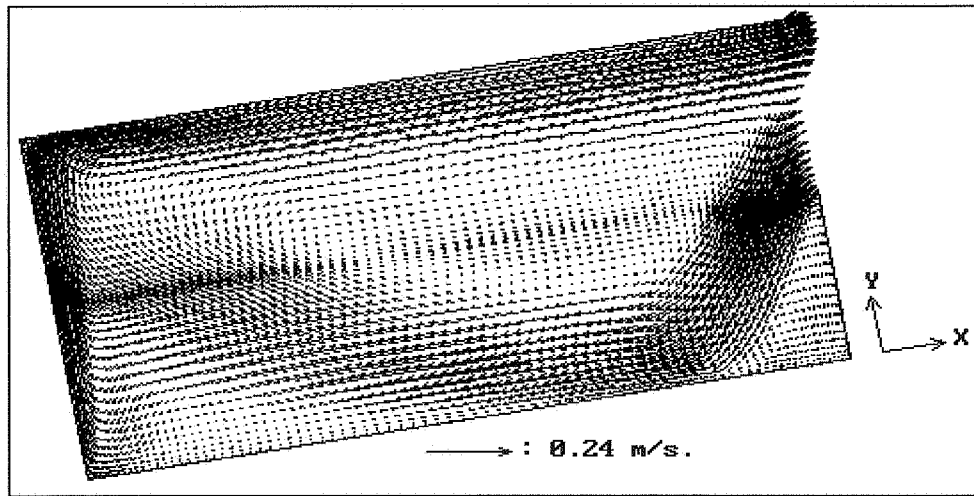


(b)

Şekil 5.52. Üstten açık konumda $q''=10 \text{ W/m}^2$, $\theta=-10^\circ$, $GO=0,50$ 'de $AO=0,50$ için:
a) Sıcaklık konturları, b) Hız vektörleri

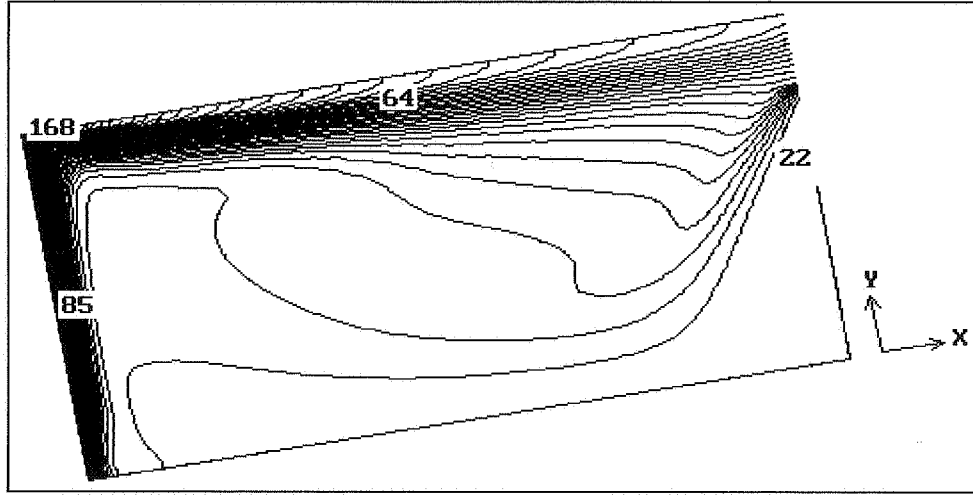


(a)

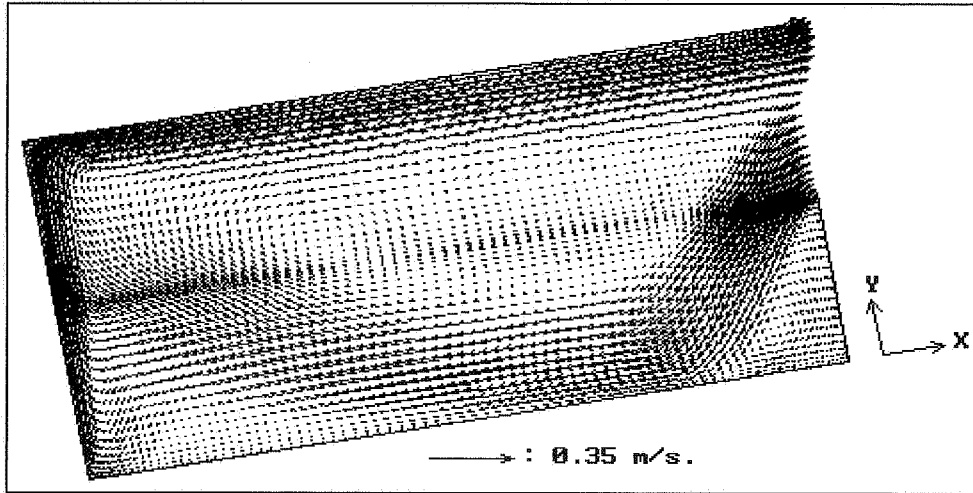


(b)

Şekil 5.53. Üstten açık konumda $q''=240 \text{ W/m}^2$, $\theta=-10^\circ$, $GO=0,50$ 'de $AO=0,50$ için:
a) Sıcaklık konturları, b) Hız vektörleri



(a)



(b)

Şekil 5.54. Üstten açık konumda $q''=480 \text{ W/m}^2$, $\theta=-10^\circ$, $GO=0,50$ 'de $AO=0,50$ için:
a) Sıcaklık konturları, b) Hız vektörleri

5.4. Üstten Açık Konumda Eğim Açısı $\theta=-10^\circ$ 'deki Parametrik Çalışmalar

Bu bölümde; eğim açısı -10° 'de iken farklı açıklık oranlarında ($AO=0,25$, $AO=0,50$ ve $AO=0,75$), $10-480 \text{ W/m}^2$ ısı akılarında, $GO=0,50$, $GO=0,75$ ve $GO=1$ 'de ortalama yüzey sıcaklığı (T_w) ve ortalama boyutsuz ısı transferi katsayısı ($Nu_{H,ort.}$) değerlerinin değişimi incelenmiş ve değerlendirmesi yapılmıştır. $10-480 \text{ W/m}^2$ ısı akısı aralıklarında elde edilen ortalama yüzey sıcaklığı (T_w) ve ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı ($Nu_{H,ort.}$) sonuçları Çizelge 5.10, Çizelge 5.11 ve Çizelge 5.12'de verilmiştir.

Çizelge 5.10. Üstten açık konumda $\theta=-10^\circ$ ve $AO=0,25$ 'de elde edilen sonuçlar

Eğim Açısı $\alpha = -10^\circ$	Prandtl Sayısı $Pr = 0,708$		Açıklık Oranı $a/H=0,25$	Açıklık Konumu (AO) Üstten Açık		
Isı Akısı (q'') [W/m^2]	Ort. Yüzey Sıcaklığı (T_w) [$^\circ\text{C}$]			Ort. Nusselt Sayısı ($Nu_{H,ort.}$)		
	Geometrik Oran (GO)			Geometrik Oran (GO)		
	0,50	0,75	1,00	0,50	0,75	1,00
10	28,01	26,99	28,00	4,77	8,61	9,55
40	37,26	35,21	37,89	7,51	13,01	14,43
80	46,82	43,92	48,29	9,24	15,68	17,44
120	55,23	51,72	57,52	10,35	17,34	19,36
160	63,04	59,05	66,14	11,17	18,55	20,77
200	70,45	66,09	74,38	11,83	19,48	21,88
240	77,60	72,92	82,38	12,37	20,24	22,78
280	84,57	79,59	90,23	12,82	20,88	23,52
320	91,39	86,19	97,97	13,21	21,41	24,14
360	98,08	92,71	105,63	13,56	21,87	24,67
400	104,66	99,18	113,24	13,87	22,26	25,12
440	111,21	105,61	120,78	14,13	22,60	25,53
480	117,73	112,05	128,38	14,37	22,90	25,86

Çizelge 5.11. Üstten açık konumda $\theta=-10^\circ$ ve $AO=0,50$ 'de elde edilen sonuçlar

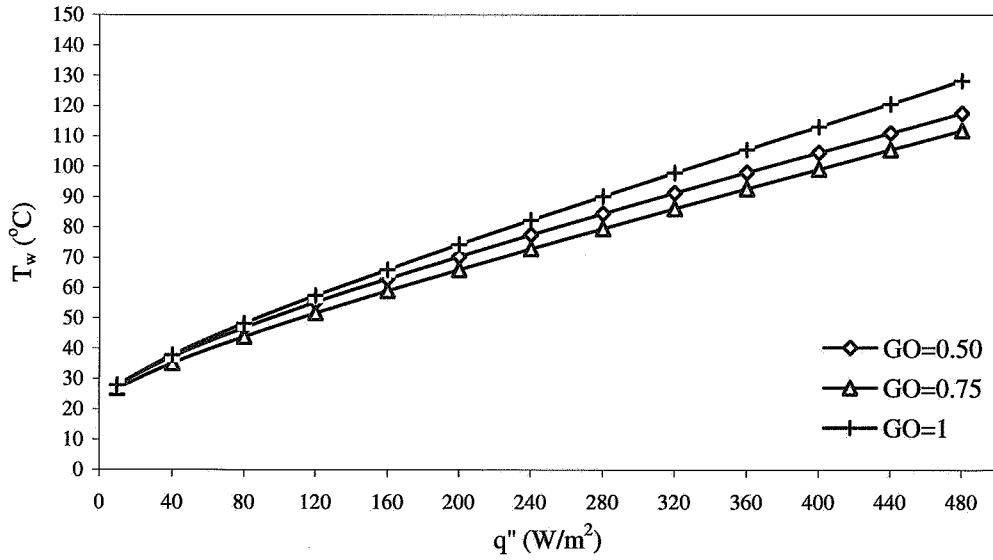
Eğim Açısı $\alpha = -10^\circ$	Prandtl Sayısı $Pr = 0,708$		Açıklık Oranı $a/H=0,50$	Açıklık Konumu (AO) Üstten Açık		
Isı Akısı (q'') [W/m ²]	Ort. Yüzey Sıcaklığı (T_w) [°C]			Ort. Nusselt Sayısı ($Nu_{H,ort.}$)		
	Geometrik Oran (GO)			Geometrik Oran (GO)		
	0,50	0,75	1.00	0,50	0,75	1.00
10	25,88	25,68	25,65	7,38	11,67	15,70
40	32,82	32,75	32,93	10,59	15,98	20,97
80	40,48	40,66	41,18	12,40	18,42	23,90
120	47,47	47,93	48,80	13,50	19,88	25,66
160	54,10	54,86	56,11	14,28	20,91	26,88
200	60,50	61,58	63,25	14,88	21,70	27,79
240	66,74	68,17	70,30	15,37	22,33	28,48
280	72,86	74,66	77,25	15,78	22,84	29,04
320	78,91	81,07	84,06	16,11	23,27	29,55
360	84,89	87,44	90,89	16,40	23,63	29,95
400	90,82	93,78	97,72	16,65	23,94	30,27
440	96,72	100,10	104,52	16,87	24,20	30,56
480	102,60	106,40	111,34	17,07	24,43	30,79

Çizelge 5.12. Üstten açık konumda $\theta=-10^\circ$ ve $AO=0,75$ 'de elde edilen sonuçlar

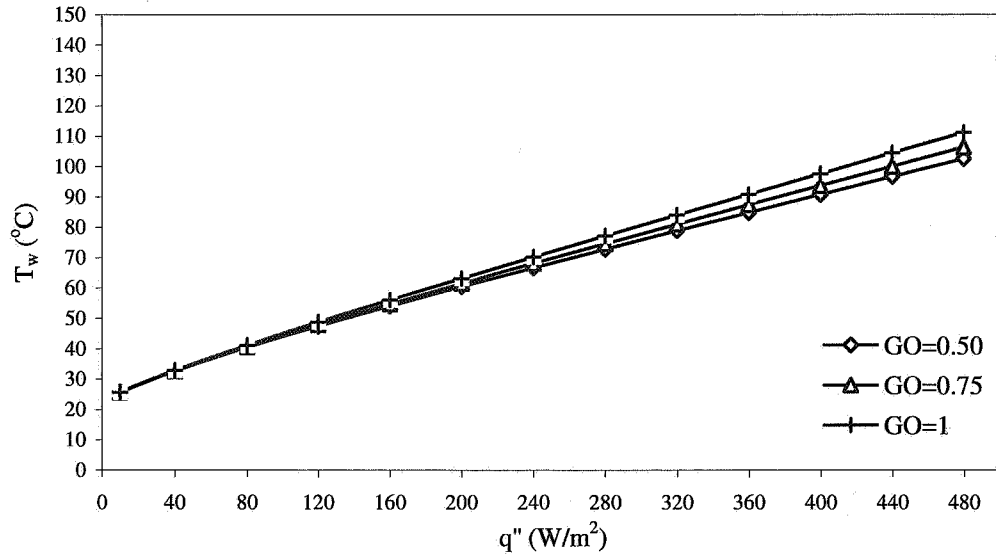
Eğim Açısı $\alpha = -10^\circ$	Prandtl Sayısı $Pr = 0,708$		Açıklık Oranı $a/H=0,75$	Açıklık Konumu (AO) Üstten Açık		
Isı Akısı (q'') [W/m ²]	Ort. Yüzey Sıcaklığı (T_w) [°C]			Ort. Nusselt Sayısı ($Nu_{H,ort.}$)		
	Geometrik Oran (GO)			Geometrik Oran (GO)		
	0,50	0,75	1.00	0,50	0,75	1.00
10	25,54	25,57	25,51	8,09	12,03	16,33
40	32,32	32,66	32,58	11,11	16,12	21,67
80	39,87	40,63	40,55	12,83	18,44	24,72
120	46,78	47,96	47,88	13,87	19,86	26,57
160	53,35	54,95	54,88	14,62	20,86	27,89
200	59,69	61,73	61,68	15,20	21,62	28,89
240	65,89	68,37	68,34	15,67	22,23	29,68
280	72,00	74,92	74,91	16,05	22,73	30,33
320	78,04	81,40	81,42	16,36	23,14	30,86
360	84,01	87,84	87,87	16,64	23,49	31,32
400	89,94	94,25	94,29	16,87	23,78	31,71
440	95,84	100,63	100,70	17,08	24,04	32,04
480	101,72	107,02	107,11	17,25	24,25	32,32

Şekil 5.55, Şekil 5.56 ve Şekil 5.57'de 10-480 W/m² ısı akılarındaki ortalama yüzey sıcaklığı değerleri, -10° eğim açısında, farklı açıklık oranlarında ($AO=0,25$,

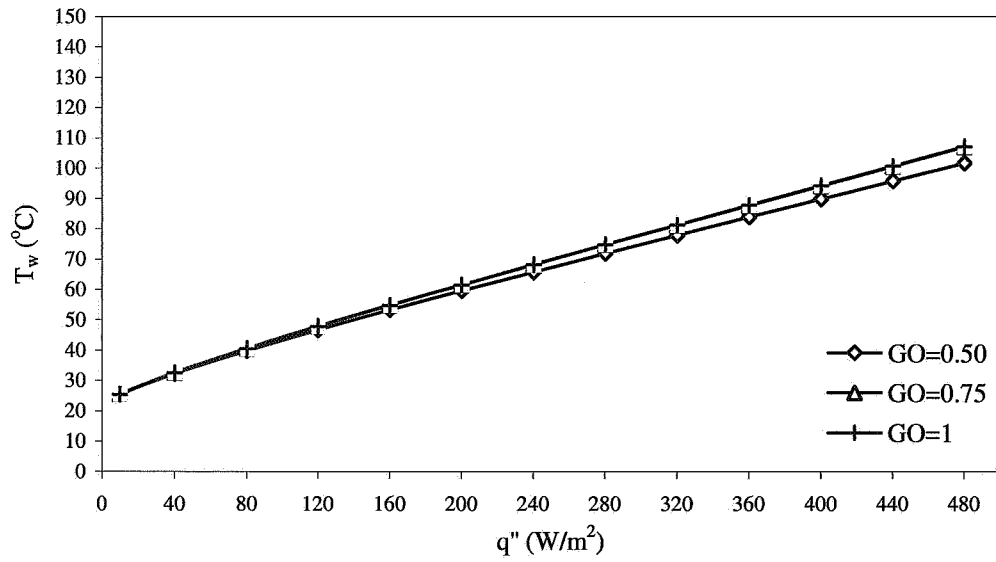
AO=0,50 ve AO=0,75), farklı geometrik oranlarda (GO=0,50 , GO=0,75 ve GO=1) verilmiştir. Şekiller incelendiğinde GO=1’de elde edilen ortalama yüzey sıcaklığı değerlerinin, GO=0,75 ve GO=0,50’deki ortalama yüzey sıcaklığı değerlerinden yüksek olduğu görülmektedir. Açıklık oranının artması (AO=0,75) ile GO=1 ve GO=0,75’deki ortalama yüzey sıcaklığı (T_w) değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Şekil 5.58, Şekil 5.59 ve Şekil 5.60’da ise ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısının ($Nu_{H,ort.}$), 10-480 W/m^2 ısı akısı aralıklarındaki değişimi, AO=0,25 , AO=0,50 ve AO=0,75’deki değişimleri, üç farklı geometrik oranda (GO=1 , GO=0,75 ve GO=0,50) verilmiştir. Şekiller incelendiğinde ortalama boyutsuz ısı transferi katsayısı değerlerinin açıklık oranlarının artması ile arttığı görülmekte yani hava sirkülasyonun daha iyi olduğu böylelikle ısı transferinin arttığı görülmektedir. Bu durumda en iyi ısı transferinin GO=1, AO=0,75 , $\theta=-10^\circ$ ’de olduğu görülmektedir.



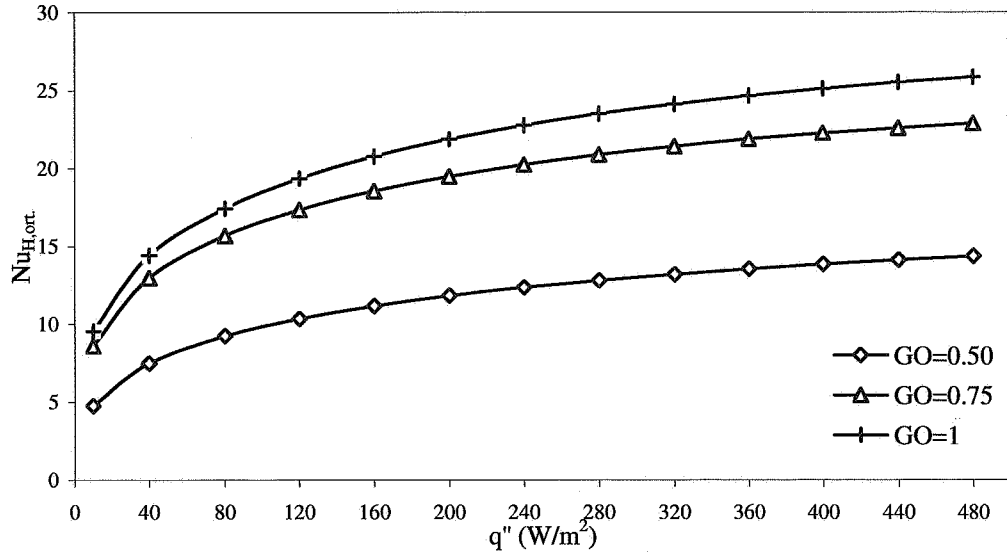
Şekil 5.55. AO=0,25 ve $\theta=-10^\circ$ ’de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi (GO=0,50 , GO=0,75 ve GO=1)



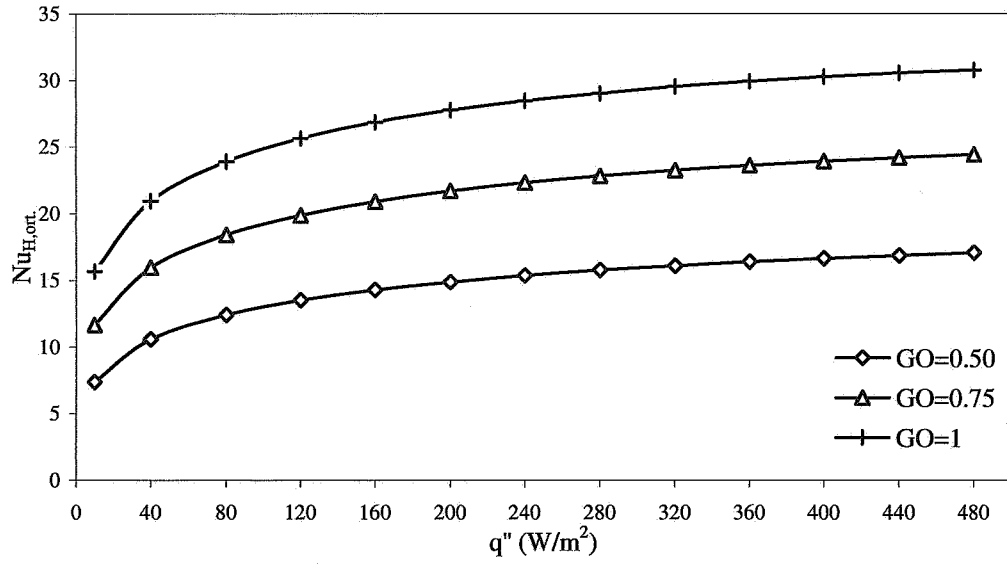
Şekil 5.56. $AO=0,50$ ve $\theta=-10^\circ$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($GO=0,50$, $GO=0,75$ ve $GO=1$)



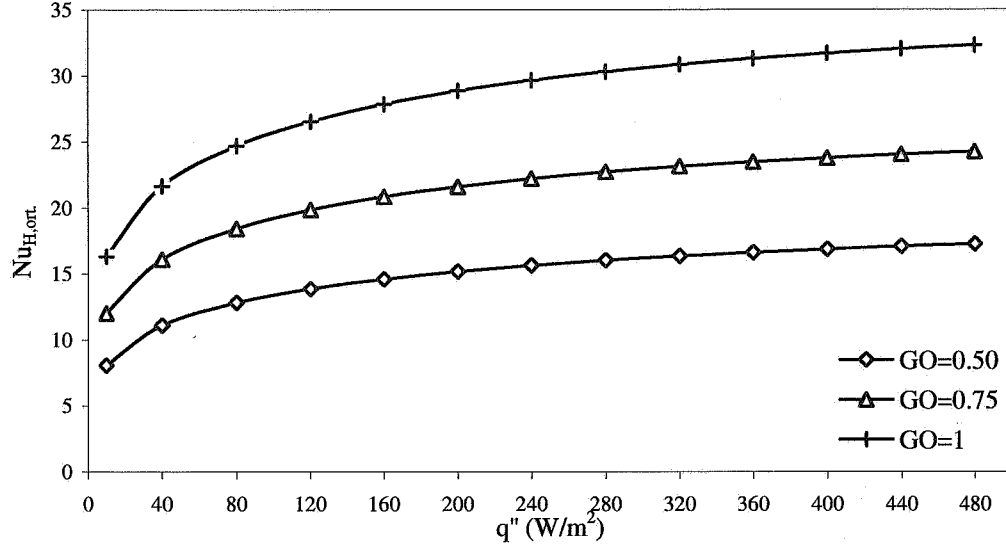
Şekil 5.57. $AO=0,75$ ve $\theta=-10^\circ$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($GO=0,50$, $GO=0,75$ ve $GO=1$)



Şekil 5.58. AO=0,25 ve $\theta=-10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi (GO=0,50 , GO=0,75 ve GO=1)

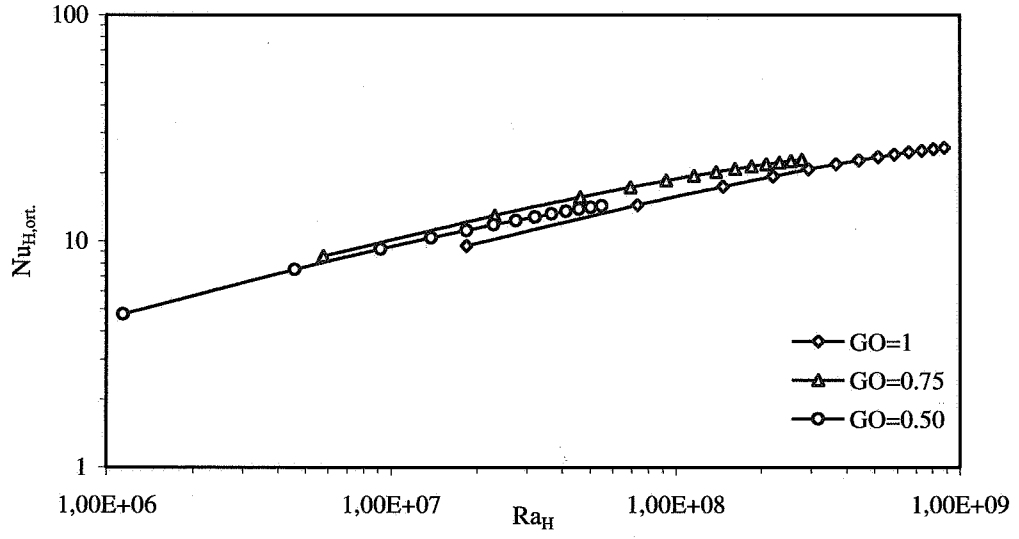


Şekil 5.59. AO=0,50 ve $\theta=-10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi (GO=0,50 , GO=0,75 ve GO=1)

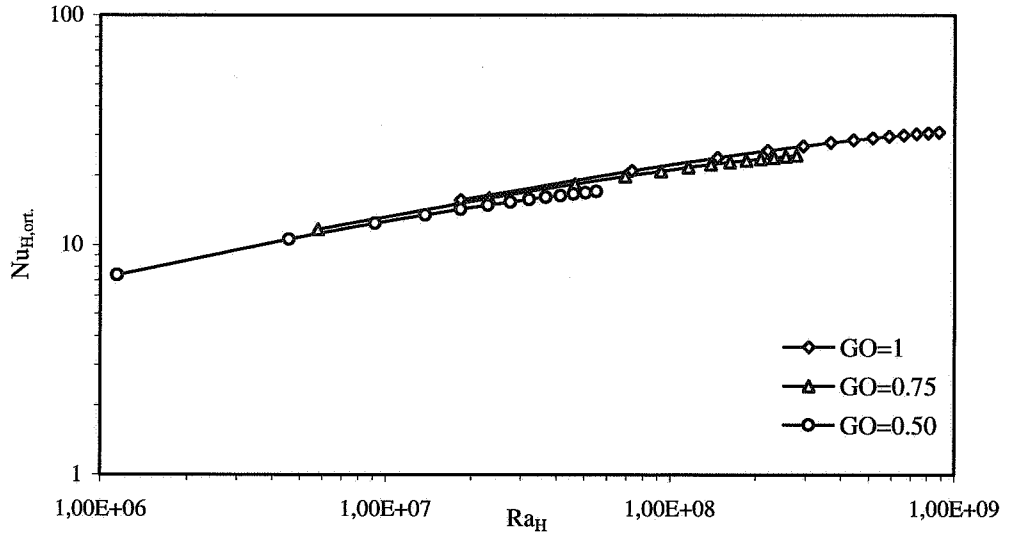


Şekil 5.60. AO=0,75 ve $\theta=-10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi (GO=0,50 , GO=0,75 ve GO=1)

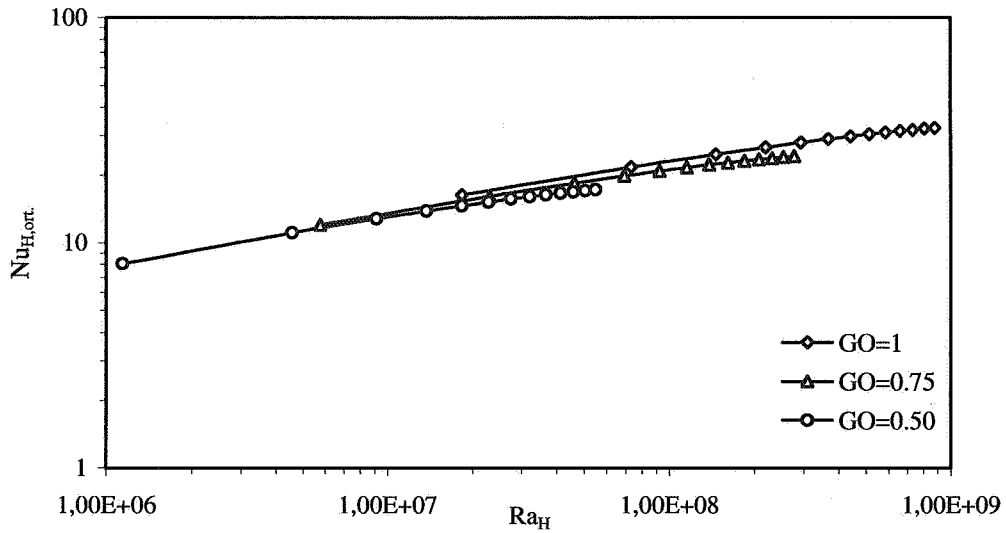
Şekil 5.61, Şekil 5.62 ve Şekil 5.63'de ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısının ($Nu_{H,ort}$) Rayleigh sayısına göre değişimleri üç farklı geometrik orandaki (GO=0,50 , GO=0,75 ve GO=1) değişimleri sabit eğim açısında ($\theta=-10^\circ$) ve üç farklı açıklık oranında (AO=0,25 , AO=0,50 ve AO=0,75) verilmiştir. Şekiller incelendiğinde bütün açıklık oranlarında elde edilen ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı değerlerinin Rayleigh sayısına göre değişimlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Geometrik oranın büyümesi ile ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı değerlerinin büyüdüğü, bununla birlikte açıklık oranının artması ile de bu büyümenin arttığı görülmektedir. AO=0,25'de dikkat edilirse ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı en düşük değere GO=0,50'de gelmektedir. Ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısının maksimum olduğu durumun ise AO=0,75'de ve GO=1'de ulaştığı görülmektedir. Ayrıca bütün ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı ($Nu_{H,ort}$) değerlerinin AO=0,50 ve AO=0,75'de birbirlerine yaklaştıkları görülmektedir.



Şekil 5.61. $AO=0,25$ ve $\theta=-10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi ($GO=0,50$, $GO=0,75$ ve $GO=1$)

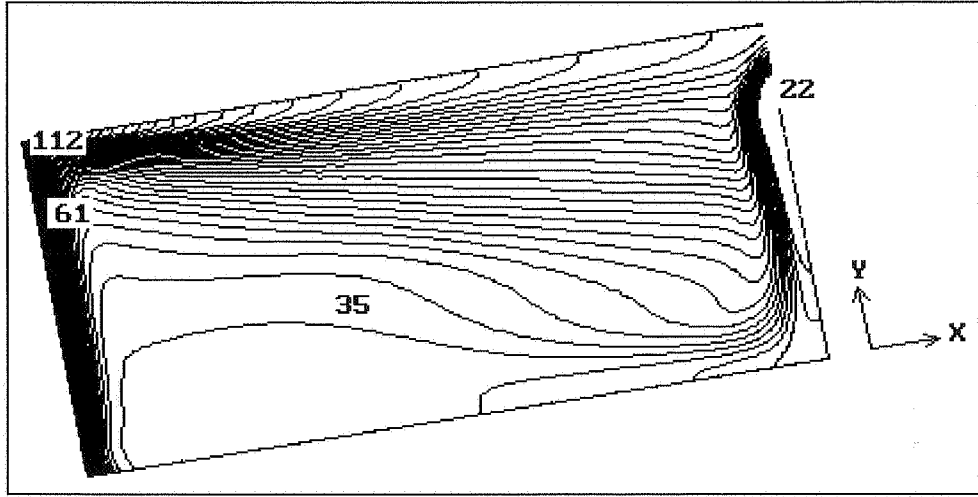


Şekil 5.62. $AO=0,50$ ve $\theta=-10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi ($GO=0,50$, $GO=0,75$ ve $GO=1$)

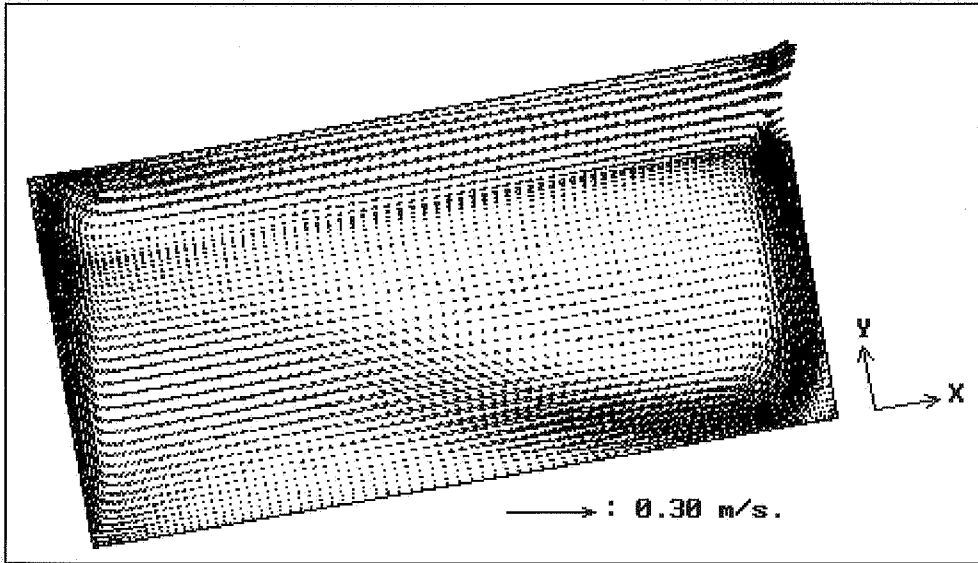


Şekil 5.63. AO=0,75 ve $\theta=-10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi (GO=0,50 , GO=0,75 ve GO=1)

Şekil 5.64, Şekil 5.65 ve Şekil 5.66'da 240 W/m^2 ısı akısında, $\theta=-10^\circ$ eğim açısında, AO=0,25 için; GO=0,50 , GO=0,75 ve GO=1'deki sıcaklık konturleri ve hız vektörleri verilmiştir. Şekil 5.64.a, Şekil 5.65.a ve Şekil 5.66.a'daki sıcaklık konturları incelendiğinde geometrik oranın büyümesi ile maksimum sıcaklığın arttığı, buna karşılıklı ısı transferinin de azaldığı görülmektedir. $\theta=-10^\circ$ 'deki eğim açısında içerde ısınan havanın dışarı çıkışında herhangi bir gecikme olmamaktadır ve taze havanın girişi daha rahat olduğundan ve geometrik oranın azalması ile H/W oranının azalması yani ısınan yüzeyin yüksekliğinin (H) azalması ile ısınan havanın ısındıktan kısa bir süre sonra üst yüzeye çarparak dışarıya çıkmaya başladığı görülmektedir. Geometrik oranın artması ile ısınana yüzeyin yüksekliği (H) artmakta ve ısınan hava yukarı hareketi esnasında daha uzun sürede yol almaktadır ve maksimum sıcaklığa çıkmaktadır. Geometrik oranın artması ile ısınana havanın içerde kalma süresi de artmakta ve böylelikle içerde en yüksek sıcaklığa geometrik oran 1'de ulaşılmaktadır. Çizelge 5.10'da 240 W/m^2 ısı akısında, GO=0,50 , GO=0,75 ve GO=1'de elde edilen ortalama yüzey sıcaklığı (T_w) değerlerine de bakılırsa en uygun sonucun GO=0,75'de elde edildiğini soğumanın daha iyi yani ısı transferinin daha iyi olduğu sonuçlardan da görülmektedir.

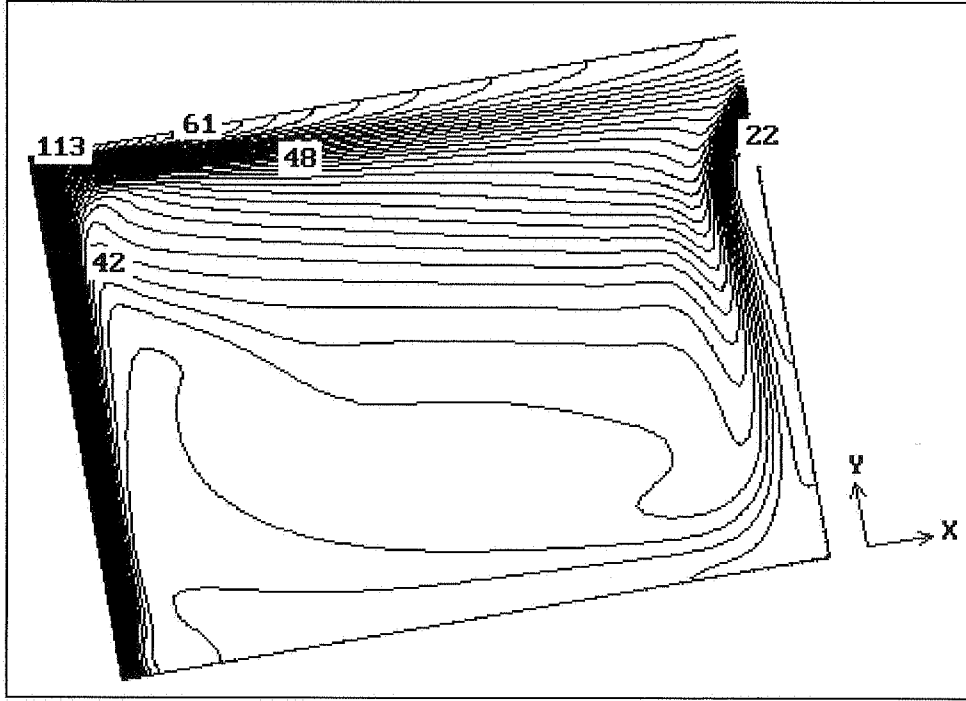


(a)

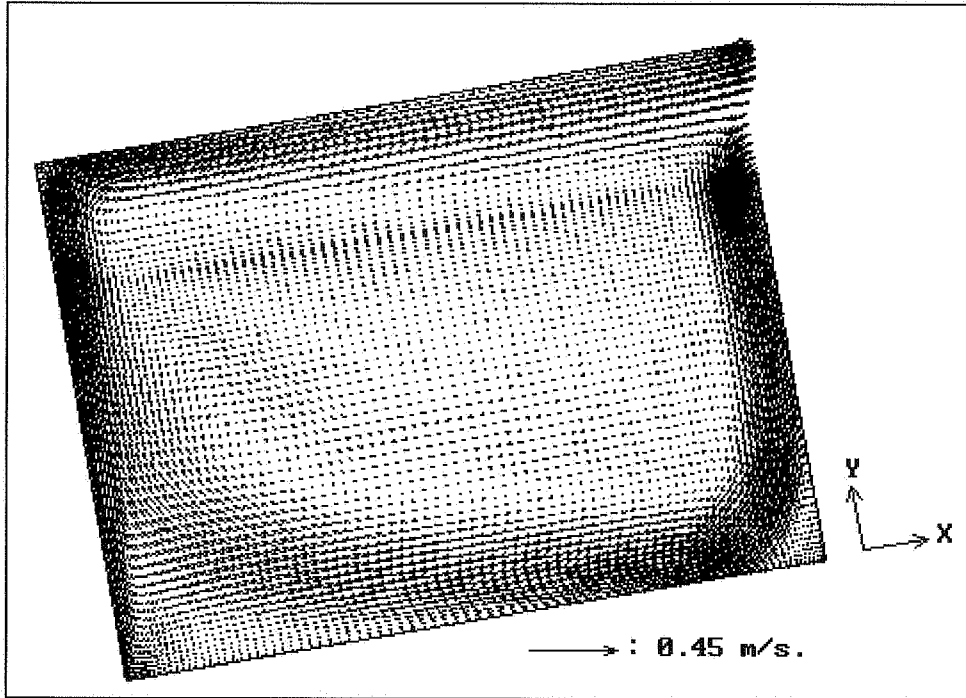


(b)

Şekil 5.64. Üstten açık konumda $GO=0,50$ 'de, $q''=240 \text{ W/m}^2$, $\theta=-10^\circ$, $AO=0,25$ için
a) Sıcaklık konturları, b) Hız vektörleri

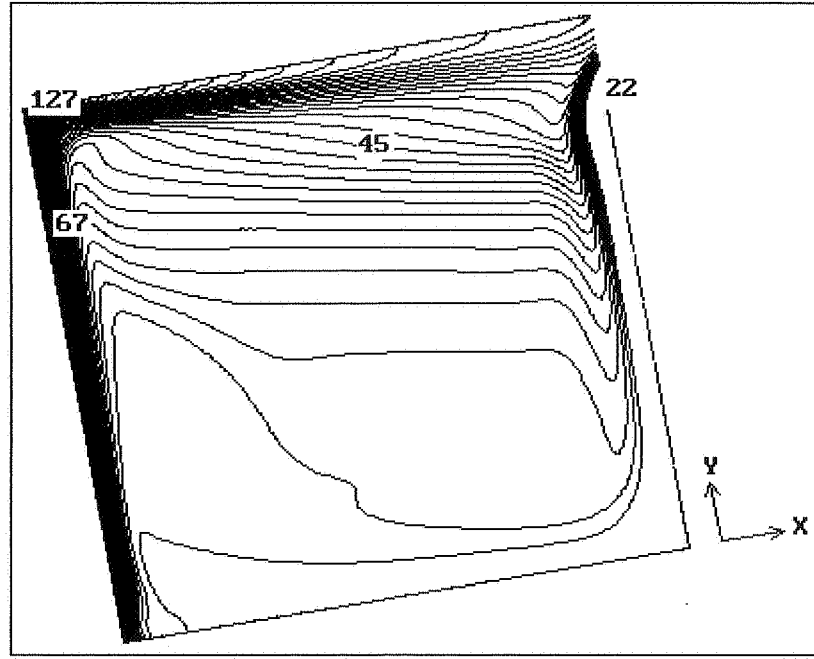


(a)

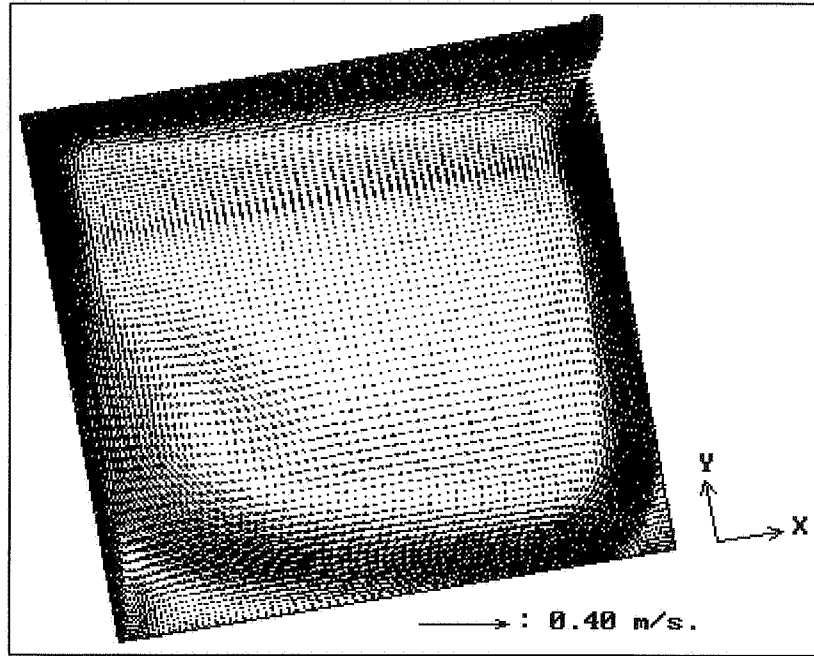


(b)

Şekil 5.65. Üstten açık konumda $GO=0,75$ 'de, $q''=240 \text{ W/m}^2$, $\theta=-10^\circ$, $AO=0,25$ için
a) Sıcaklık konturları, b) Hız vektörleri



(a)



(b)

Şekil 5.66. Üstten açık konumda $GO=1$ 'de, $q''=240 \text{ W/m}^2$, $\theta=-10^\circ$, $AO=0,25$ için
a) Sıcaklık konturları, b) Hız vektörleri

5.5. Üstten Açık Konumda Eğim Açısı $\theta=0^\circ$ 'deki Parametrik Çalışmalar

Bu bölümde, $\theta=0^\circ$ 'de üç farklı geometrik oranda ($GO=1$, $GO=0,75$ ve $GO=0,50$), farklı ısı akılarında ($10-480 \text{ W/m}^2$), üç farklı açıklık oranında ($AO=0,25$, $AO=0,50$ ve $AO=0,75$) yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen ortalama yüzey sıcaklığı (T_w) ve ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı ($Nu_{H,ort.}$) değerleri grafikler ve sıcaklık konturları, hız vektörleri yardımı ile detaylı bir şekilde incelenmiştir. Ayrıca elde edilen ortalama yüzey sıcaklığı ve ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı ($Nu_{H,ort.}$) sonuçları Çizelge 5.13, Çizelge 5.14 ve Çizelge 5.15'de verilmiştir.

Çizelge 5.13. Üstten açık konumda $\theta=0^\circ$ ve $AO=0,25$ 'de elde edilen sonuçlar

Eğim Açısı $\alpha = 0^\circ$	Prandtl Sayısı $Pr = 0,708$		Açıklık Oranı $a/H=0,25$	Açıklık Konumu (AO) Üstten Açık		
Isı Akısı (q'') [W/m^2]	Ort. Yüzey Sıcaklığı (T_w) [$^\circ\text{C}$]			Ort. Nusselt Sayısı ($Nu_{H,ort.}$)		
	Geometrik Oran (GO)			Geometrik Oran (GO)		
	0,50	0,75	1.00	0,50	0,75	1.00
10	27,98	26,90	27,86	4,79	8,77	9,78
40	36,89	34,92	37,40	7,70	13,30	14,89
80	46,04	43,50	47,54	9,54	15,98	17,95
120	54,10	51,22	56,64	10,71	17,64	19,85
160	61,59	58,50	65,21	11,58	18,83	21,22
200	68,75	65,52	73,48	12,26	19,74	22,26
240	75,67	72,35	81,53	12,81	20,47	23,10
280	82,44	79,06	89,46	13,27	21,08	23,79
320	89,09	85,69	97,28	13,67	21,58	24,36
360	95,64	92,25	105,02	14,01	22,01	24,85
400	102,14	98,77	112,75	14,30	22,38	25,26
440	108,59	105,26	120,46	14,56	22,70	25,61
480	114,99	111,73	128,16	14,79	22,98	25,91

Çizelge 5.14. Üstten açık konumda $\theta=0^\circ$ ve $AO=0,50$ 'de elde edilen sonuçlar

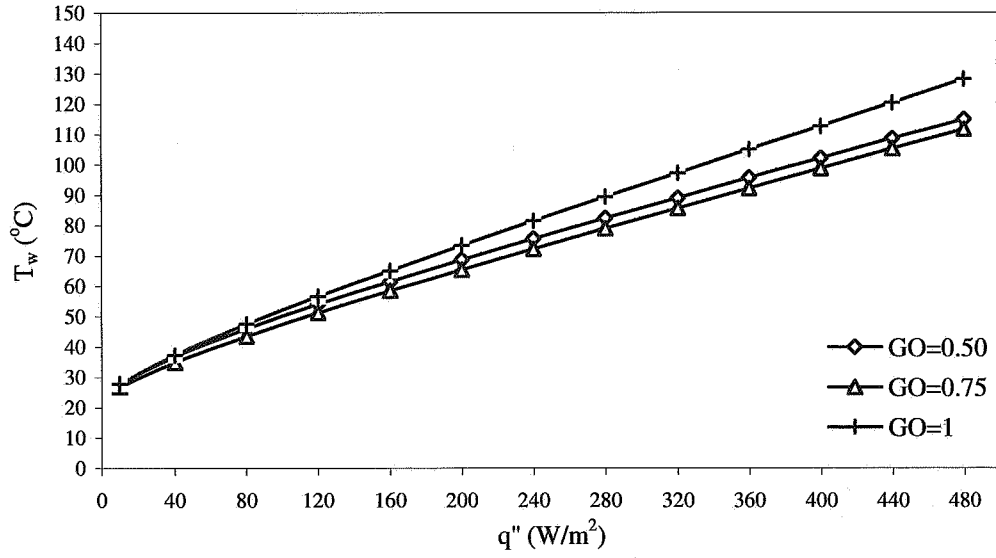
Eğim Açısı $\alpha = 0^\circ$	Prandtl Sayısı $Pr = 0,708$		Açıklık Oranı $a/H=0,50$	Açıklık Konumu (AO) Üstten Açık		
Isı Akısı (q'') [W/m ²]	Ort. Yüzey Sıcaklığı (T_w) [°C]			Ort. Nusselt Sayısı ($Nu_{H,ort.}$)		
	Geometrik Oran (GO)			Geometrik Oran (GO)		
	0,50	0,75	1.00	0,50	0,75	1.00
10	25,96	25,73	25,70	7,24	11,52	15,49
40	32,90	32,86	33,02	10,51	15,82	20,80
80	40,53	40,82	41,30	12,37	18,26	23,76
120	47,47	48,12	48,95	13,50	19,73	25,52
160	54,05	55,07	56,28	14,30	20,78	26,75
200	60,42	61,81	63,43	14,92	21,58	27,67
240	66,62	68,40	70,47	15,41	22,22	28,38
280	72,72	74,90	77,39	15,82	22,74	28,97
320	78,72	81,34	84,24	16,17	23,16	29,46
360	84,68	87,73	91,06	16,46	23,53	29,87
400	90,59	94,08	97,85	16,71	23,84	30,22
440	96,47	100,42	104,63	16,93	24,10	30,52
480	102,32	106,74	111,42	17,13	24,33	30,76

Çizelge 5.15. Üstten açık konumda $\theta=0^\circ$ ve $AO=0,75$ 'de elde edilen sonuçlar

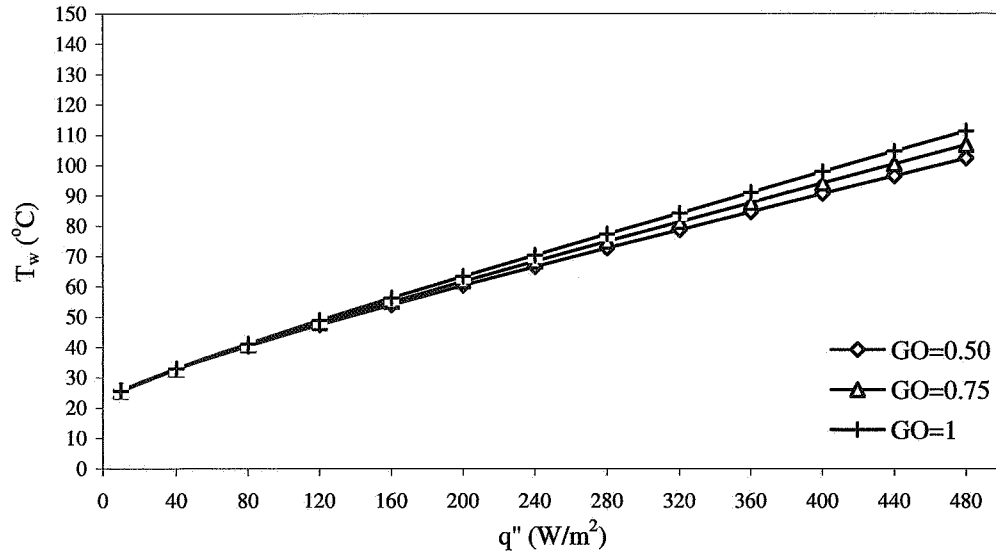
Eğim Açısı $\alpha = 0^\circ$	Prandtl Sayısı $Pr = 0,708$		Açıklık Oranı $a/H=0,75$	Açıklık Konumu (AO) Üstten Açık		
Isı Akısı (q'') [W/m ²]	Ort. Yüzey Sıcaklığı (T_w) [°C]			Ort. Nusselt Sayısı ($Nu_{H,ort.}$)		
	Geometrik Oran (GO)			Geometrik Oran (GO)		
	0,50	0,75	1.00	0,50	0,75	1.00
10	25,68	25,61	25,54	7,79	11,90	16,19
40	32,54	32,74	32,62	10,87	16,00	21,59
80	40,16	40,73	40,59	12,62	18,35	24,66
120	47,12	48,08	47,94	13,69	19,76	26,51
160	53,73	55,08	54,95	14,45	20,78	27,83
200	60,12	61,87	61,75	15,03	21,55	28,83
240	66,36	68,52	68,41	15,50	22,16	29,64
280	72,50	75,08	74,99	15,89	22,66	30,28
320	78,57	81,57	81,50	16,21	23,07	30,82
360	84,58	88,02	87,96	16,48	23,42	31,28
400	90,55	94,44	94,39	16,72	23,72	31,67
440	96,49	100,84	100,81	16,93	23,97	32,00
480	102,42	107,23	107,22	17,10	24,19	32,28

Şekil 5.67, Şekil 5.68 ve Şekil 5.69'da ortalama yüzey sıcaklıklarının (T_w), farklı ısı akılarındaki değişimleri, üç farklı geometrik oran için ($GO=1$, $GO=0,75$ ve

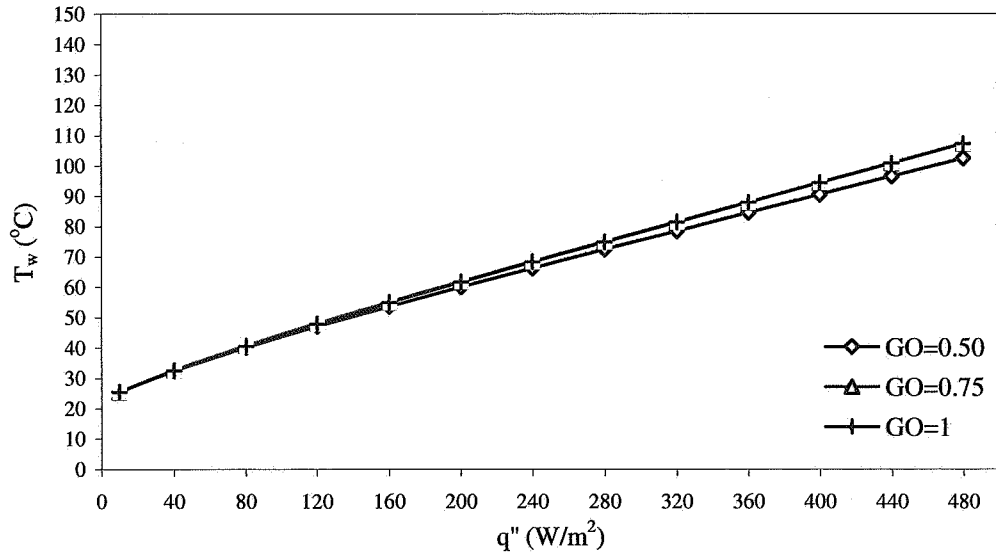
GO=0,50), sabit eğim açısında ($\theta=0^\circ$) ve üç farklı açıklık oranındaki grafikleri görülmektedir. Şekiller incelendiğinde GO=1'de elde edilen ortalama yüzey sıcaklığı değerlerinin bütün açıklık oranlarında daha yüksek değerlere ulaştığı görülmektedir. Açıklık oranı 0,25'de iken elde edilen ortalama yüzey sıcaklığı değerlerinin açıklık oranının artması ile düştüğü görülmektedir. AO=0,25'de ve GO=1'de elde edilen ortalama yüzey sıcaklığı değerlerinin, GO=0,50 ve GO=0,75'de elde edilen değerlere $10-120 \text{ W/m}^2$ ısı akısı aralıklarında yakın değerlerde olduğu ısı akısının artması ile GO=0,50 ve GO=0,75'de elde edilen değerlerin birbirine paralel bir şekilde arttığı ancak GO=1'de elde edilen ortalama yüzey sıcaklığı değerlerinin artışının diğer geometrik oranlardaki değerlerden giderek uzaklaştığı arttığı görülmektedir. AO=0,25'de dikkat edilirse GO=0,50'de elde edilen ortalama yüzey sıcaklığı değerlerinin (T_w) GO=0,75'de elde edilen ortalama yüzey sıcaklığı (T_w) değerlerinden yüksek olduğu görülmektedir. Açıklık oranının artması ile (AO=0,50) dikkat edilirse GO=0,50'deki ortalama yüzey sıcaklığı değerlerinin GO=0,75'den daha düşük olduğu görülmektedir. Bununla beraber 0,75 açıklık oranında GO=1 ve GO=0,75'deki ortalama yüzey sıcaklığı değerlerinin birbirine çok yakın değerlerde hatta eşit olduğu görülmektedir ve GO=0,50'deki ortalama yüzey sıcaklığı değerlerinin ısı akısının $10-160 \text{ W/m}^2$ aralıklarında GO=1 ve GO=0,75'deki değerlere yakın olduğu ısı akısının artması ile ortalama yüzey sıcaklığı değerlerinin düştüğü görülmektedir. Şekiller incelendiğinde maksimum ortalama yüzey sıcaklığı değerinin (T_w), $\theta=0^\circ$ 'de GO=1 ve AO=0,25'de elde edildiği, minimum ortalama yüzey sıcaklığının ise $\theta=0^\circ$ 'de GO=0,50 ve AO=0,75'de elde edildiği görülmektedir. Sonuç olarak, geometrik oranın artması ve bununla birlikte açıklık oranının azalması sonucunda ortalama yüzey sıcaklığının (T_w) arttığı görülmektedir.



Şekil 5.67. AO=0,25 ve $\theta=0^\circ$ de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi (GO=0,50 , GO=0,75 ve GO=1)

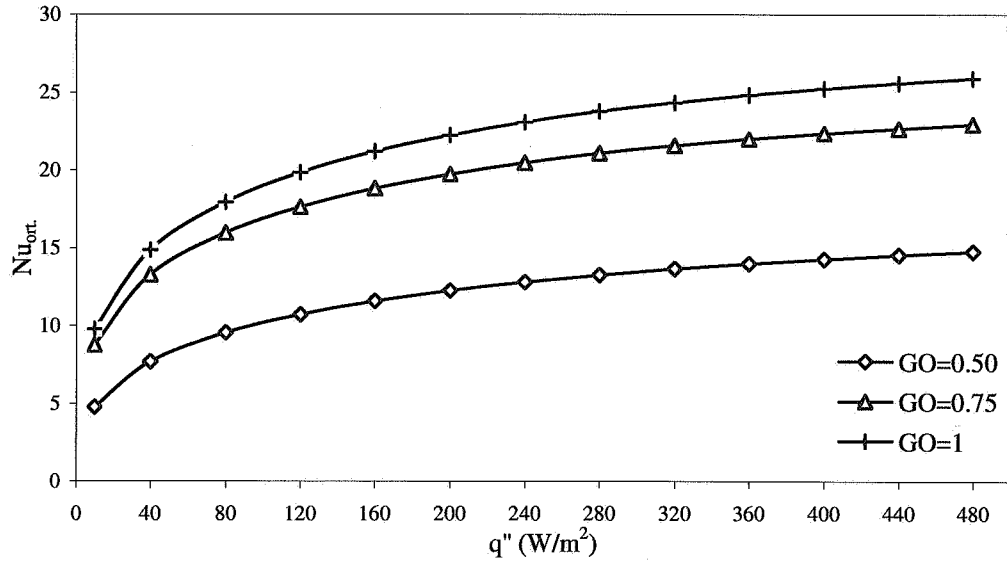


Şekil 5.68. AO=0,50 ve $\theta=0^\circ$ de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi (GO=0,50 , GO=0,75 ve GO=1)

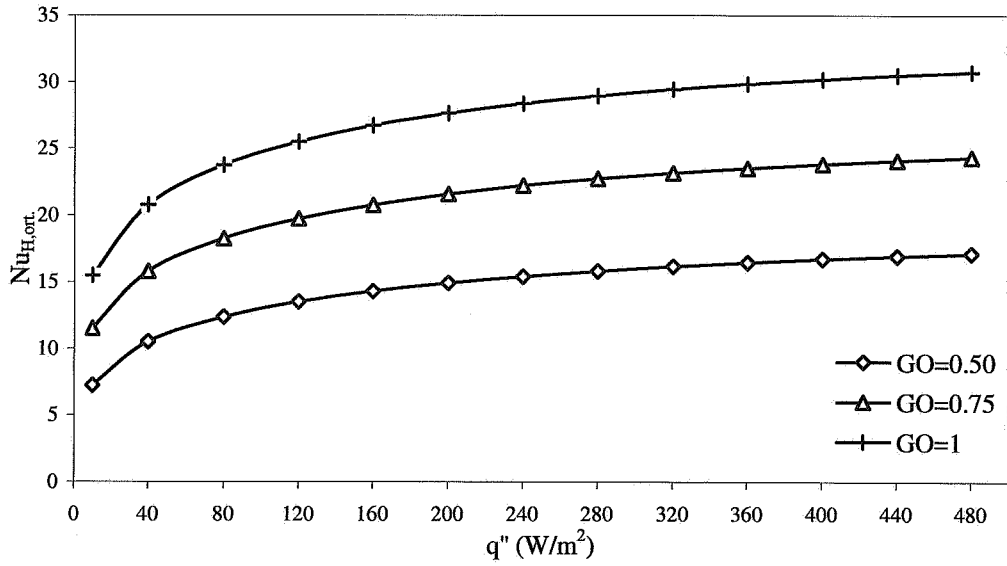


Şekil 5.69. AO=0,75 ve $\theta=0^\circ$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi (GO=0,50, GO=0,75 ve GO=1)

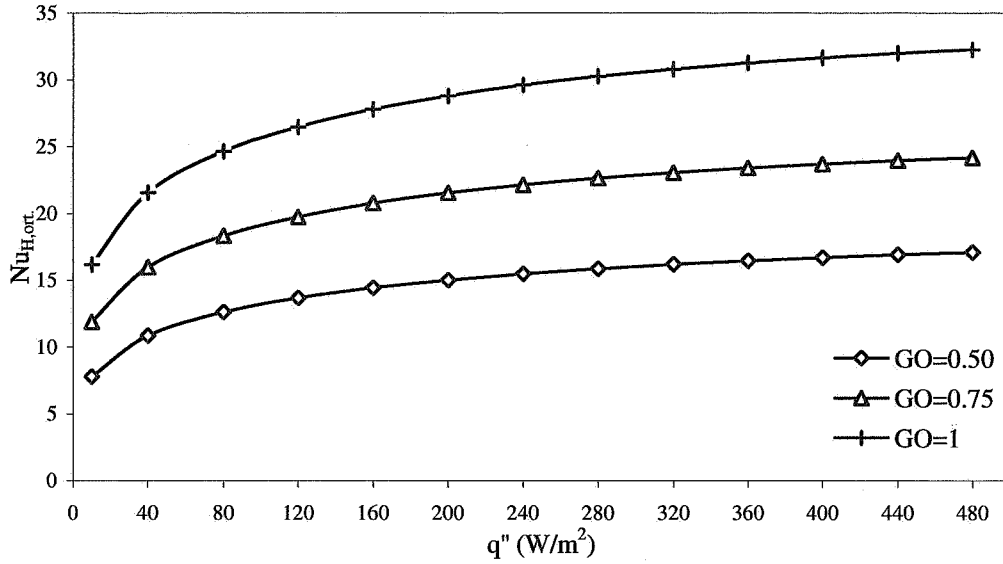
Ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısının ($Nu_{H,ort.}$), 10-480 W/m² ısı akısı aralıklarında, üç farklı açıklık oranında (AO=0,25 , AO=0,50 ve AO=0,75), üç farklı geometrik orana (GO=1, GO=0,75 ve GO=0,50) bağlı değişimi Şekil 5.70, Şekil 5.71 ve Şekil 5.72'de verilmiştir. Şekiller incelendiğinde, GO=1'de; bütün açıklık oranlarında elde edilen ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısının farklı ısı akılarındaki değerlerinin diğer geometrik oranlardaki ortalama boyutsuz ısı transferi değerlerinden yüksek olduğu görülmektedir. AO=0,25'de elde edilen ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı değerinin GO=0,50'de çok düşük olduğu, GO=1'de ise yüksek değerlerde olduğu görülmektedir. Açıklık oranının artması ile (AO=0,75) GO=1'deki ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı değerinin daha da arttığı ve bununla birlikte ısı transferinin daha iyi olduğu görülmektedir. Grafikler dikkatlice incelendiğinde maksimum ortalama yüzey katsayısı değerinin ($Nu_{H,ort.}$) GO=1 ve AO=0,75 olduğu durumda elde edildiği görülmektedir.



Şekil 5.70. AO=0,25 ve $\theta=0^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi (GO=0,50 , GO=0,75 ve GO=1)



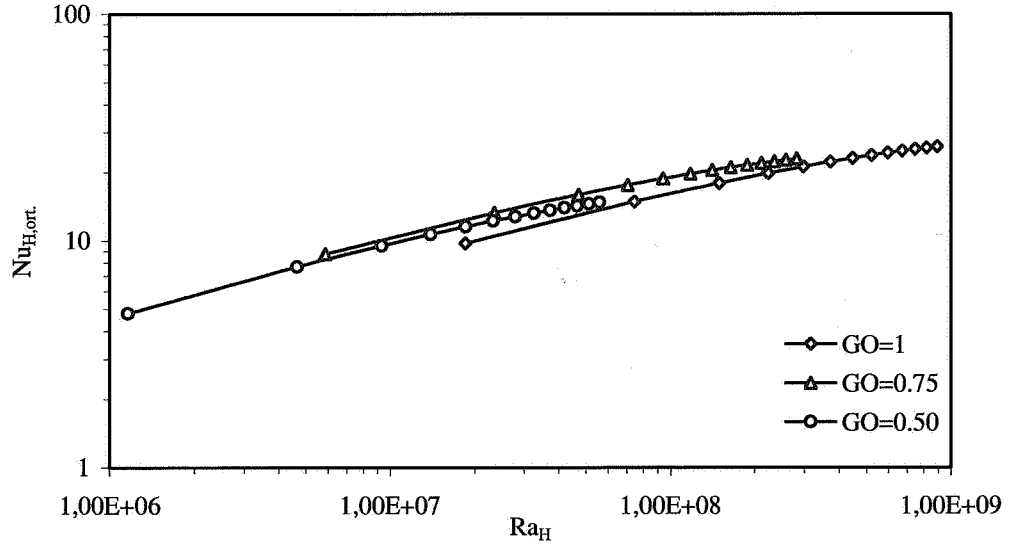
Şekil 5.71. AO=0,50 ve $\theta=0^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi (GO=0,50 , GO=0,75 ve GO=1)



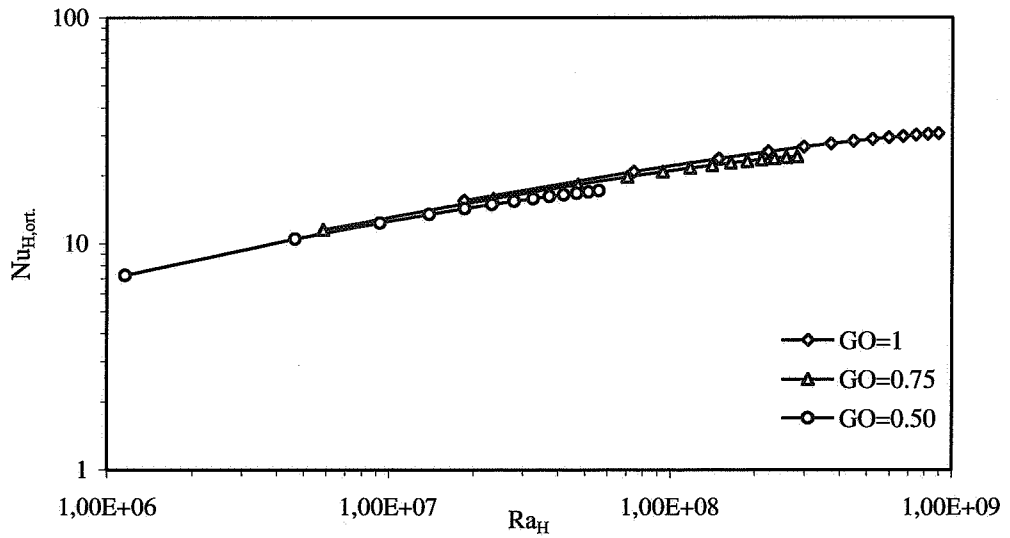
Şekil 5.72. AO=0,75 ve $\theta=0^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi (GO=0,50 , GO=0,75 ve GO=1)

Şekil 5.73, Şekil 5.74 ve Şekil 5.75'de üç farklı geometrik oranda (GO=1, GO=0,75 ve GO=0,50) ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısının ($Nu_{H,ort.}$) Rayleigh sayısına göre değişimleri üç farklı açıklık oranında (AO=0,25 , AO=0,50 ve AO=0,75), sabit eğim açısında ($\theta=0^\circ$) verilmiştir. Şekiller incelendiğinde AO=0,25'de dikkat edilirse GO=0,50'deki ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısının maksimum değerlerinin GO=1'deki $Nu_{H,ort.}$ başlangıçtaki değerlerinden yüksek olduğu, GO=0,75'deki $Nu_{H,ort.}$ değerlerinin başlangıçtaki değerlerinden düşük olduğu, ayrıca GO=0,75'deki $Nu_{H,ort.}$ değerlerinin maksimum değerlerde olduğu durumda GO=1'deki $Nu_{H,ort.}$ değerlerinin düşük olduğu durumda yüksek olduğu fakat GO=1'deki $Nu_{H,ort.}$ değerleri maksimum olduğunda GO=0,75'de elde edilen $Nu_{H,ort.}$ değerlerinden yüksek olduğu görülmektedir. AO=0,25'de Rayleigh sayısının minimum olduğu durumda GO=0,50'deki $Nu_{H,ort.}$ değerinin minimum yani ısı transferinin düşük olduğu, Rayleigh sayısının maksimum olduğu durumda ise GO=1'deki $Nu_{H,ort.}$ değerinin maksimum olduğu yani ısı transferinin yüksek olduğu görülmektedir. Açıklık oranının artması ile sabit eğim açısında ($\theta=0^\circ$) yüksek geometrik oranlarda ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısının yüksek olduğu, geometrik oranın yüksek fakat ortalama boyutsuz ısı transferi değerlerinin düşük olduğu geometrik oranın

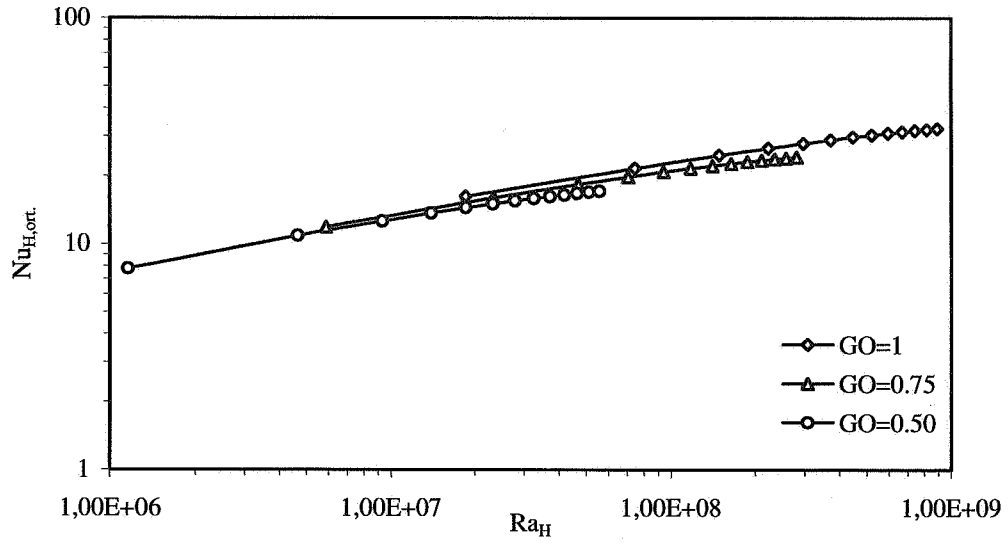
düşük fakat ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı değerlerinin yüksek olduğu durumdaki $Nu_{H,ort.}$ değerlerinin birbirine yaklaştığı görülmektedir.



Şekil 5.73. $AO=0,25$ ve $\theta=0^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi ($GO=0,50$, $GO=0,75$ ve $GO=1$)

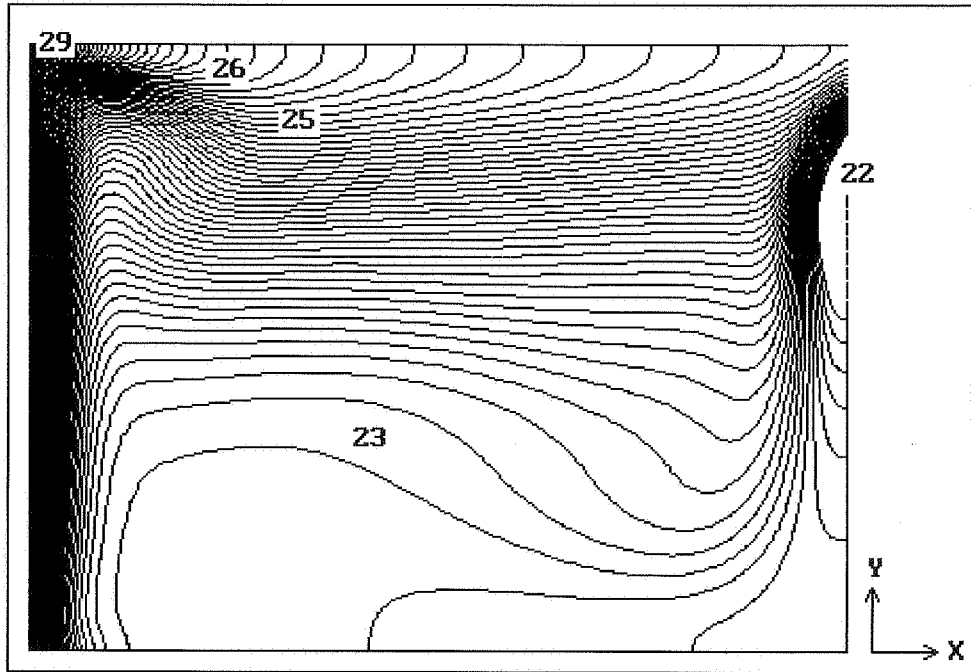


Şekil 5.74. $AO=0,50$ ve $\theta=0^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi ($GO=0,50$, $GO=0,75$ ve $GO=1$)

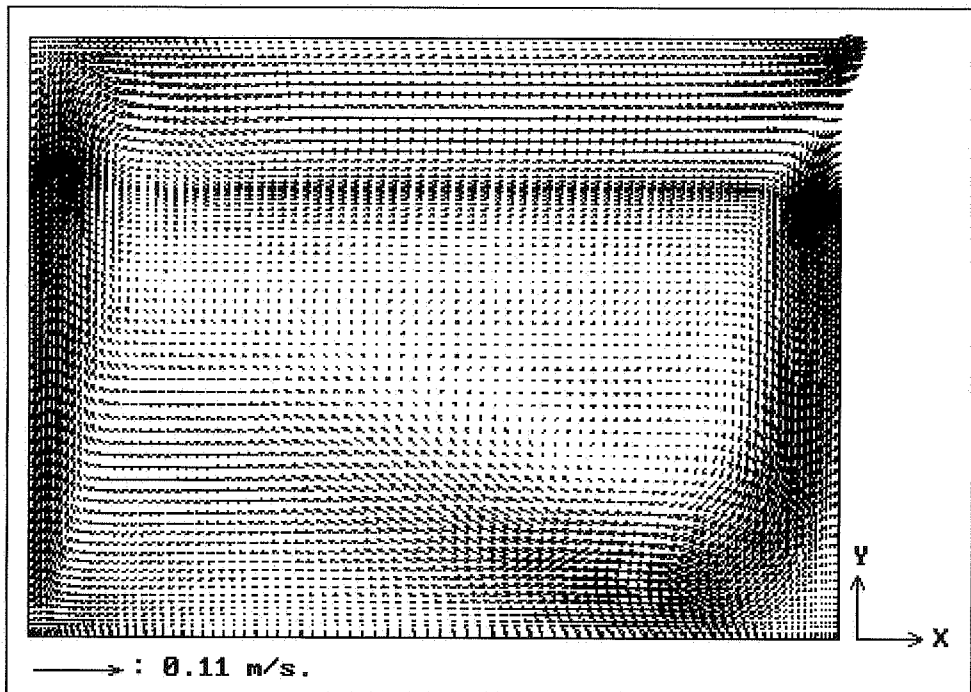


Şekil 5.75. $AO=0,75$ ve $\theta=0^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi ($GO=0,50$, $GO=0,75$ ve $GO=1$)

Şekil 5.76, Şekil 5.77 ve Şekil 5.78'de; $GO=0,75$, $\theta=0^\circ$, $AO=0,25$ 'de üç farklı ısı akısındaki ($q''=10 \text{ W/m}^2$, $q''=240 \text{ W/m}^2$ ve $q''=480 \text{ W/m}^2$) sıcaklık konturları ve hız vektörleri görülmektedir. Şekil 5.76.a, Şekil 5.77.a ve Şekil 5.78.a'daki sıcaklık konturlarına bakıldığında ısı akısının artması ile içerdeki maksimum sıcaklığın arttığı ve sıcaklık konturlarının dağılımlarının üst yüzeylerde sıklaştığı görülmektedir. Şekil 5.76.b, Şekil 5.77.b ve Şekil 5.78.b'deki hız vektörlerine bakıldığında da ısı akısının artması ile ısınan havanın üst yüzeye ulaşma hızının arttığı yani içerdeki ısınan havanın sirkülasyon hızının arttığı görülmektedir.

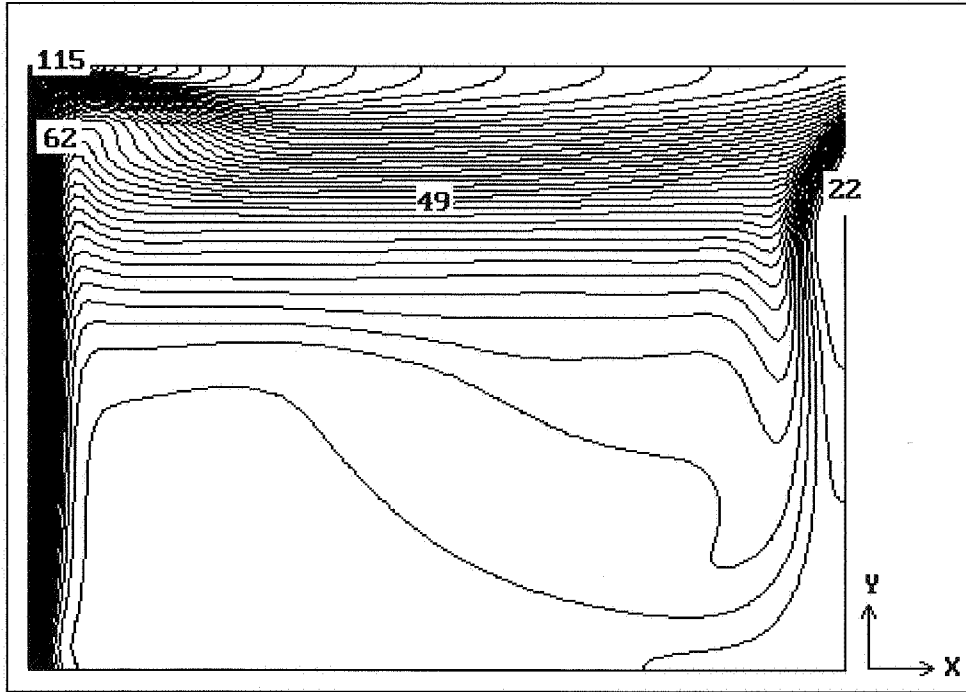


(a)

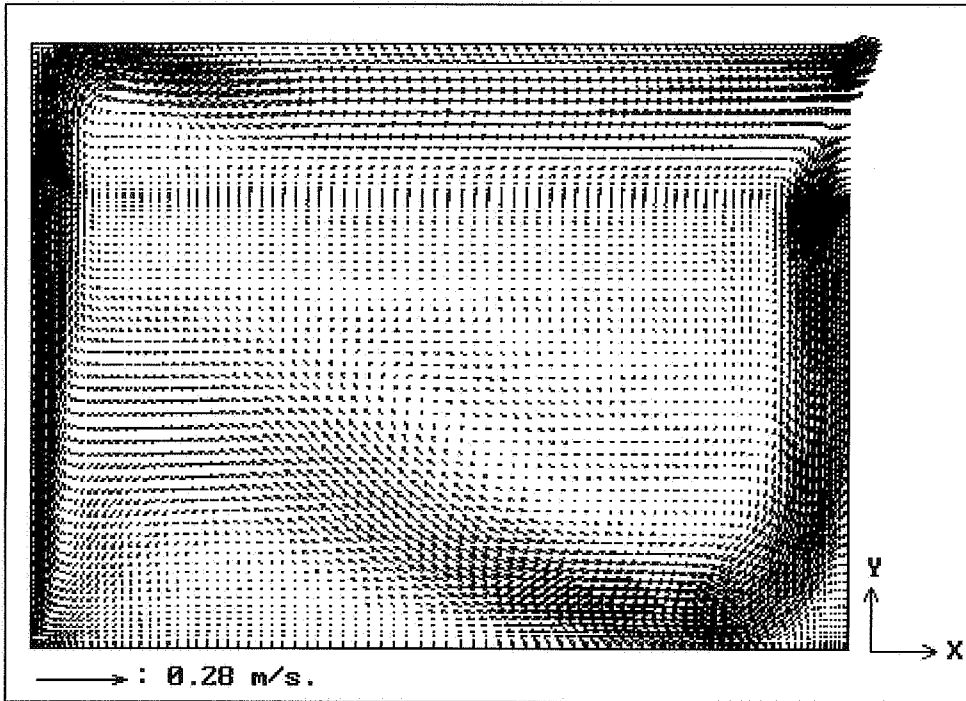


(b)

Şekil 5.76. Üstten açık konumda $q''=10 \text{ W/m}^2$, $GO=0,75$ 'de, $\theta=0^\circ$, $AO=0,25$ için:
a) Sıcaklık konturları, b) Hız vektörleri

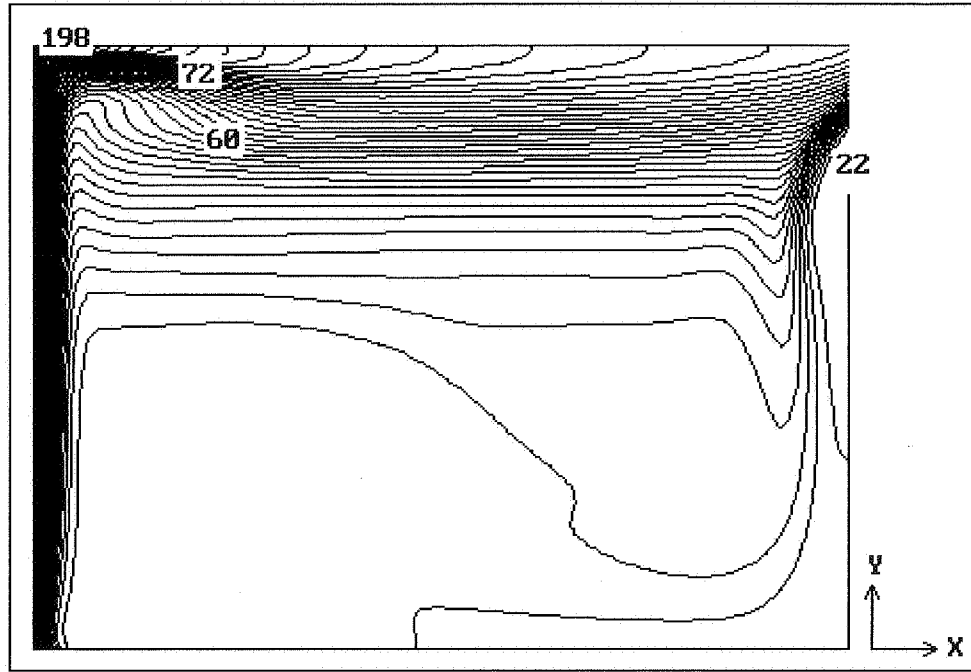


(a)

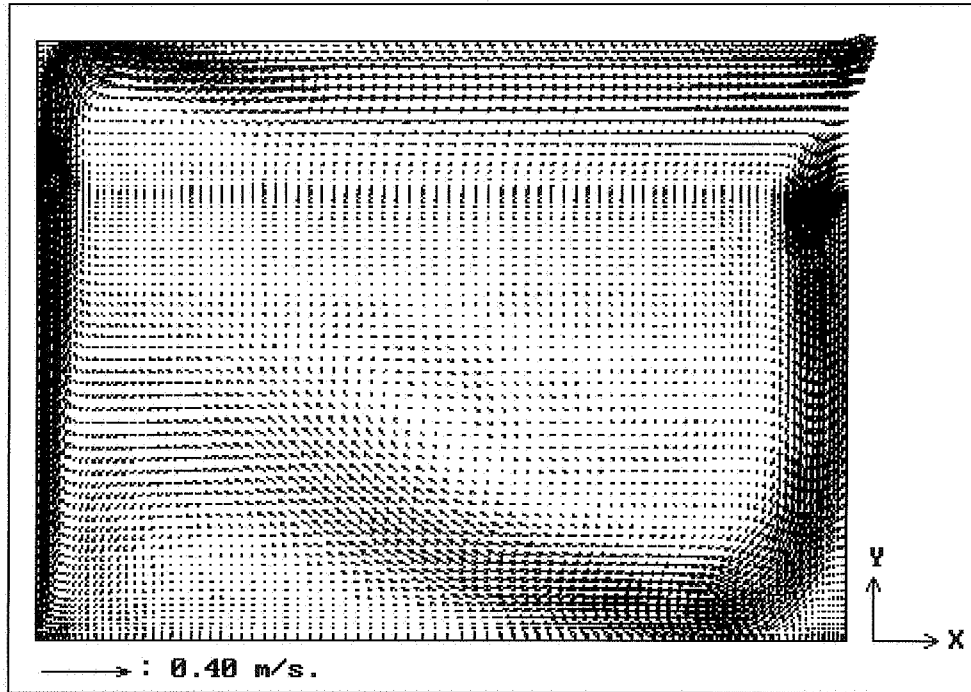


(b)

Şekil 5.77. Üstten açık konumda $q''=240 \text{ W/m}^2$, $GO=0,75$ 'de, $\theta=0^\circ$, $AO=0,25$ için:
a) Sıcaklık konturları, b) Hız vektörleri



(a)



(b)

Şekil 5.78. Üstten açık konumda $q''=480 \text{ W/m}^2$, $GO=0,75$ 'de, $\theta=0^\circ$, $AO=0,25$ için:
a) Sıcaklık konturları, b) Hız vektörleri

5.6. Üstten Açık Konumda Eğim Açısı $\theta=10^\circ$ 'deki Parametrik Çalışmalar

Bu bölümde, sabit eğim açısında, farklı açıklık oranlarında ($AO=0,25$, $AO=0,50$ ve $AO=0,75$), $10-480 \text{ W/m}^2$ ısı akısı aralıklarında $GO=0,50$, $GO=0,75$ ve $GO=1$ 'de elde edilen ortalama yüzey sıcaklıkları (T_w) ve ortalama boyutsuz ısı transferi katsayısı ($Nu_{H,ort.}$) sonuçlarının değerlendirilmesi yapılmıştır. Elde edilen bu sonuçlar Çizelge 5.16, Çizelge 5.17 ve Çizelge 5.18'de verilmiştir. Çizelgede verilen sonuçları grafiklerle de verilmiştir ve bu grafikler detaylı bir şekilde aşağıda incelenmiştir.

Çizelge 5.16. Üstten açık konumda $\theta=10^\circ$ ve $AO=0,25$ 'de elde edilen sonuçlar

Eğim Açısı $\alpha = 10^\circ$	Prandtl Sayısı $Pr = 0,708$		Açıklık Oranı $a/H=0,25$	Açıklık Konumu (AO) Üstten Açık		
Isı Akısı (q'') [W/m^2]	Ort. Yüzey Sıcaklığı (T_w) [$^\circ\text{C}$]			Ort. Nusselt Sayısı ($Nu_{H,ort.}$)		
	Geometrik Oran (GO)			Geometrik Oran (GO)		
	0,50	0,75	1,00	0,50	0,75	1,00
10	28,94	27,46	28,35	4,13	7,87	9,03
40	40,21	36,84	39,05	6,29	11,58	13,45
80	52,35	47,07	50,53	7,55	13,71	16,07
120	63,43	56,38	60,83	8,30	14,99	17,71
160	74,03	65,24	70,47	8,81	15,89	18,92
200	84,37	73,81	79,64	9,19	16,58	19,89
240	94,65	82,18	88,45	9,47	17,13	20,70
280	104,76	90,45	96,94	9,69	17,57	21,41
320	115,02	98,59	105,15	9,86	17,95	22,06
360	125,19	106,66	113,13	10,00	18,26	22,64
400	135,66	114,63	120,91	10,08	18,55	23,18
440	146,04	122,65	128,55	10,16	18,78	23,67
480	156,57	130,60	136,12	10,22	18,98	24,10

Çizelge 5.17. Üstten açık konumda $\theta=10^\circ$ ve $AO=0,50$ 'de elde edilen sonuçlar

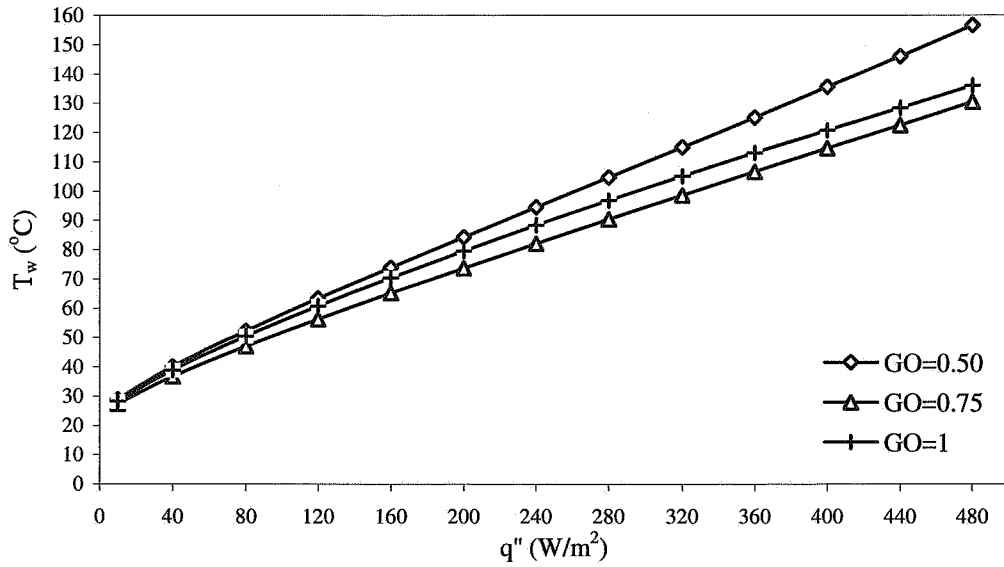
Eğim Açısı $\alpha = 10^\circ$	Prandtl Sayısı $Pr = 0,708$		Açıklık Oranı $a/H=0,50$	Açıklık Konumu (AO) Üstten Açık		
Isı Akısı (q'') [W/m ²]	Ort. Yüzey Sıcaklığı (T_w) [°C]			Ort. Nusselt Sayısı ($Nu_{H,ort.}$)		
	Geometrik Oran (GO)			Geometrik Oran (GO)		
	0,50	0,75	1.00	0,50	0,75	1.00
10	26,97	26,27	25,98	5,77	10,06	14,40
40	36,33	34,55	33,70	8,00	13,69	19,59
80	46,93	43,84	42,31	9,19	15,73	22,57
120	56,81	52,37	50,22	9,88	16,97	24,37
160	66,36	60,49	57,77	10,34	17,86	25,63
200	75,73	68,32	65,10	10,67	18,55	26,59
240	85,02	75,93	72,29	10,91	19,12	27,35
280	94,30	83,36	79,43	11,10	19,60	27,94
320	103,64	90,59	86,52	11,23	20,04	28,42
360	113,05	97,72	93,49	11,33	20,42	28,86
400	122,53	104,77	100,43	11,40	20,76	29,23
440	132,00	111,69	107,37	11,46	21,07	29,54
480	141,60	118,52	114,31	11,50	21,36	29,80

Çizelge 5.18. Üstten açık konumda $\theta=10^\circ$ ve $AO=0,75$ 'de elde edilen sonuçlar

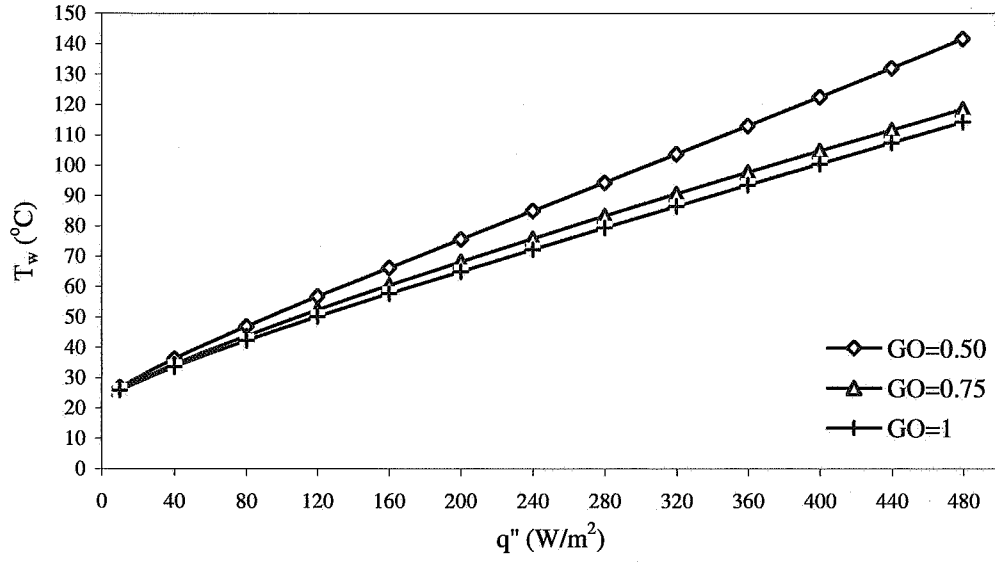
Eğim Açısı $\alpha = 10^\circ$	Prandtl Sayısı $Pr = 0,708$		Açıklık Oranı $a/H=0,75$	Açıklık Konumu (AO) Üstten Açık		
Isı Akısı (q'') [W/m ²]	Ort. Yüzey Sıcaklığı (T_w) [°C]			Ort. Nusselt Sayısı ($Nu_{H,ort.}$)		
	Geometrik Oran (GO)			Geometrik Oran (GO)		
	0,50	0,75	1.00	0,50	0,75	1.00
10	26,77	26,14	25,75	6,01	10,38	15,28
40	36,13	34,35	33,12	8,11	13,91	20,61
80	46,88	43,63	41,38	9,21	15,89	23,66
120	56,95	52,16	48,96	9,84	17,09	25,51
160	66,73	60,28	56,17	10,25	17,95	26,83
200	76,38	68,11	63,16	10,54	18,63	27,85
240	85,97	75,73	70,01	10,75	19,19	28,65
280	95,60	83,20	76,75	10,90	19,65	29,31
320	105,25	90,52	83,43	11,01	20,06	29,85
360	114,98	97,71	90,06	11,09	20,42	30,31
400	124,79	104,80	96,66	11,15	20,75	30,70
440	134,81	111,76	103,31	11,18	21,06	31,01
480	144,74	118,63	109,90	11,21	21,34	31,30

Şekil 5.79, Şekil 5.80 ve Şekil 5.81'de ortalama yüzey sıcaklığı değişimleri farklı ısı akılarında (10-480 W/m²), sabit eğim açısında ($\theta=10^\circ$), farklı açıklık oranlarında

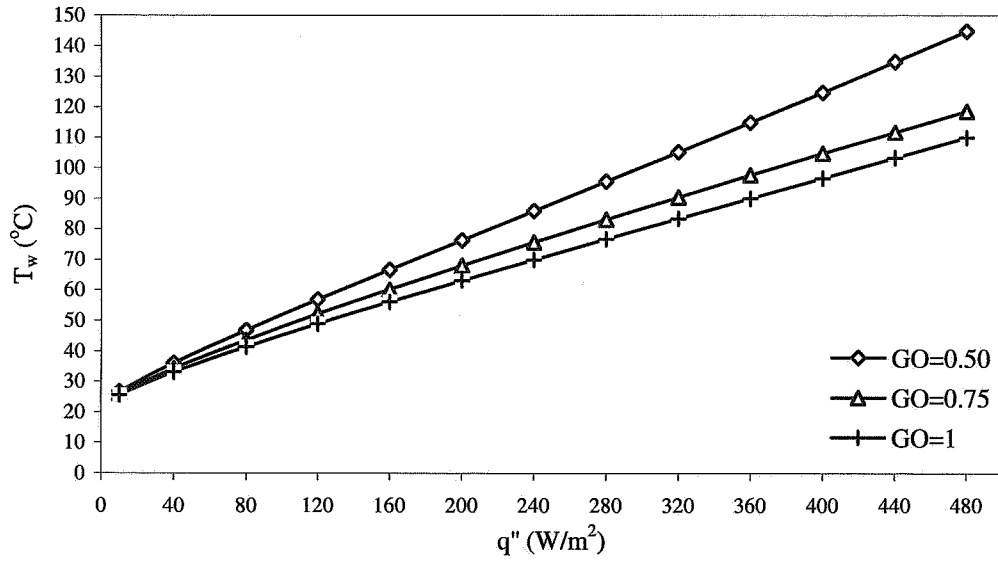
($AO=0,25$, $AO=0,50$ ve $AO=0,75$) ve farklı geometrik oranlarda verilmiştir. Şekiller detaylı bir şekilde incelendiğinde $0,25$, $0,50$ ve $0,75$ açıklık oranlarında, $\theta=10^\circ$ 'de maksimum ortalama yüzey sıcaklığının (T_w) $GO=0,50$ 'de olduğu görülmektedir. Dikkat edilirse açıklık oranı $0,50$ ve $0,75$ 'de $GO=1$ 'de elde edilen ortalama yüzey sıcaklığı değerlerin $GO=0,75$ 'deki ortalama yüzey sıcaklığı değerlerinden düşük olduğu görülmektedir. Açıklık oranının artması ile ortalama yüzey sıcaklığı değerlerinin bütün geometrik oranlarında düştüğü görülmektedir.



Şekil 5.79. $AO=0,25$ ve $\theta=10^\circ$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($GO=0,50$, $GO=0,75$ ve $GO=1$)



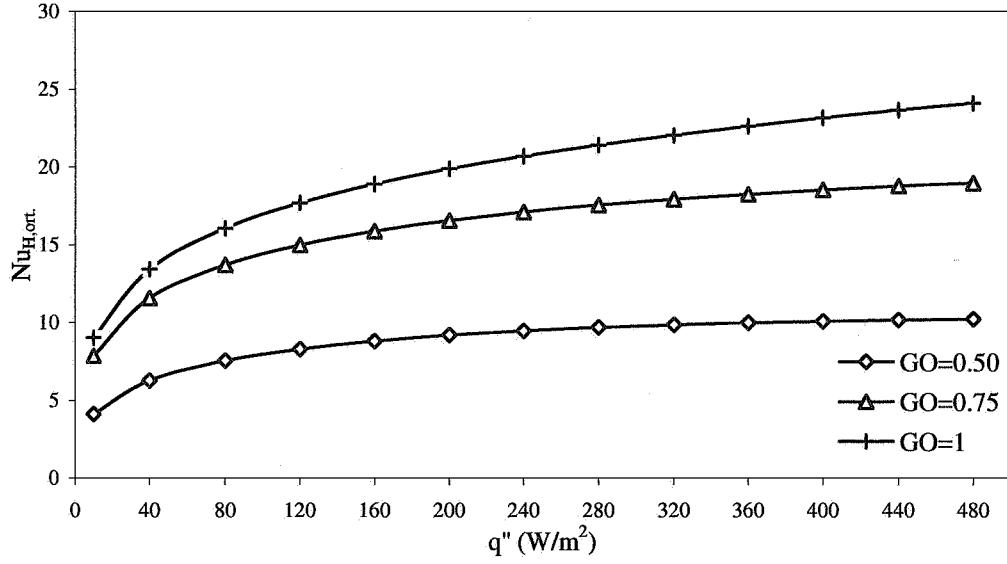
Şekil 5.80. AO=0,50 ve $\theta=10^\circ$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi (GO=0,50 , GO=0,75 ve GO=1)



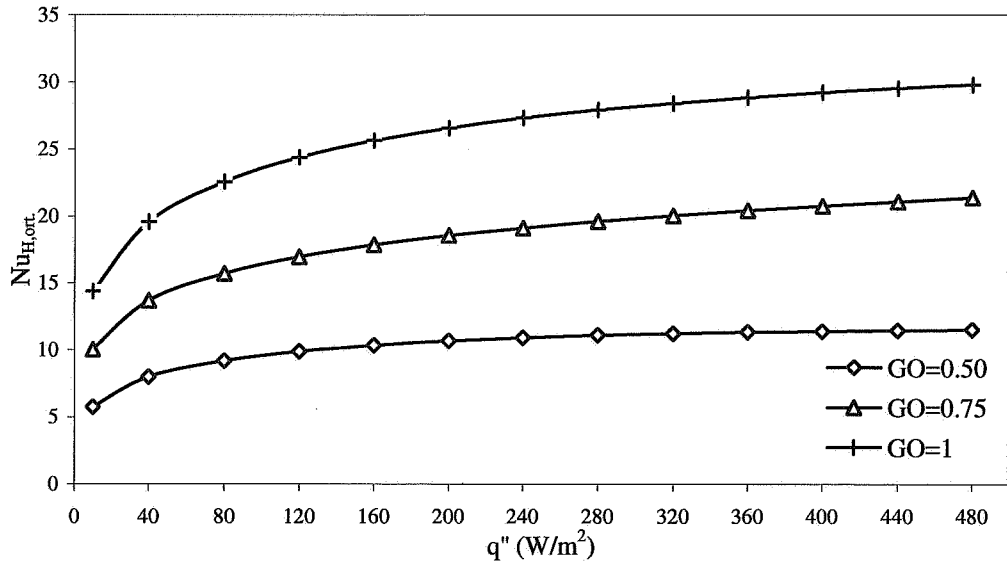
Şekil 5.81. AO=0,75 ve $\theta=10^\circ$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi (GO=0,50 , GO=0,75 ve GO=1)

AO=0,25 , AO=0,50 ve AO=0,75'de farklı geometrik oranlarda (GO=1, GO=0,75 ve GO=0,50) 10-480 W/m² ısı akısı aralıklarında elde edilen ortalama boyutsuz ısı transferi katsayısı ($Nu_{H,ort.}$) değişimleri Şekil 5.82, Şekil 5.83 ve Şekil 5.84'de

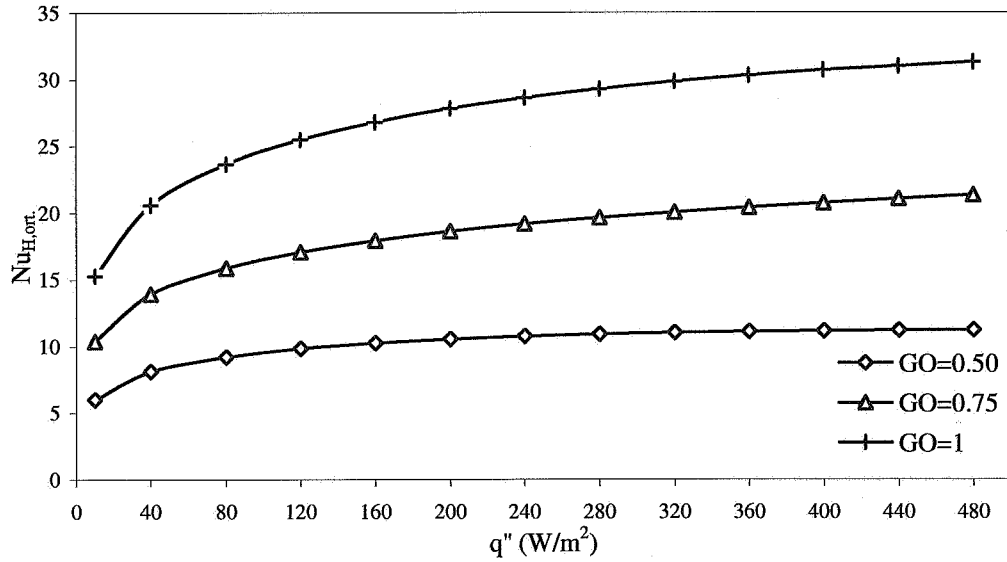
verilmiştir. Şekiller incelendiğinde açıklık oranının artması ile ortalama boyutsuz ısı transferinin arttığı bununla birlikte ısı transferinin arttığı görülmektedir.



Şekil 5.82. AO=0,25 ve $\theta=10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi (GO=0,50 , GO=0,75 ve GO=1)

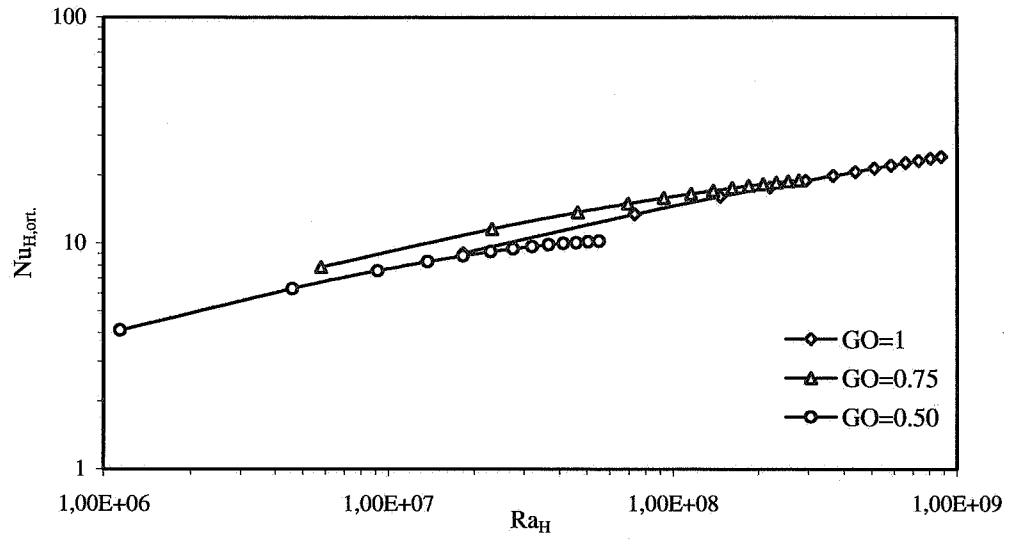


Şekil 5.83. AO=0,50 ve $\theta=10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi (GO=0,50 , GO=0,75 ve GO=1)

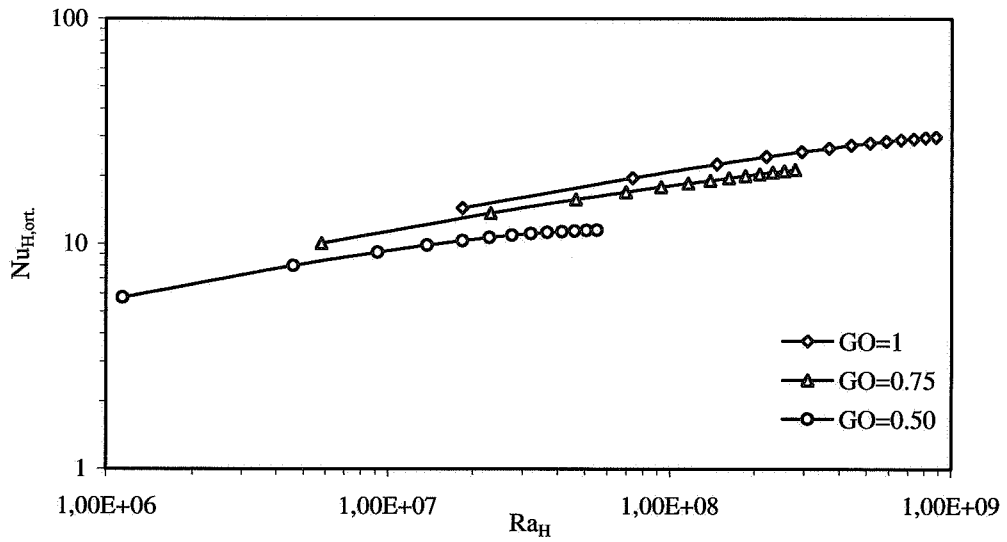


Şekil 5.84. AO=0,75 ve $\theta=10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi (GO=0,50, GO=0,75 ve GO=1)

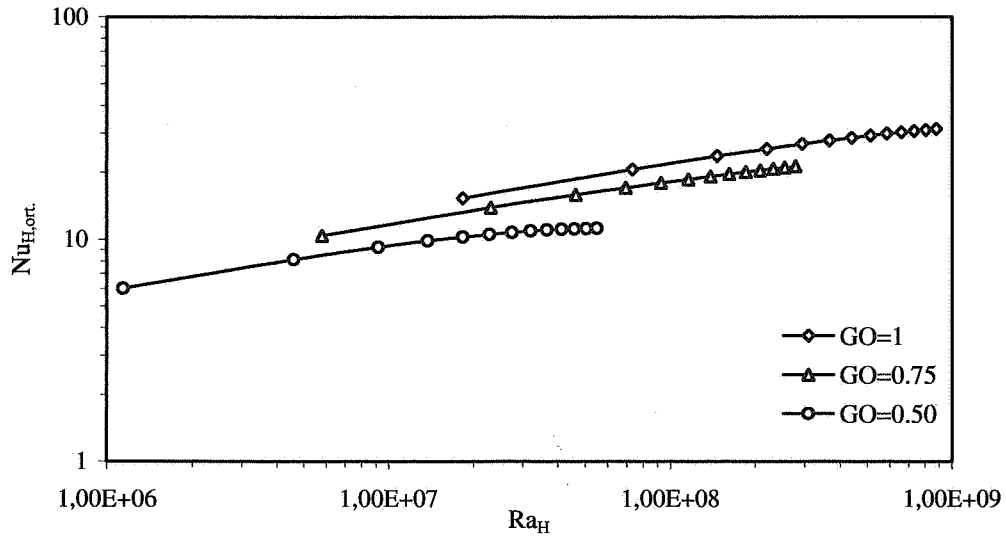
Şekil 5.85, Şekil 5.86 ve Şekil 5.87'de ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısının ($Nu_{H,ort.}$) üç farklı geometrik oranda Rayleigh sayısına göre değişimi üç farklı açıklık oranında sabit eğim açısında ($\theta=10^\circ$) verilmiştir. Şekiller incelendiğinde AO=0,25'de; GO=1'de elde edilen ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı değerlerinin maksimum Rayleigh sayısında yüksek olduğu Rayleigh sayısının düşmeye başlaması ile GO=1'deki ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı değerlerinin GO=0,75'deki ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı değerlerinin altında kaldığı görülmektedir. Açıklık oranının artması ile GO=1'deki ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı değerlerinin GO=0,75'deki $Nu_{H,ort.}$ değerlerinden, GO=0,75'deki $Nu_{H,ort.}$ değerlerinin de GO=0,50'deki $Nu_{H,ort.}$ değerlerinden yüksek olduğu görülmektedir. Geometrik oranın büyük olduğu durumlarda, açıklık oranının artması ile ortalama ısı transfer katsayısının arttığı böylelikle ısı transferinin daha iyi olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 5.85. $AO=0,25$ ve $\theta=10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi ($GO=0,50$, $GO=0,75$ ve $GO=1$)

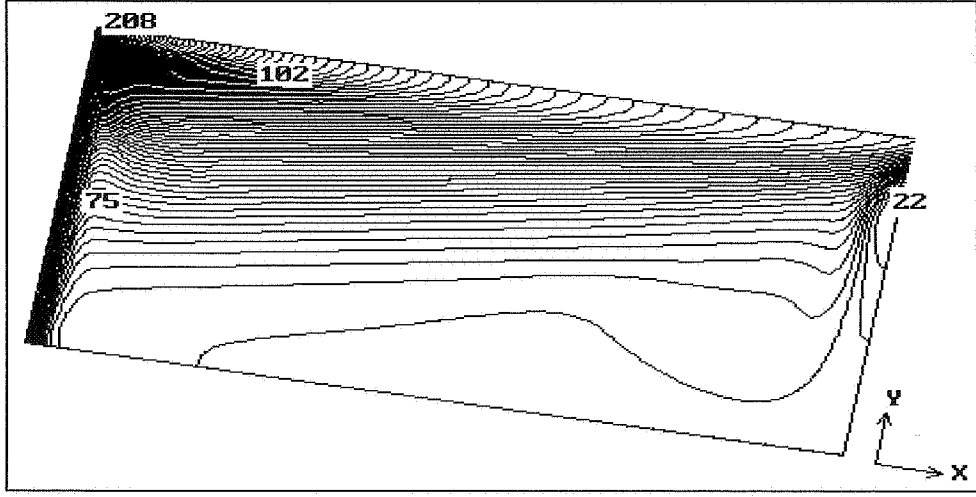


Şekil 5.86. $AO=0,50$ ve $\theta=10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi ($GO=0,50$, $GO=0,75$ ve $GO=1$)

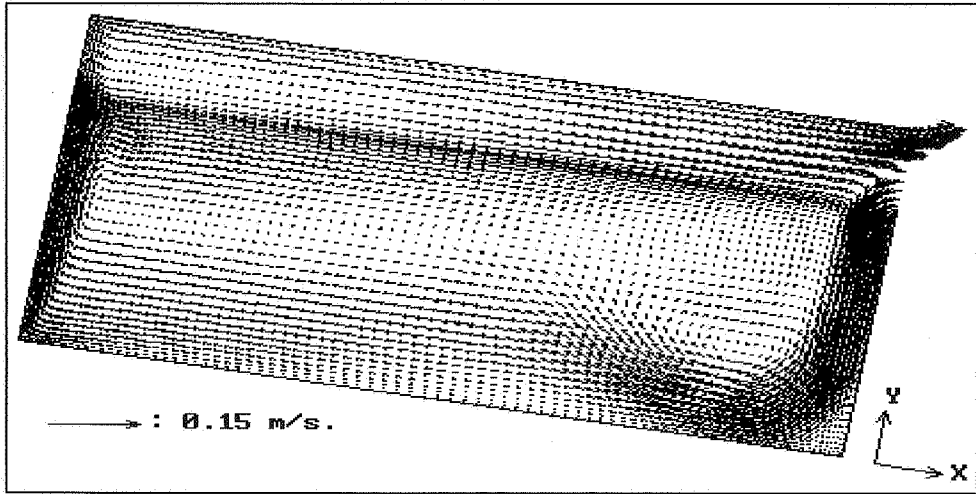


Şekil 5.87. AO=0,75 ve $\theta=10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi (GO=0,50 , GO=0,75 ve GO=1)

Şekil 5.88, Şekil 5.89 ve Şekil 5.90'da $q''=240 \text{ W/m}^2$, $\theta=10^\circ$, AO=0,25'de GO=0,50 , GO=0,75 ve GO=1'deki sıcaklık konturları ve hız vektörleri verilmiştir. Şekil 5.88.a, Şekil 5.89.a ve Şekil 5.90.a'daki sıcaklık konturları incelendiğinde geometrik oranın azalması ile ısınan havanın dışarı çıkışının zorlaştığı böylelikle ısı transferinin azaldığı görülmektedir. Geometrik oranın azalması ile hava sirkülasyonunun azaldığı, geometrik oranın artması ile hava sirkülasyonunun arttığı ve soğumanın daha iyi olduğu görülmektedir. Ayrıca dikkat edilirse maksimum sıcaklığın GO=0,50'de olduğu geometrik oranın artması ile maksimum sıcaklığın azaldığı soğumanın daha iyi olduğu görülmektedir. Eğim açısı $\theta=10^\circ$ 'de ve geometrik oranın azalması ile ısınmış havanın içerde daha uzun süre kalması ile kanala soğuk havanın girişinin de gecikmesine neden olmakta ve böylece sıcaklıkların yükselmesine neden olmaktadır ve havanın hızının da artmasına neden olmaktadır.

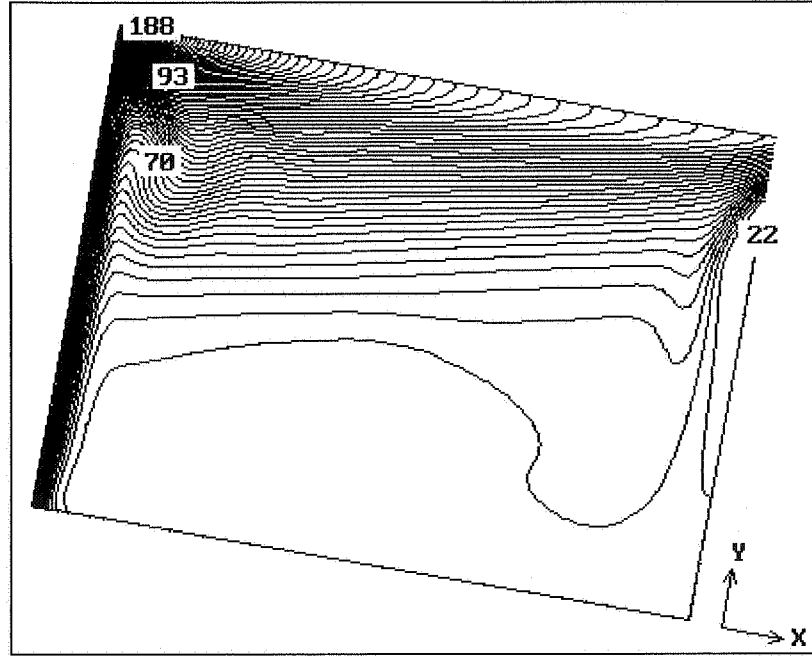


(a)

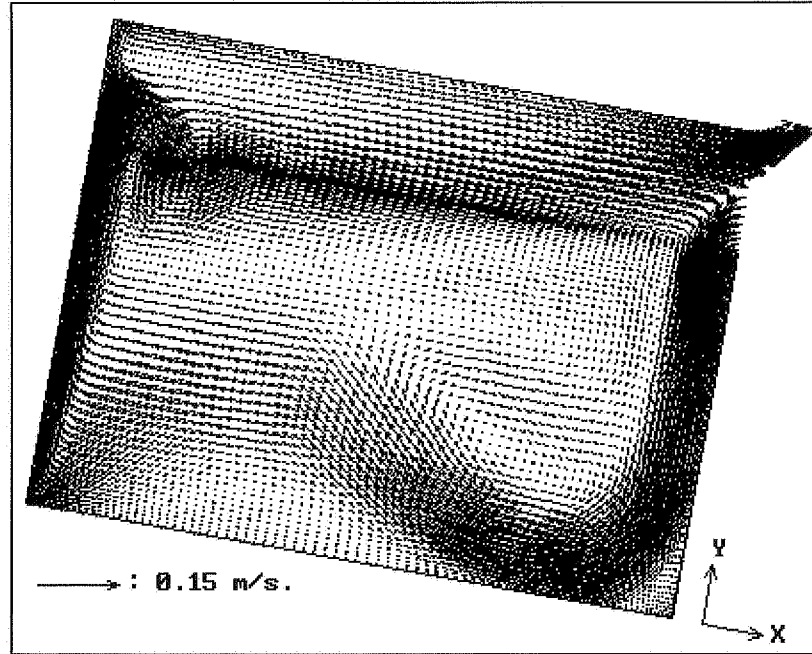


(b)

Şekil 5.88. Üstten açık konumda $GO=0,50$ 'de, $q''=240 \text{ W/m}^2$, $\theta=10^\circ$, $AO=0,25$ için:
a) Sıcaklık konturları, b) Hız vektörleri

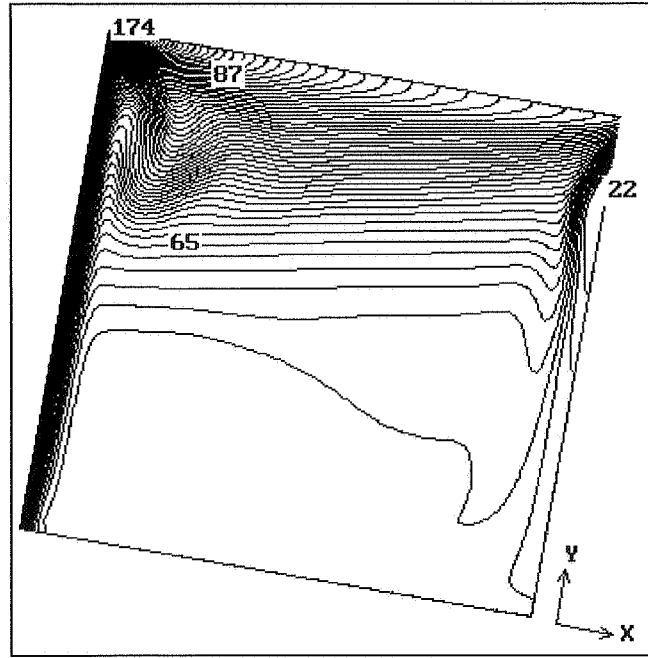


(a)

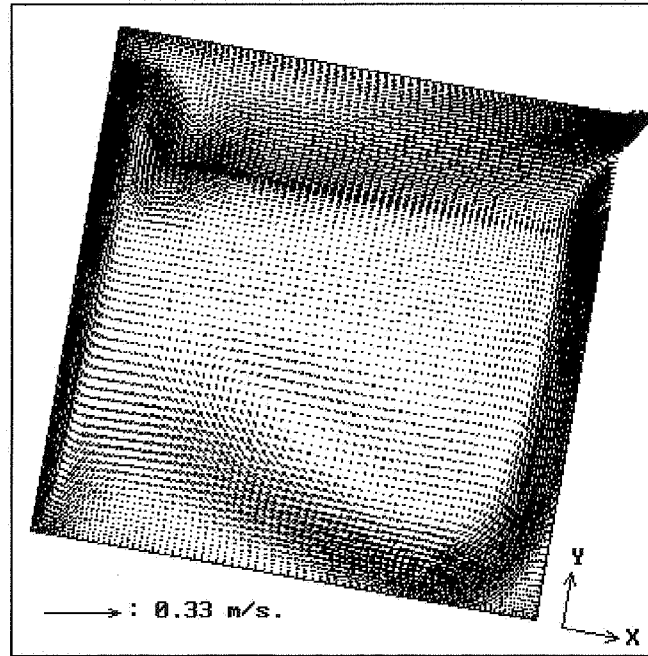


(b)

Şekil 5.89. Üstten açık konumda $GO=0,75$ 'de, $q''=240 \text{ W/m}^2$, $\theta=10^\circ$, $AO=0,25$ için:
a) Sıcaklık konturları, b) Hız vektörleri



(a)



(b)

Şekil 5.90. Üstten açık konumda $GO=1$ 'de, $q''=240 \text{ W/m}^2$, $\theta=10^\circ$, $AO=0,25$ için:
a) Sıcaklık konturları, b) Hız vektörleri

5.7. Merkezden Açık Konumda $H/W=1$ için Parametrik Çalışma

Bu bölümde; $GO=H/W=1$ 'de açıklık konumu merkezden olan yüksekliği, $H=0,1485$ m ve genişliği, $W=0,1485$ olan geometride, $10-480 \text{ W/m}^2$ aralıklarında ısı akısı uygulanan yüzeydeki, ortalama yüzey sıcaklığı (T_w) ve ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı ($Nu_{H,ort.}$) değişimleri, ayrıca ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısının, Rayleigh sayısı aralıklarındaki $(1,83 \cdot 10^7 \leq Ra_H \leq 8,785 \cdot 10^8$ ve $1,85 \cdot 10^7 \leq Ra_H \leq 8,920 \cdot 10^8$) değişimleri detaylı bir şekilde incelenmiştir. $10-480 \text{ W/m}^2$ ısı akısı aralıklarında elde edilen ortalama yüzey sıcaklığı (T_w) ve ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı ($Nu_{H,ort.}$) değerleri Çizelge 5.19, Çizelge 5.20 ve Çizelge 5.21'de verilmiştir.

Çizelge 5.19. Merkezden açık konumda $GO=1$ ve $\theta=-10^\circ$ 'de elde edilen sonuçlar

Eğim Açısı $\theta = -10^\circ$	Prandtl Sayısı $Pr = 0,708$	Geometrik Oran $H/W=1$	Açıklık Konumu (AO) Merkezden Açık				
Isı Akısı (q'') [W/m^2]	Rayleigh Sayısı (Ra_H)	Ort. Yüzey Sıcaklığı (T_w) [$^\circ\text{C}$]			Ort. Nusselt Sayısı ($Nu_{H,ort.}$)		
		Açıklık Oranı (AO)			Açıklık Oranı (AO)		
		0,25	0,50	0,75	0,25	0,50	0,75
10	$1,83 \cdot 10^7$	26,49	25,70	25,57	12,75	15,50	16,04
40	$7,32 \cdot 10^7$	34,67	33,04	32,77	18,10	20,77	21,29
80	$1,464 \cdot 10^8$	43,62	41,31	40,88	21,20	23,75	24,28
120	$2,196 \cdot 10^8$	51,76	48,92	48,35	23,11	25,54	26,10
160	$2,928 \cdot 10^8$	59,47	56,19	55,49	24,47	26,82	27,38
200	$3,660 \cdot 10^8$	66,93	63,26	62,41	25,51	27,78	28,37
240	$4,392 \cdot 10^8$	74,22	70,18	69,18	26,34	28,55	29,15
280	$5,125 \cdot 10^8$	81,41	77,01	75,87	27,01	29,17	29,79
320	$5,857 \cdot 10^8$	88,55	83,79	82,48	27,56	29,68	30,32
360	$6,589 \cdot 10^8$	95,67	90,51	89,04	28,01	30,12	30,77
400	$7,321 \cdot 10^8$	102,75	97,21	95,56	28,39	30,48	31,16
440	$8,052 \cdot 10^8$	109,91	103,90	102,06	28,68	30,79	31,50
480	$8,785 \cdot 10^8$	116,84	110,59	108,55	29,00	31,05	31,78

Çizelge 5.20. Merkezden açık konumda $GO=1$ ve $\theta=0^\circ$ 'de elde edilen sonuçlar

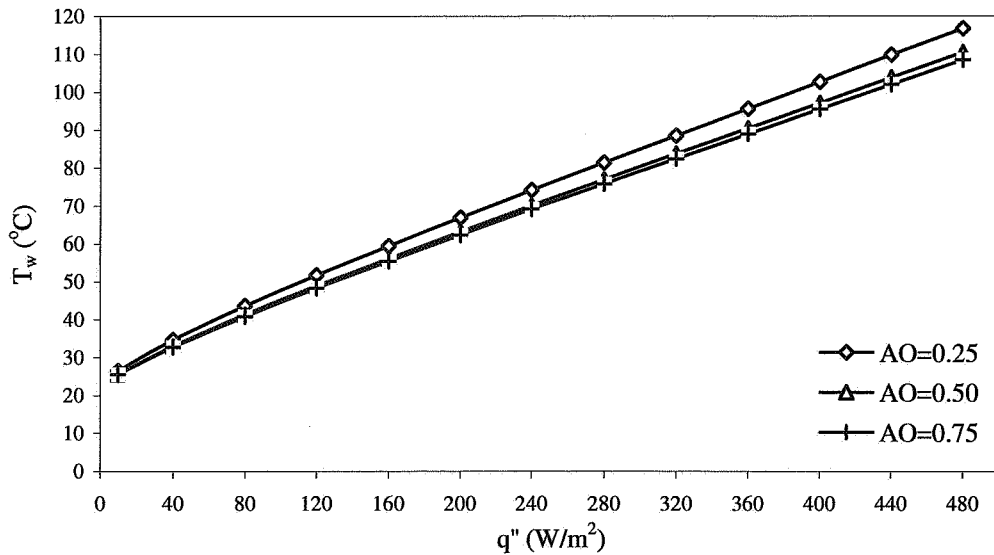
Eğim Açısı $\theta = 0^\circ$	Prandtl Sayısı $Pr = 0,708$	Geometrik Oran $H/W=1$	Açıklık Konumu (AO) Merkezden Açık				
Isı Akısı (q'') [W/m ²]	Rayleigh Sayısı (Ra_H)	Ort. Yüzey Sıcaklığı (T_w) [°C]			Ort. Nusselt Sayısı ($Nu_{H,ort.}$)		
		Açıklık Oranı (AO)			Açıklık Oranı (AO)		
		0,25	0,50	0,75	0,25	0,50	0,75
10	$1,85 \cdot 10^7$	27,78	26,05	25,66	9,92	14,16	15,65
40	$7,43 \cdot 10^7$	39,47	34,17	32,97	13,12	18,84	20,89
80	$1,487 \cdot 10^8$	52,58	43,36	41,20	14,99	21,46	23,87
120	$2,230 \cdot 10^8$	66,41	51,83	48,78	15,49	23,05	25,68
160	$2,974 \cdot 10^8$	80,18	59,94	56,00	15,76	24,17	26,97
200	$3,717 \cdot 10^8$	93,77	67,77	63,02	15,97	25,04	27,94
240	$4,460 \cdot 10^8$	107,69	75,38	69,88	16,05	25,77	28,72
280	$5,204 \cdot 10^8$	122,05	82,86	76,65	16,04	26,37	29,36
320	$5,947 \cdot 10^8$	136,66	90,23	83,36	15,99	26,88	29,89
360	$6,690 \cdot 10^8$	151,66	97,48	90,01	15,91	27,33	30,33
400	$7,434 \cdot 10^8$	167,08	104,66	96,64	15,80	27,73	30,71
440	$8,177 \cdot 10^8$	183,05	111,74	103,26	15,66	28,10	31,03
480	$8,920 \cdot 10^8$	199,71	118,75	109,85	15,48	28,43	31,31

Çizelge 5.21. Merkezden açık konumda $GO=1$ ve $\theta=10^\circ$ 'de elde edilen sonuçlar

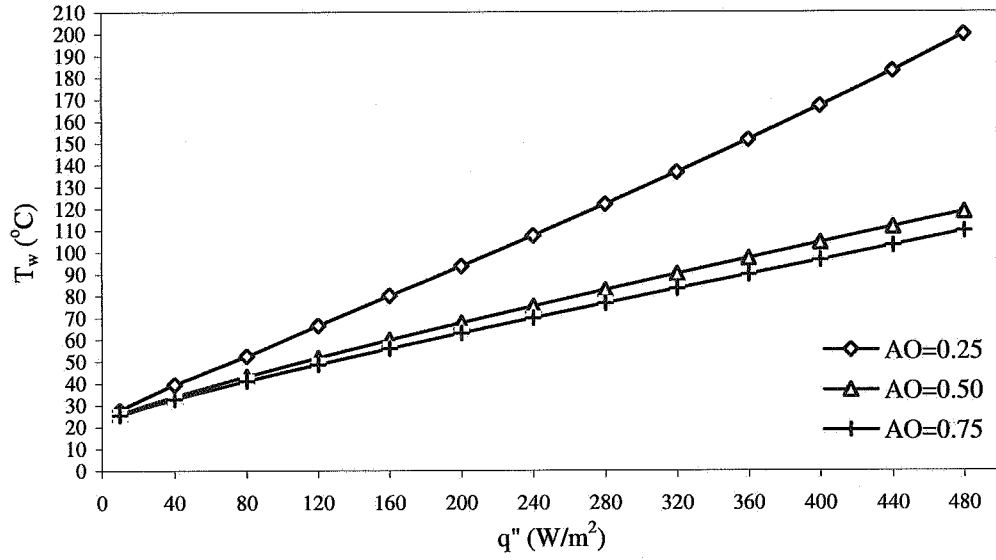
Eğim Açısı $\theta = 10^\circ$	Prandtl Sayısı $Pr = 0,708$	Geometrik Oran $H/W=1$	Açıklık Konumu (AO) Merkezden Açık				
Isı Akısı (q'') [W/m ²]	Rayleigh Sayısı (Ra_H)	Ort. Yüzey Sıcaklığı (T_w) [°C]			Ort. Nusselt Sayısı ($Nu_{H,ort.}$)		
		Açıklık Oranı (AO)			Açıklık Oranı (AO)		
		0,25	0,50	0,75	0,25	0,50	0,75
10	$1,83 \cdot 10^7$	30,75	27,90	26,36	6,55	9,72	13,15
40	$7,32 \cdot 10^7$	40,33	38,62	35,37	12,51	13,79	17,15
80	$1,464 \cdot 10^8$	58,74	53,10	46,00	12,48	14,74	19,10
120	$2,196 \cdot 10^8$	77,20	67,28	56,04	12,46	15,19	20,20
160	$2,928 \cdot 10^8$	96,30	81,55	65,80	12,34	15,40	20,93
200	$3,660 \cdot 10^8$	116,32	96,11	75,42	12,15	15,47	21,46
240	$4,392 \cdot 10^8$	137,54	111,10	84,99	11,90	15,44	21,84
280	$5,125 \cdot 10^8$	160,19	126,61	94,52	11,61	15,34	22,13
320	$5,857 \cdot 10^8$	184,49	142,73	104,08	11,29	15,19	22,34
360	$6,589 \cdot 10^8$	210,72	159,55	113,65	10,93	15,00	22,51
400	$7,321 \cdot 10^8$	239,23	177,18	123,30	10,55	14,77	22,63
440	$8,052 \cdot 10^8$	270,42	195,72	133,00	10,15	14,52	22,72
480	$8,785 \cdot 10^8$	304,75	215,30	142,76	9,73	14,23	22,78

10-480 W/m² ısı akısı aralıklarında, $AO=0,25$, $AO=0,50$ ve $AO=0,75$ 'de, elde edilen ortalama yüzey sıcaklığı (T_w) değerlerinin değişimleri üç farklı eğim açısında ($\theta=-10^\circ$, $\theta=0^\circ$, $\theta=10^\circ$) Şekil 5.91, Şekil 5.92 ve Şekil 5.93'de verilmiştir. Şekiller

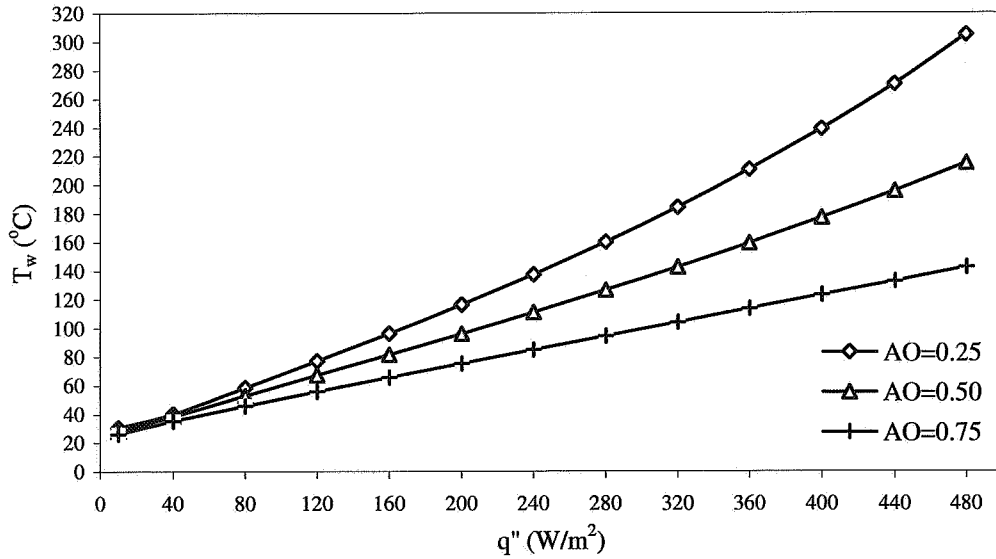
dikkatlice incelendiğinde ısı akısının artması ile bütün açıklık oranlarında ve farklı eğim açıları elde edilen ortalama yüzey sıcaklığı değerlerinin arttığı görülmektedir. Dikkat edilirse 0,25 açıklık oranında bütün eğim açıları elde edilen ortalama yüzey sıcaklığı değerleri maksimum değerdedir. Eğim açısının düşük olduğu ($\theta=-10^\circ$) ve açıklık oranının 0,25 olduğu durumda 480 W/m^2 ısı akısında ortalama yüzey sıcaklığı değeri 120°C 'ye yaklaşırken, aynı ortalama yüzey sıcaklığına eğim açısı 0° ve açıklık oranı 0,25'de $240-280 \text{ W/m}^2$ 'de, eğim açısı 10° ve açıklık oranı 0,25'de $160-200 \text{ W/m}^2$ 'de ulaştığı görülmektedir. Açıklık oranının artması ile ortalama yüzey sıcaklığı değerlerinin aynı ısı akısı değerlerinde azaldığı bu değişim en çok eğim açısı 10° 'de olduğu durumda görülmektedir. Bunun nedeni eğim açısının artması ve açıklığın merkezde olması ile ısınan havanın içerden dışarıya çıkışı zorlaşmaktadır, ısınan hava içerde daha uzun süre kalmakta ve böylece ortalama yüzey sıcaklığı (T_w) sürekli artmaktadır. Bununla birlikte açıklık oranının artması ile ısınan havanın dışarıya çıkışı ve dışardan içeriye taze hava girişi daha rahat olmakta ve ortalama yüzey sıcaklığının (T_w) düşmesine neden olmaktadır.



Şekil 5.91. $\theta=-10^\circ$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi (AO=0,25-0,50-0,75 ve GO=1, AK=Merkezden)



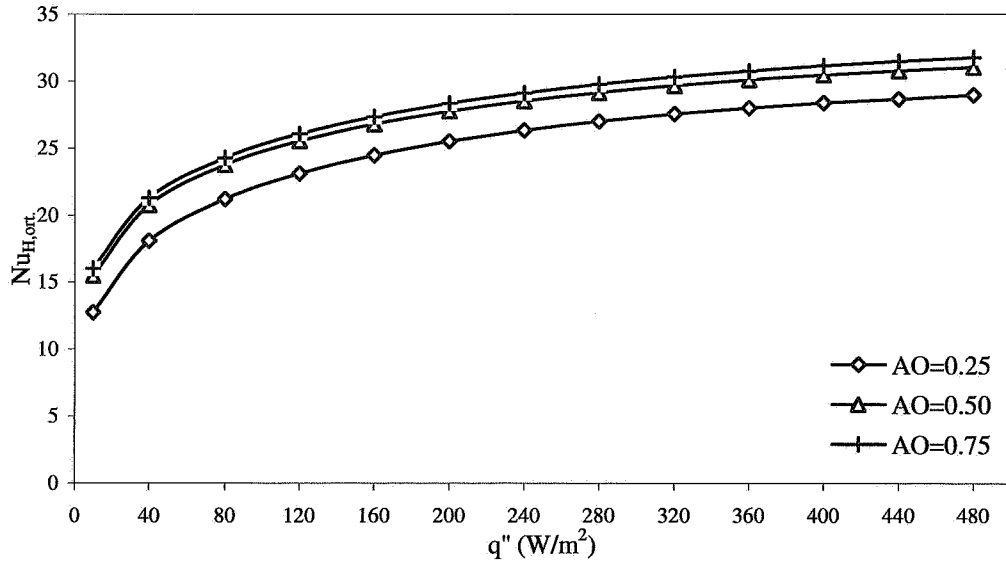
Şekil 5.92. $\theta=0^\circ$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi (AO=0,25-0,50-0,75 ve GO=1, AK=Merkezden)



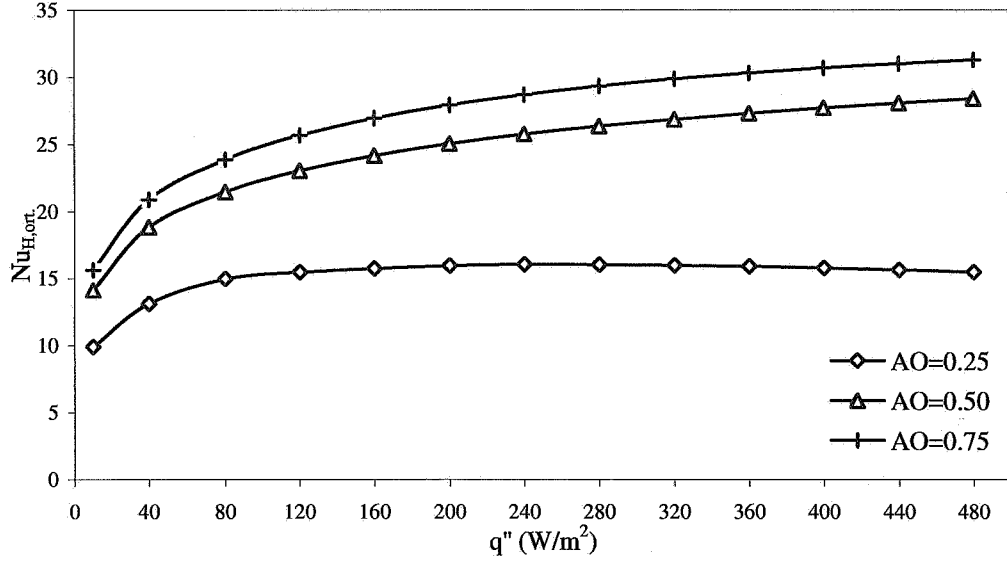
Şekil 5.93. $\theta=10^\circ$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi (AO=0,25-0,50-0,75 ve GO=1, AK=Merkezden)

Şekil 5.94, Şekil 5.95 ve Şekil 5.96'da ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısının ($Nu_{H,ort.}$) 10-480 W/m^2 ısı akısı aralıklarındaki değişimi; farklı açıklık oranlarında (AO=0,25 , AO=0,50 ve AO=0,75) ve üç farklı eğim açısında ($\theta=-10^\circ$, $\theta=0^\circ$, $\theta=10^\circ$) verilmiştir. Şekiller incelendiğinde açıklık oranının düşmesi ile ortalama boyutsuz ısı

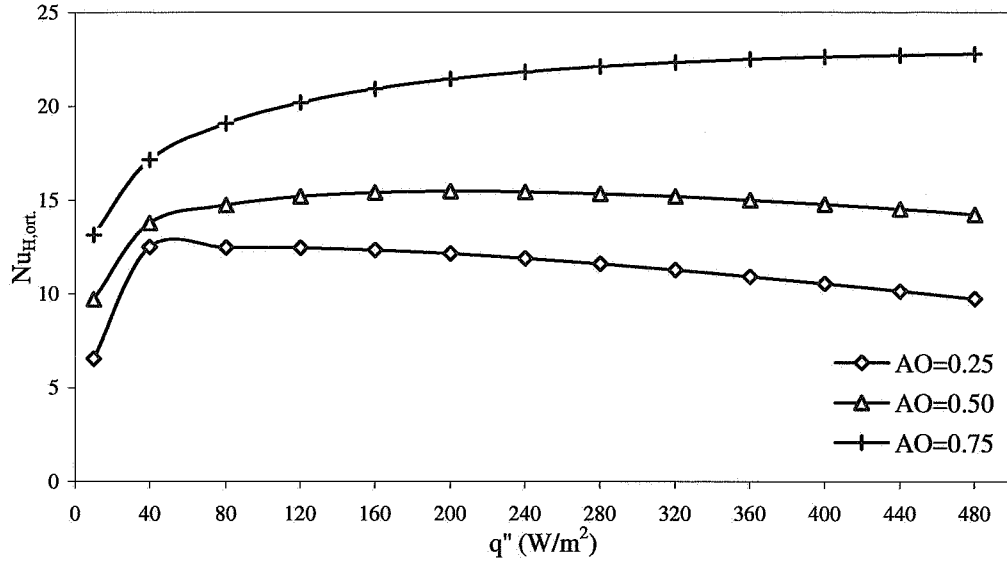
transfer katsayısı değerinin düştüğü ve eğim açısının artması ile de ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısının ($Nu_{H,ort.}$) daha çok düştüğü görülmektedir. Bu durumda ısı transferi azalmaktadır. Isınana havanın içerde daha uzun süre kalması ve içeriye yeteri kadar taze hava girişinin olmaması sonucunda ısı transferi düşmekte ve soğuma olmamaktadır. Açıklık oranının artması ile ortalama ısı transfer katsayısının arttığı görülmektedir. Ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı en yüksek değerine $AO=0,75$ ve $\theta=-10^\circ$ 'de ulaştığı görülmektedir. Bu durumda ısınan havanın hareket tarzı eğim açısı ile aynı yönde olması yani yukarı doğru hareket ederek açıklık oranının artması ile de havanın üst noktalarda birikme süresi azalmakta ve dışarı çıkışı daha kolay olmaktadır ve dışarıdan içeriye taze hava girişi ile içerdeki hava sirkülasyonu daha iyi olmaktadır. Sonuç olarak ısı transferi artmakta ve böylece soğuma daha iyi olmaktadır.



Şekil 5.94. $\theta=-10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$ ve $GO=1$, $AK=Merkezden$)



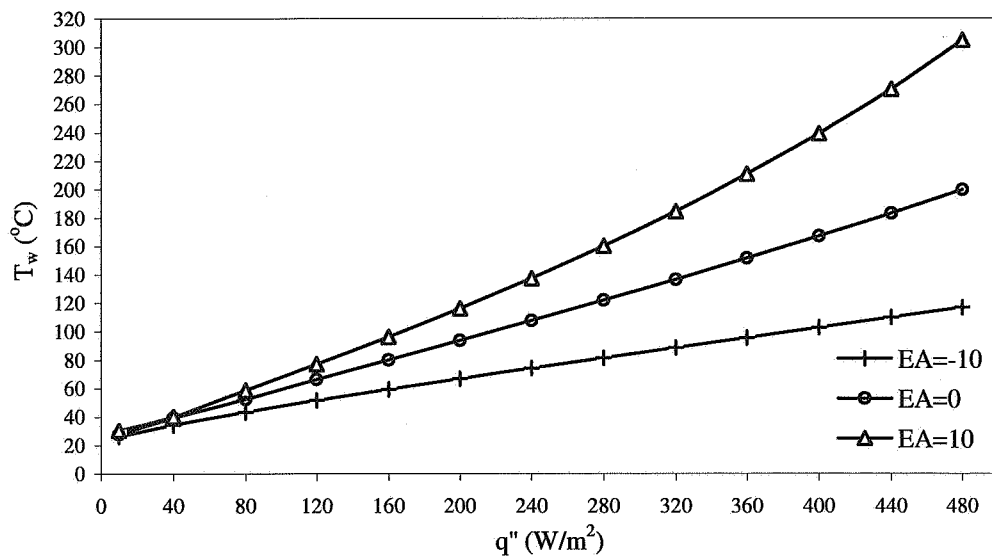
Şekil 5.95. $\theta=0^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi (AO=0,25-0,50-0,75 ve GO=1, AK=Merkezden)



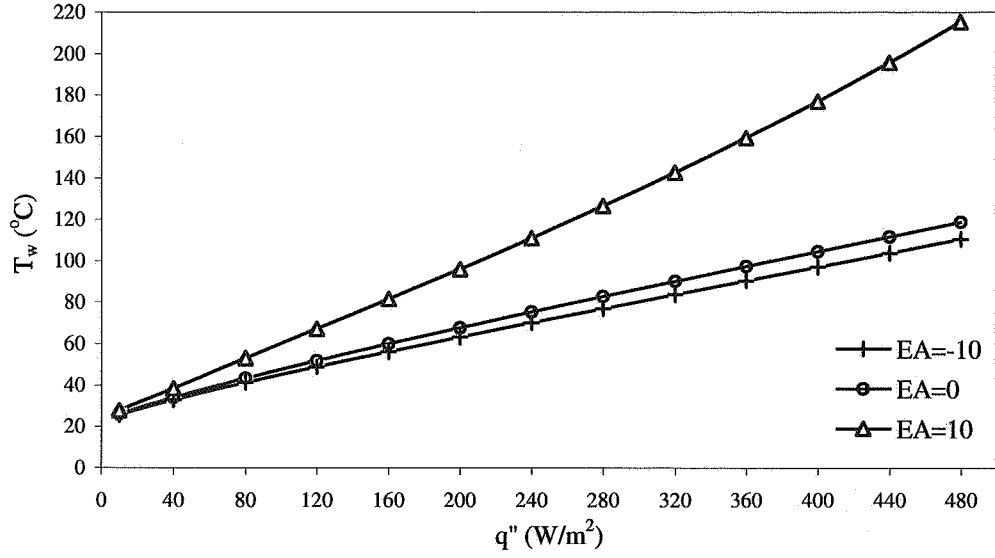
Şekil 5.96. $\theta=10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi (AO=0,25-0,50-0,75 ve GO=1, AK=Merkezden)

Şekil 5.97, Şekil 5.98 ve Şekil 5.99'de ($\theta=-10^\circ$, $\theta=0^\circ$, $\theta=10^\circ$) üç farklı eğim açısında, 10-480 W/m^2 ısı akısı aralıklarında elde edilen ortalama yüzey sıcaklığı (T_w) değerlerinin, açıklık oranlarına göre değişimleri verilmiştir. AO=0,25'te ortalama yüzey sıcaklığı değeri; 480 W/m^2 ısı akısında, $\theta=10^\circ$ 'de 320 $^\circ C$ 'ye yaklaşırken,

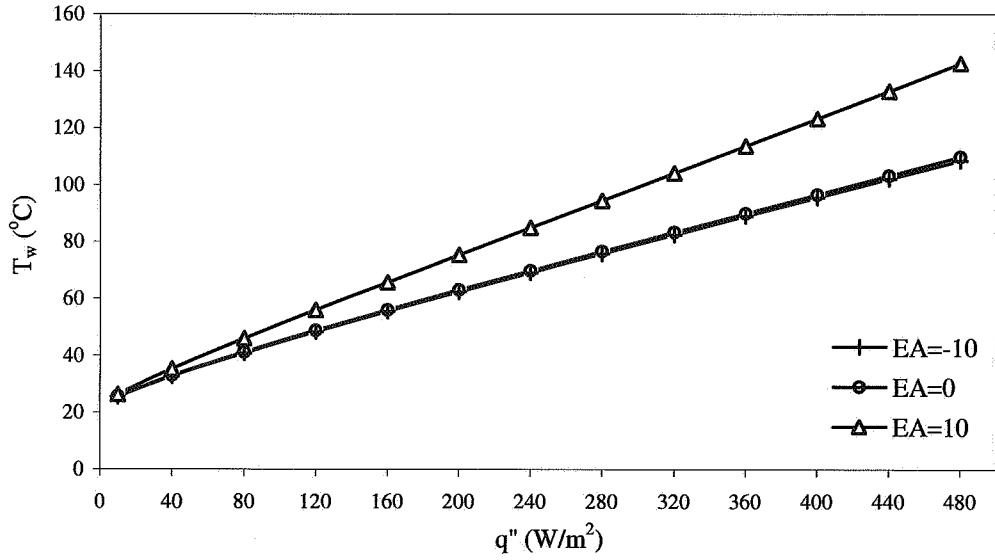
$\theta=0^\circ$ 'de 200°C 'ye, $\theta=-10^\circ$ 'de ise 120°C 'ye yaklaştığı görülmektedir. Açıklık oranının artması ile bütün eğim açılarındaki ortalama yüzey sıcaklığı (T_w) değerlerinin düştüğü ve $AO=0,75$, $\theta=0^\circ$ ve $\theta=-10^\circ$ 'deki ortalama yüzey sıcaklığı değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Açıklık oranını artması ile ısınan havanın dışarıya çıkışı ve taze havanın içeriye girişinin iyi olması ile ortalama yüzey sıcaklığı değerinin düştüğü görülmektedir.



Şekil 5.97. $AO=0,25$ 'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta=-10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$ ve $GO=1$, $AK=Merkezden$)



Şekil 5.98. AO=0,50'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta=-10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$ ve GO=1, AK=Merkezden)

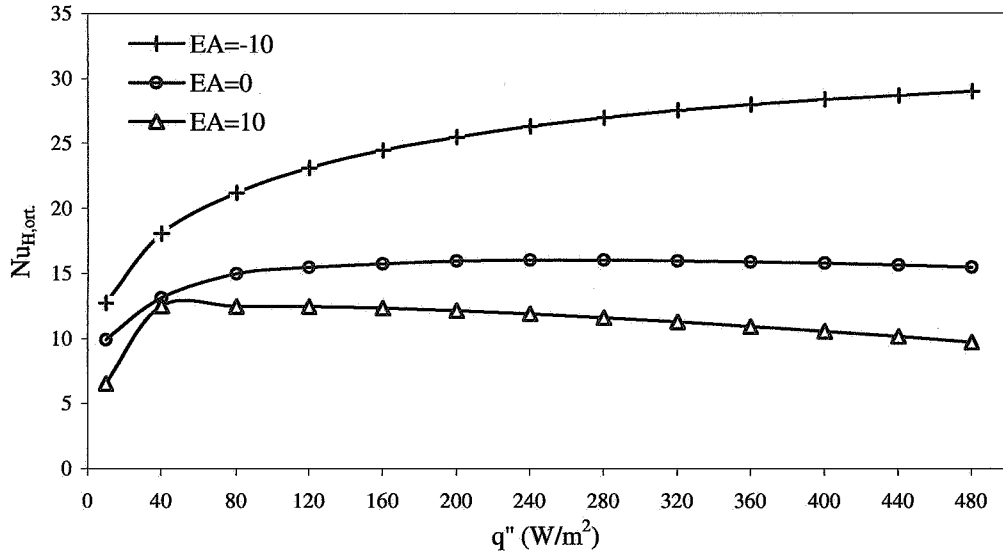


Şekil 5.99. AO=0,75'de ortalama yüzey sıcaklığının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta=-10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$ ve GO=1, AK=Merkezden)

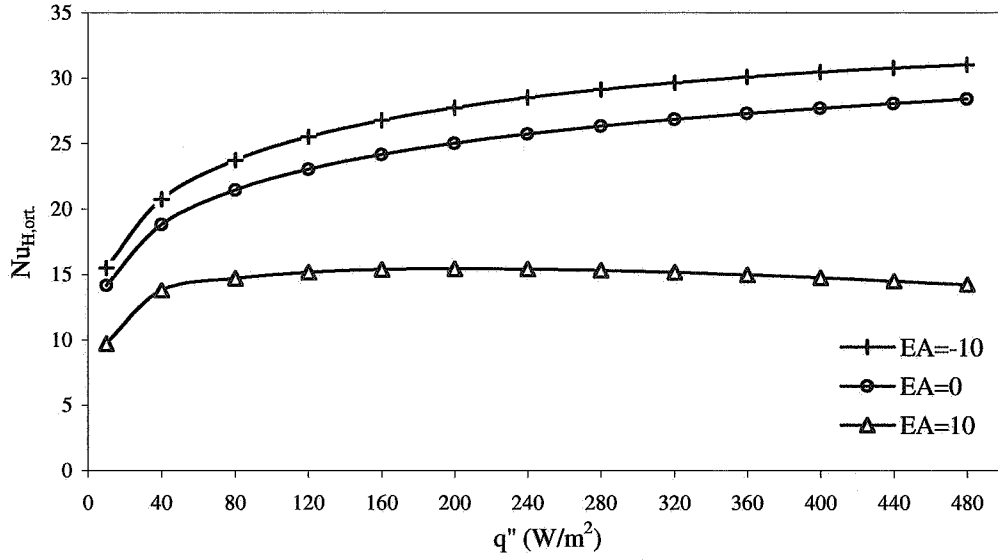
Açıklık oranlarındaki değişmeye göre; farklı eğim açılarındaki ortalama boyutsuz ısı transferi katsayısı değerlerinin 10-480 W/m² ısı akısı aralıklarındaki değişimleri Şekil 5.100, Şekil 5.101 ve Şekil 5.102'de verilmiştir. AO=0,25'de eğim açısının artması ile ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısının ısı akısının artması ile düştüğü

, en büyük düşüşün 10° 'deki eğim açısında gerçekleştiği görülmektedir. Ayrıca eğim açısı 0° 'de iken elde edilen ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı ($Nu_{H,ort.}$) değerlerinin de $AO=0,25$ 'de ısı akısının artması ile düştüğü görülmektedir. Açıklık oranının artması ile 10° eğim açısındaki ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısının arttığı görülmektedir. Eğim açısı 0° 'de ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısının ($Nu_{H,ort.}$), açıklık oranının artması ile arttığı ve eğim açısı -10° 'deki ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı değerlerine yaklaştığı ve ısı transferinin giderek arttığı görülmektedir.

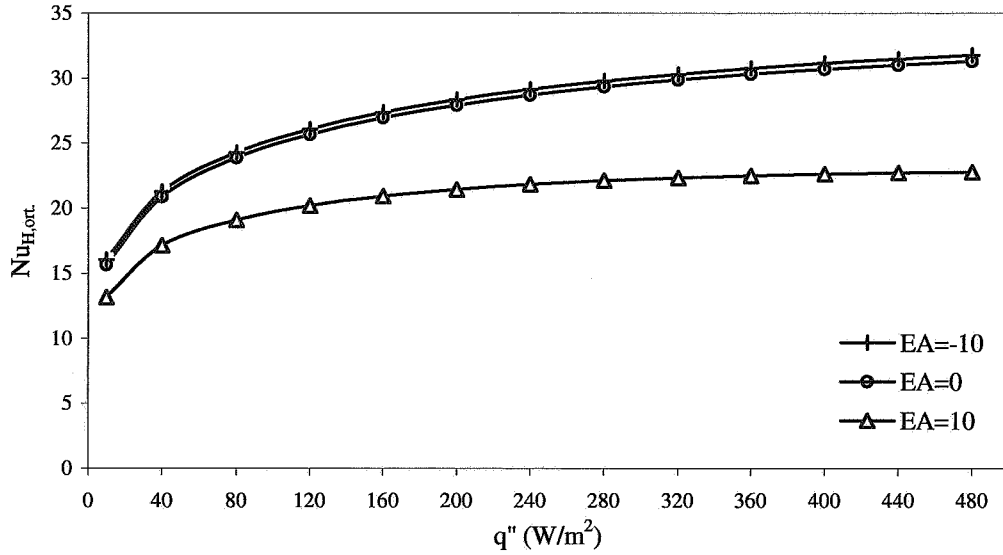
Sonuç olarak açıklık oranının artması ile ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısının arttığı bununla birlikte ısı transferinin arttığı yani soğumanın daha iyi olduğu görülmektedir.



Şekil 5.100. $AO=0,25$ 'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta=-10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$ ve $GO=1$, $AK=Merkezden$)



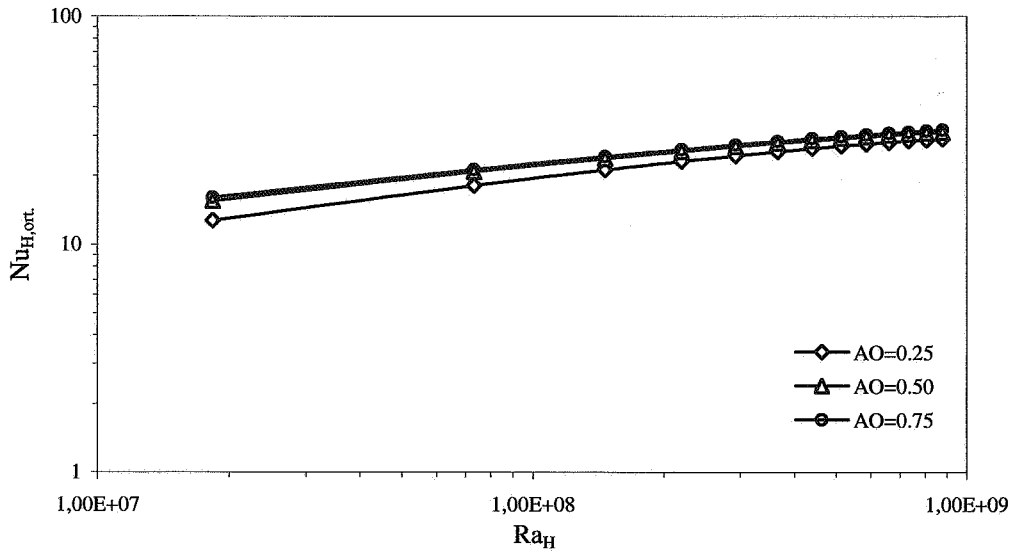
Şekil 5.101. AO=0,50'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta=-10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$ ve GO=1, AK=Merkezden)



Şekil 5.102. AO=0,75'de ortalama Nusselt sayısının farklı ısı akılarındaki değişimi ($\theta=-10^\circ, 0^\circ, 10^\circ$ ve GO=1, AK=Merkezden)

Ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısının ($Nu_{H,ort}$), üç farklı açıklık oranında elde edilen sonuçların ($AO=0,25$, $AO=0,50$ ve $AO=0,75$), eğim açılarına bağlı, Rayleigh sayısına ($1,83 \cdot 10^7 \leq Ra_H \leq 8,920 \cdot 10^8$) göre değişimleri Şekil 5.103, Şekil 5.104 ve Şekil 5.105'de verilmiştir. Şekiller incelendiğinde, eğim açısı -10° 'de iken Rayleigh

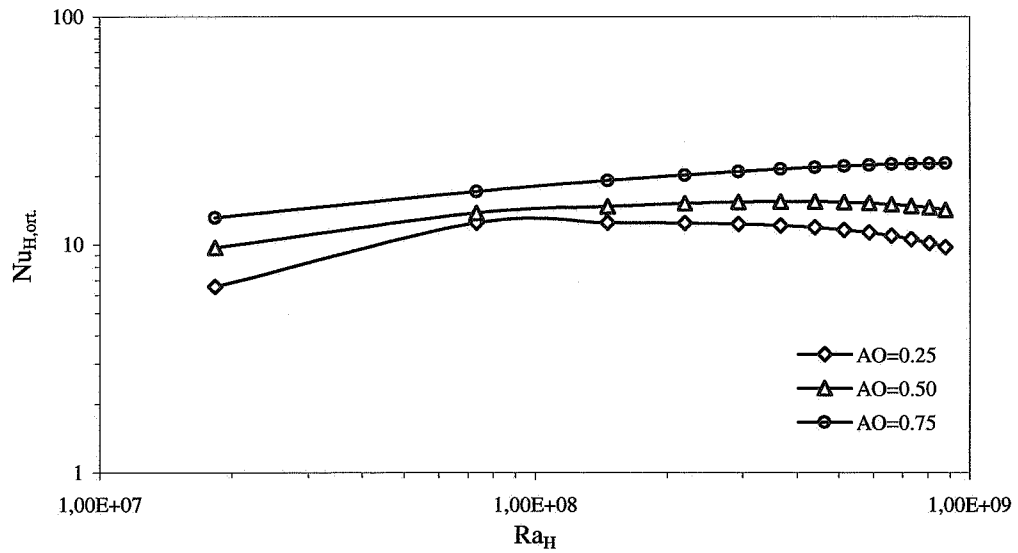
sayısının artması ile bütün açıklık oranlarında elde edilen ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısının arttığı ve birbirine yakın değerlerde olduğu görülmektedir. Eğim açısı 0° ve $AO=0,25$ 'deki ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısının belirli bir Rayleigh sayısına ($Ra_H = 4,460 \cdot 10^8$) kadar arttığı daha sonra ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı değerinin düştüğü görülmektedir.



Şekil 5.103. $\theta=-10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi ($AO=0,25-0,50-0,75$ ve $GO=1$, $AK=Merkezden$)



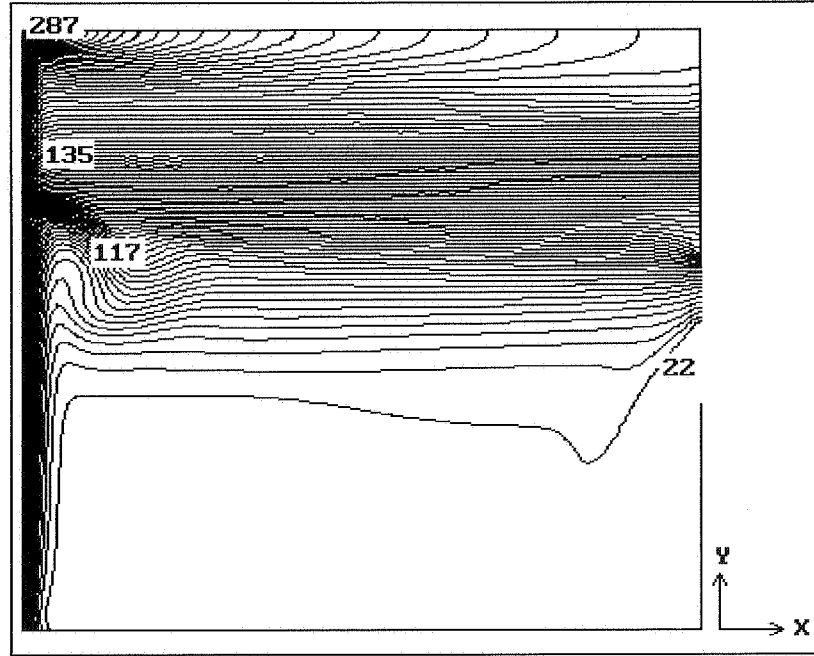
Şekil 5.104. $\theta=0^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi (AO=0,25-0,50-0,75 ve GO=1, AK=Merkezden)



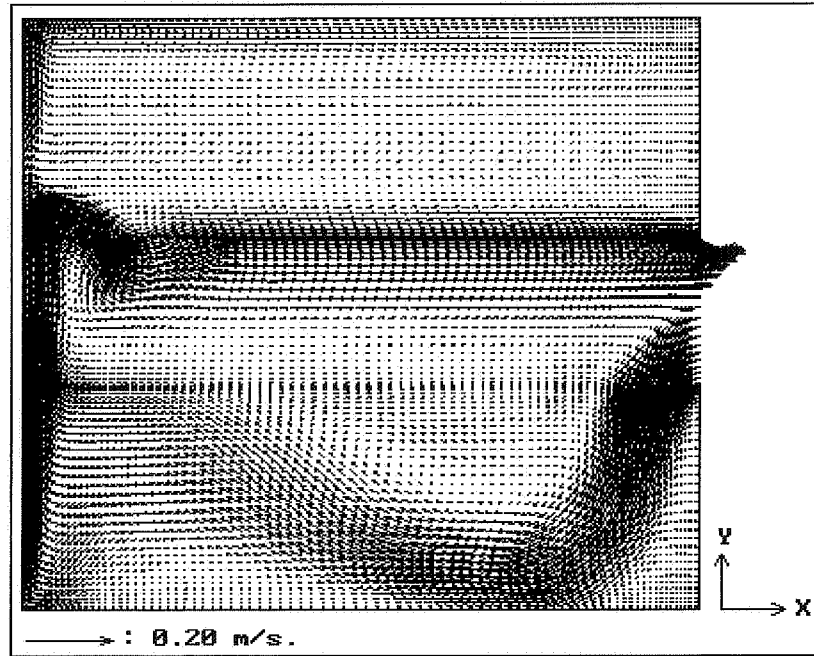
Şekil 5.105. $\theta=10^\circ$ 'de ortalama Nusselt sayısının Rayleigh sayılarındaki değişimi (AO=0,25-0,50-0,75 ve GO=1, AK=Merkezden)

Merkezi açıklıkta, GO=1'de, $q''=240 \text{ W/m}^2$, $\theta=0^\circ$ 'de; AO=0,25 , AO=0,50 ve AO=0,75'deki sıcaklık konturları ve hız vektörleri Şekil 5.106, Şekil 5.107 ve Şekil 5.108'de verilmiştir. Şekil 5.106.a, Şekil 5.107.a ve Şekil 5.108.a'daki sıcaklık konturları incelendiğinde açıklık oranının 0,25 olduğu durumda ısınan havanın üst

noktalarda daha çok birikmesi ve dışarıya çıkan sıcak havanın daha az olması, üst yüzey ile merkezdeki açıklık arasındaki mesafe kadar sıcak havanın bulunması sonucunda maksimum sıcaklığın çok yüksek mertebelere çıkmasına ve ısı transferinin düşmesine neden olduğu görülmektedir. Açıklık oranının artması ile üst yüzeyde biriken sıcak hava miktarı azalmakta, bu nedenle de ısınan yüzeyde elde edilen maksimum sıcaklığın düştüğü ve soğumanın daha iyi olduğu bu nedenle ısı transferinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Şekil 5.106.b, Şekil 5.107.b ve Şekil 5.108.b'deki hız vektörlerine bakıldığında, açıklık oranının azalması ile ısınan havanın hızının arttığı görülmektedir. Açıklık oranını artması ile ısınan hava çıkışının ve taze havanın girişinin daha iyi olduğu böylelikle iyi bir sirkülasyonun yakalandığı görülmektedir.

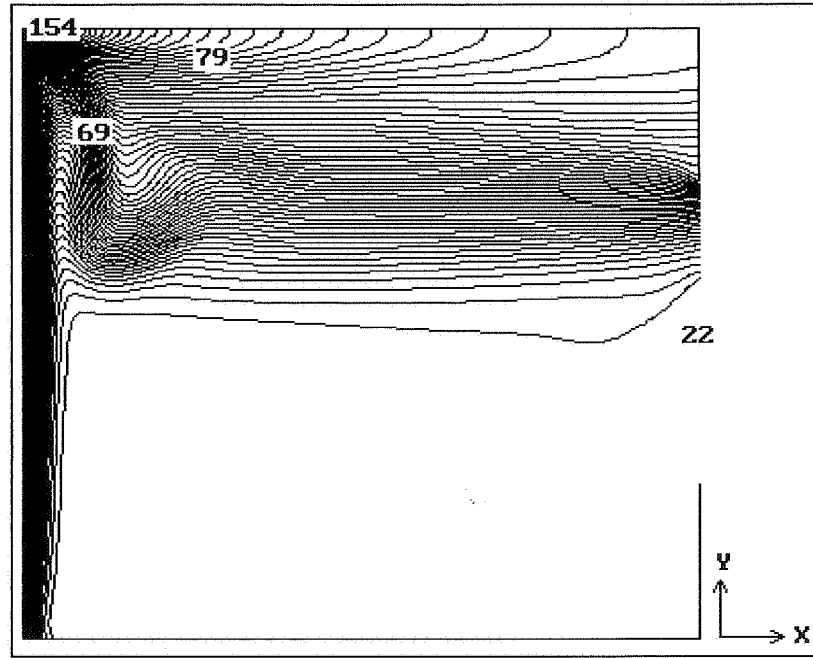


(a)

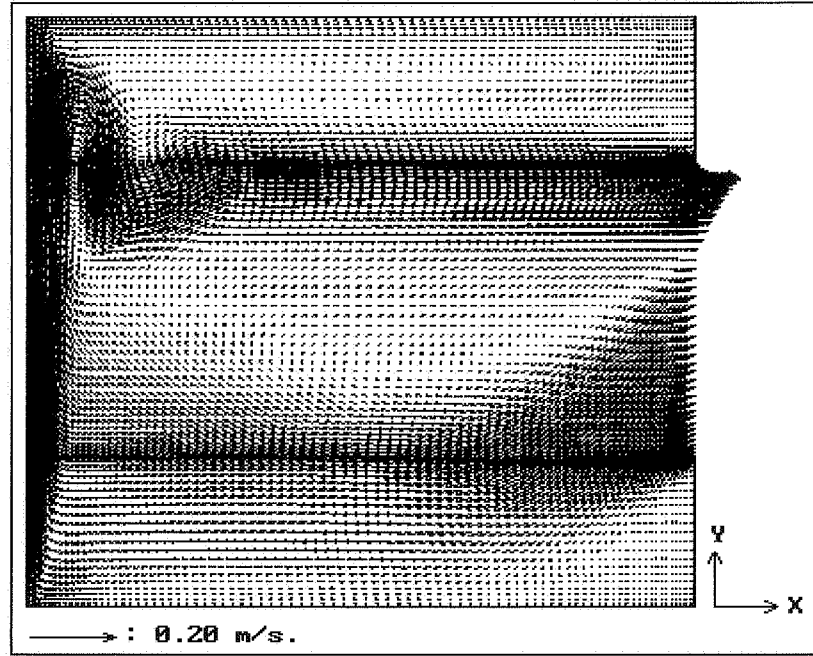


(b)

Şekil 5.106. Üstten açık konumda $AO=0,25$, $GO=1$ 'de, $q''=240 \text{ W/m}^2$, $\theta=0^\circ$ için:
a) Sıcaklık konturları, b) Hız vektörleri

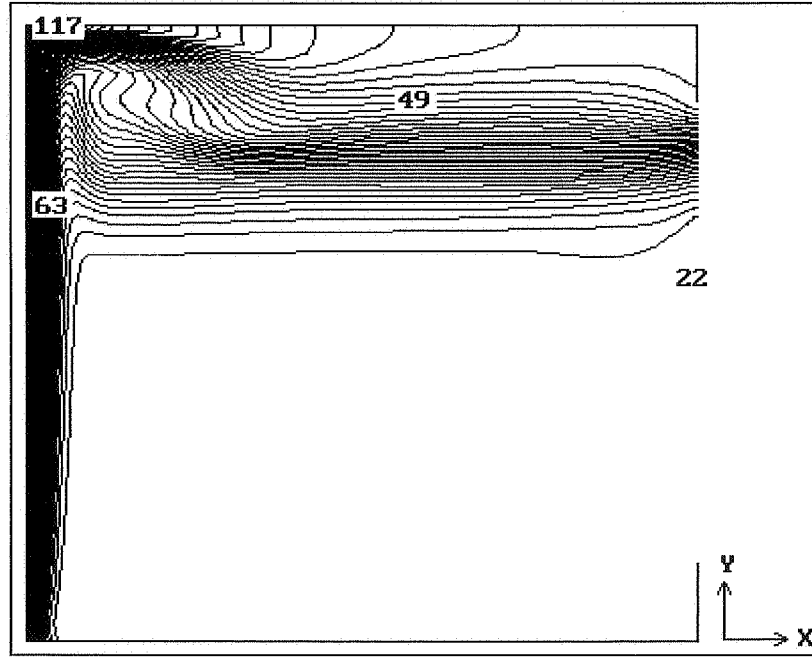


(a)

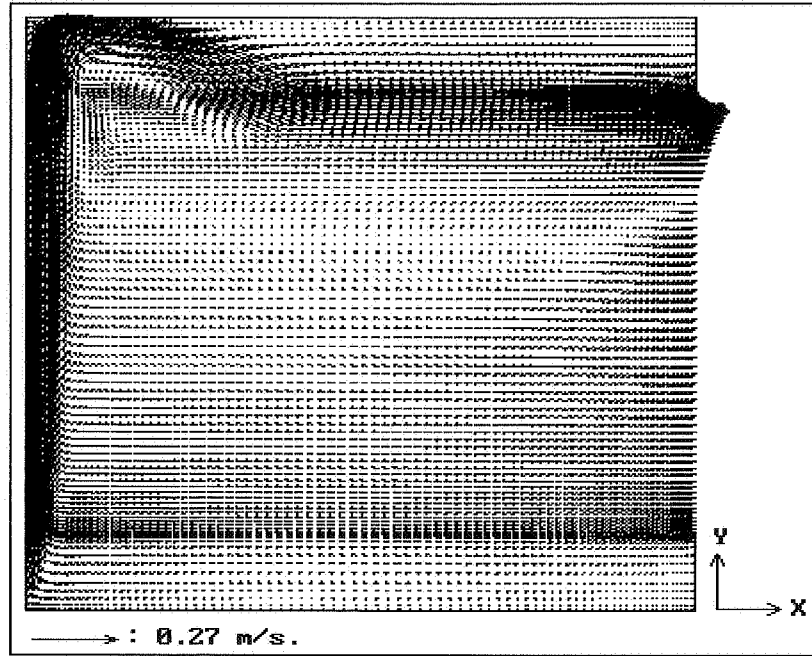


(b)

Şekil 5.107. Üstten açık konumda $AO=0,50$, $GO=1$ 'de, $q''=240 \text{ W/m}^2$, $\theta=0^\circ$ için:
a) Sıcaklık konturları, b) Hız vektörleri



(a)



(b)

Şekil 5.108. Üstten açık konumda $AO=0,75$, $GO=1$ 'de, $q''=240 \text{ W/m}^2$, $\theta=0^\circ$ için:
a) Sıcaklık konturları, b) Hız vektörleri

6. BULGULAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, farklı ısı akılarında ($10-480 \text{ W/m}^2$), dikdörtgen kesitli, kısmi açık, ısı akısı uygulanan yüzey dışındaki diğer yüzeyleri yalıtılmış, sürekli şartlarda, doğal konveksiyon ile olan ısı transferi sayısal olarak incelenmiştir. Yüzeylerden radyasyon ile ısı transferi hesaba katılmayıp, sadece laminar, doğal konveksiyon ile ısı transferi incelenmiştir. Problemi tanımlayan, kütle, momentum ve enerjinin korunumunu temsil eden denklemler, uygun sınır şartları kullanılarak, PHOENICS paket programından faydalanılarak çözülmüştür. Farklı ısı akıları uygulanan ($10-480 \text{ W/m}^2$) yüzeyden, açıklık oranının (AO), eğim açısının (θ), geometrik oranın (GO) ve açıklık konumunun (AK) ısı transferine olan etkileri; $AO=0,25$, $AO=0,50$ ve $AO=0,75$ olmak üzere üç farklı açıklık oranında, $\theta=-10^\circ$, $\theta=0^\circ$, $\theta=10^\circ$ olmak üzere üç farklı eğim açısında ve $GO=1$, $GO=0,75$ ve $GO=0,50$ olmak üzere üç farklı geometrik oranda ve ayrıca $GO=1$ 'de merkezi açıklık konumunda incelenmiştir. Tüm parametrik değerlerin ısı transferine olan etkileri ayrı ayrı incelenerek grafikler çizilmiş ve bu parametrik değerlerin etkilerinin daha iyi anlaşılabilmesi amacıyla geometri içinde oluşan sıcaklık konturları ve hız vektörleri sunulmuştur. Isı akısının (q''), açıklık konumunun (AK), açıklık oranının (AO), eğim açısının (θ), geometrik oranın (GO) ve açıklık konumunun (AK) akış modeli ve ısı transferi üzerine etkisinin incelenmesi sonucunda, akış alanının oldukça karmaşık olduğu, tüm parametrelerin birbiriyle bağlantılı olduğu ve bu nedenle bu parametrelerin tek başına ısı transferine etkilerini tanımlamanın oldukça güç olduğu sonucuna varılmıştır. Tüm parametrik değerlerin birbirine olan etkileri göz önünde tutularak aşağıda sunulan sonuçlara varılmıştır:

Tüm geometrik oranlarda (H/W), açıklık oranının artması ve eğim açısının (θ) azalması ile ortalama yüzey sıcaklığı (T_w) değerlerinin düştüğü ve ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı ($Nu_{H,ort.}$) değerlerinin arttığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 6.1.a, Şekil 6.2.a ve Şekil 6.3.a'da görüldüğü gibi eğim açısının -10° olduğu durumda açıklık oranının artması ile içeriye taze hava girişinin arttığı ve içerdeki sirkülasyonun arttığı böylelikle ısı transferinin daha iyi olduğu görülmektedir.

Yine tüm geometrik oranlarda (H/W), eğim açısının artması ile ortalama yüzey sıcaklığı değerlerinin (T_w) arttığı ve ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı ($Nu_{H,ort.}$) değerlerinin azaldığı görülmektedir. Şekil 6.1.c, Şekil 6.2.c ve Şekil 6.3.c’de görüldüğü üzere eğim açısının 10° olduğu durumda açıklık oranının farklı değerlerinde, içeriye giren taze hava ısınarak yukarı hareket etmekte ve üst köşede biriken ısınan havanın dışarıya çıkışı zorlaşmakta ve bununla birlikte içerideki hava sirkülasyonunun zorlaşmasına neden olduğu görülmektedir.

Açıklık oranının maksimum olduğu durumda, geometrik oranın ($GO=H/W$) ve eğim açısının azalması durumunda ortalama yüzey sıcaklığının düştüğü (T_w) ve ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısının ($Nu_{H,ort.}$) arttığı görülmektedir.

Açıklık konumunu üstten, merkeze aldığımızda, geometrik oranın (H/W) 1 olduğu durumda, yapmış olduğumuz çalışmada elde edilen ortalama yüzey sıcaklığı (T_w) değerlerinin arttığı ve ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı ($Nu_{H,ort.}$) değerlerinin azaldığı görülmüştür. Merkezden açık konumda eğim açısının negatif yönde artması ve bununla birlikte açıklık oranının artması sonucunda ortalama yüzey sıcaklığının düştüğü ve ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısının arttığı görülmüştür. Şekil 6.4.a’ya bakıldığında dışarıdan içeriye giren taze havanın, içeriye girdikten sonra sirkülasyonunu iyi bir şekilde tamamladığı görülmekte ve bununla birlikte ısı transferinin daha iyi bir şekilde gerçekleştiği görülmüştür.

Açıklık oranının 0,25 olduğu durumda geometrik oranın ve eğim açısının artması ile geometrik oran 0,50’deki ortalama yüzey sıcaklığı değerlerinin (T_w), geometrik oran 0,75’deki değerlerden azda olsa yüksek olduğu, buna karşılık geometrik oranın 1 olduğu durumda ise elde edilen ortalama yüzey sıcaklığı değerlerinin arttığı görülmektedir. Geometrik oranın büyümesi ve açıklık oranı ile eğim açısının artması sonucunda elde edilen ortalama yüzey sıcaklığı değerlerinin (T_w) arttığı ve ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı ($Nu_{H,ort.}$) değerlerinin azaldığı görülmektedir.

Tüm bu sonuçları bir araya getirirsek, ele alınan geometri için en iyi ısı transferinin meydana geldiği durumda parametrik değerlerin, açıklık oranı maksimumunda

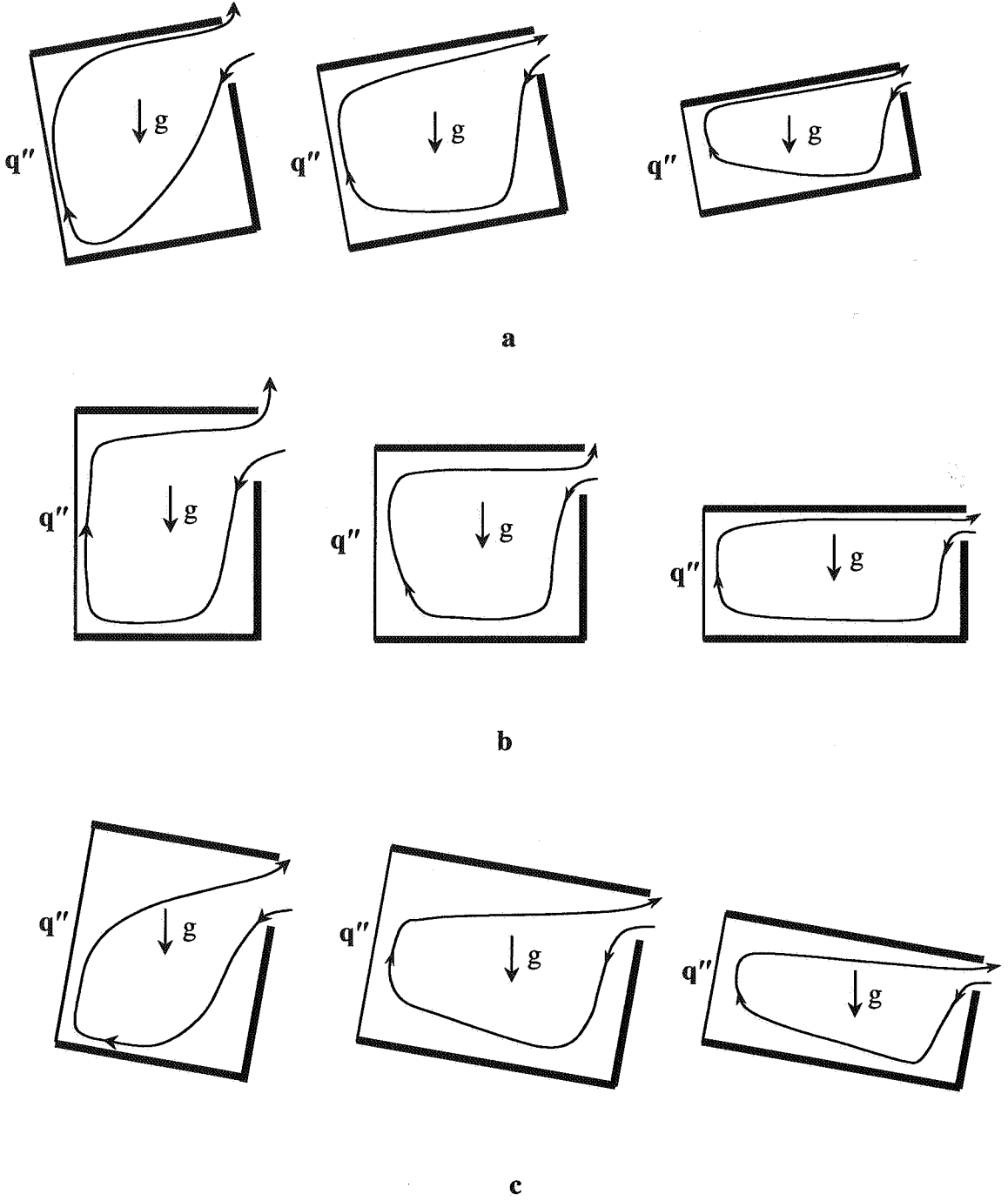
($AO=0,75$), eğim açısının en düşük olduğu durumda ($\theta=-10^\circ$) ve geometrik oranın ($GO=H/W$) 1 olduğu konfigürasyonda ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı ($Nu_{H,ort.}$) değerlerinin maksimum olduğu görülmüştür.

Fakat ortalama yüzey sıcaklığı değerlerinin (T_w), geometrik oranın 0,50 ve eğim açısının 0° 'de minimum değerlerde olduğu fakat ortalama boyutsuz ısı transfer katsayısı değerlerinin düşük olduğu görülmektedir. Ayrıca Şekil 6.1'de üç farklı eğim açısında ($\theta=-10^\circ$, $\theta=0^\circ$ ve $\theta=10^\circ$) ve üç farklı geometrik oranda ($GO=1$, $GO=0,75$ ve $GO=0,50$) geometri içindeki hava akışını gösteren temsili akış çizgileri görülmektedir. Dikkat edilirse görüldüğü gibi eğim açısının artması ile geometrinin üst kısmında biriken ve ısınmış havanın etkisi ile ısınan hava kısa mesafede dönmek zorunda ve içerdeki sirkülasyonun zorlaşmasına neden olmaktadır. Böylelikle ortalama yüzey sıcaklığı artmakta ve dolayısıyla ısı transferi de düşmektedir.

Eğim açısının azalması ile geometri içindeki hava akışı daha iyi olmakta ve eğim açısının -10° olduğu durumda içeride sabit ısı akısı uygulanan yüzeyle buluşan hava ısınarak yukarı yükselmekte ve dışarıya çıkışında herhangi bir zorlanma olmadan içerdeki ısınan hava dışarıya çıkmakta ve böylece içerdeki sirkülasyonu kolaylaştırmaktadır. Eğim açısının 0° 'de olduğu durumda geometri içerisine giren taze hava ısıtılan yüzeyle temas ettikten sonra yüzeyden ayrılışına dikkat edilirse daha uzun mesafede yüzeyden koptuğu görülmektedir ve bu durum ısı transferinin olumlu bir şekilde gerçekleşmesini sağlamaktadır.

Çalışmanın genel sonucu olarak, en iyi ısı transferinin geometrik oranın maksimum, açıklık oranının 0,75 ve eğim açısının -10° 'de elde edildiğini ifade etmek mümkündür.

Doğal konveksiyon akışının bunca değişik parametre için oldukça karmaşık olmasından dolayı farklı parametrelerin soğutma akışına etkilerini daha açık bir biçimde gösterebilmek amacıyla Şekil 6.1, Şekil 6.2, Şekil 6.3 ve Şekil 6.4'de çizilmiştir.

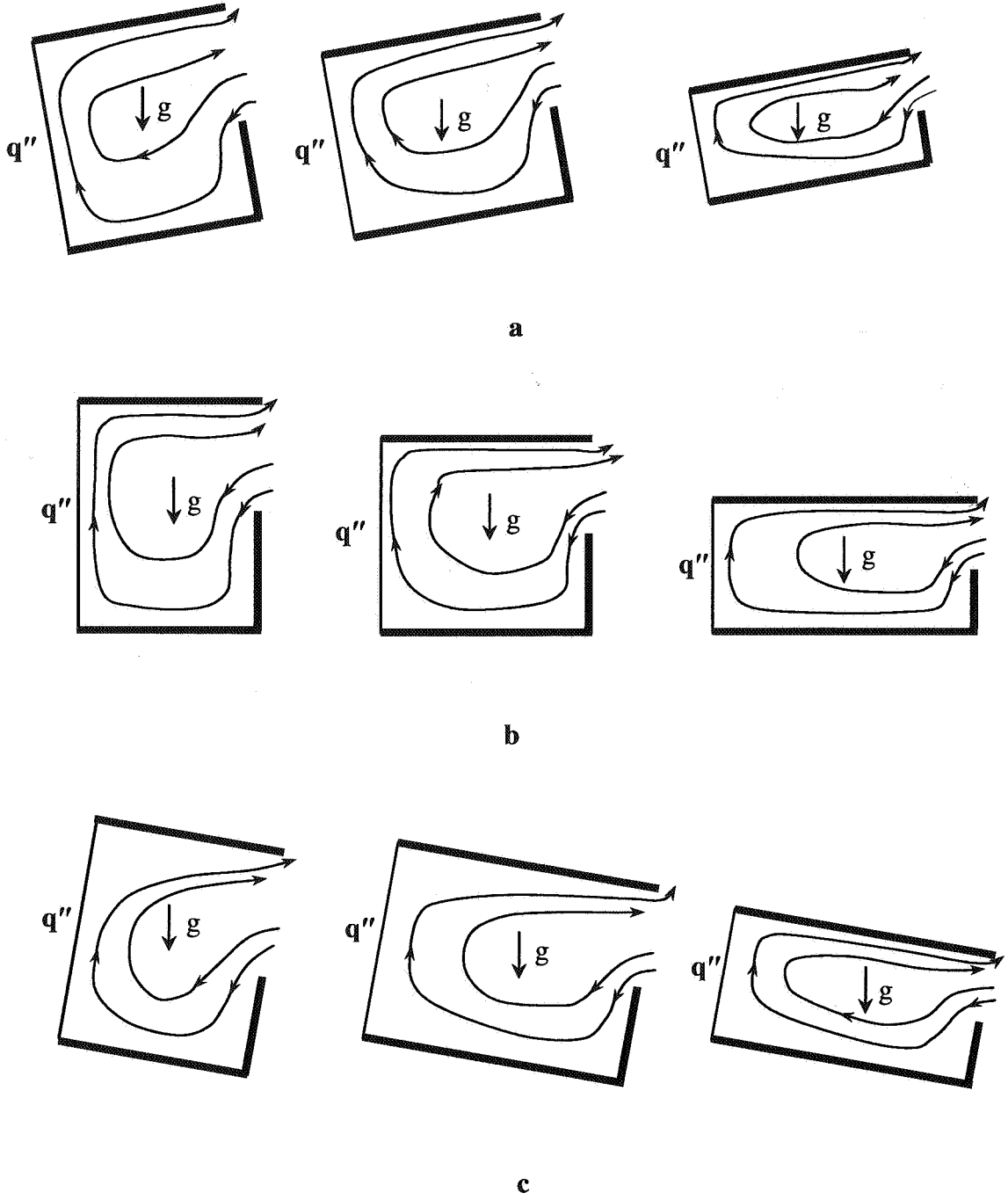


Şekil 6.1. $AO=0,25$ olan geometriler içerisindeki havanın akış durumları

a) $\theta = -10^\circ$ 'de $GO=1$, $GO=0,75$ ve $GO=0,50$

b) $\theta = 0^\circ$ 'de $GO=1$, $GO=0,75$ ve $GO=0,50$

c) $\theta = 10^\circ$ 'de $GO=1$, $GO=0,75$ ve $GO=0,50$

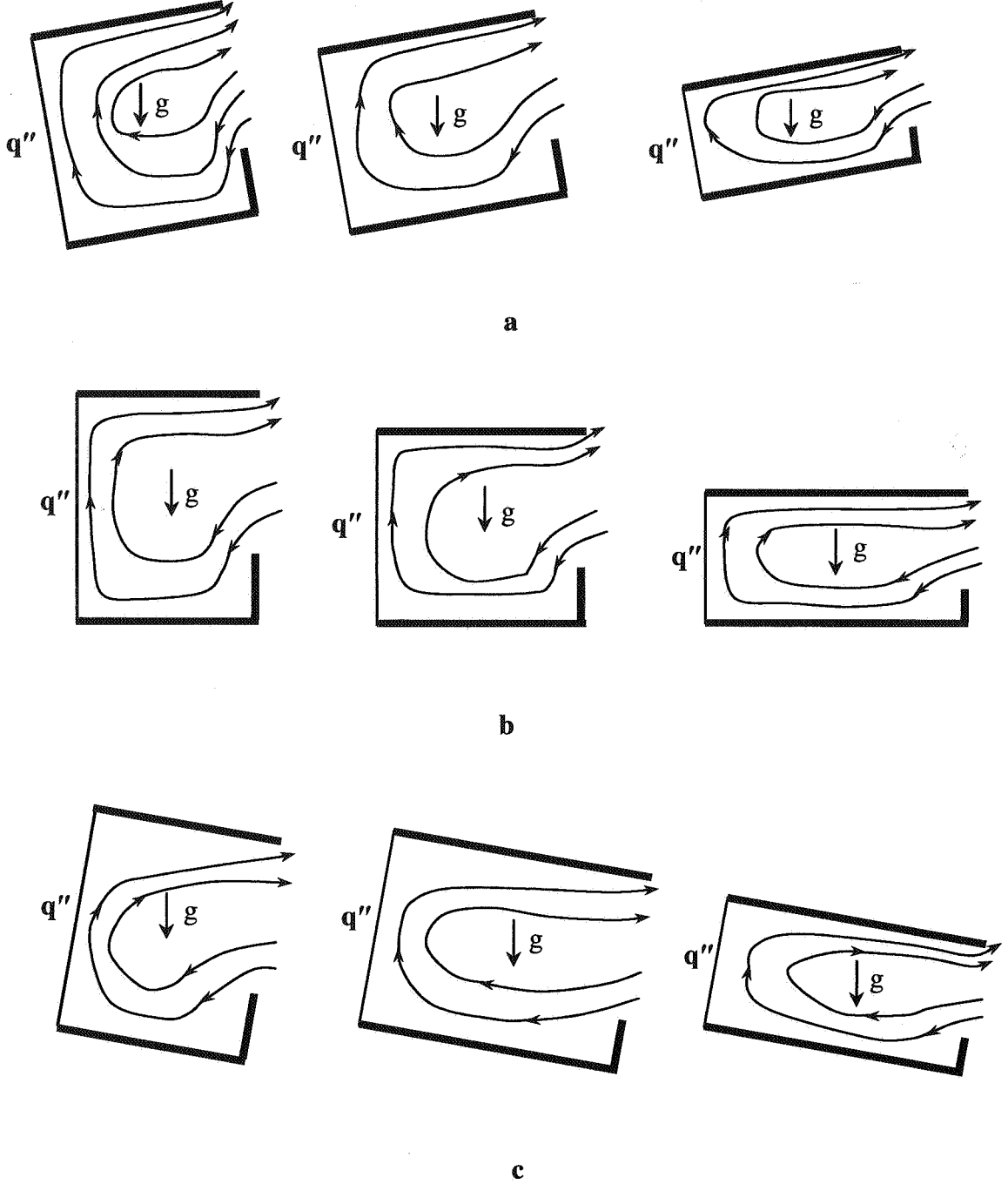


Şekil 6.2. $AO=0,50$ olan geometriler içerisindeki havanın akış durumları

a) $\theta = -10^\circ$ 'de $GO=1$, $GO=0,75$ ve $GO=0,50$

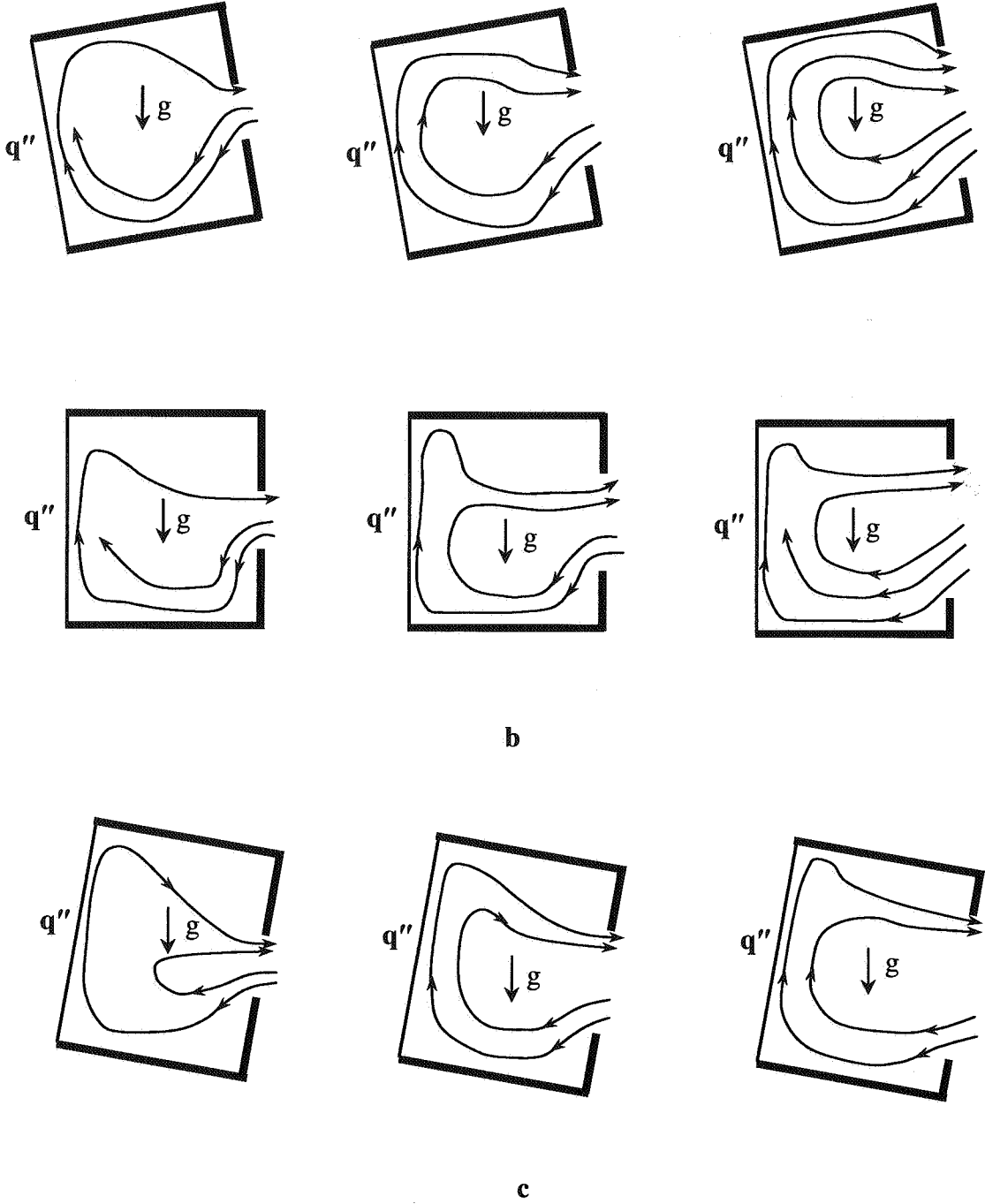
b) $\theta = 0^\circ$ 'de $GO=1$, $GO=0,75$ ve $GO=0,50$

c) $\theta = 10^\circ$ 'de $GO=1$, $GO=0,75$ ve $GO=0,50$



Şekil 6.3. $AO=0,75$ olan geometriler içerisindeki havanın akış durumları

- a) $\theta = -10^\circ$ 'de $GO=1$, $GO=0,75$ ve $GO=0,50$
- b) $\theta = 0^\circ$ 'de $GO=1$, $GO=0,75$ ve $GO=0,50$
- c) $\theta = 10^\circ$ 'de $GO=1$, $GO=0,75$ ve $GO=0,50$



Şekil 6.4. $GO=1$ olan geometriler içerisindeki havanın akış durumları

- a) $\theta = -10^\circ$ 'de $AO=0,25$, $AO=0,50$ ve $AO=0,75$
- b) $\theta = 0^\circ$ 'de $AO=0,25$, $AO=0,50$ ve $AO=0,75$
- c) $\theta = 10^\circ$ 'de $AO=0,25$, $AO=0,50$ ve $AO=0,75$

Bu çalışmanın devamı olarak, daha geniş aralıklardaki eğim açılarındaki ($-90 < \theta < 90$), farklı açıklık konumlarının (AK) dikkate alınması ile çeşitli parametrik değerlerin ısı transferine etkileri sayısal ve deneysel olarak incelenebileceği gibi birden fazla açıklığa sahip geometrilerde, açıklıkların dizilişlerinin ve dağılışının ısı transferine etkileri de incelenebilir. Diğer taraftan üç boyutlu olarak açıklıkların farklı geometrilerde, örneğin kare, daire ve üçgen şekillerdeki açıklığa sahip geometrilerde meydana gelen ısı transferinin etkisi hem sayısal hem de deneysel olarak incelenebilir.

KAYNAKLAR

1. Nada, S. A., Moawed, M., "Free convection in tilted rectangular enclosures heated at the bottom wall and vented by different slots-venting arrangements", *Experimental Thermal and Fluid Science*, 28 : 853-862 (2004).
2. Yu, E., Joshi, Y. K., "Heat transfer in discretely heated side-vented compact enclosures by combined conduction, natural convection, and radiation", *Transactions of the ASME*, 121 : 1002-1010 (1999).
3. Hess, C. F., Henze, R. H., "Experimental investigation of natural convection losses from open cavities", *Journal of Heat Transfer*, 106 : 333-338 (1984).
4. Elsayed, M. M., Chakroun, W., "Effect of aperture geometry on heat transfer in tilted partially open cavities", *Journal of Heat Transfer*, 121 : 819-827 (1999).
5. Shawole, R. A., Tarasuk, J. D., "Experimental and numerical studies of natural convection with flow separation in upward-facing inclined open cavities", *Journal of Heat Transfer*, 115 : 592-605 (1993).
6. Yu, E., Joshi, Y., "Natural convection air cooling of electronic components in partially open compact horizontal enclosures", *Ieee Transactions on Components and Packaging Technologies*, 23 (1): 14-22 (2000).
7. Frederick, R. L., "Natural convection heat transfer in a cubical enclosure with two active sectors on one vertical wall", *Int. Comm. Heat Mass Transfer*, 24 (4): 507-520 (1997).
8. Costa, V. A. F., "Laminar natural convection in differentially heated rectangular enclosures with vertical diffusive walls", *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 45 : 4217-4225 (2002).
9. Baytas, A. C., Pop, I., "Free convection in oblique filled with a porous medium", *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 42 : 1047-1057 (1999).
10. Aydın, O., Ünal, A., Ayhan, T., "Natural convection in rectangular enclosures heated from one side and cooled from the ceiling", *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 42 : 2345-2355 (1999).
11. Salat, J., Xin, S., Joubert, P., Sergent, A., Penot, F., Le Quere, P., "Experimental and numerical investigation of turbulent natural convection in a large air-filled cavity", *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 25 : 824-832 (2004).

12. Arcidiacono, S., Di Piazza, I., Ciofalo, M., "Low-Prandtl number natural convection in volumetrically heated rectangular enclosures II. Square cavity, $AR=1$ ", *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 44 : 537-550 (2001).
13. Poujol, F. T., Rojas, J., Ramos, E., "Natural convection of a high Prandtl number fluid in a cavity", *Int. Comm. Heat Mass Transfer*, 27 (1): 109-118 (2000).
14. Di Piazza, I., Ciofalo, M., "Low-Prandtl number natural convection in volumetrically heated rectangular enclosures I. Slender cavity, $AR=4$ ", *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 43 : 3027-3051 (2000).
15. Chang, T. S., Tsay, Y. L., "Natural convection heat transfer in an enclosure with a heated backward step", *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 44 : 3963-3971 (2001).
16. Polat, O., Bilgen, E., "Laminar natural convection in inclined open shallow cavities", *Int. J. Therm. Sci.*, 41 : 360-368 (2002).
17. Arcidiacono, S., Ciofalo, M., "Low-Prandtl number natural convection in volumetrically heated rectangular enclosures III. Shallow cavity, $AR = 0,25$ ", *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 44 : 3053-3065 (2001).
18. Leong, K. C., Tan, F. L., "Experimental study of freezing in a rectangular enclosure", *Journal of Materials Processing Technology*, 70 : 129-136 (1997).
19. Chan, Y. L., Tien, C. L., "Laminar natural convection in shallow open cavities", *Journal of Heat Transfer*, 108 : 305-309 (1986).
20. Chakroun, W., Quadri A.M.M., "Heat transfer measurements for smooth and rough tilted semi-cylindrical cavities", *Int. J. Therm. Sci.*, 41 : 163-172 (2002).
21. Khanafer, K., Vafai, K., Lightstone, M., "Mixed convection heat transfer in two-dimensional open-ended enclosures", *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 45 : 5171-5190 (2002).
22. Miyamoto, M., Kuehn, T.H., Goldstein, R.J., Katoh, Y., "Two-dimensional laminar natural convection heat transfer from a fully or partially open square cavity", *Numerical Heat Transfer*, 15 : 411-430 (1989).
23. Abib, A. H., Jaluari, Y., "Numerical simulation of the buoyancy-induced flow in a partially open enclosure", *Numerical Heat Transfer*, 14 : 235-254 (1988).
24. Chan, Y. L., Tien, C. L., "A numerical study of two-dimensional natural convection in square open cavities", *Numerical Heat Transfer*, 8 : 65-80 (1985).

25. Bilgen, E., Oztop, H., "Natural convection heat transfer in partially open inclined square cavities", *Int. Journal of Heat and Mass Transfer*, 45 : 1470-1479 (2005).

EKLER

EK-1 Örnek Q1 kütüğü

```

TALK=T;RUN(1,1);VDU=VGAMOUSE
  GROUP 1. Run title and other preliminaries
TEXT(HEAT TRANSFER PARTIAL ENCLOSURE-31.08.2005)
REAL(CP,ROIN,TIN,ISI)
CP=1007.0
TIN=22.0*CP
ISI=40
  GROUP 2. Transience; time-step specification
  GROUP 3. X-direction grid specification
GRDPWR(X,-90,0.1485,1.5)
  GROUP 4. Y-direction grid specification
NREGY=2
IREGY=1;GRDPWR(Y,-55,0.1114,1.5)
IREGY=2;GRDPWR(Y,-35,0.0371,1.5)
  GROUP 5. Z-direction grid specification
  GROUP 6. Body-fitted coordinates or grid distortion
  GROUP 7. Variables stored, solved & named
SOLVE(P1,U1,V1,H1)
SOLUTN(P1,Y,Y,Y,N,N,N)
SOLUTN(H1,Y,Y,Y,N,N,N)
  GROUP 8. Terms (in differential equations) & devices
TERMS(H1,N,Y,Y,Y,Y,N)
  GROUP 9. Properties of the medium (or media)
ENUL=1.546E-5
PRNDTL(H1)=0.708

TMP1=GRND2
TMP1A=0.0
TMP1B=1.0/CP

RHO1=GRND2
RHO1A=287.0*273.0/1.01E+5
RHO1B=287.0/1.01E+5/CP
ROIN=1.0/(RHO1A+RHO1B*TIN)
STORE(TMP1,RHO1)
  GROUP 10. Inter-phase-transfer processes and properties
  GROUP 11. Initialization of variable or porosity fields
  GROUP 12. Convection and diffusion adjustments
  GROUP 13. Boundary conditions and special sources
PATCH(BUOYANCY,PHASEM,1,NX,1,NY,1,1,1,1)
COVAL(BUOYANCY,V1,FIXFLU,GRND2)
RSG1=ROIN
RSG9=-9.81

PATCH(OUTLET,EAST,NX,NX,68,NY,1,1,1,1)

```

EK-1 (Devam) Örnek Q1 kütüğü

```
COVAL(OUTLET,P1,-2.0*ROIN,0.0)
COVAL(OUTLET,H1,ONLYMS,TIN)
COVAL(OUTLET,U1,ONLYMS,SAME)
COVAL(OUTLET,V1,ONLYMS,SAME)
```

```
PATCH(LWALL,WEST,1,1,1,NY,1,1,1,1)
COVAL(LWALL,V1,1.0,0.0)
COVAL(LWALL,H1,FIXFLU,ISI)
```

```
PATCH(TOPWALL,NWALL,1,NX,NY,NY,1,1,1,1)
COVAL(TOPWALL,U1,1.0,0.0)
```

```
PATCH(BOTWALL,SWALL,1,NX,1,1,1,1,1,1)
COVAL(BOTWALL,U1,1.0,0.0)
```

```
PATCH(RWALL,EWALL,NX,NX,1,67,1,1,1,1)
COVAL(RWALL,V1,1.0,0.0)
```

GROUP 14. Downstream pressure for PARAB=.TRUE.

GROUP 15. Termination of sweeps

LSWEEP=5000

GROUP 16. Termination of iterations

GROUP 17. Under-relaxation devices

RELAX(P1,LINRLX,0.4)

RELAX(H1,FALSDDT,0.4)

RELAX(U1,FALSDDT,0.4)

RELAX(V1,FALSDDT,0.4)

GROUP 18. Limits on variables or increments to them

GROUP 19. Data communicated by satellite to GROUND

GROUP 20. Preliminary print-out

GROUP 21. Print-out of variables

GROUP 22. Spot-value print-out

GROUP 23. Field print-out and plot control

Iprof=2

NXPRIN=5

NYPRIN=5

NZPRIN=5

```
PATCH(FIG1,PROFIL,1,1,1,NY,1,1,1,1)
PLOT(FIG1,U1,1.0,0.0)
PLOT(FIG1,V1,1.0,0.0)
PLOT(FIG1,H1,1.0,0.0)
PLOT(FIG1,TMP1,1.0,0.0)
```

GROUP 24. Dumps for restarts

STOP

EK-2 Örnek sonuç kütüğü

CCCC HHH PHOENICS - EARTH
 CCCCCC HHH (C) Copyright 1995
 CCCCCC see HH Concentration Heat and Momentum Ltd
 CCCCCC POLIS HH All rights reserved.
 CCCCCC for HH CHAM Ltd, Bakery House, 40 High St
 CCCCCC new HH Wimbledon, London, SW19 5AU
 CCCCCC features H Tel: 0181-947-7651
 CCCCCC HH Facsimile: 0181-879-3497
 CCCC HHH E-mail: phoenixes@cham.demon.co.uk

----- STORAGE INFORMATION -----

F DIMENSION = 10000000 EST MIN DIMENSION = 425984
 OCCUPIED = 490784

DEP VARBLs = 48600 OLD VARBLs = 0

3D COEFFS = 0 3D DVDPS = 0

Group 1. Run Title and Number

TEXT(HEAT TRANSFER PARTIAL ENCLOSURE-31.08.20)

EK-2 (Devam) Örnek sonuç kütüğü

IRUNN = 1 ;LIBREF = 0

Group 2. Transience

STEADY = T

Group 3. X-Direction Grid Spacing

CARTES = T

NX = 90

XULAST = 1.485E-01

XFRAC (1) = 1.656E-03 ;XFRAC (2) = 4.685E-03

XFRAC (3) = 8.607E-03 ;XFRAC (4) = 1.325E-02

XFRAC (5) = 1.852E-02 ;XFRAC (6) = 2.434E-02

XFRAC (7) = 3.068E-02 ;XFRAC (8) = 3.748E-02

XFRAC (9) = 4.472E-02 ;XFRAC (10) = 5.238E-02

XFRAC (11) = 6.043E-02 ;XFRAC (12) = 6.885E-02

XFRAC (13) = 7.764E-02 ;XFRAC (14) = 8.676E-02

XFRAC (15) = 9.623E-02 ;XFRAC (16) = 1.060E-01

XFRAC (17) = 1.161E-01 ;XFRAC (18) = 1.265E-01

XFRAC (19) = 1.372E-01 ;XFRAC (20) = 1.481E-01

XFRAC (21) = 1.594E-01 ;XFRAC (22) = 1.709E-01

XFRAC (23) = 1.827E-01 ;XFRAC (24) = 1.947E-01

XFRAC (25) = 2.070E-01 ;XFRAC (26) = 2.196E-01

XFRAC (27) = 2.324E-01 ;XFRAC (28) = 2.454E-01

XFRAC (29) = 2.587E-01 ;XFRAC (30) = 2.722E-01

XFRAC (31) = 2.859E-01 ;XFRAC (32) = 2.998E-01

XFRAC (33) = 3.140E-01 ;XFRAC (34) = 3.284E-01

XFRAC (35) = 3.430E-01 ;XFRAC (36) = 3.578E-01

EK-2 (Devam) Örnek sonuç kütüğü

XFRAC (37) = 3.728E-01 ;XFRAC (38) = 3.880E-01
 XFRAC (39) = 4.034E-01 ;XFRAC (40) = 4.190E-01
 XFRAC (41) = 4.348E-01 ;XFRAC (42) = 4.508E-01
 XFRAC (43) = 4.670E-01 ;XFRAC (44) = 4.834E-01
 XFRAC (45) = 5.000E-01 ;XFRAC (46) = 5.166E-01
 XFRAC (47) = 5.330E-01 ;XFRAC (48) = 5.492E-01
 XFRAC (49) = 5.652E-01 ;XFRAC (50) = 5.810E-01
 XFRAC (51) = 5.966E-01 ;XFRAC (52) = 6.120E-01
 XFRAC (53) = 6.272E-01 ;XFRAC (54) = 6.422E-01
 XFRAC (55) = 6.570E-01 ;XFRAC (56) = 6.716E-01
 XFRAC (57) = 6.860E-01 ;XFRAC (58) = 7.002E-01
 XFRAC (59) = 7.141E-01 ;XFRAC (60) = 7.278E-01
 XFRAC (61) = 7.413E-01 ;XFRAC (62) = 7.546E-01
 XFRAC (63) = 7.676E-01 ;XFRAC (64) = 7.804E-01
 XFRAC (65) = 7.930E-01 ;XFRAC (66) = 8.053E-01
 XFRAC (67) = 8.173E-01 ;XFRAC (68) = 8.291E-01
 XFRAC (69) = 8.406E-01 ;XFRAC (70) = 8.519E-01
 XFRAC (71) = 8.628E-01 ;XFRAC (72) = 8.735E-01
 XFRAC (73) = 8.839E-01 ;XFRAC (74) = 8.940E-01
 XFRAC (75) = 9.038E-01 ;XFRAC (76) = 9.132E-01
 XFRAC (77) = 9.224E-01 ;XFRAC (78) = 9.311E-01
 XFRAC (79) = 9.396E-01 ;XFRAC (80) = 9.476E-01
 XFRAC (81) = 9.553E-01 ;XFRAC (82) = 9.625E-01
 XFRAC (83) = 9.693E-01 ;XFRAC (84) = 9.757E-01
 XFRAC (85) = 9.815E-01 ;XFRAC (86) = 9.867E-01
 XFRAC (87) = 9.914E-01 ;XFRAC (88) = 9.953E-01
 XFRAC (89) = 9.983E-01 ;XFRAC (90) = 1.000E+00

Group 4. Y-Direction Grid Spacing

NY = 90

EK-2 (Devam) Örnek sonuç kütüğü

YVLAST = 1.485E-01

YFRAC (1) = 2.601E-03 ;YFRAC (2) = 7.357E-03
YFRAC (3) = 1.351E-02 ;YFRAC (4) = 2.081E-02
YFRAC (5) = 2.908E-02 ;YFRAC (6) = 3.823E-02
YFRAC (7) = 4.817E-02 ;YFRAC (8) = 5.885E-02
YFRAC (9) = 7.023E-02 ;YFRAC (10) = 8.225E-02
YFRAC (11) = 9.489E-02 ;YFRAC (12) = 1.081E-01
YFRAC (13) = 1.219E-01 ;YFRAC (14) = 1.362E-01
YFRAC (15) = 1.511E-01 ;YFRAC (16) = 1.665E-01
YFRAC (17) = 1.823E-01 ;YFRAC (18) = 1.986E-01
YFRAC (19) = 2.154E-01 ;YFRAC (20) = 2.326E-01
YFRAC (21) = 2.503E-01 ;YFRAC (22) = 2.684E-01
YFRAC (23) = 2.869E-01 ;YFRAC (24) = 3.058E-01
YFRAC (25) = 3.251E-01 ;YFRAC (26) = 3.448E-01
YFRAC (27) = 3.649E-01 ;YFRAC (28) = 3.853E-01
YFRAC (29) = 4.054E-01 ;YFRAC (30) = 4.251E-01
YFRAC (31) = 4.444E-01 ;YFRAC (32) = 4.633E-01
YFRAC (33) = 4.818E-01 ;YFRAC (34) = 4.999E-01
YFRAC (35) = 5.175E-01 ;YFRAC (36) = 5.348E-01
YFRAC (37) = 5.515E-01 ;YFRAC (38) = 5.679E-01
YFRAC (39) = 5.837E-01 ;YFRAC (40) = 5.991E-01
YFRAC (41) = 6.139E-01 ;YFRAC (42) = 6.283E-01
YFRAC (43) = 6.420E-01 ;YFRAC (44) = 6.553E-01
YFRAC (45) = 6.679E-01 ;YFRAC (46) = 6.799E-01
YFRAC (47) = 6.913E-01 ;YFRAC (48) = 7.020E-01
YFRAC (49) = 7.119E-01 ;YFRAC (50) = 7.211E-01
YFRAC (51) = 7.294E-01 ;YFRAC (52) = 7.367E-01
YFRAC (53) = 7.428E-01 ;YFRAC (54) = 7.476E-01
YFRAC (55) = 7.502E-01 ;YFRAC (56) = 7.519E-01
YFRAC (57) = 7.550E-01 ;YFRAC (58) = 7.590E-01

EK-2 (Devam) Örnek sonuç kütüğü

YFRAC (59) = 7.638E-01 ;YFRAC (60) = 7.692E-01
 YFRAC (61) = 7.752E-01 ;YFRAC (62) = 7.818E-01
 YFRAC (63) = 7.888E-01 ;YFRAC (64) = 7.962E-01
 YFRAC (65) = 8.041E-01 ;YFRAC (66) = 8.124E-01
 YFRAC (67) = 8.211E-01 ;YFRAC (68) = 8.301E-01
 YFRAC (69) = 8.396E-01 ;YFRAC (70) = 8.493E-01
 YFRAC (71) = 8.594E-01 ;YFRAC (72) = 8.698E-01
 YFRAC (73) = 8.804E-01 ;YFRAC (74) = 8.908E-01
 YFRAC (75) = 9.009E-01 ;YFRAC (76) = 9.106E-01
 YFRAC (77) = 9.200E-01 ;YFRAC (78) = 9.291E-01
 YFRAC (79) = 9.377E-01 ;YFRAC (80) = 9.460E-01
 YFRAC (81) = 9.539E-01 ;YFRAC (82) = 9.614E-01
 YFRAC (83) = 9.684E-01 ;YFRAC (84) = 9.749E-01
 YFRAC (85) = 9.809E-01 ;YFRAC (86) = 9.863E-01
 YFRAC (87) = 9.911E-01 ;YFRAC (88) = 9.952E-01
 YFRAC (89) = 9.983E-01 ;YFRAC (90) = 1.000E+00

Group 5. Z-Direction Grid Spacing

PARAB = F

NZ = 1

ZWLAST = 1.000E+00

Group 6. Body-Fitted Coordinates

Group 7. Variables: STOREd,SOLVEd,NAMED

ONEPHS = T

NAME(1) =P1 ;NAME(3) =U1

NAME(5) =V1 ;NAME(14) =H1

NAME(49) =RHO1 ;NAME(50) =TMP1

SOLUTN(P1 ,Y,Y,N,N,N,N)

EK-2 (Devam) Örnek sonuç kütüğü

SOLUTN(U1 ,Y,Y,N,N,N,N)

SOLUTN(V1 ,Y,Y,N,N,N,N)

SOLUTN(H1 ,Y,Y,N,N,N,N)

SOLUTN(RHO1,Y,N,N,N,N,N)

SOLUTN(TMP1,Y,N,N,N,N,N)

DEN1 = 49

TEMP1 = 50

Group 8. Terms & Devices

TERMS (P1 ,Y,Y,Y,N,Y,N)

TERMS (U1 ,Y,Y,Y,N,Y,N)

TERMS (V1 ,Y,Y,Y,N,Y,N)

TERMS (H1 ,N,Y,Y,N,Y,N)

DIFCUT = 5.000E-01 ;ZDIFAC = 1.000E+00

GALA = F ;ADDDIF = F ;BLOCKZ = T

NEWRH1 = T

ISOLX = -1 ;ISOLY = -1 ;ISOLZ = 0

Group 9. Properties

RHO1 = GRND2 ;TMP1 = GRND2 ;EL1 = 0.000E+00

RHO1A = 7.758E-01 ;RHO1B = 2.822E-06 ;RHO1C = 0.000E+00

PRESS0 = 0.000E+00

TMP1A = 0.000E+00 ;TMP1B = 9.930E-04 ;TMP1C = 0.000E+00

TEMP0 = 0.000E+00

ENUL = 1.546E-05 ;ENUT = 0.000E+00

DRH1DP = 0.000E+00

PRNDTL(U1) = 1.000E+00 ;PRNDTL(V1) = 1.000E+00

PRNDTL(H1) = 7.080E-01

PRT (U1) = 1.000E+00 ;PRT (V1) = 1.000E+00

PRT (H1) = 1.000E+00

EK-2 (Devam) Örnek sonuç kütüğü

Group 10.Inter-Phase Transfer Processes

Group 11.Initialise Var/Porosity Fields

FIINIT(P1)= 1.000E-10 ;FIINIT(U1)= 1.000E-10

FIINIT(V1)= 1.000E-10 ;FIINIT(H1)= 1.000E-10

FIINIT(RHO1)= 1.000E-10 ;FIINIT(TMP1)= 1.000E-10

No PATCHes yet used for this Group

INIADD = T

NAMFI =CHAM

Group 12. Unused

Group 13. Boundary & Special Sources

PATCH(BUOYANCY,PHASEM, 1, 90, 1, 90, 1, 1, 1, 1)

COVAL(BUOYANCY,V1 ,FIXFLU ,GRND2)

PATCH(OUTLET ,EAST , 90, 90, 68, 90, 1, 1, 1, 1)

COVAL(OUTLET ,P1 ,-2.386E+00,0.000E+00)

COVAL(OUTLET ,U1 ,0.000E+00,SAME)

COVAL(OUTLET ,V1 ,0.000E+00,SAME)

COVAL(OUTLET ,H1 ,0.000E+00,2.215E+04)

PATCH(LWALL ,WEST , 1, 1, 1, 90, 1, 1, 1, 1)

COVAL(LWALL ,V1 ,1.000E+00,0.000E+00)

COVAL(LWALL ,H1 ,FIXFLU ,4.000E+01)

PATCH(TOPWALL ,NWALL , 1, 90, 90, 90, 1, 1, 1, 1)

EK-2 (Devam) Örnek sonuç kütüğü

COVAL(TOPWALL ,U1 , 1.000E+00, 0.000E+00)

PATCH(BOTWALL ,SWALL , 1, 90, 1, 1, 1, 1, 1, 1)

COVAL(BOTWALL ,U1 , 1.000E+00, 0.000E+00)

PATCH(RWALL ,EWALL , 90, 90, 1, 67, 1, 1, 1, 1)

COVAL(RWALL ,V1 , 1.000E+00, 0.000E+00)

XCycle = F

Group 14. Downstream Pressure For PARAB

Group 15. Terminate Sweeps

LSWEEP = 5000 ;ISWC1 = 1

LITHYD = 1 ;LITFLX = 1 ;LITC = 1 ;ITHC1 = 1

RESREF(P1) = 1.000E-08 ;RESREF(U1) = 1.000E-08

RESREF(V1) = 1.000E-08 ;RESREF(H1) = 1.000E-08

Group 16. Terminate Iterations

LITER (P1) = 20 ;LITER (U1) = 1

LITER (V1) = 1 ;LITER (H1) = 20

ENDIT (P1) = 1.000E-08 ;ENDIT (U1) = 1.000E-08

ENDIT (V1) = 1.000E-08 ;ENDIT (H1) = 1.000E-08

Group 17. Relaxation

RELAX(P1 ,LINRLX, 4.000E-01)

RELAX(U1 ,FALSDDT, 4.000E-01)

RELAX(V1 ,FALSDDT, 4.000E-01)

RELAX(H1 ,FALSDDT, 4.000E-01)

RELAX(RHO1,LINRLX, 1.000E+00)

RELAX(TMP1,LINRLX, 1.000E+00)

EK-2 (Devam) Örnek sonuç kütüğü

OVRRLX = 0.000E+00

Group 18. Limits

VARMAX(P1) = 1.000E+10 ;VARMIN(P1) = -1.000E+10

VARMAX(U1) = 1.000E+10 ;VARMIN(U1) = -1.000E+10

VARMAX(V1) = 1.000E+10 ;VARMIN(V1) = -1.000E+10

VARMAX(H1) = 1.000E+10 ;VARMIN(H1) = -1.000E+10

VARMAX(RHO1) = 1.000E+10 ;VARMIN(RHO1) = -1.000E+10

VARMAX(TMP1) = 1.000E+10 ;VARMIN(TMP1) = -1.000E+10

Group 19. EARTH Calls To GROUND Station

USEGRD = T ;USEGRX = T

NAMGRD = NONE

RSG1 = 1.193E+00

RSG9 = -9.810E+00

Group 20. Preliminary Printout

ECHO = T

Group 21. Print-out of Variables

INIFLD = F ;SUBWGR = F

OUTPUT(P1 ,Y,N,N,Y,Y,Y)

OUTPUT(U1 ,Y,N,N,Y,Y,Y)

OUTPUT(V1 ,Y,N,N,Y,Y,Y)

OUTPUT(H1 ,Y,N,N,Y,Y,Y)

OUTPUT(RHO1,Y,N,N,N,N,N)

OUTPUT(TMP1,Y,N,N,N,N,N)

Group 22. Monitor Print-Out

IXMON = 1 ;IYMON = 1 ;IZMON = 1

EK-2 (Devam) Örnek sonuç kütüğü

NPRMON = 10000 ;NPRMNT = 10000 ;TSTSWP = 1
 UWATCH = T ;USTEER = T
 HIGHLO = F

Group 23.Field Print-Out & Plot Control

NPRINT = 10000 ;NUMCLS = 5
 NXPRIN = 5 ;IXPRF = 1 ;IXPRL = 90
 NYPRIN = 5 ;IYPRF = 1 ;IYPRL = 90
 IPLTF = 1 ;IPLTL = 5000 ;NPLT = 250
 ITABL = 3 ;IPROF = 2
 ABSIZ = 5.000E-01 ;ORSIZ = 4.000E-01
 NTZPRF = 1 ;NCOLPF = 50
 ICHR = 2 ;NCOLCO = 45 ;NROWCO = 20

PATCH(FIG1 ,PROFIL, 1, 1, 1, 90, 1, 1, 1, 1)
 PLOT(FIG1 ,U1 , 1.000E+00, 0.000E+00)
 PLOT(FIG1 ,V1 , 1.000E+00, 0.000E+00)
 PLOT(FIG1 ,H1 , 1.000E+00, 0.000E+00)
 PLOT(FIG1 ,TMP1, 1.000E+00, 0.000E+00)

Group 24. Dumps For Restarts

SAVE = T ;AUTOPS = F ;NOWIPE = F
 NSAVE =CHAM

*** GRID-GEOMETRY INFORMATION ***

X-COORDINATES OF THE CELL CENTRES

1.230E-04	4.708E-04	9.869E-04	1.623E-03	2.359E-03
3.182E-03	4.085E-03	5.060E-03	6.103E-03	7.210E-03
8.376E-03	9.599E-03	1.088E-02	1.221E-02	1.359E-02
1.502E-02	1.649E-02	1.801E-02	1.958E-02	2.119E-02

EK-2 (Devam) Örnek sonuç kütüğü

284E-02	2.453E-02	2.626E-02	2.803E-02	2.983E-02
3.168E-02	3.356E-02	3.548E-02	3.743E-02	3.941E-02
4.144E-02	4.349E-02	4.558E-02	4.770E-02	4.985E-02
5.203E-02	5.424E-02	5.649E-02	5.876E-02	6.107E-02
6.340E-02	6.576E-02	6.815E-02	7.057E-02	7.302E-02
7.548E-02	7.793E-02	8.035E-02	8.274E-02	8.510E-02
8.743E-02	8.974E-02	9.201E-02	9.426E-02	9.647E-02
9.865E-02	1.008E-01	1.029E-01	1.050E-01	1.071E-01
1.091E-01	1.111E-01	1.130E-01	1.149E-01	1.168E-01
1.187E-01	1.205E-01	1.222E-01	1.240E-01	1.257E-01
1.273E-01	1.289E-01	1.305E-01	1.320E-01	1.335E-01
1.349E-01	1.363E-01	1.376E-01	1.389E-01	1.401E-01
1.413E-01	1.424E-01	1.434E-01	1.444E-01	1.453E-01
1.461E-01	1.469E-01	1.475E-01	1.480E-01	1.484E-01

Y-COORDINATES OF THE CELL CENTRES

1.931E-04	7.393E-04	1.550E-03	2.548E-03	3.704E-03
4.997E-03	6.415E-03	7.946E-03	9.584E-03	1.132E-02
1.315E-02	1.507E-02	1.708E-02	1.917E-02	2.134E-02
2.358E-02	2.590E-02	2.828E-02	3.074E-02	3.327E-02
3.586E-02	3.851E-02	4.123E-02	4.401E-02	4.685E-02
4.974E-02	5.270E-02	5.570E-02	5.870E-02	6.166E-02
6.455E-02	6.739E-02	7.017E-02	7.289E-02	7.554E-02
7.813E-02	8.066E-02	8.312E-02	8.550E-02	8.782E-02
9.006E-02	9.223E-02	9.432E-02	9.633E-02	9.825E-02
1.001E-01	1.018E-01	1.035E-01	1.050E-01	1.064E-01
1.077E-01	1.089E-01	1.099E-01	1.107E-01	1.112E-01
1.115E-01	1.119E-01	1.124E-01	1.131E-01	1.138E-01
1.147E-01	1.156E-01	1.166E-01	1.177E-01	1.188E-01
1.200E-01	1.213E-01	1.226E-01	1.240E-01	1.254E-01
1.269E-01	1.284E-01	1.299E-01	1.315E-01	1.330E-01

EK-2 (Devam) Örnek sonuç kütüğü

1.345E-01 1.359E-01 1.373E-01 1.386E-01 1.399E-01
 1.411E-01 1.422E-01 1.433E-01 1.443E-01 1.452E-01
 1.461E-01 1.468E-01 1.475E-01 1.480E-01 1.484E-01

Z-COORDINATES OF THE CELL CENTRES

5.000E-01

--- INTEGRATION OF EQUATIONS BEGINS ---

TIME STP= 1 SWEEP NO= 5000 ZSLAB NO= 1 ITERN NO= 1

FLOW FIELD AT ITHYD= 1, IZ= 1, ISWEEP=5000, ISTEP= 1

FIELD VALUES OF P1

IY= 90 9.818E-03 9.691E-03 8.750E-03 6.939E-03 5.959E-03
 IY= 85 7.240E-03 7.267E-03 6.611E-03 5.034E-03 4.286E-03
 IY= 80 3.656E-03 3.710E-03 3.055E-03 1.689E-03 1.299E-03
 IY= 75 -2.839E-04 -2.793E-04 -9.403E-04 -1.582E-03 -1.568E-03
 IY= 70 -3.664E-03 -3.674E-03 -3.952E-03 -4.055E-03 -4.000E-03
 IY= 65 -5.940E-03 -5.941E-03 -6.025E-03 -6.037E-03 -6.047E-03
 IY= 60 -7.462E-03 -7.461E-03 -7.507E-03 -7.521E-03 -7.552E-03
 IY= 55 -8.214E-03 -8.209E-03 -8.255E-03 -8.272E-03 -8.298E-03
 IY= 50 -9.517E-03 -9.516E-03 -9.556E-03 -9.575E-03 -9.587E-03
 IY= 45 -1.150E-02 -1.150E-02 -1.154E-02 -1.156E-02 -1.156E-02
 IY= 40 -1.367E-02 -1.368E-02 -1.372E-02 -1.373E-02 -1.373E-02
 IY= 35 -1.579E-02 -1.580E-02 -1.584E-02 -1.586E-02 -1.587E-02
 IY= 30 -1.780E-02 -1.781E-02 -1.785E-02 -1.787E-02 -1.789E-02
 IY= 25 -1.971E-02 -1.973E-02 -1.978E-02 -1.984E-02 -1.991E-02
 IY= 20 -2.147E-02 -2.149E-02 -2.152E-02 -2.160E-02 -2.171E-02

EK-2 (Devam) Örnek sonuç kütüğü

IY= 15 -2.320E-02 -2.322E-02 -2.325E-02 -2.330E-02 -2.338E-02
 IY= 10 -2.468E-02 -2.472E-02 -2.476E-02 -2.474E-02 -2.477E-02
 IY= 5 -2.586E-02 -2.593E-02 -2.586E-02 -2.576E-02 -2.576E-02
 IX= 1 6 11 16 21
 IY= 90 5.965E-03 6.159E-03 6.256E-03 6.246E-03 6.139E-03
 IY= 85 4.399E-03 4.618E-03 4.734E-03 4.750E-03 4.669E-03
 IY= 80 1.700E-03 2.072E-03 2.214E-03 2.250E-03 2.204E-03
 IY= 75 -1.221E-03 -8.486E-04 -7.384E-04 -7.547E-04 -7.956E-04
 IY= 70 -3.855E-03 -3.698E-03 -3.698E-03 -3.770E-03 -3.807E-03
 IY= 65 -6.015E-03 -5.989E-03 -6.038E-03 -6.065E-03 -6.072E-03
 IY= 60 -7.568E-03 -7.582E-03 -7.602E-03 -7.610E-03 -7.603E-03
 IY= 55 -8.325E-03 -8.342E-03 -8.358E-03 -8.360E-03 -8.351E-03
 IY= 50 -9.611E-03 -9.626E-03 -9.634E-03 -9.633E-03 -9.626E-03
 IY= 45 -1.156E-02 -1.156E-02 -1.156E-02 -1.156E-02 -1.156E-02
 IY= 40 -1.373E-02 -1.371E-02 -1.371E-02 -1.370E-02 -1.369E-02
 IY= 35 -1.589E-02 -1.589E-02 -1.588E-02 -1.587E-02 -1.587E-02
 IY= 30 -1.794E-02 -1.800E-02 -1.805E-02 -1.807E-02 -1.807E-02
 IY= 25 -2.001E-02 -2.011E-02 -2.019E-02 -2.024E-02 -2.027E-02
 IY= 20 -2.184E-02 -2.197E-02 -2.208E-02 -2.217E-02 -2.222E-02
 IY= 15 -2.346E-02 -2.353E-02 -2.363E-02 -2.375E-02 -2.386E-02
 IY= 10 -2.480E-02 -2.483E-02 -2.489E-02 -2.498E-02 -2.509E-02
 IY= 5 -2.578E-02 -2.582E-02 -2.587E-02 -2.594E-02 -2.604E-02
 IX= 26 31 36 41 46
 IY= 90 5.984E-03 5.834E-03 5.695E-03 5.551E-03 5.375E-03
 IY= 85 4.539E-03 4.408E-03 4.284E-03 4.151E-03 3.984E-03
 IY= 80 2.110E-03 2.014E-03 1.923E-03 1.823E-03 1.702E-03
 IY= 75 -8.490E-04 -8.964E-04 -9.406E-04 -9.844E-04 -1.021E-03
 IY= 70 -3.820E-03 -3.824E-03 -3.828E-03 -3.828E-03 -3.810E-03
 IY= 65 -6.061E-03 -6.049E-03 -6.040E-03 -6.027E-03 -6.005E-03
 IY= 60 -7.589E-03 -7.577E-03 -7.566E-03 -7.555E-03 -7.544E-03

EK-2 (Devam) Örnek sonuç kütüğü

IY= 55 -8.338E-03 -8.328E-03 -8.319E-03 -8.309E-03 -8.303E-03
 IY= 50 -9.618E-03 -9.612E-03 -9.606E-03 -9.601E-03 -9.598E-03
 IY= 45 -1.155E-02 -1.155E-02 -1.155E-02 -1.155E-02 -1.155E-02
 IY= 40 -1.368E-02 -1.368E-02 -1.368E-02 -1.368E-02 -1.368E-02
 IY= 35 -1.586E-02 -1.585E-02 -1.584E-02 -1.584E-02 -1.584E-02
 IY= 30 -1.806E-02 -1.806E-02 -1.805E-02 -1.805E-02 -1.804E-02
 IY= 25 -2.028E-02 -2.028E-02 -2.028E-02 -2.028E-02 -2.027E-02
 IY= 20 -2.225E-02 -2.227E-02 -2.229E-02 -2.229E-02 -2.228E-02
 IY= 15 -2.394E-02 -2.398E-02 -2.400E-02 -2.396E-02 -2.369E-02
 IY= 10 -2.519E-02 -2.522E-02 -2.512E-02 -2.477E-02 -2.419E-02
 IY= 5 -2.611E-02 -2.608E-02 -2.585E-02 -2.530E-02 -2.471E-02
 IX= 51 56 61 66 71
 IY= 90 5.112E-03 4.629E-03 3.595E-03
 IY= 85 3.724E-03 3.246E-03 2.385E-03
 IY= 80 1.532E-03 1.257E-03 8.526E-04
 IY= 75 -1.036E-03 -1.011E-03 -8.711E-04
 IY= 70 -3.757E-03 -3.637E-03 -3.778E-03
 IY= 65 -5.982E-03 -6.137E-03 -8.017E-03
 IY= 60 -7.537E-03 -7.647E-03 -8.170E-03
 IY= 55 -8.297E-03 -8.329E-03 -8.501E-03
 IY= 50 -9.595E-03 -9.536E-03 -9.411E-03
 IY= 45 -1.155E-02 -1.147E-02 -1.132E-02
 IY= 40 -1.368E-02 -1.363E-02 -1.356E-02
 IY= 35 -1.584E-02 -1.581E-02 -1.579E-02
 IY= 30 -1.805E-02 -1.801E-02 -1.799E-02
 IY= 25 -2.026E-02 -2.014E-02 -2.008E-02
 IY= 20 -2.210E-02 -2.173E-02 -2.162E-02
 IY= 15 -2.314E-02 -2.275E-02 -2.273E-02
 IY= 10 -2.377E-02 -2.371E-02 -2.373E-02
 IY= 5 -2.452E-02 -2.456E-02 -2.457E-02

EK-2 (Devam) Örnek sonuç kütüğü

IX= 76 81 86

FIELD VALUES OF U1

IY= 90 -2.229E-06 1.257E-03 3.735E-03 4.393E-03 2.493E-03
 IY= 85 9.166E-06 8.978E-03 3.757E-02 5.832E-02 5.031E-02
 IY= 80 6.338E-06 8.870E-03 3.332E-02 4.842E-02 5.320E-02
 IY= 75 9.134E-06 7.493E-03 1.717E-02 1.476E-02 1.735E-02
 IY= 70 4.950E-06 3.266E-03 4.898E-03 -7.179E-04 -3.325E-03
 IY= 65 2.268E-06 1.497E-03 2.230E-03 1.890E-04 -3.192E-03
 IY= 60 1.501E-06 1.037E-03 1.639E-03 1.792E-03 9.606E-04
 IY= 55 1.231E-06 8.865E-04 1.356E-03 1.989E-03 2.691E-03
 IY= 50 1.204E-06 7.006E-04 8.092E-04 1.562E-03 3.871E-03
 IY= 45 8.813E-07 3.652E-04 -2.455E-04 4.562E-05 1.699E-03
 IY= 40 4.233E-07 -9.946E-05 -1.563E-03 -9.545E-04 -5.115E-04
 IY= 35 -2.626E-07 -7.039E-04 -3.332E-03 -2.318E-03 2.007E-03
 IY= 30 -9.246E-07 -1.257E-03 -5.017E-03 -5.642E-03 -1.980E-03
 IY= 25 -1.673E-06 -1.902E-03 -7.100E-03 -1.054E-02 -1.138E-02
 IY= 20 -2.570E-06 -2.421E-03 -8.402E-03 -1.494E-02 -2.037E-02
 IY= 15 -2.542E-06 -2.431E-03 -7.357E-03 -1.178E-02 -1.688E-02
 IY= 10 -3.608E-06 -3.685E-03 -8.288E-03 -6.724E-03 -5.957E-03
 IY= 5 -1.496E-05 -8.064E-03 -1.009E-02 -4.124E-03 -8.165E-04

IX= 1 6 11 16 21

IY= 90 8.586E-04 2.553E-04 2.253E-04 4.196E-04 6.188E-04
 IY= 85 2.676E-02 1.050E-02 6.852E-03 9.275E-03 1.272E-02
 IY= 80 4.797E-02 3.264E-02 2.190E-02 2.132E-02 2.406E-02
 IY= 75 2.673E-02 3.163E-02 3.059E-02 2.930E-02 2.892E-02
 IY= 70 3.060E-03 1.409E-02 2.171E-02 2.325E-02 2.226E-02
 IY= 65 -1.112E-03 6.292E-03 1.258E-02 1.384E-02 1.286E-02
 IY= 60 2.003E-03 5.302E-03 7.881E-03 8.066E-03 7.179E-03
 IY= 55 3.475E-03 5.120E-03 6.203E-03 5.824E-03 5.034E-03
 IY= 50 4.429E-03 4.263E-03 3.728E-03 2.885E-03 2.359E-03

EK-2 (Devam) Örnek sonuç kütüğü

IY= 45	1.896E-03	1.209E-03	4.316E-04	1.246E-05	2.717E-05
IY= 40	-8.356E-04	-7.974E-04	-1.194E-03	-1.282E-03	-1.070E-03
IY= 35	3.482E-03	3.494E-03	2.856E-03	2.046E-03	1.125E-03
IY= 30	3.235E-03	7.810E-03	9.681E-03	9.095E-03	6.930E-03
IY= 25	-9.732E-03	-5.433E-03	1.952E-06	4.753E-03	7.432E-03
IY= 20	-2.336E-02	-2.321E-02	-1.937E-02	-1.283E-02	-5.865E-03
IY= 15	-2.304E-02	-2.966E-02	-3.450E-02	-3.539E-02	-3.204E-02
IY= 10	-7.980E-03	-1.351E-02	-2.259E-02	-3.346E-02	-4.325E-02
IY= 5	-5.087E-04	-1.592E-03	-4.137E-03	-8.858E-03	-1.628E-02
IX= 26	31	36	41	46	
IY= 90	7.167E-04	7.493E-04	7.893E-04	8.882E-04	1.113E-03
IY= 85	1.477E-02	1.564E-02	1.642E-02	1.799E-02	2.120E-02
IY= 80	2.640E-02	2.774E-02	2.880E-02	3.025E-02	3.247E-02
IY= 75	2.888E-02	2.890E-02	2.897E-02	2.891E-02	2.814E-02
IY= 70	2.105E-02	2.035E-02	1.983E-02	1.885E-02	1.676E-02
IY= 65	1.192E-02	1.155E-02	1.120E-02	1.042E-02	9.279E-03
IY= 60	6.693E-03	6.605E-03	6.447E-03	6.123E-03	6.059E-03
IY= 55	4.745E-03	4.751E-03	4.694E-03	4.598E-03	4.852E-03
IY= 50	2.323E-03	2.443E-03	2.556E-03	2.746E-03	3.350E-03
IY= 45	2.743E-04	5.712E-04	8.787E-04	1.243E-03	2.022E-03
IY= 40	-7.018E-04	-2.959E-04	7.838E-05	6.052E-04	1.541E-03
IY= 35	5.566E-04	3.903E-04	5.119E-04	1.011E-03	1.419E-03
IY= 30	5.029E-03	3.889E-03	3.047E-03	2.468E-03	1.436E-03
IY= 25	7.809E-03	6.876E-03	5.519E-03	4.008E-03	1.120E-03
IY= 20	-8.681E-04	1.836E-03	2.652E-03	1.249E-03	-5.119E-03
IY= 15	-2.650E-02	-2.133E-02	-1.862E-02	-2.115E-02	-2.671E-02
IY= 10	-4.904E-02	-5.066E-02	-4.952E-02	-4.574E-02	-3.669E-02
IY= 5	-2.555E-02	-3.491E-02	-4.072E-02	-3.720E-02	-2.189E-02
IX= 51	56	61	66	71	
IY= 90	1.624E-03	2.824E-03	6.118E-03		

EK-2 (Devam) Örnek sonuç kütüğü

IY= 85 2.752E-02 3.888E-02 5.348E-02
 IY= 80 3.548E-02 3.855E-02 3.797E-02
 IY= 75 2.554E-02 1.614E-02 -1.063E-02
 IY= 70 1.238E-02 -1.139E-02 -3.918E-02
 IY= 65 6.758E-03 -6.536E-03 -5.623E-03
 IY= 60 5.390E-03 2.160E-03 1.837E-03
 IY= 55 4.901E-03 3.788E-03 1.974E-03
 IY= 50 3.860E-03 3.530E-03 1.241E-03
 IY= 45 2.161E-03 3.811E-04 -1.579E-04
 IY= 40 5.179E-04 -2.211E-03 -7.387E-04
 IY= 35 -8.122E-04 -3.294E-03 -7.492E-04
 IY= 30 -1.970E-03 -3.640E-03 -6.657E-04
 IY= 25 -4.297E-03 -5.053E-03 -8.405E-04
 IY= 20 -1.292E-02 -9.074E-03 -1.233E-03
 IY= 15 -2.406E-02 -9.892E-03 -8.677E-04
 IY= 10 -1.949E-02 -3.962E-03 -1.967E-04
 IY= 5 -5.241E-03 4.541E-04 2.207E-04

IX= 76 81 86

FIELD VALUES OF V1

IY= 89 -2.300E-06 1.126E-04 1.094E-04 -3.419E-05 -6.427E-05
 IY= 84 1.592E-04 1.164E-02 1.428E-02 1.259E-03 -6.774E-03
 IY= 79 2.849E-04 3.395E-02 4.095E-02 1.077E-02 -1.002E-02
 IY= 74 5.289E-04 5.889E-02 5.398E-02 1.204E-02 -5.010E-03
 IY= 69 7.407E-04 7.251E-02 5.317E-02 5.448E-03 -1.671E-03
 IY= 64 8.216E-04 7.705E-02 5.181E-02 1.107E-03 -2.654E-03
 IY= 59 8.555E-04 7.904E-02 5.153E-02 4.018E-04 -3.511E-03
 IY= 54 8.675E-04 7.982E-02 5.146E-02 7.102E-04 -3.548E-03
 IY= 49 8.943E-04 8.112E-02 5.122E-02 1.935E-03 -2.714E-03
 IY= 44 9.278E-04 8.217E-02 5.021E-02 3.637E-03 -8.352E-04
 IY= 39 9.528E-04 8.158E-02 4.803E-02 5.239E-03 -3.635E-04

EK-2 (Devam) Örnek sonuç kütüğü

IY= 34	9.528E-04	7.800E-02	4.395E-02	1.038E-02	1.521E-03
IY= 29	9.120E-04	7.058E-02	3.663E-02	1.497E-02	1.022E-02
IY= 24	8.305E-04	5.928E-02	2.550E-02	1.376E-02	1.379E-02
IY= 19	7.066E-04	4.587E-02	1.154E-02	4.815E-03	9.459E-03
IY= 14	5.801E-04	3.358E-02	7.669E-04	-5.059E-03	1.295E-03
IY= 9	4.644E-04	2.106E-02	-3.423E-03	-6.266E-03	-1.546E-03
IY= 4	2.049E-04	4.965E-03	-1.794E-03	-1.506E-03	-3.536E-04
IX= 1	6	11	16	21	
IY= 89	-3.240E-05	-7.261E-06	2.665E-06	4.765E-06	3.437E-06
IY= 84	-5.930E-03	-2.039E-03	1.160E-04	7.183E-04	5.916E-04
IY= 79	-1.703E-02	-1.097E-02	-1.718E-03	2.027E-03	2.129E-03
IY= 74	-1.491E-02	-1.463E-02	-4.649E-03	1.819E-03	2.714E-03
IY= 69	-6.211E-03	-8.458E-03	-2.632E-03	1.579E-03	2.084E-03
IY= 64	-1.656E-03	-2.212E-03	3.326E-04	1.630E-03	1.372E-03
IY= 59	-5.625E-05	4.596E-04	1.348E-03	1.502E-03	9.631E-04
IY= 54	2.743E-04	1.056E-03	1.527E-03	1.360E-03	8.172E-04
IY= 49	3.984E-04	1.310E-03	1.348E-03	9.853E-04	6.250E-04
IY= 44	1.014E-04	6.812E-04	7.168E-04	6.343E-04	6.108E-04
IY= 39	-1.520E-04	1.283E-04	3.376E-04	6.547E-04	8.685E-04
IY= 34	7.402E-06	-1.626E-04	-8.497E-05	8.515E-05	6.004E-04
IY= 29	6.156E-03	2.059E-03	-7.775E-04	-1.953E-03	-1.404E-03
IY= 24	1.265E-02	9.195E-03	4.485E-03	3.046E-04	-1.869E-03
IY= 19	1.286E-02	1.379E-02	1.163E-02	7.435E-03	3.205E-03
IY= 14	6.616E-03	1.047E-02	1.243E-02	1.191E-02	9.435E-03
IY= 9	1.073E-03	2.806E-03	4.735E-03	6.444E-03	7.347E-03
IY= 4	3.288E-05	1.677E-04	3.519E-04	6.168E-04	9.450E-04
IX= 26	31	36	41	46	
IY= 89	1.270E-06	5.864E-07	1.405E-06	3.740E-06	9.433E-06
IY= 84	2.663E-04	1.331E-04	2.321E-04	5.595E-04	1.311E-03
IY= 79	1.180E-03	6.636E-04	8.820E-04	1.805E-03	3.736E-03

EK-2 (Devam) Örnek sonuç kütüğü

IY= 74	1.650E-03	1.003E-03	1.257E-03	2.231E-03	3.882E-03
IY= 69	1.150E-03	7.123E-04	9.330E-04	1.384E-03	1.626E-03
IY= 64	6.760E-04	4.771E-04	5.718E-04	5.399E-04	1.657E-04
IY= 59	5.078E-04	4.163E-04	4.050E-04	2.216E-04	1.056E-04
IY= 54	4.761E-04	4.120E-04	3.656E-04	1.845E-04	1.249E-04
IY= 49	4.811E-04	4.467E-04	3.782E-04	2.856E-04	5.240E-04
IY= 44	6.231E-04	6.221E-04	5.825E-04	6.512E-04	1.454E-03
IY= 39	9.705E-04	9.946E-04	9.491E-04	1.352E-03	2.650E-03
IY= 34	9.931E-04	1.220E-03	1.357E-03	2.384E-03	3.136E-03
IY= 29	-3.292E-04	3.459E-04	9.864E-04	2.419E-03	1.445E-03
IY= 24	-2.030E-03	-1.416E-03	-7.199E-04	1.537E-04	-3.877E-03
IY= 19	5.137E-04	-8.780E-04	-1.689E-03	-3.114E-03	-1.488E-02
IY= 14	6.332E-03	3.298E-03	-4.763E-04	-8.940E-03	-2.659E-02
IY= 9	7.091E-03	5.324E-03	9.094E-04	-8.208E-03	-2.009E-02
IY= 4	1.280E-03	1.505E-03	1.031E-03	-1.225E-03	-4.217E-03
IX= 51	56	61	66	71	
IY= 89	2.505E-05	7.381E-05	3.321E-04		
IY= 84	3.108E-03	7.358E-03	1.669E-02		
IY= 79	7.570E-03	1.432E-02	1.994E-02		
IY= 74	6.341E-03	4.654E-03	-1.661E-02		
IY= 69	3.178E-05	-3.638E-02	-5.318E-02		
IY= 64	-5.905E-03	-6.590E-02	-6.270E-02		
IY= 59	-8.389E-03	-7.078E-02	-5.767E-02		
IY= 54	-8.855E-03	-7.111E-02	-6.001E-02		
IY= 49	-8.966E-03	-7.107E-02	-6.599E-02		
IY= 44	-9.451E-03	-7.248E-02	-6.922E-02		
IY= 39	-1.245E-02	-7.521E-02	-6.497E-02		
IY= 34	-1.848E-02	-7.659E-02	-5.653E-02		
IY= 29	-2.664E-02	-7.506E-02	-4.704E-02		
IY= 24	-3.660E-02	-6.989E-02	-3.608E-02		

EK-2 (Devam) Örnek sonuç kütüğü

IY= 19 -4.706E-02 -5.632E-02 -2.081E-02

IY= 14 -4.338E-02 -2.962E-02 -5.585E-03

IY= 9 -2.107E-02 -6.488E-03 4.693E-04

IY= 4 -2.968E-03 -2.755E-04 4.252E-04

IX= 76 81 86

FIELD VALUES OF H1

IY= 90 4.666E+04 4.283E+04 3.948E+04 3.746E+04 3.637E+04

IY= 85 4.531E+04 4.117E+04 3.760E+04 3.616E+04 3.584E+04

IY= 80 4.181E+04 3.729E+04 3.320E+04 3.179E+04 3.244E+04

IY= 75 3.977E+04 3.533E+04 3.119E+04 3.004E+04 3.047E+04

IY= 70 3.871E+04 3.422E+04 3.015E+04 2.968E+04 3.038E+04

IY= 65 3.817E+04 3.366E+04 2.960E+04 2.932E+04 3.014E+04

IY= 60 3.785E+04 3.333E+04 2.922E+04 2.892E+04 2.967E+04

IY= 55 3.770E+04 3.317E+04 2.903E+04 2.869E+04 2.938E+04

IY= 50 3.745E+04 3.292E+04 2.872E+04 2.826E+04 2.883E+04

IY= 45 3.707E+04 3.252E+04 2.822E+04 2.757E+04 2.794E+04

IY= 40 3.663E+04 3.206E+04 2.766E+04 2.678E+04 2.701E+04

IY= 35 3.618E+04 3.159E+04 2.715E+04 2.603E+04 2.608E+04

IY= 30 3.574E+04 3.115E+04 2.677E+04 2.572E+04 2.567E+04

IY= 25 3.531E+04 3.072E+04 2.645E+04 2.561E+04 2.562E+04

IY= 20 3.489E+04 3.035E+04 2.630E+04 2.554E+04 2.555E+04

IY= 15 3.427E+04 2.985E+04 2.626E+04 2.551E+04 2.548E+04

IY= 10 3.342E+04 2.904E+04 2.605E+04 2.552E+04 2.546E+04

IY= 5 3.299E+04 2.854E+04 2.593E+04 2.556E+04 2.548E+04

IX= 1 6 11 16 21

IY= 90 3.572E+04 3.528E+04 3.495E+04 3.468E+04 3.445E+04

IY= 85 3.558E+04 3.524E+04 3.493E+04 3.466E+04 3.443E+04

IY= 80 3.383E+04 3.462E+04 3.466E+04 3.442E+04 3.416E+04

IY= 75 3.159E+04 3.295E+04 3.360E+04 3.355E+04 3.331E+04

EK-2 (Devam) Örnek sonuç kütüğü

IY= 70	3.101E+04	3.179E+04	3.228E+04	3.219E+04	3.192E+04
IY= 65	3.057E+04	3.094E+04	3.101E+04	3.083E+04	3.064E+04
IY= 60	2.989E+04	3.001E+04	2.998E+04	2.986E+04	2.980E+04
IY= 55	2.952E+04	2.956E+04	2.951E+04	2.943E+04	2.942E+04
IY= 50	2.891E+04	2.886E+04	2.881E+04	2.879E+04	2.881E+04
IY= 45	2.803E+04	2.800E+04	2.796E+04	2.795E+04	2.796E+04
IY= 40	2.713E+04	2.717E+04	2.717E+04	2.715E+04	2.713E+04
IY= 35	2.622E+04	2.633E+04	2.642E+04	2.648E+04	2.650E+04
IY= 30	2.570E+04	2.577E+04	2.585E+04	2.596E+04	2.606E+04
IY= 25	2.567E+04	2.571E+04	2.575E+04	2.579E+04	2.584E+04
IY= 20	2.559E+04	2.564E+04	2.571E+04	2.577E+04	2.582E+04
IY= 15	2.548E+04	2.550E+04	2.555E+04	2.562E+04	2.570E+04
IY= 10	2.545E+04	2.544E+04	2.544E+04	2.545E+04	2.547E+04
IY= 5	2.545E+04	2.543E+04	2.542E+04	2.541E+04	2.539E+04
IX= 26	31	36	41	46	
IY= 90	3.426E+04	3.410E+04	3.396E+04	3.384E+04	3.374E+04
IY= 85	3.423E+04	3.408E+04	3.394E+04	3.383E+04	3.372E+04
IY= 80	3.396E+04	3.382E+04	3.369E+04	3.356E+04	3.342E+04
IY= 75	3.310E+04	3.297E+04	3.286E+04	3.273E+04	3.256E+04
IY= 70	3.175E+04	3.168E+04	3.161E+04	3.152E+04	3.142E+04
IY= 65	3.058E+04	3.057E+04	3.055E+04	3.053E+04	3.051E+04
IY= 60	2.981E+04	2.983E+04	2.983E+04	2.984E+04	2.986E+04
IY= 55	2.944E+04	2.947E+04	2.948E+04	2.950E+04	2.953E+04
IY= 50	2.884E+04	2.886E+04	2.888E+04	2.890E+04	2.893E+04
IY= 45	2.797E+04	2.797E+04	2.798E+04	2.798E+04	2.802E+04
IY= 40	2.712E+04	2.711E+04	2.710E+04	2.708E+04	2.716E+04
IY= 35	2.650E+04	2.649E+04	2.647E+04	2.646E+04	2.658E+04
IY= 30	2.611E+04	2.613E+04	2.614E+04	2.615E+04	2.628E+04
IY= 25	2.590E+04	2.594E+04	2.597E+04	2.601E+04	2.612E+04
IY= 20	2.586E+04	2.589E+04	2.593E+04	2.598E+04	2.603E+04

EK-2 (Devam) Örnek sonuç kütüğü

IY= 15	2.578E+04	2.584E+04	2.589E+04	2.591E+04	2.580E+04
IY= 10	2.550E+04	2.554E+04	2.557E+04	2.555E+04	2.543E+04
IY= 5	2.537E+04	2.535E+04	2.532E+04	2.529E+04	2.525E+04
IX= 51	56	61	66	71	
IY= 90	3.364E+04	3.355E+04	3.347E+04		
IY= 85	3.361E+04	3.349E+04	3.334E+04		
IY= 80	3.324E+04	3.295E+04	3.211E+04		
IY= 75	3.233E+04	3.148E+04	2.632E+04		
IY= 70	3.124E+04	2.792E+04	2.252E+04		
IY= 65	3.035E+04	2.611E+04	2.232E+04		
IY= 60	2.976E+04	2.605E+04	2.260E+04		
IY= 55	2.948E+04	2.614E+04	2.278E+04		
IY= 50	2.899E+04	2.631E+04	2.313E+04		
IY= 45	2.821E+04	2.628E+04	2.361E+04		
IY= 40	2.744E+04	2.601E+04	2.405E+04		
IY= 35	2.683E+04	2.571E+04	2.442E+04		
IY= 30	2.640E+04	2.550E+04	2.471E+04		
IY= 25	2.609E+04	2.537E+04	2.492E+04		
IY= 20	2.581E+04	2.525E+04	2.504E+04		
IY= 15	2.547E+04	2.517E+04	2.512E+04		
IY= 10	2.525E+04	2.517E+04	2.516E+04		
IY= 5	2.520E+04	2.518E+04	2.518E+04		
IX= 76	81	86			

FIELD VALUES OF RHO1

IY= 90	1.102E+00	1.115E+00	1.127E+00	1.134E+00	1.138E+00
IY= 85	1.107E+00	1.121E+00	1.134E+00	1.139E+00	1.140E+00
IY= 80	1.119E+00	1.135E+00	1.150E+00	1.155E+00	1.153E+00
IY= 75	1.126E+00	1.142E+00	1.158E+00	1.162E+00	1.160E+00
IY= 70	1.130E+00	1.146E+00	1.162E+00	1.163E+00	1.161E+00
IY= 65	1.132E+00	1.148E+00	1.164E+00	1.165E+00	1.162E+00

EK-2 (Devam) Örnek sonuç kütüğü

IY= 60	1.133E+00	1.150E+00	1.165E+00	1.166E+00	1.163E+00
IY= 55	1.134E+00	1.150E+00	1.166E+00	1.167E+00	1.165E+00
IY= 50	1.135E+00	1.151E+00	1.167E+00	1.169E+00	1.167E+00
IY= 45	1.136E+00	1.153E+00	1.169E+00	1.172E+00	1.170E+00
IY= 40	1.138E+00	1.154E+00	1.171E+00	1.175E+00	1.174E+00
IY= 35	1.139E+00	1.156E+00	1.173E+00	1.178E+00	1.177E+00
IY= 30	1.141E+00	1.158E+00	1.175E+00	1.179E+00	1.179E+00
IY= 25	1.142E+00	1.160E+00	1.176E+00	1.179E+00	1.179E+00
IY= 20	1.144E+00	1.161E+00	1.177E+00	1.179E+00	1.179E+00
IY= 15	1.146E+00	1.163E+00	1.177E+00	1.180E+00	1.180E+00
IY= 10	1.149E+00	1.166E+00	1.177E+00	1.180E+00	1.180E+00
IY= 5	1.151E+00	1.168E+00	1.178E+00	1.179E+00	1.180E+00
IX= 1	6	11	16	21	
IY= 90	1.141E+00	1.142E+00	1.144E+00	1.145E+00	1.146E+00
IY= 85	1.141E+00	1.143E+00	1.144E+00	1.145E+00	1.146E+00
IY= 80	1.148E+00	1.145E+00	1.145E+00	1.146E+00	1.147E+00
IY= 75	1.156E+00	1.151E+00	1.149E+00	1.149E+00	1.150E+00
IY= 70	1.158E+00	1.155E+00	1.154E+00	1.154E+00	1.155E+00
IY= 65	1.160E+00	1.159E+00	1.158E+00	1.159E+00	1.160E+00
IY= 60	1.163E+00	1.162E+00	1.162E+00	1.163E+00	1.163E+00
IY= 55	1.164E+00	1.164E+00	1.164E+00	1.164E+00	1.164E+00
IY= 50	1.166E+00	1.167E+00	1.167E+00	1.167E+00	1.167E+00
IY= 45	1.170E+00	1.170E+00	1.170E+00	1.170E+00	1.170E+00
IY= 40	1.173E+00	1.173E+00	1.173E+00	1.173E+00	1.173E+00
IY= 35	1.177E+00	1.176E+00	1.176E+00	1.176E+00	1.176E+00
IY= 30	1.179E+00	1.179E+00	1.178E+00	1.178E+00	1.177E+00
IY= 25	1.179E+00	1.179E+00	1.179E+00	1.179E+00	1.178E+00
IY= 20	1.179E+00	1.179E+00	1.179E+00	1.179E+00	1.178E+00
IY= 15	1.180E+00	1.180E+00	1.179E+00	1.179E+00	1.179E+00
IY= 10	1.180E+00	1.180E+00	1.180E+00	1.180E+00	1.180E+00

EK-2 (Devam) Örnek sonuç kütüğü

IY=	5	1.180E+00	1.180E+00	1.180E+00	1.180E+00	1.180E+00
IX=	26	31	36	41	46	
IY=	90	1.146E+00	1.147E+00	1.147E+00	1.148E+00	1.148E+00
IY=	85	1.146E+00	1.147E+00	1.147E+00	1.148E+00	1.148E+00
IY=	80	1.147E+00	1.148E+00	1.148E+00	1.149E+00	1.149E+00
IY=	75	1.151E+00	1.151E+00	1.151E+00	1.152E+00	1.153E+00
IY=	70	1.156E+00	1.156E+00	1.156E+00	1.156E+00	1.157E+00
IY=	65	1.160E+00	1.160E+00	1.160E+00	1.160E+00	1.160E+00
IY=	60	1.163E+00	1.163E+00	1.163E+00	1.163E+00	1.163E+00
IY=	55	1.164E+00	1.164E+00	1.164E+00	1.164E+00	1.164E+00
IY=	50	1.167E+00	1.167E+00	1.167E+00	1.166E+00	1.166E+00
IY=	45	1.170E+00	1.170E+00	1.170E+00	1.170E+00	1.170E+00
IY=	40	1.173E+00	1.173E+00	1.173E+00	1.173E+00	1.173E+00
IY=	35	1.176E+00	1.176E+00	1.176E+00	1.176E+00	1.175E+00
IY=	30	1.177E+00	1.177E+00	1.177E+00	1.177E+00	1.177E+00
IY=	25	1.178E+00	1.178E+00	1.178E+00	1.178E+00	1.177E+00
IY=	20	1.178E+00	1.178E+00	1.178E+00	1.178E+00	1.178E+00
IY=	15	1.179E+00	1.178E+00	1.178E+00	1.178E+00	1.178E+00
IY=	10	1.180E+00	1.179E+00	1.179E+00	1.179E+00	1.180E+00
IY=	5	1.180E+00	1.180E+00	1.180E+00	1.180E+00	1.181E+00
IX=	51	56	61	66	71	
IY=	90	1.149E+00	1.149E+00	1.149E+00		
IY=	85	1.149E+00	1.149E+00	1.150E+00		
IY=	80	1.150E+00	1.151E+00	1.154E+00		
IY=	75	1.153E+00	1.157E+00	1.176E+00		
IY=	70	1.158E+00	1.170E+00	1.191E+00		
IY=	65	1.161E+00	1.177E+00	1.192E+00		
IY=	60	1.163E+00	1.177E+00	1.191E+00		
IY=	55	1.164E+00	1.177E+00	1.190E+00		
IY=	50	1.166E+00	1.176E+00	1.189E+00		

EK-2 (Devam) Örnek sonuç kütüğü

IY= 45 1.169E+00 1.177E+00 1.187E+00
 IY= 40 1.172E+00 1.178E+00 1.185E+00
 IY= 35 1.174E+00 1.179E+00 1.184E+00
 IY= 30 1.176E+00 1.180E+00 1.183E+00
 IY= 25 1.177E+00 1.180E+00 1.182E+00
 IY= 20 1.178E+00 1.181E+00 1.181E+00
 IY= 15 1.180E+00 1.181E+00 1.181E+00
 IY= 10 1.181E+00 1.181E+00 1.181E+00
 IY= 5 1.181E+00 1.181E+00 1.181E+00

IX= 76 81 86

FIELD VALUES OF TMP1

IY= 90 4.634E+01 4.253E+01 3.921E+01 3.720E+01 3.612E+01
 IY= 85 4.499E+01 4.089E+01 3.734E+01 3.590E+01 3.559E+01
 IY= 80 4.151E+01 3.703E+01 3.297E+01 3.157E+01 3.221E+01
 IY= 75 3.949E+01 3.508E+01 3.098E+01 2.983E+01 3.025E+01
 IY= 70 3.844E+01 3.398E+01 2.994E+01 2.947E+01 3.017E+01
 IY= 65 3.791E+01 3.343E+01 2.939E+01 2.912E+01 2.993E+01
 IY= 60 3.759E+01 3.310E+01 2.902E+01 2.872E+01 2.946E+01
 IY= 55 3.744E+01 3.294E+01 2.883E+01 2.849E+01 2.918E+01
 IY= 50 3.719E+01 3.269E+01 2.852E+01 2.807E+01 2.863E+01
 IY= 45 3.681E+01 3.229E+01 2.803E+01 2.738E+01 2.775E+01
 IY= 40 3.637E+01 3.183E+01 2.747E+01 2.660E+01 2.683E+01
 IY= 35 3.593E+01 3.138E+01 2.696E+01 2.584E+01 2.590E+01
 IY= 30 3.549E+01 3.093E+01 2.658E+01 2.554E+01 2.549E+01
 IY= 25 3.506E+01 3.050E+01 2.626E+01 2.544E+01 2.545E+01
 IY= 20 3.465E+01 3.014E+01 2.612E+01 2.537E+01 2.537E+01
 IY= 15 3.403E+01 2.964E+01 2.608E+01 2.534E+01 2.530E+01
 IY= 10 3.319E+01 2.883E+01 2.587E+01 2.535E+01 2.529E+01
 IY= 5 3.276E+01 2.834E+01 2.575E+01 2.538E+01 2.530E+01
 IX= 1 6 11 16 21

EK-2 (Devam) Örnek sonuç kütüğü

IY= 90	3.547E+01	3.503E+01	3.470E+01	3.444E+01	3.421E+01
IY= 85	3.533E+01	3.500E+01	3.469E+01	3.442E+01	3.419E+01
IY= 80	3.360E+01	3.438E+01	3.441E+01	3.418E+01	3.392E+01
IY= 75	3.137E+01	3.273E+01	3.336E+01	3.332E+01	3.308E+01
IY= 70	3.080E+01	3.157E+01	3.205E+01	3.196E+01	3.170E+01
IY= 65	3.036E+01	3.072E+01	3.080E+01	3.061E+01	3.043E+01
IY= 60	2.969E+01	2.980E+01	2.977E+01	2.965E+01	2.959E+01
IY= 55	2.932E+01	2.935E+01	2.930E+01	2.923E+01	2.921E+01
IY= 50	2.871E+01	2.866E+01	2.861E+01	2.859E+01	2.861E+01
IY= 45	2.783E+01	2.781E+01	2.777E+01	2.776E+01	2.776E+01
IY= 40	2.694E+01	2.698E+01	2.698E+01	2.696E+01	2.694E+01
IY= 35	2.604E+01	2.615E+01	2.624E+01	2.629E+01	2.632E+01
IY= 30	2.553E+01	2.559E+01	2.567E+01	2.578E+01	2.588E+01
IY= 25	2.549E+01	2.554E+01	2.557E+01	2.561E+01	2.566E+01
IY= 20	2.541E+01	2.546E+01	2.553E+01	2.559E+01	2.564E+01
IY= 15	2.530E+01	2.533E+01	2.537E+01	2.544E+01	2.552E+01
IY= 10	2.527E+01	2.526E+01	2.526E+01	2.527E+01	2.529E+01
IY= 5	2.527E+01	2.526E+01	2.524E+01	2.523E+01	2.521E+01
IX= 26	31	36	41	46	
IY= 90	3.402E+01	3.386E+01	3.373E+01	3.361E+01	3.351E+01
IY= 85	3.400E+01	3.384E+01	3.371E+01	3.359E+01	3.348E+01
IY= 80	3.373E+01	3.358E+01	3.345E+01	3.333E+01	3.319E+01
IY= 75	3.287E+01	3.274E+01	3.263E+01	3.251E+01	3.234E+01
IY= 70	3.153E+01	3.145E+01	3.139E+01	3.130E+01	3.120E+01
IY= 65	3.037E+01	3.036E+01	3.034E+01	3.031E+01	3.030E+01
IY= 60	2.960E+01	2.962E+01	2.962E+01	2.963E+01	2.965E+01
IY= 55	2.924E+01	2.926E+01	2.928E+01	2.929E+01	2.932E+01
IY= 50	2.864E+01	2.866E+01	2.868E+01	2.870E+01	2.873E+01
IY= 45	2.777E+01	2.778E+01	2.779E+01	2.779E+01	2.783E+01
IY= 40	2.693E+01	2.692E+01	2.691E+01	2.690E+01	2.697E+01

EK-2 (Devam) Örnek sonuç kütüğü

IY= 35	2.631E+01	2.630E+01	2.629E+01	2.628E+01	2.640E+01
IY= 30	2.593E+01	2.595E+01	2.596E+01	2.597E+01	2.609E+01
IY= 25	2.572E+01	2.576E+01	2.579E+01	2.583E+01	2.593E+01
IY= 20	2.568E+01	2.571E+01	2.575E+01	2.579E+01	2.585E+01
IY= 15	2.560E+01	2.566E+01	2.571E+01	2.573E+01	2.562E+01
IY= 10	2.532E+01	2.537E+01	2.539E+01	2.537E+01	2.525E+01
IY= 5	2.519E+01	2.517E+01	2.515E+01	2.512E+01	2.507E+01
IX= 51	56	61	66	71	
IY= 90	3.341E+01	3.332E+01	3.323E+01		
IY= 85	3.338E+01	3.326E+01	3.310E+01		
IY= 80	3.300E+01	3.272E+01	3.188E+01		
IY= 75	3.210E+01	3.126E+01	2.614E+01		
IY= 70	3.102E+01	2.773E+01	2.236E+01		
IY= 65	3.014E+01	2.593E+01	2.217E+01		
IY= 60	2.956E+01	2.587E+01	2.245E+01		
IY= 55	2.928E+01	2.596E+01	2.262E+01		
IY= 50	2.878E+01	2.612E+01	2.297E+01		
IY= 45	2.802E+01	2.610E+01	2.344E+01		
IY= 40	2.725E+01	2.583E+01	2.388E+01		
IY= 35	2.664E+01	2.553E+01	2.425E+01		
IY= 30	2.621E+01	2.532E+01	2.454E+01		
IY= 25	2.591E+01	2.519E+01	2.475E+01		
IY= 20	2.563E+01	2.508E+01	2.487E+01		
IY= 15	2.529E+01	2.500E+01	2.494E+01		
IY= 10	2.507E+01	2.500E+01	2.499E+01		
IY= 5	2.503E+01	2.501E+01	2.500E+01		
IX= 76	81	86			

WHOLE-FIELD RESIDUALS BEFORE SOLUTIONS

WHOLE-FIELD SUM OF ABS(VOL.FLOW RESIDUALS)= 4.478E+03

WHOLE-FIELD SUM OF ABS(RESIDUALS) OF U1 = 5.174E+01

EK-2 (Devam) Örnek sonuç kütüğü

WHOLE-FIELD SUM OF ABS(RESIDUALS) OF V1 = 2.402E+02

WHOLE-FIELD SUM OF ABS(RESIDUALS) OF H1 = 1.649E+06

* SUMS HAVE BEEN DIVIDED BY RESREF(NAME)

Net source of U1 at patch named: OUTLET =-2.689E-05

Net source of U1 at patch named: TOPWALL =-2.849E-05

Net source of U1 at patch named: BOTWALL = 1.348E-05

Net source of V1 at patch named: BUOYANCY = 4.887E-03

Net source of V1 at patch named: OUTLET =-2.667E-05

Net source of V1 at patch named: LWALL =-1.068E-04

Net source of V1 at patch named: RWALL = 4.941E-05

Net source of R1 at patch named: OUTLET =-6.072E-09

Net source of H1 at patch named: OUTLET =-5.940E+00

Net source of H1 at patch named: LWALL = 5.940E+00

spot values vs sweep or iteration number

IXMON= 1 IYMON= 1 IZMON= 1

Tabulation of abscissa and ordinates...

ISWP	P1	U1	V1	H1
1.000E+00	1.000E-10	7.377E-04	-1.156E-03	4.034E+03
2.510E+02	-1.068E-02	5.578E-07	-3.424E-07	2.694E+04
5.010E+02	-2.585E-02	-6.806E-06	1.094E-05	3.285E+04
7.510E+02	-2.681E-02	-4.765E-07	8.770E-07	3.306E+04
1.001E+03	-2.695E-02	2.656E-07	-3.511E-07	3.309E+04

EK-2 (Devam) Örnek sonuç kütüğü

1.251E+03	-2.696E-02	1.810E-07	-2.507E-07	3.309E+04
1.501E+03	-2.696E-02	6.677E-08	-8.762E-08	3.309E+04
1.751E+03	-2.696E-02	-4.540E-08	8.009E-08	3.309E+04
2.001E+03	-2.696E-02	-9.251E-08	1.500E-07	3.309E+04
2.251E+03	-2.696E-02	-1.178E-07	1.876E-07	3.309E+04
2.501E+03	-2.696E-02	-1.266E-07	2.002E-07	3.309E+04
2.751E+03	-2.696E-02	-1.407E-07	2.216E-07	3.309E+04
3.001E+03	-2.696E-02	-1.403E-07	2.209E-07	3.309E+04
3.251E+03	-2.696E-02	-1.329E-07	2.092E-07	3.309E+04
3.501E+03	-2.696E-02	-1.378E-07	2.167E-07	3.309E+04
3.751E+03	-2.696E-02	-1.332E-07	2.094E-07	3.309E+04
4.001E+03	-2.696E-02	-1.300E-07	2.045E-07	3.309E+04
4.251E+03	-2.696E-02	-1.371E-07	2.156E-07	3.309E+04
4.501E+03	-2.696E-02	-1.362E-07	2.143E-07	3.309E+04
4.751E+03	-2.696E-02	-1.395E-07	2.195E-07	3.309E+04

EK-2 (Devam) Örnek sonuç kütüğü

```

VARIABLE   P1    U1    V1    H1
MINVAL= -2.696E-02 -6.806E-06 -1.156E-03 4.034E+03
MAXVAL=  1.000E-10 7.377E-04 1.094E-05 3.309E+04
CELLAV= -2.474E-02 3.650E-05 -5.711E-05 3.132E+04
1.00 U..V.H..H.+H.H.+H.H.+H..H+H..H+.H.H+.H.H+.H..H.H..H
.
.
0.90 +
.
.
0.80 + H
.
.
0.70 +
.
.
0.60 + P
.
.
0.50 +
.
.
0.40 +
.
.
0.30 +
.
.
0.20 +
.
.
0.10 +
.
.
. P
.
0.00 H..U.U..U.+U.U.+U.U.+U..U+U..U+.U.U+.U.U+.U..U.U..U
0 .1 .2 .3 .4 .5 .6 .7 .8 .9 1.0
the abscissa is ISWP. min= 1.00E+00 max= 4.75E+03

```

EK-2 (Devam) Örnek sonuç kütüğü

residuals vs sweep or iteration number

Tabulation of abscissa and ordinates...

ISWP	P1	U1	V1	H1
1.000E+00	7.236E+06	3.862E-04	2.075E+06	5.940E+08
2.510E+02	1.255E+05	5.574E+03	1.767E+04	2.659E+08
5.010E+02	1.651E+04	1.201E+03	1.699E+03	1.148E+07
7.510E+02	6.341E+03	1.099E+02	3.930E+02	3.559E+06
1.001E+03	4.779E+03	5.363E+01	2.400E+02	1.600E+06
1.251E+03	5.005E+03	5.060E+01	2.522E+02	1.535E+06
1.501E+03	4.736E+03	5.359E+01	2.360E+02	1.578E+06
1.751E+03	4.704E+03	5.325E+01	2.367E+02	1.702E+06
2.001E+03	4.462E+03	5.118E+01	2.405E+02	1.639E+06
2.251E+03	5.257E+03	5.089E+01	2.569E+02	1.533E+06
2.501E+03	5.011E+03	5.563E+01	2.475E+02	1.840E+06
2.751E+03	4.883E+03	5.166E+01	2.526E+02	1.741E+06
3.001E+03	4.747E+03	5.136E+01	2.619E+02	1.779E+06
3.251E+03	4.922E+03	5.204E+01	2.606E+02	1.803E+06
3.501E+03	4.642E+03	5.162E+01	2.401E+02	1.475E+06
3.751E+03	4.908E+03	5.391E+01	2.455E+02	1.762E+06
4.001E+03	4.809E+03	4.772E+01	2.428E+02	1.578E+06
4.251E+03	5.352E+03	5.368E+01	2.515E+02	1.527E+06
4.501E+03	5.023E+03	5.182E+01	2.581E+02	1.630E+06
4.751E+03	4.883E+03	5.086E+01	2.485E+02	1.704E+06

EK-2 (Devam) Örnek sonuç kütüğü

```

VARIABLE   P1    U1    V1    H1
MINVAL=  8.403E+00 -7.859E+00 5.464E+00 1.420E+01
MAXVAL=  1.579E+01 8.626E+00 1.455E+01 2.020E+01
1.00 H..U.+....+....+....+....+....+....+....+....+
.
.
0.90 +  U                      +
.  H                      .
0.80 +                      +
.  U                      .
0.70 +    UU UU U UU U UU UU UU U UU U
.
.
0.60 +                      +
.
.
0.50 +  V                      +
.  P                      .
0.40 +                      +
.  H                      .
0.30 +                      +
.
.
0.20 +  V                      +
.  H                      .
0.10 +                      +
.  V      H H H H  H      .
0.00 U....+....+H.H.+H.H.+H..H+V..V+.V.V+.H.V+.H..H.H..H
0  .1 .2 .3 .4 .5 .6 .7 .8 .9 1.0
the abscissa is   ISWP. min= 1.00E+00 max= 4.75E+03

```

```

*****

```

```

*****

```

EK-2 (Devam) Örnek sonuç kütüğü

```

PATCH(FIG1 ,PROFIL, 1, 1, 1, 90, 1, 1, 1, 1)
PLOT(FIG1 ,U1 ,1.000E+00,0.000E+00)
PLOT(FIG1 ,V1 ,1.000E+00,0.000E+00)
PLOT(FIG1 ,H1 ,1.000E+00,0.000E+00)
PLOT(FIG1 ,TMP1,1.000E+00,0.000E+00)

```

Tabulation of abscissa and ordinates...

Y	U1	V1	H1	TMP1
1.931E-04	-1.277E-07	2.012E-07	3.309E+04	3.286E+01
7.393E-04	-1.757E-05	5.075E-05	3.308E+04	3.285E+01
1.550E-03	-1.979E-05	1.245E-04	3.305E+04	3.282E+01
2.548E-03	-1.824E-05	2.049E-04	3.301E+04	3.278E+01
3.704E-03	-1.496E-05	2.797E-04	3.299E+04	3.276E+01
4.997E-03	-1.143E-05	3.430E-04	3.300E+04	3.277E+01
6.415E-03	-8.415E-06	3.936E-04	3.305E+04	3.282E+01
7.946E-03	-6.059E-06	4.329E-04	3.315E+04	3.292E+01
9.584E-03	-4.559E-06	4.644E-04	3.327E+04	3.304E+01
1.132E-02	-3.608E-06	4.909E-04	3.342E+04	3.319E+01
1.315E-02	-3.029E-06	5.143E-04	3.359E+04	3.335E+01
1.507E-02	-2.701E-06	5.362E-04	3.376E+04	3.353E+01
1.708E-02	-2.559E-06	5.579E-04	3.394E+04	3.370E+01
1.917E-02	-2.523E-06	5.801E-04	3.411E+04	3.387E+01
2.134E-02	-2.542E-06	6.032E-04	3.427E+04	3.403E+01
2.358E-02	-2.590E-06	6.275E-04	3.442E+04	3.418E+01
2.590E-02	-2.635E-06	6.531E-04	3.456E+04	3.432E+01
2.828E-02	-2.658E-06	6.796E-04	3.468E+04	3.444E+01
3.074E-02	-2.641E-06	7.066E-04	3.479E+04	3.455E+01
3.327E-02	-2.570E-06	7.336E-04	3.489E+04	3.465E+01
3.586E-02	-2.449E-06	7.600E-04	3.498E+04	3.474E+01
3.851E-02	-2.283E-06	7.852E-04	3.506E+04	3.482E+01
4.123E-02	-2.088E-06	8.088E-04	3.515E+04	3.490E+01

EK-2 (Devam) Örnek sonuç kütüğü

4.401E-02 -1.879E-06 8.305E-04 3.523E+04 3.498E+01
 4.685E-02 -1.673E-06 8.502E-04 3.531E+04 3.506E+01
 4.974E-02 -1.479E-06 8.681E-04 3.539E+04 3.515E+01
 5.270E-02 -1.311E-06 8.843E-04 3.548E+04 3.523E+01
 5.570E-02 -1.185E-06 8.991E-04 3.557E+04 3.532E+01
 5.870E-02 -1.044E-06 9.120E-04 3.565E+04 3.541E+01
 6.166E-02 -9.246E-07 9.233E-04 3.574E+04 3.549E+01
 6.455E-02 -8.146E-07 9.331E-04 3.583E+04 3.558E+01
 6.739E-02 -6.975E-07 9.413E-04 3.592E+04 3.567E+01
 7.017E-02 -5.663E-07 9.480E-04 3.600E+04 3.575E+01
 7.289E-02 -4.198E-07 9.528E-04 3.609E+04 3.584E+01
 7.554E-02 -2.626E-07 9.559E-04 3.618E+04 3.593E+01
 7.813E-02 -1.045E-07 9.573E-04 3.627E+04 3.601E+01
 8.066E-02 4.688E-08 9.571E-04 3.636E+04 3.610E+01
 8.312E-02 1.857E-07 9.555E-04 3.645E+04 3.619E+01
 8.550E-02 3.109E-07 9.528E-04 3.654E+04 3.628E+01
 8.782E-02 4.233E-07 9.492E-04 3.663E+04 3.637E+01
 9.006E-02 5.263E-07 9.447E-04 3.671E+04 3.646E+01
 9.223E-02 6.220E-07 9.396E-04 3.680E+04 3.655E+01
 9.432E-02 7.129E-07 9.339E-04 3.689E+04 3.664E+01
 9.633E-02 7.994E-07 9.278E-04 3.698E+04 3.672E+01
 9.825E-02 8.813E-07 9.213E-04 3.707E+04 3.681E+01
 1.001E-01 9.578E-07 9.146E-04 3.715E+04 3.689E+01
 1.018E-01 1.027E-06 9.078E-04 3.723E+04 3.697E+01
 1.035E-01 1.090E-06 9.010E-04 3.731E+04 3.705E+01
 1.050E-01 1.149E-06 8.943E-04 3.738E+04 3.712E+01
 1.064E-01 1.204E-06 8.879E-04 3.745E+04 3.719E+01
 1.077E-01 1.262E-06 8.818E-04 3.752E+04 3.726E+01
 1.089E-01 1.325E-06 8.761E-04 3.758E+04 3.732E+01
 1.099E-01 1.363E-06 8.712E-04 3.763E+04 3.737E+01

EK-2 (Devam) Örnek sonuç kütüğü

1.107E-01	1.325E-06	8.675E-04	3.767E+04	3.741E+01
1.112E-01	1.231E-06	8.656E-04	3.770E+04	3.744E+01
1.115E-01	1.213E-06	8.645E-04	3.772E+04	3.746E+01
1.119E-01	1.191E-06	8.623E-04	3.774E+04	3.748E+01
1.124E-01	1.218E-06	8.594E-04	3.777E+04	3.750E+01
1.131E-01	1.363E-06	8.555E-04	3.780E+04	3.754E+01
1.138E-01	1.501E-06	8.508E-04	3.785E+04	3.759E+01
1.147E-01	1.615E-06	8.450E-04	3.790E+04	3.764E+01
1.156E-01	1.741E-06	8.383E-04	3.796E+04	3.769E+01
1.166E-01	1.871E-06	8.306E-04	3.802E+04	3.776E+01
1.177E-01	2.040E-06	8.216E-04	3.809E+04	3.783E+01
1.188E-01	2.268E-06	8.110E-04	3.817E+04	3.791E+01
1.200E-01	2.575E-06	7.983E-04	3.826E+04	3.799E+01
1.213E-01	2.981E-06	7.829E-04	3.835E+04	3.808E+01
1.226E-01	3.504E-06	7.641E-04	3.846E+04	3.819E+01
1.240E-01	4.159E-06	7.407E-04	3.857E+04	3.830E+01
1.254E-01	4.950E-06	7.119E-04	3.871E+04	3.844E+01
1.269E-01	5.861E-06	6.766E-04	3.886E+04	3.859E+01
1.284E-01	6.876E-06	6.339E-04	3.904E+04	3.877E+01
1.299E-01	7.978E-06	5.831E-04	3.925E+04	3.898E+01
1.315E-01	8.701E-06	5.289E-04	3.950E+04	3.922E+01
1.330E-01	9.134E-06	4.738E-04	3.977E+04	3.949E+01
1.345E-01	9.266E-06	4.198E-04	4.008E+04	3.980E+01
1.359E-01	9.034E-06	3.689E-04	4.043E+04	4.015E+01
1.373E-01	8.344E-06	3.238E-04	4.083E+04	4.055E+01
1.386E-01	7.514E-06	2.849E-04	4.128E+04	4.100E+01
1.399E-01	6.338E-06	2.537E-04	4.181E+04	4.151E+01
1.411E-01	5.314E-06	2.288E-04	4.240E+04	4.211E+01
1.422E-01	4.847E-06	2.075E-04	4.309E+04	4.279E+01
1.433E-01	5.304E-06	1.855E-04	4.383E+04	4.353E+01

EK-2 (Devam) Örnek sonuç kütüğü

1.443E-01 6.812E-06 1.592E-04 4.460E+04 4.429E+01
 1.452E-01 9.166E-06 1.263E-04 4.531E+04 4.499E+01
 1.461E-01 1.177E-05 8.798E-05 4.589E+04 4.557E+01
 1.468E-01 1.362E-05 4.875E-05 4.629E+04 4.597E+01
 1.475E-01 1.340E-05 1.610E-05 4.653E+04 4.621E+01
 1.480E-01 9.772E-06 -2.300E-06 4.664E+04 4.631E+01
 1.484E-01 -2.229E-06 0.000E+00 4.666E+04 4.634E+01

SATLIT RUN NUMBER = 1 ; LIBRARY REF.= 0

RUN COMPLETED AT 12:53:17 ON THURSDAY, 01 JANUARY 1998

MACHINE-CLOCK TIME OF RUN = 2692 SECONDS.

TIME/(VARIABLES*CELLS*TSTEPS*SWEEPS*ITS) = 1.662E-05

ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında Ankara'da doğan Serhat BAYSAL, ilk öğrenimini Ankara'da, Kalaba İlköğretim Okulunda, Orta öğrenimini 1996 Ankara Ayrancı Lisesinde tamamladı. 1998-2002 yılları arasında Süleyman Demirel Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünde lisans eğitimini tamamladıktan sonra 2003 yılında Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı.