


ISPEC 13th INTERNATIONAL CONFERENCE ON
ENGINEERING & NATURAL SCIENCES
March 19–20, 2022 / Burdur, Turkey

THE PROCEEDINGS BOOK


EDITOR:
Assist. Prof. Dr. Hüseyin SENDİR



ISBN: 978-625-7720-79-3

<https://www.ispeccongress.org/fenmuhendislik>





**ISPEC 13th INTERNATIONAL
CONFERENCE ON
ENGINEERING & NATURAL SCIENCES
March 19-20, 2022 / Burdur, Turkey**

(THE PROCEEDINGS BOOK)

EDITOR

Assist. Prof. Dr. Hüseyin SENDİR

All rights of this book belong to ISPEC. Without permission can't be duplicate or copied.

Authors are responsible both ethically and juridically

ISPEC Publications – 2022 ©

Issued: 28.03.2022

ISBN: 978-625-7720-79-3

Bu Kitabın Tüm Hakları ISPEC Yayınevi'ne aittir.
Yazarlar etik ve hukuki olarak eserlerden sorumludurlar.

ISPEC Yayınevi – 2022 ©

Yayın Tarihi: 28.03.2022

ISBN: 978-625-7720-79-3

CONFERENCE ID

CONFERENCE TITLE

ISPEC 13th INTERNATIONAL CONFERENCE ON
ENGINEERING & NATURAL SCIENCES

DATE and PLACE

March 19-20, 2022 / Burdur, Turkey

ORGANIZATION

ISPEC INSTITUTE

ORGANIZING COMMITTEE

Assoc. Prof. Dr. Gülcan DEMİROĞLU TOPÇU

Assoc. Prof. Dr. Kerim GÜLLAP

Assoc. Prof. Dr. Mevlüt ALBAYRAK

Assoc. Prof. Dr. Mustafa OKANT

Gönül EDEŞLER

Neslihan BALCI

NUMBER of ACCEPTED PAPERS - 85

NUMBER of REJECTED PAPERS - 20

PARTICIPANT COUNTRIES

Turkey-40, Algeria-7, Azerbaijan-1, Belarus-1, Brazil-1, Indonesia-1, France-1,
India-8, Iran-4, Spain-1, Malaysia-3, Moldova-1, Morocco-2, Nigeria-2, Pakistan-7
Romania-1, Taiwan-1, Oman-2, Iraq-1

***Double blinded evaluation process**

ISPEC
13th INTERNATIONAL CONFERENCE ON
ENGINEERING & NATURAL SCIENCES
March 19-20 2022, Burdur, Turkey

CONFERENCE PROGRAM



Meeting ID:
843 7756 4178
Passcode:
999000

 20.03.2022 Session-1, Hall-5	 Ankara Time 10⁰⁰ : 12³⁰	 ID: 843 7756 4178 Password: 999000
--	---	--

HEAD OF SESSION: Assoc. Prof. Dr. Doğan Engin ALNAK

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Assoc. Prof. Dr. Koray KARABULUT & Assoc. Prof. Dr. Doğan Engin ALNAK	<i>Sivas Cumhuriyet University</i>	A STUDY ON INCREASE COOLING CAPACITY OF MICROCHIPS WITH COMBINED JET FLOW
Assoc. Prof. Dr. Doğan Engin ALNAK & Assoc. Prof. Dr. Koray KARABULUT	<i>Sivas Cumhuriyet University</i>	INVESTIGATION OF THE COMBINED JET FLOW EFFECT ON FLOW AND HEAT TRANSFER APPLICATION IN THE CHANNEL
İlker Çetin KESKİN	<i>Manisa Celal Bayar University</i>	CHARACTERIZATION, LUMINANCE AND OPTICAL PROPERTIES OF THE EPIDOT IN THE STRUCTURE OF THE UNAKIT MINERAL
Canser GÜL & Sevda ALBAYRAK & Hülya DURMUŞ	<i>Manisa Celal Bayar University & Gazi University</i>	IMPROVEMENT OF CORROSION RESISTANCE OF WE43 MAGNESIUM ALLOYS WITH MOLYBDENUM COATING
Canser GÜL & Sevda ALBAYRAK & Hülya DURMUŞ	<i>Manisa Celal Bayar University & Gazi University</i>	IMPROVING THE CORROSION RESISTANCE OF 2024 ALUMINUM ALLOYS WITH NICKEL-ALUMINA CONTAINING COATINGS
Ođuz DOĞAN	<i>Kahramanmaraş Sütçü Imam University</i>	DESIGN AND MANUFACTURING OF CREEP TEST DEVICE FOR POLYMER MATERIALS
Servet AŞKIN & Bahri GÜR & Hakkı AKDENİZ & M. Harbi ÇALIMLI	<i>Iğdır University</i>	COMPARİSON OF XPS AND ICP-MS QUANTİTATIVE RATİOS OF MAJOR AND MINOR ELEMENTS OF İĞDIR SANDSTONE
İsa ÇALLI & Safa ÇAKMAK & Nezaket PARLAK	<i>MKS Marble Cutting and Wiping Machine, Singing. Trade Ltd. Sti & Fen Bilimleri Graduate School of Natural and Applied Sciences & Sakarya University</i>	INVESTIGATION OF DRYING BEHAVIOR OF SOME MARBLE SPECIES IN A MICROWAVE OVEN
Fatih BAŞÇIFTÇİ & Hakan AKAR	<i>Selçuk University & Mehmet Akif Ersoy University</i>	AN EDUCATIONAL TOOL FOR LOGIC SYNTHESIS

BİRLEŞİK JET AKIŞIYLA MİKROÇİPLERİN SOĞUTMA KAPASİTESİNDEKİ ARTIŞ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

Doç. Dr. Koray KARABULUT

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, Doğalgaz ve Tesisatı Teknolojisi Programı
ORCID: 0000-0001-5680-0988

Doç. Dr. Doğan Engin ALNAK

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü, Enerji Sistemleri A.B.D.
ORCID: 0000-0003-0126-1483

ÖZET

Elektronikteki en son gelişmeler, çoğunlukla minyatürleştirme ve modern elektronik cihazların entegrasyonu için geliştirilmiş verimlilik, güvenilirlik ve uzun süreli etkili soğutma işlemlerini içermektedir. Bununla birlikte, var olan en son ısı yönetim teknikleri bile modern elektronik aletlerden olan soğutma taleplerini karşılamak için yeterli olmamaktadır. Fakat, çarpan jet- çapraz akış birleşik jet akış etkisi elektronik elemanların en küçük bileşeni olan mikroçiplerin soğutulmasını iyileştirici bir etkiye sahiptir. Bu çalışmada, yamuk ve oyuk desenli bakır plakalı yüzeylerin soğutulması çarpan jet - çapraz akış birleşik jet etkisi kullanılarak kanatçiksız ve 90° kanatçıklı farklı kanatçık konumlarına (N) ve kanal yüksekliklerine (H) göre birbirleriyle kıyaslamalı ve sayısal olarak incelenmiştir. Sayısal araştırmada sürekli ve üç boyutlu enerji ve Navier-Stokes denklemleri k-ε türbülans modeli Ansys-Fluent programından faydalanılarak çözülmüştür. Her iki desenli yüzeye sahip kanalda, kanatçık çarpan jet akış girişinden itibaren çapraz akışlı kanal girişine doğru $N = D$ ve $1.5D$ olarak farklı konumlarda yerleştirilmiştir. Akışkan olarak kanalda su kullanılmış olup, kanatçık ve kanalın alt ve üst yüzeyleri adyabatiktir. Desenli yüzeyler, 1000 W/m^2 sabit ısı akısına sahiptir. Jet-plaka arası mesafeler (H) $4D$ ve $6D$ olup, akışkan Re sayısı aralığı $5000-9000$ ' dir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, literatürdeki çalışmanın deneysel sonuçlarıyla kıyaslanmış ve birbirleriyle uyumlu oldukları saptanmıştır. Sonuçlar, her bir yamuk ve oyuk desenli yüzey için ortalama Nu sayısı ve yüzey sıcaklıklarının değişimleri olarak araştırılmıştır. $Re = 9000$ ve $H = 6D$ ' de kanatçiksız ve 90° kanatçık açısında farklı kanatçık mesafelerinde yamuk ve oyuk desenli yüzeyli kanallar boyunca çarpan jet-çapraz akış birleşik jet akışının hız ve sıcaklık konturu dağılımları sunulmuştur. $Re = 7000$ ' de $H = 4D$ kanal yüksekliği mesafesinde ve $N = 1.5D$ kanatçık konumunda sırasıyla yamuk ve oyuk desenli yüzeyler için Nu_m değerlerinin kanatçiksız durumdan %15.39 ve %16.31 daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mikroçip, Çarpan jet-çapraz akışlı birleşik akış, Kanatçık konumu

A STUDY ON INCREASE COOLING CAPACITY OF MICROCHIPS WITH COMBINED JET FLOW

ABSTRACT

The latest developments in electronics include improved productivity, credibility and long-term effective cooling processes, mostly for miniaturization and merging of modern electronic devices. However, even the latest thermal management techniques are not sufficient to meet the cooling requests of modern electronics.

However, the impinging jet-cross-flow combined jet-flow effect has an improving effect on the chilling of microchips which are the smallest component of electronic elements. In this study, the chilling of trapezoid and hollow-patterned copper plate surfaces was investigated comparatively and numerically according to different fin positions (N) and channel heights (H) without fin and 90° fin using the impinging jet - cross flow combined jet effect. In numerical research, steady and three-dimensional energy and Navier-Stokes equations were solved by using k-ε turbulence model and Ansys-Fluent program. In the channel with both patterned surfaces, the fin was placed in different positions as $N = D$ and $1.5D$ from the impinging jet flow inlet towards the cross flow channel inlet. Water was used as a fluid in the channel, and fin and the upper and lower surfaces of the channel are adiabatic. Designed surfaces have a constant heat flux of 1000 W/m^2 . The distances between the jet and the plate (H) are $4D$ and $6D$, and the fluid Re number range is 5000-9000. The outcomes of the work were matched with the experimental outcomes of the work in the literature and they were detected to be compatible with one another. The outcomes were investigated as the mean Nu number and the variation of surface temperatures for each trapezoid and hollow patterned surface. In $Re = 9000$ and $H = 6D$, velocity and temperature contour distributions of impinging jet-cross flow combined jet flow along channels with trapezoid and hollow pattern surfaces at different fin distances at 90° fin angle and without fin were presented. It was determined that the Nu_m values for trapezoid and hollow patterned surfaces at $Re = 7000$ and $H = 4D$ channel height distance and $N = 1.5D$ fin position were 15.39% and 16.31% higher than without fin, respectively.

Keywords: Microchip, Combined jet with impinging jet-cross flow, Fin position

GİRİŞ

Gelişen teknolojinin vermiş olduğu imkânlarla bağlı olarak elektronik aletler sürekli bir gelişim süreci içerisinde. Bu gelişim süreciyle birlikte aletlerin verimli ve uzun vadeli kullanılmaları için cihazların gerekli güvenlik şartlarının da sağlanması önemlidir. Bu şartı etkileyen hayati unsur, boyutları oldukça küçülen elektronik aletlerdeki ısınma sonucu artan sıcaklıklardır. Bu sıcaklık artışı önlenemezse ilerleyen safhalarda cihaz bozularak kullanılamaz hale gelebilmektedir. Bu sorunu giderebilmek için elektronik aletlerin etkili bir şekilde soğutulmaları şarttır. Bunun için çeşitli soğutma yöntemleri uygulanmaktadır. Bu yöntemlerden en yaygın olarak kullanılanı çapraz akış ile soğutma tekniğidir. Bu yöntem, soğuk akışkanın fan ile bütün devre üzerine gönderilmesi ve böylece elektronik devre elemanlarının bütününün soğutulması esasına dayanmaktadır. Fakat bu metot, bütün devre elemanlarının soğutulmasını esas aldığından çok yüksek sıcaklıklardaki elemanların soğutulmasında başarısız olabilir. Diğer bir soğutma yöntemi de çarpan jetle soğutmadır. Bu yöntemde, soğuk akışkan lüleyle sıcaklığı yüksek bir yüzeye yersel olarak püskürtülür. Çarpan jet ile çok yüksek sıcaklıktaki bir devre elemanın soğutulması sağlanabilirken, devrenin bütününün soğutulmasında yetersiz kalabilmektedir. Bir elektronik devrede sıcaklıkları birbirlerinden oldukça farklı birden çok eleman bulunabilir. Bu sebeple, tek çeşit soğutma yöntemi ile bütün devreyi güvenli şekilde tutabilecek şartlara erişilmekte sıkıntı olabilir. Bu nedenle; çarpan jet ve çapraz soğutma yönteminin bir arada kullanılması soğutma kapasitesi yüksek faydalı bir durum oluşturabilir. Çapraz akışla devre elemanları bir bütün olarak belirli bir aşamaya kadar soğutulabilirken, devrede sadece çok yüksek sıcaklıktaki elemanlar ise çarpan jet akışıyla noktasal olarak soğutulabilmektedir (Kılıç, 2018; Teamah vd., 2015).

Literatürde, yalnızca çapraz akış veya yalnızca jet akışın değerlendirildiği çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmada da araştırılan geometri daha çok jet akışa benzerlik gösterdiğinden, literatür incelemesinde daha çok jet akış üzerinde durulmuştur. Ayrıca, literatürde çarpan jetler hakkında çok sayıda sayısal ve deneysel araştırma mevcuttur. Bu çalışmalarda ise temel olarak çarpan jetler için kullanılan akışkanın seçimi, akış alanına ait geometri, türbülans modeli, Reynolds sayısı, jet ile çarpma yüzeyi arası mesafe ve elemana uygulanan ısı akısı gibi değişkenlerin ısı transferine olan etkileri üzerinde incelemelerde bulunulmuştur. Bunun yanı sıra, çapraz akış ve çarpan jet akışın birlikte kullanıldığı devre elemanı soğutma teknikleri ile ilgili yapılan çalışma sayısı oldukça sınırlı olup, akışın kanal içerisinde ısınmış yüzeyler üzerine yönlendirilmesine ilişkin herhangi bir çalışmaya elde edilen literatürde rastlanmamıştır.

Hadipour ve Zargarabadi (2018) çarpan dairesel bir jet akışının sabit ısı akılı iç bükey bir yüzey üzerindeki akış ve ısı transferi özelliklerini, farklı jet-plaka arası oranları için sayısal ve deneysel olarak incelemişlerdir. H/D (kanal yükseklik/jet giriş çapı) oranı 0.1-4, Re sayısı aralığı 10000-35000 ve jet çapları 18-30 mm değerlerinde inceleme gerçekleştirmişlerdir. Aynı Re sayısında jet çapı artışının, ısı transferini arttırdığını belirlemişlerdir. Demircan (2019) elektronik devre elemanından olan ısı transferini çapraz akış-çarpan jet uygulamasıyla sayısal olarak araştırmıştır. Re sayısı aralığı olarak 30000-90000, jet ve kanal hız oranının farklı değerlerinde araştırmalar yapmışlardır. Çalışmasında, Re sayısının ve hız oranlarının artışıyla ısı transferinin kayda değer oranda arttığı sonucuna ulaşmıştır. Mergen (2014) sayısal olarak sabit ısı akılı (3500 W/m^2) elektronik bir elemanın çarpan jet-çapraz akışla soğutulmasını araştırmıştır. Çalışmada, jet Re sayısının (Re_j) kanal Re sayısına (Re_k) oranı azaldıkça ısı transferinin azaldığını saptamıştır. Maghrabie ve ark., (2017) kanal boyunca sıralı yedi adet devre elemanından meydana gelen bir sistemin çarpan jet-çapraz akış kombinasyonu ile ısı transferini sayısal olarak değerlendirmişlerdir. Isı transferi üzerinde jet konumu değişikliğinin etkisini saptamışlardır.

Bu çalışmada, yamuk ve oyuk desenli bakır plakalı yüzeylerin soğutulması çarpan jet - çapraz akış birleşik jet etkisi kullanılarak kanatçiksiz ve 90° kanatçıklı farklı kanatçık konumlarına (N) ve kanal yüksekliklerine (H) göre birbirleriyle kıyaslamalı ve sayısal olarak incelenmiştir. Sayısal incelemede, sürekli ve üç boyutlu enerji ve Navier-Stokes denklemleri k-ε türbülans modeli Ansys-Fluent programı kullanılarak çözülmüştür. Her iki desenli yüzeye sahip kanalda, kanatçık çarpan jet akış girişinden itibaren çapraz akışlı kanal girişine doğru $N = D$ ve $1.5D$ olarak farklı konumlarda yerleştirilmiştir. Akışkan olarak kanalda su kullanılmış olup, kanatçık ve kanalın alt ve üst yüzeyleri adiyabatiktir. Desenli yüzeyler, 1000 W/m^2 sabit ısı akısına sahiptir. Jet-plaka arası mesafeler (H) $4D$ ve $6D$ olup, akışkan Re sayısı aralığı $5000-9000$ ' dir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, literatürdeki çalışmanın deneysel sonuçlarıyla kıyaslanmış ve uyumlu oldukları saptanmıştır. Çalışmanın sonuçları, literatürdeki çalışmanın deneysel sonuçlarıyla kıyaslanmış ve birbirleriyle uyumlu oldukları saptanmıştır. Sonuçlar, her bir yamuk ve oyuk desenli yüzeyde ortalama Nu sayısı ve yüzey sıcaklıklarının değişimleri şeklinde araştırılmıştır.

SAYISAL ARAŞTIRMA

Çalışmada, üç boyutlu ve sürekli olarak yamuk ve oyuk desen şekilli yüzeylerdeki çarpan jet - çapraz akışlı birleşik jet akışının zorlanmış taşınım ısı transferinin sayısal çözümünde Ansys-Fluent programı kullanılmıştır.

Kanaldaki akış ve ısı transferinin çözümü aşağıdaki gibi gövde kuvvetinin olmadığı sürekli, kanaldaki birleşik jet akış nedeniyle türbülanslı akış için zaman ortalamalı kütle, momentum ve enerjinin korunumu denklemlerinden türetilen kısmi türevli diferansiyel denklemlerin çözümüyle yapılmıştır (Wang ve Mujumdar, 2015; Karabulut ve Alnak, 2021).

Süreklilik ve momentum denklemlerindeki yakınsama ölçeği 10^{-6} olup, enerji denkleminde bu değer 10^{-7} 'dir.

Süreklilik denklemi

$$\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} = 0 \quad (1)$$

Momentum denklemi

$$\rho \frac{\partial}{\partial x_j} (\bar{u}_i \bar{u}_j) = \frac{\partial \bar{P}}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\mu \left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right) - \rho \overline{u'_i u'_j} \right] \quad (2)$$

Enerji denklemi

$$\rho c_p \frac{\partial}{\partial x_i} (\bar{u}_i \bar{T}) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[k \frac{\partial \bar{T}}{\partial x_i} - \rho c_p \overline{T' u'_i} \right] \quad (3)$$

Türbülans kinetik enerji denklemi

$$\frac{\partial}{\partial x_i} (\rho k u_i) + \frac{\partial}{\partial y} (\rho k) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + G_k - \rho \varepsilon \quad (4)$$

Türbülans kinetik enerji yutulma terimi

$$\frac{\partial}{\partial x_i} (\rho \varepsilon u_i) + \frac{\partial}{\partial y} (\rho \varepsilon) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} G_k - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} \quad (5)$$

Bu denklemlerde ρ akışkanın yoğunluğunu, k türbülanslı akışın kinetik enerjisini, u_i , x , y ve z eksenleri doğrultusundaki hız bileşenlerini, μ akışkanın viskozitesini, σ_k türbülanslı kinetik enerji Prandtl sayısını ($\sigma_k = 1$) göstermektedir. Türbülanslı kinetik enerji üretimi (G_k) ve türbülanslı akışın viskozitesini (μ_t) veren eşitlikler aşağıda verilmiştir (Wang ve Mujumdar, 2005; Karabulut ve Alnak, 2021).

$$G_k = -\overline{\rho u'_i u'_j} \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \quad (6)$$

$$\mu_t = C_\mu \rho \frac{k^2}{\varepsilon} \quad (7)$$

$C_{1\varepsilon}$, $C_{2\varepsilon}$ ve C_μ katsayıları, σ_ε ise türbülans yutulma Prandtl sayısını temsil etmektedir ve sırasıyla $C_{1\varepsilon} = 1.44$, $C_{2\varepsilon} = 1.92$, $C_\mu = 0.09$ ve $\sigma_\varepsilon = 1.3$ olarak alınmıştır (Saleha vd., 2015).

Elektronik elemanların yüzeylerindeki ortalama taşınım ısı transferi katsayısı Eş. 8, Nusselt sayısı (Nu) ise Eş. 9 vasıtasıyla hesaplanmaktadır (Incropera vd., 2007).

$$h = \frac{q''}{T_y - T_a} \quad (8)$$

Nu sayısı, taşınım ile ısı transferinin iletimle ısı transferine oranıdır.

$$-k_a \left(\frac{\partial T}{\partial n} \right)_y = h(T_a - T_y) \text{ ve } Nu = \frac{h(3.m)}{k_a} \quad (9)$$

Burada, T_a ve T_y sırasıyla su akışkanının ve elektronik elemanın ortalama yüzey sıcaklıkları (K), k_a akışkanın ısı iletim katsayısı (W/m.K), $3.m$ elektronik elemanın akışkanla temasta olan toplam yüzey uzunluğu (m), h ve h_m sırasıyla yüzey üzerindeki yerel ve ortalama ısı taşınım katsayısı (W/m².K), n yüzeye dik yön olup ortalama Nu sayısı (Nu_m) aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

Ortalama ısı taşınım katsayısı

$$h_m = \frac{1}{3.m} \int_0^{3.m} h dx \quad (10)$$

Ortalama Nu sayısı

$$Nu_m = \frac{h_m(3.m)}{k_a} \quad (11)$$

Kanal hidrolik çapı

$$D_{kh} = \frac{4A_k}{P_k} = \frac{4(H.W)}{2(H+W)} \quad (12)$$

Bu denklemde A_k kanalın kesit alanı, P_k kanalın ıslak çevresi, H ve W ise sırasıyla kanalın yükseklik ve genişliğidir. Jetin hidrolik çapı ise jet girişi daire olduğundan D jet girişinin çapına eşittir ($D_{hjet} = D$).

Kanal ve Jet Reynolds sayıları ise sırasıyla Eş. (13) ve Eş. (14) yardımıyla belirlenmektedir.

$$Re_k = \frac{\rho_a V_k D_{hk}}{\mu_a} \quad (13)$$

$$Re_j = \frac{\rho_a V_j D}{\mu_a} \quad (14)$$

Bu eşitliklerde, ρ_a ve μ_a sırasıyla suyun yoğunluğu (kg/m³) ve viskozitesi (kg/s.m), V_k ve V_j ise sırasıyla suyun kanal ve jet akış hızlarıdır (m/s).

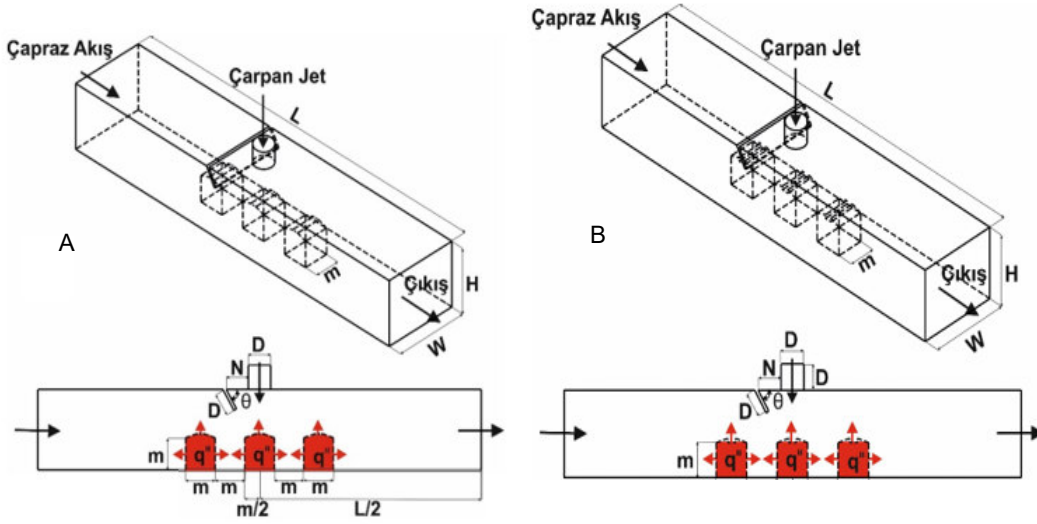
DESEN GEOMETRİLERİ

Çalışmadaki çarpan jet-çapraz akışlı kanallar ve kanallardaki yamuk ve oyuk desenli yüzeylere sahip elektronik elemanların ölçüleri ve sınır şartları Şekil 1' de verilirken, desenli yüzeylerin geometric ölçüleri ise Tablo 1' de sunulmuştur. Bunun yanı sıra, bu çalışmadaki kabuller aşağıdaki gibidir:

- Sürekli, üç boyutlu ve türbülanslı akış hacmi kullanılmıştır.
- Sıkıştırılmaz akışkan olarak su, hem jet hem de çapraz akış akışkanı olarak kullanılmıştır.
- Sıkıştırılmaz akışkan olarak hem jet akışkanı hem de çapraz akış için kullanılan su akışkanının ısıl özellikleri sabit olup, sıcaklıktan bağımsızdır.
- Kanalın ve kanatçığın yüzeyleri adyabatiktir
- Akışkan olarak kullanılan su ve desenli yüzeylerde ısı üretimi bulunmamaktadır.

SONUÇLARIN İRDELENMESİ

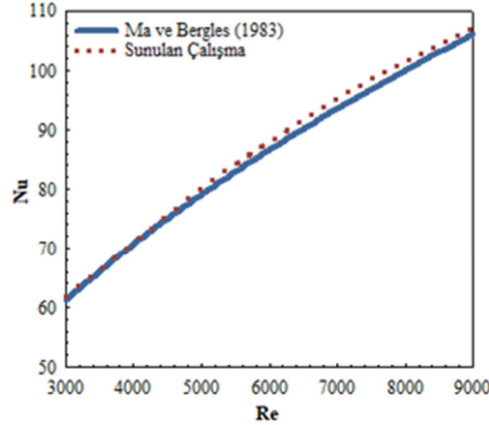
Çalışmada sadece jet akışın olduğu durumda farklı Reynolds sayılarında incelemelerde bulunularak ulaşılan sonuçlar ile Ma ve Bergles (1983)' in deneysel incelemeleri sonucunda ulaştıkları bağıntı kullanılarak ($\overline{Nu} = 1.29 Re^{0.5} Pr^{0.4}$) edinilen sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılmıştır (Şekil 2). Şekil 2' den gözlemlenebildiği gibi Ma ve Bergles (1983)' in deneysel sonuçları ile bu çalışmanın sayısal sonuçları birbirleriyle uyumlu ve tutarlıdır.



Şekil 1. A - yamuk B - oyuk şekilli çarpın jet - çapraz akış birleşik jet akışlı kanalların şematik görünüşleri

Tablo 1. Yamuk ve oyuk desenli yüzeylere ait geometrik ölçüler

Kanalın Ölçülendirilmesi	
D	15 mm
L	66D
W	4D
H	4D, 6D
m	20 mm
θ	90°
N	D, 1.5D



Şekil 2. Sunulan çalışma ve Ma ve Bergles (1983)' in deneysel sonuçlarının karşılaştırılması

Ağ sayısının Nu sayısı üzerindeki etkisini belirlemek kaydıyla kanal için en uygun sayıda ağ elemanı kullanabilmesi için kanatçiksız çarpan jet - çapraz akış birleşik jet akışlı kanalda ağ sayısının ortalama Nu sayısı üzerindeki etkisi farklı Reynolds sayılarında Tablo 2' de sunulmuştur. Buna göre kanatçiksız kanal için 2022840 adet ağ elemanının güvenilir ve doğru sonucu vereceği bulunmuştur.

Tablo 2. Ağ elemanı sayısına bağlı olarak Nu_m sayısının Reynolds sayısına göre değişimi

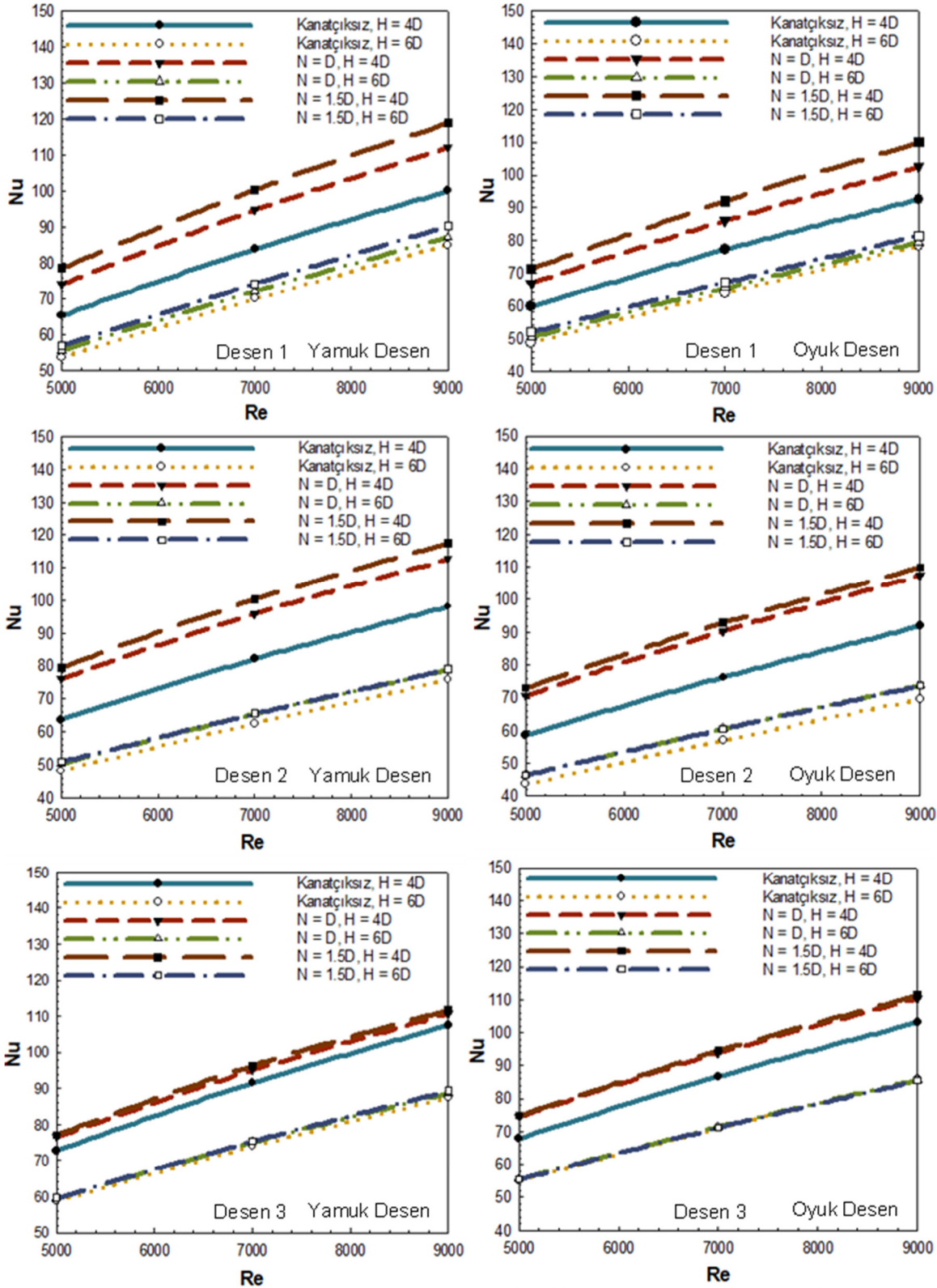
Ağ elemanı sayısı	Re = 5000 Nu_m	Re = 7000 Nu_m	Re = 9000 Nu_m
1758412	86.48	108.84	127.40
2022840	86.52	108.88	127.43
2245786	86.52	108.87	127.42

Kanatçiksız, jet akışa göre $N = D$ ve $1.5D$ kanatçık ($\theta = 90^\circ$) konumlarında ve $H = 4D$ ve $6D$ kanal yüksekliklerine sahip kanallardaki yamuk ve oyuk desenli yüzeylerin ortalama Nu sayılarının Reynolds sayısı ile değişimleri sırasıyla Şekil 3 ve 4' de gösterilmektedir. Kanal yüksekliğinin yani jet-plaka arası mesafenin artışı çapraz akış-çarpan jet birleşik jet etkisinin desenli yüzeyler üzerindeki etkisini azaltmaktadır. Bu da kanal içerisindeki akışın karışma derecesini azaltarak, ısı transferinin azalmasına yani Nu sayısının düşük değerlerde olmasına sebep olmaktadır. Bu sebeple, her iki desenli yüzey için de $H = 6D$ için elde edilen Nu sayısı değerleri $H = 4D$ için elde edilenlerden daha düşük değerlerdedir. Bununla birlikte, kanala kanatçık eklenmesi çapraz akış-çarpan jet birleşik jet etkisinin desenli yüzeylerle olan temasını artırdığından Nu sayısı değerleri kanatçiksız duruma göre daha fazladır. Ayrıca, $N = 1.5D$ kanatçık konumunda $N = D$ konumuna göre daha yüksek ortalama Nu sayısı değerlerine ulaşılmaktadır. Kanal girişine göre birinci sırada olan Desen 1 için $Re = 5000$, $H = 4D$ ve $N = 1.5D$ ' de yamuk desenli yüzey için ortalama Nu sayısı 78.63 iken $N = D$ ' de 74.18' dir. Bununla birlikte, yine Desen 1 için $Re = 7000$, $N = 1.5D$ kanatçık mesafesinde ve $H = 6D$ ' de kanatçiksız duruma göre Nu sayısı değerleri yamuk ve oyuk desenli yüzeyler için sırasıyla %6 ve %5.1 daha fazladır. İkinci sırada bulunan Desen 2, çapraz akışın yanı sıra çarpan jetin de etkisi altındadır. Ancak, kanal yükseklikleri kanatçığın desenli yüzeyler üzerine etki edebileceği mesafeden fazla olduğu için beklenen birleşik jet etkisi her iki desenli yüzey için de elde edilememektedir. Hem yamuk hem de oyuk desenli yüzeylerde kanatçiksız durumda ulaşılan Nu sayısı değerleri Desen 1' den daha düşük iken yalnızca $H = 4D$ için $N = D$ ve $1.5D$ ' de Desen 1' e göre bir miktar daha fazla Nu sayısı değerleri elde edilmektedir.

$H = 6D$ için ise Nu sayısı değerleri Desen 1' den daha düşüktür. Desen 3' de çapraz akış-çarpan jet birleşik jet etkisi Nu sayısını artırıcı olumlu etkisini hissettirmekle birlikte kanatçiksiz durumda Desen 2' ye göre her iki desenli yüzey şeklinde de artışlar elde edilmektedir. Desen 2' ye göre artan bu ortalama Nu sayısı değerleri, özellikle $H = 6D$ durumunda kendini daha iyi göstermekle birlikte $H = 4D$ ' ye göre daha fazla Nu sayısı artışları görülmektedir.

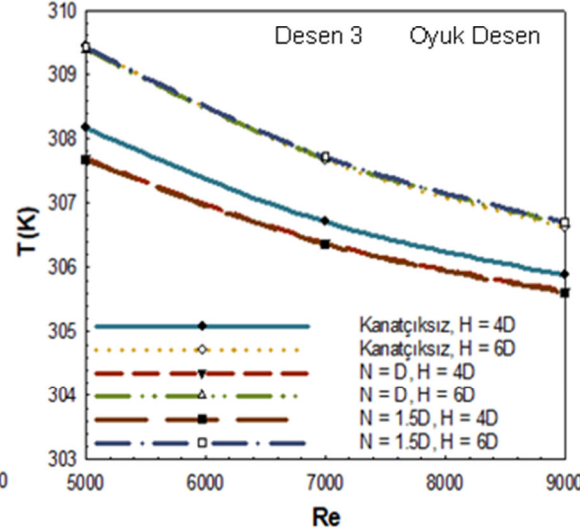
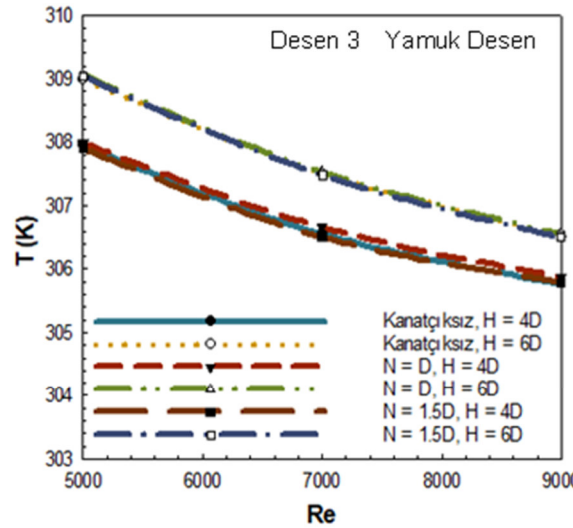
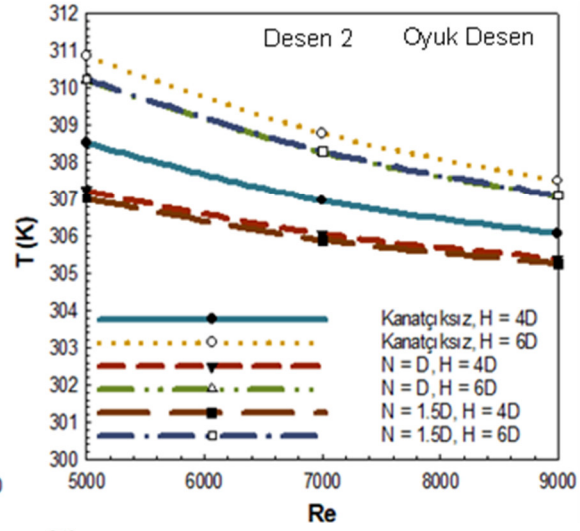
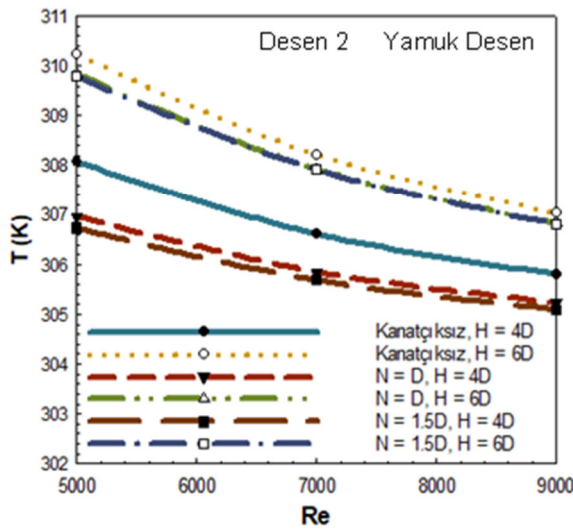
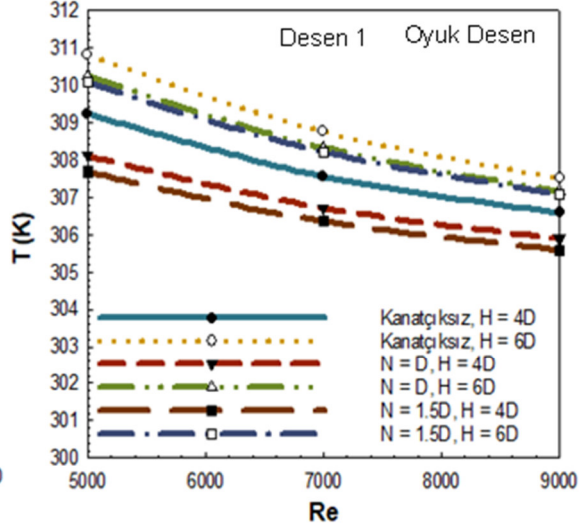
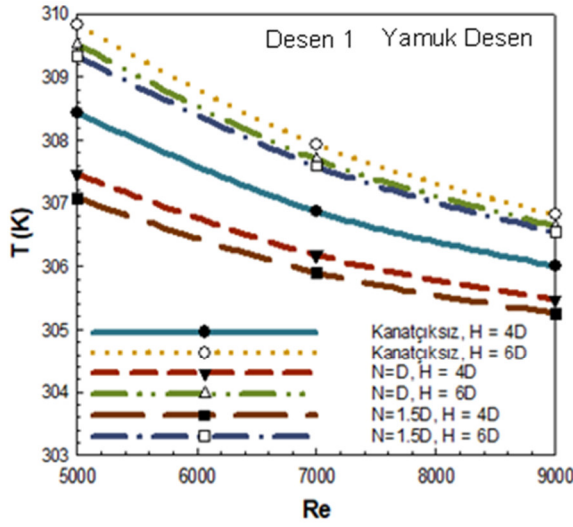
Şekil 5 ve 6' da sırasıyla yamuk ve oyuk desenli yüzeylere ait ortalama yüzey sıcaklıklarının farklı kanal yükseklikleri ve kanatçık ($\theta = 90^\circ$) konumlarına bağlı olarak Re sayısına göre değişimleri verilmektedir. Nu sayısı grafiklerindeki (Şekil 3 ve 4) değişimlere bağlı olarak desenli yüzeylerden olan ısı transferinin artışına göre yüzey sıcaklık değerleri azalmaktadır. Ayrıca, Re sayısı arttıkça kanal içerisindeki akışkanın karışması yani türbülansı arttığından yüzeylerin soğuma etkisi arttığından sıcaklıkları düşmektedir. Kanatçiksiz durumda daha yüksek sıcaklık değerleri elde edilirken, kanala kanatçık eklenmesi yüzeyler üzerinde birleşik çapraz akış-çarpan jet akış etkisini artırarak yüzeylerden olan ısı transferini artırarak soğumayı hızlandırmaktadır. Bununla birlikte, $H = 4D$ ' de $H = 6D$ ' ye göre daha düşük yüzey sıcaklık değerlerine ulaşılırken, $N = 1.5D$ ' de yine $N = D$ ' ye göre yüzey sıcaklık değerleri daha azdır.

Tablo 3' de $Re = 7000$ için $H = 4D$ ve $6D$ mesafelerinde, kanatçiksiz ve $N = D$ ve $1.5D$ kanatçık konumlarında yamuk ve oyuk desenli yüzeylere ait kanallardaki her üç desenli yüzey için ortalama Nu sayısı (Nu_m) ve ortalama yüzey sıcaklığı (T_m) değişimleri gösterilmektedir. Kanatçiksiz durumda Nu_m değerleri değerleri düşük iken T_m değerleri yüksektir. $H = 4D$ kanal yüksekliği mesafesinde ve $N = 1.5D$ kanatçık konumunda sırasıyla yamuk ve oyuk desenli yüzeyler için Nu_m değerleri kanatçiksiz durumdan %15.39 ve %16.31 daha fazladır. $H = 6D$ mesafede ise her iki kanatçık konumu ve desenli yüzey için daha düşük Nu_m değerleri elde edilmektedir. Ayrıca, her iki kanal mesafesinde de yamuk desenli yüzeyler için elde Nu_m değerleri oyuk desenli yüzeylerden daha fazladır. Buna bağlı olarak da daha düşük T_m değerlerine ulaşılmaktadır.



Şekil 3. Yamuk desenli yüzeylerde her bir desenli yüzey için kanatçık konumuna (N) ve kanal yüksekliğine (H) göre ortalama Nu sayısının Re sayısı ile değişimi

Şekil 4. Oyuk desenli yüzeylerde her bir desenli yüzey için kanatçık konumuna (N) ve kanal yüksekliğine (H) göre ortalama Nu sayısının Re sayısı ile değişimi



Şekil 5. Yamuk desenli yüzeylerde her bir desenli yüzey için kanatçık konumuna (N) ve kanal yüksekliğine (H) göre ortalama yüzey sıcaklığının Re sayısı ile değişimi

Şekil 6. Oyuk desenli yüzeylerde her bir desenli yüzey için kanatçık konumuna (N) ve kanal yüksekliğine (H) göre ortalama yüzey sıcaklığının Re sayısı ile değişimi

Re = 7000	H = 4D		H = 6D	
	Yamuk Desen	Oyuk Desen	Yamuk Desen	Oyuk Desen
Kanatçiksız - Nu_m	85.866	80.066	68.803	64.027
90° Kanatçıklı - $N = D$ - Nu_m	95.300	90.114	70.869	65.903
90° Kanatçıklı - $N = 1.5D$ - Nu_m	99.081	93.126	71.708	66.354
Kanatçiksız - T_m (K)	306.680	307.074	307.885	308.403
90° Kanatçıklı - $N = D$ - T_m (K)	306.230	306.382	307.717	308.097
90° Kanatçıklı - $N = 1.5D$ - T_m (K)	306.028	306.201	307.66	308.078

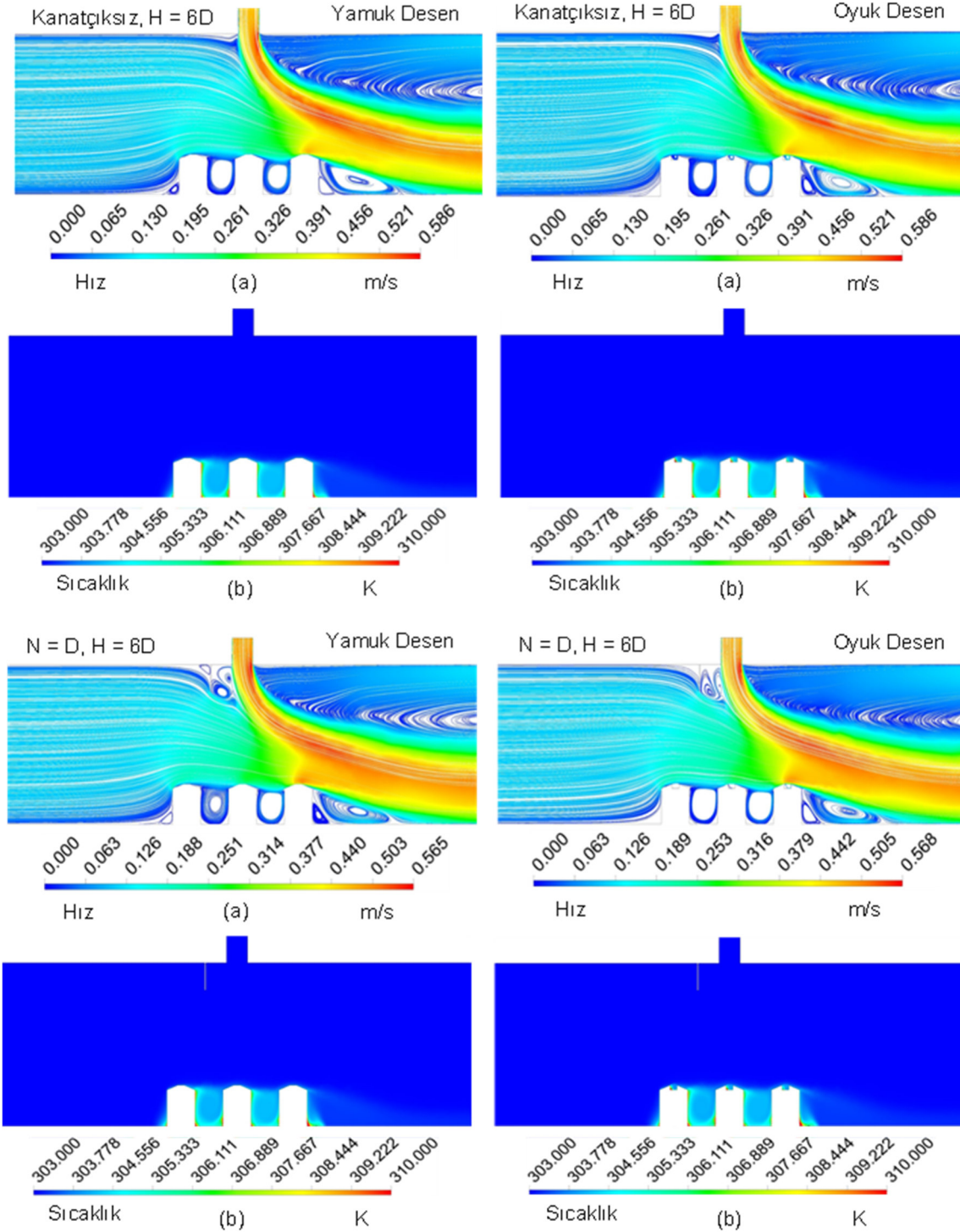
Tablo 3. Re = 7000 için yamuk ve oyuk desenli kanallarda desenli yüzeylerin bütünü için Nu_m ve T_m değerleri

Şekil 7 ve 8’ de Re = 9000 için H = 6D kanal yüksekliğinde sırasıyla yamuk ve oyuk desenli yüzeylere sahip kanallarda kanatçiksız ve 90° açılı $N = D$ ve 1.5D kanatçık konumlarında (a) hız ve (b) sıcaklık konturu dağılımları sunulmaktadır. Hız konturu dağılımında, kanatçiksız durumda her iki desenli yüzey için Desen 1 yalnızca çapraz akışın etkisinde iken kanal mesafesi (H) jet akışın desenli yüzeyler üzerine uygun bir şekilde tam olarak etki edebileceğinden fazla olduğundan Desen 2’ nin de daha çok çapraz akışın etkisinde olduğu söylenebilir. Bu durum sıcaklık konturu dağılımından da görülebilmektedir. Kanala 90° açılı kanatçık eklendiğinde ise kanal girişinden gelen çapraz akış kesiti nispeten daraltılarak her iki desenli yüzey için de akış Desen 2 üzerine yönlendirilebilmektedir. Aynı zamanda, bu şekilde desen aralıklarındaki boşluklarda bulunan akışkan da hareketlendirilerek yüzeylerden olan ısı transferine katkı sağlanmaktadır. Kanatçık, kanala göre $N = 1.5D$ mesafesine konumlandırıldığında ise hem Desen 2 hem de Desen 3 üzerindeki birleşik jet etkisi artırıldığından ısı transferi iyileştirilmiş olmakta ve böylece yüzeyler daha iyi soğutulmaktadır.

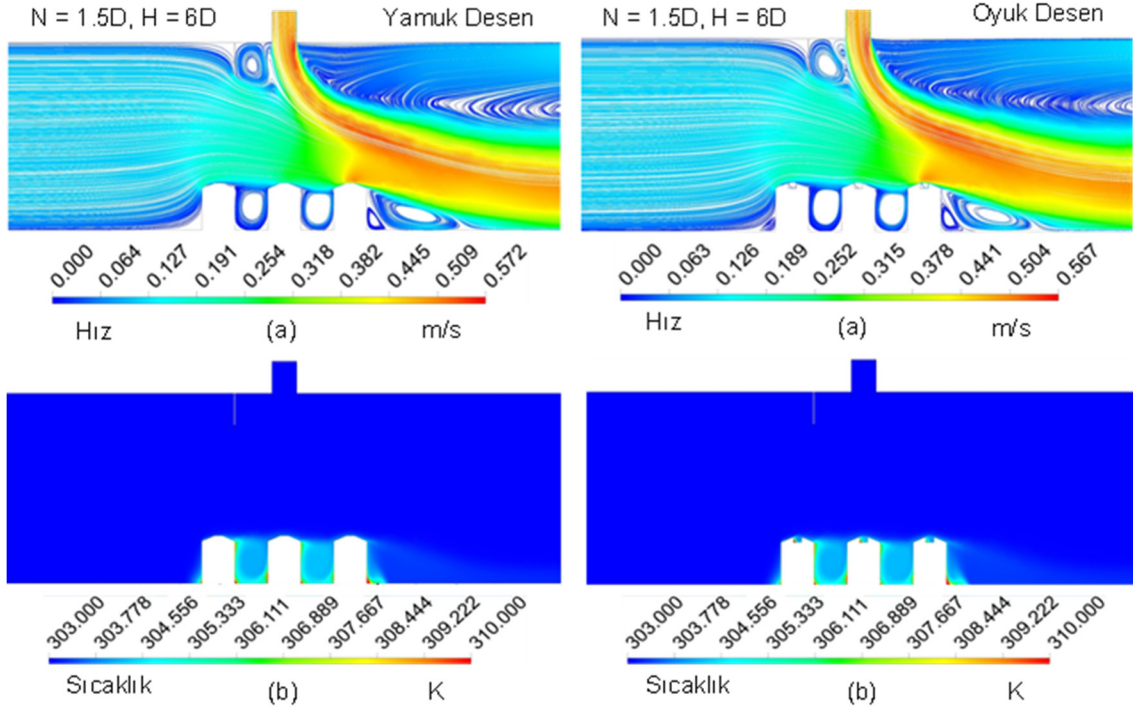
SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, yamuk ve oyuk desenli yüzeylerin çarpan jet - çapraz akış birleşik jet tekniği ile kanatçiksız, 90° kanatçıklı ve $N = D$ ve 1.5D olarak farklı mesafelerde kanatçık yerleştirilerek soğutulmaları birbirleriyle kıyaslanarak sayısal olarak incelenmiştir. Sayısal araştırmada sürekli ve üç boyutlu enerji ve Navier-Stokes denklemleri k-ε türbülans modeli Ansys-Fluent programından faydalanılarak çözülmüştür. Kanalda akışkan olarak su kullanılmış olup, kanatçığın ve kanalın alt ve üst yüzeyleri adyabatiktir. Desenli yüzeylere 1000 W/m^2 lik sabit ısı akısı uygulanmıştır. Jet-plaka arası mesafeler (H) 4D ve 6D olup, akışkan Re sayısı aralığı 5000-9000’ dir. Kanallara referans çalışmalar gözetilerek üçer adet desenli yüzey (yamuk ve oyuk) yerleştirilmiştir. Buna göre, çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Her iki desenli yüzey için de H = 6D için elde edilen Nu sayısı değerleri H = 4D için elde edilenlerden daha düşük değerlerdedir.
- $N = 1.5D$ kanatçık konumunda $N = D$ konumuna göre daha yüksek ortalama Nu sayısı değerlerine ulaşılmaktadır. Kanal girişine göre birinci sırada olan Desen 1 için Re = 5000, H = 4D ve $N = 1.5D$ ’ de yamuk desenli yüzey için ortalama Nu sayısı 78.63 iken $N = D$ ’ de 74.18’ dir.
- Desen 1 için Re = 7000, $N = 1.5D$ kanatçık mesafesinde ve H = 6D’ de kanatçiksız duruma göre Nu sayısı değerleri yamuk ve oyuk desenli yüzeyler için sırasıyla %6 ve %5.1 daha fazladır.



- Hem yamuk hem de oyuk desenli yüzeylerde kanatçksız durumda ulaşılan Nu sayısı değerleri Desen 1' den daha düşük iken yalnızca $H = 4D$ için $N = D$ ve $1.5D$ ' de Desen 1' e göre bir miktar daha fazla Nu sayısı değerleri elde edilmektedir.
- $H = 6D$ için ise Nu sayısı değerleri Desen 1' den daha düşüktür. Desen 3' de çapraz akış-çarpan jet birleşik jet etkisi Nu sayısını artırıcı olumlu etkisini hissettirmekle birlikte kanatçksız durumda Desen 2' ye göre her iki desenli yüzey şeklinde de artışlar elde edilmektedir.



Şekil 7. Yamuk desenli yüzeylerde $H = 6D$ için kanatçık konumuna (N) göre (a) Hız, (b) Sıcaklık konturu dağılımları $Re = 9000$

Şekil 8. Oyuk desenli yüzeylerde $H = 6D$ için kanatçık konumuna (N) göre (a) Hız, (b) Sıcaklık konturu dağılımları $Re = 9000$

- Desen 2' ye göre artan ortalama Nu sayısı değerleri, özellikle $H = 6D$ durumunda kendini daha iyi göstermekle birlikte $H = 4D$ ' ye göre daha fazla Nu sayısı artışları görülmektedir.
- Kanatçiksız durumda daha yüksek sıcaklık değerleri elde edilirken, kanala kanatçık eklenmesi yüzeyler üzerinde birleşik çapraz akış-çarpan jet akış etkisini artırarak yüzeylerden olan ısı transferini artırarak soğumayı hızlandırmaktadır.
- $H = 4D$ ' de $H = 6D$ ' ye göre daha düşük yüzey sıcaklık değerlerine ulaşılırken, $N = 1.5D$ ' de yine $N = D$ ' ye göre yüzey sıcaklık değerleri daha azdır.
- $H = 4D$ kanal yüksekliği mesafesinde ve $N = 1.5D$ kanatçık konumunda sırasıyla kanallardaki her üç yamuk ve oyuk desenli yüzeyler için Nu_m değerleri, kanatçiksız kanallardan %15.39 ve %16.31 daha fazla olmaktadır. $H = 6D$ mesafede ise her iki kanatçık konumu ve desenli yüzey için daha düşük Nu_m değerleri elde edilmektedir.
- Sonuç olarak, çarpan jet - çapraz akış birleşik jetli bir kanala kanatçıkların konulması birleşik jet akışı sıcaklığı artmış desenli yüzeylere doğru daha iyi yönlendirerek yüzeyler ve akışkan arasında teması artırdığından ısı transferini artırarak desenlerin soğumasını iyileştirmektedir. Fakat, bu iyileştirmede kanaldaki kanatçık konumlarının (N) ve jet-plaka arası mesafelerin (H) etkisi oldukça fazladır. Bu nedenle, kanal tasarımlarında akışkanın Re sayısı, jet-plaka arası mesafe (H), soğutulacak yüzeylere verilen desen şekli yanında kanatçığın kanaldaki konumu (N) da göz önünde bulundurulmalıdır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (CÜBAP) birimi tarafından TEKNO-2021-031 proje numarası ile desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

Demircan, T. (2019). Numerical Analysis of Cooling an Electronic Circuit Component with Cross Flow and Jet Combination, *Journal of Mechanics*, 35 (3), 395-404.

Hadipour, A., Zargarabadi, M.R. (2018). Heat Transfer and Flow Characteristics of Impinging Jet on a Concave Surface at Small Nozzle to Surface Distances, *Applied Thermal Engineering* 138, 534-541.

Incropera, F.P., Dewit, D.P., Bergman, T.L., Lavine, A.S., (2007). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer (Sixth Edition)*, John Wiley&Sons, Indiana, 447-487.

Karabulut, K., Alnak, D.E. (2021). Çarpan Jet - Çapraz Akışlı Bir Kanalda Soğutma Performansının Kanal Yüksekliği ile Değişiminin İncelenmesi. Karabulut K., Orhan Ö. (Ed.), *Proceedings Book of the 12 th International Conference on Engineering & Natural Sciences 2021 Conference* içinde (273-290 ss.).

Kılıç, M. (2018). Elektronik Sistemlerin Soğutulmasında Nanoakışkanlar ve Çarpan Jetlerin Müşterek Etkisinin İncelenmesi, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 33 (3), 121-132.

Köseoğlu, M.F. (2007). *Çarpan akışkan jetleri kullanılarak elektronik elemanların soğutulmasının deneysel ve sayısal olarak incelenmesi*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Larraona, G.S., Rivas, A., Antón, R., Ramos, J.C., Pastor, I., Moshfegh, B. (2013). Computational Parametric Study of an Impinging Jet in a Cross-Flow Configuration for Electronics Cooling Applications, *Applied Thermal Engineering*, 52, 428-438.

Ma, C.F., Bergles, A.E., (1983). Boiling Jet Impingement Cooling of Simulated Microelectronic Chips, *Heat Transfer in Electronic Equipment* HTD 28, 5-12.

Maghrabie, H.M., Attalla, M., Fawaz, H.E., Khalil, M. (2017). Numerical Investigation of Heat Transfer and Pressure Drop of In-Line Array of Heated Obstacles Cooled by Jet Impingement in Cross-Flow, *Alexandria Engineering Journal*, 56, 285-296.

Mergen, S. (2014). *Kanal içi akış ve çarpan jet ile birlikte elektronik eleman soğutulmasının sayısal olarak incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Saleha, N., Fadela, N., Abbas, A. (2015). Improving Cooling Effectiveness By Use Chamfers on the Top of Electronic Components, *Microelectronics Reliability* 55, 1067-1076.

Teamah, M.A., Dawood, M.M., Shehata, A. (2015). Numerical and Experimental Investigation of Flow Structure and Behavior of Nanofluids Flow Impingement on Horizontal Flat Plate, *Experimental Thermal and Fluid Science*, 74, 235-246.

Wang S.J., Mujumdar A.S. (2005). A Comparative Study of Five Low Reynolds Number k-ε Models for Impingement Heat Transfer, *Applied Thermal Engineering*, 25, 31-44.