

Çiçek Tip Şaşırtma Levhasına Sahip Gövde Borulu Isı Değiştiricinin CFD Analizi

Erdem IŞIK^{1*}, Volkan TUĞAN¹

ÖZET: Gövde borulu ısı değiştiricilerinin ısı ve hidrolik performansını etkileyen en önemli faktörlerden bir tanesi şaşırtma levhasıdır. Bu çalışmada, ANSYS Fluent programı aracılığıyla, çiçek tip şaşırtma levhasına sahip gövde borulu ısı değiştiricinin CFD analizi yapılmıştır. Analizlerde, çiçek tip şaşırtma levhasının gövde tarafı ısı taşınım katsayısına, basınç düşüşüne ve basınç düşüşü başına düşen ısı transfer oranına etkisini araştırmak amaçlanmıştır. Ek olarak, çiçek tip şaşırtma levhası ile geleneksel tek parçalı şaşırtma levhası karşılaştırılmıştır. Tasarlanan gövde borulu ısı değiştiricinin gövde tarafında çalışma akışkanı olarak su kullanılmıştır. Analizlerde, gövde tarafındaki akışkan için dört farklı kütleli debi (1.2 kg s^{-1} , 1.5 kg s^{-1} , 1.8 kg s^{-1} ve 2.1 kg s^{-1}) incelenmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, çiçek tip şaşırtma levhasının geleneksel tek parçalı şaşırtma levhasına göre basınç düşüşü başına düşen ısı transfer oranını artırdığı gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çiçek tip şaşırtma levhası, gövde borulu ısı değiştirici, CFD

CFD Analysis of Shell and Tube Heat Exchanger with Flower Type Baffle

ABSTRACT: One of the most important factors that influence the thermal and hydraulic performance of shell and tube heat exchangers is the baffle. In this study, a CFD analysis of shell and tube heat exchanger with a flower type baffle was carried out using the ANSYS Fluent program. The objective of the analyses was to investigate the effect of flower type baffle on the shell side heat transfer coefficient, pressure drop and heat transfer rate per pressure drop. In addition, the flower type baffle and the conventional single segmental baffle were compared. Water was used as the working fluid on the shell side of the designed shell and tube heat exchanger. In the analyses, four different mass flow rates (1.2 kg s^{-1} , 1.5 kg s^{-1} , 1.8 kg s^{-1} ve 2.1 kg s^{-1}) were examined for the fluid on the shell side. According to the results obtained from the study, it was observed that the flower type baffle increased the heat transfer rate per pressure drop compared to the conventional single segmental baffle.

Keywords: Flower type baffle, shell and tube heat exchanger, CFD

¹Erdem IŞIK (Orcid ID: 0000-0003-4715-6582), Volkan TUĞAN (Orcid ID: 0000-0001-7910-1207), Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Tunceli, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Erdem IŞIK, e-mail: erdem@munzur.edu.tr

GİRİŞ

Farklı sıcaklıklardaki iki veya daha fazla akışkan arasındaki ısı değişimi, endüstriyel uygulamalarında en sık karşılaşılan işlemlerden birisidir. Isı değişiminin gerçekleştiği cihazlar genelde ısı değiştirici olarak adlandırılmaktadır (Genceli, 2017). Gövde borulu ısı değiştiricileri, en sık kullanılan ısı değiştiricilerinden bir tanesidir. Bu ısı değiştiricileri, basit yapıya, yüksek güvenilirliğe ve düşük üretim maliyetine sahip olduğu için enerji tasarrufu, dönüşümü ve kullanımına önemli ölçüde katkıda bulunur (Cao ve ark. 2019; Kahraman 2020). Gövde borulu ısı değiştiricileri, silindirik yapıya sahip bir gövde ve bu gövde içine yerleştirilen birbirine paralel borulardan meydana gelir ve petrol rafinerileri, güç üretim tesisleri, kimya endüstrisi gibi çeşitli uygulama alanlarında kullanılır (You ve ark., 2012).

Şaşırtma levhaları gövde borulu ısı değiştiricilerinin ısı ve hidrolik performansını etkileyen en önemli faktörlerden birisidir. Gövde borulu ısı değiştiricilerinde akışı türbülanslı hale getirmek, akışkan hareketlerine yön vermek ve ölü bölgeleri azaltmak amacıyla gövde içinde şaşırtma levhaları kullanılır. Şaşırtma levhalarının diğer bir önemli görevi ise borulara destek sağlayarak titreşimi önlemektir (Gao ve ark., 2015; Genceli, 2017). Şaşırtma levhalarının seçiminde ısı transferi ve basınç kaybı muhakkak göz önüne alınmalıdır.

Gövde borulu ısı değiştiricilerinde genellikle tek parçalı şaşırtma levhaları kullanılır. Ancak bu tip şaşırtma levhaları yüksek basınç kaybı ve ölü bölgelere neden olduğu için yeni tip şaşırtma levhaları araştırılmaktadır (Wen ve ark., 2015). Literatürde, şaşırtma levhası tipinin gövde borulu ısı değiştiricilerinin performansına etkisini araştıran çalışmalara sıklıkla rastlanmaktadır. Gao ve ark. (2015), devamsız helisel şaşırtma levhalarına sahip gövde borulu bir ısı değiştiricide akış direncini ve ısı transferini incelemişlerdir. Çalışmada, helis açısının (8° , 12° , 20° , 30° , 40°) ısı transfer katsayısına ve basınç düşüşüne etkisini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, küçük helis açısına sahip ısı değiştiricilerde gövde tarafındaki basınç düşüşünün ve ısı transfer katsayısının büyük helis açısına sahip ısı değiştiricilere göre daha yüksek olduğu anlaşılmıştır. Beş farklı helis açısı kıyaslandığında, en iyi performansın 40° helis açısına sahip gövde borulu ısı değiştirici için elde edildiği gözlemlenmiştir. Bayram ve Sevilgen (2018), şaşırtma levhası tiplerine göre gövde borulu bir ısı değiştiricinin ısı performansını numerik olarak araştırmışlardır. Çalışmada, şaşırtma levhası olarak parçalı şaşırtma levhası ve devamlı helisel şaşırtma levhası kullanılmıştır. Sonuçlara göre, en yüksek ısı performansının maksimum dönme sayısında ve şaşırtma levhası mesafesinin eşit olması durumunda, devamlı helisel şaşırtma levhasına sahip ısı değiştirici için elde edildiği görülmüştür. Ambekar ve ark. (2016), gövde borulu ısı değiştiricilerinde farklı şaşırtma levhası düzenlerinin ısı transfer katsayısı ve basınç düşüşü üzerindeki etkisini numerik olarak incelemişlerdir. Çalışmada, tek parçalı, çift parçalı, üç parçalı, helisel, çiçek A ve çiçek B olmak üzere altı farklı şaşırtma levhası kullanılmıştır. Analizlerden elde edilen sonuçlara göre, tek parçalı şaşırtma levhasının toplam ısı transfer katsayısını iyileştirdiği ancak yüksek basınç kaybına neden olduğu görülmüştür. Helisel şaşırtma levhasının basınç kaybını önemli ölçüde azalttığı gözlemlenmiştir. Çiçek şaşırtma levhalarının en etkili şaşırtma levhası olduğu ve çiçek B şaşırtma levhasının çiçek A şaşırtma levhasına göre ısı performansını iyileştirdiği görülmüştür. Bichkar ve ark. (2018), gövde borulu ısı değiştiricilerinde şaşırtma levhası tipinin ısı transferi ve basınç düşüşüne etkisini numerik olarak araştırmışlardır. Çalışmada şaşırtma levhası olarak tek parçalı, çift parçalı ve helisel şaşırtma levhası kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, tek parçalı şaşırtma levhasının ölü bölgelerin oluşumuna neden olduğu görülmüştür. Çift parçalı şaşırtma levhasının titreşimi azalttığı gözlemlenmiştir. Helisel şaşırtma levhasının ise ölü bölgeleri ve basınç kaybını azalttığı gözlemlenmiştir ve diğer şaşırtma levhası tiplerine göre daha avantajlı olduğu sonucuna varılmıştır. He ve Li (2018), tek parçalı, helisel ve çiçek tip şaşırtma levhasına sahip çift boru geçişli gövde borulu bir ısı değiştiricinin

performansını numerik olarak araştırmışlardır. Çiçek tip şaşırtma levhasının kullanılması durumunda basınç düşüşünün ve ısı transferinin diğer şaşırtma levhası tiplerine göre daha düşük olduğu görülmüştür. Pompalama gücü başına düşen en yüksek ısı transfer oranının çiçek tip şaşırtma levhası için elde edildiği gözlemlenmiştir. Ma ve ark. (2017), üç yapraklı-delikli ve dört yapraklı-delikli tip şaşırtma levhasına sahip bir ısı değiştiricide gövde tarafındaki akışı numerik olarak incelemiştir. Sonuçlara göre, üç yapraklı-delikli şaşırtma levhası için elde edilen basınç düşüşü başına düşen ısı transfer katsayısının dört yapraklı-delikli şaşırtma levhasına göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Maakoul ve ark. (2016), tek parçalı, helisel ve üç yapraklı-delikli şaşırtma levhasına sahip gövde borulu ısı değiştiricide gövde tarafı ısı transfer katsayısını ve basınç düşüşünü numerik olarak araştırmışlardır. Analizlerden elde edilen sonuçlara göre, helisel şaşırtma levhalarının tek parçalı şaşırtma levhalarına göre termohidrolik performansı artırdığı gözlemlenmiştir. Üç yapraklı-delikli şaşırtma levhalarının ise tek parçalı şaşırtma levhalarına göre ısı transferini iyileştirdiği ancak basınç düşüşünü de artırdığı gözlemlenmiştir. Yang ve ark. (2018), tek yönlü merdiven tip helisel şaşırtma levhalı gövde borulu bir ısı değiştiricinin ısı transferini ve akış performansını numerik olarak araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, merdiven tip helisel şaşırtma levhasının kullanılması durumunda elde edilen basınç düşüşü başına düşen ısı transfer katsayısının tek parçalı şaşırtma levhasına göre yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Li ve ark. (2020), boylamsal akışa sahip gövde borulu ısı değiştiricilerinde, şaşırtma levhası tipinin enerji verimliliğine ve termohidrolik performansa etkisini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, geniş-küçük delikli ve tek parçalı şaşırtma levhalı gövde borulu ısı değiştiricileri için basınç kayıp oranı neredeyse %70'iken, çubuk şaşırtma levhalı gövde borulu ısı değiştirici için basınç kayıp oranının %12 olduğu bulunmuştur. Boylamsal akış modelinin, en az enerji kaybıyla ve en çok kullanılabilir işle çubuk şaşırtma levhalı gövde borulu ısı değiştirici için üstün enerji verimliliği sağladığı gözlemlenmiştir.

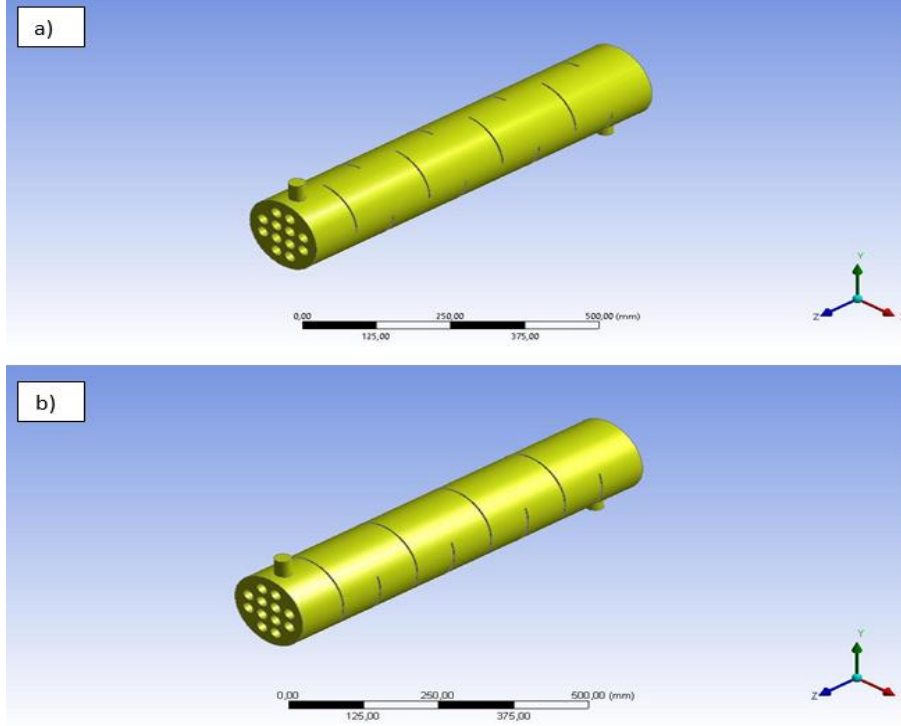
Bu çalışmada, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (CFD) aracılığıyla, gövde borulu bir ısı değiştiricinin üç boyutlu akış analizi yapılmıştır. Çalışmanın amacı, çiçek tip şaşırtma levhası ve geleneksel tek parçalı şaşırtma levhasının gövde tarafındaki ısı transferi ve basınç düşüşüne etkisini araştırmaktır. Analizlerde, 1.2 kg s^{-1} , 1.5 kg s^{-1} , 1.8 kg s^{-1} ve 2.1 kg s^{-1} olmak üzere dört farklı kütleli debi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, şekiller ve grafikler kullanılarak yorumlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

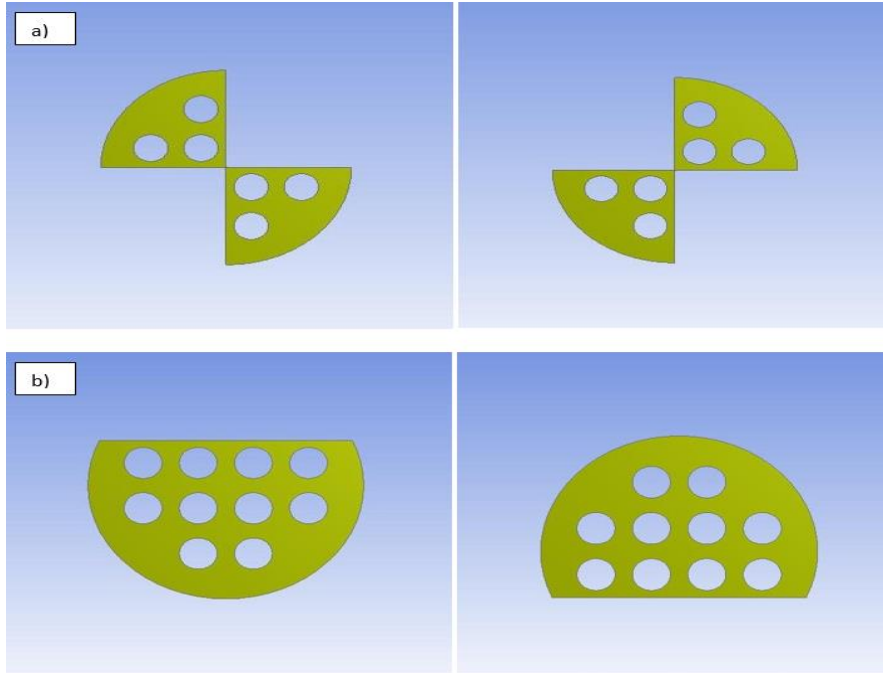
Bu çalışmada, bir CFD yazılımı olan ANSYS Fluent programı kullanılarak, çiçek tip şaşırtma levhasına sahip gövde borulu bir ısı değiştiricinin sürekli rejimde ve üç boyutlu akış analizi yapılmıştır.

Fiziksel Model

Analizler için 160 mm çap ve 800 mm uzunluğa sahip tek gövde ve tek boru geçişli gövde borulu bir ısı değiştirici tasarlanmıştır. Şekil 1'de, gövde borulu ısı değiştiricinin üç boyutlu fiziksel modeli gösterilmiştir. Bu ısı değiştiricide, şaşırtma levhası tipinin gövde tarafı ısı taşınım katsayısına ve basınç düşüşüne etkisini incelemek amacıyla çiçek tip şaşırtma levhası ve %30 kesmeye sahip geleneksel tek parçalı şaşırtma levhası tasarlanmıştır. Şaşırtma levhalarına ait görsel Şekil 2'de gösterilmiştir. Çizelge 1'de, gövde borulu ısı değiştiricinin geometrik özelliklerinden detaylı bir şekilde bahsedilmiştir. Analizlerde çalışma akışkanı olarak su kullanılmıştır. Çalışma akışkanına ait termofiziksel özellikler Çizelge 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Gövde borulu ısı değiştirici a) çiçek tip Şaşırtma levhalı b) geleneksel tek parçalı Şaşırtma levhalı



Şekil 2. Şaşırtma levhası a) çiçek tip b) geleneksel tek parçalı

Çizelge 1. Gövde borulu ısı değiştiriciye ait geometrik boyutlar

Tanımlama	Değer
Gövde çapı (mm)	160
Gövde uzunluğu (mm)	800
Gövde geçiş sayısı	1
Giriş ve çıkış nozul çapı (mm)	30
Giriş ve çıkış nozul boyu (mm)	38
Boru çapı (mm)	22
Boru sayısı	12
Boru geçiş sayısı	1
Borular arası mesafe (mm)	32
Boru düzeni	Kare
Şaşırtma levhası sayısı	8
Şaşırtma levhası tipi	Çiçek, Geleneksel tek parçalı
Şaşırtma levhası kalınlığı (mm)	3
Şaşırtma levhası boşluğu (mm)	84

Çizelge 2. Çalışma akışkanının termofiziksel özellikleri

	ρ (kg m ⁻³)	c_p (J kg ⁻¹ °C ⁻¹)	μ (kg m ⁻¹ s ⁻¹)	k (W m ⁻¹ °C ⁻¹)
Su (345 K)	976.1	4191.5	0.000391	0.665

Yürütülen Eşitlikler

Gövde borulu ısı değiştirici için yürütülen eşitlikler, sonlu hacimler metoduyla çözümlenmiştir. Analizlerde realizable k- ϵ türbülans modeli kullanılmıştır. Süreklilik, momentum, enerji ve k - ϵ için yürütülen eşitlikler aşağıda verilmiştir:

Süreklilik denklemi:

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0 \quad (1)$$

Momentum denklemi:

$$\frac{\partial u_i u_j}{\partial x_i} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left((v + v_t) \left(\frac{\partial u_j}{\partial x_i} + \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right) \right) \quad (2)$$

Enerji denklemi:

$$\frac{\partial u_i T}{\partial x_i} = \rho \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\left(\frac{v}{Pr} + \frac{v_t}{Pr} \right) \frac{\partial T}{\partial x_i} \right) \quad (3)$$

Türbülans kinetik enerji (k) denklemi:

$$\frac{\partial u_i k}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[\left(v + \frac{v_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_i} \right] + \Gamma - \epsilon \quad (4)$$

Türbülans enerji yayılım (ϵ) denklemi:

$$\frac{\partial u_i \epsilon}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[\left(v + \frac{v_t}{\sigma_\epsilon} \right) \frac{\partial \epsilon}{\partial x_i} \right] + c_1 \Gamma \epsilon - c_2 \frac{\epsilon^2}{k + \sqrt{v \epsilon}} \quad (5)$$

Eşitlik 4 ve Eşitlik 5'te kullanılan Γ , türbülans kinetik enerjisi k'nın üretimini temsil etmektedir.

$$\Gamma = -\overline{u_i u_j} \frac{\partial u_i}{\partial x_i} = v_t \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \frac{\partial u_i}{\partial x_i} \quad (6)$$

$$v_t = c_\mu \frac{k^2}{\epsilon} \quad (7)$$

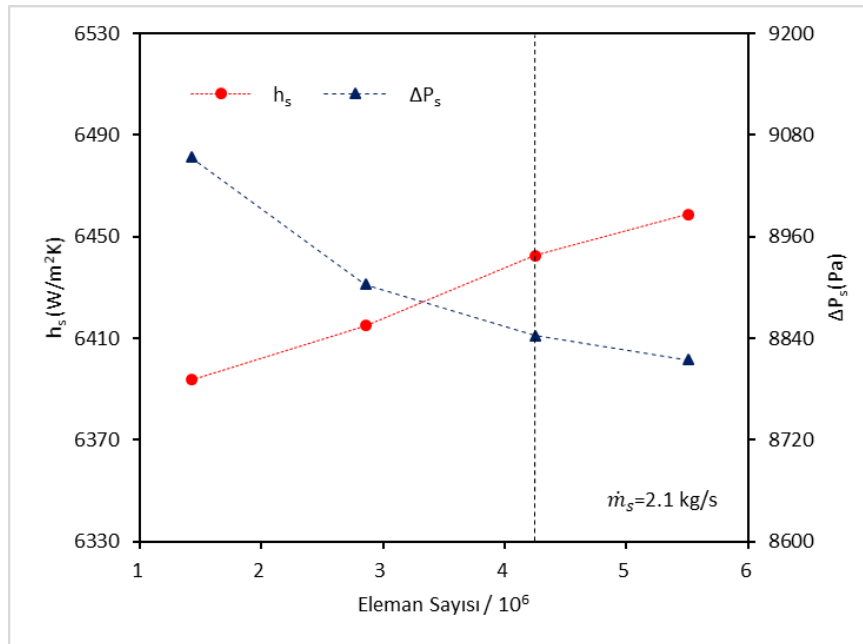
Burada c_μ , sabit değil, ortalama gerinim ve dönme hızının bir fonksiyonudur. $k - \epsilon$ türbülans modeli için ampirik sabitler $c_1 = \max[0.43, \mu/(\mu_t + 5)]$, $c_2 = 1.9$, $\sigma_k = 1.0$, $\sigma_\epsilon = 1.2$ olarak tanımlanmaktadır (Yang ve ark., 2018).

Sınır Şartları

Analizlerde, yüzeğe yakın bölgelerde standart duvar fonksiyonları metodu kullanılmıştır. Yüzeylerin tamamına kaymazlık sınır şartı uygulanmıştır. Analizler, basınca dayalı ve sürekli rejimde çözülmüştür ve yerçekiminin etkisi ihmal edilmiştir. Akış analizini basitleştirmek için şaşırtma levhaları ile gövdenin iç yüzeyi arasındaki sızıntılar ihmal edilmiştir. Gövde borulu ısı değiştiricinin dış yüzeyinden çevre ortama ısı transferi olmadığı kabul edilmiştir. Analizlerde, gövde tarafındaki akışkan için dört farklı kütleli debi (1.2 kg s^{-1} , 1.5 kg s^{-1} , 1.8 kg s^{-1} ve 2.1 kg s^{-1}) incelenmiştir. Akışkanın sisteme 345 K sıcaklıkta girdiği ve boru yüzeyinin 300 K sıcaklıkta olduğu varsayılmıştır.

Ağdan Bağımsızlık

CFD analizlerinden elde edilen sonuçların doğruluğundan emin olmak için ağdan bağımsızlık analizleri yürütülmüştür. Çiçek tip şaşırtma levhasına sahip gövde borulu ısı değiştirici için 1 623 718, 3 057 131, 4 449 653 ve 5 703 395 elemanlı dört farklı ağ sistemi oluşturulmuştur. Maksimum kütleli debide, ısı taşınım katsayısı ve basınç düşüşü açısından son iki ağ sistemi arasındaki farkın %1'den az olduğu gözlemlenmiştir. Bu yüzden 4 449 653 elemana sahip ağ yapısının akış analizi için yeterli olduğu kabul edilmiştir. Ağdan bağımsızlık analizinden elde edilen sonuçlar Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Ağdan bağımsızlık analizi

Veri Hazırlama

Analizlerden elde edilen verilerin hazırlanmasında kullanılan temel eşitlikler aşağıda verilmiştir (Taher ve ark., 2012):

Gövde tarafı ısı transfer oranı (Q_s) :

$$Q_s = \dot{m}_s \cdot c_{p,s} \cdot (T_{s,in} - T_{s,out}) \quad (8)$$

Gövde tarafı ısı taşınım katsayısı (h_s) :

$$h_s = \frac{Q_s}{A_s \cdot \Delta T_m} \quad (9)$$

Isı transfer alanı (A_s) :

$$A_s = N \cdot \pi \cdot d_0 \cdot L \quad (10)$$

Ortalama logaritmik sıcaklık farkı (ΔT_m) :

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_{max} - \Delta T_{min}}{\ln\left(\frac{\Delta T_{max}}{\Delta T_{min}}\right)} \quad (11)$$

En yüksek sıcaklık farkı (ΔT_{max}) :

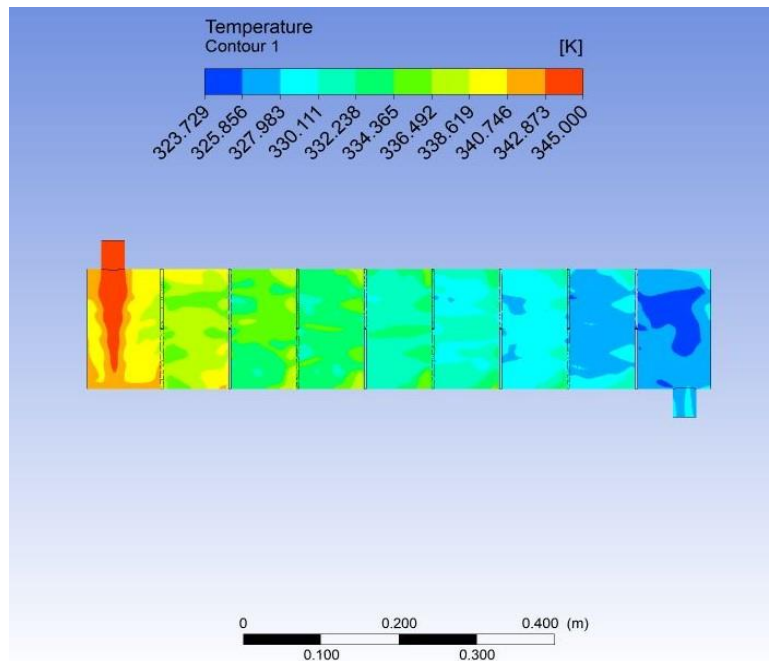
$$\Delta T_{max} = T_{s,in} - T_w \quad (12)$$

En düşük sıcaklık farkı (ΔT_{min}) :

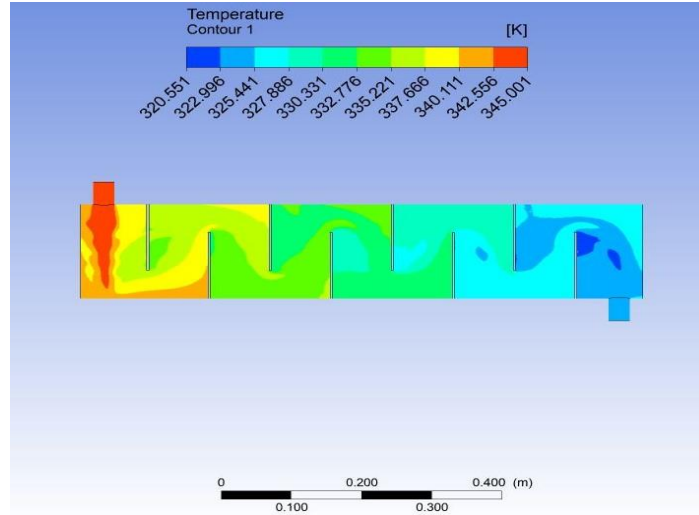
$$\Delta T_{min} = T_{s,out} - T_w \quad (13)$$

BULGULAR VE TARTIŞMA

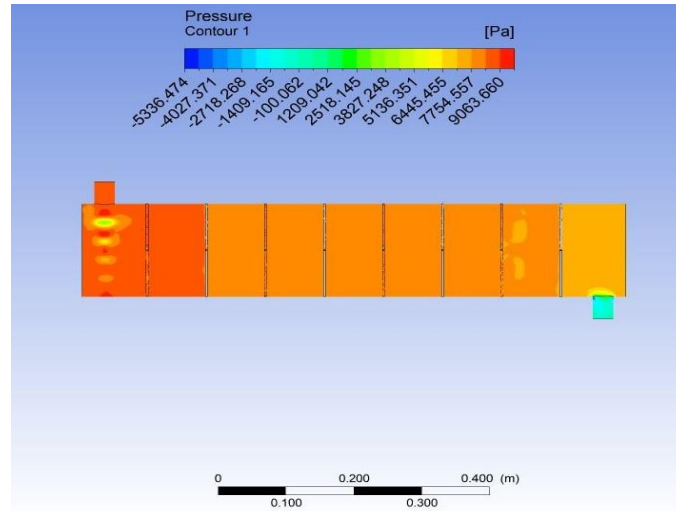
Akış analizinden elde edilen sonuçlar, şekiller ve grafikler halinde verilmiştir. Sıcaklık ve basınç dağılımı, ısı değiştiricinin merkezi boyunca çizdirilen bir düzlem üzerinde gösterilmiştir. Maksimum kütleli debide, çiçek tip şaşırtma levhalı ve geleneksel tek parçalı şaşırtma levhalı ısı değiştiricilerine ait sıcaklık dağılımı sırasıyla Şekil 4 ve Şekil 5'te verilmiştir. Çiçek tip şaşırtma levhalı ısı değiştirici için elde edilen çıkış sıcaklığının geleneksel tek parçalı şaşırtma levhalı ısı değiştiriciye göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Maksimum kütleli debide, çiçek tip şaşırtma levhalı ve geleneksel tek parçalı şaşırtma levhalı ısı değiştiricilerine ait basınç dağılımı sırasıyla Şekil 6'da ve Şekil 7'de verilmiştir. Çiçek tip şaşırtma levhasının kullanılması durumunda tek parçalı şaşırtma levhasına göre basınç düşüşünün daha az olduğu görülmektedir.



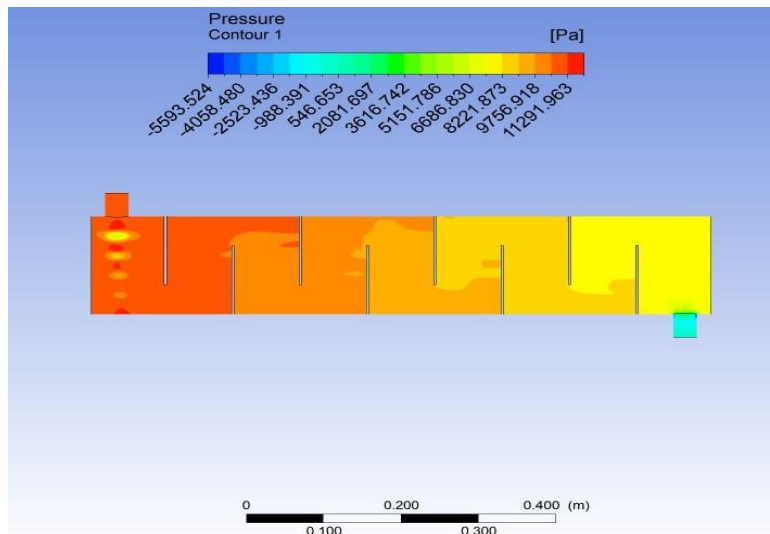
Şekil 4. Maksimum kütleli debide çiçek tip şaşırtma levhalı gövde borulu ısı değiştiricinin sıcaklık dağılımı



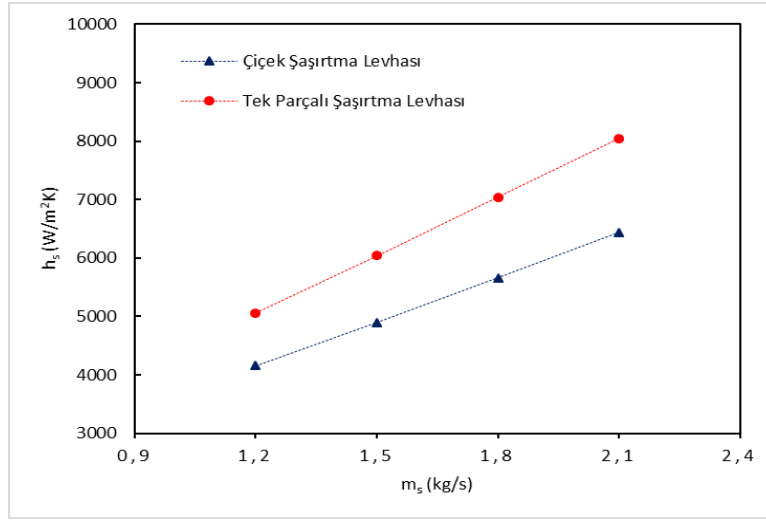
Şekil 5. Maksimum kütleli debide tek parçalı şaşırtma levhalı gövde borulu ısı değiştiricinin sıcaklık dağılımı



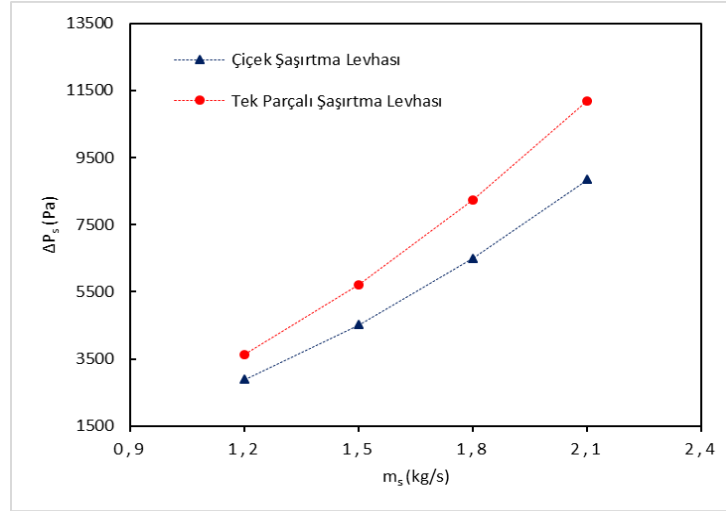
Şekil 6. Maksimum kütleli debide çiçek tip şaşırtma levhalı gövde borulu ısı değiştiricinin basınç dağılımı



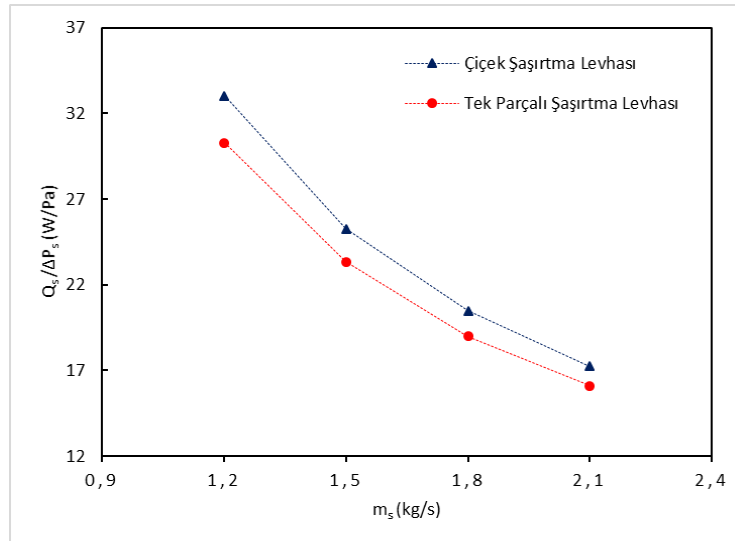
Şekil 7. Maksimum kütleli debide tek parçalı şaşırtma levhalı gövde borulu ısı değiştiricinin basınç dağılımı



Şekil 8. Kütlesel debi ile ısı taşıma katsayısının değişimi



Şekil 9. Kütlesel debi ile basınç düşüşünün değişimi



Şekil 10. Kütlesel debi ile basınç düşüşü başına düşen ısı transfer oranının değişimi

Şekil 8’de, şaşırtma levhası tipine göre gövde tarafındaki akışkanın kütleli debisiyle ısı taşınım katsayısının değişimi gösterilmiştir. Bütün durumlarda, kütleli debinin artmasıyla ısı taşınım katsayısının da arttığı gözlemlenmektedir. Tek parçalı şaşırtma levhasının kullanılması durumunda, çiçek tip şaşırtma levhasına göre gövde tarafındaki akışkanın ısı taşınım katsayısının daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, tek parçalı şaşırtma levhalarının, akışın boru demetleri arasında zigzag yapıda hareket etmesini sağlayarak ısı transferini iyileştirmesine bağlanabilir.

Basınç düşüşü, pompalama maliyetiyle doğrudan ilgili olduğu için gövde borulu ısı değiştiricilerinin tasarımında büyük öneme sahiptir. Şekil 9’da, şaşırtma levhası tipine göre gövde tarafındaki akışkanın kütleli debisiyle basınç düşüşünün değişimi gösterilmiştir. Her iki şaşırtma levhası tipi için de kütleli debinin artmasıyla basınç düşüşünün de arttığı görülmektedir. Aynı şartlar altında, geleneksel tek parçalı şaşırtma levhalı ısı değiştirici ile kıyaslandığında çiçek tip şaşırtma levhalı ısı değiştiricide basınç düşüşünün daha az olduğu gözlemlenmektedir.

Basınç düşüşü başına düşen ısı transfer oranı, akışkanların termohidrolik performansının belirlenmesinde önemli bir parametredir. Şekil 10’da, şaşırtma levhası tipine göre kütleli debiyle basınç düşüşü başına düşen ısı transfer oranının değişimi verilmiştir. Çiçek tip şaşırtma levhalı ısı değiştirici için elde edilen basınç düşüşü başına düşen ısı transfer oranı, geleneksel tek parçalı şaşırtma levhalı ısı değiştiriciye göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

SONUÇ

Bu çalışmada, çiçek tip şaşırtma levhası ve geleneksel tek parçalı şaşırtma levhasının gövde borulu bir ısı değiştiricinin gövde tarafındaki ısı transferi ve basınç düşüşüne etkisi numerik olarak incelenmiştir. Analizlerden elde edilen sonuçlara göre, gövde tarafındaki akışkanın kütleli debisinin artmasıyla ısı taşınım katsayısının ve basınç düşüşünün de arttığı gözlemlenmiştir. Çiçek tip şaşırtma levhasının kullanılması durumunda elde edilen ısı taşınım katsayısının ve basınç düşüşünün geleneksel tek parçalı şaşırtma levhasına göre düşük olduğu görülmüştür. Çiçek tip şaşırtma levhalı ısı değiştirici için basınç düşüşü başına düşen ısı transfer oranının geleneksel tek parçalı şaşırtma levhalı ısı değiştiriciye göre daha yüksek olduğu görülmüştür. En yüksek basınç düşüşü başına düşen ısı transfer oranının, kütleli debinin 1.2 kg s^{-1} olması durumunda, çiçek tip şaşırtma levhalı gövde borulu ısı değiştirici için elde edildiği görülmüştür. Çiçek tip şaşırtma levhasının basınç düşüşü başına düşen ısı transfer oranını geleneksel tek parçalı şaşırtma levhasına göre %7-10 iyileştirebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

SEMBOLLER VE KISALTMALAR

A_s	: Isı transfer alanı (m^2)
c_p	: Sabit basınçta özgül ısı ($\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$)
d_0	: Boru dış çapı (m)
h	: Isı taşınım katsayısı ($\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$)
L	: Boru uzunluğu (m)
\dot{m}	: Kütleli debi (kg s^{-1})
N	: Boru sayısı
Q	: Isı transfer oranı (W)
T	: Sıcaklık (K)
ΔP	: Basınç düşüşü (Pa)
ΔT_m	: Ortalama logaritmik sıcaklık farkı (K)
ρ	: Yoğunluk (kg m^{-3})

μ : Viskozite ($\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$)
 k : Isı iletim katsayısı ($\text{W m}^{-1} \text{°C}^{-1}$)

İndisler

s : Gövde tarafı

w : Boru yüzeyi

in : Giriş

out : Çıkış

Kısaltmalar

CFD : Hesaplamalı akışkanlar dinamiği

KAYNAKLAR

- Ambekar AS, Sivakumar R, Anantharaman N, Vivekenandan M, 2016. CFD Simulation Study of Shell and Tube Heat Exchangers with Different Baffle Segment Configurations. *Applied Thermal Engineering*, 108: 999-1007.
- Bayram H, Sevilgen G, 2018. Numerical Investigation of the Effects of Different Baffle Types on the Thermal Performance of a Shell and Tube Heat Exchanger. *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 6(3): 58-66.
- Bichkar P, Dandgaval O, Dalvi P, Godase R, Dey T, 2018. Study of Shell and Tube Heat Exchanger with the Effect of Types of Baffles. *Procedia Manufacturing*, 20: 195-200.
- Cao Z, Du T, Liu Z, Zhai H, Duan Z, 2019. Experimental and Numerical Investigation on Heat Transfer and Fluid Flow Performance of Sextant Helical Baffle Heat Exchangers. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 142: 118437.
- Gao B, Bi Q, Nie Z, Wu J, 2015. Experimental Study of Effects of Baffle Helix Angle on Shell-Side Performance of Shell-and-Tube Heat Exchangers with Discontinuous Helical Baffles. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 68:48-57.
- Genceli OF, 2017. Isı Değiştiricileri. Birsen Yayınevi, İstanbul.
- He L, Li P, 2018. Numerical Investigation on Double Tube-Pass Shell-and-Tube Heat Exchangers with Different Baffle Configurations. *Applied Thermal Engineering*, 143: 561-569.
- Kahraman G, 2020. Investigation of the Effect of Operating Conditions Change on Water Hammer in Hydroelectric Power Plants. *Journal of Failure Analysis and Prevention*, 20(4): 1445-1449.
- Li N, Chen J, Cheng T, Klemes JJ, Varbanov PS, Wang Q, Yang W, Liu X, Zeng M, 2020. Analysing Thermal-Hydraulic Performance and Energy Efficiency of Shell-and-Tube Heat Exchangers with Longitudinal Flow Based on Experiment and Numerical Simulation. *Energy*, 202: 117757.
- Ma L, Wang K, Liu M, Wang D, Liu T, Wang Y, Liu Z, 2017. Numerical Study on Performances of Shell-Side in Trefoil-Hole and Quatrefoil-Hole Baffle Heat Exchangers. *Applied Thermal Engineering*, 123: 1444-1455.
- Maakoul AE, Laknizi A, Saadeddine S, Metouni ME, Zaitte A, Meziane M, Abdellah AB, 2016. Numerical Comparison of Shell-Side Performance for Shell and Tube Heat Exchangers with Trefoil-Hole, Helical and Segmental Baffles. *Applied Thermal Engineering*, 109: 175-185.
- Taher FN, Movassag SZ, Razmi K, Azar RT, 2012. Baffle Space Impact on the Performance of Helical Baffle Shell and Tube Heat Exchangers. *Applied Thermal Engineering*, 44: 143-149.
- Wen J, Yang H, Wang S, Xu S, Xue Y, Tuo H, 2015. Numerical Investigation on Baffle Configuration Improvement of the Heat Exchanger with Helical Baffles. *Energy Conversion and Management*, 89:438-448.

- Yang JF, Zeng M, Wang QW, 2015. Numerical Investigation on Combined Single Shell-Pass Shell-and-Tube Heat Exchanger with Two-Layer Continuous Helical Baffles. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 84: 103-113.
- Yang S, Chen Y, Wu J, Gu H, 2018. Influence of Baffle Configurations on Flow and Heat Transfer Characteristics of Unilateral Type Helical Baffle Heat Exchangers. *Applied Thermal Engineering*, 133:739-748.
- You Y, Fan A, Huang S, Liu W, 2012. Numerical Modeling and Experimental Validation of Heat Transfer and Flow Resistance on the Shell Side of a Shell-and-Tube Heat Exchanger with Flower Baffles. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 55:7561-7569.