

Güneş Kollektörlerinde Elips Kesitli Boru Kullanımının İncelenmesi

Volkan HAMDEMİR¹, Muhammed Arslan OMAR^{2*}

Öz

Güneş enerjisi sıcak su üretimi, ısı enerjisi üretimi, elektrik enerjisi gibi farklı alanlarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Güneş enerjisinden faydalanmak için kullanılan termal güneş kolektörleri enerji üretiminde oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Sıcak su üreten güneş enerji sistemlerinde yüksek verim elde etmek için birçok yöntem bulunmaktadır. Bu çalışmada termal güneş kolektörlerinde verimi artırmak için güneş enerjili su ısıtma sistemlerinde farklı şekillere sahip akışkan borularının etkisi incelenmiştir. Bu amaçla soğurucu plakaya temas eden dairesel kesitli boru yerine elips kesitli boru kullanılarak soğurucu plakaya temas eden yüzey alanı artırılmış ve artırılan temas yüzeyinin etkisi araştırılmıştır. Analizler ANSYS Fluent yazılımında yapılarak elips kesitli boruda su sıcaklığının dairesel kesitli boruya oranla daha yüksek olduğu görülmüştür. Elips şeklindeki borudaki suyun çıkış sıcaklığı 304,16 K iken dairesel kesitli boruda suyun çıkış sıcaklığı 296,082 K bulunmuştur. Elips boru kesitli güneş kolektöründe verim değerinin, dairesel boru kesitli güneş kolektöründen %8,078 daha yüksek olduğu bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Güneş kolektörü, Verim artırma, Yenilenebilir enerji, Dairesel boru, Elips boru.

Investigation of the Effect of Using Ellipse Section Pipe on Efficiency in Solar Collectors

Abstract

Solar energy is widely used in energy production systems such as hot water, heat energy, and electricity production. Thermal solar collectors, which are used to benefit from solar energy, have a very important place in energy production. There are many methods to achieve high efficiency in solar energy systems that produce hot water. In this study, the effect of fluid pipes of different shapes on the efficiency of solar water heating systems was investigated in order to increase the efficiency of thermal solar collectors. For this purpose, the surface area in contact with the plate was increased by using an elliptical tube instead of a circular tube in connection with the absorber plate, and the effect of the increased contact surface on the efficiency was investigated. The analyzes were made in the ANSYS Fluent software and it was observed that the water temperature in the elliptical section pipe was higher than the circular section pipe. While the outlet temperature of the water in the elliptical pipe is 304.16 K, the outlet temperature of the water in the circular pipe is 296.082 K. It has been observed that the efficiency value of the solar collector with elliptical pipe section has 8.078% higher efficiency than the efficiency of the solar collector with circular pipe section.

Keywords: Solar collector, Efficiency increasing, Alternative energy, Circular tube, Elliptical tube.

¹Karayolları 18.Bölge Müdürlüğü, Kars, Türkiye, volkanhamdemir@gmail.com

²Kafkas Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Kars, Türkiye, m.arslanomar@gmail.com

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author

Geliş/Received: 23.02.2023

Kabul/Accepted: 04.02.2024

Yayın/Published: 15.03.2024

1. Giriş

Günümüzde artan enerji talebi ve konvansiyonel enerji kaynaklarının çevreye verdiği zararlar alternatif enerji kaynaklarına gereksinimi zorunlu hale getirmektedir (Güven ve Poyraz, 2021; Terhan ve ark., 2023; Omar, 2023). Güneş enerjisi yenilenebilir bir enerji kaynağıdır ve fosil enerji kaynaklarına göre çevreye zararları çok az olan bir enerji türüdür (Güven ve Yörükeren, 2022). Doğalgaz ve petrol gibi fosil kökenli enerji kaynaklarının gelecekte tükenme riski ile karşı karşıya olması (Karabaş ve Mengi, 2019; Omar, 2022; Othan ve Omar, 2023; Omar ve ark., 2015) nedenlerinden dolayı yenilenebilir enerji kaynakları ve güneş enerjisi hem günümüz için hem de geleceğimiz için daha fazla önem arz etmektedir. Güneş enerjisi ısı enerjisi üretimi, hidrojen üretimi (Omar ve Altınışık, 2016) ve elektrik enerjisi üretiminde kullanılmaktadır. Bu sebepten dolayı güneş enerjisinden maksimum düzeyde yararlanmak için kullanılan güneş kolektör sistemlerinin güneş enerjisini en az kayıpla faydalı enerji türüne çevirmesi istenmektedir.

Bu çalışmada su ısıtmak için kullanılan termal güneş kolektörlerinde verimi arttırmak amaçlanmıştır. Günlük hayatta en yaygın kullanılan güneş kolektörlerinde soğurucu plakaya temas eden boru kesitlerinin kolektör verimine etkisi araştırılmıştır. Güneş kolektörlerinde verimin incelenmesi ve verim artırma ile ilgili literatürde birçok çalışma mevcuttur. Dağ (2005), dairesel ve oval kesitli borular kullanarak çalışma yapmış, çalışma sonucunda oval borulu kolektördeki verimi %46,34, dairesel borulu kolektördeki verimi %43,84 olduğunu ifade etmiştir.

Taze (2010), düzlemsel kolektör verimine etki eden akışkan borularının üzerinde çalışmalar yapmıştır. Çalışmalar neticesinde boruda taşınım miktarı artırıldığında verimin %20 yükseldiği ve kolektörde daha yüksek bir ısı iletim katsayısına sahip boru malzemesi kullanıldığında verimde %2 artış olduğunu ifade etmiştir. Özkaya ve ark. (2007), farklı emici plakalı kolektörler kullanarak deneyler yapmışlardır. Deneyler sonucunda sistemlerin ortalama verimleri düz kolektör sisteminde %32,9, zikzak geçişli (boru birleşimi başta) sistemde %32,1, zikzak geçişli (boru birleşimi arada) kolektör sisteminde %36,3, parabolik kanallı kolektör sisteminde %26,7 olduğunu bulmuşlardır.

Gedik ve ark. (2008), yaptıkları bir çalışmada, zikzaklı emici yüzeyli ve düz emici yüzeyli iki ayrı güneş kolektörünü incelemişlerdir. Çalışmada düz emici yüzeyli kolektörünün verimini %46,5 ve ekserji verimini %1,35, zikzaklı emici yüzeyli kolektörün enerji verimini %32,72 ve ekserji verimini %1,13 olarak bulmuşlardır. Acar ve ark. (2008), bitişik ısı borulu ve farklı ısı borulu güneş kolektör düzenekleri üzerinde çalışma yapmışlardır. Yapılan çalışma sonucunda bitişik ısı borulu sistem veriminin, farklı ısı borulu sisteme oranla %8,66 daha fazla olduğunu belirtmişlerdir.

Assari ve ark. (2011), tek geçişli çift yönlü güneş kolektörleri üzerinde çalışmalar yapmışlardır. Çalışma sonucu 0,02 kg/s akış değerine sahip kolektör sisteminin verim değeri %60 olarak gözlemlenmiştir. Aktaş (2009), güneş enerji sistemlerde ısı dönüştürücü yüzeyin termal verimliliğe

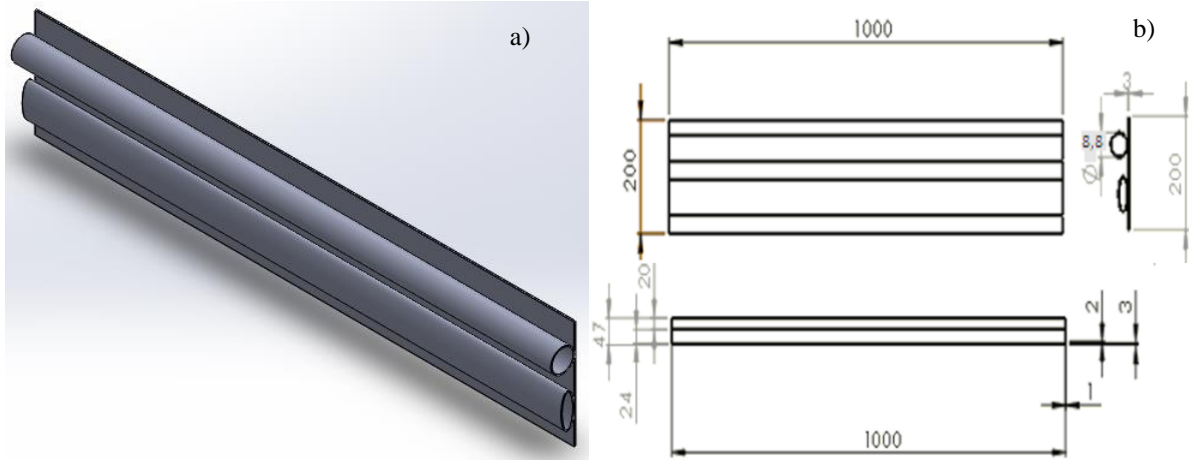
etkisi üzerinde çalışma yapmış, çalışmada büyütülmüş yüzeyli sistem ve normal yüzeyli iki farklı sistem dizayn ederek verimini incelemiştir. Büyütülmüş yüzeyli sistemin normal sisteme göre veriminin %4 daha fazla olduğu sonucuna ulaşmış ayrıca akış hızının yükseltildiği anlarda termal verimde artış elde etmiştir. Maldonado (2014), güneş kolektörlerinin tasarım yapısı ve anlık verimi üzerinde çalışma yapmıştır. Çalışmada, kolektörün enerji dengesine ait bir ısıl analiz yaparak yüzey sıcaklığının ulaştığı en yüksek değeri 55 °C olarak saptamıştır. Kolektör debisinin 0,0038-0,04 kg/s olması durumunda verimi %30,2 olarak bulmuştur.

Ekici (2018), yaptığı çalışmada silindirik güneş damıtma sistemini iki-boyutlu olarak sayısal incelemiş, tasarladığı güneş kolektör sisteminin geometrisine iç hazne ilave ederek bu haznelerin farklı yükseklik değerlerinin etkilerini araştırmıştır. Elde ettikleri nümerik sonuçlar ile sistemin kütle ve akış örgüsü hakkında sonuçlar elde etmiştir. Fiuk ve Dutkowski (2019) dalgalı bölmeli iki farklı emici yüzey tasarımının uygulanmasının ısıl verim üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Deneysel çalışmayı laboratuvar ortamında yapay 0-990 W/m² radyasyon koşulları altında gerçekleştirerek ısıl verimi %73,8 olarak bulmuş ve tasarımlarının literatür ile örtüştüğünü saptamışlardır.

Literatür taramasında görüldüğü gibi güneş kolektör sisteminde verim arttırmak için farklı çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada uygulamada yaygın kullanılan güneş enerji sistemlerinde soğurucu plakaya temas eden dairesel kesitli boru ve elips kesitli boru için CFD çözümleri yapılarak karşılaştırmaları yapılmıştır. Kolektör veriminde artış sağlamak ve güneş enerjisinden maksimum olarak yararlanmak için soğurucu plaka ile temas eden dairesel borunun yerine elips şeklinde boru kullanılmıştır. Elips şeklinde boru kullanılarak, soğurucu plakaya borunun temas eden yüzey alanını artırılarak, yüzeyin alan artışına bağlı olarak soğurucu plakadan akışkana geçen ısı miktarını artırmak amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada güneş enerjili su ısıtma sistemlerinde kullanılan akışkan borularının farklı şekillere sahip tasarımının, verime olan etkisi incelenmiştir. Uygulamada kullanılan güneş kolektörlerinde, soğurucu plakaya temas eden borunun şekli genellikle dairesel kesitli olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada güneş kolektörlerinde dairesel ve elips kesitli boru kullanılarak borunun soğurucu plakaya temas eden yüzey alanını genişleterek verimi yükseltmek amaçlanmıştır. Şekil 1’de çözümde kullanılan bölümün katı modeli ve ölçüleri gösterilmiştir.



Şekil 1. Dairesel ve elips kesitli boruların çözümde kullanılan a) katı modeli ve b) teknik ölçüleri (mm).

Çözümde kullanılan dairesel ve elips kesitli borular eşdeğer yüzey alanına sahiptir, buruların hidrolik çapının hesaplanması için Eşitlik (1) kullanılmıştır.

$$D_h = 4 A_b / \zeta \quad (1)$$

Burada; D_h hidrolik çapı, A_b boru veya kanalın akışa dik kesitini ve ζ akışkanın ıslattığı çevre uzunluğunu göstermektedir.

2.1. Düzlemsel Kollektörde Toplayıcı Isıl Analizi

Güneş toplayıcı sistemi bir kontrol hacmi olarak gözlemlenerek, enerji korunum denklemleri oluşturulabilir. Toplayıcı üzerine gelen yayılı güneş ışınımı kollektörün borularında dolaşan akışkana yararlı enerji olarak iletilmektedir. Bu durumda, özellikle sıcaklık değerinde yükselme olduğunda soğurucu plakadan çevreye toplayıcı geometrisine, çevre sıcaklığına ve rüzgâr hızına bağlı olarak ısı kayıpları meydana gelir. Bunun sonucunda, Eşitlik (2)'de gösterildiği gibi ısı enerjinin bir kısmı akışkana iletilmekte diğer kısmı ise çevreye yayılmaktadır.

$$Q_{güneş} = Q_{faydalı} + Q_{kayıp} \quad (2)$$

Eşitlik (3) ile gösterildiği gibi, yararlı enerji miktarı hesaplanırken, sistemdeki akışkanın giriş sıcaklığı, çıkış sıcaklıkları ve akışkanın debisi dikkate alınır (Kaan, 2006).

$$\dot{Q}_{faydalı} = \dot{m}c_p (T_{çıkış} - T_{giriş}) \quad (3)$$

Düzlemsel bir güneş kolektörünün ısı verimi, toplayıcının efektif yüzey alanı üzerine gelen ışınım şiddeti ile bu ışınım şiddetinden sağlanan yararlı ısı enerjisine oranıdır ve Eşitlik (4) ile aşağıdaki şekilde tanımlanır (Yıldız, Gürlek, Güngör, ve Özbalta, 2002).

$$\eta_t = \left(\frac{Q_{faydalı}}{I \times A} \right) \quad (4)$$

Düzlemsel güneş kolektörlerinde enerji Eşitlik (5)'de gösterildiği gibi birim zamanda gelen güneş ışınım şiddeti ile kolektörün efektif alanına bağlıdır (Kaan, 2006).

$$Q_{solar} = I \cdot A \quad (5)$$

2.2. Güneş Kolektöründe Enerji Analizi

Güneş kolektörlerinin ısı verimi soğurucu plakanın optik verim ve ısı verimine, hava şartlarına, kolektör düzlemine gelen güneş ışınımına geliş açısına, kolektörün bulunduğu konuma, eğim açısına ve kolektör sistemindeki çalışma akışkanın debisine bağlıdır. Güneş kolektörlerinin anlık ısı verim değeri Eşitlik (6)'da gösterildiği gibi, faydalı ışınımın, kolektör yüzeyine gelen güneş enerjisine oranı olarak belirlenir. Bir güneş kolektörünün ısı verimi ortalama akışkan sıcaklığı cinsinden Eşitlik (6)'daki gibi hesaplanmaktadır (Yılancı, Atalay, Koçar, ve Eryaşar, 2019).

$$\eta = F_m (\tau \alpha) - F_m U (T_o - T_c) \quad (6)$$

Burada; F_m güneş kolektörünün termal verim faktörüdür. Çalışma akışkanın ortalama sıcaklık değeri T_o Eşitlik (7)'de verildiği gibi akışkan giriş ve çıkış sıcaklıklarının ortalamasıdır.

$$T_o = \frac{(T_c + T_g)}{2} \quad (7)$$

Eşitlik (6) ile tanımlanan ısı verim çevre sıcaklığı, rüzgârın hızı, kolektörün eğimi ve soğurucu yüzeyin özelliklerine bağlı olarak değişmektedir.

2.3 Nümerik Çalışma

Bu çalışmada ANSYS Fluent yazılımı kullanılmıştır. Fluent yazılımı sonlu elemanlar yöntemi ile çözüm yapan bir yazılımdır. Sonlu elemanlar yöntemi analizi çok zor olan karmaşık şekildeki

cisimleri küçük parçalara bölerek analiz etmektedir. Sonlu sayıdaki elemanların analizi sonucunda elde edilen veriler bütün sonuçlar ile birleştirilerek sonuç elde edilmektedir. Çalışmada her iki tip güneş kollektöründe kullanılan boru içindeki sıvı akışı ve ısı transferi modellenerek ANSYS 19.2 yazılımı ile çözülmüştür.

Nümerik çalışmada kullanılan kütle korunumu denklemi Eşitlik (8)'de, momentum denklemi Eşitlik (9)'da ve enerji denklemi Eşitlik (10)'da gösterilmiştir.

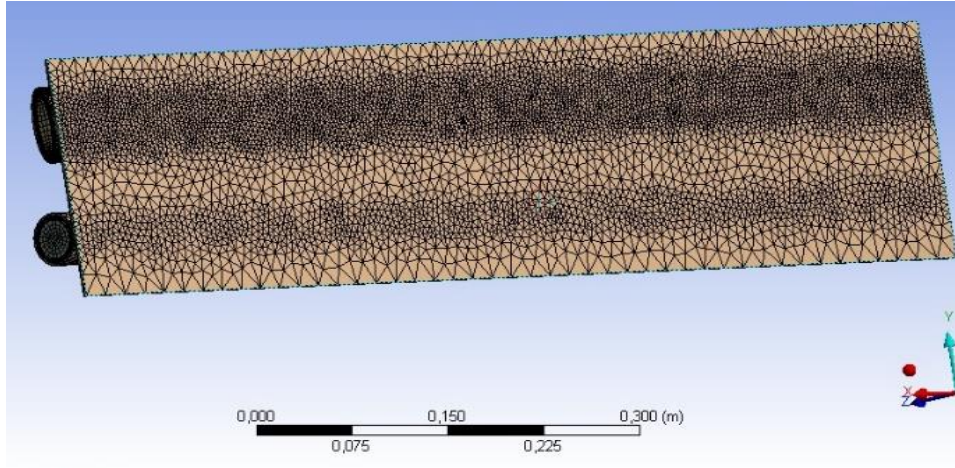
$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_i)}{\partial x_i} = 0 \quad (8)$$

$$\rho \frac{\partial u_i}{\partial t} + \rho u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = f_i - \frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) - \frac{2}{3} \frac{\partial u_k}{\partial x_k} \delta_{ij} \right) \quad (9)$$

$$\frac{\partial \rho E}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} [u_j (\rho E + P)] = - \frac{\partial q_i}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\frac{u_j \sigma_{ij}}{dx_j} \right) \quad (10)$$

Burada; ρ akışkanın yoğunluğunu, t zamanı, u , x yönündeki hız bileşenini, f_i kuvveti, P basıncı, μ viskoziteyi ve E toplam enerjiyi göstermektedir. Geometri tanımlandıktan sonra mesh (ağ) işlemi uygulanmıştır. Bu işlem fiziksel olarak bir tanım aralığının daha küçük elemanlara bölme işleminden oluşmaktadır.

Daha iyi sonuç elde etmek için mesh sayısı artırılmıştır. Ağ sayısı artırılarak programın geometriyi daha küçük parçalara bölerek analiz etmesi sağlanmıştır. Şekil 2'de modelin mesh uygulanmış hali verilmiştir. Bu çalışmada 401260 adet Quad/Tri eleman kullanılmıştır. Kullanılan mesh için Skewness 0,9 kabul edilebilir değerde olduğu belirlenerek istikrarlı bir çözüm elde edilmiştir.



Şekil 2. Mesh uygulanmış model.

Çalışmada kullanılan soğurucu plaka ve borular alüminyum malzeme olarak seçilmiştir. Tablo 1’de belirtildiği gibi alüminyum için ısı iletkenlik değeri, cp değeri ve yoğunluk değerleri materyal özellikleri tanımlanmıştır.

Tablo 1. Kullanılan malzemenin özellikleri.

Özellikler	Değer
Özgül hacim, Cp, J/kg K	871
Yoğunluk, ρ , kg/m ³	2719
Isı iletim katsayısı, k, W/m K	202,4
Kalınlık, d, mm	3

Isı transfer akışkanı olarak seçilen suyun giriş özellikleri, özgül hacmi, yoğunluğu, ısı iletim katsayısı Tablo 2’de verilmiştir. Suyun sisteme giriş sıcaklığı 288 K olarak girilmiştir.

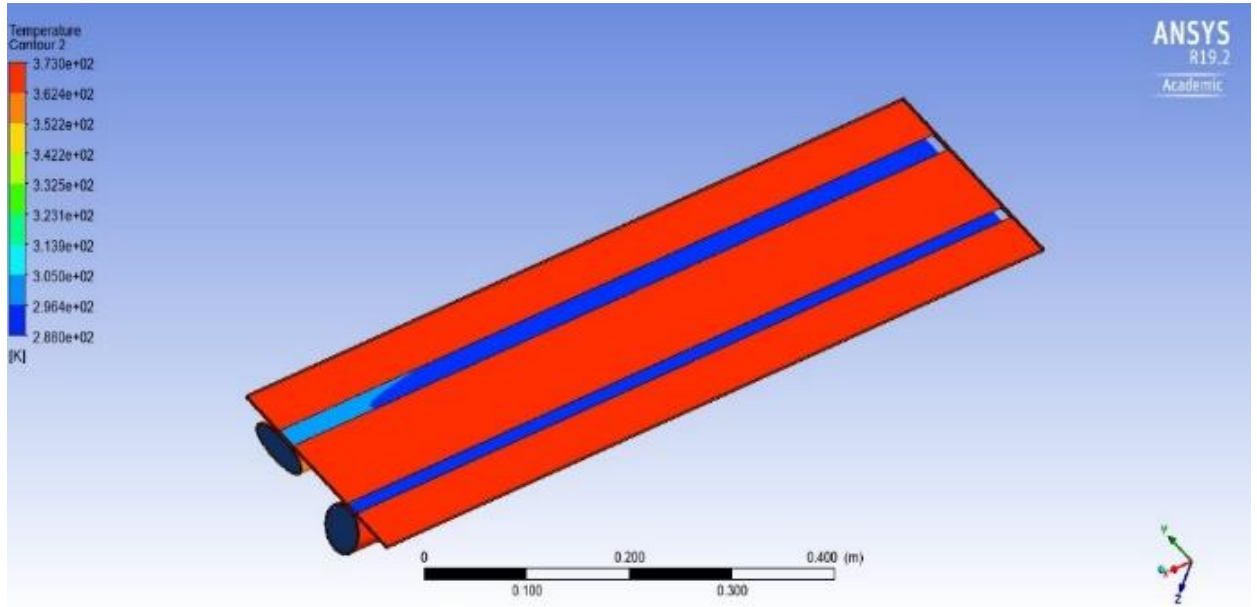
Tablo 2. Suyun özellikleri.

Özellikler	Değer
Viskozite, kg/m s	0,001003
Özgül hacim, Cp, J/kg K	871
Yoğunluk, ρ , kg/m ³	2719
Isı iletim katsayısı, k, W/m K	202,4

Yapılan analizde bazı kabuller ve varsayımlar yapılmıştır, bunlar; ısı transfer akışkanı olan su sıkıştırılmaz ve Newtonian bir akışkan olarak kabul edilmiştir. Güneş kolektörünün yüzeyinde üniform bir ışınım dağılımı olduğu varsayılmış ve kolektörden ortama olan ışınım ihmal edilmiştir. Güneş kolektörünün borusuna giren suyun sıcaklığının sabit kaldığı ve değişmediği varsayılmıştır.

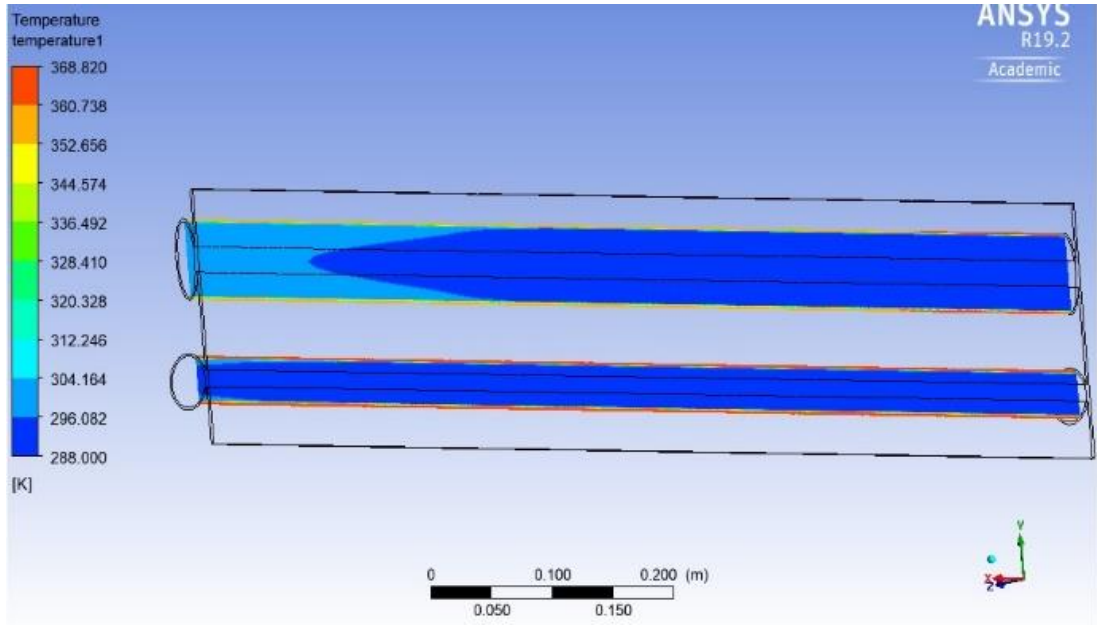
3. Sonuç ve Tartışma

Çözümde doğruluk oranını artırmak için yakınsama değerleri dikkate alınmış ve farklı değerlerde iterasyonlar yapılmıştır. İterasyon sayısı arttıkça sonucun yakınsadığı görülmüş ve 500'üncü iterasyondan sonra çözüm sonucunda değişiklik olmadığı belirlenmiştir. Yapılan bu çözümde yaklaşık 0,9 °C sıcaklık artışının meydana geldiği belirlenmiş ve çözümün iterasyondan bağımsız olduğu belirlenmiştir. Yakınsama kriterleri enerji denklemi için 10^{-6} , süreklilik denklemi için 10^{-4} ve momentum denklemi için 10^{-4} olarak belirlenmiştir. Soğurucu plakadaki sıcaklık dağılımı Şekil 3'te gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi yüzeyde sıcaklığın yaklaşık 368 K'e ulaştığı ve sıcaklığın soğurucu plakada üniform dağıldığı görülmektedir.



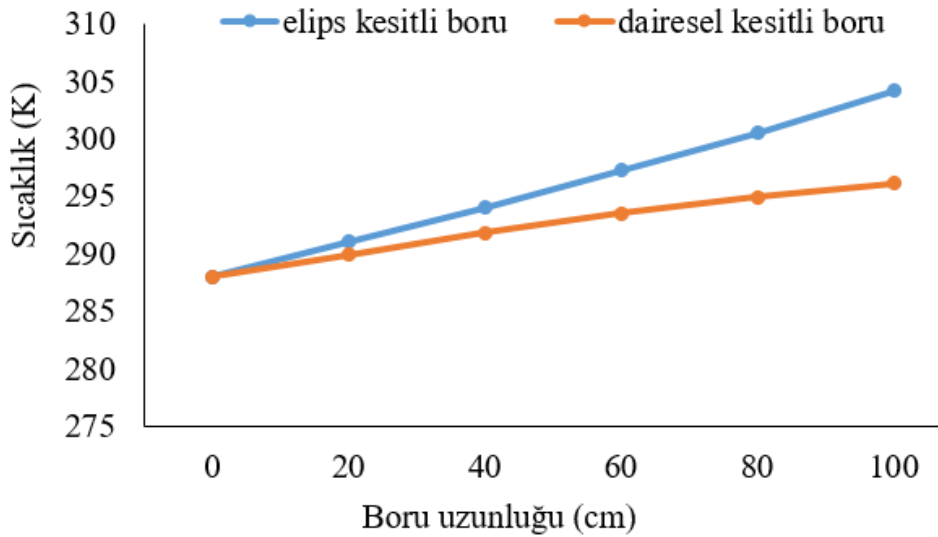
Şekil 3. Çözüm sonucu soğurucu plaka yüzeyinin sıcaklık dağılımı.

Kollektördeki akışkan sıcaklığı Şekil 4'te verilmiştir. Boru içindeki akışkanın koyu mavi yerlerden açık mavi (turkuaz) olan renklere geçtikçe sıcaklığı artmaktadır. Elips şeklinde boruda bulunan suyun sıcaklığı çıkışa yaklaştıkça dairesel kesitli boruya oranla daha fazla yükseldiği görülmektedir.



Şekil 4. Boru içindeki akışkanın sıcaklık dağılımı.

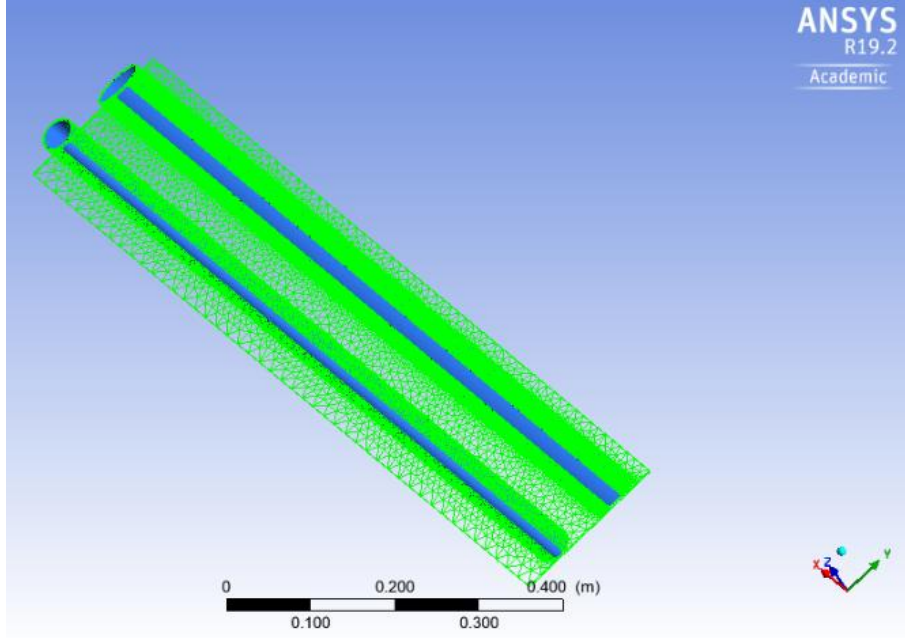
Şekil 5'te gösterildiği gibi elips şeklindeki boru çıkışındaki su sıcaklığı 304,164 K iken dairesel kesitli boruda suyun çıkış sıcaklığı 296,082 K'dir. Elips kesitli borudaki su sıcaklığının yüksek olmasının sebebi soğurucu plakaya temas eden yüzey alanının dairesel kesitli boruya oranla fazla olmasıdır. Boru içindeki su sıcaklığının uzunluğa göre değişimi Şekil 5'da gösterilmektedir. Akışkanın giriş sıcaklığı her iki boruya 288 K'dir. Borular boyunca akışkanın sıcaklık değişimi Şekil 5'de ve Tablo 3'te verilmiştir.



Şekil 5. Farklı kesit alanına sahip borularda sıcaklık değişim grafiği.

Yukarıdaki sonuçlar irdelendiğinde yaklaşık 8 °C sıcaklık artışı söz konusudur. Elips kesitli boru dairesel kesitli boruya oranla %8.078 daha verimli olduğu belirlenmiştir. Bu sistemde yaklaşık 8 °C'lık artış tek bir boru üzerinden hesaplanmıştır. Bu artışın en temel nedeni soğurucu plakaya

temas eden yüzey alanının artmasıdır. Soğurucu plakaya temas eden yüzey alanları Şekil 6'de gösterilmiştir, buna göre aynı tip iki güneş kolektöründe sadece soğurucu plakaya temas eden boru şekilleri değiştirildiğinde plakaya temas eden yüzey alanında değiştiği görülmüştür. Elips kesitli boru soğurucu plakaya daha fazla yüzey alanıyla temas ettiği için ısı transferi daha fazla olmuştur.



Şekil 6. Soğurucu plakaya temas eden yüzey alanları.

İterasyon sayısı artırılarak yapılan analizde elips kesitli boru da suyun çıkış sıcaklığı 305 K ulaşırken, dairesel kesitli borudaki suyun çıkış sıcaklığı $296,082\text{ K}$ 'e ulaşmıştır. Sonuçlar literatür ile karşılaştırılarak yakın sonuçlar elde edildiği belirlenmiştir. Bu anlamda bu çalışmaya benzer çalışama yapan Shelke ve Patil'in (2015) çalışması incelendiğinde elips kesitli ve dairesel kesitli borular arasındaki sıcaklık farkını $4,17\text{ }^\circ\text{C}$ olarak buldukları görülmüştür.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada tükenme riski bulunan fosil enerji kaynaklarının yerine alternatif olacak çevre dostu yenilebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi ile su ısıtan sistemler incelendi. Yenilebilir enerji kaynakları arasında bulunan güneş enerjisi ülkemiz ve dünyamız açısından oldukça önemlidir. Ülkemiz güneş enerjisi açısından yüksek potansiyele sahip olmakla beraber güneş enerjisi sistemlerinin maliyet bakımından uygun olması da ülkemizde güneş enerjisini ön plana çıkarmaktadır.

Bu çalışmada termal güneş kolektörlerinde verimi artırmak için güneş enerjili su ısıtma sistemlerindeki akışkan borularının farklı şekillere sahip tasarımının, verime olan etkisi incelenmiştir. Bu amaçla soğurucu plakaya temas eden dairesel kesitli boru yerine elips kesitli boru kullanılarak plakaya temas eden yüzey alanı artırılmış ve artırılan temas yüzeyinin verime etkisi incelenmiştir.

ANSYS Fluent yazılımında yapılan analizlerde elips kesitli borunun içinden geçen suyun sıcaklığı dairesel kesitli boruya oranla daha yüksek olduğu görülmüştür. Elips şeklindeki borudaki su çıkış sıcaklığı 304,16 K iken dairesel kesitli boruda su çıkış sıcaklığı 296,082 K olarak bulunmuştur. Elips boru kesitli güneş kolektörünün verim değerinin, dairesel boru kesitli güneş kolektörünün verimine oranla göre %8.078 daha yüksek olduğu bulunmuştur.

Yazarların Katkısı

Tüm yazarlar çalışmaya eşit katkıda bulunmuştur.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yazarlar, makalenin tüm süreçlerinde “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamında uyulması gerekli tüm kurallara uyulduğunu, karşılaşılabilecek etik ihlallerden Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi ve yayın kurulunun herhangi bir sorumluluğunun bulunmadığını, bu çalışmanın Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi dışında herhangi bir akademik yayın ortamında değerlendirilmediğini beyan ederler.

Semboller ve Kısaltmalar

- A Düzlemsel kolektör efektif yüzey alanı (m^2)
- A_b Borunun akışa dik kesiti (m^2)
- c_p Özgül Isı ($kJ/kg \text{ } ^\circ C$)
- Ç Akışkanın ıslattığı çevre uzunluğu (m)
- D_h Hidrolik çap (m)
- E Toplam enerji (kJ)
- f_i Kuvvet (N)

f_m	Kollektör ısı verim faktörü
I	Kollektör yüzeyine gelen güneş ışınımı (W/m^2)
\dot{m}	Akışkanın kütleli debisi (kg/s)
u	x yönündeki hız bileşeni (m/s)
P	Basınç (Pa)
t	Zaman (s)
T_g	Isı taşıyıcı akışkanının toplayıcıya giriş sıcaklığı ($^{\circ}C, K$)
$T_{\check{c}}$	Isı taşıyıcı akışkanının toplayıcıdan çıkış sıcaklığı ($^{\circ}C, K$)
T_o	Ortalama sıcaklık ($^{\circ}C, K$)
$\dot{Q}_{\text{faydalı}}$	Faydalı ısı (kW)
$\dot{Q}_{\text{güneş}}$	Gelen yayılı güneş ışınımı (kW)
\dot{Q}_{solar}	Efektif alanından sağlanan ısı (kW)

Greek Semboller

α	Soğurucu yüzey yutma katsayısı
ρ	Akışkanın yoğunluğu (kg/m^3)
μ	Viskozite
η	Isıl Verim (%)
η_k	Kollektör verimi (%)
η_t	Anlık verim (%)
τ	Cam örtü geçirgenlik katsayısı

Kaynaklar

- Acar, B., Öz, E. S., ve Gedik, E. (2008). Ayrık ve birleşik ısı borulu kollektör verimlerinin deneysel olarak incelenmesi. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 23(2).
- Aktaş, M. (2009). Güneş enerjili sistemlerde ısı değiştirici yüzeyin ve akışın ısı performans üzerindeki etkileri. *Politeknik Dergisi*, 12(4), 243-246.
- Assari, M., Tabrizi, H. B., and Jafari, I. (2011). Experimental and theoretical investigation of dual purpose solar collector. *Solar Energy*, 85(3), 601-608.
- Dağ, H. (2005). *Güneş enerji sistemlerinde kullanılan dairesel borulu kollektör ile oval borulu kollektörlerin deneysel incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 44-69.
- Ekici, Ö. (2018). Silindirik bir güneş damıtma sisteminin iç hazne yüksekliğinin damıtım miktarına etkisinin sayısal olarak incelenmesi. *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 38(1), 1-10.
- Emin, E., Çakmak, G., Argunhan, Z., and Yıldız, C. (2017). Experimental investigation of solar stills integrated with solar water heating collectors. *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 37(2), 97-107.
- Fiuk, J. J., and Dutkowski, K. (2019). Experimental investigations on thermal efficiency of a prototype passive solar air collector with wavelike baffles. *Solar Energy*, 188, 495-506.
- Gedik, E., Keçebaş, A., ve Etem, Ö. (2008). Havalı güneş kolektörlerinde farklı tip emici plakaların performansına olan etkisi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(4).

- Güven, A. F., and Poyraz, E. (2021). Feasibility Study and Techno-Economic Analysis of Stand-Alone Hybrid Energy System for Muğla Province Köyceğiz. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 11(1), 70-85.
- Güven, A. F., ve Yörükeren, N. Bir Hibrit Enerji Sisteminin Parçacık Sürüsü Optimizasyon Algoritmaları-Genetik Algoritmalar ve Gri Kurt Optimizasyon Algoritmaları Tekniği ile Enerji Yönetimi ve Optimizasyonu: Yalova Üniversitesi için bir vaka çalışması. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 12(2), 853-879.
- Kaan, Ö. (2006). *Düzlemsel kollektörlerde performans artırma yöntemlerinin deneysel olarak incelenmesi ve maliyet analizi*. Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi.
- Karabaş, A., ve Mengi, O. Ö. (2019). Fotovoltaik Güneş Panelleri için farklı MGNİ Teknikleri kullanılarak Bir Şarj Regülatörünün Performansının İncelenmesi ve Karşılaştırılması. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 9(1), 152-175.
- Maldonado, R., Huerta, E., Corona, J., Ceh, O., Leon, A., and Henandez, I. (2014). Design and construction of a solar flat collector for social housing in México. *Energy Procedia*, 57, 2159-2166.
- Omar, M. A. (2022). Investigation of burners used in wall-hung combi-boilers: a comparative and CFD study. *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)*, 21(12).
- Omar, M. A., & Altınışik, K. (2016). Simulation of hydrogen production system with hybrid solar collector. *International Journal of Hydrogen Energy*, 41(30), 12836-12841.
- Omar, M. A., Altınışik, K. & Reşitoğlu, İ. A. (2015). Development of semi-spherical porous metal matrix burner for combies (Kombiler için yarı küresel gözenekli metal matris yakıcının geliştirilmesi). *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi-Journal Of Thermal Science And Technology*, 35 (2) , 137-143.
- Omar, M.A. (2023), Comparison of Central and Individual Heating Systems Used for Heating Housings. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 12(2): p. 8-16.
- Othan, O. & Omar, M. A. (2023). Bir hastane için iki farklı birleşik ısı ve güç sisteminin termo-ekonomik incelemesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 38 (3) , 1467-1480 .
- Özkaya, M. G., Variyenli, H. İ., ve Korkmaz, M. (2007). Düzlemsel güneş kollektörlerinde farklı profillerdeki emici plakaların deneysel incelenmesi. *Politeknik Dergisi*, 10(2), 173-177.
- Shelke, V., & Patil, C. (2015). Analyze the effect of variations in shape of tubes for flat plate solar water heater. *International Journal of Scientific Engineering and Research (IJSER)*, 3(4), 118-124.
- Taze, G. (2010). *Düz güneş kollektörü verimini etkileyen bazı parametrelerin deneysel incelenmesi*. Kırıkkale Üniversitesi.
- Terhan, M., Özağdaş, E. & Omar, M. A. (2023). Ekonomizer, yoğunlaşıcı ekonomizer ve hava ön ısıtıcı tasarımları ile atık ısı geri kazanımının enerji ve ekonomik değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 38 (4) , 2521-2536.
- Yılcı, A., Atalay, Ö., Koçar, G., ve Eryaşar, A. (2019). Dinamik test metodu ile bir güneş kollektörünün ısı performansının belirlenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(4), 417-422.
- Yıldız, A., Gürlek, G., Güngör, A., ve Özbalta, N. (2002). Alüminyum ve bakır borulu güneş kollektörlerinin enerji ve ekserji verimlerinin deneysel karşılaştırılması. *Mühendis ve Makina*, 48(569 s 4).