

Silindirik Hava Kanallarının Silindir Tipi Güneş Hava Kolektörü Performansına Etkisinin Numerik Analizi

Erdem ÇİFTÇİ^{1*}, Murat ÖZTÜRK²

¹*Enerji Sistemleri Mühendisliği, Gazi Üniversitesi, Türkiye*

²*Makine Mühendisliği, Milli Savunma Üniversitesi, Türkiye*

**(erdemciftci@gazi.edu.tr)*

Özet – Dünya nüfusunun hızla artışının yanı sıra zararlı emisyonlardan dolayı enerji krizi giderek artmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının tükenme tehlikesinin olmaması ve temiz enerji kaynakları olması gün geçtikçe popülerliğini arttırmaktadır. Bu çalışmada da ısıtma uygulamalarında aktif olarak kullanılmakta olan güneş hava kolektörlerinin performansını arttırmak amacıyla Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) yaklaşımı kullanılarak silindirik bir güneş hava kolektörünün numerik analizi yapılmıştır. Başlangıçta düz plakalı bir silindirik güneş hava kolektörü analiz edilmiştir. Daha sonra emici plaka sırası ile 4, 8 ve 10 adet silindirik hava kanalı entegre edilmiş ve hava çıkış sıcaklığı ve hava akış hızı değişimleri incelenmiştir. 15 °C hava giriş sıcaklığında ve 1150 W/m² güneş ışınım şiddeti altında yapılan bu çalışmada toplamda 4 durum incelenmiş ve sonuçları paylaşılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre standart düz plakalı dairesel güneş hava kolektöründe 24.79 °C hava çıkış sıcaklığı elde edilmiştir. Bunun yanı sıra 4 hava kanallı güneş hava kolektöründe, 8 hava kanallı güneş hava kolektöründe ve 10 hava kanallı güneş hava kolektöründe sırasıyla 25.46 °C, 25.12 °C ve 29.38 °C hava çıkış sıcaklıkları elde edilmiştir. Ayrıca hava kanallarının ısı transferi üzerinde doğrudan bir etkiye sahip olduğu ve türbülans etkisi yarattığı bulunmuştur. Ek olarak her kolektörde hava akış hızlarındaki değişim oldukça yakın elde edilmiş, 10 hava kanallı güneş hava kolektöründen maksimum performans elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler – Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD), Güneş Enerjisi, Güneş Hava Kolektörü, Termal Sistemler, Performans

I. GİRİŞ

Artan enerji krizlerinin yanı sıra çevre kirliliği yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgiyi gün geçtikçe arttırmaktadır. Temiz olmasının yanı sıra gelecek için sürdürülebilirlik sağlayan bu enerji kaynakları aktif olarak kullanılmakta ve gelişimi devamlı olarak artış göstermektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının en temellerinden biri olan güneş enerjisi de aktif olarak kullanılmaktadır. Hem elektrik üretimi hem de ısıtma uygulamalarında büyük önem taşıyan bu güneş enerji sistemlerinin gelişimini devam ettirmek amacıyla pek çok çalışma yapılmıştır.

Khatri ve ark. (2020), silindirik kanatçıklara sahip gözenekli alüminyum tel örgülü kavisli dalgalı emici yüzeye sahip güneş hava kolektörü üretmişler

ve performans analizini yapmışlardır. Yaptıkları bu çalışmada kanatlı güneş hava kolektörünün ısı transfer katsayısını iyileştirerek daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir [1]. Arunkumar ve ark. (2020), sarmal yay modelindeki kanatçıkların güneş hava kolektörü performansına etkisini araştırmak için numerik analiz içeren bir çalışma yapmışlardır. Yaptıkları bu çalışmada yay tipindeki kanatçıkların yüzey alanını arttırarak ısı transferini iyileştirdiği sonucuna ulaşmışlar ve daha fazla türbülans oluşturduğunu belirtmişlerdir [2]. Priyam ve Chand (2016), dalgalı kanatçıklara sahip güneş hava kolektörünün termohidrolik performansını analiz etmişlerdir. Matematiksel bir model ile yaptıkları bu çalışmada dalgalı kanatçıkların emici plakanın ısı transfer yüzey alanını ve ısı transfer katsayısını

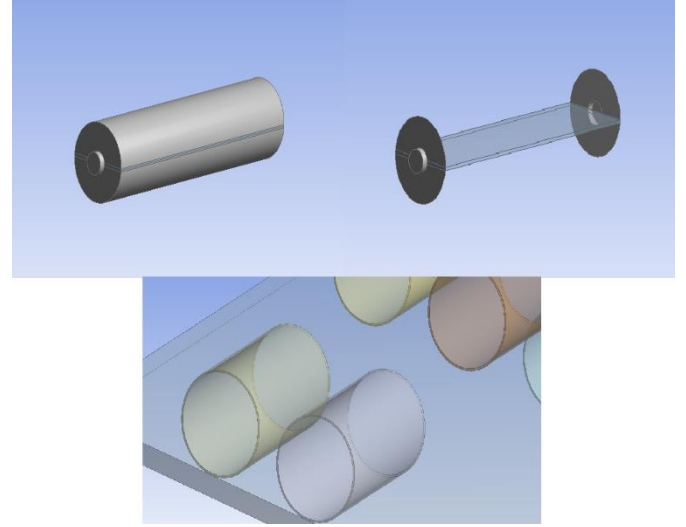
arttırdığını belirtilmişlerdir [3]. Çiftçi ve ark. (2021), kanatçıkların entegre edilmiş olduğu bir dikey güneş enerjili kurutucu geliştirmişler ve deneysel analizini yapmışlardır. Elde ettikleri sonuçlarda kanatçıklı ve kanatçıksız sistemlerin termal verimlerini sırasıyla %50.25–58.16 ve %47.46–54.86 olarak belirtmişlerdir [4]. El-said ve ark. (2022), girdap akışlı güneş hava kolektörü üretmişler ve analiz etmişlerdir. Ayrıca geliştirdikleri bu sisteme radyal ve eksenel tip kanatçıklar entegre etmişlerdir. Elde edilen sonuçlarda maksimum verime 5 radyal kanatlı sistemde ulaşmışlar ve termal verimi %76.79 olarak elde etmişlerdir [5]. Kabeel ve ark. (2018), bölmeli cam kanatlı bir güneş hava kolektörü üretmişler ve deneysel analiz etmişlerdir. Geleneksel tip kolektörler ile karşılaştırmalı olarak incelenen bu çalışmada bölme sayısındaki (170, 410 ve 800) artış ile sistem termal verimindeki artış doğru orantılı olarak değiştiğini ve geliştirilmiş olan modelde sistem verimi iyileştiği sonuçlarda belirtmişlerdir [6].

Bunun yanı sıra güneş hava kolektörlerinin performansını arttırmak amacıyla daha farklı işlemler de uygulanmıştır. Sistem performansını arttırmak amacıyla hem farklı kolektör tipleri hem de farklı geometrilere sahip emici yüzeyler geliştirilmiştir [7-9].

Bu çalışmada yeni geliştirilmiş olan silindirik tipindeki güneş hava kolektörünün performansı ANSYS Fluent yazılımı yardımı ile analiz edilmiştir. Bunun yanı sıra geliştirilmiş olan bu güneş hava kolektörünün performansını arttırmak amacıyla silindir hava kanalları sisteme entegre edilmiş, sıcaklık ve hız değişimleri incelenmiştir.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

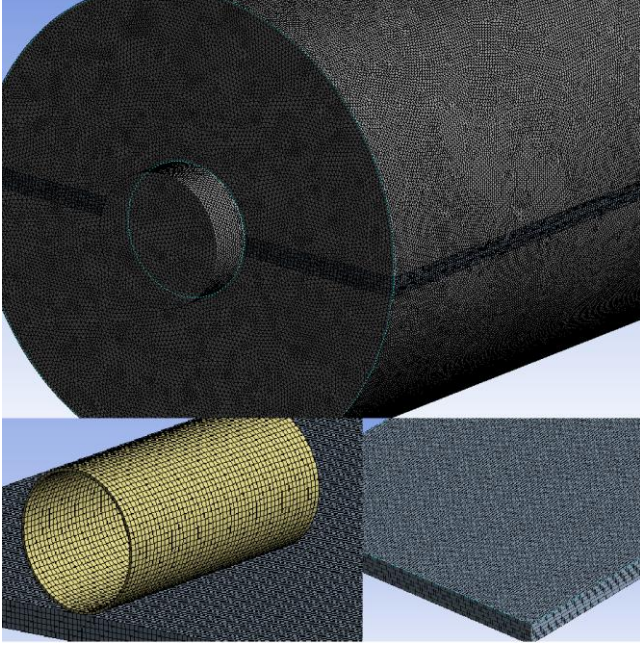
Bu çalışmada yeni geliştirilmiş olan silindirik tip güneş hava kolektörünün performansı analiz edilmiştir. Başlangıçta düz plakalı emici yüzeye sahip dairesel tip güneş hava kolektörü tasarlanmış ve incelenmiştir. Daha sonra sisteme sırasıyla 4, 8 ve 10 adet silindirik hava kanalı entegre edilmiş ve sistem performansındaki değişim incelenmiştir. Şekil 1 geliştirilmiş olan güneş hava kolektörünü ve silindir modelindeki hava kanallarını göstermektedir.



Şekil 1. Geliştirilen güneş hava kolektörü ve silindirik hava kanalları

Geliştirilmiş olan güneş hava kolektörlerinin her biri 500 mm çapındaki dairelerden oluşmaktadır. Bunun yanı sıra hava giriş ve çıkış işlemlerini sağlamak için de 140 mm çapındaki dairesel hava kanalları entegre edilmiştir. Ayrıca, düz sac plaka modelinde, 2000 mm uzunluğa, 2 mm kalınlığa ve 500 mm genişliğe sahip emici plakalar kullanılmıştır. Geliştirilmiş olan silindirik güneş hava kolektörüne sırası ile 4, 6, 8 ve 10 adet hava kanalları entegre edilmiştir. Ek olarak bu hava kanalları 200 mm uzunluğa ve 100 mm daire çapına sahiptir.

Sistemin mesh uygulaması için standart tip tetrahedrons mesh yapısı kullanılmıştır. Bu bağlamda standart düz plakalı güneş hava kolektöründe 10814633, 4 hava kanallı sistemde 10830813, 8 hava kanallı sistemde 10846929 ve 10 hava kanallı sistemde 10854987 mesh uygulaması yapılmıştır. Şekil 2 her bir parçaya uygulanan mesh yapılarını göstermektedir.

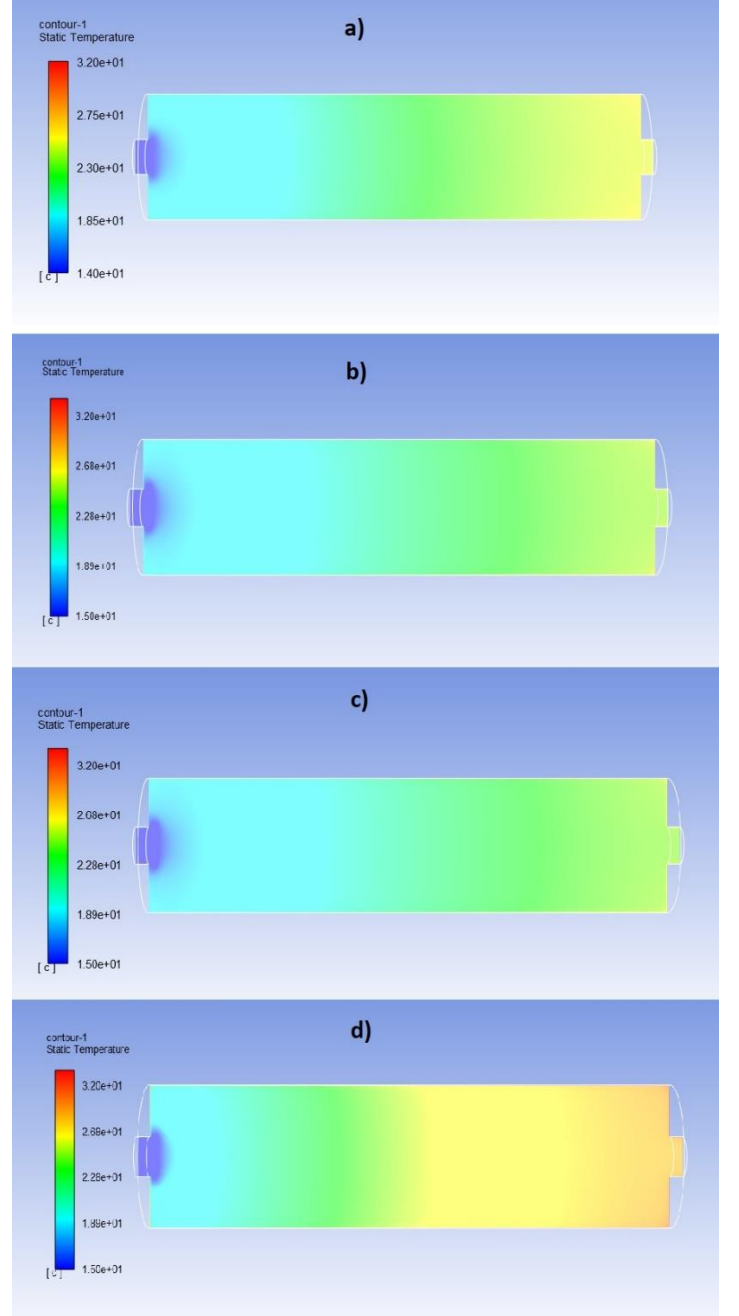


Şekil 2. Geliştirilmiş olan güneş hava kolektörü paçalarının mesh yapısı

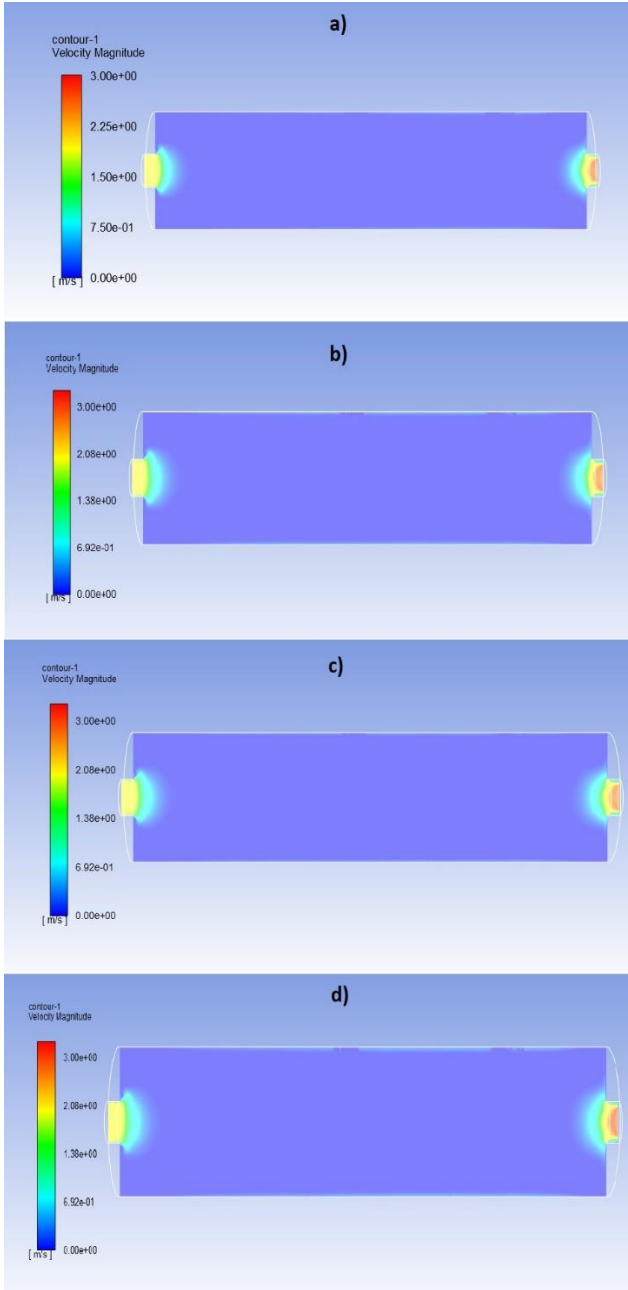
Yapılmış olan bu numerik analizlerin uygulanmasında Ansys Fluent yazılımından yararlanılmıştır. Ayrıca Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) yaklaşımı ile gerekli simülasyonlar yapılmış, sistem performansı analiz edilmiştir. Her bir kolektörde hava akışı 2 m/s hızında ve hava giriş sıcaklığı 15 °C' de gerçekleştirilmiş olup k-epsilon türbülans modeli tercih edilmiştir. P-1 solar radyasyon modeli ile yapılmış olan bu analizde 1150 W/m² güneş ışınımı ile ve 32.82-39.93 enlem-boylam şartlar altında incelmeler gerçekleştirilmiştir. Geliştirilmiş olan emici plaka ve hava kanallarının yapısında çelik kullanılmış ve siyah mat boya ile kaplanmış olarak kullanılmıştır. Bunun yanı sıra kolektör kasası için yalıtımı sağlanmış bakır ve üst cam örtü için de 4 mm standart cam yüzey tercih edilmiştir.

III. TARTIŞMA

Bu bölümde geliştirilmiş olan güneş hava kolektörlerinin Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) yaklaşımı ile yapılan analizlerin sonucu elde edilen sıcaklık ve akış hızı değişimleri paylaşılmıştır.



Şekil 3. a) Standart düz plakalı silindir modelindeki güneş hava kolektörü hava sıcaklığı değişimi b) 4 silindirik hava kanallı silindir modelindeki güneş hava kolektörü hava sıcaklığı değişimi c) 8 silindir modelindeki hava kanallı silindirik güneş hava kolektörü hava sıcaklığı değişimi d) 10 silindir modelindeki hava kanallı silindirik güneş hava kolektörü hava sıcaklığı değişimi



Şekil 4. a) Standart düz plakalı silindir modelindeki güneş hava kolektörü hava akış hızı değişimi b) 4 silindir modelindeki hava kanallı silindirik güneş hava kolektörü hava akış hızı değişimi c) 8 silindir modelindeki hava kanallı silindirik güneş hava kolektörü hava akış hızı değişimi d) 10 silindirik hava kanallı silindir modelindeki güneş hava kolektörü hava akış hızı değişimi

Yapılan bu çalışmada geliştirilmiş olan güneş hava kolektörlerinde meydana gelen sıcaklık değişimleri şekil 3' te paylaşılmıştır. Sırası ile standart düz plakalı, 4 hava kanallı, 8 hava kanallı ve 10 hava kanallı güneş hava kolektörleri için inceleme yapılan bu çalışmada maksimum hava çıkış sıcaklığı 10 adet hava kanalının sisteme entegre edildiği modelde elde edilmiştir. Geliştirilmiş olan

hava kanallarının kanatçık etkisi yaratarak yüzey alanında artış meydana getirmiştir. Bu bağlamda ısı transfer oranı iyileşmekte ve kolektör performansında artış meydana gelmektedir. Ayrıca parabolik modeldeki cam yüzey ile güneş ışınım odağı artmakta ve geliştirilmiş olan silindirik güneş hava kolektörünün performansı da yükselmektedir. Buna bağlı olarak elde edilen hava çıkış sıcaklık değerleri standart düz plakalı dairesel güneş hava kolektöründe 24.79 °C, 4 hava kanalına sahip dairesel güneş hava kolektöründe 25.46 °C, 8 hava kanalına sahip dairesel güneş hava kolektöründe 25.121 °C ve 10 hava kanalına sahip dairesel güneş hava kolektöründe 29.38 °C olarak elde edilmiştir. Bu sonuçlara bağlı olarak hava kanallarının sayısının yanı sıra emici plaka yüzeyindeki konumu da oldukça önemlidir. Çapraz yerleşim ile türbülans etkisi yaratmakta ve daha yüksek sıcaklıklarda ulaşılmasını sağladığı görülmektedir.

Ek olarak şekil 4 hava akış hızında meydana gelen değişimleri göstermektedir. Her bir kolektör eşdeğer özelliklere sahip olduğu için benzer karakteristiklere sahiptir. Hava girişinden sonra meydana gelen çap artışı ile hava akış hızı düşmekte ve hava çıkış noktasında tekrar yükselmektedir. Kolektör içerisindeki hava kanalları hava akış hızında çok küçük değişimler meydana getirmekte ve kolektör performansını çok düşük oranda etkilemektedir.

IV. SONUÇLAR

Bu çalışmada yeni geliştirilmiş silindirik bir güneş hava kolektörünün performansını arttırmak için farklı modifikasyonlar uygulanmış ve sistem performansı analiz edilmiştir. Geliştirilmiş olan kolektöre sırası ile 4, 8 ve 10 adet hava kanalı emici plakaya entegre edilmiş ve Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) yaklaşımı ile analizi yapılmıştır. Analizlerin sonucunda şu sonuçlar elde edilmiştir:

- Geliştirilmiş olan silindirik güneş hava kolektörlerinden en yüksek hava çıkış sıcaklığı 10 adet hava kanalına sahip modelden elde edilmiştir.
- Hava kanalları emici plaka yüzey alanını arttırmakta ve türbülans etkisi yaratmaktadır.
- Hava çıkış sıcaklıkları genel olarak hava kanalları ile doğru orantılı artış göstermekte fakat emici plaka üzerindeki hava kanallarının konumu da sistem performansı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.

- Hava akış hızları birbirine oldukça yakın olarak elde edilmiş ve hava giriş-çıkış noktalarında kesin düşme-yükselmeler göstermektedir.

KAYNAKLAR

- [1] R. Khatri, S. Goswami, M. Anas, S. Sharma, S. Agarwal, and S. Aggarwal, "Performance evaluation of an arched plate solar air heater with porous aluminium wire mesh cylindrical fins," *Energy Reports*, vol. 6, pp. 627-633, 2020.
- [2] H. S. Arunkumar, S. Kumar, and K. V. Karanth, "Analysis of a solar air heater for augmented thermohydraulic performance using helicoidal spring shaped fins-A numerical study," *Renewable Energy*, vol. 160, pp. 297-311, 2020.
- [3] A. Priyam, and P. Chand, "Thermal and thermohydraulic performance of wavy finned absorber solar air heater," *Solar Energy*, vol. 130, pp. 250-259, 2016.
- [4] E. Çiftçi, A. Khanlari, A. Sözen, İ. Aytaç, A. D. Tuncer, "Energy and exergy analysis of a photovoltaic thermal (PVT) system used in solar dryer: A numerical and experimental investigation," *Renewable Energy*, vol. 180, pp. 410-423, 2021.
- [5] E. M. El-Said, M. M. Abou Al-Sood, E. A. Elsharkawy, and G. B. Abdelaziz, "Tubular solar air heater using finned semi-cylindrical absorber plate with swirl flow: Experimental investigation," *Solar Energy*, vol. 236, pp. 879-897, 2022.
- [6] A. E. Kabeel, M. H. Hamed, Z. M. Omara, and A. W. Kandel, "On the performance of a baffled glazed-bladed entrance solar air heater," *Applied Thermal Engineering*, vol. 139, pp. 367-375, 2018.
- [7] M. Öztürk, and E. Çiftçi, "Upgrading the performance of a solar air collector with flexible aluminum air ducts and graphene nanoplatelet-enhanced absorber coating," *Thermal Science and Engineering Progress*, vol. 40, 101760, 2023.
- [8] A. Sözen, C. Şirin, A. Khanlari, A. D. Tuncer, E. Y. Gürbüz, "Thermal performance enhancement of tube-type alternative indirect solar dryer with iron mesh modification," *Solar Energy*, vol. 207, pp. 1269-1281, 2020.
- [9] C. Mgbemene, I. Jacobs, A. Okoani, and N. Ononiwu, "Experimental investigation on the performance of aluminium soda can solar air heater," *Renewable Energy*, vol. 195, pp. 182-193, 2022.