DERLEME MAKALE

Havalı Güneş Kolektörlerinin Hacim Isıtma Uygulamalarında Kullanımı

Ali Etem GÜREL
Doç. Dr.
Düzce Üniversitesi
Makine Mühendisliği
Düzce
etemgurel@gmail.com
orcid: 0000-0003-1430-8041

Gökhan YILDIZ
Yük. Mak. Müh.
Düzce Üniversitesi
Makine Mühendisliği
Düzce
gokhan.yildiz1987@hotmail.com
orcid: 0000-0001-6039-9226

İlhan CEYLAN
Prof. Dr.
Karabük Üniversitesi
Teknoloji Fakültesi
Enerji Sistemleri Mühendisliği
Karabük
ilhancey@gmail.com
orcid: 0000-0002-6128-2318

ÖZ

Güneş enerjisi, doğrudan güneşten elde edilen temiz ve yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Güneş enerjisi sistemleri üzerine yapılan çalışmalar, enerji fiyatlarındaki artışlar, küresel ısınma ve sera etkisi gibi çevresel etkiler nedeniyle özellikle son yıllarda ciddi bir artış göstermiştir. Türkiye güneş enerjili sıcak su ısıtma sistemlerinden önemli ölçüde yararlanmaktadır. Bunun yanında fotovoltaik teknoloji üzerinde, özellikle getirilen yeni yasal düzenlemeler ve coğrafi konumun da avantajları ile Türkiye özelinde önemli yatırımlar yapılmaktadır. Ancak havalı güneş kolektörleri ile hacim ısıtma uygulamalarından Türkiye'de yeterli ölçüde yararlanılmamaktadır. Oysa bu tip kolektörler, %100 taze havalı klima sistemlerinde ön ısıtma/ısıtma, hayvan barınaklarının ısıtılması, sera ısıtılması, kargo depolarının ısıtılması, kurutma vb. pek çok uygulama için oldukça elverişlidirler. Bu çalışmada, havalı güneş kolektörlerinin hacim ısıtılmasında kullanımına yönelik dünyadaki farklı uygulamalar incelenecektir. Bunun yanında havalı güneş kolektörleri ile hacim ısıtılmasına dair önerilen farklı tasarımlar da verilecektir. Bu inceleme ve tasarımlar neticesinde çeşitli öneriler getirilecektir.

Anahtar Kelimeler
Güneş Enerjisi, Isıtma, Enerji.

The Use of Air Solar Collectors in Heating Applications

ABSTRACT

Solar energy is a clean and renewable energy resources which is obtained directly from the sun. Studies on solar energy systems have shown a significant increase especially in recent years due to environmental impacts such as the increase in energy prices, global warming and greenhouse effect. Turkey is benefited significantly from the solar hot water heating systems. In addition, the photovoltaic technology, especially brought significant investments in Turkey with advantages of the new statutory regulations and special geographical location. However, in Turkey, it is not benefited sufficient from applications of space heating with air solar collector. However, such collectors, 100% fresh air air-conditioning systems preheating / heating, heating of animal shelters, greenhouse heating, heating of cargo storages, drying and so on. they are very convenient for many applications. In this study, different applications in the world for the use of air solar collectors in space heating will be examined. In addition to this, different designs will be also given for space heating with air solar collectors. As a result of these reviews and designs, various suggestions will be introduced.

Keywords
Solar Energy, Heating, Energy.

Geliş Tarihi : 12.12.2018
Kabul Tarihi : 31.01.2019

Gürel, A. E., Yıldız, G., Ceylan, İ., Havalı Güneş Kolektörlerinin Hacim Isıtma Uygulamalarında Kullanımı, 14. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı, sf. 1866-1875, 17-20 Nisan 2019.

1. GİRİŞ

Enerjinin üretiminde kullanılan fosil yakıtların maliyeti, talepteki artışlar ve çevreye olan etkisi insanları yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Temiz ve yenilenebilir enerji kaynağı olarak bilinen güneş enerjisi her zaman popüler olmasına rağmen, son yıllarda bu enerji kaynağına olan ilgi daha da artmıştır. Güneş enerjisini, faydalı ısıya dönüştürmek için ısı değiştiricisi olarak güneş kolektörleri kullanılmaktadır. Bu güneş kolektörleri yaygın olarak sıvılı ve havalı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Isı transferindeki avantajından ve uygulamalardaki konumundan dolayı daha yaygın olarak sıvılı, özellikle sulu güneş kolektörleri kullanılmaktadır. Fakat havalı güneş kolektörleri de çok yaygın olmasa da çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır.

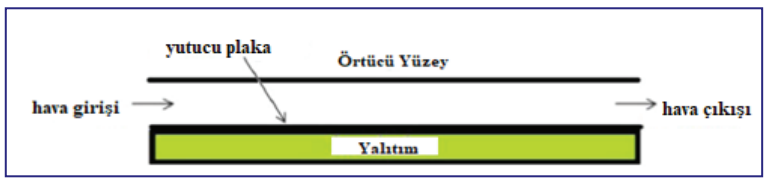
Havalı güneş kolektörleri genellikle binaların ısıtılmasında ve tarım ürünlerinin kurutulmasında kullanılmaktadır. Güneş enerjili kurutucularda havalı güneş kollektörleri, kurutucu ile birlikte veya ayrı olarak kullanılmaktadır. Ayrıca binalarda ortam havalandırmasında havanın ön ısıtılmasında da kullanılmaktadır [1]. Türkiye'de değişik tipte havalı güneş kolektörleri ile uygulamalar bulunmaktadır. Fakat Türkiye'deki konuyla alakalı çalışmaların büyük çoğunluğu kurutma sistemleri üzerinedir. Bu çalışmada, havalı güneş kolektörlerinin hacim ısıtılmasında kullanımına yönelik dünyadaki farklı uygulamalar incelenecektir. Bunun yanında havalı güneş kolektörleri ile hacim ısıtılmasına dair önerilen farklı tasarımlar da verilecektir.

2. HAVALI GÜNEŞ KOLEKTÖRLERİ

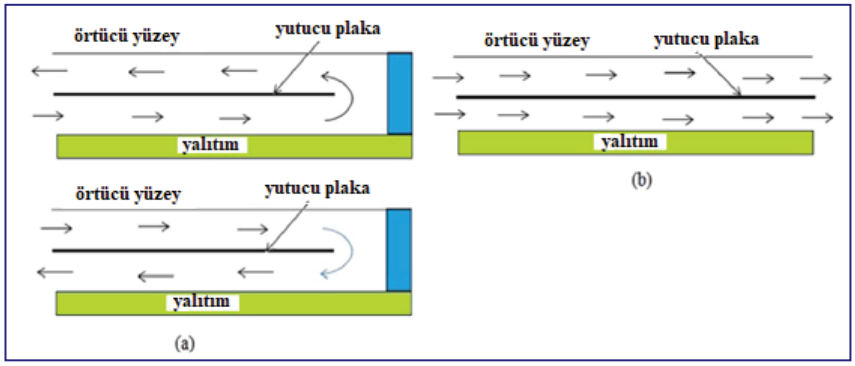
Havalı kolektörler endüstriyel binalar ve tamir atölyeleri, okul binaları, apartmanlar, ticari binalar, uçak hangarları, terminaller ve spor salonları gibi yaygın uygulama alanlarına sahiptirler. Havalı kolektörlerin özellikleri şu şekilde sıralanabilir [2]:

1. İlk yatırım maliyetleri oldukça düşüktür,
2. Oldukça güvenliklidirler. Fan haricinde hareket eden başka bir parçası yoktur,
3. Onarım ve bakım maliyetleri yoktur,
4. %80'nin üzerinde verimleri vardır,
5. Çevre sıcaklıklarında çalışırlar,
6. Donma, sızdırma ve akma problemleri yoktur,
7. Depolama gerektirmezler.

Havalı güneş kolektörleri uzun ömürlü, ağırlıkça hafif, hacim ısıtması için uygun, donma ve korozyona karşı dayanıklı basit cihazlardır. Havalı güneş kolektörleri ek ısıtıcılarla birlikte bina ısıtılması ve tarımsal ürünlerin kurutulmasında kullanılmaktadır [2]. Standart bir havalı güneş kolektörü, yutucu plaka, en üstte cam veya plastik örtü ve alt ve yan taraflarda bulunan yalıtılmış kasadan oluşmaktadır [3]. Havalı güneş kolektörlerinde korozyon ve sızıntı problemleri, sıvılı güneş kolektörlerine göre



Şekil 1. Düzgün akış [4]



Şekil 2. İki geçişli havalı güneş kolektörü (a) Karşı akış (b) Paralel akış [4]

daha azdır. Yutucu plaka ile hava arasındaki ısı transferini artırmak için birçok farklı uygulama yapılmaktadır. Bunlar; plakaya kanatçık takmak, dalgalı yutucu plakalar kullanmak, katı dolgulu malzemeler kullanmak, delikli küre ve V şekli verilmiş yutucu plakalı uygulamalardır [4].

Havalı güneş kolektörlerini tek ve çift geçişli olmak üzere ikiye ayırabiliriz. Tek geçişli hava güneş enerjili ısıtıcıda Şekil 1'de gösterildiği gibi hava yutucu plakanın üstünden girişten çıkışa doğru olacak şekilde akar.

Çift geçişli hava güneş enerjisi ısıtıcısında hava iki şekilde akar. Şekil 2'de gösterildiği gibi karşı veya paralel olabilir.

3. HAVALI GÜNEŞ KOLEKTÖRLERİNİN FARKLI UYGULAMALARI

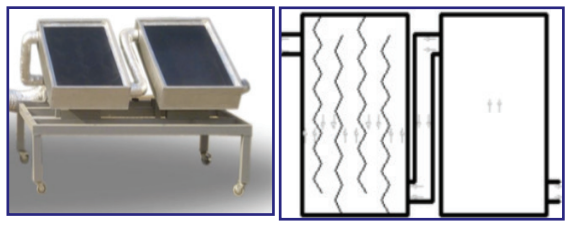
Havalı güneş kolektörleri, günümüz uygulamalarında farklı tasarımlara sahip olarak yapılandırılabilmektedirler. Bu tip kolektörlerden en yaygın olarak kullanılanları camlı tip havalı kolektörlerdir. Camlı havalı kolektörler, kış mevsiminde evsel ısıtma işlemlerinde kullanılabilmektedir. Havalı kolektör, çift ısı cam, oluklu emici yüzey, izolasyon malzemesi ve kolektör kasasından oluşur. Kolektörde ısınan havanın ısıtılacak mekâna dağıtımı için fan kullanılmaktadır. Fanın kontrolü bir fark termostatı ile oda sıcaklığı ve kolektör sıcaklığı farkına göre sağlanmaktadır. Şekil 3'te camlı güneş kolektörü gösterilmektedir [5].

Havalı güneş kolektörlerinde, kolektöre giren havanın sıcaklığını artırabilmek için yapılabilecek uygulamalardan biri de havanın temas ettiği yüzey alanını artırmaktır. Bunun için havalı kolektörlerin geleneksel olarak düzlemsel tasarlanan emici yüzeylerine kanatçıklar ilave edilebilmektedir. Bu sayede hava daha geniş bir yüzey alanı ile temas eder ve sıcaklığı, dolayısıyla da sisteme aktaracağı ısı miktarı artırılmış olur. Şekil 4'te bu tip tasarlanmış bir kolektör yapısı görülmektedir [6].

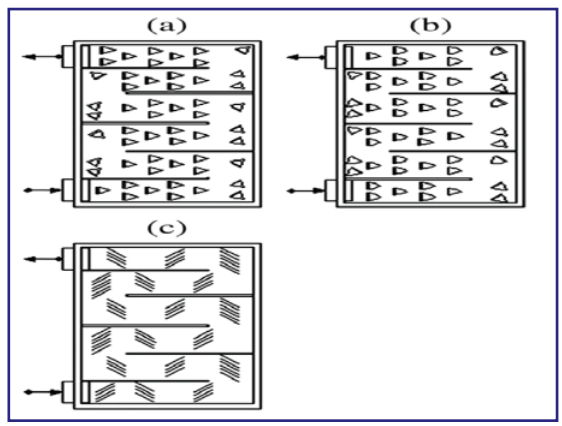
Bu kolektör sisteminde dış hava öncelikle düzlemsel emici yüzeyli havalı kolektörden geçmektedir. Bu sırada havanın sıcaklığı artmakta ve ikinci kolektöre doğru akmaktadır. İkinci kolektör yapısı, birinci kolektörden faklı olarak, zigzag yapıda tasarlanmıştır. Bu sayede birinci kolektörde zaten ısınmış olan havanın, ikinci kolektörde daha da fazla ısıtılması amaçlanmıştır. Başka bir ifadeyle, birinci kolektör ön ısıtma amacı ile kullanılmıştır.



Şekil 3. Camlı güneş kolektörü [5]



Şekil 4. Zigzag ve düz emici yüzeyli havalı bir güneş kolektörü [6]



Şekil 5. Farklı tasarımlardaki emici yüzeyli havalı kolektörler (a) Üçgen (b) Yaprak (c) Dikdörtgen [4]

Aynı amaçla üretilen farklı emici yüzeyli tasarımlar da vardır. Bunlar üçgen, dikdörtgen ve yaprak modelinde tasarlanmışlardır. Bu tasarımlar Şekil 5'te gösterilmiştir.

Havalı güneş kolektörlerinin en önemli dezavantajlarından birisi, ısı kayıplarının oldukça fazla olmasıdır. Su ısıtma sistemlerinin aksine, hava ısısını uzun süre koruyamaz. Bu nedenle bu tip sistemle-

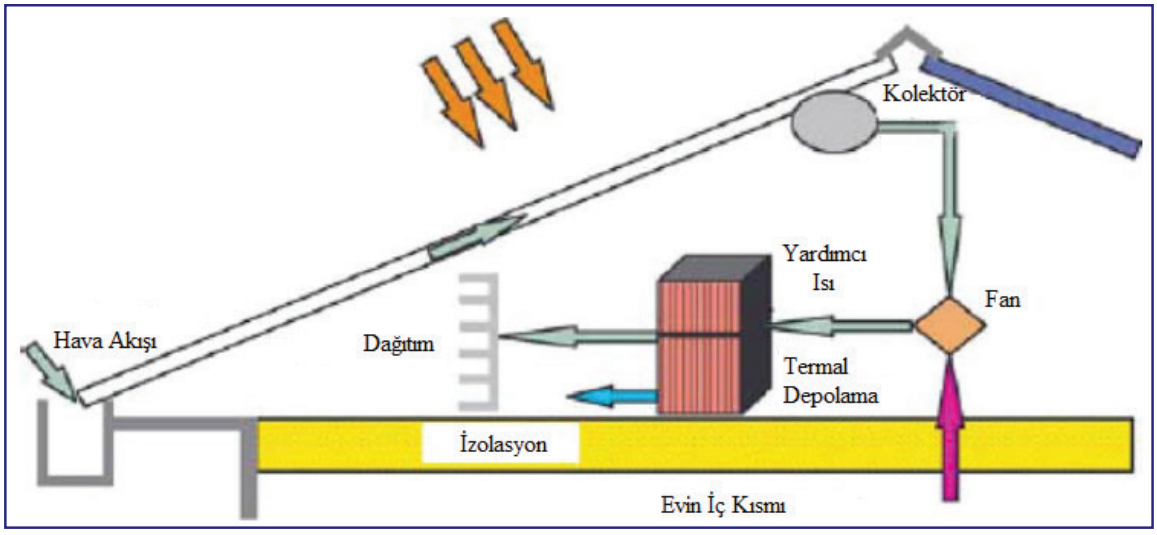
rin enerji depolama materyalleri ile birlikte değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Enerji depolanması, enerjinin korunmasında sadece önemli bir rol oynamakla kalmaz, aynı zamanda çok çeşitli enerji sistemlerinin performansını ve güvenilirliğini de arttırır. Güneş enerjisi sistemlerinde olduğu gibi enerji kaynağının kesintili olduğu uygulamalarda enerjinin depolanması daha önemli hale gelmektedir. Enerji depolama işlemi, enerji arzı ve enerji talebi arasındaki oran uyumsuzluğunu da azaltabilir.

Güneş enerjili ısıtma sistemlerinde, duyulur ısı depolama için oldukça farklı materyallerden yararlanılmakladır. Bu malzemelerden en önemlisi ve en çok kullanılanı kuşkusuz sudur. Su oldukça iyi bir ısı depolama malzemesi olmasına karşın, 100 °C sıcaklık üzerinde depolarda buhar basıncına uygun bir tasarım gerekmektedir. Bu nedenle yüksek sıcaklık sistemlerinde depolama maliyetleri de artmaktadır. Su haricinde kalan yağlar, erimiş tuzlar ve sıvı metaller kullanıldığında basınç sorunları ile karşılaşılmaz. Ancak bu tip materyallerin de işletme, depolama, kapasite, kullanılabilir sıcaklık aralıkları ve maliyet gibi problemleri vardır [7]. Duyulur ısı depolama için katı materyallerden de yararlanılabilir ancak bu tip malzemelerin ısı depolama kapasiteleri, sıvı materyallerden daha düşüktür.

Bir başka ısı depolama yöntemi de gizli ısı depolama yöntemidir. Gizli ısı depolama amacıyla faz değiştiren materyaller (FDM) kullanılmaktadır. Gizli ısı depolama sistemlerinde ısının depolanması veya bırakılması ise faz değişimi sırasındaki füzyon (erime)/katılaşma ile gerçekleşir. Faz değiştiren malzemelerle gizli ısı depolama faz değişim sırasında yüksek yoğunlukta ve yüksek miktarda ısı depolamaya düşük sıcaklık ve hacim değişimi göstererek imkân verir [8]. FDM'ler, organikler, inorganikler ve bunların birleşiminden oluşurlar. Dünyada ısı depolamalı havalı güneş kolektörleri ile yapılmış farklı çalışmalar bulunmaktadır.

Saman ve ark., bir çatıya entegre güneş ısıtma sisteminin bir bileşeni olarak bir faz değişim depolama biriminin ısıl performansını analiz etmişlerdir. Ünite, 29 °C erime sıcaklığına sahip birkaç katmanlı bir FDM plakasından oluşmaktadır. Çatıya entegre bir kolektör tarafından verilen ılık hava, Şekil 5'de gösterildiği gibi depolama ünitesini doldurmak için PCM katmanları arasındaki boşluklardan geçirilir. Şekil 5'de gösterildiği gibi depolanan ısı, ortama verilecek havanın ön ısıtılması için kullanılır. [9].

Öztürk yaptığı çalışmada, 180 m^2 alana sahip bir seranın ısıtılmasında FDM kullanımını incelemiştir. Tasarlanan sistem Şekil 6'da görülmektedir. Sistem esas olarak beş üniteden oluşmaktadır: (1) 27 m^2 yassı plakalı güneş hava toplayıcıları, (2) tankta depolanan 11,6 m^3 gizli ısı depolama birimi, (3) deneysel sera, (4) ısı transfer ünitesi ve (5) veri toplama ünitesi. Sistemde FDM olarak parafin kullanılmıştır. Seranın her birim alanı için yaklaşık 33 kg olmak üzere toplam 6000 kg parafin kullanılmıştır. Sistem verimliliğini değerlendirmek

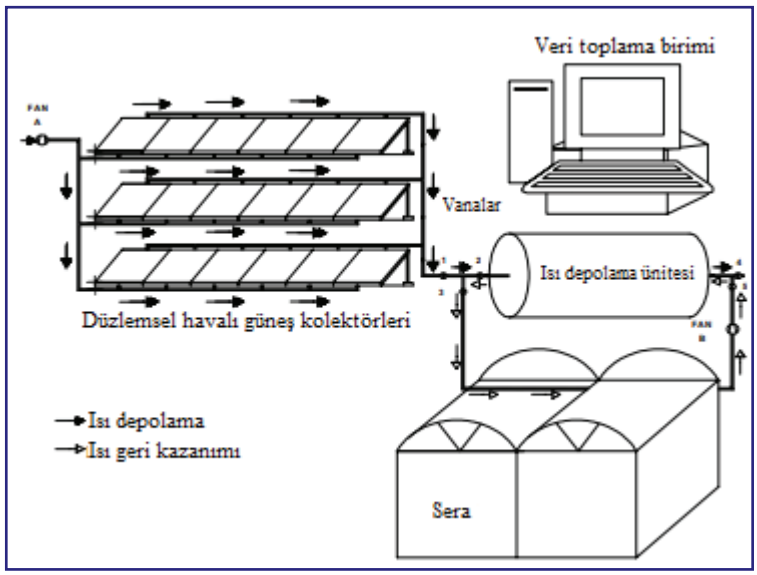


Şekil 5. Depolama üniteli tavana entegre havalı güneş enerjisi ısıtma sistemi [9]

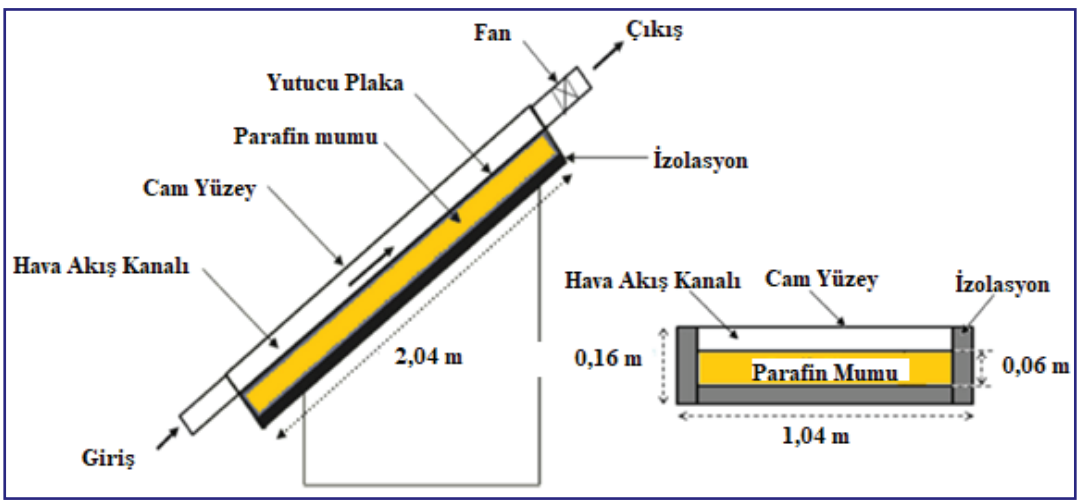
için enerji ve ekserji analizleri yapılmıştır. Deney dönemi boyunca ortalama net enerji ve ekserji verimlerinin sırasıyla %40,4 ve %4,2 olduğu tespit edilmiştir [10].

El Khadraoui ve ark., ısı depolama yöntemini kullanarak bir güneş enerjili ısıtıcının etkinliğini artırmak için deneysel bir çalışma yapmışlar. Parafin balmumu ile doldurulmuş bir dikdörtgen boşluk, gizli ısı depolama birimi olarak kullanılmıştır. FDM ünitesinin önemini değerlendirmek için benzer şekilde tasarlanmış iki güneş enerjisi toplayıcısı üzerinde (FDM olan ve olmayan) deneysel bir çalışma yapılmıştır. Sonuçlar, gece boyunca güneş hava kolektörünün çıkış hava sıcaklığının FDM kullanılarak arttırılabildiğini göstermiştir. FDM olmadan güneş hava kolektörünün günlük enerji verimliliği %17'ye ulaşırken, FDM ile güneş hava kolektörünün günlük enerji verimliliğinin %33'e ulaştığı görülmüştür. Şekil 7'de bu deneysel çalışma gösterilmiştir [11].

Havalı güneş kolektörleri çok farklı tasarımlarla karşımıza çıkabilmektedirler. Bu kolektörlerin verimli olması kadar istenilen bir başka özellik de estetik olmaları ve yapı ile bütünleşik bir görünüme sahip olmalarıdır. Bu tip uygulamaların en güzel örneklerinden biri de güneş duvarı olarak isimlendirilen tasarımlardır. Güneş duvarının çalışma prensibi esasında Trombe duvarına benzemektedir. Güneş duvarlarının Trombe duvarlarından başlıca farkı ise, dışarıdan taze hava almalarıdır. Bu sayede iklimlendirme uygulamalarında daha geniş bir kullanım alanına sahiptirler.



Şekil 6. Depolama malzemesi ile hava ısıtıcı görünümü [10]



Şekil 7. Faz değişkenli havalı güneş kollektörünün şematik gösterimi ve boyutları [11]

Akhan ve Eryener'in yapmış oldukları çalışmada Türkiye'nin ilk hava sızdırmalı güneş duvarı kullanılan Çayırova-Kocaeli'nde bulunan bir otomotiv firmasının performans analizini yapmışlardır. İki yıllık bir süre zarfında kış dönemlerinde üçer aylık periyotlar halinde analiz edilmiştir. Bu analizler sonucunda dönemsel olarak %62 enerji tasarrufu elde edilmiştir. Şekil 8'de bu tesisin güneş duvarı ve havalandırma ünitesi gösterilmektedir [12].

Al-Damook, Irak'ta yapmış olduğu çalışmada kış ayı için güneşli ve bulutlu günlerde güneş duvarının performansını incelemiştir. Havalı güneş kolektörü 2 mm kalınlığında, 20 cm genişlik, 100 cm yükseklik ve 150 cm uzunluğunda dikdörtgen iç kesite sahiptir. Yapılan deney sonucunda açık günlerde %82, bulutlu günlerde ise %50 verime ulaşılmıştır [13]. Bu sistem, Şekil 9'da verilmiştir.

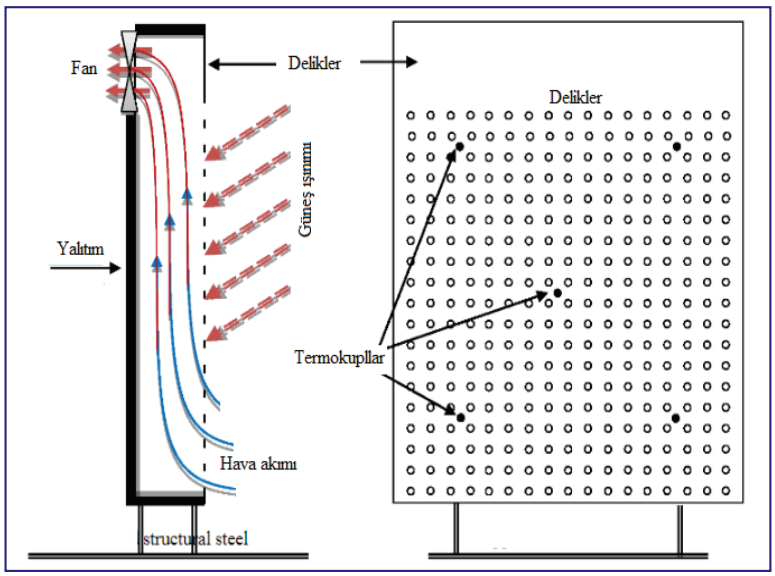
Dünya genelinde güneş duvarı uygulamalarından bazı örnekler Şekil 10'da gösterilmiştir.

Havalı kolektörlerden iklimlendirme sistemlerinde de faydalanılabilmektedir. Bu kolektörler, sistemden dönüş havasının dış hava ile karıştırılarak ısıtılması, sisteme verilen dış havanın ısıtılması ya da %100 dış havalı sistemlerde, sistem havasının ön veya tümden ısıtılması şeklinde kendisine yer bulmaktadır. Bahsi geçen uygulamalara aşağıda yer verilmiştir (Şekil 11 ve Şekil 12).

Karışım havalı bir klima santraline kışın dışarıdan alınan taze hava A ve B damperleri uygun pozisyonda konumlandırılarak ön ısıtma işlemine tabi tutulur. Yaz mevsiminde ise B damperi kapatılıp A damperi açılarak sisteme giren taze havanın kolektörler üzerinden geçmesi engellenir. Tümden taze havalı sistemlerde ısı geri kazanım cihazı kullanılıyor olmuş olsa bile sisteme giren havanın bir ön ısıtmadan geçirilerek klima santraline girmesi önemli derecede enerji tasarrufu sağlayacaktır. Tümden taze havalı sistemlerde dışarıdan alınan



Şekil 8. Otomotiv üretim tesisi (a) Güneş duvarı (b) Güneş duvarı hava kontrol ünitesi [12]

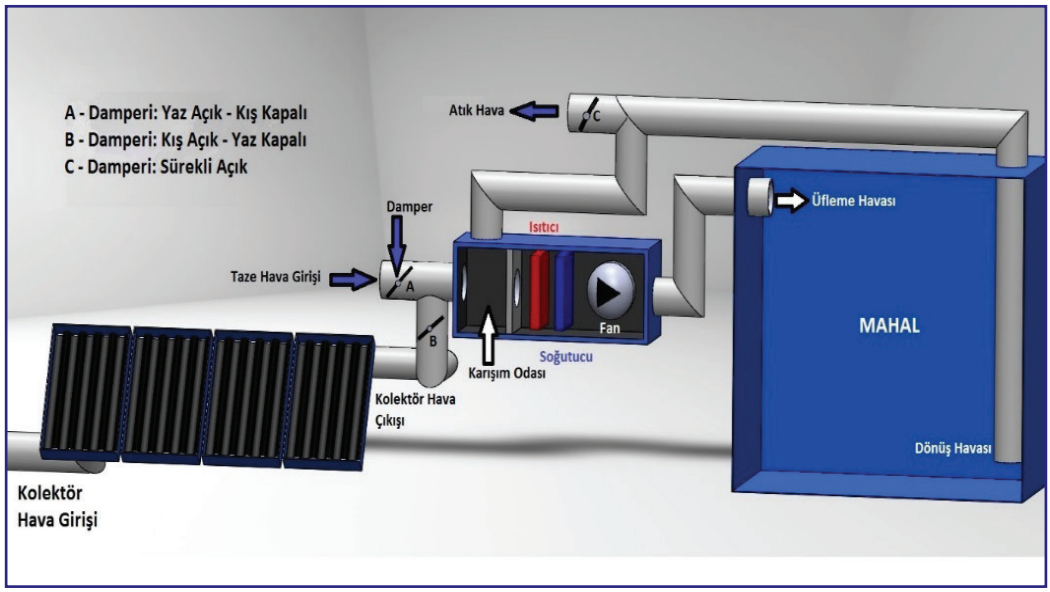


Şekil 9. Analiz edilen deneysel sistem [13]

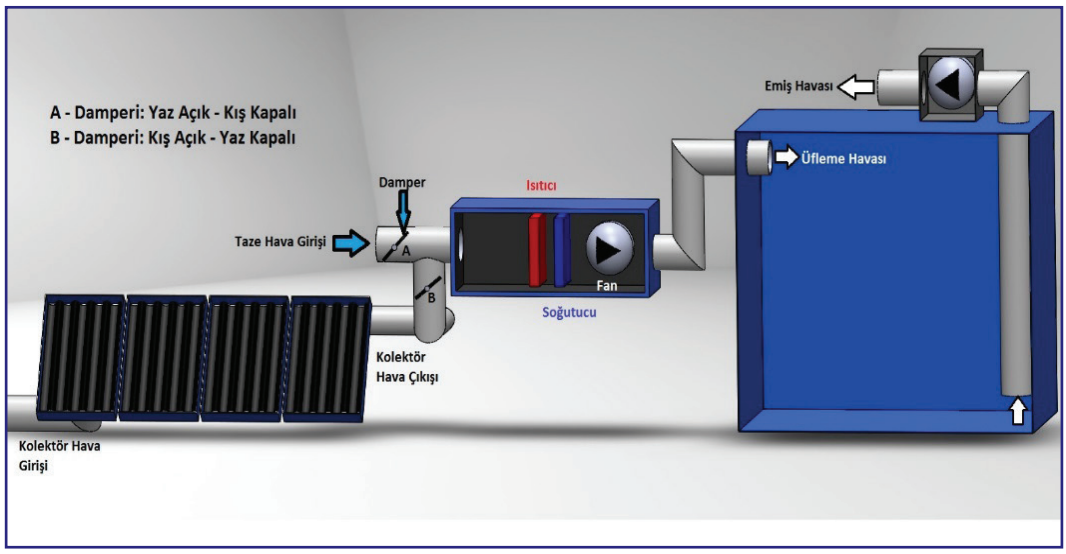


a *b*

Şekil 10. Güneş duvarı örnekleri (a) Ford Engine Assembly, Kanada (b) Federal Express, Denver



Şekil 11. Karışım havalı iklimlendirme sistemi örnek uygulaması



Şekil 12. Taze havalı iklimlendirme sistemi örnek uygulaması

taze hava miktarları karışım havalı sistemlere göre oldukça fazladır. %100 dış havalı sistemlerde havalı kolektörler ile havanın ön ısıtılması ısı geri kazanım cihazına giren ve çıkan havalar arasındaki farkı azalttığından bu cihazın verimini düşürmektedir. Fakat klima santralinde kullanılan ısıtıcı serpantinlerde önemli derecede enerji tasarrufu sağlanabilmektedir [2].

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, havalı güneş kolektörlerinin kullanımına yönelik bazı örnekler verilmiştir. Örneklerden de anlaşılabileceği üzere havalı güneş kolektörleri oldukça geniş bir uygulama alanına sahiptirler. Dünya genelinde bu tip kolektörlerin çeşitli uygulamaları yaygın olarak kullanılsa da Türkiye'de bu kolektörlerin kullanımları oldukça kısıtlıdır. Aslında Türkiye iklim koşulları havalı güneş kolektörlerinin kullanımına oldukça uygundur. Türkiye'de güneş enerjili sıcak su ısıtma sistemlerinin yaygın olarak kullanılmasına karşın, havalı güneş kolektörü uygulamaları aynı başarıyı elde edememiştir. Bunun önemli nedenlerinden biri, bu tip kolektörlerin bireysel kullanıma çok fazla uygun olmayışıdır. Çünkü havalı güneş kolektörleri özellikle büyük yüzey alanlarında çok daha başarılı olabilmektedirler. Bu nedenle havalı güneş kolektörlerinin özellikle endüstriyel uygulamalarda değerlendirilmesi çok daha başarılı sonuçlar verecektir. Özellikle kargo depoları, hangarlar, kapalı otoparklar, hayvan barınakları gibi hacimlerin ön ısıtma/ısıtma uygulamaları için havalı güneş kolektörleri güvenle kullanılabilir. Havalı güneş kolektörlerinin kullanımını kısıtlayan bir diğer nokta ise, estetik görünüşleri ve oldukça fazla yer kaplamalarıdır. Geleneksel kolektör yapıları, çatı veya zemin üzerinde geniş bir yer kaplamaktadır. Bunun çözümü için güneş duvarı vb. sistem uygulamaları oldukça iyi sonuçlar verebilmektedir. Bu sistemlere yapılacak otomasyon uygulamaları ile sistemin HVAC sistemine entegre olarak çalışması da mümkün olabilmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Bulut, H., "Bir Havalı Güneş Kollektörünün Tasarımı ve Deneysel Analizi", I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, Eskişehir, 2006.

[2] Ceylan, İ. ve Gürel, A. E., "Güneş Enerjisi Sistemleri", Bursa: Dora Basımevi, 2018.

[3] Debnath, S., Das, B., Randive, P. R. and Pandey, K. M., "Performance of Solar Air Collector in the Climatic Condition of North Eastern India", Energy, vol. 165, no. Part B, pp. 281-298, 2018.

[4] Kabeel, A. E., Hamed, M. H., Omara, Z. M. and Kandeal, A. W., "Solar Air Heaters: Design Configurations, Improvement Methods and Applications – A Detailed Review", Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 70, pp. 1189-1206, 2017.

[5] Sancar, İ., Bulut H., "Toprak Enerjisi Destekli, Isı Geri Kazanımlı ve Havalı Güneş Kollektörlü Bir Isıtma Sisteminin Deneysel Analizi", TTMD Dergisi, ss.32-41, 2015

[6] Ceylan, İ., and Gürel, A. E., "Solar-Assisted Fluidized Bed Dryer Integrated with a Heat Pump For Mint Leaves", Applied Thermal Engineering, vol. 106, pp. 899-905, 2016.

[7] Zuhur, S., Ceylan, İ. ve Gürel, A. E., "Isı Depolama Yöntemleri ve Uygulamaları", Türk Tesisat Mühendileri Derneği Dergisi, c. 112, ss. 38-47, 2017.

[8] Günerhan, H., "Duyulur Isı Depolama ve Bazalt Taşı", Mühendis ve Makina, c. 530, s. 45, ss. 12-17, 2004.

[9] Saman, W., Bruno, F. and Halaw, E., "Thermal Performance of PCM Thermal Storage Unit for A Roof Integrated Solar Heating System", Solar Energy, vol. 78, pp.341-349, 2005.

[10] Ozturk, H. H., "Experimental Evaluation of Energy and Exergy Efficiency of a Seasonal Latent Heat Storage System for Greenhouse Heating", Energy Convers Management, vol.46, 2005.

[11] EL Khadraoui, A., Bouadila, S., Kooli, S., Guizani, A. and Farhat, A., "Solar Air Heater with Phase Change Material: An Energy Analysis and a Comparative Study", Applied Thermal Engineering, vol.107, pp. 1057-1064, 2016

[12] Akhan, H. ve Eryener, D., "Endüstriyel Tesisler İçin Güneş Duvarı Performansının İncelenmesi", Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, c. 32, s. 2, ss. 215-229, 2017.

[13] Al-Damook , A., "Experimental Evaluation of an Unglazed Solar Air Collector for Building Space Heating in Iraq", Renewable Energy, vol. 112, pp. 498-509, 2017.