

HİBRİT TİP HAVALI GÜNEŞ KOLLEKTÖRÜNÜN CFD ANALİZİ CFD ANALYSIS OF THE HYBRID TYPE SOLAR AIR COLLECTOR

Öğr. Gör. İbrahim SANCAR

Adıyaman Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Makine ve Metal
Teknolojileri Bölümü, Adıyaman, isancar@adiyaman.edu.tr
(Sorumlu Yazar)

Prof. Dr. Hüsamettin BULUT

Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Osmanbey
Kampüsü, Şanlıurfa, hbulut@harran.edu.tr

Prof. Dr. Refet KARADAĞ

Adıyaman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Adıyaman.
refetkaradag@adiyaman.edu.tr

Doç. Dr. İsmail HİLALİ

Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Osmanbey
Kampüsü, Şanlıurfa. ihilali@harran.edu.tr

ÖZET

Havalı güneş kollektörleri, kurutma ve ısıtma gibi uygulamalarda kullanılan termal güneş enerjisi sistemlerinin temel elemanlarından biridir. Alternatif enerji kaynağı olarak güneş enerjisinden daha fazla faydalanmak için kollektör çeşitleri ve yapıları, farklı bağlantı ve akış şekilleri ile termal kollektörlerin faz değişim materyalleri (PCM) ile birlikte kullanımı üzerine çalışmalar yapılmaktadır. PV panellerde ise tasarım parametreleri, güneş takip sistemleri, PV/Termal sistemleri, performans ve verimlilik üzerine çalışmalar devam etmektedir. Bu çalışmada; bifacial PV panel (çift yüzlü PV) ve faz değişim malzemeleri ile bütünleştirilmiş ve jet çarpmalı yeni nesil havalı güneş kollektörünün; nümerik (CFD; Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) analizi Autodesk CFD ile yapılmıştır. CFD analizi için havalı güneş kollektörün 3D modeli Solidworks'ta oluşturulmuştur. Hibrit tip havalı güneş kollektörün sahip olduğu her bir bölümüne ait hız ve sıcaklık dağılımlarına ilişkin sonuçlar grafiklerle verilmiştir. PV bölümün kollektörde havayı ön ısıtmaya tabi tuttuğu ve jet çarpmanın hava çıkış sıcaklığında önemli etkisi olduğu belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Havalı Güneş Kollektörü, Bifacial PV, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği, Faz Değişim Malzemeleri, Jet Çarpma

ABSTRACT

Solar air collectors are one of the basic elements of thermal solar systems used in applications such as drying and heating. In order to make more use of solar energy as an alternative energy source, collector types and structures, different connection and flow patterns and the use of thermal collectors together with phase change materials (PCM) are being studied. In PV panels, design parameters, solar tracking systems, PV/Thermal systems, performance and efficiency studies are continuing. In this study; numerical analysis of jet impact State-of-the-art studies of solar air collectors the integrated with bifacial PV panel and phase change materials was performed with Autodesk CFD. The 3D model of the solar air collector for CFD analysis was created at Solidworks. The results of velocity and temperature related each section of the hybrid type solar air collector are given by graphs. It was determined that the PV section preheated the air and jet impact had significant effect on air outlet temperature in the collector.

KEYWORDS: Solar air collectors, Bifacial PV, CFD, Phase Change Material, Jet Impact

1. GİRİŞ

Güneş kollektörü, binaların ısıtılması, soğutulması, endüstriyel bitkilerin kurutulması, elektrik üretimi ve sıcak su üretimi gibi uygulamalarda kullanılan temel elemanlardan biridir. Son zamanlarda havalı güneş kollektörleri üzerine yapılan akademik çalışmalar; genellikle kollektörlerin yapıları, hava akış analizleri ve faz değişim malzemeleri (PCM) ile birlikte kullanımı üzerine odaklanmıştır. PV panellerde ise tasarım parametreleri, güneş takip sistemleri, PV/Termal sistemleri, performans ve verimlilik üzerine çalışmalar devam etmektedir.

2. HİBRİT GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİ ÜZERİNE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Son zamanlarda yapılan çalışmalarda havalı güneş kollektörlerinin PV paneller, jet çarpma plakalar ve gizli ısı depolama malzemeleri ile kullanımının araştırıldığı görülmüştür.

2.1. PV/T KOLLEKTÖRLER

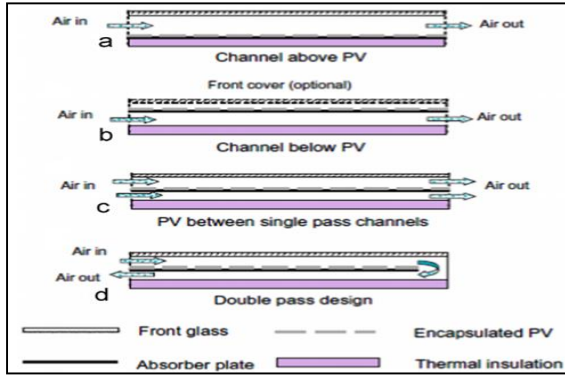
PV panellerde güneş ışınımının çoğu, elektrik enerjisine dönüşmez ve hücre sıcaklığının artması, elektriksel verimi düşürür. PV panel sıcaklığını düşürmek için son yıllarda PV panellerin tek başına kullanılmasına bir seçenek olarak aynı anda elektrik ve ısı enerjisi üretebilen, bir PV modülün soğutma donanımı ile birlikte kullanıldığı hibrit güneş pili/termal kollektör (PV/T) sistemleri üzerinde çalışmalar yoğunlaşmıştır. PV/T kullanımı binaların çatısında daha az yer kaplayarak hem alan tasarrufu sağlamakta, hem de elektrik enerjisinin yanı sıra sıcak su veya sıcak hava ihtiyacını da karşılamaktadır. Günümüz teknolojisinde kullanılan PV hücreler güneş enerjisini %20'den daha düşük bir verimle elektrik enerjisine dönüştürmektedir. Gelen güneş enerjisinin %80'inden fazlası çevreye atılır [1].

Standart PV panellerden farklı olarak, bifacial PV panellerde alt ve üst yüzeylerde PV hücresi bulunmaktadır. Panelin arka yüzeyine yansıyan toplam ışınım, çevreden yansıyan ve yarısaydam modülden geçen ışınımın kombinasyonudur. Böylelikle bifacial panel standart bir PV ile aynı miktarda Silisyum kullanarak ve daha az fiziksel alanla standart bir hücreden daha fazla enerji üretmeye izin verir. Monofacial modüller ile karşılaştırıldığında bifacial modülün verimi panelin arka tarafındaki güneş ışınımının kalitesi ve dönüşüm verimliliğine bağlıdır. Bifacial PV panellerde arka yüzey, daha az kızılötesi ışınım emdiği için daha az ısınır ve dolayısıyla daha yüksek elektriksel verimlilikte çalışır [2]

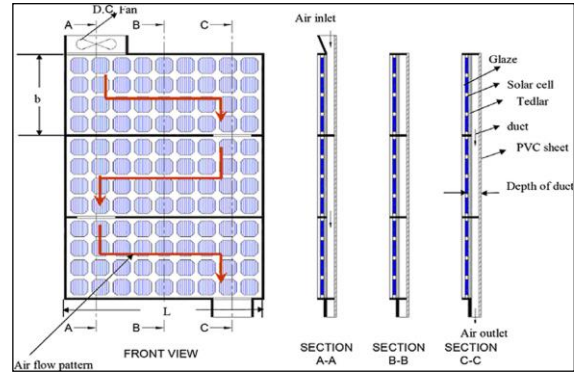
PV/T Kollektör eşzamanlı olarak güneş enerjisinden elektrik ve ısı üreten bir fotovoltaiik ve bir termal (PV/T) kollektörün kombinasyonudur. PV/ T' nin bu ikili kombinasyonu daha yüksek enerji dönüşümü sağlayarak daha fazla güneş enerjisinin kullanımını sağlar. Bir PV modülüne gelen güneş enerjisinin çoğu hücrelerin sıcaklığını yükselttiğinden modülün veriminde azalmaya neden olur. Yüksek bir elektriksel çıktı için bu fazla ısının atılması gerekir. PV/T teknolojisi düşük ve orta sıcaklıkta uygulamalar için bu atık ısının bir kısmını kullanır [2].

Hegazy [3], dört farklı tasarım kullanarak karşılaştırmalı bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu dört tasarım Şekil 1' de görüldüğü gibi hava akış kanalının a) yutucu plakanın üstünde b) yutucu plakanın altında c) yutucu plakanın her iki tarafında ve d) çift geçişli biçimlerden oluşmaktadır. Simülasyon sonuçları elektriksel ve termal verim açısından b ve d kombinasyonlarının benzer olduğunu ve en iyi performansın a. konfigürasyonda elde edildiğini göstermiştir.

Agrawal ve ark. [4] tarafından, camlı PV/T hava kollektörü için Temmuz 2010-Haziran 2011 boyunca açık günlerde deneysel çalışma gerçekleştirilmiştir. Şekil 2' de camlı hibrit PV/T hava kollektörü şematik olarak görülmektedir. PV modüller 0.54 m 1.12 m ölçülerinde 0.002 m derinlikte dikdörtgen PVC hava kanalı üzerine monte edilmiştir. PV modül tarafından üretilen ortalama gücün 141,4 W olduğu, DC fan tarafından tüketilen gücün 21.3W olduğu görülmüştür.



Şekil 1. PV/T kolektörlerin kesit görünümü

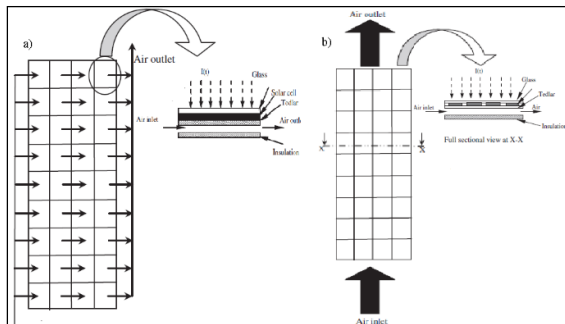


Şekil 2. Camlı hibrit PV/T hava kolektörü

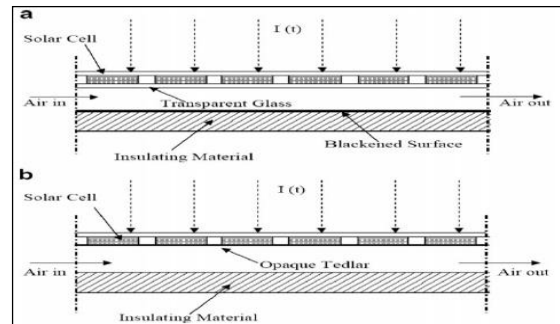
Kumar ve ark. [5] alt kanalında dikey kanat bulunan çift geçişli PV/T hava kolektörün performansını araştırmışlardır. Alt kanalda dikey kanat bulunması, hava kanalının derinliği, akış hızı, giriş havası sıcaklığı ve paketlemenin termal ve elektriksel verim üzerine etkisini değerlendirmişlerdir. Genişletilmiş kanat alanı, hücre sıcaklığını 82 °C' den 66 °C' ye düşürmüştür. Kanat eklenmesi, termal ve elektriksel verimi sırasıyla %15.5 ve %10.5 arttırmıştır. En yüksek termal çıkış 0.12 kg/s hava debisinde olmuştur. PV/T kolektörünün toplam eşdeğer termal elektrik verimliliği yaklaşık % 17 artmıştır.

Agrawal ve ark [6]. camlı kare hava kanallı PV/T, camsız kare hava kanallı PV/T ve geleneksel düz hava kanallı PV/T hava kolektörün performans analizini karşılaştırmışlardır.(Şekil 3). Camsız PV/T hava kolektörün yıllık termal ve exerji kazanımının camlı PV/T ' ye kıyasla % 27 ve % 29.3 ve geleneksel PV/ T hava kolektörüne kıyasla % 61 ve % 59,8 daha yüksek olduğu bulunmuştur. Ayrıca camlı ve camsız kare hava kanallı PV/T kolektörün exerji verimi geleneksel düz hava kanallı hibrit PV/T hava kolektörüne kıyasla % 9.6 ve% 53.8 daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Dubey ve ark. [7], New Delhi' de (A tipi: PV modülün alt ve üstünde cam olan hava kanallı, B tipi: PV modülün alt ve üstünde cam olan hava kanalı olmayan, C Tipi: PV modülün üstünde cam altında mat plaka bulunan hava kanallı ve D Tipi: PV modülün üstünde cam altında mat plaka bulunan hava kanalı olmayan) Dört farklı konfigürasyonu deneysel olarak incelemişlerdir. Şekil 4' te a)Camdan cama ve b) camdan mat yüzeye hava kanallı kolektör kesit görünümü görülmektedir. 4 model arasında A tipi PV/T hava kolektörünün daha yüksek çıkış havası sıcaklığının yanı sıra daha yüksek elektriksel verime sahip olduğu gözlenmiştir. A ve B tipi kolektörlerin yıllık ortalama verimi sırasıyla % 10.41 ve % 9.75 olmuştur.



Şekil 3. a) kare kanallı b) düz kanallı kolektör[6].



Şekil 4 Camdan a) cama ve b) mat yüzeye

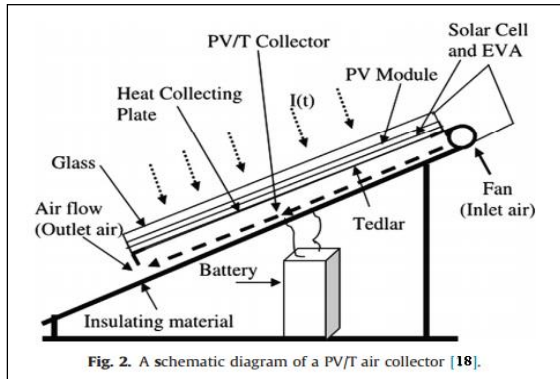
Kamthania ve ark. [8] tarafından, mahal ısıtması için çift geçişli yarısaydam PV/T hava kolektörünün performans değerlendirmesini yapmışlardır. Yıllık termal ve elektrik enerjileri

sırasıyla 480.81 kW h ve 469.87 kW h olduğu bulunmuştur. Sistem tarafından üretilen yıllık toplam termal enerji 1729.84 kWh olarak hesaplanmıştır. Oda havası sıcaklığının tipik bir kış günü için ortam hava sıcaklığından yaklaşık 5-6 °C daha yüksek olduğu görülmüştür.

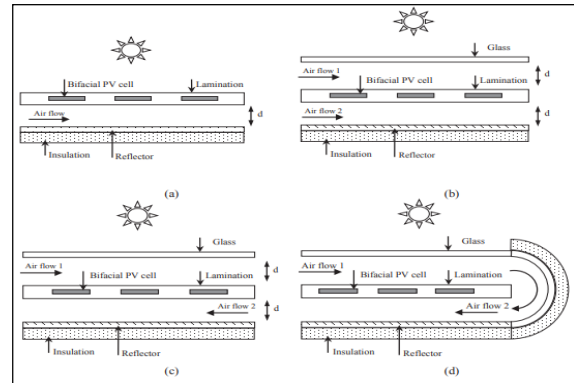
Joshi ve ark [9] tarafından, Hindistan'ın dört iklim koşulu için hibrit PV/T paralel plakalı hava kolektörünün performansları araştırılmıştır. Şekil 5' de bir PV/T hava kolektörünün şematik diyagramı görülmektedir. Her biri 0.61 m²'lik etkin alana sahip iki PV modülü seri olarak bağlanmıştır. PV modülü tedlar olarak bilinen modülün arkasındaki film plakanın altına hava kanalı ile bir ahşap yapıya monte edilmiştir. Tedlar, PV modülüne daha iyi destek sağlamak için güneş pili altında kullanılan korozif olmayan bir yalıtım malzemesidir. Sonuçlar, PV/T hava kolektörünün anlık enerji ve ekserji verimliliğinin sırasıyla % 55-65 ve % 12-15 arasında değiştiğini göstermiştir.

Sarhaddi ve ark [10], bir PV/T hava kolektörünün performansını incelemişlerdir. Tipik bir PV/T hava kolektörünün termal ve elektriksel parametrelerini, ekserji elemanlarını ve ekserji verimliliğini hesaplamak için ayrıntılı bir enerji ve ekserji analizi yapmışlardır. PV/T hava kolektörünün termal verimliliği sırasıyla % 17.18, elektriksel verimliliği, % 10,01, toplam enerji verimliliği % 45 ve ekserji verimliliği % 10.75 olduğu görülmüştür.

Poorya Ooshaksaraei ve ark. [11] bifacial PV/T güneş kolektörlerinin dört yeni tasarımını karşılaştırmışlardır. Çalışmaları kararlı durum koşulunda termodinamiğin birinci ve ikinci yasalarına göre yapmışlardır. Dört modelin deneysel ve teorik olarak enerji çıkışlarını karşılaştırmışlardır. 2, 3 ve 4. Modellerde elektriksel verimin cam kapak tarafından emilim ve yansıma nedeniyle 1. ye göre daha düşük olduğu görülmüştür. Elektrik enerjisi 0,03- 0,14 kg/s hava akış hızında termal enerji ile karşılaştırıldığında çok fazla etkilenmediği görülmüştür. 2 modelde 4. modele göre alt kanala daha düşük sıcaklıkta hava girdiği için enerji verimliliği daha yüksek olmuştur.



Şekil 5. PV/T hava kolektörü şematik görünümü

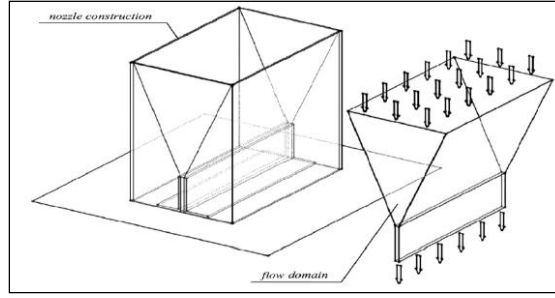


Şekil 6 a) Tek geçişli b) Paralel çift geçişli c) çift geçişli karşı akışlı d) çift geçişli geri dönüşlü [11]

Xingshu Sun ve ark. [12] kapsamlı bir modelleme yaparak bifacial güneş modülleri optimizasyonunu araştırmışlardır. Yapılan araştırmaya göre toprak kaynaklı bifacial modüllerin kazanımları dünya çapında % 10'dan azdır. Yapılan çalışmada yansıma oranının 0,5'e yükseltilmesi ile yerden 1 m yüksekliğindeki modüller,% 30'a kadar bifasiyal kazancı artırabileceği görülmüştür. Zemine monte edilmiş, dikey, doğu batı cepheli bifacial güneş modüllerinin 0.5 yansıma oranında 30° eğim altında %15 e kadar performans gösterecekleri görülmüştür.

Xingshu Sun ve ark. [13] kapsamlı bir modelleme yaparak bifacial güneş modülleri optimizasyonunu araştırmışlardır. Yapılan araştırmaya göre toprak kaynaklı bifacial modüllerin kazanımları dünya çapında % 10'dan azdır. Yapılan çalışmada yansıma oranının 0,5'e

Nusselt sayısı üzerine etkisini araştırmıştır. Darbe jetleri kullanan havalı güneş kollektörünün veriminin yüksek olduğunu ve en iyi modelini geliştirmeye yardımcı olabileceğini sunmuştur.



Şekil 9. Jet çarpma için kullanılan nozulun şematik görünüşü

2.3. GİZLİ ISI DEPOLAMALI HAVA KOLLEKTÖRLERİ

Enerji depolama; daha sonra kullanılmak üzere bir depolama sistemine enerji verilmesi şeklinde özetlenebilir. Termal enerji depolama (TED), bir malzemenin soğutulması, ısıtılması, eritilmesi, katılaştırılması veya buharlaştırılması ile enerjinin depolanması; işlem tersine çevrildiğinde de depolanan bu enerjinin kullanılması şeklinde tanımlanabilir. TED; bina ısıtma, sıcak su, soğutma-iklimlendirme, sera ısıtma, kurutma gibi alanlarda farklı uygulamalarda kullanılmaktadır. Depolamada kullanılacak malzemenin yüksek enerji yoğunluğuna yani yüksek depolama kapasitesine sahip olması, ısı transferi için kullanılacak akışkan ile depolama malzemesi arasında uygun ısı transferi, depolama malzemesinin mekanik ve kimyasal kararlılığı ve depolama süresince ısı kayıpların önlenmesi TED sistem tasarımında dikkat edilmesi gereken temel parametrelerdendir

Isıl enerji depolamada, temelde duyulur ve gizli ısı depolama yöntemleri bulunmaktadır. Faz değiştiren malzemeler (FDM), katı maddelere göre daha fazla enerji depolamaları ve dolayısıyla daha küçük depolama hacmine ihtiyaç duyduklarından, gizli ısı depolama sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Organik FDM' ler arasında parafin kolay ulaşılabilir olması sebebiyle ısı depolama uygulamalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Parafin kullanımının olumsuz tarafı ise; erime-donma (şarj-deşarj) işlemleri esnasında ısıl iletkenliğinin düşük olması nedeniyle ısı transfer hızının da düşük olmasıdır. Parafinin ısıl iletkenliğini arttırmak için uygulanan birçok yöntem bulunmaktadır [18].

Dincer [19], termal enerji depolama sistemlerinin tanımlanması, değerlendirilmesi ve kullanılmasının ele alındığı çalışmada; bu sistemlerin ekonomik yönlerini, çevresel faktörlerini ve enerji tasarrufu potansiyellerini incelemiştir. Farklı uygulamalar ve örneklerin araştırıldığı çalışmada özellikle duyulur ısı depolamanın önemi vurgulanmış, uluslararası olarak en ekonomik ve pratik enerji depolama tekniği olarak kabul edildiği ifade edilmiştir. Çalışmada ele alınan uygulamaların enerji ve ekserji analizi yapılmış olup, duyulur bir ısı depolama sisteminin etkinliğinin ekserji analizi ile daha gerçekçi ve anlamlı ölçülebileceği belirtilmiştir. Alva vd. [20] tarafından yapılan çalışmada farklı ısıl enerji kaynakları bağlamında TED' in rolü ve fosil yakıt ihtiyacını nasıl azalttığı açıklanmıştır. Güneş enerjisi üretimi, bina termal konforu ve diğer uygulamalarda TED kullanımının incelendiği çalışmada termal enerji depolama alanının önemi üzerinde durulmuştur. Ayrıca aktif ve pasif TED sistemlerinin tasarım parametreleri, işletme sorunları ve maliyet modeli analiz edilmiştir. TED kullanımının en önemli amaçlarından biride bina enerji tüketimini azaltmaktır.

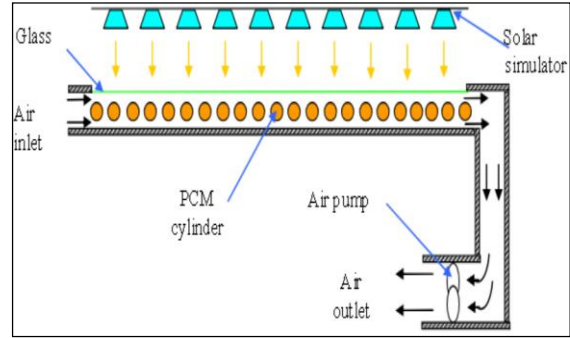
Yılmazoğlu [21]. yaptığı çalışmada TED yöntemlerinden; sıvılarda, katılarda, mevsimsel, kimyasal ve faz değiştiren maddelerde depolama hakkında bilgi vermiş ve bina uygulamalarında bu yöntemlerin seçiminde dikkat edilmesi gereken noktaları belirtmiştir.

Bouadila ve diğ. [22] gizli enerji depolama havalı güneş kollektörünün performansını incelemek için deney seti inşa etmiştir. Termodinamiğin hem birinci hem de ikinci yasasını kullanarak Enerji ve ekserji verimliliklerini Kapalı/Açık ve Açık çevrim modunda hesaplamışlardır. Deney sonuçları, kollektörün, şarj modu sırasında güneş ışımasının dalgalanmasına bakılmaksızın, gece 11 için deşarj işlemi boyunca $200 \text{ W} / \text{m}^2$ 'lik faydalı bir ısıda kaldığını göstermiştir. Kollektörün net günlük enerji verimliliği açık çevrim modunda % 35, kapalı açık çevrimde % 32 ile % 45 arasında değişirken, günlük ekserji verimliliği %13 ile % 25 arasında değişmektedir. Şekil 10'da görüldüğü gibi, siyah bir kaplamaya sahip küresel kapsüllerden oluşan bir paketlenmiş yatak emiciden oluşmuştur.

Alkilani ve diğ. [23] deşarj işlemi sonrası çıkış havası sıcaklığını tahmin etmek için PCM' li havalı güneş kollektörü üzerinde çalışmışlardır. Çalışma, Şekil 11'de şematik görünümü verilen sistemde $0.05\text{--}0.19 \text{ kg/s}$ aralığında 8 farklı debide yapılmıştır. Sistemde tek bir cam kapak ve herbiri absorber gibi davranan silindirlere bölünmüştür. Silindirler boyunca rejim şartlarında hava akışı olmaktadır. PCM %0.5' i alüminyum tozu olan parafinli balmumundan oluşturulmuştur. Başlangıçta sıvı fazında (50°C) olan PCM güneş simülasyonu ile 28°C de oda sıcaklığında silindirler üzerine hava pompalanana kadar ısıtılmıştır. Her bir debide önemli bir faktör olan donma zamanı incelenmiştir. Donma süresinin hava akış hızıyla ters orantılı olduğu görülmüş ve en uzun donma süresi (yaklaşık 8 saat) 0.05 kg/s 'lik bir debide gerçekleşmiştir.



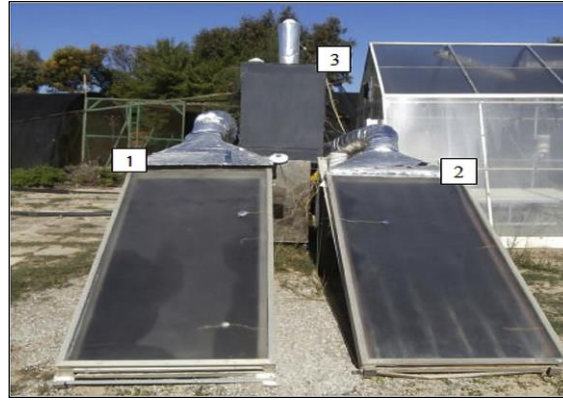
Şekil 10. Gizli enerji depolamalı hava kollektörü.



Şekil 11. PCM silindirli bir hava kollektörü

El-Khadraoui ve diğ.[24] yaptıkları deneysel çalışmada Faz Değişimli Malzeme (PCM) kullanan dolaylı tip konveksiyonlu bir güneş kurutucu tasarlamışlar (şekil 12). Kurutma sistemi kurutma maddesinin doğrudan ısıtılması için bir havalı güneş kollektörü ile bir güneş enerjisi akümülatöründen (PCM oyuklu güneş hava toplama cihazı) ve bir kurutma odasından oluşmaktadır. Şarj etme ve boşaltma işlemlerini değerlendirmek için, deneyleri gündüz ve gece gerçekleştirmişlerdir. Güneş enerjisi akümülatörünün günlük enerji verimliliği % 33.9' a ulaşırken, günlük ekserji veriminin % 8.5'e ulaştığını, güneş enerjisi akümülatörünü kullandıktan sonra kurutma bölgesinin sıcaklığının tüm gece 4°C ila 16°C arasında ortam sıcaklığından daha yüksek olduğunu ve kurutma odasındaki bağıl nemin, ortam bağıl neminden % 17- 34.5 daha düşük olduğunu belirtmişlerdir.

Navarro ve diğ [25] yaptıkları çalışmada biri katlar arası klasik döşeme olan diğerinde de döşeme olukları arasında PCM kullanılan iki hücreli bir yapı inşa etmişlerdir. Bu teknolojinin (güneş enerjisi ve PCM) bina tasarımına entegrasyonunda amaç, enerji tüketiminin azaltılmasıdır. Döşeme, depolama birimi ve ısıtma kaynağı olarak kullanılan, makro kapsüllü PCM ile dolu 14 kanallı, prefabrike bir beton elemandan oluşturulmuştur. Deneysel çalışma sonunda geleneksel bir ısıtma sistemine kıyasla, enerji tüketimini azaltma konusunda döşeme olukları arasında PCM kullanılan beton levhanın yüksek potansiyeli olduğuna vurgu yapmışlardır.



Şekil 12. 1) Güneş Enerji Akümülatörü 2) havalı güneş kollektörü 3) kurutma odası

2.4. HAVA KOLLEKTÖRLERİNDE CFD ANALİZLERİ

Al-abidi ve ark. [26] PCM' lerde ısı transferini incelemek için CFD programları kullanarak sayısal modelleme üzerine çalışmalar yapmışlardır. Boulemtafes ve ark [27] enine engelli bir hava kollektöründe ısı transferinin CFD analizini yapmışlardır.

Sharma ve Thakur [28] tarafından yapılan çalışmada yutucu plakanın altında 60° eğimli V şekilli yapay pürüzlü yutucu plakalı hava kollektörünün ısı transferi ve sürtünme kaybı özelliklerini araştırmak için CFD analizi yapmışlardır. Çalışmaları sonucunda 1) CFD analizleri, ısı transferinin artışında akışkandaki dönme hareketi, akışkanın ayrılması ve tekrar birleşmesi kombine etkisinin olduğunu öngörmüştür. 2) Pürüzlülük yüksekliği (e / D) ve göreceli pürüzlülük aralığının tüm kombinasyonları için Reynolds sayısındaki artışla sürtünme faktörünün azaldığı, Nusselt sayısının arttığı görülmüştür. 3) çalışma sonucunda havalı kollektörlerde yüksek ısı transferi sağlamak için V şekilli pürüzlülük önerilmiştir.

Bhagoria [29], hava kollektörü kanalında yutucu plakanın altında kare kaburga şeklindeki pürüzlülüğü olan kollektörde FLUENT 6.2 kullanarak bir hesaplama analizi gerçekleştirmiştir. İki boyutlu hesaplama alanı ve alan üzerindeki üniform mesh alanı şekilde görülmektedir. Yaptığı çalışmada ısı transfer hızının artmasında, türbülanslı akışının etkisinin olduğunu bulmuştur. En yüksek Nusselt sayısını, diğer pürüzsüz kanal ve engelsiz yutucu plakaların P / e değerleriyle kıyasladığında $P/e=14$ te kare kesitli pürüzlülükte bulmuştur. Pürüzlü kollektörlerin pürüzsüz kollektörlerden iki kat daha fazla verimli olduğunu gözlemlenmiştir. Yapay pürüzlülük, sürtünme faktörü ve Nusselt sayısında artışa sebep olmuştur.

Kumar ve ark. [30] çalışmasında havalı kollektörde dikdörtgen kanaldaki hava akışının ısı geçişi ve sürtünme özellikleri üzerine CFD tabanlı analiz sonuçlarını sunmuştur. Yapılan çalışmada v-kabukların pürüzsüz yüzey üzerinde, ısı transferi ve sürtünme kayıplarında önemli artış olduğunu göstermiştir. CFD model sonuçları atmosferik hava x-ekseni boyunca dikdörtgen kanalda girdiğini, türbülanslı bölgede parçacıkların hızının yüzeye yakın yerlerde neredeyse sıfıra yakın olduğunu, Bu bölgede parçacıkların düşük kinetik enerjiye sahip olduğunu göstermiştir. Bu bölge ısı transferinde bir bariyer gibi davranan laminer akışın olduğu alt tabakadır.

Elbahjaoui ve ark.[31] tarafından yapılan çalışmada ısı depolama tankının CFD analizi yapılmış olup; katı-sıvı ara yüzeyin zamanla değişimini grafiklerle sunmuşlardır.

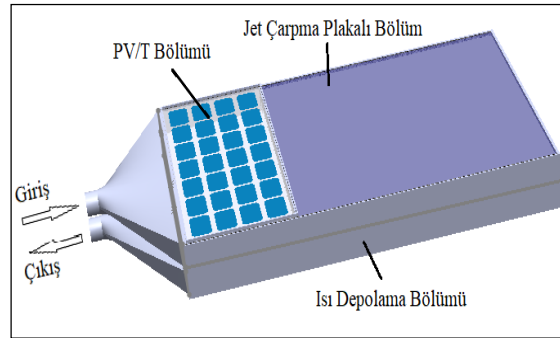
Yapılan literatür araştırmasında havalı ve sulu olmak üzere PV/T kollektörler, jet çarpmalı kollektörler, farklı yutucu plakalı kollektörler ve gizli ısı depolamalı kollektörler üzerine

çalışmaların mevcut olduğu ve son yıllarda bu çalışmaların sayısında hızlı bir artış olduğu görülmüştür. Ancak bifacial PV entegreli, gizli ısı depolamalı ve jet çarpmalı sistemlerden oluşan hibrit hava kollektörleri üzerine çalışmaların olmadığı görülmüştür. Bu çalışmada; bifacial pv entegreli, gizli ısı depolamalı ve jet çarpmalı hibrit hava kollektörlerinden oluşan hibrit tip bir havalı kollektörün numerik analizinin yapılması amaçlanmıştır.

3. MATERYAL

3.1. HİBRİT TİP HAVALI GÜNEŞ KOLLEKTÖRÜ

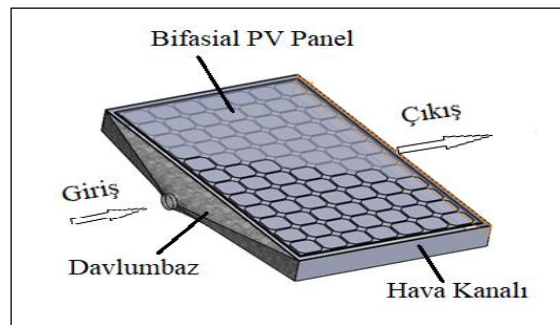
Bu çalışmada, bifacial PV panel, faz değişim malzemesi, düz yutucu plakalı ve jet çarpmalı havalı güneş kollektörün entegre edilmesinden oluşan yeni nesil enerji depolamalı hibrit kollektörün elektriksel ve termal verimliliğini artırmak ve en uygun konfigürasyonu belirlemek amacıyla CFD analizini yapmak için yeni nesil havalı güneş kollektörlerinin CFD analizi (hava akışını, ısı transferi, sıcaklık dağılımı) için kollektörün Şekil’ de görülen 3B modeli Solidworks’ de oluşturulmuştur. Daha sonra model PV/Termal, Jet çarpma plakalı ve Isı Depolama olmak üzere 3 bölüm olarak 5m/s hava hızında Autodesk CFD yazılımı ile numerik analizi yapılmıştır. CFD analizde laminar metod kullanılmıştır.



Şekil 13. CFD analiz için tasarlanan hibrit tip havalı güneş kollektörü

3.1.1. PV/TERMAL BÖLÜMÜ

Hibrit kollektörün bu bölümünde Bifacial PV panel, önerilen sistemde havanın ön ısıtılmasında ve hava hareketi için gerekli enerjiyi sağlaması hedeflenmektedir. Faz değişim malzemesi de sıcaklığın düzgün dağılımı ve sistemin sürekli çalışmasını sağlayacaktır. Hava, PV panelin sıcaklığını düşüreceğinden bifacial PV panel daha fazla enerji üretecektir.

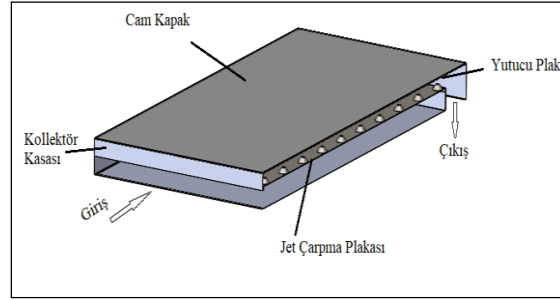


Şekil 14. PV/T Bölümü

3.1.2. JET ÇARPMA PLAKALI BÖLÜM

Havalı güneş kollektörlerinin termal verimi, havanın ısıl kapasitesinin azlığı nedeni ile nedeni ile düşük çıkmaktadır. Termal verim gelen güneş ışınımı, yutucu plakadan ısı kaybı, hava ile yutucu plaka arasında ısı iletim katsayısı gibi parametrelere bağlıdır. Kollektöre gelen güneş ışınımının yoğunluğunun artması ve kollektörden ısı kayıplarının azaltılması ile havalı güneş kollektörlerinin termal verimi artırılabilir. Isı iletim katsayısını arttırmak için hava akış kanalı

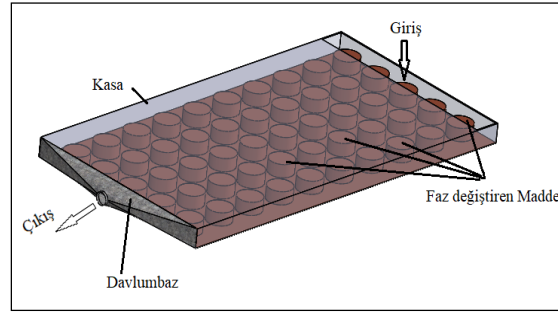
geliştirilebilir. Tasarlanan havalı kollektörde, ısı transferini arttırmak için mat yüzeyli ve bakır malzemeli düz yüzeyli yutucu plaka ve altında paslamaz çelik nozul delikli jet çarpma plakası bulunmaktadır (Şekil 15).



Şekil 15. Jet Çarpma Plakalı Termal Bölüm

3.1.3. ISI DEPOLAMA BÖLÜMÜ

Gizli ısı depolama malzemesi olarak parafin sistem üzerinde analiz edilmiştir. Nümerik analiz sonuçları ile teorik olarak en uygun hibrit hava kollektörü tasarım geometrilerini belirlenmesi hedeflenmiştir.

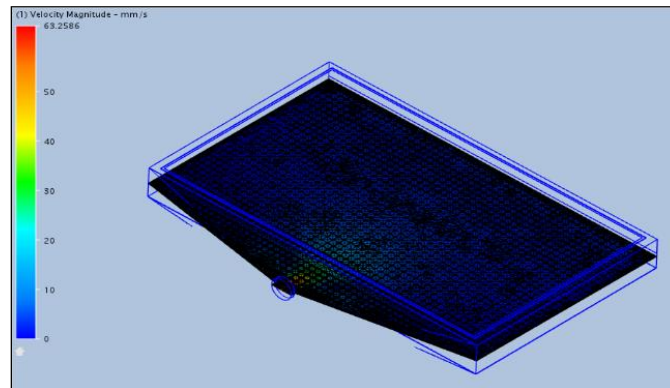


Şekil 16. Hibrit hava kollektörü gizli ısı depolama yatağı görünümü

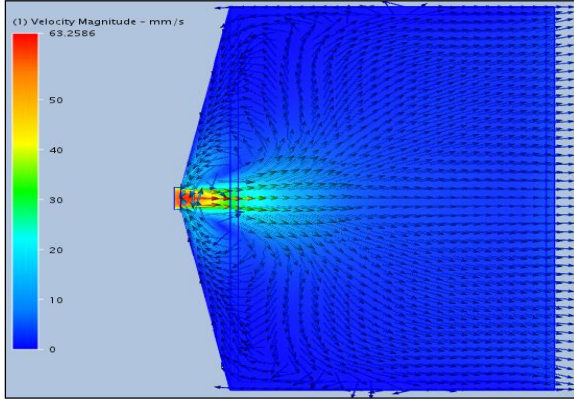
3.2. HİBRİT TİP HAVALI GÜNEŞ KOLLEKTÖRÜNÜN CFD ANALİZİ

3.2.1. PV/TERMAL BÖLÜMÜ

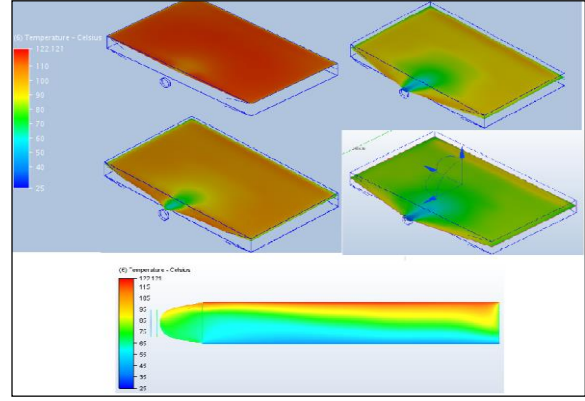
Şekil 17' de hibrit hava kollektörünün PV/Termal Bölümü CFD analizinde hesaplanan mesh yapısı Şekil 18' de, 25 °C sıcaklık ve 5m/s hava giriş hızı ile yapılan nümerik analiz sonucunda hız vektörleri görülmektedir. Şekil 19' da ise PV/Termal bölümüne ait sıcaklık dağılımı görülmektedir. Bifacial PV panelin yüzey sıcaklığının kollektöre giren havanın ısı çekmesi yardımıyla düştüğü ve dolayısıyla havanın ön ısınmış olduğu görülmüştür. Ortalama çıkış hava sıcaklığının 45 °C olduğu belirlenmiştir.



Şekil 17. PV/Termal bölümü mesh yapısı



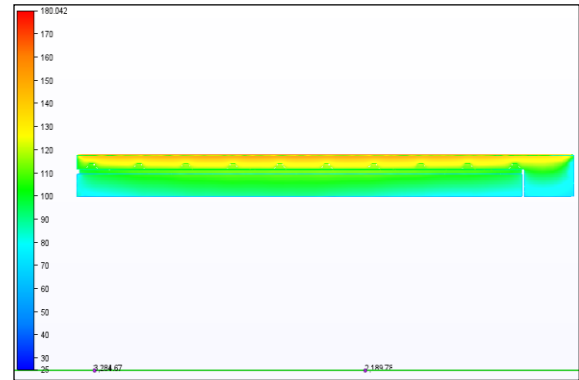
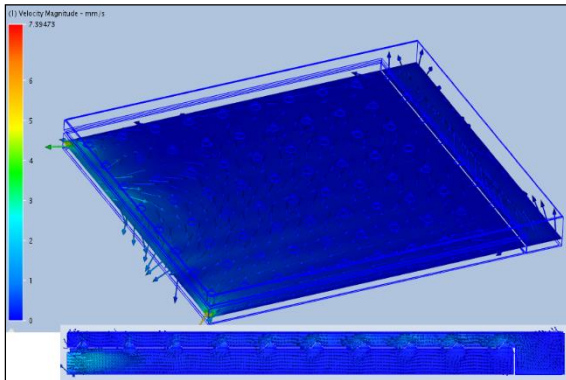
Şekil 18. PV/T Hız Vektörü (hava giriş hızı 5m/s)



Şekil 19. PV/T sıcaklık dağılımı

3.2.2. JET ÇARPMA PLAKALI TERMAL BÖLÜMÜ

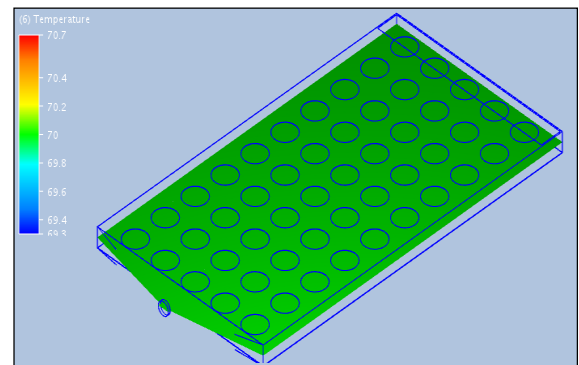
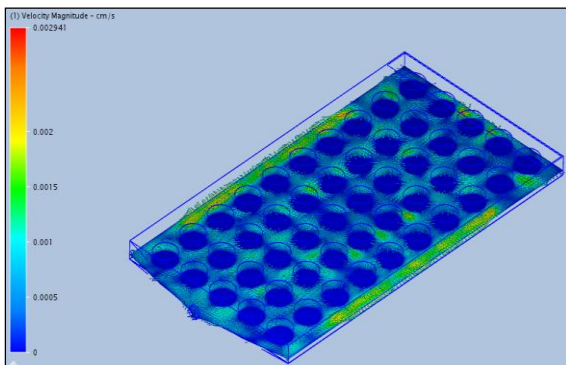
Yapılan teorik ve deneysel çalışmalarda havanın jet çarpma plakala nozullarından geçirilerek yutucu plakaya çarpıtılması neticesinde yutucu plakanın havaya sürtünme faktörünün ve dolayısıyla ısı transferinin arttığı görülmüştür. Şekil 20 a'da termal bölüme ait hız dağılımı ve b) sıcaklık dağılımı görülmektedir. Havanın 5m/s giriş hızı ve 25 °C giriş sıcaklığında laminar metod ile yapılan analiz sonucunda termal bölüm çıkış sıcaklığının ortalama 90 °C' ye çıktığı görülmektedir.



Şekil 20. Hibrit kollektör termal bölümü a) hız dağılımı) b) sıcaklık dağılımı

3.2.3. ISI DEPOLAMA BÖLÜMÜ

Bu bölümde 5 m/s giriş hızı ve havanın termal kollektörde 70 °C' ye tam ısınmış olduğu kabulüyle yapılan analize ait hız ve sıcaklık dağılımı şekil 21-22' de görülmektedir. Sıcaklık dağılımının PCM üzerinde aynı görülmesinin sebebi analizin zamana bağlı değilde sürekli rejim şartlarında yapılmış olmasındandır. Nihayetinde Hibrit kollektörün bu bölümünde sıcaklık her yerde aynı değere (70 °C') sahip olmuştur.



Şekil 21. gizli ısı depolama yatağı hız dağılımı

Şekil 22. gizli ısı depolama yatağı sıcaklık dağılımı

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan bu numerik çalışmada elektriksel verimleri ihmal edilen ısı depolamalı hibrit bir PV/T sistemi tasarlanarak termal analiz yaklaşımı ele alınmıştır. Yapılan numerik analiz sonucunda PV/T sistemlerinde ısı iletim katsayısı yüksek olan metaller kullanılırsa geleneksel sistemlere göre daha verimli olacağı görülmüştür.

Ayrıca PVT sistemlerin sıcaklığa bağlı elektriksel verimlerindeki azalmayı engellemeye yönelik sonraki çalışmalarda panel yüzeyine mikro kanal yapılması, ısı transferini artırma etkisi oldukça yüksek yeni malzemelerden alüminyum veya Bakır köpük malzemelerin kullanılması ve farklı dizilimlerinin etkilerinin incelenmesi gerekliliği sonucuna varılmıştır.

Isı depolama malzemeleri arasında kullanımı en yaygın olan maddelerden olan parafinin ısı iletkenliğinin düşük olması nedeniyle erime-donma (şarj-deşarj) işlemleri esnasında ısı transfer hızı da düşük olduğundan parafine nanopartikül eklemeler yapılarak deneysel ve numerik çalışmaların yapılması gerekmektedir.

İleriki çalışmalarda, ele alınan kollektörde numerik analizi yapılan bölümler bütünleşik bir şekilde ve birbirine etkisi olacak şekilde analiz edilecektir.

5. KAYNAKLAR

[1] Huang, B. J., Lin, T. H., Hung, W. C., Sun, F. S. 2001. “Performance Evaluation Of Solar Photovoltaic/Thermal Systems”, Solar Energy, 70(5), 443-448

[2] J. Appelbaum, Bifacial photovoltaic panels field, Renew. Energy 85 (2016) 338- 343.

[3] Hegazy Adel A. Comparative study of the performances of four photovoltaic/ thermal solar air collectors. Energy Convers Manag 2000;4: 861–81.

[4] Sanjay Agrawal, G.N. Tiwari. Exergoeconomic analysis of glazed hybrid photovoltaic thermal module air collector. Solar Energy 86 (2012) 2826–2838

[5] Rakesh Kumar, Marc A. Rosen. Performance evaluation of a double pass PV/T solar air heater with and without fins. Applied Thermal Engineering 31 (2011) 1402-1410

[6] Sanjay Agrawal, G.N. Tiwari. Overall energy, exergy and carbon credit analysis by different type of hybrid photovoltaic thermal air collectors. Energy Conversion and Management 65 (2013) 628–636

[7]. Swapnil Dubey, G.S. Sandhu, G.N. Tiwari. Analytical expression for electrical efficiency of PV/T hybrid air collector. Applied Energy 86 (2009) 697–705

[8]. Deepali Kamthania, Sujata Nayak, G.N. Tiwari. Performance evaluation of a hybrid photovoltaic thermal double pass facade for space heating. Energy and Buildings 43 (2011) 2274–2281

[9]. Anand S. Joshi, Arvind Tiwari. Energy and exergy efficiencies of a hybrid photovoltaic–thermal (PV/T) air collector. Renewable Energy 32 (2007) 2223–2241

- [10] F. Sarhaddi, S. Farahat, H. Ajam, A. Behzadmehr. Exergetic performance assessment of a solar photovoltaic thermal (PV/T) air collector. *Energy and Buildings* 42 (2010) 2184–2199
- [11] Poorya Ooshaksaraei, Kamaruzzaman Sopian, Saleem H. Zaidi, Rozli Zulkifli. Performance of four air-based photovoltaic thermal collectors configurations with bifacial solar cells. *Renewable Energy* 102 (2017) 279-293.
- [12] Xingshu Sun, Mohammad Ryyan Khan, Chris Deline, Muhammad Ashraful Alam. Optimization and performance of bifacial solar modules: A global perspective. *Applied Energy* 212 (2018) 1601–1610
- [13] Xingshu Sun, Mohammad Ryyan Khan, Chris Deline, Muhammad Ashraful Alam. Optimization and performance of bifacial solar modules: A global perspective. *Applied Energy* 212 (2018) 1601–1610
- [14] Sebastien A. Brideau, Michael R. Collins. Development and validation of a hybrid PV/Thermal air based collector model with impinging jets. *Solar Energy* 102 (2014) 234–246
- [15] Ranchan Chauchan, N.S. Thakur. Heat transfer and friction factor correlations for impinging jet solar air heater. *Experimental Thermal and Fluid Science* 44 (2013) 760–767
- [16] Matheswaran M.M. , Arjunan T.V., Somasundaram D., Analytical Investigation of Solar Air Heater with Jet Impingement using Energy and Exergy Analysis, *Solar Energy Manuscript Draft*, SE-D-17-02206
- [17] Miroslaw Zukowski. Heat transfer performance of a confined single slot jet of air impinging on a flat surface *International Journal of Heat and Mass Transfer* 57 (2013) 484–490
- [18]. Hüsametdin Bulut, Yunus Demirtaş. Farklı Oranlarda Al₂O₃ Nanopartikül Katkılı Parafinin Isıl Depolamada Kullanılması. 1. Uluslararası Harran Multidisipliner Çalışmalar Kongresi 2019. 134-45
- [19] Dincer, I., & Rosen, M. (2002). *Thermal energy storage: systems and applications*. John Wiley & Sons.
- [20] Alva, G., Lin, Y., & Fang, G. (2018). An overview of thermal energy storage systems. *Energy*, 144, 341-378.
- [21] Yılmazoğlu, M. Z. (2010). Isı Enerjisi Depolama Yöntemleri ve Binalarda Uygulanması. *Politeknik Dergisi*, 13(1), 33-42.)
- [22] Bouadila Salwa, Kooli Sami, Lazaar Mariem, Skouri Safa, Farhat Abdelhamid. Performance of a new solar air heater with packed-bed latent storage energy for nocturnal use. *Appl Energy* 2013;110:267–75.
- [23] Alkilani Mahmud M, Sopian K, Alghoul MA, Sohif M, Ruslan MH. Review of solar air collectors with thermal storage units. *Renew Sustain Energy Rev* 2011;15: 1476–90
- [24] Aymen El Khadraoui, Salwa Bouadila, Sami Kooli, Abdelhamid Farhat, Amenallah Guizani. Thermal behavior of indirect solar dryer: Nocturnal usage of solar aircollector with PCM. *Journal of Cleaner Production* 148 (2017) 37-48

- [25] Navarro L, Gracia A., Castell A. and Cabeza L. F., 2016. Experimental study of an active slab with PCM coupled to a solar air collector for heating purposes, *Energy and Buildings* 128 (2016) 12–21
- [26] Abduljalil A. Al-abidi, Sohif Bin Mat, K. Sopian, M. Y. Sulaiman, Abdulrahman Th. Mohammed, 2013. CFD applications for latent heat thermal energy storage. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 20 (2013) 353–363.
- [27] A. Boulemtafes, Boukadoum. 2014. A. Benzaoui, CFD Based Analysis of Heat Transfer Enhancement in Solar Air Heater Provided with Transverse Rectangular Ribs. *Energy Procedia* 50; 761 – 772
- [28] Sharma AK, Thakur NS. CFD based fluid flow and heat transfer analysis of a V-shaped roughened surface solar air heater. *Int J Adv Eng Technol* 2012; 4 (5): 2115–21.
- [29] Bhagoria JL. 2013. CFD analysis of square ribs on the absorber plate of solar air collector. In: *Proceedings of the 2nd international conference on mechanical, electronics and mechatronics engineering (ICMEME'2013)*, 17–18, London (UK)
- [30] Raj Kumar, Viswamohan Pedagogu, Anil Kumar, Robin Thakur & Anil Pundir. CFD Based Analysis Of Heat Transfer And Friction Characteristics Of Broken Multiple Rib Roughened Solar Air Heater Duct. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD)*. Vol. 3, Issue 5, Dec 2013, 165-172
- [31] Radouane Elbahjaoui, Hamid El Qarnia, Abdelouahed Naimi. Thermal performance analysis of combined solar collector with triple concentric-tube latent heat storage systems. *Energy & Buildings* 168 (2018) 438–456
- [32] Radziemska, E. (2003). The effect of temperature on the power drop in crystalline silicon solar cells. *Renewable Energy*, 28(1), 1-12.
- [33] Rahman, M. M., Hasanuzzaman, M., & Rahim, N. A. (2015). Effects of various parameters on PV-module power and efficiency. *Energy Conversion and Management*, 103, 348-358.