

T.C.  
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



YENİ BİR GÜNEŞ ENERJİLİ HAVA ISITICI ÜZERİNDE DENEYSEL  
ÇALIŞMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Rüzgar Özkan BİLDİK

Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Makine Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hasan SAYGIN

Eş Tez Danışmanı: Dr. Öğrt. Üyesi Raheleh NOWZARİ

Temmuz, 2019



T.C.  
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



YENİ BİR GÜNEŞ ENERJİLİ HAVA ISITICI ÜZERİNDE DENEYSEL  
ÇALIŞMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Rüzgar Özkan BİLDİK  
Y1413.080022

Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Makine Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hasan SAYGIN

Eş Tez Danışmanı: Dr. Öğrt. Üyesi Raheleh NOWZARİ

Temmuz, 2019





T.C.  
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

**Yüksek Lisans Tez Onay Belgesi**

Enstitümüz Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı Makine Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı Y1413.080022 numaralı öğrencisi **Rüzgar Özkan BİLDİK**'in "YENİ BİR GÜNEŞ ENERJİLİ HAVA ISITICI ÜZERİNDE DENEYSEL ÇALIŞMA" adlı tez çalışması Enstitümüz Yönetim Kurulunun 26/06/2019 tarih ve 2019/13 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından *ay.bir...* ile Tezli Yüksek Lisans tezi olarak *Kabul* edilmiştir.

Öğretim Üyesi Adı Soyadı

İmzası

Tez Savunma Tarihi : 11/07/2019

1)Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hasan SAYGIN

*Hasan Saygin*

2) ( İkinci Danışman ) Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi RAHELEH NOWZARI

*Rahelleh Nowzari*

3) Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi NIMA MIRZAEI

*Nima Mirzaei*

4) Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi SÜLEYMAN ŞİMŞEK

*Süleyman Şimşek*

5) Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Seyd Ehsan Layegh KHAVIDAKI

*Seyd Ehsan Layegh Khavidaki*

Not: Öğrencinin Tez savunmasında **Başarılı** olması halinde bu form **imzalanacaktır**. Aksi halde geçersizdir.



## YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Yeni bir güneş enerjili hava ısıtıcı üzerinde deneysel çalışma ” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (...../...../2019)

**Rüzgar Özkan BİLDİK**





*Bu tez yazım aşamasında bana desteğini eksik etmeyen sevgili eşime, tüm eğitim hayatımda benim yanımda olan desteğini ve varlığını eksik etmeyen anneme ve biricik kızım Melissa Mia'ya teşekkürlerimi sunar ve bu tezi onlara ithaf ederim.*



## **ÖNSÖZ**

Enerji hiç şüpheyle ki insan için önemlidir. Yaşamsal ve endüstriyel alanlarda kullanılan enerji ihtiyacı günden güne artmaktadır. Teknolojinin sürekli gelişmesi ile ihtiyaç duyulan enerji ihtiyacında artmakta ve günümüzde kullanılan enerji kaynaklarında bir okadar tükenmektedir. Günümüzde tüketilen enerji kaynakları çevresel zararları da günden güne etkisini göstermektedir.

Fosil enerji kaynaklarının hızla tükenmesi ve kullanılan bu enerji kaynaklarının doğaya zarar vermesi sonucu yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini arttırmıştır. Dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarını verimli bir şekilde kullanan ülkelerin sayısı gitgide artmakta olup ülkemizde henüz yeni bu enerji kaynaklarını kullanmaya başlamıştır. Bundan dolayı ülkemizde bu enerji kaynakları kullanımı için teşvik edilmeli ve yenilenebilir enerji kaynakları en çokta güneş enerjisi sistemlerinin kullanımının artırılmasına yönelik destek veren politikalar uygulamaya alınmalıdır.

Bu tez çalışmasında; endüstriyel alanların dışında konutlar ve daha küçük yapılar için çevre kirliliği sağlamayan ve kurulumunun kolay ve ekonomik şekilde sağlanarak hava ısıtması sağlayan güneş enerjisi kolektörünün deneysel çalışması ve analizi yapılmıştır.

Yüksek Lisan Tez çalışmam süresince bana yol gösteren tez danışmanım ve hocam Sayın Prof. Dr. Hasan SAYGIN'a ve her konuda ilgisini yardımını ve güvenini eksik etmeyen Eş Tez Danışmanı: Dr. Öğretim Üyesi Raheleh Nowzari'ye ilgi ve yardımlarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

**Temmuz 2019**

**Rüzgar Özkan BİLDİK**

Makine Mühendisi



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>ix</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>xi</b>
<b>KISALTMALAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>ÇİZELGE LİSTESİ</b> .....	<b>xv</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>xvii</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>xix</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xxi</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1 Güneş Enerjisi Nedir .....	2
1.2 Dünyada Güneş Enerji Sistemleri .....	4
1.3 Ülkemizde Güneş Enerjisi.....	5
1.3.1 Pasif güneş enerjisi sistemleri .....	7
1.3.2 Aktif güneş enerjisi sistemleri.....	7
<b>2. GÜNEŞ ENERJİLİ KOLLEKTÖR ÇEŞİTLERİ</b> .....	<b>9</b>
2.1 Pasif Güneş Enerji Sistemleri.....	9
2.1.1 Camlardan Isı Dağıtımı .....	9
2.1.2 Trombe Duvarı İle Pasif Isıtma.....	9
2.1.3 Sera Uygulaması .....	10
2.2 Aktif Güneş Enerjisi Sistemleri.....	11
2.2.1 Güneş kollektörü .....	11
2.2.2 Elektrik enerjisi üretiminde kullanılan kollektör çeşitleri.....	11
2.2.3 Düz plaka kollektörler.....	11
2.2.4 Vakkum tüplü güneş kollektörleri.....	12
2.2.5 Parabolik güneş kollektörleri .....	13
2.2.5.1 Isı enerjisi üretiminde kullanılan kollektör çeşitleri.....	13
2.2.6 Hava ısıtılmalı güneş kollektörler .....	14
2.3 Litaratür Araştırmaları.....	15
<b>3. METEDOLOJİ</b> .....	<b>23</b>
3.1 Deney Kurulum ve Ekipman .....	23
3.1.1 Güneş hava ısıtıcı konstrüksiyonu .....	23
3.1.2 Kolektör yatağı veya kanalı .....	28
3.1.3 Tel örgü .....	28
3.1.4 Pleksiglas delikli kapak.....	29
3.2 Deneysel Ekipmanlar .....	30
3.2.1 Piranometre .....	30
3.2.2 Termometre ve termokupl (T tipi termokopl).....	31
3.2.3 Orifismetre .....	33
3.3 Deneysel prosedür .....	35
<b>4. BULGULAR VE GRAFİKLER</b> .....	<b>37</b>
4.1 Tek Geçişli Kollektör İçin Sonuçlar.....	45

4.2 Çift Geçişli Kollektör İçin Sonuçlar.....	54
<b>5. SONUÇ .....</b>	<b>61</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>63</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>67</b>



## KISALTMALAR

<b><math>\mu</math></b>	: Termal Isıl Verim
<b><math>c_p</math></b>	: Specific heat of air (J/kg K)
<b><math>I</math></b>	: Total solar radiation incident on collector ( $W/m^2$ )
<b><math>\dot{m}</math></b>	: Mass flow rate (kg/s)
<b><math>A</math></b>	: Alan ( $m^2$ )
<b><math>S</math></b>	: Güneş değışmezi
<b><math>\rho</math></b>	: Density of air, ( $kg/m^3$ )
<b><math>Q</math></b>	: Collector useful energy (W)
<b><math>T_{out}</math></b>	: Outlet Temperature
<b><math>T_{in}</math></b>	: Inlet Temperature
<b><math>\Delta T</math></b>	: Akışkanın Kanala Giriş ve Çıkışı Arasındaki Sıcaklık Düşümü,
<b>SST</b>	: Shear Stress Transport
<b>PCM</b>	: Phase Change Material
<b>DNS</b>	: Direct Numerical Simulation
<b>LES</b>	: Large Eddy Simulation
<b>SAC</b>	: Solar Air Collector
<b>Re</b>	: Reynolds sayısı
<b>Nu</b>	: Nusselt number
<b>f</b>	: Sürtünme Faktörü





## ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
<b>Çizelge 3.1:</b> Güneş kollektörünün özellikleri .....	28
<b>Çizelge 3.2:</b> Tel Örgü Malzemenin Genel Özellikleri.....	29
<b>Çizelge 4.1:</b> Kollektör içerisindeki hava hızına göre ortalama ısı verimleri.....	56
<b>Çizelge 4.2:</b> Kollektör içerisindeki hava hızına göre basınç kayıpları .....	56
<b>Çizelge 4.3:</b> Tek geçişli kollektör içerisindeki hava hızına göre ortalama sıcaklık ve ısı verim değerleri .....	58
<b>Çizelge 4.4:</b> Çift geçişli kollektör içerisindeki hava hızına göre ortalama sıcaklık ve ısı verim değerleri .....	58



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

<b>Şekil 1.1:</b> Bükülmüş Bant Ekleri İle Genişletilmiş Yüzey Emici Güneş Hava Toplayıcısı .....	2
<b>Şekil 1.2:</b> Dünya Yüzeyine Düşen Güneş Işınları .....	4
<b>Şekil 1.3:</b> Türkiye Yıllık Ortalama Radyasyon Dağılımı .....	6
<b>Şekil 1.4:</b> Ülkemizde Yıllık Ortalama Güneşlenme Süresi .....	6
<b>Şekil 1.5:</b> Ülkemizde en çok kullanılan su ısıtıcı güneş kolektörü .....	8
<b>Şekil 2.1:</b> Örnek trombe duvarı sistemleri.....	10
<b>Şekil 2.2:</b> Örnek bir düz yüzeyli kolektör.....	12
<b>Şekil 2.3:</b> Vakum tüplü kolektör .....	12
<b>Şekil 2.4:</b> Örnek bir parabolik güneş kolektörü.....	13
<b>Şekil 2.5:</b> Güneş enerjili hava ısıtıcılarının sınıflandırılması .....	14
<b>Şekil 2.6:</b> Geleneksel Hava Isıtılmalı Kolektör ve Çalışma Prensibi .....	15
<b>Şekil 2.7:</b> Havalı güneş kolektörün kesit görünüşleri.....	18
<b>Şekil 3.1:</b> Yapılan Çalışmaya Ait Kolektörün Yandan Görünümü .....	24
<b>Şekil 3.2:</b> Yapılan Çalışmaya Ait Kolektörün Data Loger İle Üst Görünümü.....	25
<b>Şekil 3.3:</b> Yapılan Çalışmaya Ait Kolektörün Tüm Sistem Görünümü .....	26
<b>Şekil 3.4:</b> Yapılan Çalışmaya Ait Kolektörün Üstten Görünümü .....	27
<b>Şekil 3.5:</b> Örnek piranometre.....	31
<b>Şekil 3.6:</b> Örnek T tipi Termokupl .....	33
<b>Şekil 3.7:</b> Orifis metrenin çalışma prensibi .....	34
<b>Şekil 3.8:</b> Örnek bir orifis metrenin parçaları.....	34
<b>Şekil 4.1:</b> Tek Geçişli; 0,011kg/s kütle akış hızı, $\Delta T/I$ .....	37
<b>Şekil 4.3:</b> Tek Geçişli 0,011kg/s kütle akış hızı ile güneşin radyasyon dağılımı .....	38
<b>Şekil 4.4:</b> Tek Geçişli 0,011kg/s kütle akış hızı ile kolektörün ısı verimi.....	38
<b>Şekil 4.5:</b> Tek Geçişli 0,011kg/s kütle akış hızı ile dış ortam şartları .....	39
<b>Şekil 4.6:</b> Tek Geçişli 0,035kg/s kütle akış hızı ile $\Delta T/I$ .....	39
<b>Şekil 4.7:</b> Tek Geçişli 0,035kg/s kütle akış hızı ile $\Delta T$ °C .....	40
<b>Şekil 4.8:</b> Tek Geçişli 0,035kg/s kütle akış hızı ile güneşin radyasyon dağılımı .....	40
<b>Şekil 4.9:</b> Tek Geçişli 0,035kg/s kütle akış hızı ile kolektörün ısı verimi.....	41
<b>Şekil 4.10:</b> Tek Geçişli 0,035kg/s kütle akış hızı ile dış ortam şartları .....	41
<b>Şekil 4.11:</b> Tek Geçişli 0,045 kg/s kütle akış hızı ile $\Delta T/I$ .....	42
<b>Şekil 4.12:</b> Tek Geçişli 0,045kg/s kütle akış hızı ile $\Delta T$ °C .....	42
<b>Şekil 4.13:</b> Tek Geçişli 0,045kg/s kütle akış hızı ile güneşin radyasyon dağılımı ....	43
<b>Şekil 4.14:</b> Tek Geçişli 0,045kg/s kütle akış hızı ile kolektörün ısı verimi.....	43
<b>Şekil 4.15:</b> Tek Geçişli 0,045kg/s kütle akış hızı ile dış ortam şartları .....	44
<b>Şekil 4.16:</b> Tek Geçişli Kolektörün Kütle Akış Hızlarına Göre Sıcaklık Farkları ...	44
<b>Şekil 4.17:</b> Tek Geçişli Kolektörün Kütle Akış Hızlarına Göre Verimleri .....	45
<b>Şekil 4.18:</b> Çift Geçişli 0,011kg/s kütle akış hızı ile $\Delta T/I$ .....	46
<b>Şekil 4.19:</b> Çift Geçişli 0,011kg/s kütle akış hızı ile $\Delta T$ °C .....	46
<b>Şekil 4.20:</b> Çift Geçişli 0,011kg/s kütle akış hızı ile güneşin radyasyon dağılımı ....	47

<b>Şekil 4.21:</b> Çift Geçişli 0,011kg/s kütle akış hızı ile kollektörün ısı verimi.....	47
<b>Şekil 4.22:</b> Çift Geçişli 0,011kg/s kütle akış hızı ile dış ortam şartları .....	48
<b>Şekil 4.23:</b> Çift Geçişli 0,035kg/s kütle akış hızı ile $\Delta T/I$ .....	48
<b>Şekil 4.24:</b> Çift Geçişli 0,035kg/s kütle akış hızı ile $\Delta T$ °C .....	49
<b>Şekil 4.25:</b> Çift Geçişli 0,035kg/s kütle akış hızı ile güneşin radyasyon dağılımı ....	49
<b>Şekil 4.26:</b> Çift Geçişli 0,035kg/s kütle akış hızı ile kollektörün ısı verimi.....	50
<b>Şekil 4.27:</b> Çift Geçişli 0,035kg/s kütle akış hızı dış ortam şartları .....	50
<b>Şekil 4.28:</b> Çift Geçişli 0,045kg/s kütle akış hızı ile $\Delta T/I$ .....	51
<b>Şekil 4.29:</b> Çift Geçişli 0,045kg/s hızı ile $\Delta T$ °C .....	51
<b>Şekil 4.30:</b> Çift Geçişli 0,045kg/s kütle akış hızı ile güneşin radyasyon dağılımı ....	52
<b>Şekil 4.31:</b> Çift Geçişli 0,045kg/s kütle akış hızı ile kollektörün ısı verimi.....	52
<b>Şekil 4.32:</b> Çift Geçişli 0,045kg/s kütle akış hızı ile dış ortam şartları .....	53
<b>Şekil 4.33:</b> Çift Geçişli Kollektörün Kütle Akış Hızlarına Göre Sıcaklık Farkları ...	53
<b>Şekil 4.34:</b> Çift Geçişli Kollektörün Kütle Akış Hızlarına Göre Verimleri .....	54
<b>Şekil 4.35:</b> Tek ve Çift Geçişli kollektörlerin hava hızlarına göre ortalama verimleri .....	57
<b>Şekil 4.36:</b> Tek ve Çift Geçişli kollektörlerin hava hızlarına göre basınç kayıplarının verileri .....	57
<b>Şekil 4.37:</b> Bu çalışma ile diğer çalışmalar arasındaki anlık ölçülen verim değerlerinin karşılaştırılması.....	58
<b>Şekil 4.38:</b> Bu çalışma ile diğer çalışmalar arasındaki kütleli akış hızlarına göre verim değerlerinin karşılaştırılması. ....	59
<b>Şekil 4.39:</b> Delikli Pleksiglass camda 0,011 Kg/s hızda ölçülen sıcaklık değerleri ..	59
<b>Şekil 4.40:</b> Delikli Pleksiglass camda 0,035 Kg/s hızda ölçülen sıcaklık değerleri ..	60

## YENİ BİR GÜNEŞ ENERJİLİ HAVA ISITICI ÜZERİNDE DENEYSEL ÇALIŞMA

### ÖZET

Yenilenebilir ve sürekli bir enerji kaynağı olan güneş enerjisi, ülkemizin de içinde bulunduğu güneş enerji açısından şanslı ülkeler için bir kaynak oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra; ucuz, temiz ve çevre dostu olması en önemli özelliklerindedir. Türkiye güneş enerjisini kullanarak çeşitli alanlarda fayda sağlayabileceği ülkeler arasındadır. Ne yazıkki günümüzde güneş enerjisi teknolojisini ya su ısıtmada yada düşük verimli elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Güneş enerjisi potansiyelin artırılabilmesi düşük sıcaklıklarda da yenilikçi sistemlerin kullanılmasıyla mümkün olacaktır.

Ülkemiz, güneş enerjisini ortam havalandırma, ortam ısıtma ve endüstriyel ısıtmalarda kullanarak enerji tasarrufu yapılabilmektedir. Yalnız bu sistemlerin kurulum ve yapısal maliyetleri de yüksek olmaktadır. Bu tezde güneş ışınımını absorbe eden yutucu denilen tel örgü kullanarak analizlerini yapmaktır. Bu tel ile absorbe malzemesinin maliyetini düşürmek ve sistemde ufak eklemeler ile ısı verimi yükseltebilmektedir.

Deneysel çalışma 2018 tarihinin Eylül ve Ekim aylarında gerçekleştirilmiştir. Her deney sabah saat 09:00'da başlamış olup 16:00'da bitmiştir. Analiz için veriler her saat başı alınmış olup değerlendirmelere katılmıştır.

Deneysel çalışmada güneş kolektörünün tabanından başlayarak üst üste 16 adet tel örgü malzeme dizilmiştir. Daha sonra tel örgülerden 3 cm mesafeden sonra delikli pleksiglas malzeme eklenmiştir. Her bir delik çapı 3 mm ve iki delik arası mesafe 3 cm olarak hizalanmıştır. Bu malzeme bize sistemin fazla ısı kaybını önlemede büyük performans kazandıracaktır. Deneysel olarak yaptığımız bu çalışmada ısı kayıplarını belirleyebilmek için pleksiglas malzemenin üst ve alt kısımlarına delikler açılmış, orta kısmında işlem yapılmamıştır. T tipi termokopl ile üst deliklerden, alt deliklerden ve orta kısımdan sıcaklık ölçümü alınarak kayıt altına alınmıştır. Double sistemimizde ilave olarak pleksiglas malzemedan sonra normal cam yüzey eklenmiştir. Bu cam yüzey sadece pleksiglas malzemede delik bulunan bölümlerin üzerinde yer almaktadır. Bu cam yüzeyler verimi ve performansı arttırmak için bize ön ısıtma görevi görmektedir. Deney esnasında güneşten gelen verileri bir pirnometre ile ölçerek kayıt altına alınmıştır. Santüfrüj fan hızını kontrol etmek için hız kontrol cihazı, sistemin giriş basıncını ölçmek için manometre ve orifis metre kullanılmıştır. Tüm veriler data logger ile kayıt altına alındıktan sonra sistemin verimlerini hesaplayarak en son kendi çalışmamızı diğer benzer çalışmalar ile kıyaslayarak analizlerimizi bitirmiş olmaktadır. Deneyimiz hem single hemde double sistemimizde 3 ayrı havanın kütleli akış hızı (0,011, 0,035 ve 0,045 Kg/s) test edilmiştir. Delikli pleksiglas, kapaktan atmosfere olan ısı kayıplarını azaltmak ve verimi arttırmak için kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, hangi kolektör tipinin daha yüksek bir termal performans gösterdiğini görmek için analiz edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Güneş Enerjisi, Hava Isıtmalı Güneş Kollektörü, Hava Isıtmalı Güneş Enerji Sistemleri, Güneş Kollektör Çeşitleri, Yenilenebilir Enerji*



## **EXPERIMENTAL STUDY ON A NOVEL SOLAR AIR HEATER**

### **ABSTRACT**

Solar energy is considered as one of the most common sources of renewable energy sources. It is free, environmentally friendly and almost available everywhere. Due to its geographical location, Turkey can vastly benefit from this source of energy but unfortunately, the areas in which solar energy technologies are being used are mainly limited to water heating applications and low-efficiency electricity generation fields. By designing and introducing innovative systems, the possibility to use this source of energy will be increased specially at places with low temperatures.

The importance of solar energy systems is increasing day by day all around the world. Turkey is also showing interest in such systems nowadays. While Turkey is taking major steps in the energy sector, infrastructure is being prepared for investments in solar energy systems. Due to the fact that Turkey's location on the earth is so good in case of solar radiation gain throughout the year specially at its south side, by making great investments in such technologies a great deal of demanded energy can be produced here. According to the regions, Southeastern Anatolia is the region that receives the most sunshine on an annual basis, followed by the Mediterranean region.

Turkey can save energy and pay less for fuels by using solar energy more in areas like ventilation, air-heating applications and also in industrial heating. As the installation and structural expenses of these systems are a bit high, the aim of this research is to introduce a novel solar air heater which can be made with low cost and has high performance compared with conventional solar air heaters.

Flat plate collectors generally consist of a transparent cover, an energy-collecting surface, heat-carrying pipes, insulating material and a case for holding each part. Some of the solar energy coming on the transparent cover is reflected and goes to the environment while the other part comes onto the absorber surface. A large part of the radiation emitted onto the absorber surface is absorbed by the absorber surface and some of it is reflected to the transparent cover as long wavelength radiation. A part of this radiation reflected on the transparent cover is reflected on the absorber surface and a part passes through the transparent cover to the environment. The heated absorber transmits most of the surface energy to the carrier fluid. Some of them are spread from the casing and the cover to the environment via transmission and transport. In order to improve the performance of these systems, the amount of heat loss should be reduced.

An experimental work was carried out on single and double pass solar air heaters which included wire layers instead of an absorber plate and a perforated cover instead of a normal glazing. The experiments were conducted in Istanbul Aydin University located on the European side of Istanbul, Turkey. Tests and readings started at 9:00 am and continued until 04:00 pm on each day of the experiment. At each day of experiment, the outlet and inlet (ambient) air temperatures and also glazing temperature were recorded hourly. In addition, solar radiation was also

recorded. Wind speed and humidity values were read every hour from the official Turkish Meteorological Service website. The air mass flow rate and pressure drop inside the collector were measured with a 15° inclined tube manometer. Using a speed controller, different air mass flow rates could be obtained. The speed controller was connected to the fan to allow the user to set the speed to the desired value. In addition each system was tested with three different air mass flow rates (0.011, 0.035 and 0.045 kg/s).

16 wire mesh layers are located inside the collector. The plexiglas cover is placed at the distance of 3 cm from the bottom of collector on top of the mesh layers. The diameter of the holes drilled in the plexiglas cover is 3 mm and the center to center distance between the holes is 3 cm. The perforated cover improves the performance of the solar air heater as it reduces the heat loss from the collector to the environment.

The holes are made on the top and bottom sides of the plexiglas cover. They are arranged in line format. T-type thermocouples are used in these experiment. The thermocouples are located at various places at the inner side of the cover. The first thermocouple is placed at the middle of the holes at the top side of the cover, the second one is placed exactly at the middle of the plexiglas cover and the third one is located at the middle of the holes at the bottom side of the cover.

In order to convert the system to double pass collector, a normal glass cover is placed on top of the plexiglas cover. The air enters into the collector through an opening at the middle of this glass cover. The length and width of the opening is 100 cm and 3 cm ,respectively. The aim of putting the second cover was to preheat the air before it enters to the first channel of the collector and to increase the thermal performance of the solar air collector. The hourly solar radiation is measured using a Pyranometer and data loggers. The air is circulated through the system by a centrifugal fan. The fan speed was controlled by a speed controller. The air mass flow rate inside the collector is controlled and measured using an orifice meter and a manometer. The data loggers are used to record the data hourly. The obtained results are analysed and compared with other similar studies.

The data obtained from the experiments were analyzed and the following results were achieved. In case of the single pass collector, mostly there was a sudden reduction in air outlet temperature and thermal efficiency of the system at around 02:00 pm. The reason for these changes was due to the sky condition, as the experiments were carried out in September and October and most of the time the sky was cloudy and there was no direct solar radiation on the collector surface. It is found that using small depth channel reduces pumping power. However, on the other hand, the porous medium increases the pressure drop, which is important at high volume flows of air.

In this experimental study, the highest measured thermal efficiency of the single pass solar air heater is calculated to be 52% at the mass flow rate of 0.045 kg/s. The measured highest performance is obtained at the average outdoor conditions of 18 °C inlet air temperature, 14 m/s wind speed and 79% humidity.

The maximum amount of thermal efficiency was achieved with the double pass solar air heater. At the mass flow rate of 0.045 kg/s, and the average outdoor conditions of 19°C inlet air temperature, 27 m/s wind speed and 60% humidity, the maximum thermal efficiency of the system was about 83%.

By considering all the obtained results it is found that the collector efficiency increases as the air mass flow rate increases. But  $\Delta T$  decreases as air mass flow rate increases. In case of pressure drop, in both single and double pass solar collectors by



increasing the mass flow rate of air the pressure drop increases as well. But generally the pressure loss is more in double pass solar collector.

The obtained results from this study are compared with the results of other published works in order to analyze the performance of different systems with each other and to see which factors affect the overall efficiency more.

The main goal of this research was to reduce the amount of heat loss from the cover by the help of perforated cover. The measured temperatures on the perforated cover showed that the parts of the cover with holes are cooler than the middle part without the holes and this proves that our model improves the collector performance by reducing the cover temperature which leads to less heat loss through the glazing. It has to be mention that the proposed model has less construction cost compared with the conventional models and this is beneficial from the economical point of view.

Although similar studies exist in the literature, there is no other study that analyzes a collector with stainless steel wire mesh layers and the air passage through the holes on the top and bottom of the cover. In future works, new designs have to be proposed in a way that they enhance the performance of the solar collectors in a most economical and efficient way.

**Keywords:** Solar air collector; Solar energy; Perforated cover; Solar air heater systems; Renewable energies.

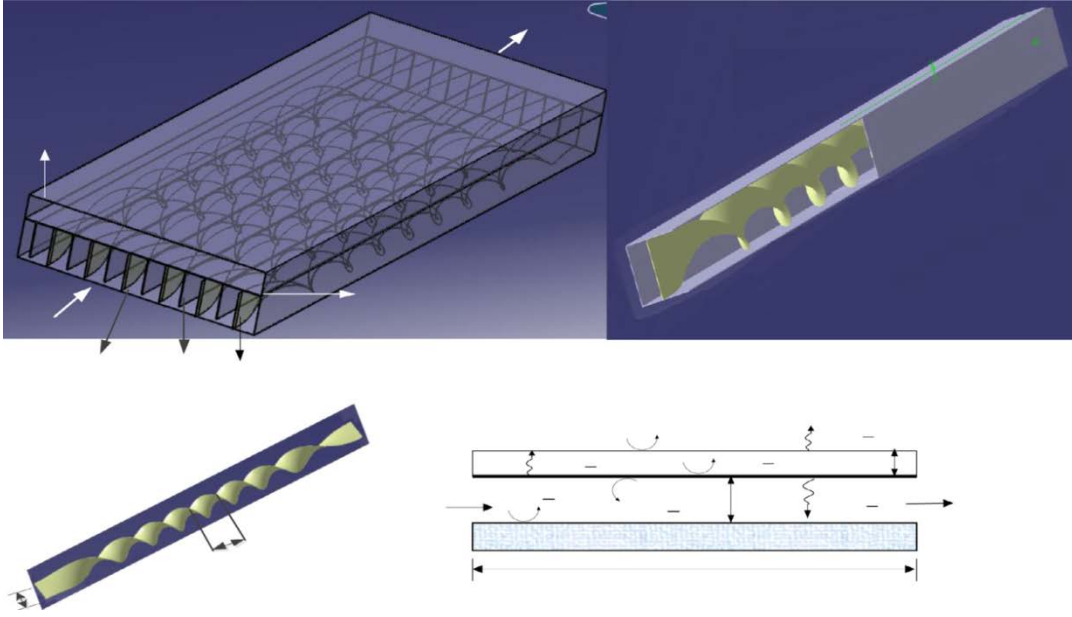


## 1. GİRİŞ

Bu tez çalışmasında; güneş enerjisini kullanarak ortam havasını ısıtabilmek ve endüstri amaçlı sıcak hava üretebilmek. Bu işlemi yaparken daha ucuz, daha pratik ve gelişime açık sistemler kurabilmektir. Bu amaç için dünya genelinde birincil enerji üretimi için kullanılan kaynaklar sırasıyla petrol, kömür ve doğalgazdır. Dünyada bu kaynaklar tükenir özellikte olması ve çok büyük oranda kullanılması yeraltı zenginliklerinin sonunun gelmesi demektir. Dünya genelinde bu kaynaklar tükenmeden alternatif olarak yenilenebilir enerji sistemlerine geçilmesi ve aktif olarak gerek günlük yaşantımızda gerekse endüstriyel açıdan kullanmamız gerekmektedir. Bu sayede doğal kaynaklarımızı tüketmeden insan doğasının gereksinimlerini karşılayabilir hale getirilebilir. Aynı zamanda yenilenebilir enerji kaynaklarını aktif olarak kullanmak teknolojinin evrimleşmesine ve daha ileri gitmesine olanak sağlayabilir. Yenilenebilir enerji konusunda her zaman akla ilk gelen elektrik enerjisi elde etme veya su ısıtma amaçlı kullanımlar gelmekteydi. Artık günümüzde hava ısıtma veya soğutma sistemleri gibi birçok alan dahil olmakta ve gelişmektedir. Bu tip sistemler ilk başta tasarımsal olarak maliyetli olduğundan yaygın bir sistem olarak kullanılmamaktaydı. Bunun üzerine her sistemin tasarımları yapılırken sistemi daha iyi ve daha ucuz maliyetlere çekmenin yolları araştırılmakta ve geliştirilmektedir. Bu tezde ise güneş enerjisinden yararlanarak yeni ve daha az maliyetli bir sistemle sıcak hava elde edebilmek.

Kurulacak sistemin amaçlarından özel bölgelerde bulunan konutların ısıtılması ve bu sayede tükenir özellikli kaynakların kullanımı ve maliyetler azaltılabilir. Bunun yanında yoğun nemli bölgelerde nemi dengelemek için kullanma alanı oluşturulabilir. Endüstriyel açıdan orman ürünlerini veya tarımsal ürünlerin kurutulması amaçlanabilir. Bu tip ihtiyaçlar için benzer birçok sistem olmakla birlikte en ergonomik ve az maliyetli sistemi kurmak büyük önem taşımaktadır. Bu tip sistemler güneş ışınlarının olmadığı zamanlarda kullanılabilmesi için ısıtılan havanın depolanmasında sağlanabilir. Bu çalışmalar ile ilgili bir çok ülkenin makaleleri ve deneyleri mevcuttur. Örneğin; Şekil 1,1'de görüleceği üzere (Rajesh

Kumar, Prabha Chand 2018) "Performance Prediction of Extended Surface Absorber Solar Air Collector With Twisted Tape Inserts" adlı makalesinde genişletilmiş yüzey emici güneş kolektörlerinden bahsetmektedir. Bu makalede Reynold sayısına göre tek katlı cam yüzey ile çift katlı cam yüzeyin karşılaştırmasını yapmaktadır. Bunun yanı sıra spiral kanat ve ince metal levhaya sahip sistemler Reynold sayısının tüm aralıklarına göre diğer sistemlerden daha verimli olduğunu anlatmaktadır.



**Şekil 1.1:** Bükülmüş Bant Ekleri İle Genişletilmiş Yüzey Emici Güneş Hava Toplayıcısı (Rajesh Kumar at al., 2018)

Hava ısıtmalı güneş kolektörleri hakkında yapılan araştırmalar ile mühendislik uygulamalarında ısı transferinin artırılması için çeşitli teknikler keşfedilmiştir. (Fudholi et al., 2013; Kabeel et al., 2016) yüzgeçli kantçıklar, (Ho et al., 2009; Yeh, 2012) tel bobinler, (Chang et al., 2015; Garcia et al., 2007) bükülmüş şeritler, (Bahremand et al., 2016; Raheleh Nowzari et al., 2017; Hasan Saygin et al., 2017; Raheleh Nowzari et al., 2015 ve Raheleh Nowzari et al., 2014) tek ve çift cam kapaklı kolektörleri gibi birçok deneysel çalışmalar yapılmış ve analizleri tamamlanmıştır.

## 1.1 Güneş Enerjisi Nedir

Güneşgezegenimiz için temel enerji kaynağıdır. Dünyamızda var olan bir çok enerji çeşiti güneş sayesinde var olmaktadır. Fotosentez ile canlı hayatları

sürdürülmekte, güneş ışınları ile aydınlanma sağlanabilmektedir. Bununla beraber endüstriyel olarak enerji elde edilebilmektedir.

Güneş yarıçapı 700000 km dünya yarı çapının 109 katı kadar büyüklüktedir. Kütlesi  $2*10^{30}$  kg dünyanın yaklaşık olarak 330000 katı ağırlığındadır. Güneş merkezi temel olarak hidrojen çekirdekleri sayesinde füzyon reaksiyonu oluşarak 15-16 milyon dereceye ulaşmaktadır. Güneş yaklaşık olarak %90 hidrojenlerden meydana gelmektedir. Güneşin korunda hidrojen çekirdekleri füzyon reaksiyonu oluşturarak helyum çekirdekleri oluşmakta ve bunun sonucunda çok büyük bir enerji ortaya çıkarmaktadır. Güneşin toplam ışınımı  $3,8*10^{26}$  J/s olduğundan güneşte bir saniyede 600 milyon ton hidrojen tüketilmektedir. Güneşin kütlesi dikkate alındığı zaman güneşte bulunan hidrojenin bitmesi yaklaşık 4-5 milyar yıl olduğu göz önüne alınabilir. Bu nedenle sahip olduğumuz güneş dünyadaki tüm yaşam için çok büyük enerji kaynağı olarak kabul edilebilir.

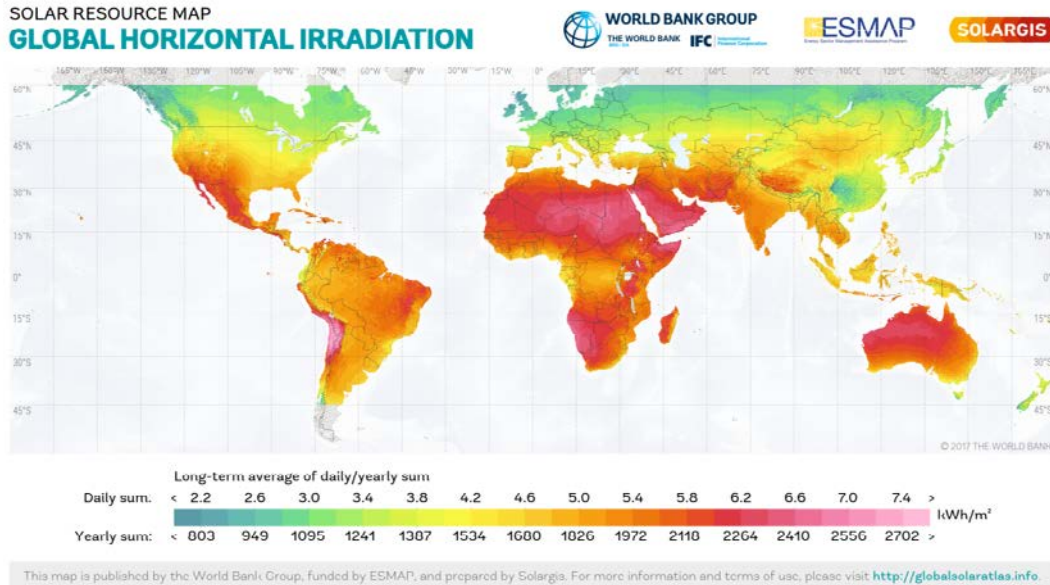
Güneş, dünyadan 150 milyon km uzaklıktadır. Dünya kendi ekseninde dönerken güneş etrafında eliptik bir yörüngede dönmektedir. Bunun sonucu güneşten gelen enerji günlük olarak farklılık gösterirken, dünyanın güneş etrafında dönmesi ile gelen enerji yıllık olarak değişmektedir. Buna ek olarak dünya  $23.5^{\circ}\text{C}$  lik bir açı ile dönüş yaptığından, dünyaya gelen güneş ışınları güneş yörüngesi boyunca değişiklik göstermekte ve bu sayede mevsimler oluşmaktadır.

Dünyamıza güneşten  $4*10^{26}$  J/s enerji gelmekte ve bu gelen enerji dikkate alındığında dünyamızın genelinde harcanan enerji miktarının 16 bin katı olduğu görülmektedir.

Dünyanın atmosfer dışında güneşten gelen ışınların geldiği bir metrekare alana Güneş Değişmezi (S) denir. Ve bunun sayısal değeri  $S=1373 \text{ W/m}^2$  dir. Bu değer, tanım gereği, yıl boyunca değişmez alınabilir. Çünkü her zaman, gelen güneş ışınlarına dik yüzey göz önüne alınmalıdır. Ama, dünyanın güneş çevresinde izlediği yörünge elips şeklinde olduğundan yıl boyunca bu değerde %3,3'lük bir sapma mümkündür. Yeryüzüne bu enerjinin soğurma ve yansıma olaylarından dolayı  $832 \text{ W/m}^2$  lik kısmı ulaşır (A.O. Avcıoğlu, 2017).

## 1.2 Dünyada Güneş Enerji Sistemleri

Dünyada güneş enerjisi, daha önce bahsedildiği gibi güneşte meydana gelen füzyon reaksiyonları sayesinde ortaya çıkan büyük enerji dünyaya kadar gelmektedir. Teknolojik olarak büyük ilerleme kaydeden ülkeler dünya doğal kaynaklarını kullanmak yerine daha çok yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yaparak daha temiz, daha ucuz ve tükenmeyen enerji kaynaklarından faydalanmaktadır. Örneğin Amerikada kurulan güneş enerjisi tarlaları bir kaç megawatt güç üretebilmekte ve bu tip santraller günden güne artmaktadır. Gelişmiş dünya ülkeleri inşa ettikleri gökdelenlere, kültürel yapılara ve kullanabildikleri her alanda güneş enerjisi panelleri ile enerji üretebilmektedir. Bu sayede doğayı kirletmeden, tertemiz bir enerji kullanarak tasarruf yapmaktadırlar. Güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan ülkeler daha hızlı ve daha çok ihtiyaca yönelik gelişmeler göstermektedir. Örneğin; güneş enerjili otomobiller, sokak lambaları, güneş pilleri, ısıtma ve soğutmada bu teknolojileri kullanmaya başlayarak diğer ülkelerinde faydalanabilmesi için yatırımlar yapmaya başlamışlardır. Dünyada güneş enerjisi kullanımına baktığımızda, en çok ABD olmak üzere, Avrupa ülkeleri ile Çin kullanımda ilk sıralarda yer almaktadır.



**Şekil 1.2:** Dünya Yüzeyine Düşen Güneş Işınları (Global Solar Atlas, 2019)

En çok güneş alan bölge ve ülkeler; Afrikanın büyük bölümü, Avusturalya ve Amerikanın orta bölgesi güneş ışınımının en çok olduğu yerlerdir. Türkiye ise

dünya haritası ölçeğine göre (Şekil 1.2) m<sup>2</sup>'ye göre yıllık 1500-2000 kWh güneş ışınımı olduğu ve bu sayde dünya ortlamasının üzerinde bir ölke olduğumuz ortadadır. Güneş ışığının geldiği bölgeler genellikle öl ve ıssız kurak yerler olduğundan bu bölgelere güneş enerjisi sisemleri kurulması çok mantıklı olsada üretilen enerjinin nakliye maliyeti çok fazla olduğu için yatırım yapılması zorlaşmaktadır. Bu nedenden dolayı Türkiye ve İspanya gibi ölkeler yatırım açısından tüketim miktarına göre çok elverişli bir konumdadır.

Dünyada güneş enerjisi üretiminde öne çıkan ölkeler; Almanya, Danimarka, Çin ve İspanya gibi ölkeler güneş enerji üretimi ve teknolojileri açısından bu sistemlerin Avrupa hatta Dünyanın öncüleri olarak görebiliriz. Almanya teknoloji ve sanayi gücü ile küresel bir güç olma yolunda ilerlemektedir. Güneşlenme dağılımı diğer ölkelere nazaran daha az olsa bile güneş enerji sistemleri konusunda çok ilerleme kaydetmiş ve aktif olarak kullanan ölkelerdendir. Danimarka ise güneş pilleri üzerine araştırmalar yaparak şaşırtıcı bir şekilde öne çıkmaktadır. İspanya ise mineral yakıtlar konusunda diğer ölkelere göre hatta Avrupa'nın en fakir ölkesi diyebiliriz. Bu nedenle enerji üretimi alanında Avrupada çok dikkat çekmekte ve güneş enerjisi konusunda büyük çaba göstermektedir (Olcay KINCA Y, 2019).

### **1.3 Ülkemizde Güneş Enerjisi**

Güneş enerjisi diğer yenilenebilir enerji kaynakları gibi çok büyük önem taşımaktadır. Ülkemiz diğer dünya ölkeleri gibi güneş enerjisi sistemlerinde geri kalmış olsada hatrı sayılır yatırımlar yapılmaya ve araştırmalar yapılmaktadır. Ülkemiz güneş enerjisinden faydalanabilmek için çok elverişli bir konumdadır. Şekil 1.3 ve Şekil 1.4'de gösterildiği gibi yıllık güneşlenme ve radyasyon dağılımı güneşten faydalanmamız için bulunmaz bir fırsat olduğunu göstermektedir.

Ülkemizde güneş enerjisi sistemleri gün geçtikçe önemi artmaktadır. Ülkemiz enerji sektöründe büyük adımlar atarken güneş enerjisi sistemlerinede yatırımlar için altyapı hazırlanmaktadır. Çünkü ülkemiz güneşlenme oranının çok verimli olduğu ve güneşlenme oranı düşük olan devletlerin bile bu sistemlere büyük yatırımlar yaparak büyük enerji üretmelerinden dolayı ülkemizde bu alanlara yönelmiştir. Bölgelere göre değerlendirmek gerekirse ülkemizin yıllık bazda en

fazla güneş alan bölgesi Güneydoğu Anadolu Bölgesi'dir bunu Akdeniz bölgesi takip etmektedir. Ülkemizin yıllık elektrik üretimi ise Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi'nin (TEİAŞ, 2019) verilerine göre 97686,3 (GWh) olarak belirlenmiştir. Ülkemizde Güneş Enerjisinin Uygulama Alanları; Sıcak su üretimi, ısıtma, aydınlatma ve elektrik üretimi gibi alanlardan faydalanılmaktadır. Bu kullanım alanlarına göre güneş enerjisi sistemleri ise ikiye ayrılmaktadır (Olca KINCAI, 2019).



Şekil 1.3: Türkiye Yıllık Ortalama Radyasyon Dağılımı (MGM, 2019)



Şekil 1.4: Ülkemizde Yıllık Ortalama Güneşlenme Süresi (MGM, 2019)



### **1.3.1 Pasif güneş enerjisi sistemleri**

Pasif güneş enerjili sistemler sıcak su, soğutma ve ısıtma amaçlı kullanılan ilk sistemlerdir. Daha çok ülkemizde sıcak su üretmek amacı ile kullanılmış bir sistemdir. Diğer yandan bu sistemler yavaş yavaş enerji üretmek amacı ile maliyeti düşürmek için deneysel çalışmalar yapılmaktadır (Olcay KINCAY, 2019; Isısan Akademi, 2011).

### **1.3.2 Aktif güneş enerjisi sistemleri**

Aktif güneş enerji sistemleri basit bir kollektörle bile birkaç yüz watt enerji üretilebilmektedir. Pasif güneş enerji sistemlerinden farklı olarak enerji üretimi yapılabilmektedir. Aktif güneş enerjisi sistemlerinde güç istasyonları kurularak birkaç megawat'a kadar enerji üretilebilmektedir.

- Tabii dolasımlı sistemler: Basınç farkı ile kendi çevirimini tamamlayan sistemlerdir.
- Pompalı sistemler: Sistem çevrimi için pompa ihtiyaç duyan sistemlerdir.
- Açık sistemler: Yüksek sıcaklıklar elde edilebilecek sistemlerdir fakat kışın donma problemi olmasından dolayı sistem kış aylarında boşaltılması gerekmektedir.
- Kapalı sistemler: İki ayrı sistem bulunmaktadır. Güneşten aldığı ısıyı şebekeden gelen suya aktararak çalışır.



**Şekil 1.5:** Ülkemizde en çok kullanılan su ısıtıcı güneş kolektörü (Tursolar, 2019)

Ülkemizde güneş enerjisini güneş pilleri ile de kullanmaktayız. Güneş pilleri otoyol aydınlatmasında ve bazı üniversitelerin binalarının aydınlatmasında kullanılmaktadır. Bununla ilgili ülkemiz daha farklı kullanım alanları için araştırma yapmaktadır. (Olçay KINCAY, 2019; Isısan Akademi, 2011)

## **2. GÜNEŞ ENERJİLİ KOLLEKTÖR ÇEŞİTLERİ**

Daha önce bahsettiğimiz gibi Güneş Enerjisi aktif ve pasif sistemler olarak iki temel sınıfa ayrılır. Aktif sistemler daha çok Elektrik üretimini hedefler. Pasif sistemlerde ise ısınma, kurutma ve mevcut sistemleri desteklemeyi hedefler.

### **2.1 Pasif Güneş Enerji Sistemleri**

Pasif sistemler güneşten gelen ısının toplanıp mekanik bir sistem olmadan dağıtılması işlemidir. Pasif ısınma olarak dairede bulunan cam ebatlarını ve sayılarını arttırmak, trombe duvarın uygulaması ve sera uygulaması ile yapılabilmektedir.

#### **2.1.1 Camlardan Isı Dağıtımı**

Güneş ısısından yararlanabilmek için öncelikle ihtiyaçtan daha fazla cam sayısından kaçınılmalıdır. Daha sonra camların güney yönünde olmasına dikkat edilmelidir. Tabiki yerleştirilecek camların yapısı ve özellikleri iyi bilinmelidir.

#### **2.1.2 Trombe Duvarı İle Pasif Isıtma**

Daire dış duvarına monte edilen delikli metal plaka ile güneş ışınımı ile havayı ısıtıyor. Isınan hava deliklerden geçerek plakalar ile duvar arasına konulan doğal menfezler ile ortama aktarılıyor. Bu sistemin kurulum maliyetleri yüksek olmasına rağmen hatırı sayılır bir ısı kazancı sağlamaktadır.



**Şekil 2.1:** Örnek trombe duvarı sistemleri

### **2.1.3 Sera Uygulaması**

Diğer adı ile kış bahçesi uygulaması genellikle cam ile uygulanmaktadır. Cam bulunan duvarın dış kısmına havayı hem ısıtacak hemde sirkülasyonu sağlayacak şekilde cam ekleniyor. İç duvardan havanın sirkülasyonu için havalandırma delikleri bırakılıyor. Dış cam güneş ışınımı ile arada kalan havayı ısıtıyor. Isınan hava yükselerek yukarıda bulunan menfezden ortama sıcak hava giriyor. Alt menfezden ise soğuk hava sere uygulama alanına geçerek tekrar ısınıyor.

## **2.2 Aktif Güneş Enerjisi Sistemleri**

Aktif güneş enerjisi sistemleri güneş kolektörleri ile yardımcı mekanik elemanları ile oluşmaktadır. Bu tip sistemler elektrik üretimi, ısıtma/soğutma, sıcak su üretimi ve endüstriyel amaçlar için kullanılmaktadır.

### **2.2.1 Güneş kolektörü**

Güneş kolektörleri güneşten gelen ışınımı ısıya dönüştürürler. Güneş kolektörü amaç bakımından ikiye ayrılır.

- Elektrik enerjisi üretimi
- Isı enerjisi üretimi

### **2.2.2 Elektrik enerjisi üretiminde kullanılan kolektör çeşitleri**

1839 yılında Fransız bilim adamı A.E. Becquerel, tarafından ilk fotovoltaiik teknolojinin keşfini yapmıştır. Bazı malzemeler üzerinde parlayan ışığın elektrik akımı üreteceğini gözlemlemiş ve bunun üzerine 1839'dan günümüze kadar teknolojik gelişimi hızla ilerlemiştir.

### **2.2.3 Düz plaka kolektörler**

Düz plaka kolektörler genellikle saydam örtü, enerji toplayan yüzey, ısıyı taşıyan borular, yalıtım malzemesi ve her parçayı tutmayı sağlayan kasadan oluşur. Yapısal çeşitleri Şekil2.2'de gösterilmektedir.

Saydam örtü üzerine gelen güneş enerjisinin bir kısmı yansarak çevreye giderken diğer kısmı yutucu yüzey üzerine gelir. Yutucu yüzey üzerine gelen ışınımın büyük bir kısmı yutucu yüzey tarafından yutulur, bir kısmı da uzun dalga boyu ışınım olarak saydam örtüye doğru yansır. Saydam örtüye yansıyan bu ışınımın bir kısmı tekrar yutucu yüzeye yansır bir kısmında saydam örtüyü geçerek çevreye gider. Isınan yutucu yüzey enerjisinin büyük bir kısmını taşıyıcı akışkana iletir. Bir kısmı da iletim ve taşınım yoluyla kasadan çevreye yayılır (A.O. Avcıoğlu, 2017).



**Şekil 2.2:** Örnek bir düz yüzeyli kollektör (Tesisat, 2019)

#### 2.2.4 Vakum tüplü güneş kollektörleri

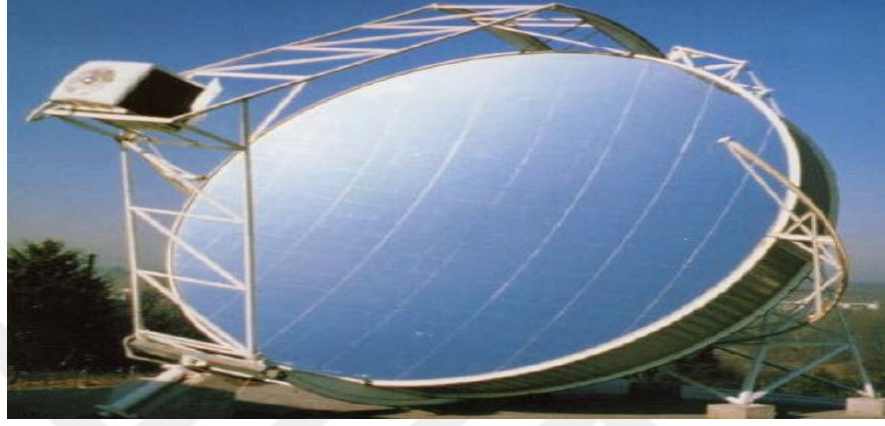
Vakum tüplü güneş kollektör teknolojisi diğer benzer kollektör tiplerine göre daha yüksek performans vermektedir. Bunun sebeplerinden biri ısıyı direk aktarmak yerine borosilicate cam (borcam) sayesinde ısıyı hapseder. Şekil 2.3’de gösterildiği gibi borcam’ın içinde iki tabaka arasında bir vakum katman ile oluşur ve iç kısımda tüpler içermektedir. Bu vakum bir termos gibi, termal enerjinin % 93'e kadar koruyarak, daha yüksek bir verim elde etmektedir. Elde edilen bu termik enerji borular yardımı ile gerekli yerlere aktarılır (A.O. Avcıoğlu, 2017; Olcay KINCA Y, 2019).



**Şekil 2.3:** Vakum tüplü kollektör (Güneş Sistemleri, 2019)

### 2.2.5 Parabolik güneş kolektörleri

Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi santrallerinde en çok tercih edilen tür teknoloji, parabolik oluk kolektör teknolojisidir. Parabolik oluk kolektörlerin kullanıldığı yoğunlaştırılmış güneş enerjisi santrallerinde, güneş kolektör alanının boyutuna ve yerleşim planına bağlı olarak belli boyutta ve sayıda parabolik oluk kolektör kurulabilir. (Altuntop, N. et al, 2013)



Şekil 2.4: Örnek bir parabolik güneş kolektörü (Altuntop, N. et al, 2013)

#### 2.2.5.1 Isı enerjisi üretiminde kullanılan kolektör çeşitleri

Güneşten gelen ışınımı su, hava ve akışkan sıvılara aktararak veya depolayıp mekanik ve elektronik yardımcı elemanlar ile yüksek verimli ısı enerjisi üretimi sağlanır. Isı enerjisi elde edilebilecek ısı miktarına göre (düşük, orta ve yüksek sıcaklık uygulamaları) 3'e ayrılır.

##### Düşük sıcaklık uygulamaları

Elde edilen sıcaklık  $100^{\circ}\text{C}$  az olan uygulamalardır. Fotovoltaik düzlemsel kolektörler ile sera uygulamaları, kurutma uygulamaları ve konut ısıtma gibi uygulamalar ile sınırlıdır. Düzlemsel kolektör sabit bir yerde sabit açı ile elde ettiği ısıyı hava, su ve akışkanlara ileterek  $70$  dereceye kadar ısı elde edilebilmektedir.

##### Orta sıcaklık uygulamaları

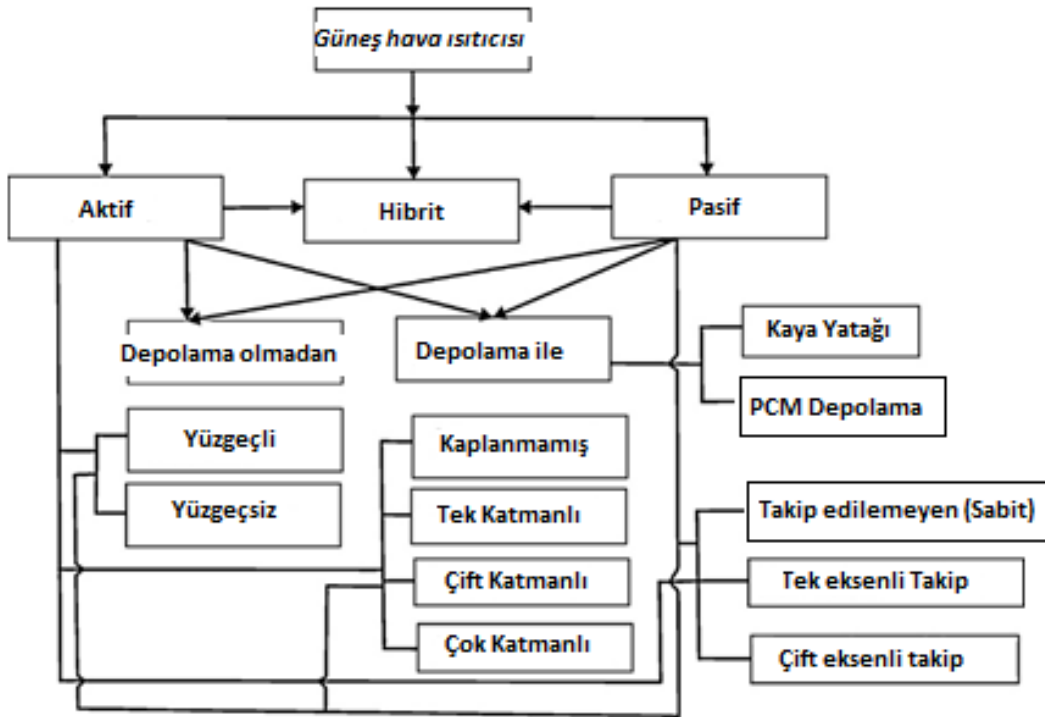
Vakkum tüplü güneş kolektörü gibi sistemler ile  $100-350^{\circ}\text{C}$  ısı enerjisi üretilen sistemlerdir. Bu tip sistemlerde absorba yüzeyinin etkisi arttırmak için metal veya cam yansıtıcılar ilave edilebilmektedir. Bu tip sistemlerin çıkış sıcaklıkları yüksek olduğu için ekstra soğutma amaçlı olarakta kullanılabilir.

## Yüksek sıcaklık uygulamaları

Parabolik çanak sistemleri ile daha yüksek ısı enerjisi üretimi için kullanılır (350-400°C). Bu sistemler güneş hareketlerini takip ettiği için günün daha uzun kısmını verimli bir şekilde kullanır.

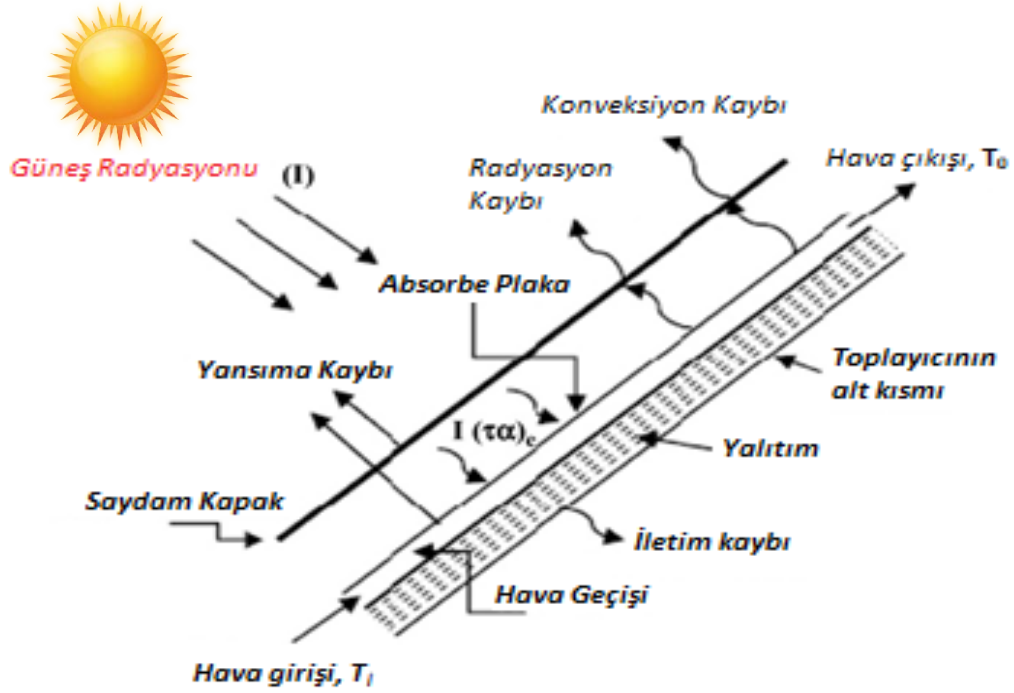
Bu sistemlere bağlı olarak daha çok, düşük sıcaklık uygulamalarına değineceğim.

### 2.2.6 Hava ısıtmalı güneş kollektörler



Şekil 2.5: Güneş enerjili hava ısıtıcılarının sınıflandırılması (Tyagi *et al.*, 2012)





**Şekil 2.6:** Geleneksel Hava Isıtmalı Kolektör ve Çalışma Prensibi (Tyagi *et al.*, 2012)

### 2.3 Litaratür Araştırmaları

Donggen *et al.*, (2010). Yaptığı araştırmada yüksek termal verim elde etmek ve kapaktaki ısı kayıplarını azaltmak için, pin-fin uçlu entegre emicinin yeni bir güneş hava toplayıcısının dizaynını yaptı. Tasarımlarında cam ve emici plaka arasındaki boşluğu 5 cm olarak aldı. Deneysel sonuçlarına göre, pin-fin dizileri toplayıcısının ortalama ısıl verimi % 50-74, güneş geçirgenliğine göre, 19 m<sup>3</sup>/h hava debisi ve cam malzeme için ısıl verimi % 83'e ulaşmaktadır.

Atul Sharma *et al.*, (2009). Yaptığı araştırmada, depolama sistemleri olan ve olmayan farklı hava ısıtma sistemlerine ilişkin cömert bir bütünlük görüşü ve potansiyel uygulamaları sunulmaktadır. Güneş enerjisi coğrafik bölgelere ve zamana bağlı enerji kaynağında değişkendir. Güneş enerjisinin termal enerjiye dönüştürülmesi en kolay ve en yaygın kabul gören yöntemdir. Bu nitelik nedeniyle, termal enerji depolama sistemi, güneş enerjisi tabanlı sistemlerin yaygınlaştırılmasında önemli bir rol oynayabilir. Son araştırmalar, faz değiştiren malzemelere dayanan hava ısıtma sistemlerine odaklandı, çünkü duyarlı ısı depolamasıyla karşılaştırıldığında yüksek enerji depolama yoğunluğuna ve

güneş enerjili hava ısıtıcısının optimum termal performansı için uygunluğuna sahip. Hissedilir ısı, gizli ısı veya kimyasal enerji termal enerji olarak depolanabilir. Gizli ısı Faz değişim malzemesi (PCM) kullanan depolama sistemleri, özellikle çekici bir tekniktir, çünkü yüksek bir enerji depolama yoğunluğu sağlar ve ısıyı sabit bir sıcaklıkta gizli füzyon ısısı olarak saklama kapasitesine sahiptir. Bu sıcaklıkta depolama malzemesinin (PCM'ler) termofiziksel özellikleri, malzemenin uygunluğunun belirlenmesinde önemlidir.

M. HANIF et al., (2016). Yaptığı araştırma ile düz plaka güneş hava ısıtıcısı ile farklı ürünler (elma, soğan ve hurma) kuruması için ve 45°C'ye kadar su ısıtmak için verimli çalıştı. Tüm ürünler tutarlı nem kaybı ve optimum kuruma hızı İki terimli üstel model gösterdi ki kurutulmuş olan üç ürünün tümü ile iyi bir korelasyon var. Kuruma süresi, R2 değerleri 0,90'dan yüksek. Düz plaka güneş hava ısıtıcıları Kurutma amaçları ve su ısıtma için en iyi teknolojidir ve iyi bilinen bir alternatiftir.

Jie Denga et al., (2015). Düz plaka SAC'in hem ciddi toz biriktirme yüzeyi hem de temiz kaplama yüzeyindeki deneyleri, bir kontrast göstermek için SST yöntemi kullanılarak yapıldı. Belirsizliklerin birleştirilmesi genel kanununa ve hata yayma kanununa göre, birleşik standart belirsizlik arasındaki matematiksel ilişki Modelin öngördüğü ısı veriminin ve SST yöntemindeki deneysel sonuçların belirsizliklerinin sunumu. Toz biriktirme yüzeyi durumunda toplayıcı karakteristik parametrelerini elde etmek için, parametrelerin altında yatan korelasyon, soğurucu plaka ve akan hava arasındaki konvektif ısı transfer işleminin entransy analizi kullanılarak elde edilir. Daha sonra her ikisi için de kollektör karakteristiği parametreleri davalarda elde edilir. Sonuçlar, şiddetli toz biriktirme yüzeyi durumunda öngörülen ısı veriminin, normalize sıcaklık farkı 0 ile 0,04 arasında değiştiğinde %10,7 -%21,0 oranında azaldığını göstermektedir. SAC'ın optik verimliliği (etkin geçirgenlik-soğurma ürünü), %8'lik Kollektör şeffaf cam kapak, ağır toz biriktirme koşulu altındadır.

Kolb A. et al., (1999). Yaptığı araştırmada Tek camlı bir güneş matrisli hava toplayıcı ve paketlenmiş yataklı bir güneş enerjili hava ısıtıcı üzerinde incelemeler yapmıştır. Farklı geometrik parametrelerin (tel çapı ve zift) kararmış tel ekran matrisleriyle dolu kanalı Mittal ve Varshney, (2006) tarafından gerçekleştirilen ve sonuçta ortaya çıkan etkin verimlilik değerleri,

dolgulu yatak toplayıcıların ısı kazancının, yumuşak toplayıcılara kıyasla nispeten daha yüksek olduğunu açıkça göstermektedir. Buna rağmen kanal boyunca basınç düşüşü önemli ölçüde artar.

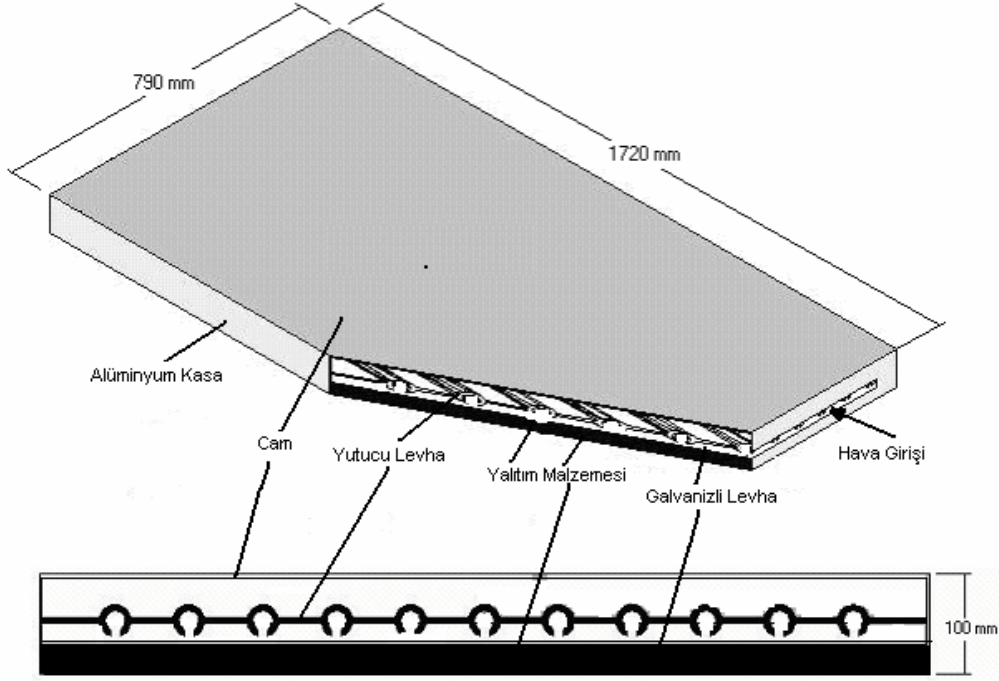
Kelkar ve Patankar, (1987). Yapılan araştırmada iki paralel levha arasına konulan engellerin ısı geçişlerine etkisini gözlemlemişlerdir. Çalışmalarını iki boyutlu, sayısal çözümlene ve periyodik ortamda gerçekleştirmiştir. Paralel olan bu levhalar sabit yüzey sıcaklıklarında tutulmuş ve farklı Reynolds ve Prandtl sayıları için tekrar edilmiştir. Çıkan sonuçlara göre yüksek Prandtl sayısı çıkan akışkanlarda ısı transfer değerlerinin yüksek olduğu gözlenmiştir.

Liou ve Hwang, (1992). Yapılan çalışmalarda kollektörün karşılıklı yüzeylerine kare kesitli engeller yerleştirilmiştir. Bu engeller sayesinde türbilanslı akış koşulları altında dikdörtgen kanal içerisinde akış ve ısı transferleri incelenmiştir. Araştırmalarında üç adet engel yükseklikleri ile çalışılmış ve bu engel yüksekliklerinde ortalama Nusselt sayısı ve ortalama sürtünme faktörü değerleri kaydedilmiştir.

Ho et al., (2005). güneşli hava ısıtıcılarında ısı transferini artırma amacı yönünde araştırmalarında, tekrar çevirime giren düz plaka güneşli hava ısıtıcısında çift geçişli kanal içerisinde bir emici plakaya eklenen ayırıcının deneysel ve teorik olarak araştırmışlardır. Isı geçişindeki bu artış tek geçişli kanallardan ve sabit debili çift geçişli klasik ısıtıcılar yerine yeniden çevirime sokulan çift geçişli kanallar kullanılması ile elde edilebileceğini ortaya koymuşlardır.

El-Sebaai et al., (2000). güneşli hava ısıtıcıları ile kurutma işlemlerinde, ısı depolamalı veya depolamasız güneş kollektörleri üzerinde çalışmışlardır. Teorik ve deneysel sonuçlar ile düz plakalı havalı kollektörlerin ısı performansını hesaplamışlardır.

Hüsamettin Bulut ve A. Fatih Durmaz, (2006). Tasarımını ve imalatını yaptıkları hava ısıtıcılı güneş kollektörü ile Şanlıurfa iklim şartlarında 8 farklı günde deneysel olarak ölçüm yapılmış ve kollektörün ısı verimini %53 olarak hesaplamışlardır. Kollektörün ısı verimini arttırmak için seçici yüzey, emici levha ile arttırılacağını ortaya koymuşlardır. Üstelik bu kollektörler kapalı devre sıvı bazlı kollektörlere göre daha az maliyetli olduğunu



**Sekil 2.7:** Havalı güneş kollektörün kesit görünüşleri

Şekil’de gösterildiği gibi klasik hava ısıtıcılı güneş paneli , yutucu plaka, havanın geçişi için paralel plakalar, cam veya plastik örtü ve alt ve yan kısımlarında yalıtılmış malzemeli kasadan oluşmaktadır. Bu tip kollektörlerin tasarımı ve bakımları kolaydır. Genel olarak temel eksikliği, yutucu plaka ile hava akımı arasındaki ısı transfer katsayısının düşük olması ve dolayısıyla ısı veriminin düşük çıkmasıdır. Isı transfer katsayısını arttırmak için bir çok çalışma yapılmış ve yapılan çalışmalardan tasarımlar önerilmiştir (Hüsamettin Bulut ve A. Fatih Durmaz).

A. A. Mohamad, (1997). Bu önerilen çalışmalar örneğin; yutucu plakalara kanatçıklar takmak, dalgalı plakalar kullanmak, katı dolgu malzemeli ve delikli küre kullanılması gibi değişikliklerdir. Tüm bu çalışmalar ısı verimi yükseltirken aynı zamanda yüksek hava debilerindeki basınç kayıplarını da arttırmaktadır.

Young ve Vafai, (1999). yaptıkları çalışmalarda hava ısıtılmalı güneş kollektörü kanalında dikdörtgen şeklindeki engeller ile sabit yüzey ısı akısı uygulaması yapmışlardır. Bu kanalda ortalama Nusselt sayısı Reynolds sayısı, kanal alanı, kanal derinliği engel yerleşim yerleri ver engellere uygulanan ısı akısı ile değişimler gözlenmiş ve inceleme yapılmıştır. Bunun sonucunda elde edilen

engel sıcaklıkları düşük Reynolds sayısının yüksek Reynolds sayısına göre daha iyi olduğunu bulmuşlardır.

Yang, (2000). Hava ısıtmalı oluklu dikdörtgen bir güneş kolektörü içinde düzenli şekilde türbilanslı akımları Large Eddy Simulation (LES) metodu kullanarak inceleme çalışması yapmıştır. Kolektörün yapısal özelliklerini (derinlik, uzunluk ve genişliğini) geniş bir parametre aralığında akışın kolektör üzerindeki etkilerini inceleyebilmek için çalışma başlatmıştır. Çalışma sonucu Direct Numerical Simulation (DNS) ile LES sonuçlarını kıyaslamasıyla, LES sonucunun ızgara noktalarının DNS noktalarına göre %6,5 küçük olmasına rağmen birbirileri arasında iyi bir uyum içinde olduğunu tespit etmiştir.

Ahn, (2001). yapmış olduğu bir çalışmada kolektör içindeki kanalda beş farklı engel koyarak ısı transferi ve sürtünme faktörü özelliklerinin kıyaslamasını yaparak Reynolds sayısının ve kullanılan engel geometrisinin akışa olan etkilerini incelemiştir. Yapılan çalışmada üçgen şeklindeki engelin diğer engellere kıyasla daha büyük ısı transferi performans elde edildiğini görmüştür.

Bhagoria et al., (2002). Hava ısıtmalı güneş kolektör kanalına enine biçimde sıralı üçgen engeller ile pürüzlendirilmişlerdir. Hava ısıtıcılı güneş kolektörünün bu engeller ile taşınım akışı, ısı transferi ve sürtünme faktörü incelemeye alınmıştır. İnceleme sonuçlarını düzgün dikdörtgen engelli kanal sonuçları ile kıyaslanmış ve Nusselt sayısı ve sürtünme faktörü için bağıntılar oluşturulmuştur.

Eimsa ve Promvonge, (2002). Bir hava ısıtmalı güneş kolektörü kanalında, sabit bir ısı akısı sınır koşulu ile engelli ve oluklu türbülatorlerin ısı transferi ve sürtünme faktörü üzerindeki bütünsel etkilerini incelemiştir.

Herman ve Kang, (2002). Holografik interferometri tekniği (Holographic interferometry technique) kullanarak, eğik kanatlı oluklu dikdörtgen kanal içinde, kararsız sıcaklık alanlarını deneysel olarak incelemiştir. Bu çalışmada kanalın ısı transfer performanslarını basit oluklu kanal değerleri ile kıyaslanmıştır.

Ammari, (2003) hava ısıtmalı güneş kolektörünün termal ısı performansının matematiksel modellemesini yapmıştır. Kanal içinde çıtalar kullanarak termal ısı performansını arttırmaya çalışmıştır. Sistemde  $Q=50L/s$  hacimsel debisinde

$Re=4200$  olduğu zaman sistem veriminin yaklaşık %71 olduğunu tespit etmişleridir.

Luo et al., (2005). Yaptıkları çalışmada türbülanslı koşullar için iki boyutlu olarak, iki paralel levha arasınayerleştirilmiş engellerin ısı transferine ve basınç kaybına etkilerini matematiksel olarak incelemişlerdir. Yapılan çalışmalarda kare şeklindeki engeller kanal içerisinde paralel olarak yerleştirilmiş ve alt kısmındaki levhanın  $k-\epsilon$  ve RSM türbülans modellerinde sayısal çözümleri yapılmıştır. Bu iki çalışmanın değerlerini karşılaştırmışlar ve  $k-\epsilon$  modelinin daha iyi olduğu belirlenmiştir.

Jaurker et al., (2006). Diktörtgen bir kanal içerisinde üçgen şeklindeki engeller ile Nusselt sayısı ve sürtünme faktörü, bağıntılı pürüzlülük yüksekliği ( $e/D$ ), bağıntılı pürüzlülük adımı ( $P/e$ ) ve adım oranına göre oluk konumu ( $g/P$ ) gibi parametreler için deneysel olarak çalışmışlardır. Yapay olarak pürüzlendirilmiş kanalın termo-hidrolik performansı değerlendirmişleridir.

Evin ve Tanyıldızı, (2006). Yaptıkları çalışmalarda Hava ısıtılmalı güneş kollektörü tabanı sabit ısı akısı sınır şartını sağlamak koşulu ile, kısmi olarak ısıtılan diktörtgen şeklindeki kanalda yukarı yöndeki akış üzerine yerleştirilen farklı çaplardaki silindirik engellerin ısı transferindeki etkilerini incelemiştir. İncelemeler sonucu Nusselt sayılarının maksimum değerleri ile engel mesafeleri, Reynolds sayıları ve engel büyüklüklerine göre farklılık gösterdiği görülmüştür.

Layek et al., (2007). Hava ısıtıcılı güneş kollektöründe yapay yollarla pürüzlendirilmiş enine engelli-oluklu kanalın içinde, Nusselt sayısı ve sürtünme faktörü incelenmiştir. Bununla beraber entropi üretimini minimuma çekerek uygun pürüzlülük tasarımı oluşturmuşlardır. Oluşturdukları bu tasarımda termodinamik tasarım ve entropi üretimi değerleri bulabilmek için matematiksel bir model oluşturmayı amaçlamışlardır.

Korichi ve Oufar, (2007). Yapılan Hava ısıtılmalı güneş kollektörü çalışmada diktörtgen kanal içerisine kare şekillerde engeller yerleştirilmiş ve sabit ısı akısı uygulanmıştır. Bu çalışmanın en belirgin özelliği sabit ısı uygulanması ve sadece üç engel olmasıdır. Kanalın alt kısmına iki adet üst kısmına bir adet

konulan engel ile Reynolds sayısı arttırılmış ve engellerden akışa aktarılan ısı transferinin arttığı gözlenmiştir.

Layek et al., (2007). Yapılan deneysel çalışmalarında hava ısıtılmalı güneş kollektöründe kullanılan dikdörtgen kanalın içerisinde bulunan engeller ve bu engeller arasındaki alanın akış ve ısı transferlerine olan etkileri incelenmiştir.

Eimsa ve Promvonge, (2008). Hava ısıtılmalı güneş kollektöründe iki boyutlu bir kanal içinde düzenli olarak enine ve alt kanal duvarına türbülanslı zorlanmış taşınımı araştıran matematiksel bir çalışma başlatılmıştır. Alt duvar sabit ısı akısına mağruz bırakılmış ve üst duvar yalıtılmıştır. Türbülans modelinin etkilerini öğrenmek için sonlu hacimler metodundan yola çıkarak ve dört farklı türbülans modelinden faydalanarak yürütmüşlerdir. Bunlar; 1-Standart k- $\epsilon$ , 2-Normalleştirilmiş Grup (RNG) k- $\epsilon$ , 3-Kayma Gerilimi Taşıma(SST) k-w ve 4-Standart k-w türbülans modelleridir. Birkaç model kullanımdan sonra RNG ve k- $\epsilon$  modelleri genellikle daha kullanılabilir ve uyum sağladığı ortaya çıkmıştır.

Literatürde benzer çalışmaların bulunmasına rağmen güneş kollektörlerde akımın geçişini alt ve üst kısımlardan geçirilmesi ve tek veya çift geçişli ısı yutucunun olması ve paslanmaz çelik tel örgü kullanarak bu kollektörü aynı anda entegre eden ve analizini yapan başka bir çalışma mevcut değildir. Buna rağmen literatür araştırmalarında kare veya dikdörtgen kesit engeller, tozların sisteme olan etkisi, delik sayısı, konulan engellerin geometrik yapıları, dirençlerin Nusselt sayısı üzerinde ki etkileri ve farklı Reynold sayıları ile çalışmalar yapılmış olduğu anlaşılmıştır. Bu çalışmada veriler göz önüne alınarak, direnç yapısı, genişliği, hava akım hızını, ısı emicinin yapısını ve katman sayılarını belirleyerek kollektör yüzeyindeki ısı kaybını azaltmak ve belirli kütleli akış hızlarında çift veya tek geçişli kollektörlerin analizlerini yapmak için bu deneysel çalışma başlatılmıştır.





### **3. METEDOLOJİ**

Düz plaka kollektörler genellikle saydam örtü, enerji toplayan yüzey, ısıyı taşıyan borular, yalıtım malzemesi ve her parçayı tutmayı sağlayan kasadan oluşur.

Saydam örtü üzerine gelen güneş enerjisinin bir kısmı yansıtılarak çevreye giderken diğer kısmı yutucu yüzey üzerine gelir. Yutucu yüzey üzerine gelen ışınımın büyük bir kısmı yutucu yüzey tarafından yutulur, bir kısmı da uzun dalga boyu ışınım olarak saydam örtüye doğru yansır. Saydam örtüye yansıyan bu ışınımın bir kısmı tekrar yutucu yüzeye yansır bir kısımda saydam örtüyü geçerek çevreye gider. Isınan yutucu yüzey enerjisinin büyük bir kısmını taşıyıcı akışkana iletir. Bir kısmı da iletim ve taşınım yoluyla kasadan çevreye yayılır.

#### **3.1 Deney Kurulum ve Ekipman**

Güneş havası toplayıcıları, güneş enerjisini havayı ısıtmak için kullanan basit cihazlardır. Hava kanalı, emme plakası ve cam kapak, tipik bir güneş hava ısıtıcısının ana parçalarıdır. Aktif güneş enerjisi sistemi de bir hava üfleciye sahiptir. Bu çalışmada, geleneksel güneş enerjili hava ısıtıcı üzerinde bazı değişiklikler yapılmıştır. Bu bölümde delikli kapaklı ve hava emici plaka olarak tel kafesli güneş hava toplayıcısının konstrüksiyonu ve deney düzeneği sunulmaktadır.

##### **3.1.1 Güneş hava ısıtıcı konstrüksiyonu**

Yeni modifiye edilmiş güneş hava ısıtıcısının performansını araştırmak için, baştan üretildi ve incelendi. Kurulumda kullanılan ana bileşenler yatak, kanal, tel örgü katmanlar ve delikli örtüdür. Üretilen delikli kapaklı güneş enerjisi toplayıcısının resmi Şekil 3.1'de gösterilmektedir.



**Şekil 3.1:** Yapılan Çalışmaya Ait Kollektörün Yandan Görünümü

1. Orifis metre
2. Santifürj Fan
3. Kollektör Ayağı
4. Kollektör Yalıtımı
5. Fan Hızını Ayarlayan Speed Controller



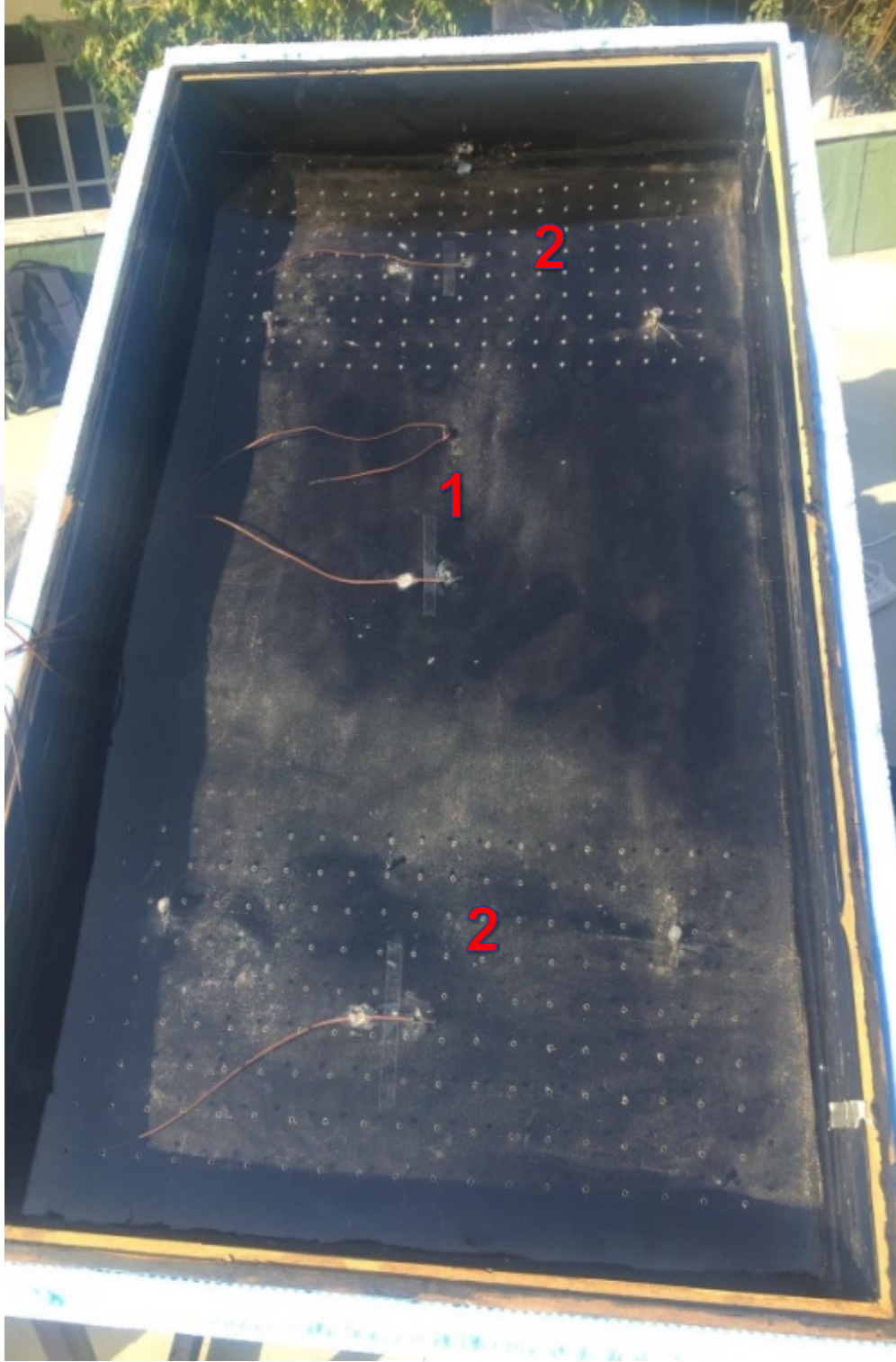
**Şekil 3.2:** Yapılan Çalışmaya Ait Kollektörün Data Loger İle Üst Görünümü

1. Veri Kaydedicilerin (Data Logger) Bulunduğu Kasa



**Şekil 3.3:** Yapılan Çalışmaya Ait Kollektörün Tüm Sistem Görünümü

1. Piranometre
2. Manometre



**Şekil 3.4:** Yapılan Çalışmaya Ait Kollektörün Üstten Görünümü

1. Pleksiglas cam ve 3mm çapındaki delikler
2. T tip Termokulplar

### 3.1.2 Kolektör yatağı veya kanalı

Güneş kolektörünün çerçevesi 2 cm kalınlığındaki kontrplaktan yapılmıştır ve çerçevenin tamamı mat siyah renkle boyanmıştır. Kolektör uzunluğu ve genişliği sırasıyla 111.5 cm ve 70.6 cm'dir. İkinci kapak ile kolektörün tabanı, kanal (yatak) yüksekliği arasındaki mesafe 13 cm'dir. Güneş kolektörünün özellikleri Tablo 3.1'de gösterilmiştir.

**Çizelge 3.1: Güneş kolektörünün özellikleri.**

Kolektör eğim açısı (derece)	31°
Kolektör Uzunluğu (cm)	111.5
Kolektör Genişliği (cm)	70.6
Kolektörün yatak yüksekliği (cm)	13
Çıkış alanı (cm <sup>2</sup> )	3 cm × 66.6 cm
Kapak: malzeme, sayı, kalınlık,	plastik cam, 1, 0.3 cm
Yalıtım: malzeme, kalınlık, ısı iletkenliği	Strafor , 3 cm, k = 0.033 W/m K
Cam ve Tel Örgü Özellikleri	3mm Delikli Pleksiglass ve Paslanmaz Çelik Tel örgü

Isı kayıplarını en aza indirmek için, çerçevenin yanları ve tabanı 3 cm kalınlığında Strafor ile yalıtılmıştır. Çift camlı güneş kolektöründe, ikinci cam kapak ile ilk kapak arasındaki mesafe 10 cm'dir. İlk camın kaldırılmasıyla kolektör tek geçişli bir hava ısıtıcı haline gelir.

### 3.1.3 Tel örgü

Yutucu malzemeyi spiral tel yerine daha sık ve yüzey alanı daha geniş olmasını sağlamak için pencereye asılan sineklik gibi 16 adet tel kullanılmıştır. Bu teller güneş ışınımını daha çok yutabilmesi için siyah renge boyanmıştır.

Her ne kadar emici plaka, bir güneş hava ısıtıcısının ana bileşenlerinden biri olmasına rağmen, bu çalışmada, emici plaka, tel kafesler ile değiştirildi ve bunun sonucu olarak, güneş enerjili hava ısıtıcısının maliyeti tel örgü olarak önemli ölçüde azaldı sac levha ile karşılaştırıldığında çok daha ucuz ve piyasada hazır olarak temin edilebilir. Kolektör kanalının camına paralel olarak, çaprazlamasına açıklıkta 0.2 x 0.2 cm ve 0.025 cm çapında 16 paslanmaz çelik tel örgüsü sabitlenmiştir. Ağ tabakalarının emiciliğini arttırmak için siyah renkle boyanmıştır.

**Çizelge 3.2:** Tel Örgü Malzemenin Genel Özellikleri

Yapısal Özelliği	Paslanmaz Çelik
Adet	16
1 Tel Örgünün Ölçüleri (cm <sup>2</sup> )	0,2 cm x 0,2 cm ve 0,025 cm çapında
Renk	Mat Siyah

### 3.1.4 Pleksiglas delikli kapak

Hava ısıtmalı güneş kolektöründe ısı kaybını azaltabilmek için Plexiglas malzeme kullanılmıştır. Daha önce bahsedildiği gibi single ve duble sistemler burada devreye girmekte. Single sistemlerde hava direk yutucu malzemeye iletilirken duble sistemlerde hava iki Plexiglas malzeme arasından kalarak ön ısıtma işlemi gibi davranabilmektedir. Bu sayede verim ve performans arttırabilme potansiyeli yakalayabilmeyor. Bu sistemde havanın geçişi için bu malzemelerin üzerinde 3 mm çapında delikler açılmakta ve hava akışı sağlanabilmektedir.

Bu deneysel çalışmada, düz plaka toplayıcılardan kaynaklanan büyük ısı kaybının kapaktan geldiği biliniyorsa, kapağa özel bir önem verilmiştir. Kapaktaki ısı kayıplarını en aza indirmek ve soğutmak için normal kapak delikli olanla değiştirildi. Bu durumda, ortam havasının iki işlevi olacaktır: kapağın içinden geçerken soğutmak ve güneş enerjili hava ısıtıcısına hava sağlamak. Kapak üzerinde rahat delik açabilmek için normal cam yerine şeffaf pleksiglas

kullanılmıştır. Pleksiglasların uzunluğu, genişliği ve kalınlığı sırasıyla 111 cm, 70 cm ve 0.3cm'dir.

Delikli kapakta, ilk çeyreğinde, kapağın üst ve alt kısımlarında delikler açılmıştır. Delikler çizgi biçiminde düzenlenmiştir. Delik çapı D, 0.3 cm olacak şekilde sabitlendi. Kapak üzerinde yapılan delikler merkezden merkeze uzaklığı ( $d_c$ )  $10D$  (3 cm)'dir.

Çift akışlı güneş kollektöründe, ısı kaybını kollektörün üst tarafından azaltmak için delikli kapağın üstünde 0.4 cm kalınlığında normal bir cam kullanılmıştır. Hava, kollektörün üst tarafında yapılan bir açıklıktan toplayıcıya girmiştir. Açılış alanı  $111 \text{ cm}^2$ 'dir.

## **3.2 Deneysel Ekipmanlar**

### **3.2.1 Piranometre**

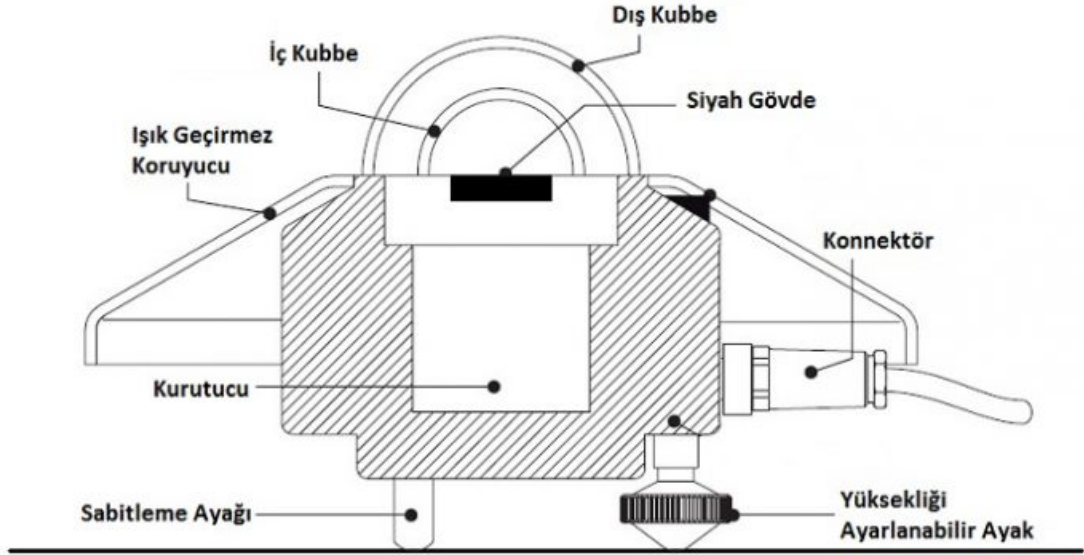
Piranometre global veya dağılma radyasyonunu ölçen alettir. Piranometre, 2 katlı camdan oluşan yarım kürenin altına yerleştirilmiş ve bakır-konstantan ısıl çiftler içeren siyah metalden oluşur. Isıl çiftlerin sıcak eklemleri siyah metal yüzeyin alt tarafına yerleştirilmiştir. Soğuk eklemler ise radyasyon almayacak biçimde yerleştirilmiştir.

Piranometre 'nin temel mantığı şudur; siyah yüzeyin gelen ışığı emerek oluşan elektrik hareket gücü sayesinde soğuk eklemden daha yüksek bir sıcaklığa ulaşmasıdır. 10 mV ila 20 mV arasında oluşan bu elektrik hareket gücünün belli bir zaman aralığında integrali alınır. Ve burdan elde edilen sonuç global radyasyonun ölçüm değeridir.

Tek bir ısıl çiftin çıktısı yaklaşık  $22 \mu\text{V} / ^\circ\text{C}$ 'dir. Bu yüzden birden fazla ısıl çift birbirine seri bağlanarak kullanılabilir bir voltaj değeri elde edilir. Ayrıca, ısıl çiftlerin seri bağlanması ile hassasiyet de artırılabilir. Piranometre herhangi bir yatay yüzeye düşen toplam radyasyonu ölçebilmek için yatay olarak yerleştirilir. Piyasadaki diğer isimleri ise payronometre, pyranometer veya güneş ölçer (Enerjibes, 2019).



Eğim açısı, İstanbul'un coğrafi konumu nedeniyle 31°de sabitlendi (enlem 41.04°N ve boylam 29.02° E). Güneş ışımalarını her saat ölçmek için bir EKO-MS-410 F tipi Piranometre ayarlandı.



Şekil 3.5: Örnek piranometre (Enerjibes, 2019)

### 3.2.2 Termometre ve termokupl (T tipi termokupl)

Giriş, çıkış ve camdaki hava sıcaklıklarını ölçmek için T tipi termokupllar kullanılmıştır. Havanın çıkış sıcaklığını ( $T_{out}$ ) ölçmek için, açıklık ölçerden önce galvanizli borunun içindeki güneş kolektörünün çıkışına üç termokupl yerleştirildi. Ortam veya giriş sıcaklığı,  $T_{in}$ , kolektörün altına yerleştirilmiş üç termokupl ile ölçülmüştür. Üç ısı çifti, aynı zamanda, camların üst, orta ve alt kısımlarına ve yatağın (tel örgü katmanlarının içinde) gün içinde saatlik olarak saatlerini kaydetmek için yerleştirildi. Tüm termokupllar veri kaydedicilere bağlandı (Tip: TESTO 176 T4, aralık: -200 ila 400 °C). Veri kaydedicilerden ölçülen ve kaydedilen okumalar daha sonra SD kart yoluyla bilgisayara aktarılmış ve Comfort Yazılımı ile değerlendirilmiştir.

#### T Tipi Termokupl (Cu-CuNi)

- Ölçüm Aralığı: -10 .....+250°C
- Ölçüm Sensörü : T- tip Termokupl
- Tek Elemanlı, 2 Telli (1xCu-CuNi), (1xCu-Const)

- Kablo Boyu : 2 m.
- Kablo İzolasyonu : Teflon + Teflon
- Kablo Kesiti : 2x0,50 mm<sup>2</sup>
- Dalma Boyu : 15 mm
- Koruyucu Kılıf Çapı : Ø 4 mm
- Koruyucu Kılıf : ss304 Paslanmaz Çelik
- Termoçift Koruyucu Kılıftan İzoleli (Topraksız)
- Montaj Bağlantısı : M8 Hareketli Rakor
- Montaj rakoru yayın arkasındadır.
- Termokupl ucu ölçüm noktasına temas ettiği yerde rakor sıkıştırılarak yaya baskı uygulanır ve ölçüm yüzeyine tam temas sağlanmış olur.
- Koruyucu kılıf altı köşe preslenerek kabloya sabitlenmiştir.
- Bu imalat şekli, üretim sürecinde gerçekleşmesi muhtemel kablunun çekilmesi,
- Sökme amaçlı zorlama gibi bozucu etkenlere karşı mukavemet sağlar (Termostok, 2019).



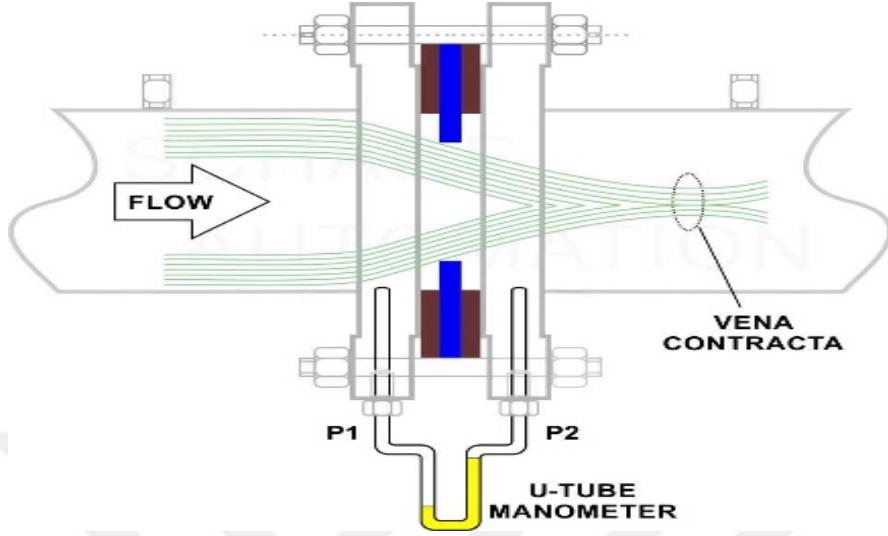
**Şekil 3.6:** Örnek T tipi Termokupl (İndiamart, 2019)

### 3.2.3 Orifis metre

Orifis metre, Holman, (1989) tarafından önerilen prensiplere göre tasarlanmış ve 8 cm çapında ve 50 cm uzunluğunda çelik bir boruya yerleştirilmiştir. Boru, kollektörün birleşme bölümü ile bir tek girişli santrifüj fan arasına yerleştirildi. Açıklıktaki basınç farkını ve toplayıcıdan basınç düşüşünü ölçmek için eğimli bir tüp manometresi (15° açı) kullanıldı. Manometrede kullanılan sıvı, 805 kg/m<sup>3</sup> yoğunlukta etanoldü. Havayı toplayıcıdan geçmeye zorlamak için kanal çıkışındaki deliğe bir tek girişli santrifüj fan (Tip: FBSY-1) bağlandı. Kollektör boyunca hava kütle akış hızını ayarlamak için bir motor hız kontrol cihazı (Allen-Bradley Power Flex 4M, Tip: 22F-A8P0N103) kullanıldı.

Akış hızı belirlenecek olan bir sıvı / gaz bir Delik Ölçer içinden geçirildiğinde, Giriş bölümü ile Delik Ölçer Çıkış Bölümü arasındaki basınçta bir düşüş olur. Basınçtaki bu düşüş diferansiyel basınç ölçüm cihazı kullanılarak ölçülebilir.

Bu fark basıncı, Bernoulli's Denklemine göre akış hızı ile doğru orantılı olduğundan, bu nedenle fark basınç cihazı, fark basınç göstermek yerine akış hızını gösterecek şekilde yapılandırılabilir (Sharf 2019).



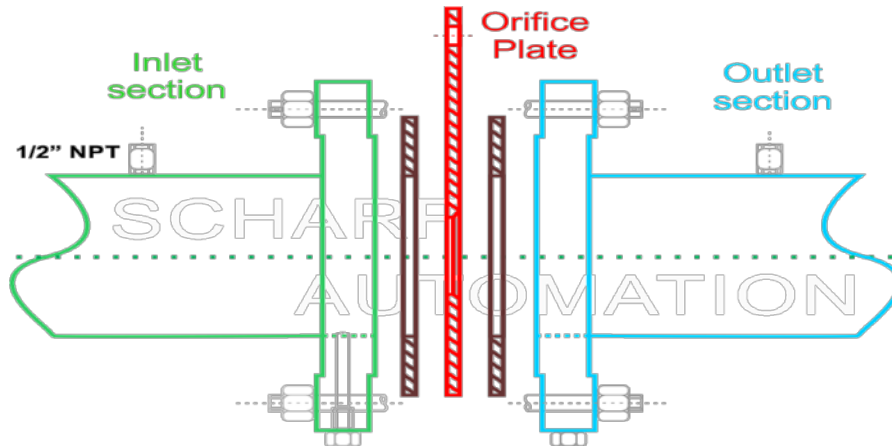
Şekil 3.7: Orifis metrenin çalışma prensibi (Sharf, 2019)

### Giriş bölümü

Gelen bir akış bağlantısı için bir uç bağlantı için giriş borusu ile aynı çapta bir doğrusal uzanan bölüm. Burada akışkan / buhar / gazın giriş basıncını ölçülür (Sharf, 2019).

### Delikli plaka

Bir basınç düşüşü oluşturmak ve böylece akışı ölçmek için Giriş ve Çıkış Bölümleri arasında bir Delik Plakası yerleştirilir.



Şekil 3.8: Örnek bir orifis metrenin parçaları (Sharf, 2019)

## **Çıkış bölümü**

Giriş bölümüne benzer şekilde doğrusal uzanan bir bölüm. Burada ayrıca çap, giden bir akış için bir uç bağlantı için çıkış borusununkiyle aynıdır. Burada bu deşarjdaki medyanın basıncı ölçülür.

Yandaki diyagramda gösterildiği gibi, Orifis Plakası ile Flanş yüzeyi arasındaki boşluğu kapatmak, sızıntıyı önlemek için bir conta kullanılır.

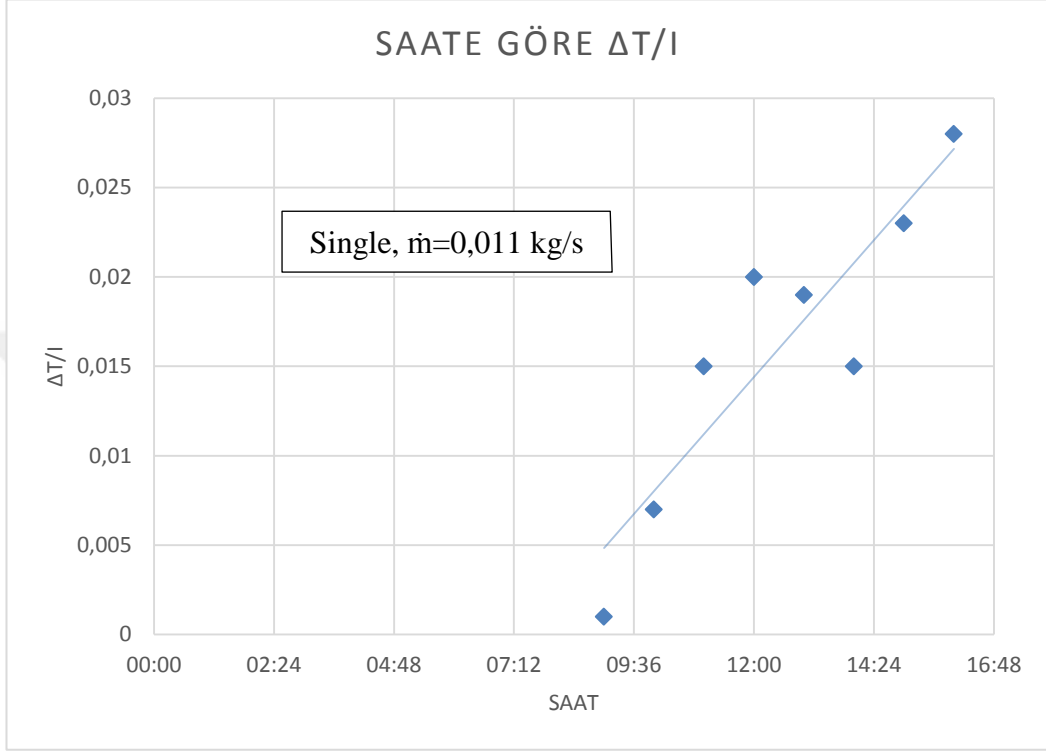
Orifis metrenin 1 ve 2 numaralı bölümleri, bir fark basınç sensörünü (u-tüp Manometre, fark basınç göstergesi ) takmak için bir açıklıkla donatılmıştır (Sharf, 2019).

### **3.3 Deneysel prosedür**

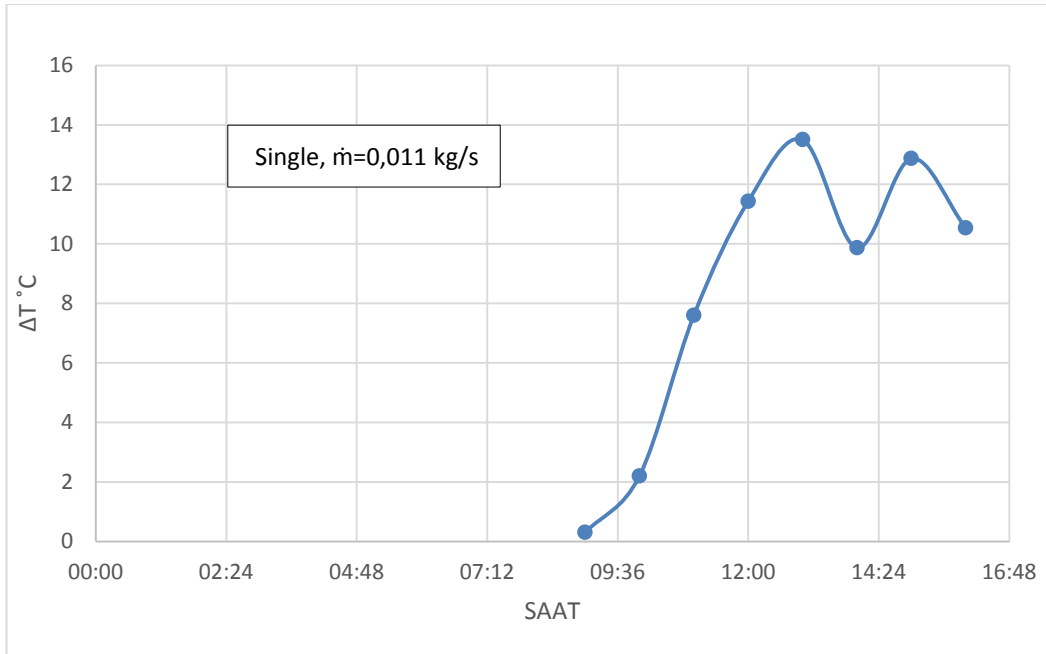
Tek ve çift geçişli güneş enerjili hava ısıtıcıları üzerinde delikli örtü ve tel örgülü katmanlar üzerinde deneysel çalışmalar, Türkiye'nin İstanbul şehrinin Avrupa Yakası Yeşilköy'de bulunan İstanbul Aydın Üniversitesi Florya yerleşkesinde yapılmıştır. Testler ve okumalar saat 9:00'da başladı ve her deney gününde saat 16:00'a kadar devam etti. Her çıkışta havanın çıkış ve giriş (ortam) sıcaklıkları ve cam sıcaklıkları saatlik olarak kaydedilmiştir. Ek olarak, güneş ışınımı da kaydedilmiştir. Rüzgar hızı ve nem değerleri, her saat başı Türk devlet meteoroloji servisinin resmi sitesinden saat başı alınmıştır. Açıklıktan geçen basınç farkı, 15° açılı eğimli bir tüp manometresi ile ölçülmüştür. Bir hız kontrol cihazı kullanılarak farklı hava kütle debileri elde edilebilir. Hız kontrol cihazı, kullanıcının hızı istenilen değere ayarlamasına izin vermek için fana bağlanmıştır. Toplayıcı, üç farklı kütle akış hızı 0.011 kg/s, 0.035 kg/s ve 0.045 kg/s ile test edildi. Bu sistem tek ve çift geçişli olarak test edilmiş olup sonuçlar karşılaştırılmıştır.



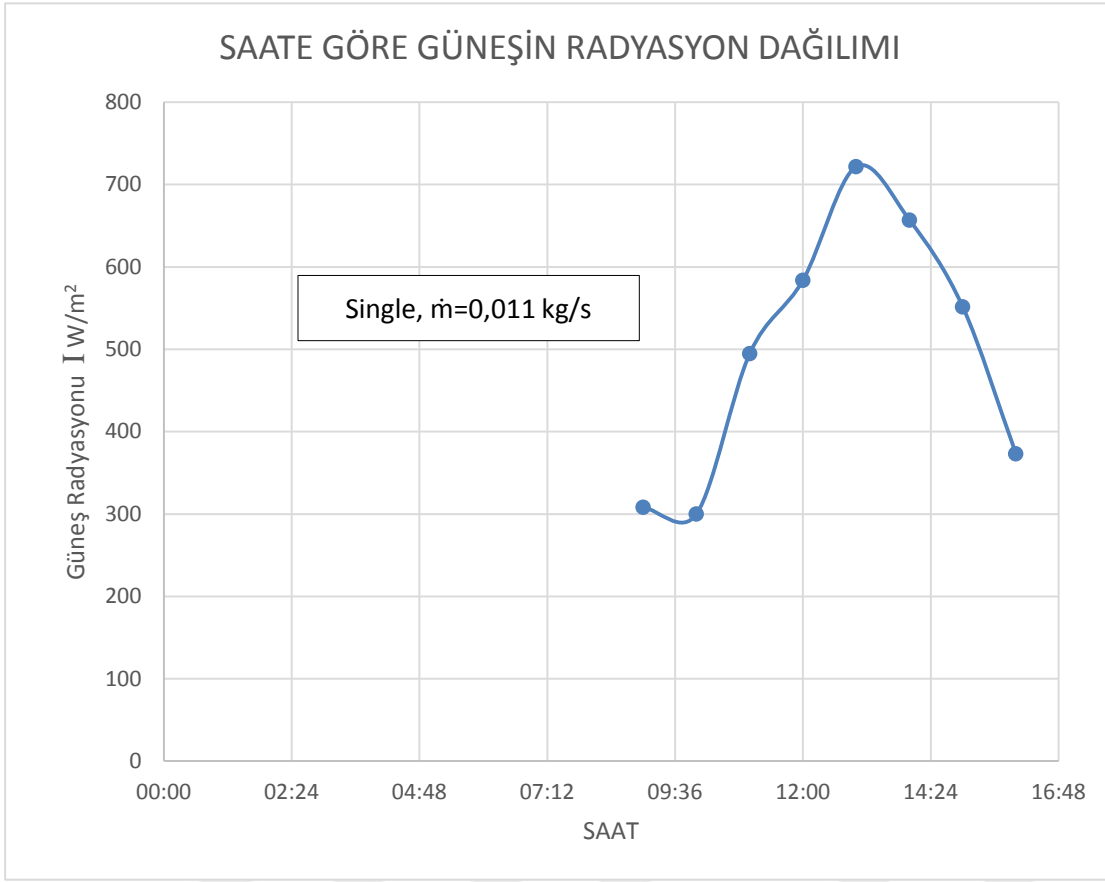
#### 4. BULGULAR VE GRAFİKLER



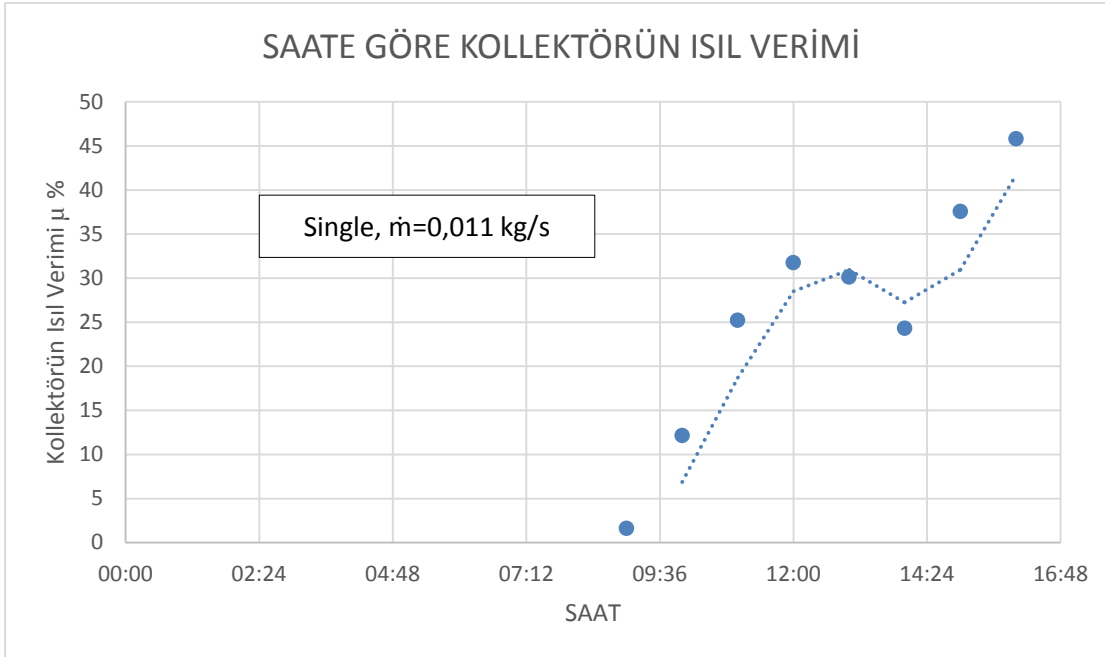
Şekil 4.1: Tek Geçişli; 0,011kg/s kütle akış hızı,  $\Delta T/I$



Şekil 4.2: Tek Geçişli; 0,011kg/s kütle akış hızı ile  $\Delta T$  °C

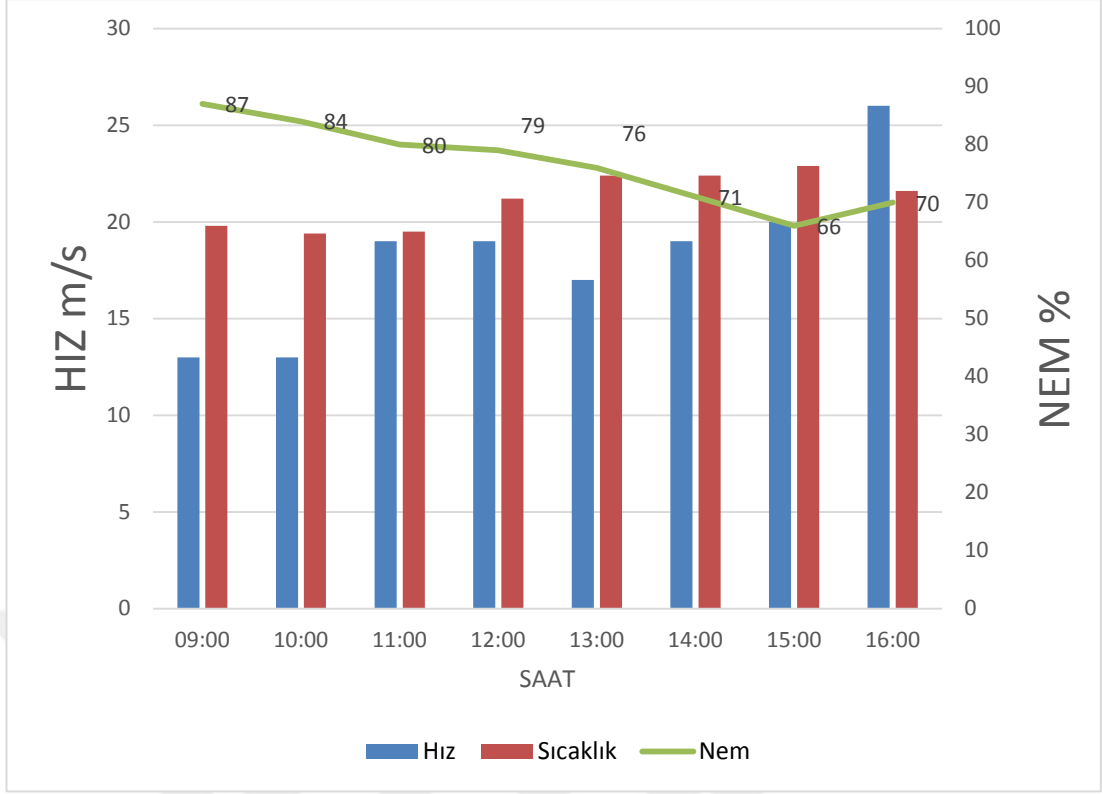


**Şekil 4.3:** Tek Geçişli 0,011kg/s kütle akış hızı ile güneşin radyasyon dağılımı

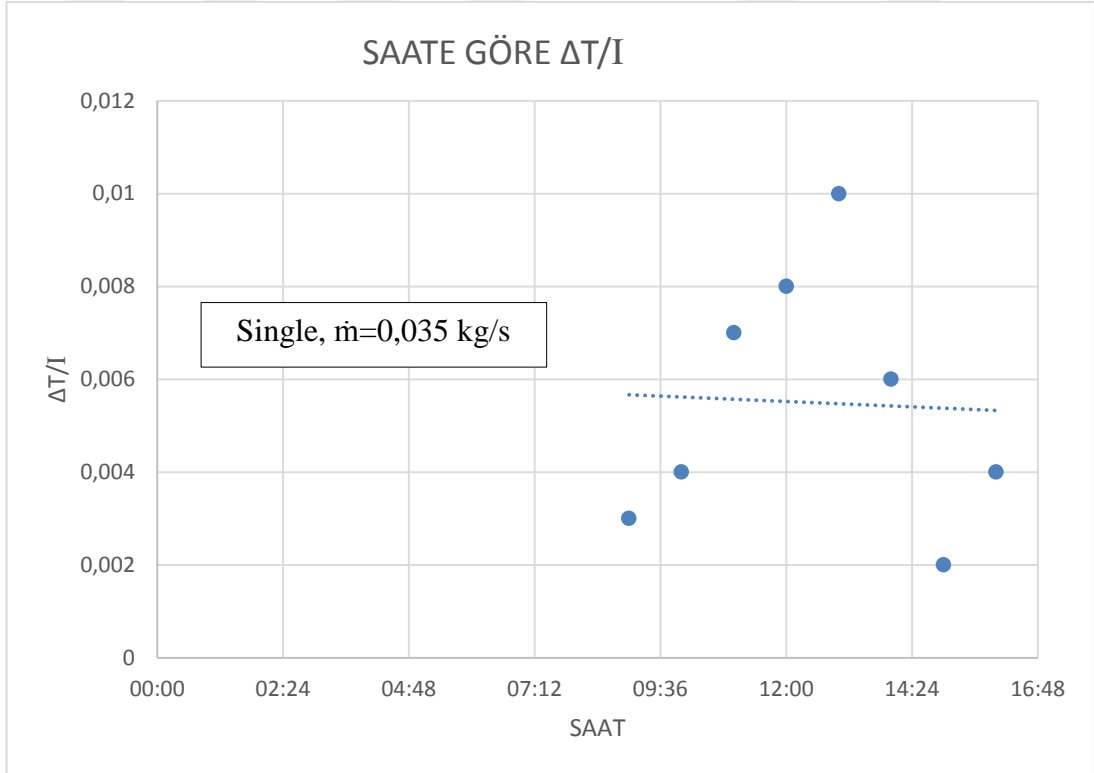


**Şekil 4.4:** Tek Geçişli 0,011kg/s kütle akış hızı ile kollektörün ısıl verimi

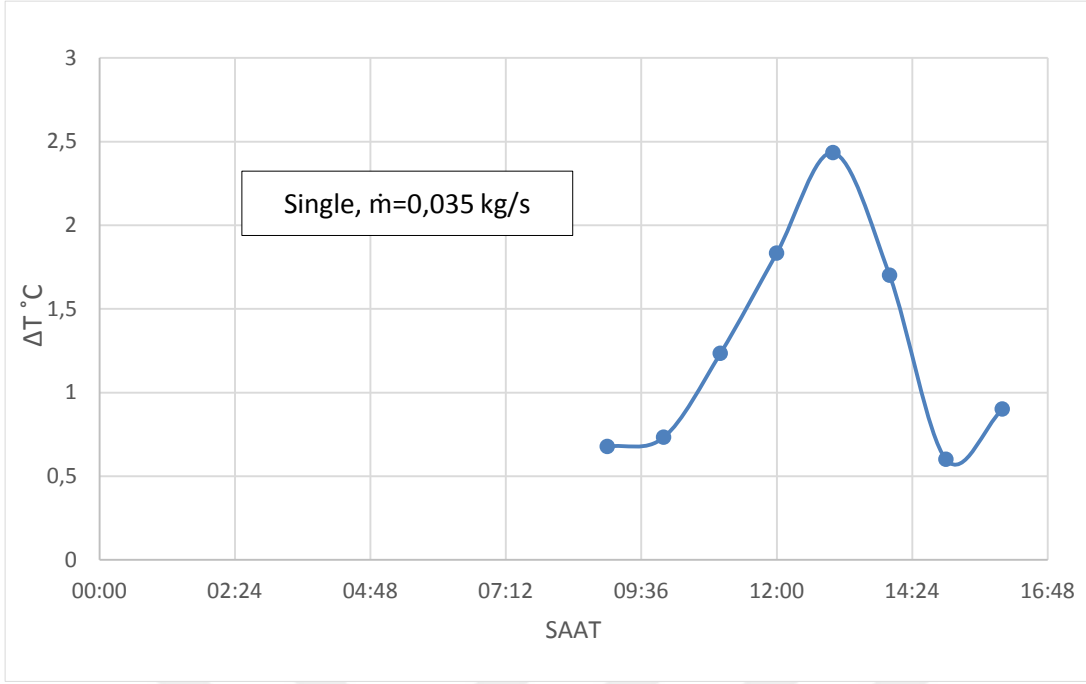




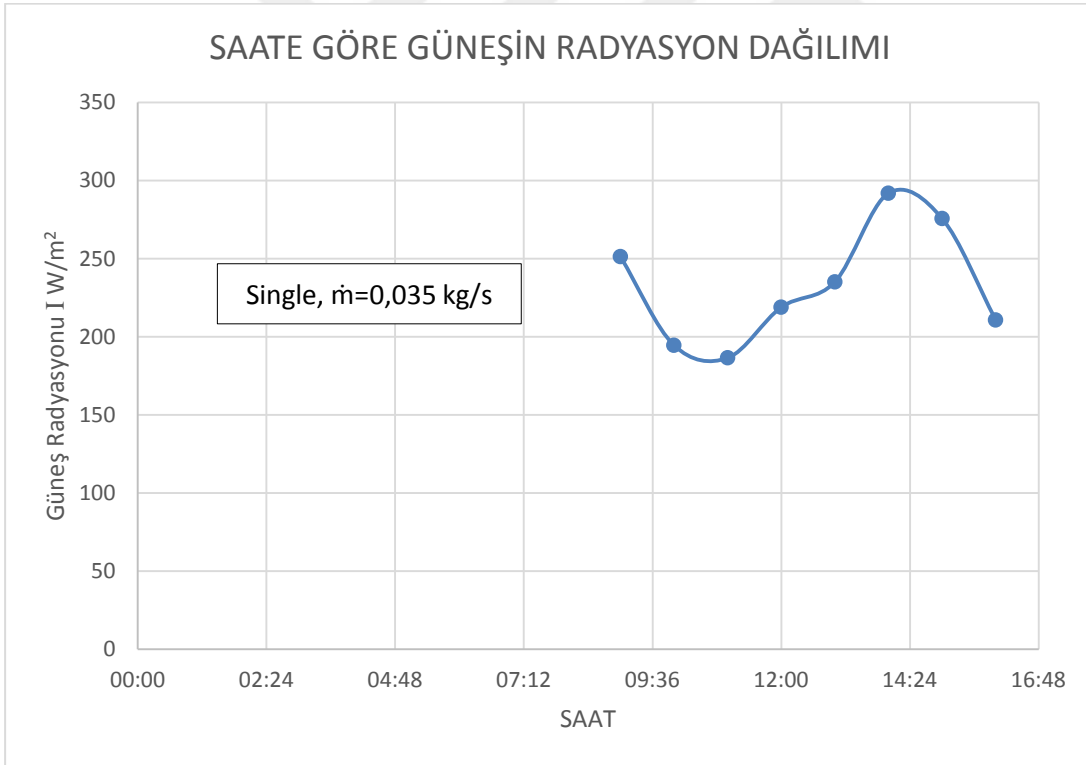
Şekil 4.5: Tek Geçişli 0,011kg/s kütle akış hızı ile dış ortam şartları



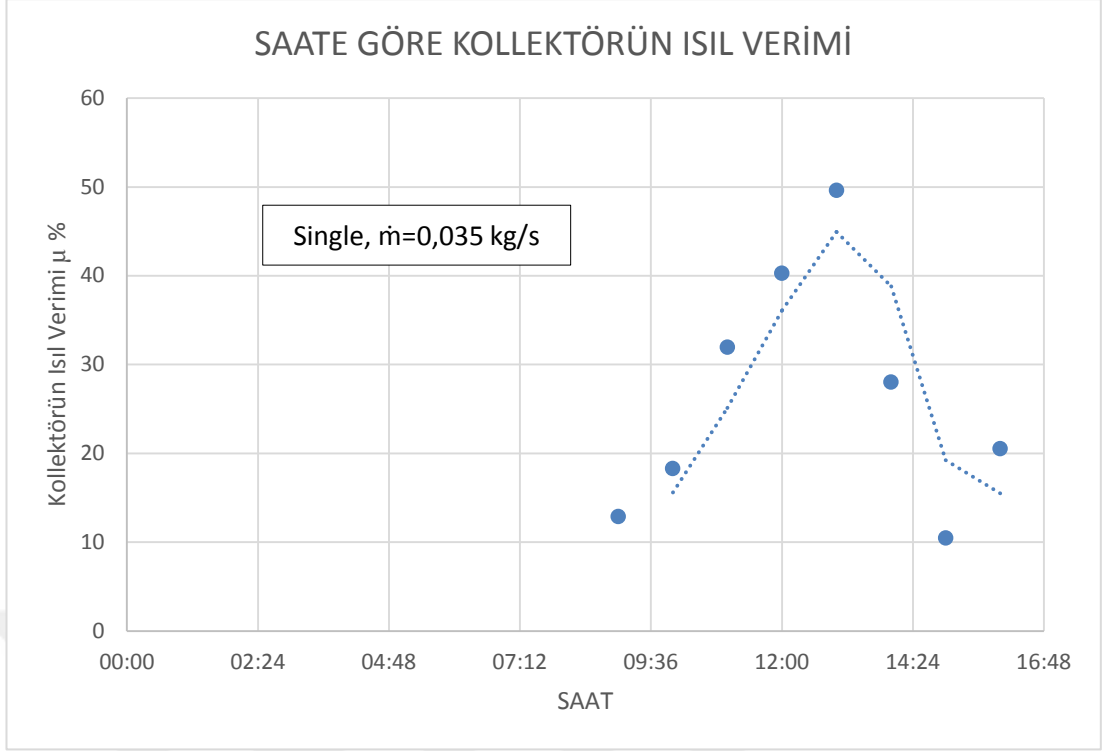
Şekil 4.6: Tek Geçişli 0,035kg/s kütle akış hızı ile  $\Delta T/I$



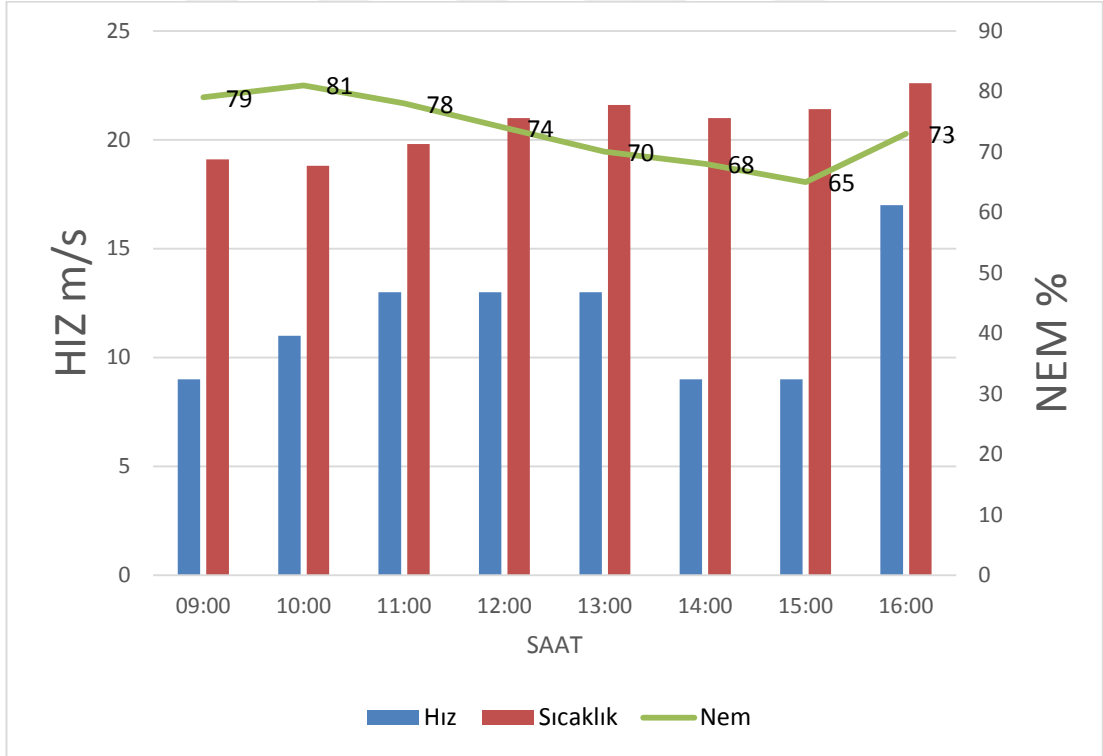
**Şekil 4.7:** Tek Geçişli 0,035kg/s kütle akış hızı ile  $\Delta T$  °C



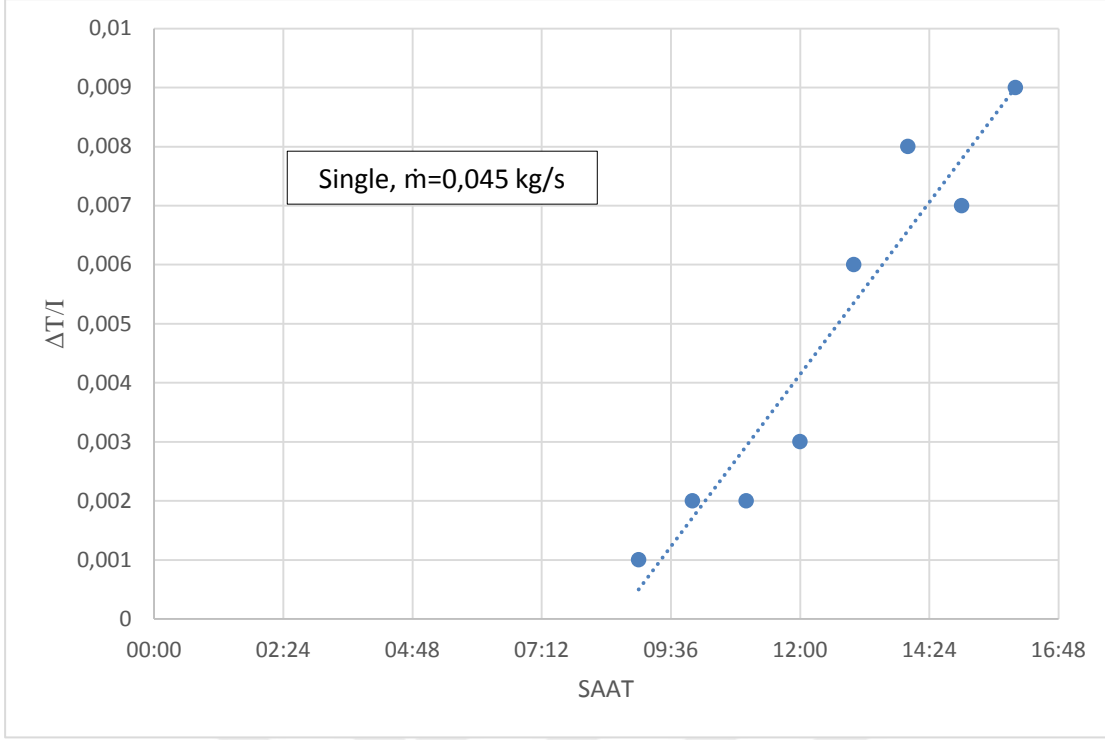
**Şekil 4.8:** Tek Geçişli 0,035kg/s kütle akış hızı ile güneşin radyasyon dağılımı



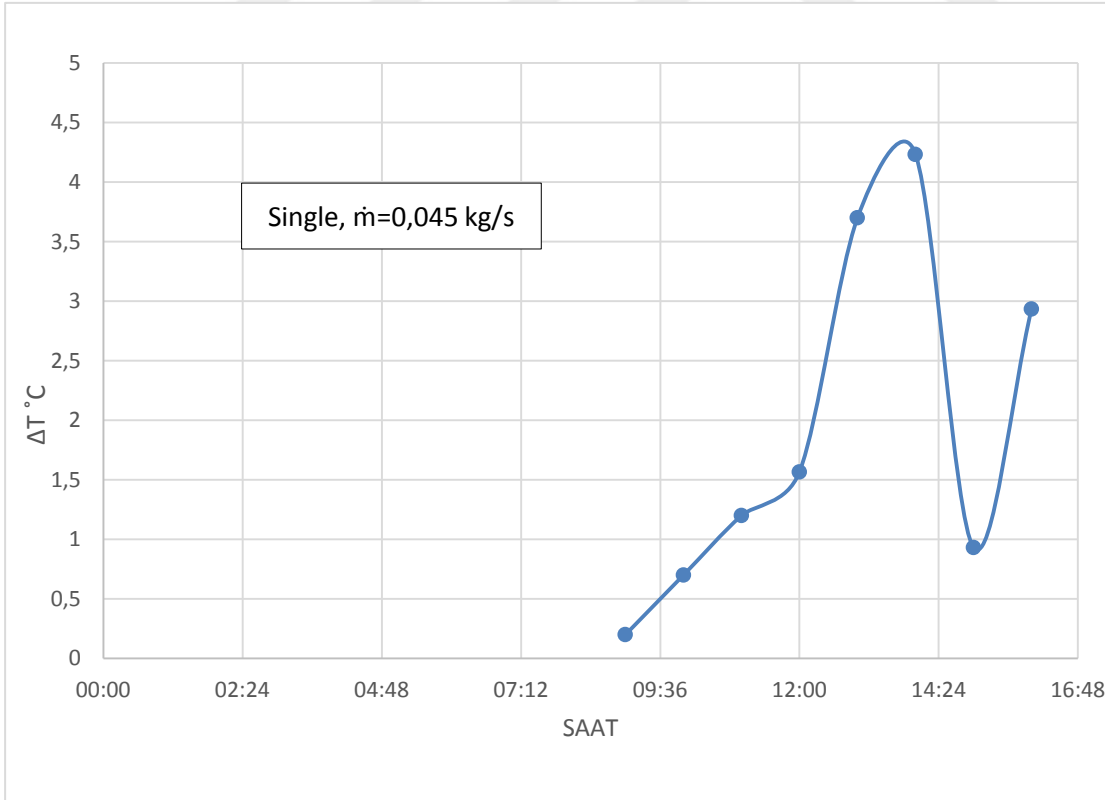
**Şekil 4.9:** Tek Geçişli 0,035kg/s kütle akış hızı ile kollektörün ısıl verimi



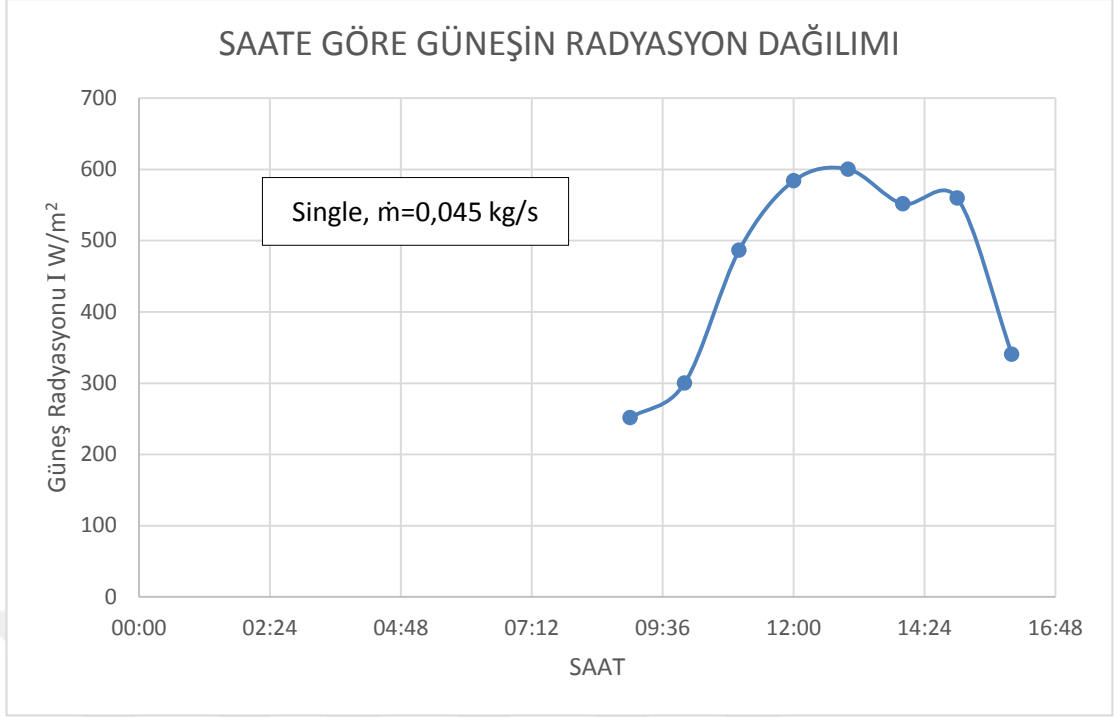
**Şekil 4.10:** Tek Geçişli 0,035kg/s kütle akış hızı ile dış ortam şartları



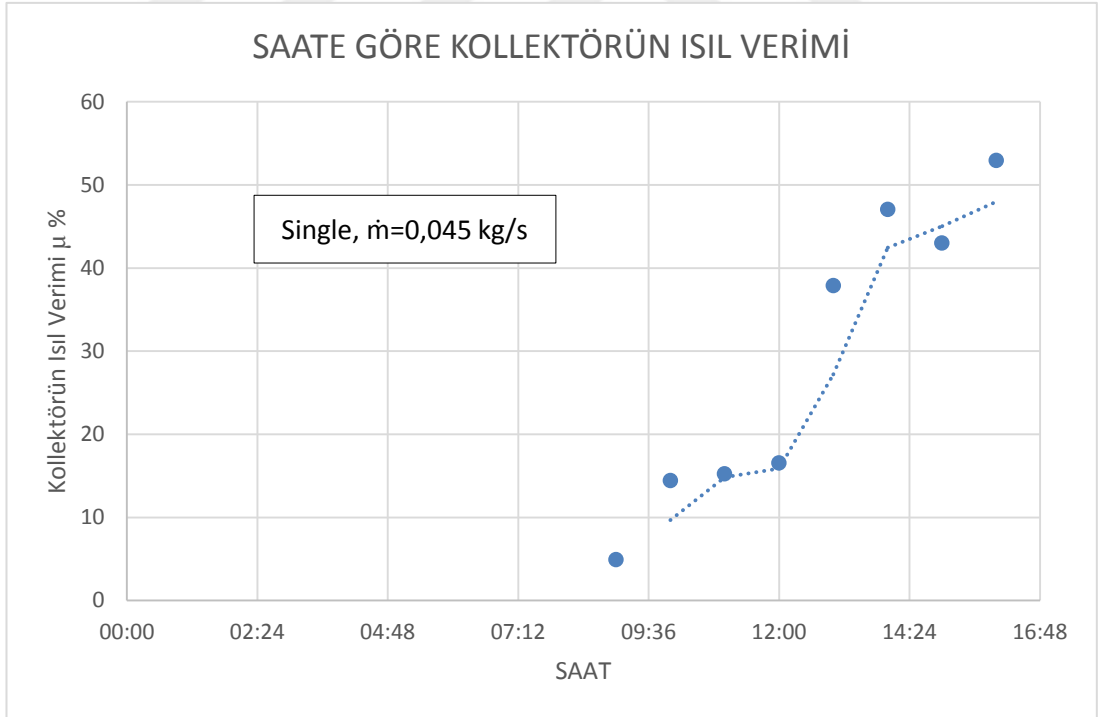
Şekil 4.11: Tek Geçişli 0,045 kg/s kütle akış hızı ile  $\Delta T/I$



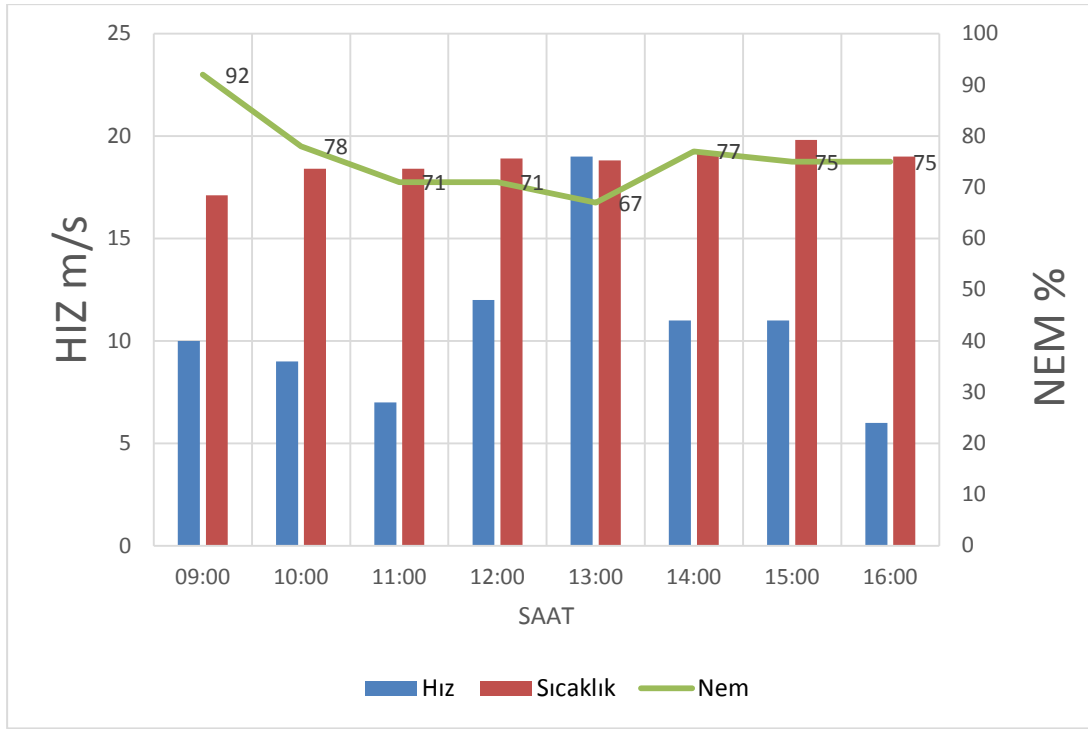
Şekil 4.12: Tek Geçişli 0,045kg/s kütle akış hızı ile  $\Delta T$  °C



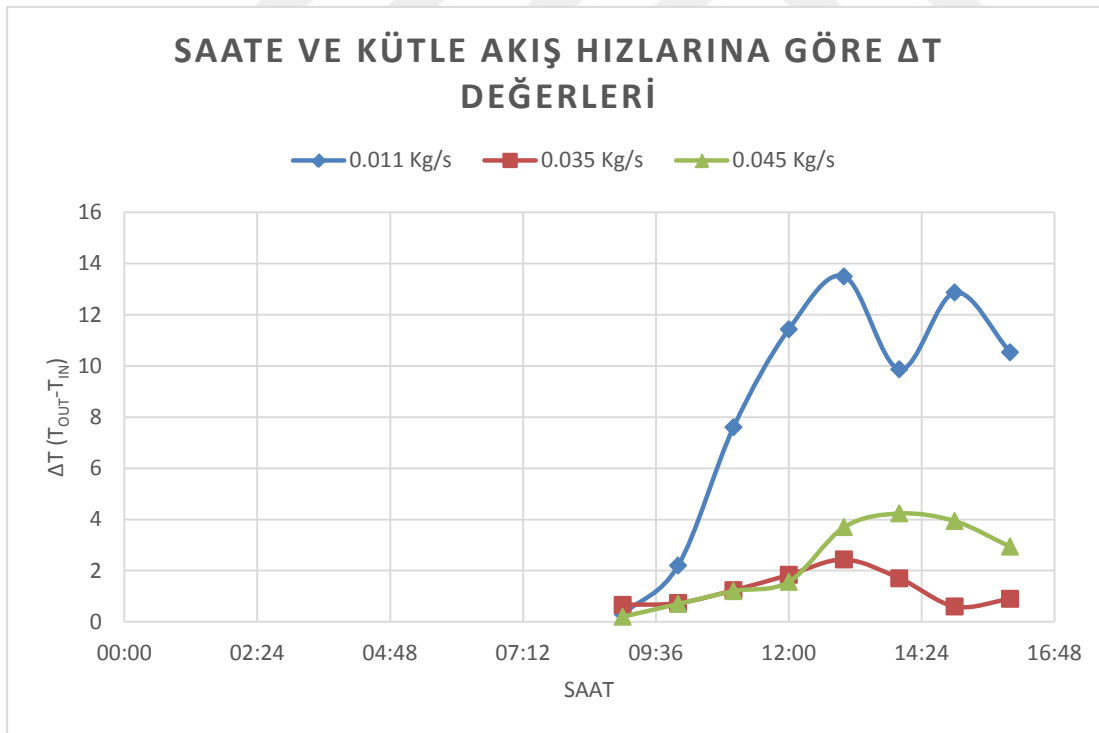
**Şekil 4.13:** Tek Geçişli 0,045kg/s kütle akış hızı ile güneşin radyasyon dağılımı



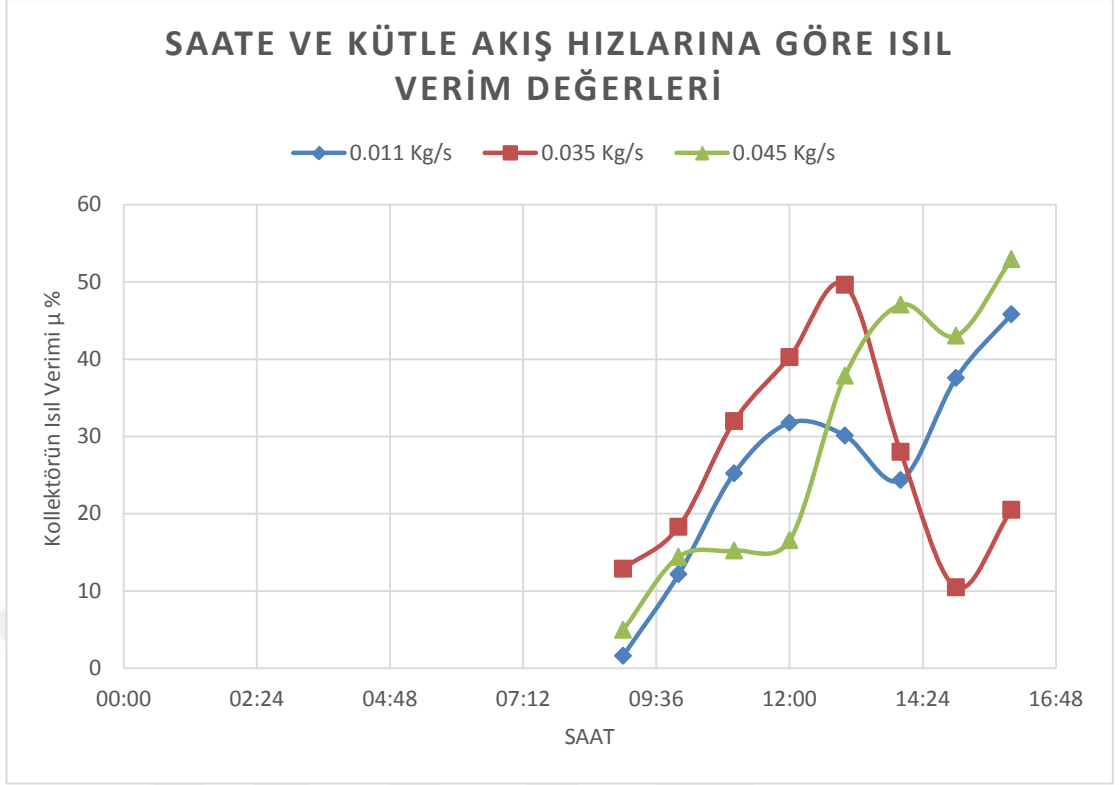
**Şekil 4.14:** Tek Geçişli 0,045kg/s kütle akış hızı ile kollektörün ısı verimi



Şekil 4.15: Tek Geçişli 0,045kg/s kütle akış hızı ile dış ortam şartları



Şekil 4.16: Tek Geçişli Kollektörün Kütle Akış Hızlarına Göre Sıcaklık Farkları



**Şekil 4.17:** Tek Geçişli Kollektörün Kütle Akış Hızlarına Göre Verimleri

#### 4.1 Tek Geçişli Kollektör İçin Sonuçlar

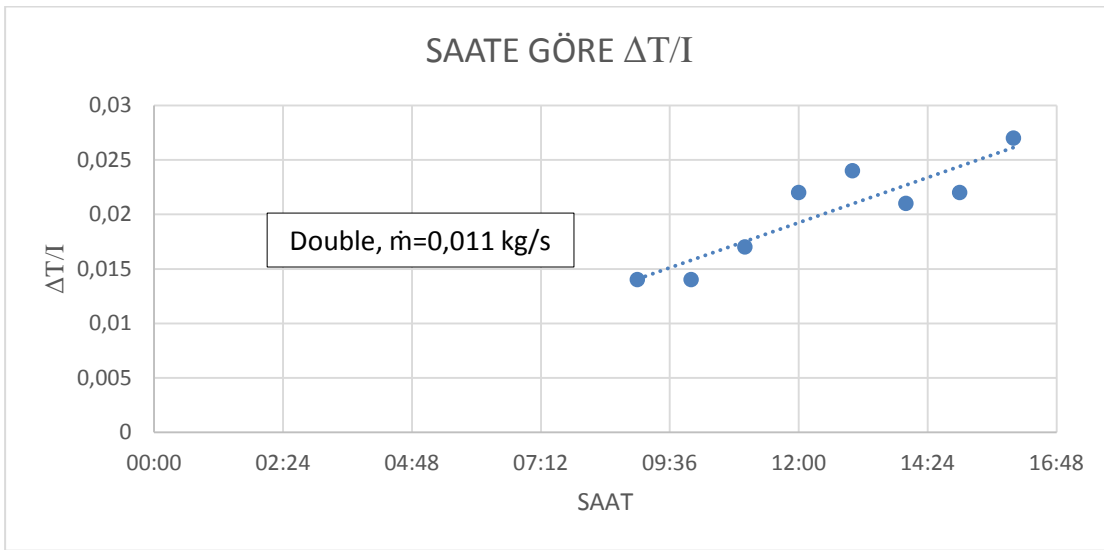
Havalı güneş kollektörünün deneysel analizi için 2018 yılının Eylül ve Ekim aylarında ölçümler alınmıştır. Ölçümler her bir hız için bir adet olarak yapılmıştır.

Tek geçişli kollektör verilerinde görüldüğü gibi ortalama 13:00/14:00 saatlerinde değerlerde ani düşmeler gözlenmektedir. Bu değişimlerin sebebi deneylerin Eylül ayında yapılması ve havanın açık olmamasından güneş ışınımının değişikliğinden kaynaklı olarak yorumlanabilir.

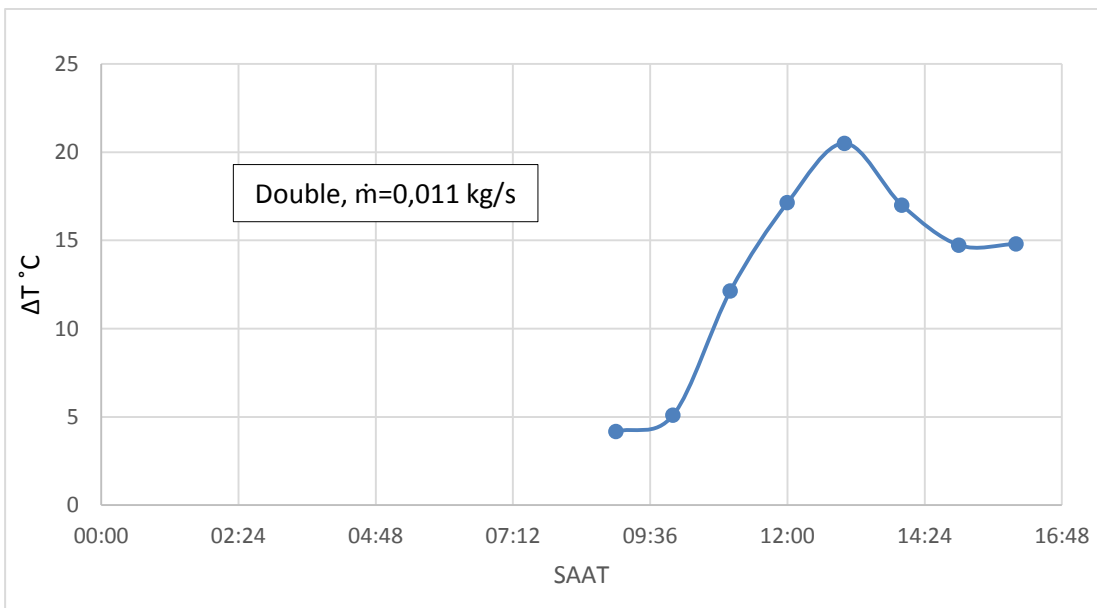
Tek geçişli kollektör deneylerinde havanın kütleli akış hızının artması ile verimin daha çok arttığını görebiliriz. Şekil 4.14’de en yüksek verimin elde edildiği kütle akış hızı 0,045 Kg/s’de saat 16:00’da %52,94 olarak hesaplanmıştır. Testlerden alınmış değerler şunu gösteriyor ki kütleli akış hızı artınca  $\Delta T$  düşük olmakta ve verim değerleri yükselmektedir.

Tek geçişli hava ısıtıcısı için farklı kütleli akış hızı günün saatine göre verimlilik Şekil 4.17'de gösterilmektedir. Giriş havası sıcaklığının davranışı olarak çoğu durumda verim günün standart yerel saatinde sabahtan 13: 00'e kadar artmış olduğu tespit edildi. T tipi termokopl ile elde edilen verilerde güneş kollektöründe kullanılan delikli pleksiglass camda sıcaklıkların delik olan bölümlerde daha düşük olduğunu tespit edilmiştir. Bu değerler bize sistemde bu delikler sayesinde fazla ısı kaybını önleyebildiğini göstermektedir.

Bu sistemde ortalama dış hava şartları 18°C, 14 m/s hava akım hızı ve %79 nem dir.

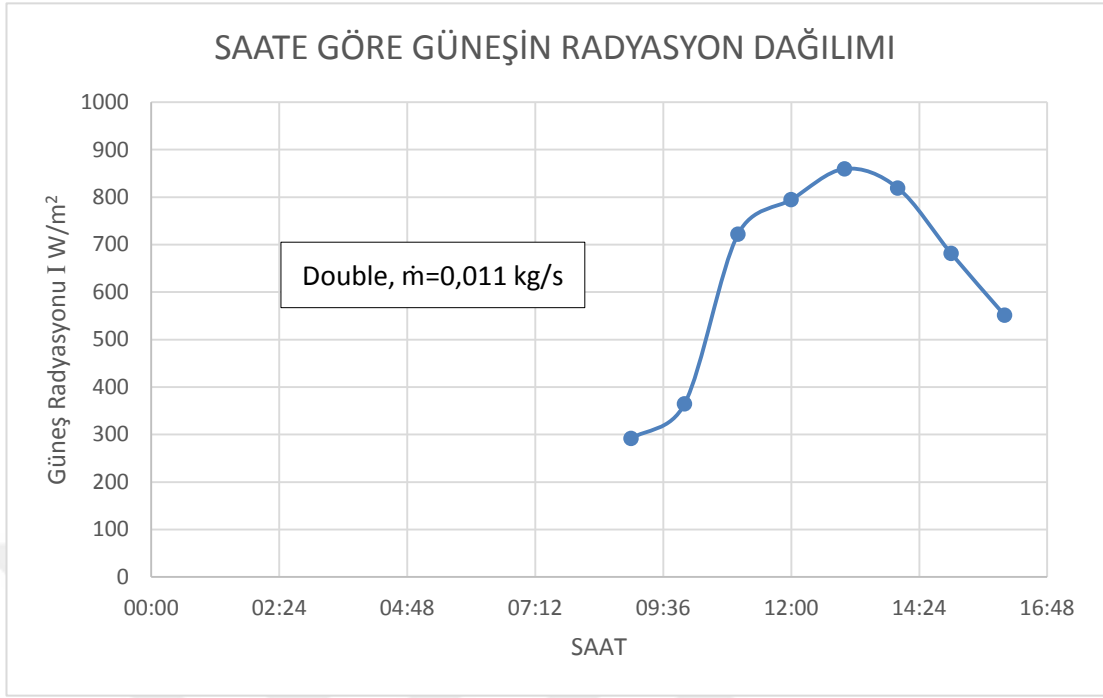


Şekil 4.18: Çift Geçişli 0,011kg/s kütle akış hızı ile ΔT/I

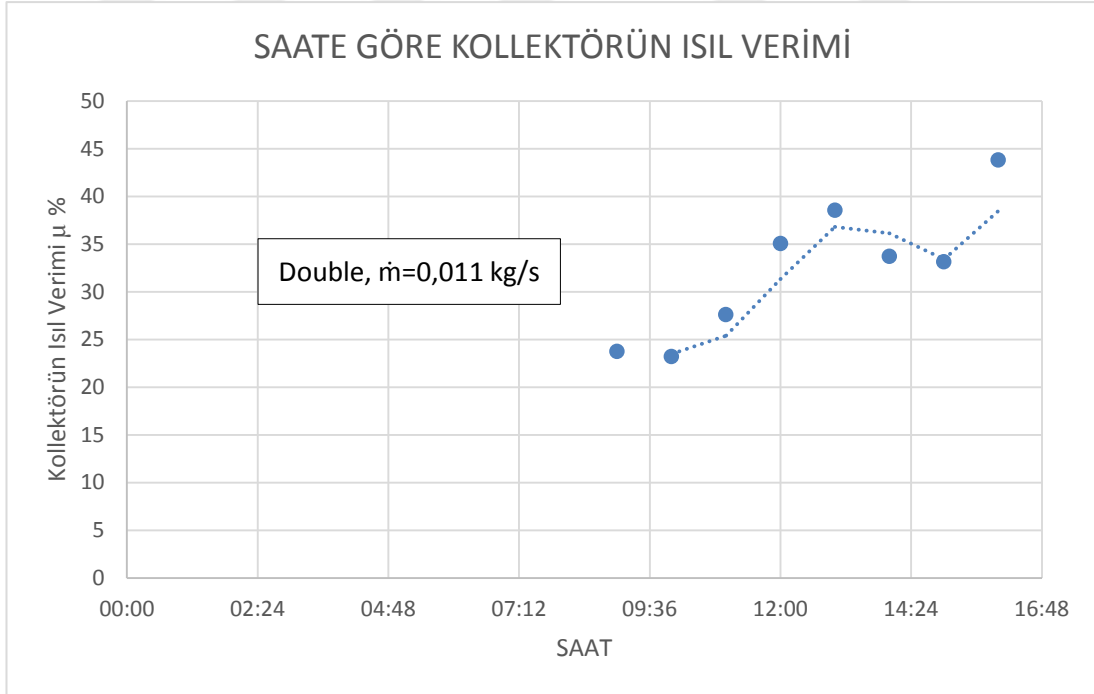


Şekil 4.19: Çift Geçişli 0,011kg/s kütle akış hızı ile ΔT °C

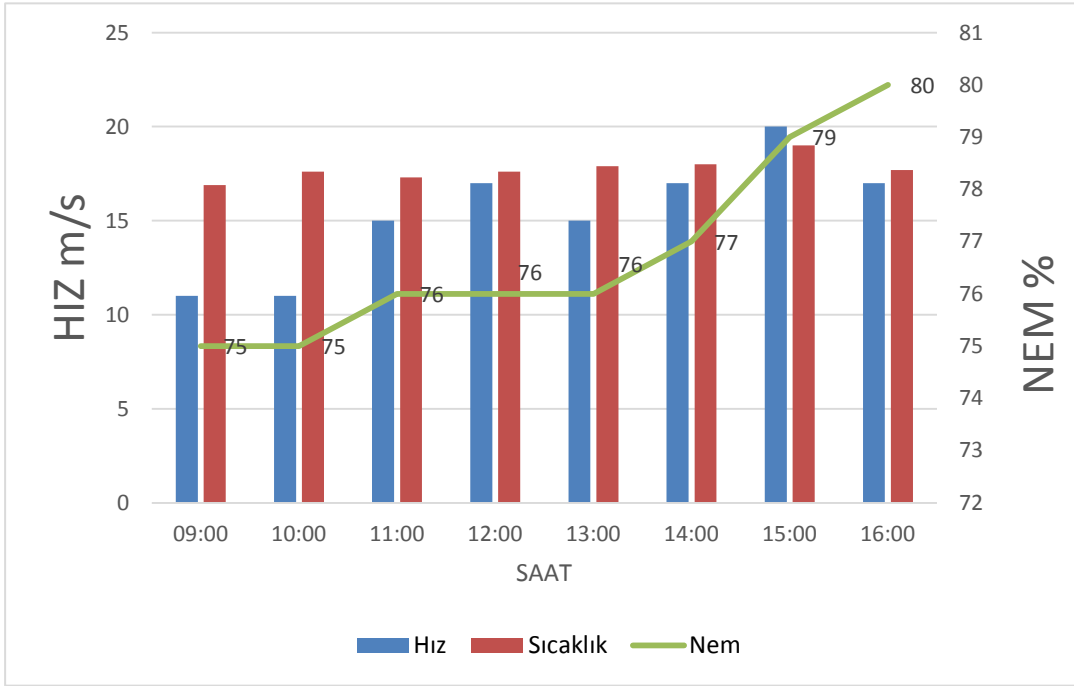




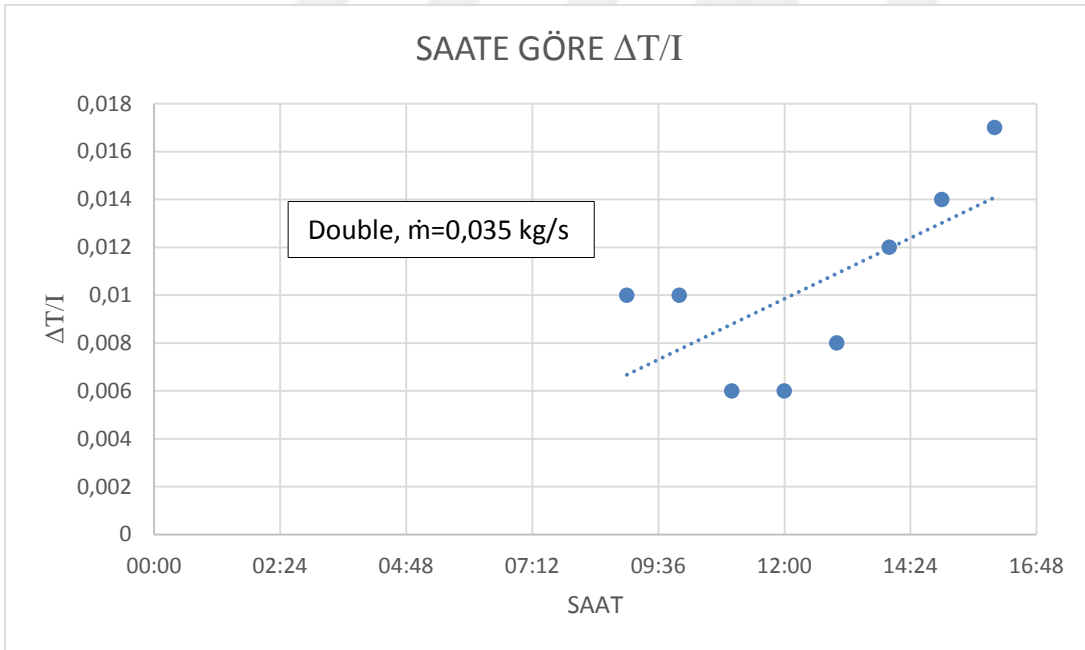
**Şekil 4.20:** Çift Geçişli 0,011kg/s kütle akış hızı ile güneşin radyasyon dağılımı



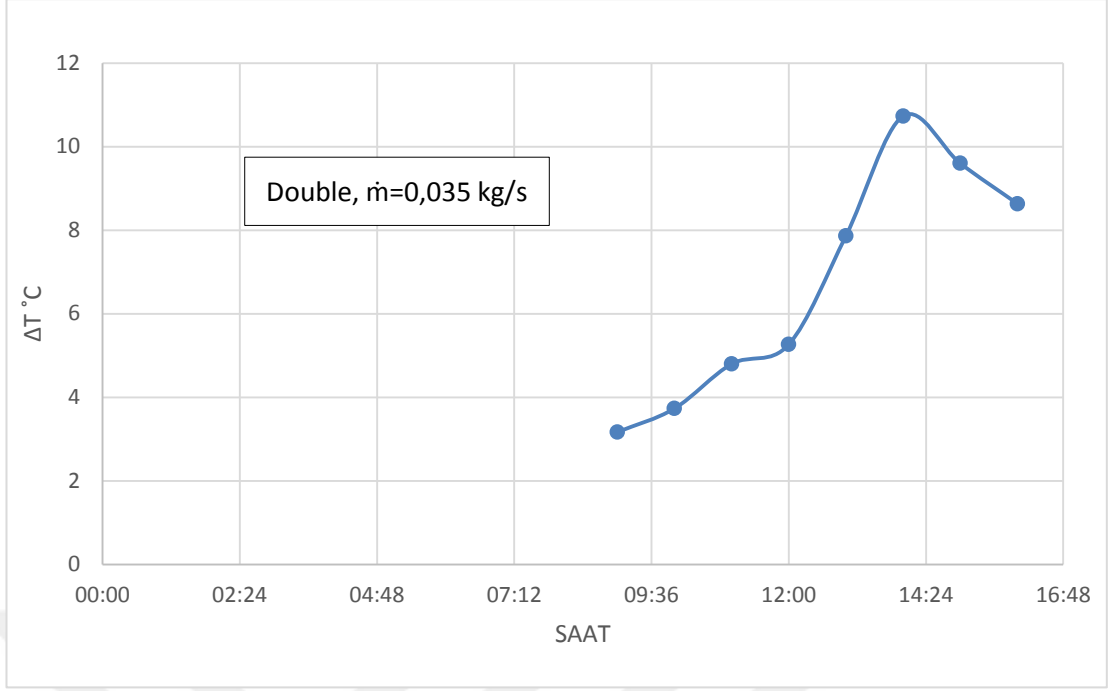
**Şekil 4.21:** Çift Geçişli 0,011kg/s kütle akış hızı ile kollektörün ısıl verimi



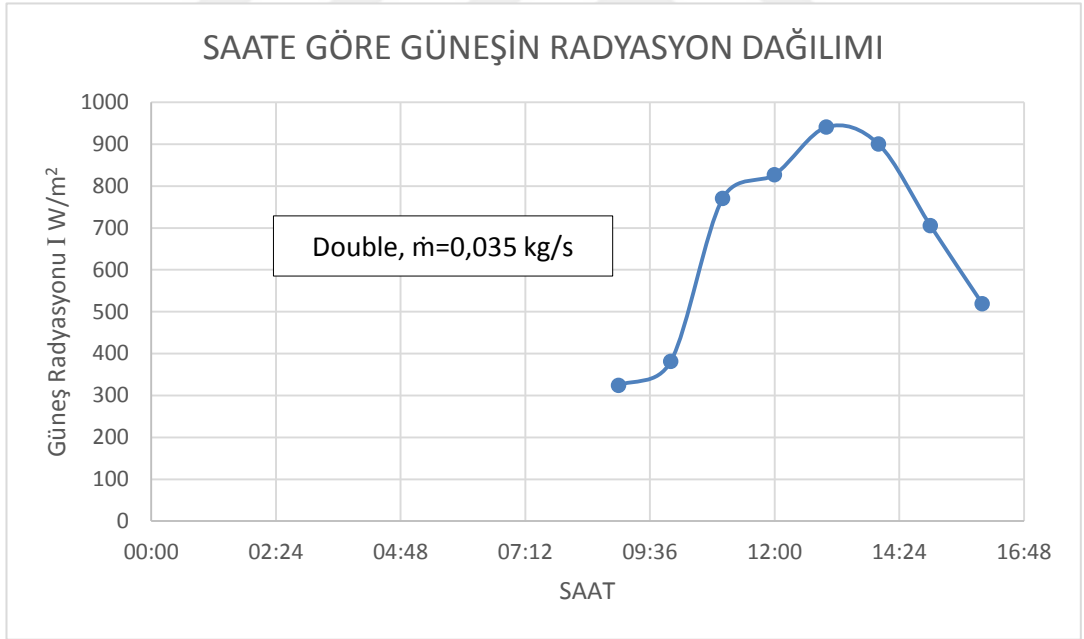
Şekil 4.22: Çift Geçişli 0,011kg/s kütle akış hızı ile dış ortam şartları



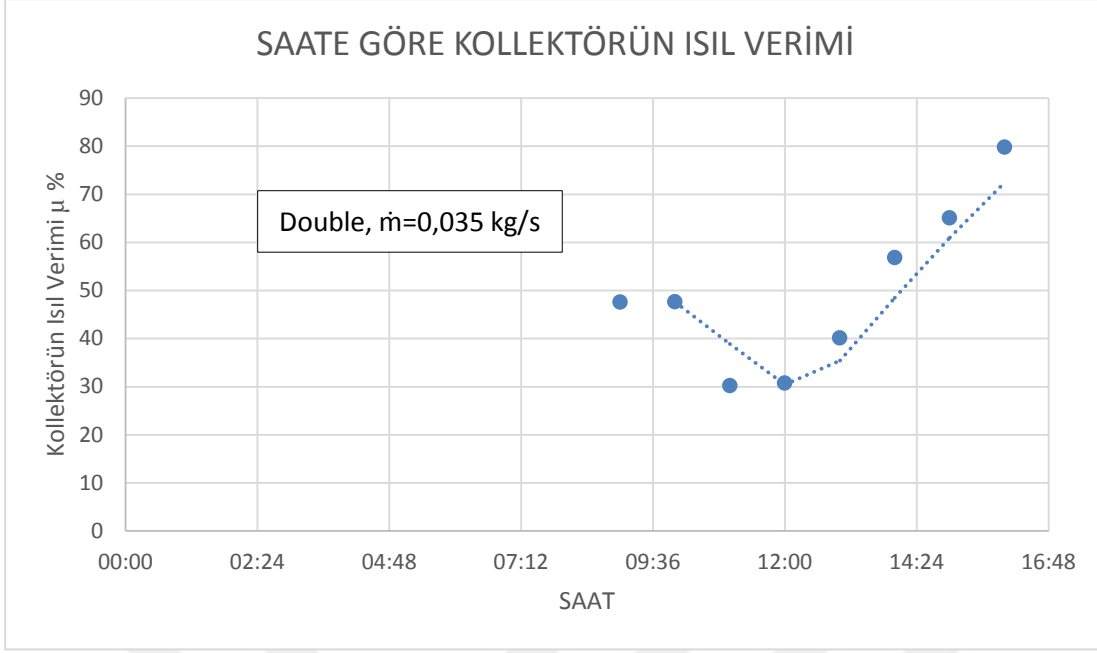
Şekil 4.23: Çift Geçişli 0,035kg/s kütle akış hızı ile  $\Delta T/I$



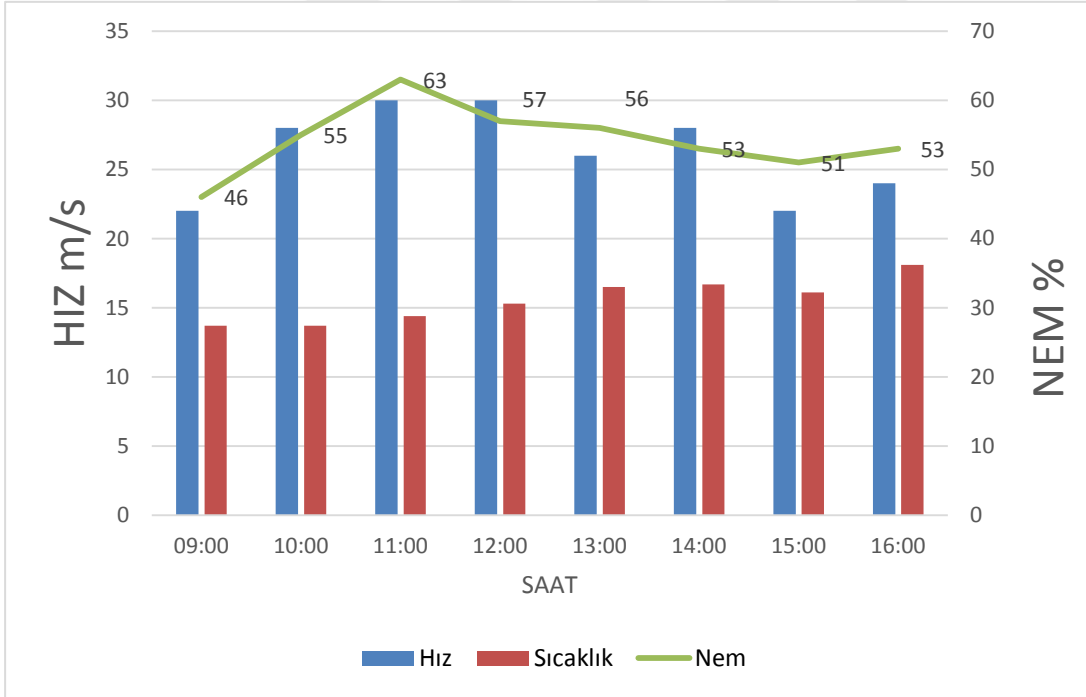
Şekil 4.24: Çift Geçişli 0,035kg/s kütle akış hızı ile  $\Delta T$  °C



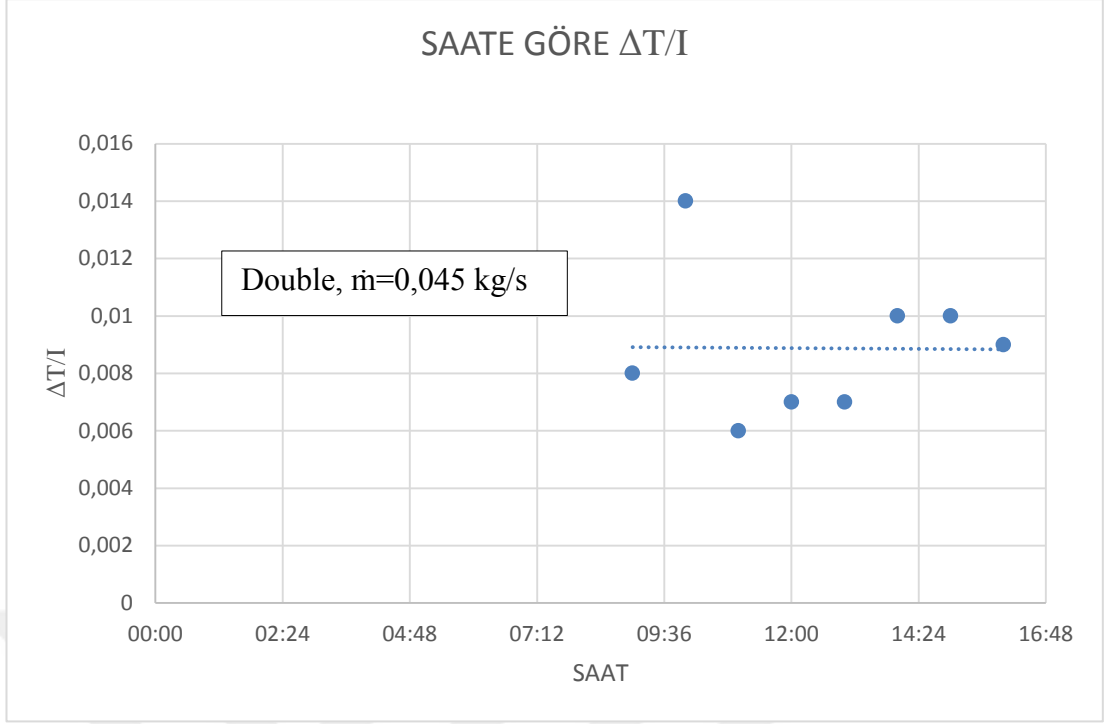
Şekil 4.25: Çift Geçişli 0,035kg/s kütle akış hızı ile güneşin radyasyon dağılımı



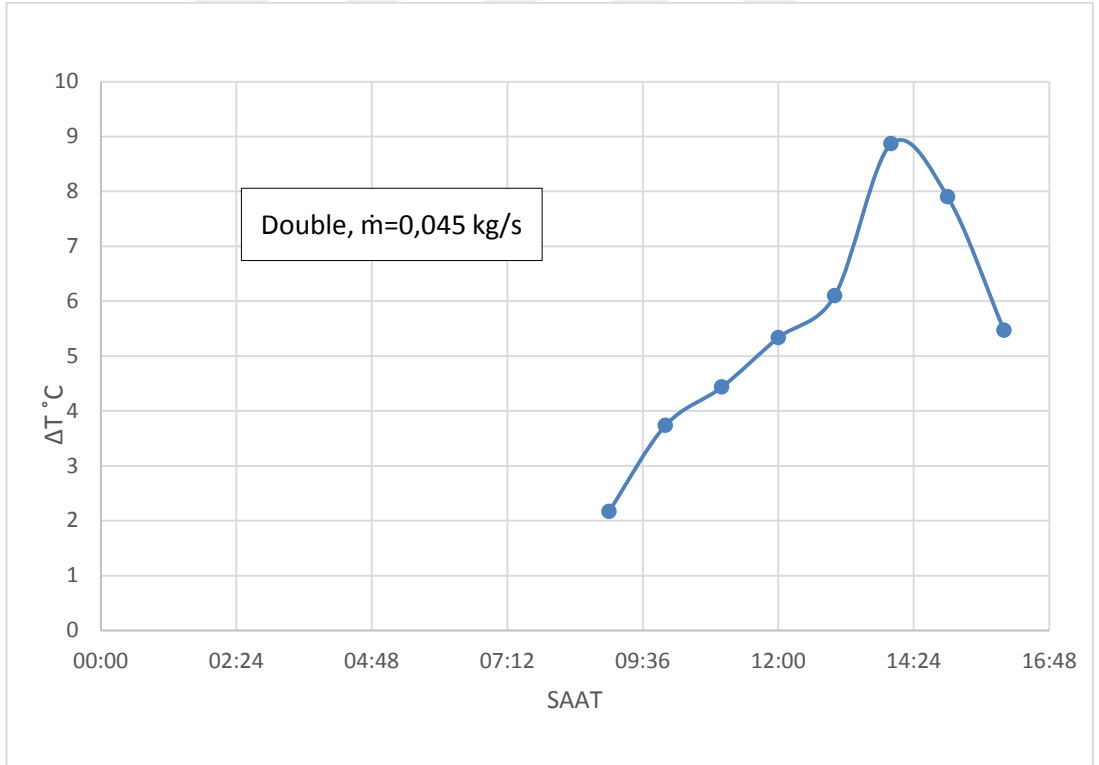
**Şekil 4.26:** Çift Geçişli 0,035kg/s kütle akış hızı ile kollektörün ısıl verimi



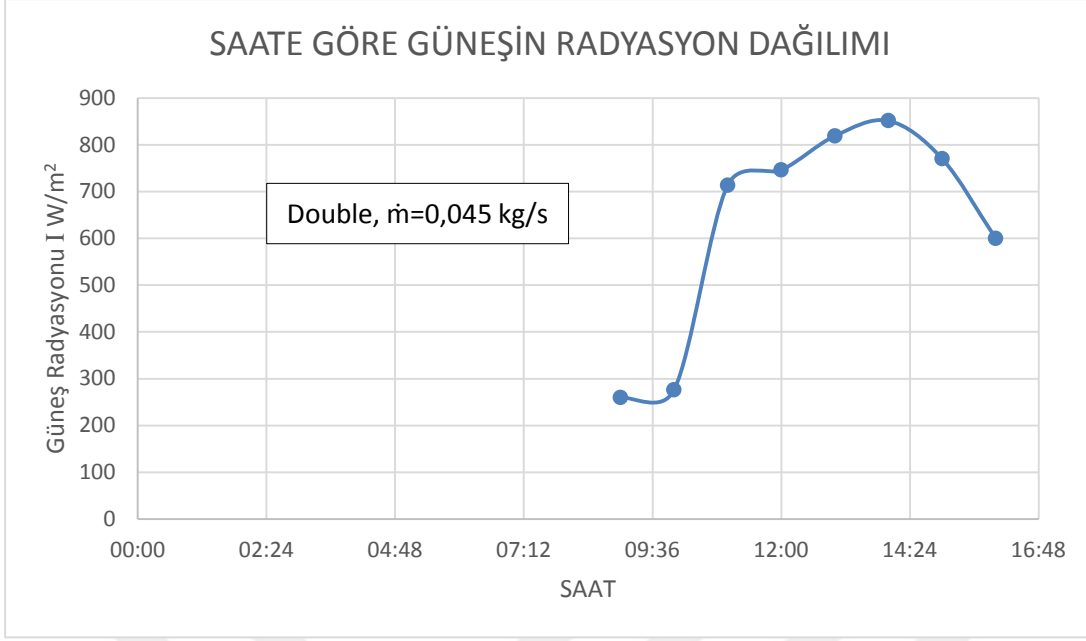
**Şekil 4.27:** Çift Geçişli 0,035kg/s kütle akış hızı dış ortam şartları



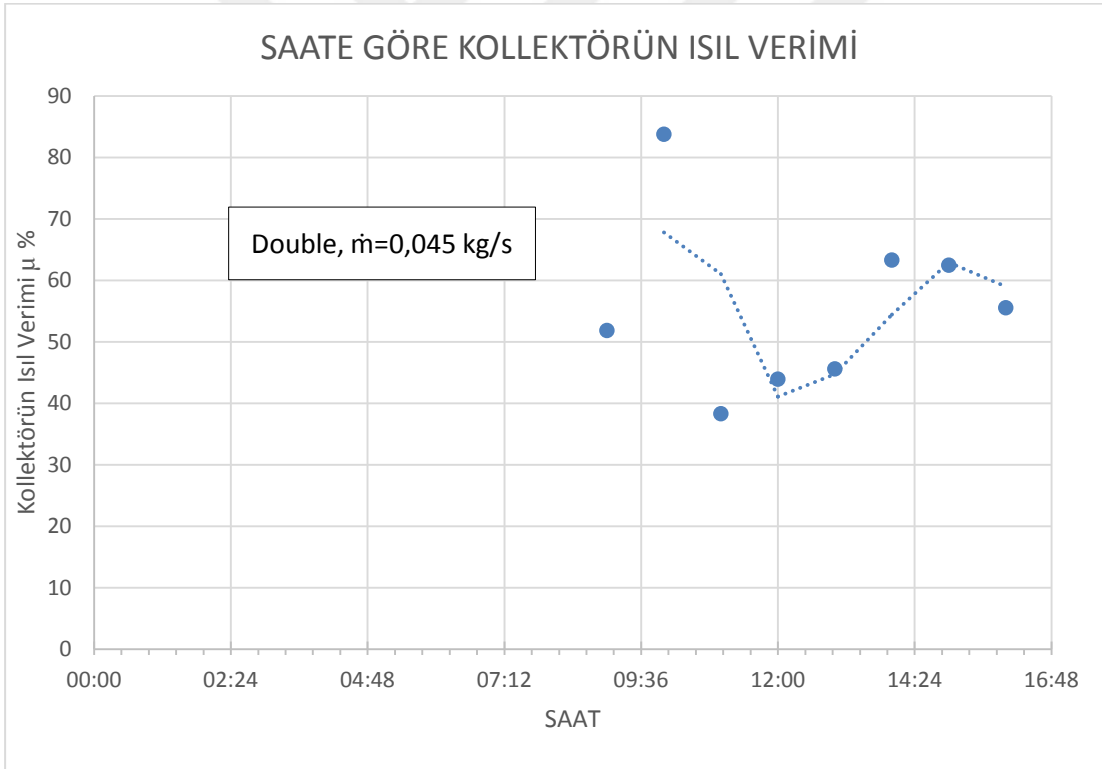
**Şekil 4.28:** Çift Geçişli 0,045kg/s kütle akış hızı ile  $\Delta T/I$



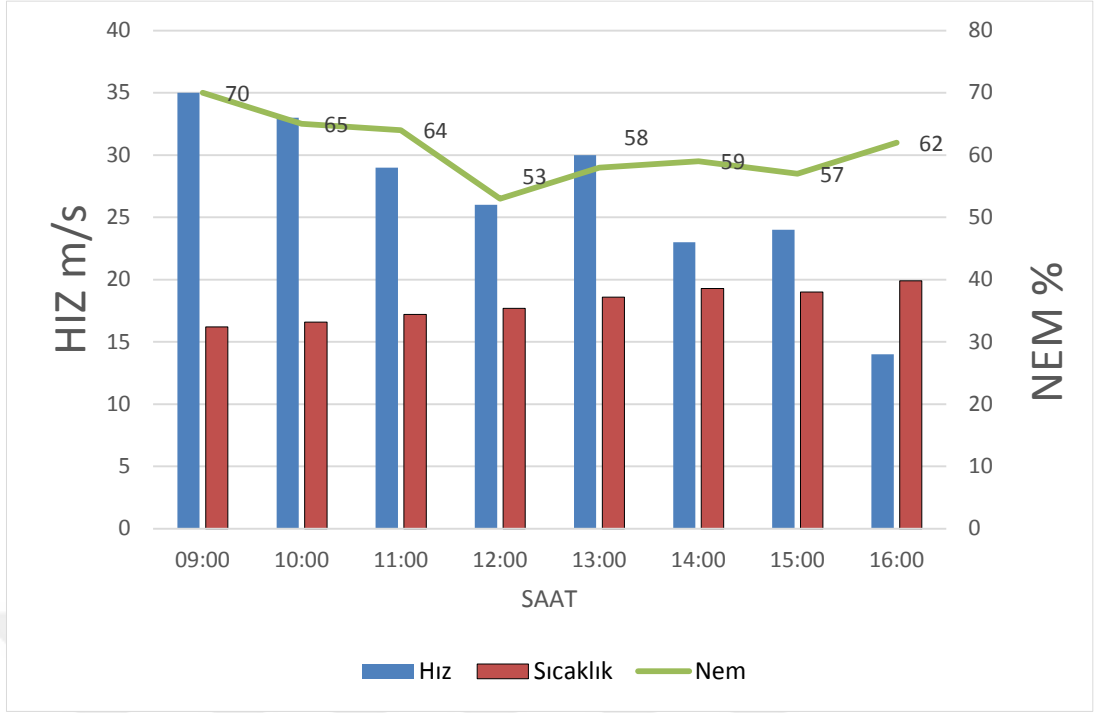
**Şekil 4.29:** Çift Geçişli 0,045kg/s hızı ile  $\Delta T$  °C



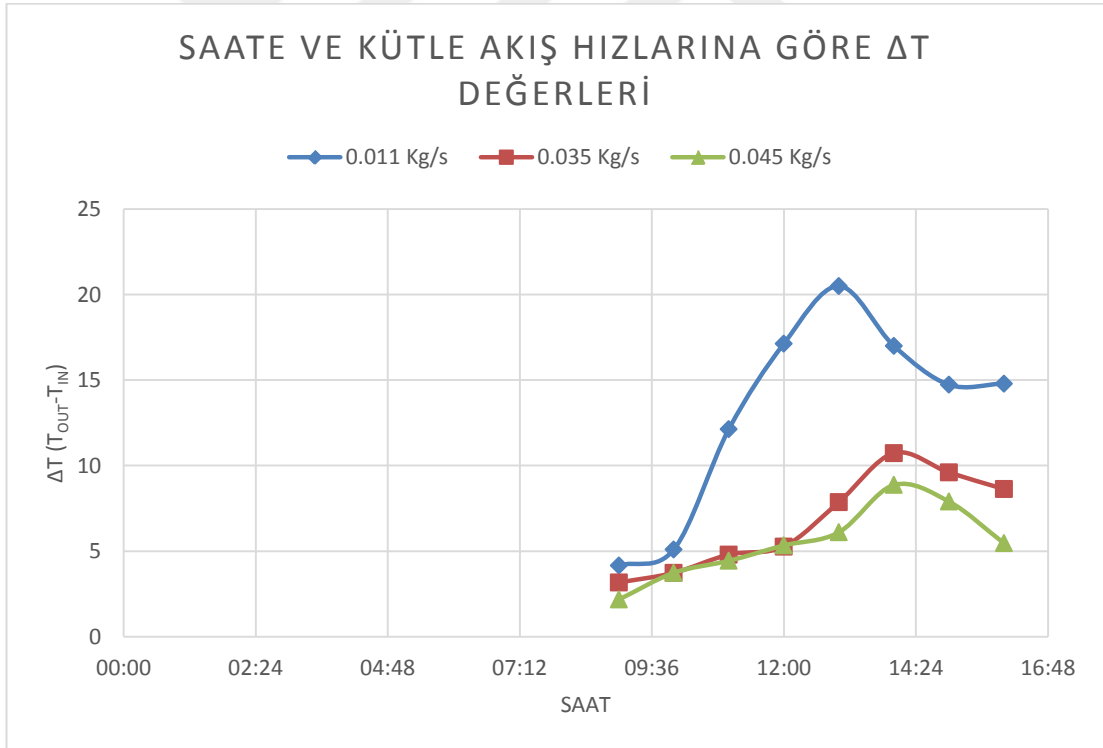
**Şekil 4.30:** Çift Geçişli 0,045kg/s kütle akış hızı ile güneşin radyasyon dağılımı



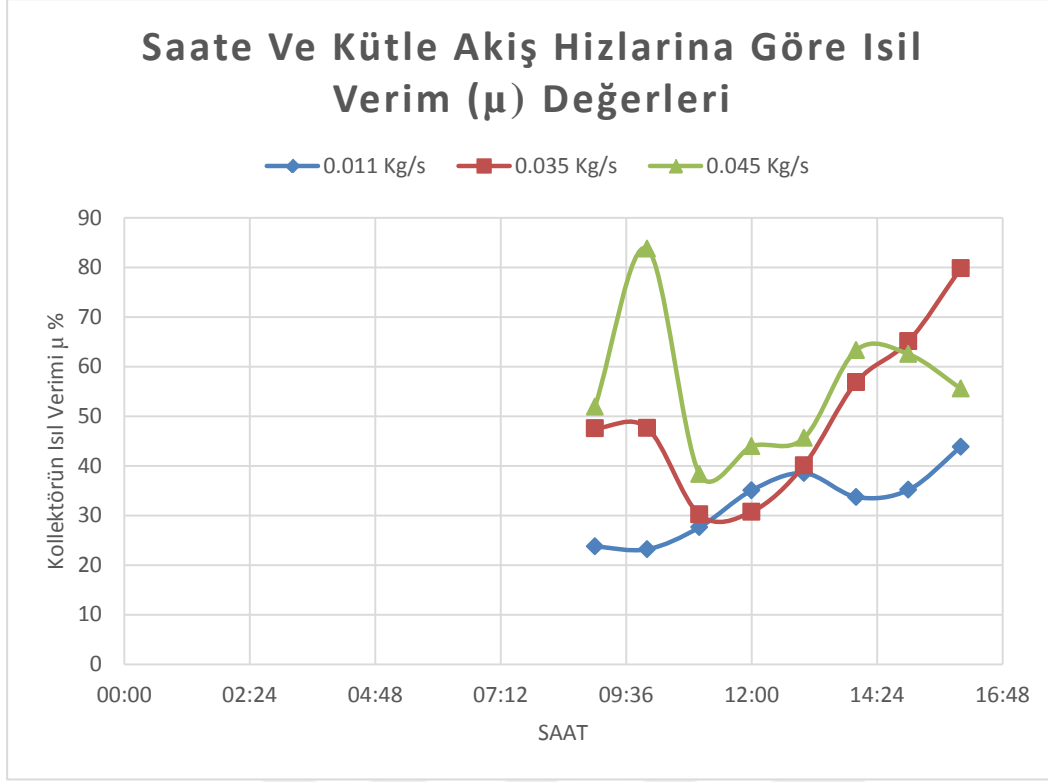
**Şekil 4.31:** Çift Geçişli 0,045kg/s kütle akış hızı ile kollektörün ısıl verimi



Şekil 4.32: Çift Geçişli 0,045kg/s kütle akış hızı ile dış ortam şartları



Şekil 4.33: Çift Geçişli Kollektörün Kütle Akış Hızlarına Göre Sıcaklık Farkları



**Şekil 4.34:** Çift Geçişli Kollektörün Kütle Akış Hızlarına Göre Verimleri

#### 4.2 Çift Geçişli Kollektör İçin Sonuçlar

2018 Yılı'nın Eylül ve Ekim aylarında yapılan deneylerde Çift geçişli güneş kolektör verileri incelenmiştir. Tek geçişlide olduğu gibi havanın kütleli akış hızları 0,011, 0,035 ve 0,045 Kg/s olarak değerlendirildi. Çift geçişli güneş kolektörü tek geçişlide olduğu gibi delikli pleksiglass cam kullanılmış ayrıca 10 cm yüksekliğine normal cam konulmuştur.

Farklı günler için günün standart yerel saatine göre güneş yoğunluğu ve çeşitli kütle akış hızları grafiklerde gösterilmektedir. 0.035 kg/s kütle akış hızında olan çift geçişli güneş hava kolektörü ile elde edilen en yüksek günlük güneş ışı'nımı saat 13:00'da  $940,76\text{W/m}^2$  olmuştur. Tüm deney günlerinde ortalama güneş yoğunluğu yaklaşık  $580.2\text{W/m}^2$  ölçülmüştür.

Sıcaklık farkları,  $\Delta T = T_{\text{out}} - T_{\text{in}}$ , farklı kütleli akış hızların için günün zamanına göre yukarıda gösterilmektedir. Genel olarak,  $\Delta T$  artan kütleli akış hızı ile azalır. Dahası, sıcaklık farkı sabahtan öğlene kadar en yüksek değere yükseliyor ve öğleden sonra güneş batana kadar düşüyordu.  $\Delta T$ , deneyin gerçekleştirildiği tüm günler için değerlerin arttığı fakat sabahtan akşama kadar



bazı saatlerde dalgalanmalar olduğu görülmektedir. Maksimum sıcaklık farkı saat 13:00'de 20,5°C ve minimum kütleli akış hızı 0.011Kg/s'de kaydedildi. Raheleh Nowzari et al., (2014) emme plakası olarak 10 tel örgü katmanlı tek geçişli bir güneş enerjili hava ısıtıcı araştırdı ve 0.012 kg/s kütleli akış hızında maksimum  $\Delta T$  değerinin 27°C civarında olduğunu buldu.

Çift geçişli hava ısıtıcısı için farklı kütleli akış hızlarında günün saatine göre verimlilik Şekil 4.34'te gösterilmektedir. Giriş havası sıcaklığının davranışı olarak çoğu durumda verim günün standart yerel saatinde sabah 13: 00'e kadar artmış olduğu tespit edildi.

Ortalama verimlilik öğleden sonraları güneş yoğunluğu eğrisini izlemeyen verimdeki artış, tel örgü tabakalarında depolanan enerjiden kaynaklanmaktadır.

Çift geçişli güneş enerjili hava ısıtıcı için  $\dot{m} = 0,035$  Kg/s'de verim % 79,81'dir. Genel olarak termal verim, kütleli akış hızı arttıkça artmaktadır.

En yüksek verim 0,045 Kg/s kütle akış hızı ile saat 10:00'da %83,79 olarak ölçülmüştür.

En düşük verim 0,011 Kg/s kütle akış hızı ile saat 10:00'da %23,2 olarak ölçülmüştür. Bu iki değer çift geçişli kollektör için tespit edilmiştir.

Dolgulu bir yatak toplayıcı sonuçlarının geleneksel bir toplayıcı ile karşılaştırılması önemli bir gelişme göstermektedir.

Çift geçişli kollektör tek geçişli kollektöre göre verim daha yüksek olduğu ölçülmüştür. Bunun sebebi çift geçişlide havanın iki katman arasında ön ısıtma işlemi görüyormuş gibi ısınmakta ve aynı zamanda sistemin fazla ısınıyını yüzeydeki delikli pleksiglass cam sayesinde atarak fazla ısı kaybını önleyerek sistemi korumaktadır. Bu sayede verim tek katlı kollektörlere göre daha yüksektir. Genel olarak çift geçişli kollektörde basınç kaybı tek geçişli kollektörden daha fazladır. Ayrıca hız arttıkça basınç kaybıda artmaktadır. Sistemin termal verimi açısından çift geçişli ve kütleli akış hızı yüksek olan avantajlıyken, basınç kaybı olarak değerlendirdiğimizde bu hızda dezavantaj olmaktadır.

Sistemin tümüne baktığımızda verim, kütle akış hızı ile doğru orantılı,  $\Delta T$  ile ters orantılıdır. Bu çalışma ile diğer çalışmaların karşılaştırmalarını Şekil 4.37 ve Şekil 4.38’de gösterilmektedir.

Bu sistemde ortalama dış hava şartları 19°C, 27 m/s hava akım hızı ve %60 nem dir.

**Çizelge 4.1:** Kollektör içerisindeki hava hızına göre ortalama ısı verimleri

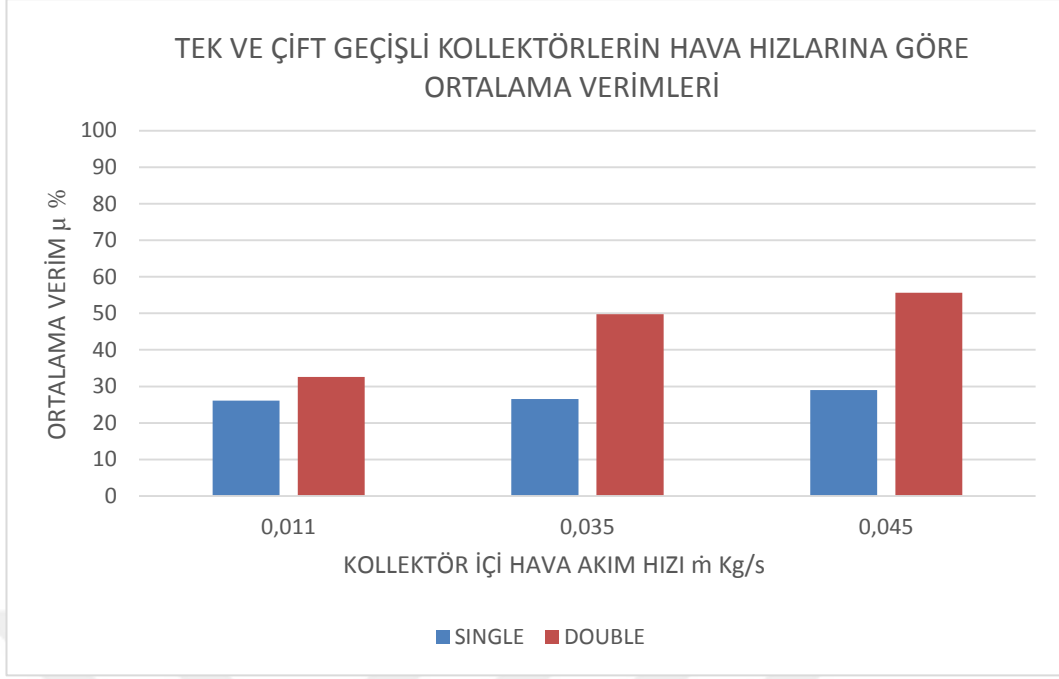
<b>MASS FLOW RATE (HAVA HIZI Kg/s)</b>			
	<b>0.011</b>	<b>0.035</b>	<b>0.045</b>
Tek Geçişli kolektör	26.07%	26.50%	29%
Çift Geçişli kolektör	32.60%	49.75%	55.61%

Average efficiency

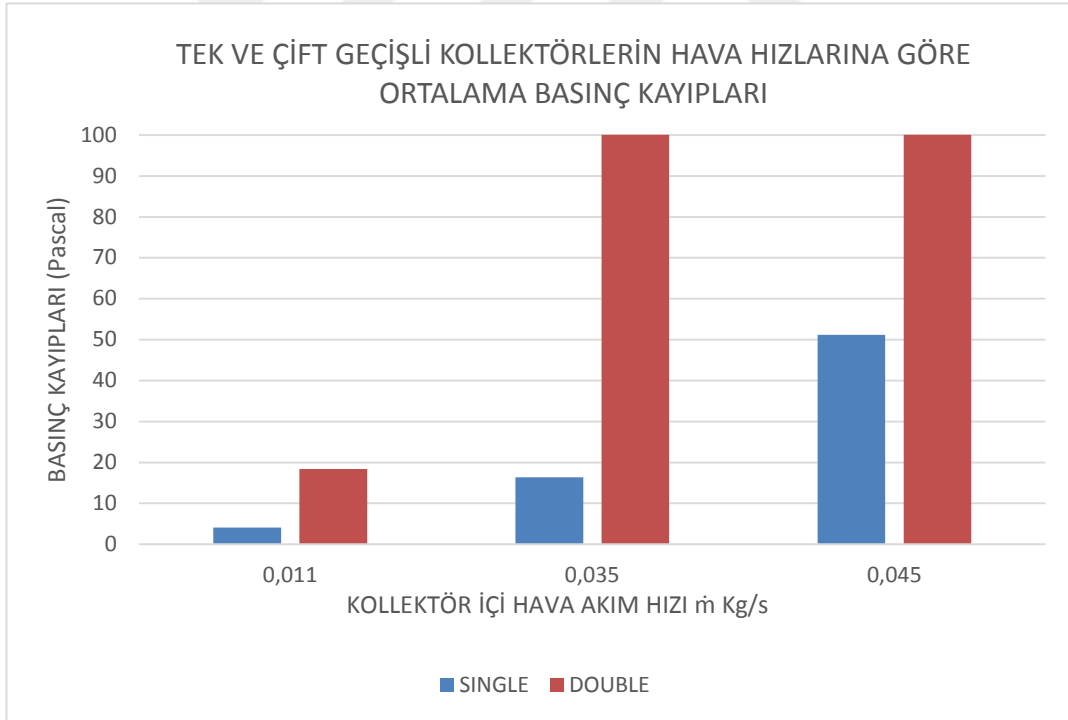
**Çizelge 4.2:** Kollektör içerisindeki hava hızına göre basınç kayıpları

<b>MASS FLOW RATE (HAVA HIZI Kg/s)</b>			
	<b>0.011</b>	<b>0.035</b>	<b>0.045</b>
Tek Geçişli kolektör	4.092	16.369	51.152
Çift Geçişli kolektör	18.415	147.3	223.02

Pressure drop (Pascal)



**Şekil 4.35:** Tek ve Çift Geçişli kollektörlerin hava hızlarına göre ortalama verimleri



**Şekil 4.36:** Tek ve Çift Geçişli kollektörlerin hava hızlarına göre basınç kayıplarının verileri

**Çizelge 4.3:** Tek geçişli kollektör içerisindeki hava hızına göre ortalama sıcaklık ve ısı verim değerleri

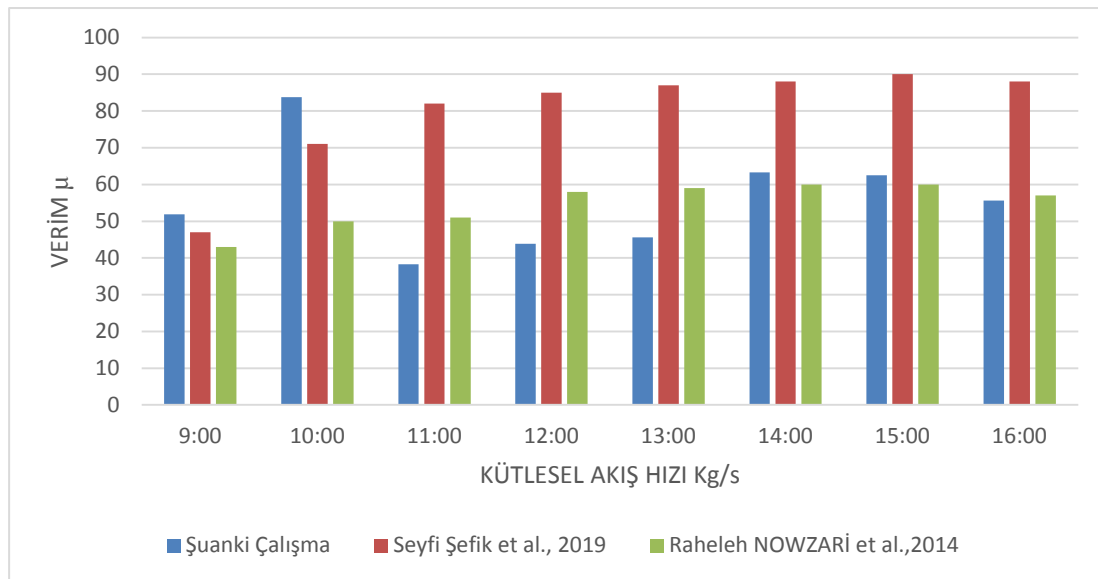
TEK GEÇİŞLİ KOLLEKTÖR

ṁ(Kg/s)	09:00		10:00		11:00		12:00		13:00		14:00		15:00		16:00	
	ΔT	μ	ΔT	μ	ΔT	μ	ΔT	μ	ΔT	μ	ΔT	μ	ΔT	μ	ΔT	μ
0,011	0,3	1,6	2,2	12,1	7,6	25,2	11,4	31,8	13,5	30,1	9,8	24,3	12,8	37,5	10,5	45,8
0,035	0,6	12,9	0,7	18,3	1,2	32,0	1,8	40,3	2,4	49,6	1,7	28,0	0,6	10,5	0,9	20,5
0,045	0,2	4,9	0,7	14,4	1,2	15,2	1,5	16,5	3,7	37,8	4,2	47,0	3,9	43,0	2,9	52,9

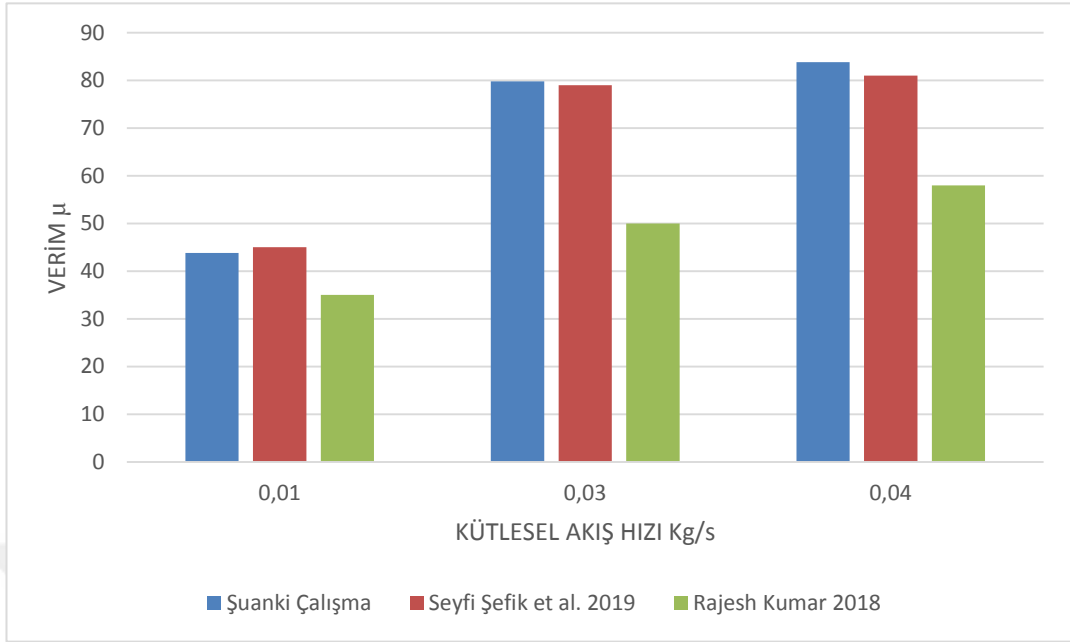
**Çizelge 4.4:** Çift geçişli kollektör içerisindeki hava hızına göre ortalama sıcaklık ve ısı verim değerleri

ÇİFT GEÇİŞLİ KOLLEKTÖR

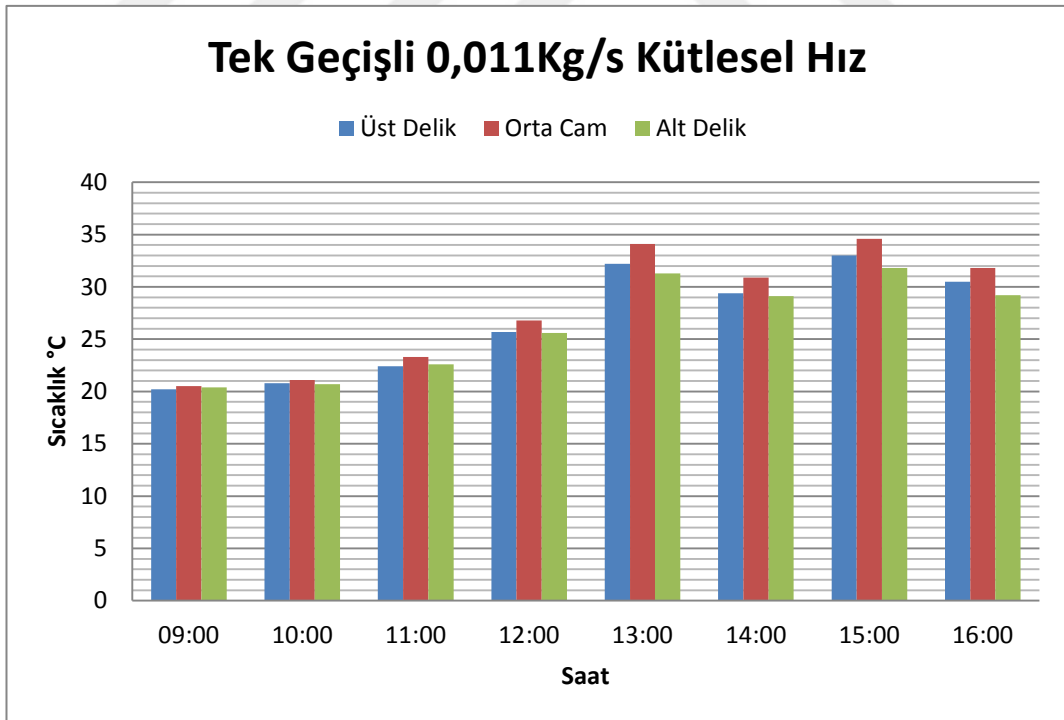
ṁ(Kg/s)	09:00		10:00		11:00		12:00		13:00		14:00		15:00		16:00	
	ΔT	μ	ΔT	μ	ΔT	μ	ΔT	μ	ΔT	μ	ΔT	μ	ΔT	μ	ΔT	μ
0,011	4,1	23,7	5,1	23,2	12,1	27,6	17,1	35,0	20,5	38,5	17	33,7	14,7	35,1	14,8	43,8
0,035	3,1	47,6	3,7	47,6	4,8	30,1	5,2	30,7	7,8	40,1	10,7	56,8	9,6	65,1	8,6	79,8
0,045	2,1	51,9	3,7	83,8	4,4	38,3	5,3	43,9	6,1	45,6	8,9	63,3	7,9	62,5	5,4	55,6



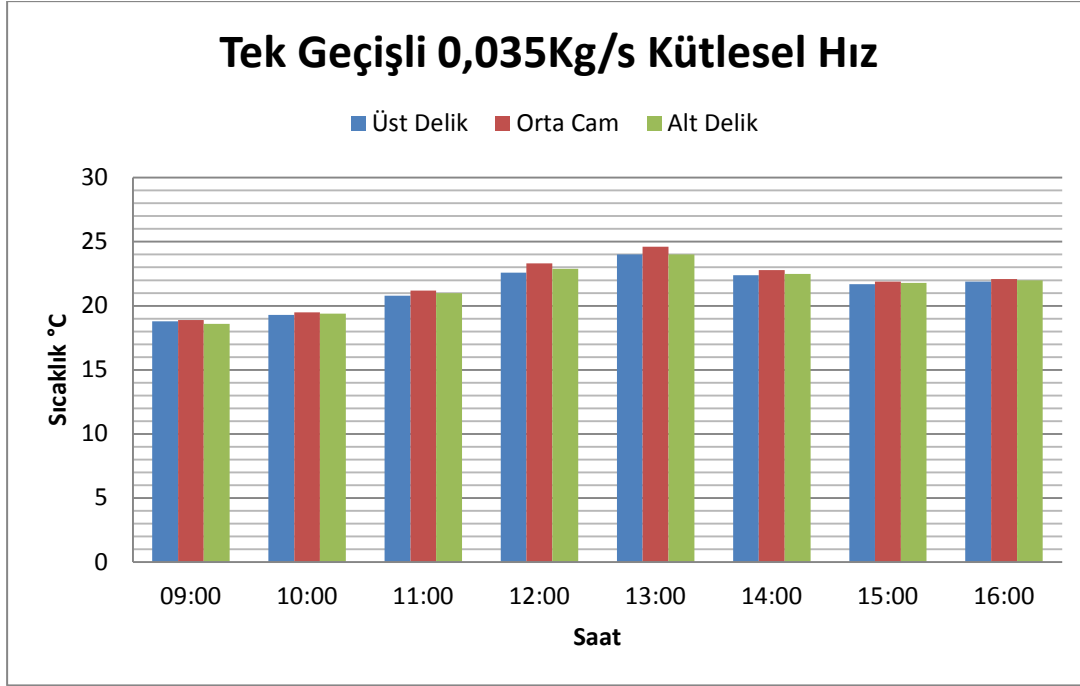
**Şekil 4.37:** Bu çalışma ile diğer çalışmalar arasındaki anlık ölçülen verim değerlerinin karşılaştırılması.



**Şekil 4.38:** Bu çalışma ile diğer çalışmalar arasındaki kütleli akış hızlarına göre verim değerlerinin karşılaştırılması.



**Şekil 4.39:** Delikli Pleksiglass camda 0,011 Kg/s hızda ölçülen sıcaklık değerleri



Şekil 4.40: Delikli Pleksiglass camda 0,035 Kg/s hızda ölçülen sıcaklık değerleri

#### Formüller

$$\dot{m} = \rho \cdot V \quad (1)$$

Kütleli Akış hızı  $\dot{m}$  (Kg/s) formülünde,  $\rho$  yoğunluk (Kg/m<sup>3</sup>) ve  $V$  (m<sup>3</sup>/s) ise hacimsel akış hızı'dır.

$$Q = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T \quad (2)$$

(2) Isı transferi formülüdür.  $c_p$  akışkanın öz ısı değeridir.

$$\mu = \frac{\dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T}{I \cdot A} \quad (3)$$

(3) Verim formülüdür. Bu formülde  $I$  (W/m<sup>2</sup>) güneş yoğunluğu değeridir.  $A$  (m<sup>2</sup>) güneş kolektör yüzey alanıdır.

## 5. SONUÇ

2018 Yılında tamamlanan bu deneysel çalışmada, öncelikle tek geçişli ile çift geçişli kollektör verilerini inceleyerek termal verim açısından değerlendirmede bulunulmuştur. Ayrıca kendi içlerinde havanın kütle akış hızlarını referans olarak seçilen hızlarda verim, sıcaklık farkları, güneş radyasyon değerleri ve basınç kayıplarını göz önünde bulundurarak en yüksek verim artışı hangi konfigürasyonda olduğu tespit edildi.

Yapılan birçok deneysel çalışmalarda, Reynold sayıları, sürtünme faktörleri, kanallarda kullanılan birçok hava akışını engellemek için geometrik şekilleri farklı absorban elemanlar ve farklı hava akış hızları ile çalışmalar yapılmıştır.

Düz kolektörlerde genel problem az verim ve camdan ısı kaybı olduğu için bu deneysel çalışma, diğer çalışmalardan farklı olarak daha önce yapılmayan modifikasyonlar kullanarak daha yüksek verim ve daha az ısı kaybı elde etme amacıyla yapılmıştır.

Deneysel çalışmada güneş radyasyon değerlerinin, deney ortamındaki atmosferik şartlar ve deney lokasyonunun nasıl etkiledikleri görülmüştür.

Tek geçişli güneş kollektörlerinde güneş ışınımının direk yutuculara alarak sisteme vererek ortalama bir verim ile çalışmaya devam etmektedir. Buna göre çift geçişli güneş kollektörü ise havanın iki katman arasında ön ısıtma gibi işlem görerek ısı absorbesine yani yutucuya iletilmektedir. Bu yönde termal verimi arttırabilmektedir. Bu çalışmada deneylerde kullanılan 3 farklı kütleli akış hızı ile testler yapılmıştır. Bunlar: 0,011, 0,035 ve 0,045 Kg/s'dir. Bu hızların en yüksek olanında en yüksek verim alındığı hesaplanmıştır.

Elde edilen bulgular sonucu kullanılan delikli pleksiglass camı sistemde daha az ısı kaybı elde ettiğimiz sonucunu görmüş bulunmaktayız. Şekil 4.39 ve Şekil 4.40'da görüleceği gibi pleksiglass camdaki delik bulunan alt ve üst kısımlarda sıcaklığın, orta bölümdeki deliksiz pleksiglass cama göre daha az olduğunu göstermektedir.

Delikli pleksiglas kapağı, sistemi soğutarak ısı kaybını önledeğini górdük. Tek geçişli kollektörde en yüksek verim ortalama %29 olarak görölmektedir ve bu en yüksek akış hızında elde edildi. Çift geçişli kollektörde en yüksek verim ortalama %55 olarak görölmektedir ve bu en yüksek akış hızında elde edildi.

Paslanmaz tel örgü yutucu malzeme kullanarak hem kurulum masrafları düşüröldü hem de verim artışı sağlandı. Basınc kaybı, çift geçişli kollektör tek geçişli kollektörden daha yüksek olduğu görölmektedir. İki sistemde göröldüğu gibi en yüksek kütleli akış hızında en yüksek verimi alındı. Ama  $\Delta T$  en yüksek hızda en düşüğu olmaktadır.

Sonuç olarak deneysel olarak yapılan bu sistemde benzer çalışmalara göre ortalamanın üzerinde verim elde edebildiği tespit edilmiştir. Üstelik absorbe elemanı olarak kullanılan paslanmaz siyah çelik tel örgü ile daha ucuz bir sistem elde edilmektedir. Yapılan bu çalışmada daha iyi daha avantajlı hale getirebilmek için çift geçişli için malzeme veya alan değişikliği yaparak analizler yapmak ve başka atık ısılardan yararlanarak sistemi geliştirilebilir. Sonuç olarak çalışmanın devamında, ısı kayıplarını daha fazla azaltabilmek, verimi daha fazla arttırmak ve daha ucuz kurulum maliyeti elde edebilme yönünde ilerlenecektir.



## KAYNAKLAR

- A. A. Mohamad** ,1997, High efficiency solar air heater, *Solar Energy* 60(2), 71-76.
- Ahn, S.W.**, 2001. The effect of roughness type on friction factors and heat transfer in roughened rectangular duct. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 28(7), 933–942.
- Altuntop, N., Erdemir, D.**, 2013. “Dünyada ve Türkiye’de Güneş Enerjisi ile İlgili Gelişmeler,” *Mühendis ve Makina*, cilt 54, sayı 639, s. 69-77
- Ammari, H.D.**, 2003. A mathematical model of thermal performance of solar air heater with slats. *Renewable Energy*, 28, 1597-615.
- Atul Sharma, Tyagi VV, Chen CR, Buddhi D.** Review on thermal energy storage with phase change materials and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2009;13:318–45
- Ayten Onurbaş Avcıoğlu**, 2017 Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Teknolojileri Dersi
- Bahrehand, D., Ameri, M., Gholampour, M.**, 2016. Energy and exergy analysis of different solar air collector systems with forced convection. *Renew. Energy* 83, 1119–1130.
- Bhagoria, J. L., Saini, J.S., Solanki, S.C.**, 2002. Heat transfer coefficient and friction factor correlations for rectangular solar air heater duct having transverse wedge shaped rib roughness on the absorber plate. *Renewable Energy* , 25, 341-369.
- Chnag, S.W., Gao, J.Y., Shih, H.L.**, 2015. Thermal performances of turbulent tubular flows enhanced by ribbed and grooved wire coils. *Int. J. Heat Mass Transf.* 90, 1109–1124.
- Donggen, Peng, Xiaosong, Zhang, Hua, Dong, Kun L.v.** 2010. “Performance study of a novel solar air collector” *Applied Thermal Engineering*, 2010, 30:2594-260(549-560)
- Eiamsa, S., Promvonge, P.**, 2008. Numerical study on heat transfer of turbulent channel flow over periodic grooves. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 35, 844–852.
- Eiamsa, S., Promvonge, P.**, 2002. Thermal characteristics of turbulent rib-grooved channel flows. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 36(7), 705- 711.
- El-Sebaei, A.A., Aboul-Enein, S., M.R.I., Ramadan.,ve H.G., El-Gohary**, “Parametric study of a solar air heater with and without thermal storage for solar drying applications”, *Renewable Energy*, pp. 505–522, 2000.
- Evin, D., Tanyıldızı, V.**, 2006. Tabanı kısmi olarak ısıtılan yatay bir kanalda akışa dik engellerin ısı transferi üzerine etkileri. *International Journal of Engineering Science*, Fırat University, 18(2), 249-255.
- Fudholi, A., Sopian, K., Ruslan, M.H., Othman, M.Y.**, 2013. Performance and cost benefits analysis of double-pass solar collector with and without fins. *Energy Convers. Manage.* 76, 8–19.

- Garcia, A., Solano, J.P., Vicente, P.G., Viedma, A.,** 2007. Enhancement of laminar and transitional flow heat transfer in tubes by means of wire coil inserts. *Int. J. Heat Mass Transf.* 50, 3176–3189.
- Hasan Saygin, Raheleh Nowzari, Nima Mirzaei, L.B.Y. Aldabbagh,** 2017. Performance evaluation of a modified PV/T solar collector: A case study in design and analysis of experiment. *Solar Energy* 141;210-221.
- Herman, C., Kang, E.,** 2002. Heat transfer enhancement in a grooved channel ith curved vanes. *International Communications in Heat and Mass Transfer,* 45, 3741–3757
- Ho, C.D., Yeh, H.M., Cheng, T.W., Chen, T.C., Wang, R.C.,** 2009. The influence of recycle on performance of baffled double- pass flat plate solar air heater with internal fins attached. *Appl. Energy* 86, 1470–1478.
- Ho, C.D., Yeh, H.M. and Wang, R.C.,** 2005. Heattransfer enhancement in double-pass flat-plate solar air heaters with recycle”, *Energy*, Volume 30, pp. 2796–2817.
- Holman J. P.,** 1989 *Experimental methods for engineers.* 7th edn New York: McGraw-Hill Book Co.
- Hüsamettin Bulut ve A. Fatih Durmaz.** Bir Havalı Güneş Kollektörünün Tasarımı, imalatı ve Deneysel Analizi I. Ulusal Güneş Ve Hidrojen Enerjisi Kongresi 21-23 Haziran 2006, Esogü, Eskisehir
- Isısan Akademi,** 2011. Güneş Enerjisi Sistemleri, Yenilenebilir Enerjiler ve Alternatif Sistemler Servis Eğitimi Sunumu
- Jaurker, A. R., Saini, J. S. Ve Gandhi, B. K.,** 2006. Heat transfer and friction characteristics of rectangular solar air heater duct using rib-grooved artificial roughness. *Solar Energy*, 80, 895–907.
- Jie Deng, Xudong Yang, Ming Yang, Zhifeng Wang,** 2015. Experimental study of a single-pass flat plate solar air collector with severe dust deposition on the transparent glass cover. *Energy Procedia* Volume 70, Pages 32-40
- Kabeel, A.E., Khalil, A., Shalaby, S.M., Zayed, M.E.,** 2016. Investigation of the thermal performances of flat, finned, and v-corrugated plate solar air heaters. *J. Sol. Energy Eng.* 138, 051004.
- Kelkar, K. M., Patankar, S. V.,** 1987. Numerical prediction of flow and heat transfer in a parallel plate channel with staggered fins. *ASME Journal of Heat Transfer*, 109, 25-30.
- Kolb, A., Winter, E.R.F., Viskanta, R.** 1999. Experimental studies on a solar air collector with metal matrix absorber. *Solar Energy*, 65:91–98
- Korichi, A., Oufar, L.,** 2007. Heat transfer enhancement in oscillatory flow in channel with periodically upper and lower walls mounted obstacles. *International Journal of Heat and Fluid Flow*, 28, 1003-1012.
- Layek, A., Saini, J. S. Ve Solanki, S. C.,** 2007. Second lawoptimization of a solar air heater having chamfered rib-groove roughness on absorber plate. *Renewable Energy*, 32, 1967–1980.
- Layek, A., Saini, J. S. Ve Solanki, S. C.,** 2007. Heat transfer and friction characteristics for artificially roughened ducts with compound turbulators. *International Communications in Heat and Mass Transfer,* 50, 4845-4854.

- Liou, T. M., Hwang, J. J.**, 1992. Turbulent heat transfer augmentation and friction in periodic fully developed channel flows. *ASME Journal of Heat Transfer*, 114, 56-64.
- Luo, D. D., Leung, C. W., Chan, T. L., Wong, W. O.**, 2005. Flow and forced-convection characteristics of turbulent flow through parallel plates with periodic transverse ribs. *Numerical Heat Transfer, Part A*, 48, 43-58.
- Mittal, M.K., Varshney, L.** 2006. Optimal thermohydraulic performance of a wire mesh packed solar air heater” *Solar Energy*, 80:1112–1120.
- M. Hanif, M.K. Khattak, M. Amin, M. Ramzan, S. Zakır, S. Ullah & Z. Khan** 2016. “Development of an Efficient Flat Plate Solar Air Heater for Drying and Water Heating Purposes” 2019, 496
- Raheleh Nowzari, L. B. Y. Aldabbagh**, 2017. Experimental Study on a Solar Air Heater with Various Perforated Covers. *Sadhana, Springer* 42; 1585-1593.
- Raheleh Nowzari, Nima Mirzaei, L. B. Y. Aldabbagh**, 2015. Finding the best configuration for a solar air heater by design and analysis of experiment. *Energy conversion and management* 100; 131-137.
- Raheleh Nowzari, L.B.Y. Aldabbagh, F. Egelioglu**, 2014. Single and double pass solar air heaters with partially perforated cover and packed mesh. *Energy* 73; 694-702.
- Rajesh Kumar, Prabha Chand**, 2018. Performance prediction of extended surface absorber solar air collector with twisted tape inserts 40-48 *International journal of electronics; mechanical and mechatronics engineering vol.3 num 4 pp. (673-682)*
- Seyfi Şevik, Mesut Abuşka**, 2019. Thermal performance of flexible air duct using a new absorber construction in a solar air collector 123–134
- Tyagia, V.V., Panwarb, N.L., Rahima, N.A., Richa Kothari** , 2012. Review on solar air heating system with and without thermal energy storage system. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16, 2289– 2303.
- Yang, K. S.**, 2000. Large eddy simulation of turbulent flows in periodically grooved channel. *Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics*, 84, 47–64.
- Yeh, H.M.**, 2012. Upward type flat plate solar air heater attached with fins operated by an internal recycling for improved performance. *J. Taiwan Instit. Chem. Eng.* 43, 235–240.
- Young, T. J., Vafai, K.**, 1999. Experimental and numerical investigation of forced convective characteristics of arrays of channel mounted obstacles. *ASME Journal of Heat Transfer*, 121, 34-42.

### İnternet Kaynakları

- Global Solar Atlas 2019** <http://globalsolaratlas.info/downloads/world> Alıntı Tarihi:08.05.2019
- TEİAŞ, 2019** [www.teias.gov.tr/tr/elektrik-istatistikleri](http://www.teias.gov.tr/tr/elektrik-istatistikleri) Alıntı Tarihi:04.04.2019
- Tursolar 2019** <http://tursolar.com/Blog/turkiye-de-gunes-enerjisinin-durumu-ve-gelecegi.html> Alıntı Tarihi: 10.06.2019
- Tesisat 2019** <http://www.tesisat.org/duz-yuzeyli-gunes-enerjisi-kollektorleri.html> Alıntı Tarihi: 10.06.2019

- Güneş Sistemleri 2019** <http://www.gunessistemleri.com/vakum-tuplu.php> Alıntı  
Tarihi: 10.06.2019
- MGM 2019** [https://www.mgm.gov.tr/kurumici/radyasyon\\_iller.aspx](https://www.mgm.gov.tr/kurumici/radyasyon_iller.aspx)
- MGM 2019** <https://www.mgm.gov.tr/kurumici/turkiye-guneslenme-suresi.aspx>
- Olca KINCAI 2019** Yıldız Teknik Üniversitesi Güneş Enerjisi Ders Notu  
<http://www.yildiz.edu.tr/~okincay/dersnotu/GunesEnerjisi.pdf> Alıntı  
Tarihi: 10.06.2019
- Enerjibes 2019** <https://www.enerjibes.com/piranometre-nedir-ne-ise-yarar/> Alıntı  
Tarihi: 10.06.2019
- Termostok 2019** <http://www.termostok.net/urun/t-tipi-termokupl/101> Alıntı Tarihi:  
10.06.2019
- İndiamart 2019** <https://www.indiamart.com/proddetail/t-type-thermocouple-16264094673.html> Alıntı Tarihi: 13.06.2019
- Sharf 2019** <http://scharfautomation.com/blog/2015/10/03/orifice-meter/> Alıntı  
Tarihi: 10.06.2019



## ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad : Rüzgar Özkan BİLDİK

Doğum Tarihi ve Yeri : 24.07.1988 / Kayseri



### Öğrenim Durumu

Lisan : İstanbul Aydın Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü

### Mesleki Deneyimler

**2013-2014** ED Makina şirketinde proje ve üretim mühendisi olarak göreve başladım. 8 ay süre içerisinde iş makinalarının kova, kepçe gibi aparatların projelerini çizerek imlata geçirdim. Sıfırdan ClamShell kova denilen bir aparatın piston ve kovası dahil olmak üzere projelendirerek üretiminin her adımında bulundum.

**2014-2018** Teknik Muayene firmasında Kontrol Mühendisi olarak göreve başladım. 2014 Temmuz ayında Kontrol mühendisliğinin yanında Deney personeli olarakta görevime devam ettim. Burada 17020 ve 17025 Standartlarının ve bunun yanında makina emniyeti yönetmeliğindeki gereksinimleri yerine getirdim. Devletin zorunlu kıldığı makina ve ortam ölçümleri periyodik muayenelerini gerçekleştirdim.

**2018-Halen** Çalışmakta olduğum İGA İstanbul Havalimanının ARFF biriminde Yangın Önleme Uzmanı olarak görev yapmaktayım. Burada MMO'dan aldığım yangın tesisatı yetkilendirme belgesi ile Havalimanına bağlı tüm bina ve firmaların yangın tesisatlarını kontrol ederek raporlandırıyoruz. Aynı zamanda periyodik olarak kontrol ve denetimlere katılıyorum. Geri kalan günlerimizde NFPA ve uluslararası tüm yönetmelik, kanun ve standartları inceliyoruz.

**TEZDEN TÜRETİLEN SUNUMLAR:**

**Dr. Öğretim Üyesi Raheleh Nowzari, Prof. Dr. Hasan SAYGIN, Rüzgar Özkan BİLDİK, (2019)** Yeni Bir Güneş Enerjili Hava Isıtıcı Üzerinde Deneysel Çalışma. I. Uluslararası Bilimsel ve Mesleki Çalışmalar Kongresi – Mühendislik (BILMES ENG Ürgüp/Nevşehir/Turkey 27-30 June 2019)

