T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI ÖZELLİKLERDEKİ TERMAL GÜNEŞ KOLEKTÖRLERİNİN ISIL PERFORMANS TESTLERİNİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ VE ANALİZİ

Ahmet Ersin ALTIPARMAK

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2019

Prof. Dr. Mehmet Azmi AKTACİR'in danışmanlığında, Ahmet Ersin ALTIPARMAK'ın hazırladığı "**Farklı Özelliklerdeki Termal Güneş Kolektörlerinin Isıl Performans Testlerinin Gerçekleştirilmesi Ve Analizi**" konulu bu çalışma 19/06/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman : Prof. Dr. Mehmet Azmi AKTACİR ……..……

Üye : Prof. Dr. Bülent YEŞİLATA ..……

Üye : Prof. Dr. Hüsamettin BULUT ..……

Bu Tezin Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Doç.Dr. İsmail HİLALİ
Enstitü Müdürü

Bu tez çalışması Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje No:16034

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET ii
ABSTRACT iii
TEŞEKKÜR iv
ŞEKİLLER DİZİNİ v
ÇİZELGELER DİZİNİ vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ vii
1. GİRİŞ 1
1.1.Tezin Önemi ve Amacı 3
1.2.Tezin Kapsamı 3
1.3. Tezin Katkısı ve Getireceği Yenilikler 4
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 5
2.1. Düzlemsel Tip Güneş Kolektörlerinde Performans ve Verimlilik 5
2.2. Vakum Tüplü Güneş Kolektörlerinde Performans ve Verimlilik 10
2.3. PV/T Güneş Kolektörlerinde Performans ve Verimlilik 12
3. MATERYAL ve YÖNTEM 16
3.1. Deney Düzeneği 16
3.2. Deneysel Ölçümlerde Kullanılan Cihazlar ve Ölçüm Metodu 18
3.2.1. Güneş ışınımının ölçülmesi 18
3.2.2. Direk ışınımın ölçülmesi 18
3.2.3. Sıcaklık ölçümleri 18
3.2.4. Kolektör sıvı debisinin ölçülmesi 21
3.2.5. Hava Hızının Ölçülmesi 21
3.2.6. Geçen zamanın ölçülmesi 22
3.2.7.Veri kaydediciler 22
3.2.8. Kolektör alanının tespiti 23
3.2.9. Kolektör akışkan kapasitesi 23
3.3. TS EN ISO 9806'ya Göre Deney Şartları 23
3.3.1. Kolektör montajının şartları 23
3.3.2. Ön şartlandırma testi 25
3.3.3. Isıl performans testi deney şartları 26
3.3.4. Verimliliğin Hesaplanması 28
3.4. GAP YENEV Merkezinde Oluşturulan Test Altyapısı 30
3.5. Güneş Kolektörlerde Termal Performans Deneyi Talimatı 32
3.5.1. Camlı kolektörler için bina dışı durgun hal şartları altında 32
3.5.2. Camsız Kolektörler İçin Bina Dışı Durgun Hal Şartları Altında 43
3.6. Deneylerde Kullanılan Kolektörler ve Özellikleri 49
3.6.1. Düzlemsel yüzeyli güneş kolektörü ve özellikleri 49
3.6.2. PV/T güneş kolektörü ve özellikleri 50
3.6.3. Vakum tüplü güneş kolektörü ve özellikleri 51
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA 53
4.1. Düzlemsel Yüzeyli Güneş Kolektörünün Isıl Performans Testi Sonuçları 53
4.2. PV/T Güneş Kolektörünün Isıl Performans Testi Sonuçları 58
4.3. Vakum Tüplü Güneş Kolektörünün Isıl Performans Testi Sonuçları 63
4.4. İncelenen Kolektörlerin Sonuçlarının Karşılaştırılması 68
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 70
5.1. Sonuçlar 70
5.2. Öneriler 72
KAYNAKLAR 73
ÖZGEÇMİŞ 75

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI ÖZELLİKLERDEKİ TERMAL GÜNEŞ KOLEKTÖRLERİNİN ISIL PERFORMANS TESTLERİNİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ VE ANALİZİ

Ahmet Ersin ALTIPARMAK

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet Azmi AKTACİR
Yıl: 2019, Sayfa: 75

Son yıllarda, enerji dönüşüm teknolojilerinde sağlanan gelişimlere bağlı olarak, güneş enerjisi çok geniş uygulama alanları kazanmıştır. Yeryüzüne gelen güneş ışığından ısı ve elektrik üreten güneş enerjisi teknolojileri; tasarım, uygulama alanı ve teknoloji düzeyi bakımından büyük çeşitlilik göstermekle birlikte, güneş enerjisi uygulamaları esas olarak fotovoltaik ve ısıl (termal) sistemler olarak ikiye ayrılır. Termal sistemler güneş ışınlarıyla direkt ısı üretimini (eğer arzu edilirse, üretilen ısıdan elektrik üretimi) mümkün kılmaktadır. Fotovoltaik panel üretim teknolojisine nazaran düşük teknoloji kullanılarak imal edilen düzlemsel tip güneş kolektörleri (plaka ve vakum borulu tip) oldukça yaygındır ve çok sayıda ulusal firma bu tür imalatları gerçekleştirebilmektedir. Ülkemizde termal güneş kolektörleri; gerek kullanımı, gerekse üretimi ve sağladığı ısıl enerji avantajları nedeniyle ilgi ile takip edilen önemli bir konudur. Ülkemizdeki teknolojinin ve alternatif enerji kaynaklarının geliştirilmesi amacıyla, bu kolektörlerin verimi ve performanslarının arttırılması hususu önem arz etmektedir. Bu tez çalışmasında üç farklı tip güneş kolektörlerinin ısıl performansları TS EN ISO 9806 standardına uygun olarak belirlenmiştir. Deneyler Harran Üniversitesi GAPYENEV merkezinde kurulu olan Termal Güneş Kolektörleri Test ve Sertifikasyon laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonucunda; her bir kolektörün 4 farklı sıcaklık değerinde ısıl performans testine tabi tutulmasıyla, vakum tüplü güneş kolektörünün ortalama ısıl verimi %57.02, düzlemsel yüzeyli güneş kolektörünün ortalama ısıl verimi %53.84 ve PV/T güneş kolektörünün ortalama ısıl verimi %38.92 olarak belirlenmiştir. Bu tez çalışmasında, tasarımcı ve son kullanıcıların kolayca kullanabilecekleri sonuçlar elde edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Güneş enerjisi, termal güneş kolektörleri, ısıl performans testi

ABSTRACT

Master Thesis

IMPLEMENTATION AND ANALYSIS OF THERMAL PERFORMANCE TESTING OF THERMAL SOLAR COLLECTORS WITH DIFFERENT PROPERTIES

Ahmet Ersin ALTIPARMAK

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet Azmi AKTACİR
Year: 2019, Page: 75

In recent years, due to the developments in energy conversion technologies, solar energy has gained wide application areas. Solar energy technologies that generate heat and electricity from sunlight coming from the earth; although the design, application area and technology level vary widely, the applications of solar energy are mainly divided into photovoltaic and thermal systems. Thermal systems enable direct heat generation by solar radiation (if desired, electricity produced from the heat generated). Solar flat collectors (plate and vacuum tube types) manufactured by using low technology according to photovoltaic panel production technology are quite common. A large number of national firms are able to produce such products. Thermal solar collectors in our country; It is an important issue which is followed with interest due to its usage, production and thermal energy advantages. In order to develop the technology and alternative energy resources in our country, it is important to increase the efficiency and performance of these collectors. In this thesis, thermal performance of three different types of solar collectors are determined according to ISO 9806 standard. The experiments were carried out at the Thermal Solar Collectors Test and Certification Laboratory, which is located in GAPYENEV Center at Harran University. As a result of the study; The thermal efficiency of the vacuum tube, flat plate and PV/T solar collectors were determined as %57.02, %53.84 and 38.92% respectively, when thermal performance of each collector is tested at 4 different temperature values. In this thesis, the results that can be easily used by designers and end users were obtained.

KEY WORDS: Solar power, thermal solar collectors, thermal performance test

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada, konunun belirlenmesinde ve ısıl performans testi düzeneğini kullanmama olanak sağlayan GAP Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Merkezi Kurucu Müdürü Prof. Dr. Bülent YEŞİLATA ve GAP YENEV Merkez Müdürü ve tez danışmanım Prof. Dr. Mehmet Azmi AKTACİR hocama, sağladıkları olanaklardan, teknik desteklerinden ve manevi desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasını gerçekleştirirken bana teknik destek sağlayan Dr. Öğr. Üyesi Yusuf İŞIKER hocama ve Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Emin TENEKECİ hocama teşekkür ederim. Aynı zamanda tez çalışmalarımı yürütürken GAP YENEV' deki görevimde, iş yükümü hafifleten değerli mesai arkadaşım Öğr. Gör. Mehmet Akif İLKHAN hocama teşekkür ederim.

Makina Mühendisliği Bölümü başkanı Prof. Dr. Hüsamettin BULUT ve Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü Doç. Dr. İsmail HİLALİ hocama teşekkür ederim. Ayrıca, Bu tez çalışmasında 16034 proje numarası ile çalışmama destek olan Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne teşekkür derim.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3.1 Kapalı deney devresi örneği 17
Şekil 3.2 Açık deney devresi örneği 17
Şekil 3.3 Isı aktarma akışkanı giriş ve çıkış sıcaklıklarını ölçmek için tavsiye edilen dönüştürücü konumları 20
Şekil 3.4 Güneş takip sistemi 31
Şekil 3.5 Deney tesisatı 32
Şekil 3.6. Isıl performans test sistemi iç tesisatı 35
Şekil 3.7. Su doldurma tankı 36
Şekil 3.8. Debi ayar ve ölçüm grubu 36
Şekil 3.9. Dört yollu vana 37
Şekil 3.10. Yeni ısıl performans test ekranı 38
Şekil 3.11. Sıcak su kontrol ünitesi 39
Şekil 3.12. Soğuk su kontrol Sistemi 39
Şekil 3.13. Isıl performans teste başlama ekranı 40
Şekil 3.14. Isıl performans teste başlama ekranı 40
Şekil 3.15. Isıl performans sonuç ekranı 42
Şekil 3.16. Isıl performans sonuç tayini ekranı 42
Şekil 4.1. Düzlemsel yüzeyli güneş kolektöründe 30°C giriş sıcaklığı verileri 53
Şekil 4.2. Düzlemsel yüzeyli güneş kolektöründe 48°C giriş sıcaklığı verileri 54
Şekil 4.3. Düzlemsel yüzeyli güneş kolektöründe 67°C giriş sıcaklığı verileri 55
Şekil 4.4. Düzlemsel yüzeyli güneş kolektöründe 86°C giriş sıcaklığı verileri 56
Şekil 4.5. Düzlemsel yüzeyli güneş kolektöründe indirgenmiş sıcaklık farkına göre verim eğrisi 57
Şekil 4.6. Düzlemsel yüzeyli güneş kolektöründe giriş sıcaklığına göre verim eğrisi 57
Şekil 4.7. PV/T güneş kolektöründe 30°C giriş sıcaklığı verileri 58
Şekil 4.8. PV/T güneş kolektöründe 48°C giriş sıcaklığı verileri 59
Şekil 4.9. PV/T güneş kolektöründe 67°C giriş sıcaklığı verileri 60
Şekil 4.10. PV/T güneş kolektöründe 86°C giriş sıcaklığı verileri 61
Şekil 4.11. PV/T güneş kolektöründe indirgenmiş sıcaklık farkına göre verim eğrisi 62
Şekil 4.12. PV/T güneş kolektöründe giriş sıcaklığına göre verim eğrisi 62
Şekil 4.13. Vakum tüplü güneş kolektöründe 30°C giriş sıcaklığı verileri 63
Şekil 4.14. Vakum tüplü güneş kolektöründe 48°C giriş sıcaklığı verileri 64
Şekil 4.15. Vakum tüplü güneş kolektöründe 64°C giriş sıcaklığı verileri 65
Şekil 4.16. Vakum tüplü güneş kolektöründe 86°C giriş sıcaklığı verileri 66
Şekil 4.17. Vakum tüplü güneş kolektöründe indirgenmiş sıcaklık farkına göre verim eğrisi 67
Şekil 4.18. Vakum tüplü güneş kolektöründe giriş sıcaklığına göre verim eğrisi 67
Şekil 5.1. Her üç kolektörün indirgenmiş sıcaklık farkına göre verim eğrisi 70
Şekil 5.2. Her üç kolektörün giriş sıcaklığına göre verim eğrisi 71

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. Dünya üzerinde kullanılan güneş enerjisi ile ısıtma ve soğutma küresel verileri..... 1
Çizelge 3.1. Ölçme periyodundaki müsaade edilebilen sapma miktarları..... 28
Çizelge 3.2. Camsız kolektörlerin performans deneyi için seçilmesi gereken sıcaklıklar 45
Çizelge 3.3. Düzlemsel yüzeyli güneş kolektörünün teknik özellikleri 50
Çizelge 3.4. PV/T kolektörünün teknik özellikleri..... 51
Çizelge 3.5. Vakum tüplü kolektörü teknik özellikleri 52
Çizelge 4.1. Isıl performans testi sonuçları 68

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

A_A	Kolektörün soğurucu alanı	m^2
A_a	Kolektörün açıklık alanı	m^2
A_G	Kolektörün brüt alanı	m^2
c_f	Isı aktarma akışkanının özgül ısı kapasitesi	$Jkg^{-1}K^{-1}$
G	Güneş ışıması	Wm^{-2}
$\dot{m}$	Isı aktarma akışkanının kütlesel debisi	kgs^{-1}
T_a	Ortam veya çevreleyen hava sıcaklığı	°C
T_e	Kolektör çıkış sıcaklığı	°C
T_{in}	Kolektör giriş sıcaklığı	°C
T_m	Isı aktarma akışkanı ortalama sıcaklığı	°C
T	Mutlak sıcaklık	°C
T_a	Ortam veya çevreleyen hava sıcaklığı	°C
ΔT	Akışkan çıkış ve girişi arasında sıcaklık farkı (T_e - T_{in})	°C
T^*_m	İndirgenmiş sıcaklık farkı ($(T_m - T_a)/G$)	m^2KW^{-1}
Δt	Zaman aralığı	s
u	Çevreleyen hava hızı	ms^{-1}
η	Kolektör verimliliği, T^*_m 'referans alınarak	
η_o	Sıfır kayıplı kolektör verimliliği ($T^*_m = 0$'da η), T^*_m'ye referans	
$\dot{Q}$	Kolektörden çekilen faydalı güç	W
ρ	Isı aktarma akışkanının yoğunluğu	kgm^{-3}
V_f	Kolektörün akışkan kapasitesi	m^3
Δp	Akışkan giriş ve çıkışı arasındaki basınç farkı	Pa
U	Kolektörün ölçülen toplam ısı kaybı katsayısı, T^*_m 'referans alınarak	$Wm^{-2}K^{-1}$
PV	Fotovoltaik	
PV/T	Fotovoltaik/Termal	
TS EN ISO 9806	Güneş Enerjisi – Güneş Kolektörleri – Deney Metotları TS EN ISO 9806	
Standart	TS EN ISO 9806	

1. GİRİŞ

Son yıllarda, güneş enerjisi teknolojilerinde sağlanan gelişimlere paralel olarak güneş enerjisi sistemlerinde yaygınlaşma söz konusu olmaktadır. Genel olarak güneş enerjisi uygulamaları çok çeşitli olup yaygın olarak doğrudan güneş ışınımını elektrik enerjisine çeviren fotovotaik (PV) ile güneş ışınımından doğrudan ısı üretimi ve sonrasında üretilen ısıdan elektrik üretimini sağlayan ısıl sistemler olarak ikiye ayrılır.

2017 yılı sonunda kurulan 472 GWt ısıl güneş enerjisi ile ısıtma ve soğutma sistemleri, dünya çapındaki en büyük güneş enerjisi sektörünü oluşturmuştur. Bunu fotovoltaik sistem kurulumları (402 GWp) ve yoğunlaştırıcılı güneş enerjisi sistem kurulumları (5 GWe) takip etmiştir.

Çizelge 1.1. Dünya üzerinde kullanılan güneş enerjisi ile ısıtma ve soğutma küresel verileri

2017 yılı sonu itibariyle toplam kapasite[1]	472 GW_{th}
Toplam kapasite artışı 2015/2016	4%
2017 yılında iklim koruma katkısı	388 Twh güneş enerjisi ile 41.7 milyon ton petrol ve 134.7 milyon ton CO_2 tasarrufu sağlandı.
İlk beş ülke: Yeni kapasite 2016[2]	Çin, Türkiye, Brezilya, Hindistan ve Amerika Birleşik Devletleri
İlk beş ülke: 2016 sonu itibariyle toplam kapasite[2]	Çin, ABD, Türkiye, Almanya ve Brezilya
İlk beş ülke: 2016 başına düşen toplam kapasite[2]	Barbados, Avusturalya, Kıbrıs, İsrail ve Yunanistan
1: Isı transferi amacıyla hava veya su kullanan camlı-camsız düzlemsel ve vakum tüplü kolektörler hesaba dâhil edilmiştir.	
2: Isı transferi amacıyla su kullanan camlı-camsız kolektör hesaba dâhil edilmiştir.	

Isıl güneş enerjisi teknolojileri; düşük, orta ve yüksek sıcaklık uygulamaları olarak üçe ayrılır. Düzlemsel güneş kolektörleri düşük sıcaklık uygulamalarına, Çizgisel yoğunlaştırma yapan kolektörler orta sıcaklık uygulamalarına, noktasal yoğunlaştırma yapan kolektör ise yüksek sıcaklık uygulamalarına örnek olarak verilebilir. Düşük sıcaklık uygulamaları daha çok kullanım suyu ısıtmada, yüksek

sıcaklık uygulamaları ise kızgın buhar temini ile elektrik üretiminde tercih edilmektedirler.

Termal güneş enerjisi sistemleri kapsamında, fotovoltaik panel üretim teknolojisine nazaran, düşük teknoloji kullanılarak imal edilen düzlemsel kolektörler (plaka ve vakum borulu tip) oldukça yaygındır ve çok sayıda ulusal ve uluslararası firma bu tür imalatları gerçekleştirebilmektedir.

Ülkemizde termal güneş kolektörleri; gerek kullanım yoğunluğu, gerek üretim yoğunluğu ve sağladığı ısıl enerji avantajları nedeniyle bu konu teknoloji ve bilim dünyası tarafından ilgi ile takip edilen önemli bir konudur. Ülkemizdeki teknolojinin ve alternatif enerji kaynaklarının geliştirilmesi amacı doğrultusunda, bu kolektörlerin verimi ve performanslarının arttırılması hususu önem arz etmektedir.

İmalat ve ticaret kanunları gereği, imal edilen herhangi bir ürünün etiket değerlerinin belirlenmesi ve bu mamulün etiket değerlerinde çalışması tüketici hakları tarafından kanunen koruma altına alınmıştır. Bir üretim tesisinde imal edilen termal güneş kolektörü akredite bir laboratuvar tarafından performans testine tabi tutulması ve etikette belirtilen çalışma performansını sağladığı raporlanması zaruridir. Bu amaçla Harran Üniversitesinde GAP Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Merkezi (GAP YENEV) kapsamında, Termal Güneş Kolektörleri Test ve Sertifikasyon Merkezi alt yapısı kurulmuş olup, termal güneş kolektörlerinin başta performans ve verimlilik testleri olmak üzere, birçok test yapılabilmektedir.

Bu tez çalışması kapsamında GAP YENEV laboratuvar alt yapısı kullanılarak, 1 adet düzlemsel yüzeyli termal güneş kolektörü, 1 adet hibrit kolektör (PV/T) ve 1 adet vakum tüplü kolektör; ısıl performans test düzeneğinde ısıl performans deneyine tabi tutularak, performans sonuçları karşılaştırılması ve en verimli kolektörün tespit edilmesi amaçlanmıştır.

1.1.Tezin Önemi ve Amacı

Bu tez çalışması kapsamında güneş enerjisi sektöründe yaygın olarak imalatı yapılan ve sahada yaygın olarak kullanılan düzlemsel yüzeyli termal güneş kolektörlerinin, test koşulları altında performanslarının tespit edilmesi ve sonuçlarının karşılaştırılarak, ısıl performansı en yüksek kolektörü tüketiciye önermektir. Ayrıca düzlemsel termal kolektörlerin ısıl performans testinde kullanılması gereken alt yapıyı irdelemek ve ısıl performans testi ve analizinde uyulması gereken 'Güneş Enerjisi – Güneş Kolektörleri – Deney Metotları TS EN ISO 9806' standardının sınır koşullarını ve önemini tüm üretici firmalara ve son tüketiciye sunulması hedeflenmiştir. Elde edilen sonuçlar ile termal güneş kolektörü sektöründeki üretici firmalara ısıl performans testinin önemini vurgulamak, bunun üzerine performans iyileştirmelerine olanak sağlamak ve TS EN ISO 9806 standardının önemini vurgulamak da amaçlanmıştır. Son tüketicinin ise tercih edecekleri ürünün sertifikalı olması bilincine ulaştırmak ve temin edecekleri kolektörün veriminin önemini kavramasını sağlamak ve en doğru kolektörü seçmelerinde olanak sağlamak amaçlanmıştır.

1.2.Tezin Kapsamı

Bu tez kapsamında, 'Güneş Enerjisi – Güneş Kolektörleri – Deney Metotları TS EN ISO 9806' standardı araştırılarak, üretilen termal güneş kolektörlerinin testlerinde en doğru ve en güvenilir test düzeneğini açıkça ortaya koymaktır. Bu test düzeneğinde gerçekleştirilen ısıl performans testini açıklamak, test düzeneğinin alt yapısını tanımlamak, ısıl performans testinin yapılış metodolojisini tanımlamak ve örnek raporları gözler önüne sererek üretici firmaları ve son kullanıcıyı bilinçlendirmek amaçlanmıştır. Buna ek olarak gerek evsel ve endüstriyel kullanımda, en yaygın üç tip düzlemsel yüzeyli termal güneş kolektörünün ısıl performans testini gerçekleştirerek, bunların verimlerini karşılaştırmak ve en verimli kolektörü tespit etmeyi kapsamaktadır.

1.3. Tezin Katkısı ve Getireceği Yenilikler

Bu tez çalışması kapsamında; yapılan araştırmalar, açıklamalar, deneysel ve sayısal sonuçlar ile termal güneş kolektörlerinde son kullanıcının tercih edeceği kolektör tipinde en verimli ve en ısıl performansı en yüksek kolektörü seçmesine referans olacaktır. Buna ek olarak termal kolektör imalatçılarının, ortaya koydukları ürünün hangi şartlar altında test edildiği, test düzeneğinin nasıl bir alt yapıya sahip olması gerektiği ve test sonuçlarının nasıl bir öneme sahip olduğunu anlamış olacaktır. Bununla birlikte termal güneş enerjisi çalışan akademik ve araştırmacı insanların 'Güneş Enerjisi – Güneş Kolektörleri – Deney Metotları TS EN ISO 9806' standardının şartlarını, sınırlarını, test koşullarını, kurulması gereken deney düzeneğini ve bu deney düzeneğinin nasıl çalıştırılması gerektiğini anlamış olacaklardır. Ve buna ek olarak TS EN ISO 9806 standardı Avrupa Standartlarından alındığı ve tatbik edildiği için, henüz Türkçeye çevrilmemiştir, bu çalışma kapsamında TS EN ISO 9806 standardının ısıl performans testi bölümü kısmen de olsa Materyal ve Yöntem kısmında Türkçeye çevrilmiş olacaktır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Düzlemsel Tip Güneş Kolektörlerinde Performans ve Verimlilik

Sharma ve ark. (1998), düzlemsel yüzeyli güneş kolektörlerinin termal performansını değerlendirmek için kullanılan, iki dinamik test metodu olan Saunier ve Exell'i karşılaştırıp sonuçlarını ASHRAE standardına göre irdelemişlerdir. Bu çalışmada araştırmacılar termal güneş kolektörü ısıl performans test düzeneğinde bir adet 2080 mm* 1120 mm boyutlarındaki kolektörü test ederek, test parametrelerini; güneş ışıması, giren çıkan akışkan sıcaklığı, akışkan debisini, güneş ışıması şiddetini, rüzgâr şiddetini, dakikada bir ölçerek, ölçüm sonuçlarını toplamışlardır. Daha sonra Saunier ve Exell metotlarına göre sonuçları analiz ettiklerinde, standart sapması %7'den daha küçük olan Saunier metodunu daha kararlı bulmuşlardır.

Amer ve ark. (2000), düzlemsel yüzeyli termal güneş kolektörleri için yapılan dinamik testlerinin deneysel ve teorik prosedürlerinin araştırılması amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Araştırmacıların yaptıkları bu çalışmada Yeni Dinamik Yöntem (NDM) ile Hızlı Dinamik Test (QDT) yöntemleri ile teorik temel parametrelerin tahmin tekniği ile her iki yöntemin test prosedürlerini gözden geçirmişler ve karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar yapılan çalışmada, iki farklı üretici firmasından temin ettikleri düzlemsel yüzeyli güneş kolektörünü kullanmışlardır. Araştırmacılar deney düzeneğinde akış hızı, giriş sıcaklığı, kolektör boyunca sıcaklık artışını ve kolektör yüzeyine gelen güneş ışınımı ölçümlerini saniyede bir yapmışlardır. Her iki kolektör için de, elde edilen tüm parametreleri ASHRAE 93-86 standardına göre karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar deneyde giriş sıcaklığı olarak, 40°C başlangıcında, 80°C sonuncuda olmak üzere 10°C'lik fark ile 5 adet giriş sıcaklığında deneylerini gerçekleştirmişlerdir. Sonuç olarak, Yeni Dinamik Yöntemi (NDM), Hızlı dinamik Teste (QDT) göre daha güvenilir bulmuşlardır.

Ghoneim ve ark. (2003), düzlemsel yüzeyli güneş kolektörlerinde, kolektör içerisinde oluşturulan bir kontrol hacminde, birleşik bal peteği yapısının çeşitli konfigürasyonlarını uygulayarak, ısıl performans testlerini inceleyen deneysel bir

çalışma yapmışlardır. Bu amaçla tüm ölçüm sensörleri ve veri toplama sistemiyle eksiksiz bir test düzeneği oluşturmuşlardır. Bu test düzeneğinde 2 m^2'lik yüzey alanına sahip, içerisinde 60 mm kalınlığında bir hava boşluğu oluşturulan, düzlemsel yüzeyli güneş kolektörü tasarlayarak imal etmişlerdir. İmal edilen bu kolektör içerisinde oluşturulan kontrol hacmine 0.4 en-boy oranına sahip, iki sıra petek ünitesi yerleştirmişlerdir. Burada oluşturulan petek ünitesi 16 mm kalınlığına sahip polikarbonat levhalardan oluşturulmuştur. Bu çalışmada araştırmacılar tek petek üniteli veya çift petek üniteli levhaları kontrol hacmine yerleştirerek deneylerini gerçekleştirmişlerdir. Bu petek dilimlerinin alt tabakadan itibaren boşluklarını 0, 3, 8, 14, 22 ve 36 mm'lik boşluklar ile konfigüre etmişler ve deney analizlerini karşılaştırarak en uygun olanını tespit emişlerdir. Deneyler 35-45°C'lik çevre sıcaklığında, 30°'lik kolektör eğim açısında, yüzey alanına düşen 620-1050 W/m^2'lik güneş ışıması şiddetinde ve akış debisi 1.25 - 2.0 kg/dk'lık debide gerçekleştirilmiştir. Araştırmacılar sonuç olarak, tek sıra petek üniteli kolektörde, peteğin alt tabakadan 3 mm uzağa yerleştirilmesi durumunda verimin %36 iyileştirileceğini belirlemişlerdir. Çift sıra petek üniteli kolektörde ise, verimin %19 iyileştirilebileceğini tespit etmişlerdir.

Ceylan ve ark. (2006), sıcak su hazırlamak üzere kullanılan termal güneş kolektöründe sıvı ve hava akışlarının performans üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Bu deneysel araştırmada iki adet özdeş güneş enerjisi sistemi hazırlamışlardır. Sıvı akışkanlı sistemi tabi dolaşımlı, hava akışkanlı sistemi ise cebri dolaşımlı olarak kurmuşlar ve günün belirli saatlerinde eş zamanlı giriş çıkış sıcaklıkları ölçmüştür. Sonuç olarak, hava akışkanlı sistemin veriminin sıvı akışkanlı sistemin kine nazaran %8 daha iyi olduğunu tespit etmişlerdir. Buna ek olarak güneş ışınımının az olduğu bölgelerde özellikle doğal dolaşımlı sistemler için, hava akışkanlı güneş kolektörünün tercih edilmesi önerilmiştir.

Deniz ve ark. (2007), güneş enerjisi kolektörü ile su ısıtma sistemlerinin kullanımını, ülkemizdeki bazı bölgelerde meydana gelen don olaylarından dolayı gerçekleşen kırılmalar ve bozulmalardan dolayı az olduğunu düşünmüşler. Montajının zorluğundan ve sistemin güvenli bir şekilde muhafaza edilmesi zorluğundan, bir de

güneş ışıması şiddetinin yüksek olduğu dönemlerde, çeşitli kayıplar ile elde edilen enerjinin bir miktar kaybolmasının verimi ve kullanımı ciddi derecede etkilediğini düşünerek bir deneysel çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada bakır borulu düzlemsel yüzeyli güneş kolektörü ile çift faz (sıvı-buhar) ile çalışan güneş enerjisi sistemi imal etmişlerdir. Bu sistemin toplam kolektör yüzey alanı 2 m^2, depo hacmi 45 lt. ve çalışma akışkanı olarak da R134-a ile R404-a kullanarak, 6 gün boyunca deneysel ölçüm yapılmış ve bu sonuçların analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Sonuçta akışkan olarak, R404-a kullanılan sistemin verimi, R134-a kullanılan sisteme göre %1.6 daha iyi olduğunu tespit etmişlerdir.

Aktaş (2009), güneş enerjili doğal dolaşımlı sıcak su hazırlama sistemlerinde eşanjör plakasının yüzey alanında bir genişletme yapılması ile verimin nasıl değişeceğini araştırmıştır. Bu deneysel çalışmada, iki adet güneş enerjili su ısıtma sistemi tasarlanmış ve imal edilmiştir. Ve bu iki sistem de kullanılan kolektör, su deposu, montaj şekilleri ve çalışma prensibi özdeş kurgulanmıştır. Sadece gözlemleme yapılacak sistemin eşanjörüne diğerinden farklı olarak, ısı değiştirgeci iç kısmın yerleştirilen plakalar, 10 cm yüksekliğinde, 15 mm iç çapında, 0.5 mm kalınlığında çelik malzemeden özel imal edilmiş, 8 adet plaka kullanmıştır. Genişletme plakaları ile eşanjörün cep ağızları oksi-asetilen kaynağı ile birleştirilmiştir. Altı gün boyunca her iki sistemin de giriş çıkış sıcaklıkları belirli zaman aralıklarında eş zamanlı ölçülerek sonuçları hesaplamıştır. Deney sonuçlarına göre yapılan anlık verim hesaplamalarında güneş ışıma şiddetinin yüksek olduğu zamanlarda genişletilmiş yüzeyli eşanjörün standart eşanjöre göre, yaklaşık olarak %4 daha verimli olduğunu tespit etmiştir. Buna ek olarak, güneş ışıma şiddetinin düşük olduğu zamanlarda genişletilmiş yüzeyli eşanjör dolaşıma zorluk oluşturduğundan dolayı, verimin düştüğünü tespit etmiştir. Sonuç olarak araştırmacı, yüksek güneş ışıma şiddetinin olduğu bölgelerde genişletilmiş ısı değiştirgecini tavsiye ederken, düşük ışıma şiddetine maruz kalan bölgelerde ise genişletilmiş ısı değiştirgecini tavsiye etmemektedir.

Altıparmak ve ark. (2013), çift oluklu parabolik tip güneş kolektörünün ısıl verimini incelemek amacıyla bir deney düzeneği tasarlayıp, imal etmişlerdir. Yapılan

bu çalışmada, her bir oluğun ağız açıklığı 90 cm, kenar açısı 83°, kolektör uzunluğu 2 m, odak mesafesi 25.31 cm, alıcının boru çapı 2.7 cm, cam kılıf çapı 4.7 cm, su deposu hacmi 30 lt, akışkan debisi 80 lt/h olarak boyutlandırılmıştır. Kolektörler her iki eksende de güneşi takip edebilme hareket mekanizmasına sahiptir. Bu çalışma kapsamında araştırmacılar; depo suyu sıcaklığını, ortalama çevre sıcaklığını, güneş ışıması şiddetini, günlük toplam güneşlenme süresini ve günlük ortalama nispi nem miktarını ölçmüşlerdir. Oluşturulan bu deneysel düzenekte sonuç olarak, gün başlangıcında 30°C ile başlayan depo sıcaklığı, gün sonunda 98°C'ye ulaştığını tespit etmişlerdir. Sistem gün boyu ortalamasında %43.03 verimle çalıştığı, anlık olarak maksimum %50.60 verime ulaştığı tespit edilmiştir.

Aktacir ve ark. (2014), çalışmalarında, Türkiye de termal güneş kolektör pazarının sürekli gelişmekte olduğunu, bu alanda pazara giren yerli üreticilerin çokluğundan bahsetmişlerdir. Bununla birlikte ülkedeki ısıl kurulu gücün sürekli arttığı ve Dünya üzerinde hatırı sayılır bir sıralamada olduğunu belirtmişlerdir. Termal güneş kolektörlerinin deney metotları TS EN ISO 12975-1 ve TS EN ISO 12975-2 standardının öneminden bahsederek, yerli üreticilerinin bu standartta yetkilendirilmiş laboratuvarda imal ettikleri termal kolektörleri test ettirmelerinin zorunlu olduğunu belirtmiştir. Bu testlerin Avrupa Ülkelerinde yapılabildiğini ve Türkiye de bu kapsamda yeterlilik alan bir laboratuvarın bulunmadığından söz ederek, üretici firmaların bu testleri çok maliyetli bir şekilde yaptırdıkları ve uzun süreçlerden geçtiğini vurgulamıştır. Yazarlar, üreticilerin bu mağduriyetini gidermek üzere, Harran Üniversitesi bünyesinde termal güneş kolektörleri test merkezi kurduklarından ve bu alanda gerek yerli üreticiye, gerek Ortadoğu'daki diğer ülkelerin imalatçılarına hizmet vermeye başlayacaklarını belirtmişlerdir. Kurulacak olan laboratuvarın adı geçen standart kapsamında kurulduğunu ve kolektörleri sertifikalandıracağını ifade etmişlerdir.

Keçel (2015), sabit bir konstrüksiyon üzerinde bulunan 10 m^2'lik bir alan kaplayan 8 adet termal güneş kolektörü sistemi ile, yatay eksenli takipçi üzerine monte edilen 10 m^2'lik bir alan kaplayan 8 adet termal güneş kolektörü sistemini karşılaştırarak arasındaki verim farkını tespit etmek amacıyla bir araştırma yapmıştır.

Yapılan bu çalışmada, ısıl analizi hesaplamalı akışkanlar dinamiği analizleri (HAD-CFD) ile yapmıştır. Bu farklı iki sistemde de tasarlanan kolektör, 930 mm*1930 mm ölçülerinde, alüminyum borular kullanılan, baş ve alt borusu 25 mm çapında olan ve bu borulara bağlı 8 adet 12 mm çapındaki boru demetinden oluşan bir kolektör model olarak kullanılmıştır. Modellemenin her ikisinde giriş debisi ve sıcaklığı 20-60 kg/h ve 40-50°C olarak kabul ettiğinde çıkış sıcaklığı 50-70°C olarak gözlemlemiştir. Sonuç olarak, sabit ve hareketli sistemde, aynı kolektörlerin sadece tek eksende hareket etmesiyle %7 daha verimli olduğunu tespit etmiştir. Buna ek olarak hareketli sistemde günlük 50-60 W fazladan enerji tüketmesine karşılık yine günlük toplamda hareketli sistem 4 kW daha fazla enerji ürettiğini tespit ederek, güneş takipçili sistemlerin kurulmasını önermiştir.

Dağlı ve ark. (2017), akışkan ısıtma amaçlı kullanılan güneş kolektörlerinde üst örtü tabakasının farklı olması halinde, kolektör verimliliğinin nasıl değişeceğini araştırmak adına, birbiri ile özdeş iki adet kolektör imal etmişlerdir. Bu kolektörlerden birinin üst örtüsü alüminyum iken, diğerinin üst örtüsü bakır olarak seçilmiştir. Bu iki kolektörü çift eksenli güneş takibi ile TS EN 12975-2 standardına uygun olarak deneye tabi tutmuşlardır. Deney 29°C, 47°C, 63°C ve 78°C'lik giriş sıcaklıklarında gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneyde giriş ve çıkış sıcaklıkları, giriş ve çıkış debileri, kolektör yüzeyinden akan rüzgar hızı, global ışıma miktarı ve dağılan ışınlanma miktarları ölçülmüştür. Tüm ölçümler 3 sn'lik periyotlarla ölçülerek analiz edilmiştir. Sonuç olarak; düşük sıcaklıklarda iki kolektör arasındaki verim farkı %3.11 iken, 80°C'deki verim farkı %45.7 çıkmıştır. Sıcaklığın artması ile birlikte bakır örtülü kolektörün verimi %70'den %51'e düşerken, alüminyum örtülü kolektörün verimi %71'den %35'e düştüğünü tespit etmişlerdir.

Aktacir ve ark. (2018), FLUEND programında düzlemsel bir güneş kolektörünün modellemesini yaparak kolektör verimini etkileyen parametreleri incelemişlerdir. Yazarlar bu kapsamda güneş kolektörü içinde suyun geçtiği boru demetlerinin çapları ve boru demetleri arası mesafenin verime etkisini incelemişlerdir. Bu amaçla dört farklı boru çapı incelenerek en uygun boru çapı 15.5 mm olarak tespit edilmiştir. Ayrıca en iyi boru çapında boru demetleri arasındaki mesafenin

belirlenmesi için iki farklı mesafede analiz gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın neticesinde, boru demetleri arasındaki mesafenin en düşük olduğu 76.89 mm'lik mesafenin en iyi sonuç verdiğini belirlemişlerdir.

Aktacir ve ark. (2018), düzlemsel güneş kolektöründe akışkan giriş sıcaklığının performans üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Bu inceleme kapsamında Harran Üniversitesi GAP Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Merkezinde kurulmuş güneş enerjisi teknolojileri test ve sertifikasyon laboratuvarında, TS EN ISO 9806 standardı çerçevesinde uygulamalı deney yapmışlardır. Bu deneyde 4 farklı giriş sıcaklığında kolektörün verimliliğini tespit edilmiştir. 29°C'lik giriş sıcaklığında verimin maksimum (%68.31), 86°C'lik giriş sıcaklığında ise verimin minimum (%43.03) olduğunu belirlemişlerdir. Kolektör veriminin düşük ortam sıcaklığı ve düşük akışkan giriş sıcaklığında maksimum olduğu, giriş sıcaklığı ve ortam sıcaklığı arttığında ise verimin düştüğü sonucuna ulaşmışlardır.

2.2. Vakum Tüplü Güneş Kolektörlerinde Performans ve Verimlilik

Gedik ve ark. (2008), su ısıtma amacıyla kullanılan güneş kolektörünün içerisinde bulunan, demet halindeki boruların ayrık olarak çalışması ile en üstten ve en alttan birleştirilerek, boru demetlerinin birleşik olarak çalışması durumunda, verimliliğin nasıl değişeceğini inceleyen bir araştırma yapmışlarıdır. Bu çalışma da iki adet kolektör imal edilerek içerisine vakumlanmış boru demetleri yerleştirilmiştir. Sadece kolektörlerin birinde demetler baş boru ile bağlanmış ve bunun dışındaki tüm şartlar özdeş olarak tasarlanmıştır. Tesisat içerisinde dolaştırılan sıvı ise R-134a olarak seçilmiştir. Deney tesisatındaki ölçümler 3 gün Eylül ayında 3 gün ise Ekim ayında gerçekleştirmişler ve sistem verimliliğini depodaki su sıcaklığı üzerinden hesaplamışlardır. Sonuç olarak eşit yüzey alanına sahip kolektörler ile eşit depo hacmine sahip su tanklarından elde edilen verilerle, birleşik ısı borulu sistemin verimliliği, ayrık ısı borulu sistemin verimliliğine kıyasla %8.66 daha iyi sonuç verdiğini tespit etmişlerdir. Birleşik ısı borulu sistemde akışkanın ısı transferi, ayrık ısı borulu sisteme göre daha kolay olduğunu ve verimliliği arttırdığını bildirmişlerdir.

Zambolin ve ark. (2010), düzlemsel yüzeyli termal güneş kolektörü ile vakum tüplü termal güneş kolektörünün günlük çalışma koşulları altında, deneysel analizlerini yaparak karşılaştırmışlardır. Bu çalışmayı EN 12975-2 standardına uygun olarak termal performans deneyine tabi tutarak gerçekleştirmişlerdir. Her iki kolektör de aynı şartları taşıması için iki kolektörü de birbirine paralel olacak şekilde monte etmişlerdir. Termal gücü eşitlemek adına ise iki adet düzlemsel yüzeyli termal güneş kolektörünü birbirine paralel bağlamış, bunun karşısında vakum tüplü kolektörde ise 21 adet tüp kullanmışlardır. Yapılan günlük ölçümlerde güneş ışıması şiddeti, giriş çıkış sıcaklıkları, giriş çıkış debileri, kolektör yüzeyinden akan rüzgâr hızı, değerleri ölçümlenerek kayıt altına almışlardır. Araştırmacılar yapılan çalışmanın sonucunu grafik ile göstermişlerdir. Grafikten anlaşıldığı üzere, vakum tüplü kolektörün verimlilik eğrisi indirgenmiş sıcaklık farkına göre, yaklaşık olarak %58'den %49'a düşmüştür. Düzlemsel yüzeyli kolektörde ise, yaklaşık olarak %68'den %35'e düştüğü gözlemlenmiştir. Buda bize düşük sıcaklıkta düzlemsel kolektörün verimliliğini yüksek, yüksek sıcaklık farkında ise vakum tüplü kolektörün veriminin yüksek olduğunu göstermektedir. Her iki verimlilik eğrisinin kesiştiği nokta ise, indirgenmiş sıcaklık değerinin yaklaşık olarak ortalamalarında olduğunu belirtmiştir. Buda bize ortalama sıcaklık farklarında verimliliklerinin denk olduğunu göstermektedir.

Yıldız ve ark. (2013), vakum tüplü güneş kolektörlerinde kolektör verimine boru çapının etkisini incelemek amacıyla, deneysel bir çalışma yapmışlardır. Yapılan bu çalışmada endüstriyel kurutucularda ve binalarda mahal ısıtmada sıcak hava ihtiyacını karşılama hedeflenmiş iken, vakum tüplü kolektör sisteminde ise eşanjöre ısı taşıyan akışkan olarak etanol seçilmiştir. Bu çalışmada analizi yapılan vakumlu tüplerin çapları 16 mm, 22 mm ve 28 mm olarak seçilmiştir. Isıtılan havanın kütlesel debisi ise 0,001 kg/s olarak tasarlanmıştır. 6 gün boyunca imal edilen tüm vakum tüplerin eşanjör kısmına giren ve çıkan sıcaklık miktarları, giren ve çıkan havanın kütlesel debisi, güneş ışınım şiddeti ölçülmüş ve verimlilik hesaplamaları yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, verim ortalamalarından en yüksek olanı boru çapı 22 mm olan kolektör olmuştur ve verimi de 0.19 olarak tespit edilmiştir.

Özsoy ve ark. (2018), vakum tüplü U borulu güneş kolektörünün verimini güneş simülatörde test ederek, deney metodolojisi üzerinde bir araştırma yapmışlardır. Simülatörden güneş kolektörü üzerine gelen ışınlar halojen lambalarla sağlanmış olup, ışınımlar kolektör üzerine güneş ışınları gibi birbirine paralel olarak gelmediğini, lambada yayılan ışınımlar absorber üzerine farklı açılar ile düştüğünü, verim hesabında, absorber izdüşüm alanının kullanılmasının yanıltıcı olduğunu tespit etmişlerdir. Bunun üzerine, daha gerçekçi bir yaklaşım olarak, ışınımların geldiği açısal absorber alanının hesaplanması ile ilgili daha farklı bir yöntem geliştirmişlerdir. Kolektör absorber izdüşüm alanına bağlı kolektör verimi %116 ile %80 arasında değişirken, açısal absorber alanına bağlı kolektör veriminin %56 ile %38 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Sonuç olarak elde edilen verilerle, güneş simülatörün de vakum tüplü güneş kolektörü testlerinde verim hesabında kullanılacak alanın belirlenmesinin önemini ortaya çıkarmışlar ve ayrıca kolektördeki akışkan debisinin kolektör verimine ve basınç düşümüne etkisi de incelemişlerdir. Kolektördeki akışkan debisi arttıkça basınç düşümünün de arttığı, akışkan debisi ile verimde de bir artış olduğu sonucunu çıkarmışlardır.

2.3. PV/T Güneş Kolektörlerinde Performans ve Verimlilik

Sun ve ark. (2001), fotovoltaik/termal kolektör (PV/T) sistemlerinin performans değerlendirmesi üzerine bir araştırma yapmışlardır. Bu çalışmanın amacı yaygın olarak bilinen güneş enerjili su ısıtıcıları sistemi ile PV/T kolektör ile tasarlanan su ısıtma sistemini karşılaştırarak, PV/T kolektörlü sistemlerin tasarlanmasını yaygınlaştırmaya çalışmaktır. Bu çalışma sonucunda PV/T kolektöründen de iyi bir termal verimlilik elde edilebileceğini ve PV/T kolektörünün kullanılması ile ciddi bir manada enerji tasarrufu sağlanabileceğini ortaya koymaktır. Bu çalışmada ticari bir PV modül (467mm*1105mm, 60Wp, 17.1Vp) ile düzlemsel yüzeyli bir kolektör yapıştırmak suretiyle birleştirilmiştir ve ısı iletimini güçlendirmek amacıyla PV modül ile kolektör arasına termal yağ doldurmuşlar. 3 W'luk DC pompa ile termal kolektöre akış sağlamışlar. Yapılan verimlilik analizlerine göre, PV/T kolektörün ısıl performansı %38 olarak belirlemişlerdir. Elde edilen test sonuçlarına göre, sadece

termal güneş kolektöründen oluşan veya sadece PV'den oluşan bir sistem verimliliğinden daha büyük olan %60 verimliliği ortaya koymuşlardır.

Sodha ve ark. (2006), fotovoltaik/termal güneş kolektörleri (PV/T) üzerine ısıl performansını değerlendirmek üzere, deneysel bir doğrulama çalışması yapmışlardır. Araştırmacılar bu çalışmada, önceki araştırmacılar tarafından geliştirilen PV/T termal kolektör üzerine, sistemin termal modelini geliştirmek üzere yeni bir modelleme yaparak, analiz etmişlerdir. Bu yeni modellenen PV/T modelini sürekli sıcak akışkan sağlanarak, dönüş suyu soğutulmuş ve sürekli sabit sıcaklıkta akışkan girişi sağlanmıştır. Verimlilik hesaplamalarında kullanılan tüm parametreler ölçülerek verimlilik hesabı yapılmış ve araştırmacılar şu sonuca ulaşmışlardır. Huang ve ark. tarafından deneysel olarak elde edilen %61.3'lük termal verime çok yakın olan %58'lik bir günlük termal verim sonucunu elde etmişlerdir.

Duran ve ark. (2014), güneş enerjisinden elektrik üretimi sırasında panel sıcaklığının artması sonucu PV paneldeki verim düşüşünü azaltmak amacıyla kolektör arkasından dolaştırılan soğuk su ile verimi arttırmayı amaçlayan bir çalışma yapmışlardır. Deney kurulumunda iki adet PV/T kolektör kullanılarak, birinin arkasına yerleştirilen borular ile paneli soğutmaya çalışılmış, diğerine ise herhangi bir soğutma uygulamasına gidilmemiştir. Kullanılan panel 870 mm*1640 mm*105 mm boyutlarında olup, 72 hücreli, 175 W nominal güce sahip, monokristal panel kullanmışlardır. Soğutma yapılan panele 0.16 kg/s ve 0.33 kg/s'lik iki farklı debide akış göndererek deney yapmışlardır. Panelleri 33°'lik açı ile yerleştiren araştırmacılar, iki kolektörden de eş zamanlı ölçümler almışlardır. Sonuç olarak, çevre sıcaklığının 39.9°C olduğu bir günde, soğutma yapılmayan kolektörde yüzey sıcaklığını 95.1°C ölçülürken, soğutma yapılan panelde ise yüzey sıcaklığını 53.5°C olarak ölçmüşlerdir. Araştırmacılar buna karşılık PV panelde %30'luk bir verim artışı gözlemler iken, sıcak kullanım suyu elde etmişlerdir.

Doğanay ve ark. (2017), fotovoltaik sistemlerle enerji üretimi sağlanır iken, panelde meydana gelen atıl ısının değerlendirilmesi ve paneli soğutmak amaçlı Fotovoltaik/Termal (PV/T) kolektörü sistemini, Kırklareli Çevre Ve Şehircilik İl

Müdürlüğünde uygulanmak üzere, Transient System Simulation (TRNSYS) programını kullanarak bir simülasyon çalışması yapmışlardır. Bu çalışmadaki amaç binanın elektrik enerjisi ihtiyacı ile birlikte mahal ısıtmada kullanılacak ısı ihtiyacının karşılanması olarak belirlemişlerdir. Adı geçen hizmet binası yıllık elektrik tüketimini 64315 kWh olarak belirledikten sonra modelleme yapmışlar ve bu sonuçları elde etmişlerdir. 16°'lik eğim açısında yıllık 39417.55 kWh, 37°'lik eğim açısında yıllık 40485.01 kWh, 66º'lik eğim açısında ise 35683.84 kWh enerji üretildiğini tespit etmişler. Bu da tüketimin 16°'lik eğim açısında %61.29'unu, 37°'lik eğim açısında %62.95'ini, 66º'lik eğim açısında ise %55.48'ini karşıladığını belirlemişler. 37°'lik eğim açısında kurulum yapılmasını ve elde edilen sıcak akışkanı da yaz aylarında kullanım suyu ısıtmasında kullanıla bileceğini, kış aylarında ise ısıtma tesisatında kullanıla bilineceğini ortaya koymuştur.

Ömeroğlu (2018), deneysel bir çalışma ortamı içerisinde PV/T kolektöre yapay bir ışınlanma sağlayarak, kolektörün hem elektriksel performansını hem de ısıl performansını araştırmıştır. Burada kullanılan paneli Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (CFD) modelleyerek analiz etmiş ve elde ettiği sonuçları karşılaştırarak doğrulamıştır. Araştırmacı bu çalışmada fotovoltaik panel arkasına kontrol hacmi oluşturarak, bu hacim içerisine bir deneyde 54 adet silindirik bakır kanatçıklar yerleştirmiş ve panel üzerine 900W/m^2'lik bir yapay ışıma sağlayarak, kontrol hacminin çıkışına fan yerleştirerek hava akışını sağlamıştır. Bir diğer deneyde ise tüm değişkenleri sabit tutarak, bu defa 108 adet kanatçık yerleştirerek deneyi gerçekleştirmiştir. Ölçümler de ise kanal girişi hava hızı, panel yüzey sıcaklığı, kontrol hacmi ve ortamın nem değerlerini, giriş çıkış basınç farklarını takip etmiştir. Araştırmacının elde ettiği verilerle yapmış olduğu analize göre, 54 adet kanatçığa sahip sistemde termal verimi %56, kanatçık sayısının 108 adet olduğu sistemin en düşük hava debisinin sağlandığı durumda bile %60 olarak belirlemiştir. En yüksek termal verimi 0.03 kg/s'lik hava debisinde termal verimi %69 olarak belirlemiştir. Panel yüzeyinde yapmış olduğu soğutmadan dolayı elektriksel verimin %8'den %11.9'a arttığını tespit etmiştir.

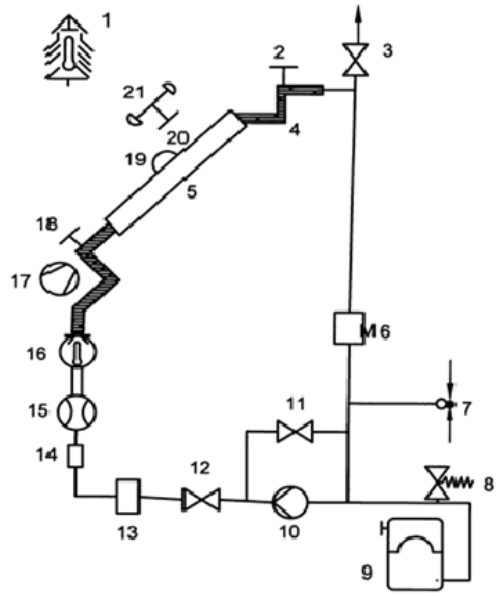
Öner ve ark. (2018), güneş enerjisi ile elektrik üreten panellerin, güneş ışınlarından gelen belirli dalga boyundaki fazı ile elektrik üretildiğini, bu dalga boyunun dışında kalan enerjinin ise paneli ısıttığını ve bu ısınma ile PV panelin performansını düşürdüğünü belirmişlerdir. Araştırmacılar kurmuş oldukları deneysel düzenek ile PV/T panel arkasında oluşturdukları kontrol hacmine çeşitli malzemelerden oluşan zorlanmış taşınıma maruz kalacak kanatçıklar yerleştirerek, kolektör bünyesinde meydana gelen atıl ısının yararlı enerjiye dönüşmesini sağlayan bir deneysel analiz yapmışlardır. Kontrol hacmi içerisine hem alüminyumdan hemde bakır borudan oluşan iki farklı kombinasyonla silindirik borular yerleştirmişlerdir. Sık kombinasyonda 108 adet boru, seyrek kombinasyonda ise 54 adet boru yerleştirmişlerdir. Kolektöre 1350 W/m^2'lik yapay ışınlama sağlamışlar ve kontrol hacmindeki hava bir fan vasıtasıyla farklı debilerde çekilerek paneli test etmişlerdir. Sonuç olarak araştırmacılar, panel sıcaklığını 122°C'den 71-74°C'ye kadar düşürmüşlerdir. Hava akışının debisi arttıkça ise yüzey sıcaklığı düşerek, kolektörün elektriksel performansının arttığını gözlemlemişlerdir. Kolektörün optimum çalışma sıcaklığını 46.7°C, elektriksel verimi ise %55 olarak tespit etmişlerdir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

'Güneş Enerjisi – Güneş Kolektörleri – Deney Metotları TS EN ISO 9806' standardının kapsamı; Termal güneş kolektörlerinin deney talimatları ile test yapma yöntemine, ölçüm belirsizliğine, ölçüm doğruluğuna, deney şartlarına karar vermesine ek olarak aynı zamanda deney düzeneğinin nasıl olması gerektiğini kapsayan bir standarttır. Bu tez çalışmasında kapsamında deney tesisatı TS EN ISO 9806 standardında belirtildiği şekilde kurulmuştur. Deney düzeneğinin bulunduğu laboratuvar, Türkiye Akredite Kurumu (TÜRKAK) tarafından denetlenerek, akredite edilmiştir.

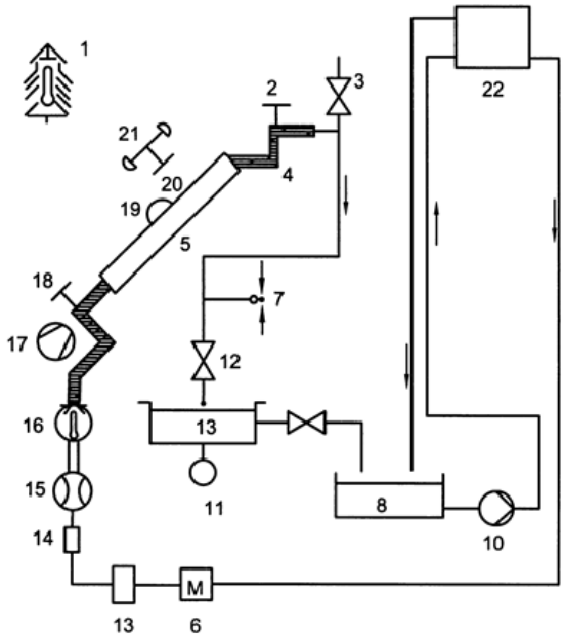
3.1. Deney Düzeneği

Isı aktarma akışkanı olarak sıvı kullanan güneş enerjisi kolektörlerini deneye tabi tutmak için TS EN ISO 9806 standardı, kapalı deney devresini ve açık deney devresini tanımlamıştır. Her iki deney devresi düzeneği şematik olarak Şekil 3.1 ve Şekil 3.2'de gösterilmiştir. Kapalı deney devresinde; bu deney düzeneğinin ismi deneye tabi tutulan kolektör, kapalı çevrime sahip bir deney tesisatının elemanıdır. Kolektör içerisinde dolaştırılan akışkan tekrardan deney tesisatına geri dönerek tekrardan sistemi besler. Akışın tamamı kapalı tesisat devresi içerisinde basınçlı olarak dolaştırılır. Tez çalışması kapsamında yapılan deneyler kapalı deney devresi üzerinde yapılmıştır. Bunlardan ikincisi ise açık deney devresi örneği; bu deney düzeneğinde ise deneye tabi tutulan kolektör açık çevrime sahip bir deney tesisatının bir elemanıdır. Burada da kolektör içerisinde dolaştırılan akışkan deney tesisatına geri döner fakat burada sistemi besleyen su tankı açık havayla temas halinde bulunan bir tank olduğundan dolayı, bu sisteme açık deney devresi denilmektedir. Bu deney tesisatı pratikte çok kullanılmamaktadır. Bu sistemde buharlaşma olabileceği için akışkanın kütlesel debisinin sabit tutulması ve tankın sürekli dışarıdan beslenmesi bir takım zorluklara sebep olabilmektedir.



1. Ortam sıcaklığı ölçer
2. Sıcaklık algılayıcı (T_e)
3. Hava çıkışı
4. Yalıtılmış boru
5. Güneş enerjisi kolektörü
6. Birincil sıcaklık düzenleyici
7. Basınçölçer
8. Emniyet vanası
9. Genleşme tankı
10. Pompa
11. Baypas vanası
12. Akış kontrol vanası
13. Filtre (200 µm)
14. Görme camı
15. Debi ölçer
16. İkincil sıcaklık düzenleyici
17. Suni rüzgâr üreteci
18. Sıcaklık algılayıcı (T_{in})
19. Pirheliometre
20. Piranometre
21. Anemometre

Şekil 3.1 Kapalı deney devresi örneği



1. Ortam sıcaklığı ölçer
2. Sıcaklık ölçer (T_e)
3. Hava çıkışı
4. Yalıtılmış boru
5. Güneş enerjisi kolektörü
6. Birincil sıcaklık düzenleyici
7. Basınçölçer
8. Depo
9. Tartma kabı
10. Pompa
11. Terazi
12. Akış kontrol vanası
13. Filtre (200 µm)
14. Görme camı
15. Debi ölçer
16. İkincil sıcaklık düzenleyici
17. Suni rüzgâr üreteci
18. Sıcaklık ölçer (T_{in})
19. Pirheliometre
20. Piranometre
21. Anemometre
22. Sabit seviyeli tank

Şekil 3.2. Açık deney devresi örneği

3.2. Deneysel Ölçümlerde Kullanılan Cihazlar ve Ölçüm Metodu

3.2.1. Güneş ışınımının ölçülmesi

Hem güneş ve hem de gökyüzünden gelen global kısa dalga ışımayı ölçmek için ISO 9060'da belirtilen Sınıf I veya daha iyi bir piranometre kullanılmalıdır. Kullanma için tavsiye edilen ISO/TR 9901'de verilen uygulamaya uyulmalıdır. Her bir deneyden önce piranometre dış kubbesinin üzeri toz, toprak vb. için kontrol edilmeli ve gerekirse temizlenmelidir. Dağılan kısa dalga ışımayı ölçmek için, bir perdeleme halkası ile teçhiz edilmiş Sınıf I veya daha iyi bir piranometre veya alternatif olarak bir piranometre ile birlikte bir pirheliyometre kullanılmalıdır.

Piranometre algılayıcısı ± 1° tolerans dâhilinde kolektör açıklık düzlemi ile eş düzlemli olarak monte edilmelidir. Deney periyodu sırasında hiç bir zaman kolektör açıklığı üzerine bir gölge düşürmemelidir. Piranometre, kolektör tarafından doğrudan, dağılan ve yansıyan güneş ışımasıyla alınanla aynı seviyelerde ışıma alacak şekilde monte edilmelidir.

3.2.2. Direk ışınımın ölçülmesi

Kolektörü deneye tabi tutmak için, bina dışında yayılı ve ışınım radyasyonu yoğunluğu değişimleri normal olarak dikkate alınmaz. Ancak, kolektör açıklığındaki direk ışıma yoğunluğunu tayin etmek için, kolektör açıklığı düzlemine ve bir yanın orta yüksekliğine birer pirheliyometre monte edilebilir.

3.2.3. Sıcaklık ölçümleri

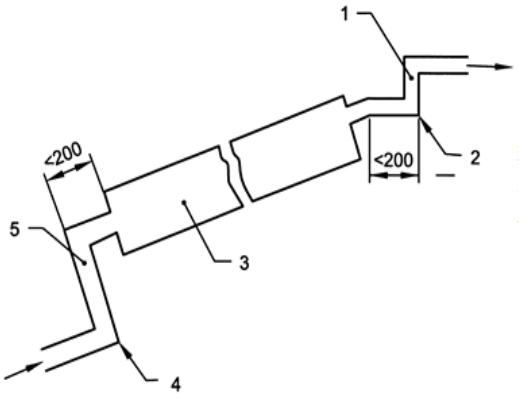
Güneş enerjisi kolektörünü deneye tabi tutma için üç sıcaklık ölçmesi gerekir. Bunlar, kolektör girişinde akışkan sıcaklığı, kolektör çıkışında akışkan sıcaklığı ve ortam hava sıcaklığıdır. Bu ölçmeler için gereken doğruluk ve ortam

farklıdır ve bu yüzden sıcaklık ölçmesi için algılayıcı ve birleşik cihaz farklı olabilir.

3.2.3.1. Isı aktarma akışkanı giriş sıcaklığını (T_{in}) ölçme

Kolektör girişinde ısı aktarma akışkanının sıcaklığı 0.1 °C standart belirsizlikle ölçülmeli, ancak sıcaklığın zamanla değişmediğini kontrol etmek için, çok daha iyi bir sıcaklık sinyal çözünürlüğü, ± 0.02 °C gerekir. 4000'de bir veya bir 12-bit sayısal sistem çözünürlüğü gerektiren veri kaydediciyle kaydetmek için özellikle istenen bir doğruluk olan bu çözünürlük, kolektörü deneye tabi tutmak için kullanılan bütün sıcaklıklar için gerekir (0 °C - 100 °C aralığında).

Sıcaklık ölçme için algılayıcı kolektör girişinden en fazla 200 mm uzağa monte edilmeli ve algılayıcının giriş ve çıkış tarafındaki boru tesisatı yalıtılmalıdır. Algılayıcının kolektörden 200 mm'den daha fazla uzağa konumlandırmak gerekli ise, akışkan sıcaklığının ölçülmesinin etkilenmediğini doğrulamak için bir deney yapılmalıdır. Sıcaklık ölçme konumunda akışkanın karışmasını sağlamak için Şekil 3.3'de gösterildiği gibi boru tesisatına algılayıcının giriş tarafında bir dirsek, bir orifis veya bir akışkan-karıştırma tertibatı yerleştirilmeli ve algılayıcı probu giriş tarafına bakmalı ve boru içinde akışın yükseldiği bir yerde olmalıdır (Algılayıcı yakınında havanın kapanlanmasını önlemek için).



1. Sıcaklık dönüştürücü (T_e ΔT)
2. Borulama dirseği veya karıştırma aleti
3. Güneş enerjisi kolektörü
4. Borulama dirseği veya karıştırma aleti
5. Sıcaklık dönüştürücü (T_{in} ΔT)

Şekil 3.3 Isı aktarma akışkanı giriş ve çıkış sıcaklıklarını ölçmek için tavsiye edilen dönüştürücü konumları

3.2.3.2. Çevreleyen hava sıcaklığını (Ta) ölçme

Ortam veya çevreleyen hava sıcaklığı 0.5 °C standart belirsizlikle ölçülmelidir. Bina dışı ölçmeleri için sıcaklık algılayıcısı doğrudan ve yansıyan güneş ışımasından beyaz-boyalı, iyi havalandırılan (tercihen cebrî havalandırmalı) siperlik vasıtasıyla perdelenmelidir. Siperliğin kendisi perdelenmeli ve kolektörün orta yüksekliğine, ancak yer ısıtma etkisinden kurtarmayı sağlamak için bölgesel yer yüzeyinden en az 1 m yukarıda yerleştirilmelidir. Siperlik kolektörün bir yanına en fazla 10 m mesafede konumlandırılmalıdır. Hava kolektör üzerine bir rüzgâr üreteci ile cebrî olarak gönderilirse, hava sıcaklığı rüzgâr üretecinin çıkışında ölçülmeli ve bu sıcaklığın ortam hava sıcaklığından ± 1 °C daha fazla sapmadığından emin olmak için kontroller yapılmalıdır.

3.2.3. Isı aktarma akışkanı sıcaklık farkının (ΔT) tayini

Kolektör çıkış ve giriş sıcaklıkları arasında fark (ΔT) <0.05°C standart belirsizlikle tayin edilmelidir. Birbirine iyi şekilde uydurulmuş ve kalibre edilmiş modern dönüştürücülerle 0.02 °C'ye yaklaşan standart belirsizliklere erişilebilir ve bu yüzden ısı aktarma akışkanının 1°C veya 2 °C sıcaklık

farklarını makul bir doğrulukla ölçmek mümkündür. Sıcaklık algılayıcıları ilgili sıcaklık aralığında kalibre edilmiş olmalıdır.

3.2.4. Kolektör sıvı debisinin ölçülmesi

Kütlesel debiler doğrudan ölçülebilir veya alternatif olarak yoğunluk biliniyorsa, hacimsel debi ve sıcaklık ölçmelerinden tayin edilebilir. Akışkan debisini ölçmenin standart belirsizliği, ölçülen değerin birim zamanda kütle olarak ± % 1 dâhilinde olmalıdır. Debi ölçer, akışkan debileri aralığı ve kolektör deneyi sırasında kullanılacak sıcaklıklarda kalibre edilmelidir. Hacimsel debi ölçerler içindeki akışkan sıcaklığı, kütle debilerinin imalatçı tarafından belirtilen sınırlar dâhilinde tayin edilebilmesini sağlayacak yeterli doğrulukla bilinmelidir.

3.2.5. Hava Hızının Ölçülmesi

Bir kolektörden ısı kayıpları kolektör üzerindeki havanın hızının artmasıyla artar, ancak, hava hızının yönünün etkisi çok iyi bilinmemektedir. Bundan dolayı, deneye tabi tutulan kolektör için hava hızı yönü ölçmeleri kullanılmamıştır. Meteorolojik rüzgâr hızı ve kolektör üzerindeki hava hızı arasındaki bağıntı deney tesisi yerine bağımlıdır, bu yüzden kolektörü deneye tabi tutmak için meteorolojik rüzgâr hızı bir faydalı parametre değildir. Kolektör üzerinde ölçülen hava hızı kullanılarak, deneylerin yapıldığı şartları açıkça tarif etmek mümkündür.

Kolektörün ön yüzeyi üstündeki çevreleyen havanın hızı, hem bina içi ve hem de bina dışı deneye tabi tutma için 0.5 m/s standart belirsizlikle ölçülmelidir. Bina dışı şartlar altında çevreleyen hava hızı nadiren sabittir ve sıklıkla şiddetlenme meydana gelir. Bundan dolayı deney periyodu sırasında bir ortalama hava hızı ölçmesi gerekir. Bu, numune değerlerin aritmetik ortalaması veya deney periyodu boyunca zamana göre entegrali alınarak elde edilebilir.

Bina içi deneye tabi tutma sırasında, hava hızı kolektörün bir ucundan

diğer ucuna değişebilir. Bundan dolayı, kolektör açıklığı önünden 10 mm - 50 mm bir mesafede, kolektör alanı üstünde eşit aralıklı konumlarda bir seri hava hız ölçmeleri alınmalıdır. Sonra ortalama bir değer tayin edilmelidir. Bina içi hava hızı ölçmeleri, kolektör açıklığının kapanmasını önlemek için, kararlı şartlarda performans deneyi noktalarından önce ve sonra yapılmalıdır.

Bina dışında ortalama rüzgâr hızının 2 m/s den düşük olduğu yerlerde deney yapıldığında, bir suni rüzgâr üreteci kullanılmalı ve hava hızının sürekli ölçülmesi için anemometre ölçmeleri bağlanmalıdır. Bu anemometre, kolektör kenarından anemometrenin 0.3 m arkasına rüzgâr üretecine doğru bakan sürekli yüzey olacak şekilde bir pano üzerine monte edilmelidir. Kolektör açıklığı alanı içinde hava hızının uniformluğu kontrol edilmelidir. Rüzgâr üreteci ayarlanırken, kolektör açıklık düzleminden 10 mm - 50 mm yükseklikte bir el anemometresi kullanılarak rüzgâr hızı ölçülmelidir.

Rüzgârlı yerlerde, rüzgâr hızı ölçmesi kolektör yakınında kolektör orta yüksekliğinde yapılmalıdır. Deney periyotları sırasında algılayıcı rüzgârdan korunmamalı ve kolektör üzerine gölge düşmemelidir.

3.2.6. Geçen zamanın ölçülmesi

Geçen zaman, % 0.2 standart belirsizlikle ölçülmelidir.

3.2.7.Veri kaydediciler

Hiç bir durumda cihazın veya cihaz sisteminin en küçük skala bölmesi belirtilen standart belirsizliğin iki katını aşmamalıdır. Örneğin, belirtilen standart belirsizlik 0.1°C ise en küçük skala bölmesi 0.2 °C'yi aşmamalıdır. Sayısal teknikler ve elektronik entegral alıcılar, ölçülen değerin % 1.0'ine eşit veya daha iyi bir standart belirsizliğe sahip olmalıdır.

Analog ve sayısal kaydediciler tam-skala okumasının % 0.5'ine eşit veya daha iyi bir hataya ve bir 1 saniye veya küçük zaman sabitesine sahip olmalıdır. Tepe sinyal göstergesi tam skalanın % 50 - % 100 arasında olmalıdır. Kaydedicilerin giriş öz direnci algılayıcı öz direncinin 1000 katından veya 10 MΩ'dan (hangisi daha büyükse), daha büyük olmalıdır.

3.2.8. Kolektör alanının tespiti

Kolektör alanı (soğurucu, brüt veya açıklık) % 0,3 standart belirsizlikle ölçülmelidir. Soğurucu organik malzemeden yapılmışsa, alan ölçmeleri (20 ± 10) °C kolektör sıcaklığında ve çalışma basıncı altında yapılmalıdır.

3.2.9. Kolektör akışkan kapasitesi

Kolektörün akışkan kapasitesi % 10'dan daha fazla olmayan standart belirsizlikle ölçülmelidir. Ölçmeler boşken kolektörü tartarak ve akışkanla doldurulduktan sonra tekrar tartarak veya ihtiva ettiği akışkanın kütlesini tayin etmek için kolektörü doldurup boşaltarak yapılabilir. Akışkan sıcaklığı ortam sıcaklığının ± 2°C dâhilinde tutulmalıdır. Bir alternatif olarak, geometrik durumları esas alan bir hesaplamayla bir tayin verilebilir.

3.3. TS EN ISO 9806'ya Göre Deney Şartları

3.3.1. Kolektör montajının şartları

Kolektör montaj çerçevesi kolektör açıklığını hiçbir şekilde engellememeli ve arka veya yan yalıtımı önemli derecede etkilememelidir. Başkaca belirtilmedikçe (örneğin, kolektör bir birleştirilmiş çatı dizisinin bir kısmı olduğunda), kolektörün önü ve arkasının etrafında havanın serbest olarak dolaşmasına müsaade eden bir açık montaj yapısı kullanılmalıdır. Kolektör alt kenarı bölgesel yer yüzeyinden en az 0.5 m yukarıda olacak şekilde monte edilmelidir.

Kolektör, kolektör için gelme açısı değiştirici dik gelmedeki değerinden ± % 2'den daha fazla değişme olmayacak eğim açılarında deneye tabi tutulmalıdır.

Bina dışı deney sonuçlarını analizi amaçları için, doğrudan güneşten gelmeyen güneş ışınım yoğunluğunun izotropik olarak kolektörün gördüğü yarım küredeki alandan geldiği kabul edilir. Bu yaklaşımdan sonuçlanan hataları asgariye indirmek için, kolektör deney sırasında çevreleyen binalardan veya yüzeylerden üzerine yansıyan önemli bir güneş ışıması olmayacak ve görme alanında önemli bir engelleme olmayacak bir yere yerleştirilmelidir. Boş boru şeklindeki kolektörler gibi bazı kolektör tiplerinde, hem arka ve hem de ön görme alanlarından yansımaları asgariye indirmek eşit derecede önemlidir. Kolektör görme alanının % 5'ten daha fazla engellenmemeli ve özellikle binaların veya kolektörlerin ön tarafında yatayla yaklaşık olarak 15° den daha büyük bir açıya karşılık gelen büyük engellemelerin önlenmesi önemlidir. Çimen, havalandırılmış beton veya mıcır gibi birçok kaba yüzeyin yansıma oranı, genel olarak kolektörü deneye tabi tutma sırasında herhangi bir probleme sebep olmayacak kadar düşüktür. Kolektörün görme alanından uzak tutulacak yüzeyler büyük cam, metal veya su alanlarıdır.

Bazı kolektörlerin performansı ısıl ışınlanma yoğunluğu seviyelerine özellikle hassastır. Kolektöre bitişik yüzeylerin sıcaklığı, ısıl ışıma etkisini asgariye indirmek için ortam havasınınkine mümkün olduğunca yakın olmalıdır. Örneğin, kolektörün bina dışında gördüğü alanda bacalar, soğutma kuleleri veya sıcak çıkışlar bulunmamalıdır. Bina içi ve simülatörde deneye tabi tutma için, kolektör radyatörler, klima kanalları ve makinalar gibi sıcak yüzeylerden ve pencereler ve dış duvarlar gibi soğuk yüzeylerden korunmalıdır. Kolektörün hem önünün ve hem de arkasının siperlenmesi önemlidir.

Birçok kolektörün performansı hava hızlarına hassastır. Sonuçların uyarlığını yükseltmek için, kolektörler hava kolektör açıklığı, arkası ve yanları

üzerinden serbest olarak geçecek şekilde monte edilmelidir. Kolektör açıklığına paralel ortalama hava hızı, 3 m/s ± 1 m/s sınırları arasında olmalıdır. Gerekli olduğunda, bu hava hızlarına ulaşmak için suni rüzgâr üreteçleri kullanılmalıdır.

Piranometre teste tabi tutulan kolektörle aynı düzleme yerleştirilmelidir. Piranometrenin dengeye gelmesi için veri almaya başlamadan önce en az 30 dakika beklenmelidir.

3.3.2. Ön şartlandırma testi

Standart gereği yapılacak bir deneyden en doğru sonuçları alabilmek için ya deneye başlamadan önce deney şartları altında belli bir süre kolektör bekletilir, ya da yapılacak deneyden önce bir takım deney veya deneyler zorunlu tutulmaktadır. TS EN ISO 9806 standardına göre, Isıl performans deneyine başlamadan önce ön şartlandırma deneyinin yapılması zorunlu kılınmıştır.

Kolektör gözle muayene edilmeli ve herhangi bir hasar kayıt edilmelidir. Kolektör açıklığı örtüsü tam olarak temizlenmelidir. Kolektör bileşenleri üzerinde rutubet oluşmuşsa, yalıtım ve kolektör örtüsünü kurutmak için yaklaşık olarak 80 °C sıcaklığındaki ısı aktarma akışkanı gerekli süre dolaştırılmalıdır. Bu ön şartlandırma şekli yapılmışsa deney sonuçlarıyla birlikte rapor edilmelidir. Kolektör boru tesisatında kapanlanmış hava, bir hava vanası veya gerekli yüksek debide akışkan dolaştırılarak boşaltılmalıdır. Akışkan, akışkan devresi boru tesisatına takılmış şeffaf boru vasıtasıyla, girmiş hava veya parçacıklar için muayene edilmeli ve herhangi bir kirletici unsuru varsa uzaklaştırılmalıdır.

Belirtilen bu hususlar için gerekli önlemler alındıktan sonra, boş kolektör 5 saat için 700 W/m^2'den daha fazla seviyede ışınlanmaya maruz tutulmalıdır. Tüm bu şartlar sağlandıktan sonra kolektör Isıl performans testine tabi tutulabilmektedir.

3.3.3. Isıl performans testi deney şartları

Eğer kolektörde ısı boruları kullanılıyorsa kolektörün performans deneyinden önce TS EN ISO 9806 standardında belirtilen ışımaya maruz kalma testi yapılmalıdır (Ön şartlandırma testinde belirtilen tüm hususlar sağlanmalıdır).

İmalatçı tarafından belirtilmedikçe kolektörün önü ve arkasının etrafında havanın serbest olarak dolaşmasına müsaade eden bir açık montaj yapısı kullanılmalıdır. Kolektör alt kenarı bölgesel yer yüzeyinden en az 0.5 m yukarıda olacak şekilde monte edilmelidir. Kolektör, kolektör için gelme açısı değiştirici dik gelmedeki değerinden ± % 2'den daha fazla değişme olmayacak eğim açılarında deneye tabi tutulmalıdır. Tek camlı düz plaka kolektörler için, kolektör açıklığındaki doğrudan güneş ışıması gelme açısı 20° daha azsa bu şart genel olarak uygundur.

İmalatçı tarafından belirtilmedikçe, akışkan debisi, kolektör açıklık alanının metre karesi başına yaklaşık 0.02 kg/s olarak ayarlanmalıdır. Deney periyodu sırasında ayar değerinin ± % 2 dâhilinde kararlı tutulmalı ve bir deney periyodundan bir diğer deney periyoduna ayar değerinin ± % 10'dan daha fazla değişmemelidir. İmalatçının belirttiği özelliklere bağlı kalarak diğer debilerde de deneye tabi tutma yapılabilir.

Bazı kolektörlerde tavsiye edilen akışkan debisi laminar ve türbülanslı akış arasındaki geçiş bölgesine yakın olabilir. Bu, iç ısı aktarma katsayısı karasızlığına ve bu yüzden kolektör verimlilik ölçmelerinde değişimlere sebep olabilir. Böyle bir kolektörü duyarlı bir şekilde karakterize etmek için, daha yüksek debi kullanmak gerekli olabilir. Geçiş rejiminde, debi önce yüksek (türbülanslı) ayarlanmalı ve sonra ayar noktası değerine düşürülmelidir. Bu durum, ölçmeler sırasında laminardan türbülanslı akışa geçişi engeller.

Kolektör açıklığına paralel ortalama hava hızı değeri, kolektör üstündeki

uzaysal değişimler ve deney periyodu sırasındaki geçici değişimler dikkate alınarak, 3 m/s ± 1 m/s olmalıdır. Gerekli olduğunda, bu hava hızlarına ulaşmak için suni rüzgâr üreteçleri kullanılmalıdır.

Doğru bir η_0 (sıfır kayıplı kolektör verimliliği) tayini elde etmek için, mümkünse, bir giriş sıcaklığı kolektör içindeki ortalama akışkan sıcaklığı ortam hava sıcaklığının ± 3 ºC dâhilinde olacak şekilde seçilmelidir. Eğer mümkünse kolektör imalatçı tarafından belirtilen çalışma sıcaklıkları arasında teste tabi tutulmalıdır.

Dağılan (difüze ve yayılı) güneş ışıma yoğunluğu % 30'dan daha az olduğunda etkisi ihmal edilebilir. Kolektör % 30'dan daha büyük dağılan ışıma yoğunluğu seviyelerinde deneye tabi tutulmamalıdır.

Deney zamanında, kolektör açıklık düzleminde ölçülen yarım küredeki güneş ışınlanma yoğunluğu 700 W/m^2'den daha büyük olmalıdır. İmalatçı, 800 W/m^2'den daha az olmayan, azami ışınlanma yoğunluğuna göre çalışma üzerinde sınırlamalara sahipse bu deneyle talep edilebilir. Azami değer açıkça rapor edilmelidir.

Çizelge 3.1'de verilen şartları sağlayan veri noktaları kolektör çalışma sıcaklığı aralığında eşit aralıklı olarak en az dört akışkan giriş sıcaklığı için elde edilmelidir. Toplam 16 veri noktası vermek için, her bir akışkan giriş sıcaklığı için en az dört bağımsız veri noktası elde edilmelidir. Deney şartları müsaade ederse, her bir akışkan giriş sıcaklığı için gerçek öğlenden önce ve sonra eşit sayıda veri noktası alınmalıdır. Kolektörler otomatik izleme kullanılarak güneşi azimutta ve irtifada takip etmek için hareket ettirildiğinde öğleden sonra gerekmez.

Deneysel parametrelerin hiçbiri ölçme periyodundaki ortalama değerlerinden Çizelge 3.1'de verilen sınırlardan daha fazla sapmadığında, bir kolektörün verilen bir ölçme periyodu için durgun hâl şartlarında çalışmış

olduğu dikkate alınır. Mevcut bir durgun hâli oluşturmak için, 30 saniyelik ardışık periyotlarda alınan her bir parametrenin ortalama değerleri ölçme periyodundaki ortalama değerle karşılaştırılmalıdır.

Sonuçlar çevreleyen hava sıcaklığı ile ortalama sıcaklık arasındaki fark en az 30ºC olduğu zaman gösterilmelidir.

Çizelge 3.1. Ölçme periyodundaki müsaade edilebilen sapma miktarları

Parametre	Ortalama değerde müsaade edilen sapma
(Global) Güneş ışınımı yoğunluğu (G)	± 50 W/m^2
Ortam sıcaklığı (bina dışı) (T_a)	± 1,5 K
Akışkanın kütlesel debisi ($\dot{m}$)	± 1 %
Akışkanın kolektör çıkış sıcaklığı (T_e)	± 0.1 °C
Akışkanın kolektör giriş sıcaklığı (T_{in})	± 0.5 °C

3.3.4. Verimliliğin Hesaplanması

Çekilen gerçek faydalı güç, $\bar{Q}$ aşağıdaki denklemle hesaplanır:

$$\bar{Q} = \dot{m}.c_f.\Delta T \tag{3.1}$$

Ortalama akışkan sıcaklığına karşılık gelen bir özgül ısı (c_f) değeri kullanılmalıdır. Kütlesel debi ($\dot{m}$), hacimsel debi ölçümüyle elde edilirse, debi ölçer içindeki akışkan sıcaklığı için yoğunluk tayin edilerek, kütlesel debi hesaplanır. Giren akış ile çıkan akış arasındaki sıcaklık farkı ΔT ile ifade edilmiştir.

Kolektör brüt alanı (A_G), global güneş ışıması (G), indirgenmiş kolektör verimliliği (η_{hem}) iken, kolektöre gelen güneş enerjisi A_G*G olarak ifade edilebilir. Kolektör verimliliği, çekilen gerçek faydalı gücün dâhil edilmesiyle, $\bar{Q}$ aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\bar{Q} = A_G . G . \eta_{hem} \quad (3.2)$$

Kolektör giriş sıcaklığı (T_{in}), giriş ve çıkış sıcaklıkları farkı (ΔT) iken, ısı aktarma akışkanı sıcaklığı (T_m) kullanıldığında;

$$T_m = T_{in} + \frac{\Delta T}{2} \quad (3.3)$$

Ortam sıcaklığı (T_a), ısı aktarma akışkanının indirgenmiş sıcaklık farkı (T^*_m);

$$T_m^* = \frac{T_m - T_a}{G} \quad (3.4)$$

En küçük kareler metodu kullanılarak, indirgenmiş sıfır kayıplı anlık verimlilik ($\eta_{0,hem}$), aşağıdaki şekilde bir verimlilik eğrisi elde etmek için istatistiksel eğri uydurularak hesaplanmaktadır. Ölçüm sisteminin belirsizliğinden gelen, düzeltme faktörü (a_1 ve a_2) uydurulan verimlilik eğrisine eklendiğinde;

$$\eta_{hem} = \eta_{0,hem} - a_1 \frac{T_m - T_a}{G} - a_2 . G \left(\frac{T_m - T_a}{G}\right)^2 \quad (3.5)$$

Normal olarak, en küçük kareler regresyonuyla ulaşılabilen, bir ikinci-derece eğri kullanılmalıdır. a_2 için çıkan değer negatifse bir ikinci derece uydurma kullanılmamalıdır.

Denklem 3.2 ve denklem 3.5 birbirine eşitlendiğinde, denklem 3.6 elde edilir.

$$\bar{Q} = A_G . G . \left(\eta_{0,hem} - a_1 \frac{T_m - T_a}{G} - a_2 . G \left(\frac{T_m - T_a}{G}\right)^2\right) \quad (3.6)$$

A_G kolektör brüt alanı, G = 1000 W/m^2 kullanılarak kolektör çıkışı modül başına grafiksel fonksiyon olarak ortalama akışkan sıcaklığı ile ortam sıcaklığı arasındaki farka bağlı olarak gösterilir.

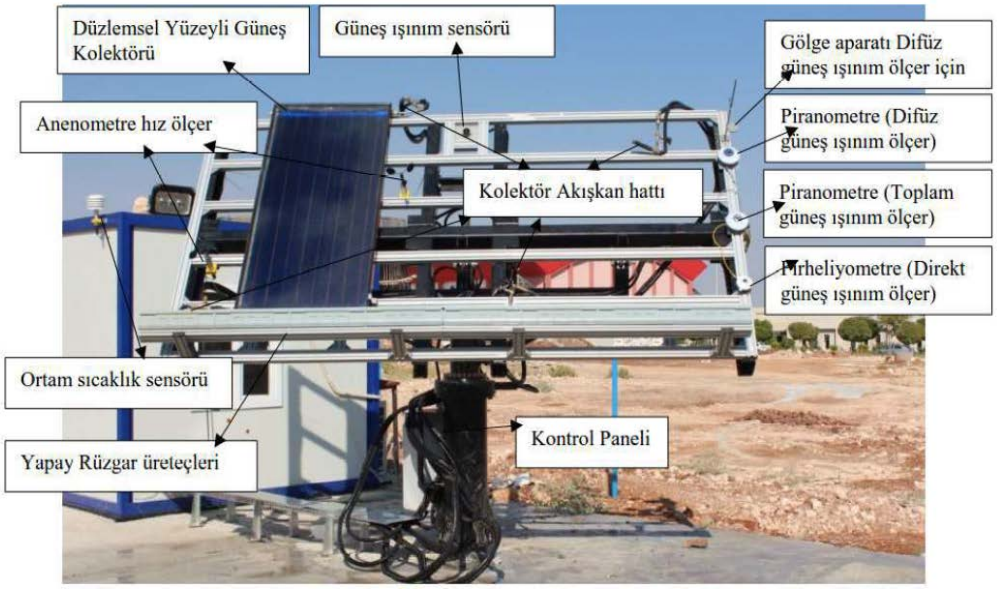
Eşitlik 3.6'daki $\eta_{0,hem}$ çekilir ise, kolektör verimliliği elde edilmiş olur.

3.4. GAP YENEV Merkezinde Oluşturulan Test Altyapısı

Karacadağ Kalkınma Ajansı ve Harran Üniversitesi'nin sağlamış olduğu finansman ile GAP Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Merkezi bünyesinde Güneş Enerjisi Teknolojileri Test ve Sertifikasyon Laboratuvarı kurulmuş, Türkiye Akreditasyon Kurumu (TÜRKAK) tarafından denetlenerek, 17.11.2017 tarihinde akredite edilmiştir. Güneş Enerjisi Teknolojileri Laboratuvarı; TS EN ISO 9806 Standardına uygun bir şekilde Termal Güneş kolektörlerine ait her türlü Mekanik, Isıl ve tüm performans testlerini gerçekleştirebilmektedir. Aynı zamanda TS EN ISO 17025 "Deney ve Kalibrasyon Laboratuvarlarının yeterliliği için genel şartlar" standardını sağlayan laboratuvar Kalite Yönetim Sistemine sahiptir.

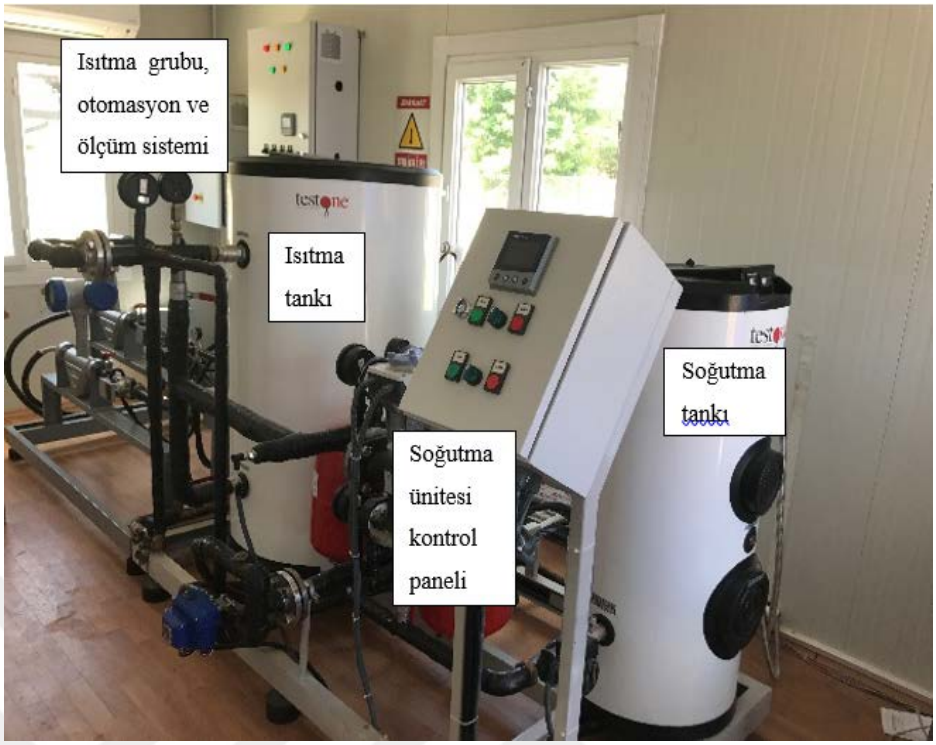
Bu test merkezinde akredite olarak toplamda 14 adet test yapılabilmektedir. Bu tez çalışması kapsamında ısıl performans test düzeneği üzerine, Şekil 3.4'de gösterilen güneşi iki eksende takip eden bir güneş takipçisi sistemi kurulmuştur. Güneş takipçisi üzerine iki adet termal güneş kolektörü bağlanarak aynı anda iki kolektör test edilebilmektedir. Takipçi üzerinde bulunan piranometre ile toplam güneş ışınım miktarı ölçülmektedir. Bunun dışında kullanılan ikinci bir piranometre üzerinde gölgeleme topu kullanılarak, direk güneş ışıması engellenmiş olup, difüz ışımayı ölçmektedir. Direk ışımayı ölçmek amacıyla pirheliyometre kullanılmıştır. Kolektör yüzeyi üzerinden akan hava akımının hızını ölçebilmek amacıyla iki adet anemometre kullanılmıştır. Ortam sıcaklık sensörü ile kolektörü çevreleyen ortam sıcaklığı ölçülmektedir. Yapay rüzgâr üreteçleri, kolektörün test parametreleri için gerekli olan rüzgâr hızının doğal olarak yetersiz kalması durumunda, yapay olarak test koşullarını

sağlamak amacıyla kullanılmıştır. Sistem üzerinde bulunan Kontrol paneli, takipçiyi manuel kontrol edebilmek amacıyla bulunmaktadır. Buda Güneş takibinden ziyade farklı açılarda test yapabilme olanağı sağlamaktadır.



Şekil 3.4 Güneş takip sistemi

TS EN ISO 9806 standardına göre, performans testlerinde sabit sıcaklıkta akış gönderildiğinden dolayı akış tesisatı kapalı bir çevrim olarak çalışmaktadır. Şekil 3.5'de gösterildiği gibi sistem iki kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısım ısıtma tesisatı ve ikinci kısım soğutma tesisatıdır. Boylerde ısıtılan akışkan basınçlı olarak, istenilen sıcaklığa ayarlandıktan sonra akış hattı iki kola ayrılarak, her biri iki ayrı kolektörü beslemektedir. Her bir hat üzerinde sırası ile vana, pompa, debimetre, sıcaklık ve basınç sensörünü takip ederek kolektöre girmekte, kolektörde dolaştıktan sonra dönüş hattı üzerinde sırası ile sıcaklık sensörü, basıç sensörü ve genleşme tankını izleyerek eşanjöre ulaşmaktadır. Isınan akış tekrar kolektöre sabit bir sıcaklıkta gönderilebilmesi için bir eşanjör aracılığıyla ikinci kısımdaki chiller vasıtasıyla soğutulmaktadır. Eşanjörde soğutulan dönüş suyu tekrardan boylere gönderilmektedir. Ayrıca akış tesisatı içerisinde alınan tüm ölçümler, Hioki 8400 markalı 60 kanallı datalogger'a kaydedilmekte ve daha sonra analiz edilmek üzere analiz programına gönderilmektedir.



Şekil 3.5 Deney tesisatı

3.5. Güneş Kolektörlerde Termal Performans Deneyi Talimatı

3.5.1. Camlı kolektörler için bina dışı durgun hal şartları altında

Deney yapılacak kolektörde ısıl boruları kullanılıyorsa TS EN ISO 9806:2013 Güneş Enerjisi-Güneş Kolektörleri- Deney Metotları Bölüm Standardında Madde 11 de yer alan Işımaya Maruz Kalma Deneyi yapıldıktan sonra Isıl Performans Deneyi gerçekleştirilir. Diğer kolektörler için Işımaya Maruz Kalma Deneyi yapılmasına gerek yoktur. Takip sistemli yoğunlaştırıcı güneş kolektörü test edilecekse takip sistemi, cihaz üretici tarafından tarif edildiği şekilde kullanılmalıdır. Ayrıntılı bilgi için "TS EN ISO 9806 Standardına Göre Camsız Kolektörler Bina Dışı Durgun Hal Performans Deneyi Şartları ve Performans Veriminin Hesaplanması Dokümanına" bakılması gerekir.

Performans deneyine başlamadan önce boş kolektör 5 saat için 700 W/m^2'den daha fazla seviyede ışımaya maruz tutulmalıdır. Kolektör gözle muayene edilir. Herhangi bir hasar var ise, rapor yazılımına kaydedilir. Deneye başlamadan önce kolektör açıklığı örtüsü tam olarak temizlenmelidir. Kolektör bileşenleri üzerinde rutubet oluşmuşsa, yalıtım ve kolektör örtüsünü kurutmak için yaklaşık olarak 80 °C'de ki ısı aktarma akışkanı gerekli süre dolaştırılmalıdır. Ön şartlandırma yapılmışsa deney sonuçlarıyla birlikte rapor edilmelidir.

Deney kolektörünün brüt alanı ölçülürken kolektör sıcaklığı 20°C ± 10°C arasında olmalıdır. Deney sırasında kolektör üzerinde dolaştırılacak sıvı su ya da üretici tarafından belirtilmiş bir sıvı olabilir. Eğer su haricinde bir sıvı kullanılacaksa sıvının özgül ısısı, sıvı sıcaklığına bağlı olarak ± 1% mertebesinde bilinmelidir.

Tüm bunlar kontrol edildikten sonra, deney kolektörü ya da kolektörleri takip sistemine bağlanır. Deney kolektörüne esnek termal hortumları bağlanmalıdır. Çıkış esnek termal hortumu üzerinde hava ayırıcı bulunmaktadır. Giriş esnek termal hortumunu üretici tarafından belirtilen kolektör üzerinde akışkan giriş yönünü gösteren akışkan borusuna bağlanmalıdır. Çıkış esnek termal hortumunu, giriş esnek hortumunun bağladığı kanalın çapraz üst tarafına bağlanması gerekmektedir. Genel olarak giriş esnek termal hortum, rüzgâr üreticisinin olduğu kolektörün alt tarafına bağlanmaktadır. Eğer varsa, diğer akış kanallarını kör tıpa ile kapatmak gerekmektedir. Bağlanan esnek termal hortumların izolasyon olmayan yerlerini, hortum üzerinde bulunan ölçüm sensörlerine dikkat ederek dikkatlice izolasyonunun tamamlanması gereklidir.

Takip sistemi üzerinde bulunan piranometreleri temiz tutulması önemlidir. Takip sistemi bilgisayara bağlanmalıdır. Bilgisayar yazılımı üzerinden takip sistemi yazılımını açılarak, takip sistemi otomatik konuma getirilmelidir.

Deneylerde 4 adet giriş sıcaklığı değeri belirlenmelidir;

1. Giriş sıcaklık değeri: Ortam Sıcaklığı ± 3°C, civarında olması gerekmektedir.
2. Giriş sıcaklık değeri: >Ortam Sıcaklık +30°C, seçilmelidir.
3. Giriş sıcaklık değeri: Mümkünse deney kolektörünün maksimum çalışma sıcaklığı seçilmelidir. (Performans Test Sistemi müsaade edilen maksimum giriş sıcaklık değeridir ~ 85 °C)
4. Giriş sıcaklık değeri: İlk 3 değer alındıktan sonra, 2. ve 3. değerlere doğrusal olan bir değer 4. Nokta olarak seçilmelidir. Teste istenilen giriş sıcaklığı değerinden başlanabilir.

Örneğin;

Ortam Sıcaklığı: 25 °C olsun,

1. Giriş Sıcaklığı:25 °C ± 3 °C
2. Giriş Sıcaklığı: 45 °C
3. Giriş Sıcaklığı: 65°C
4. Giriş Sıcaklığı: 85 °C'dir.

Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe, kolektör sıvısı debi miktarı akışkan debisi, kolektör brüt alanının metre karesi başına yaklaşık 0.02 kg/s olarak ayarlanmalıdır. Şekil 3.6'da gösterilen sıcak su ve soğuk su toplama tankının test sıvısı ile dolu olduğundan emin olunmalıdır.



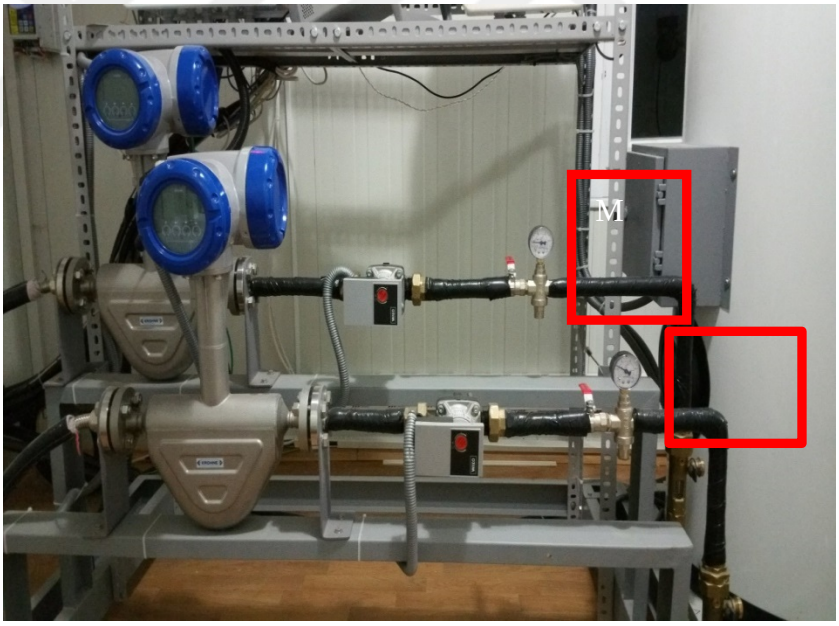
Şekil 3.6. Isıl performans test sistemi iç tesisatı

Şekil 3.7'de su doldurma tankı gösterilmiştir. Şekil 3.8'de ise kolektöre gönderilen akışkanın debisi ayarlanırken kullanılan vana ve ölçüm grubu gösterilmiştir. Şekil 3.8'de kırmızı dikdörtgen ile gösterilen vanalar deney kolektörlerine giden test sıvısı gidiş test şebekelerine aittir. Aynı anda iki adet kolektör test edilebilmektedir. Alt hatta bulunan vana, Takip Sistemi üzerinde bulunan sağ taraftaki test sıvısı gidiş şebekesine aittir (Piranometrenin olduğu taraf). Üst hatta vana, takip sistemi üzerinde bulunan sol taraftaki test sıvısı gidiş şebekesine aittir.

Deneye başlamak için şebeke suyu açılmalı, konteyner dışında bulunan chiller çalıştırılmalı ve kademe 2. konuma getirilmelidir. Şekil 3.7'da gösterilen su doldurma tankını test sıvısı ile doldurulmalıdır. Şekil 3.8'de kırmızı dikdörtgen ile gösterilen vanalardan hangi hattı kullanmak istiyorsa o hattın vanasını açılmalıdır. Eğer her iki hat kullanılmak isteniyorsa iki vananın açılması gerekir. Eğer bir kolektör test edilecekse takip sistemi üzerinde kolektör hangi tarafa bağlanmış ise o tarafa ait olan vanayı açıp, diğeri kapatılmalıdır.



Şekil 3.7. Su doldurma tankı



Şekil 3.8. Debi ayar ve ölçüm grubu

Şekil 3.9'da gösterilen dört yollu vanaya Şekil 3.7'de gösterilen su doldurma tankını bağlanır. Dört yollu vananın ortasında bulunana büyük vanayı kapatılır. Su doldurma tankına bağlanan küçük vanaları açılarak, tankı en az 20 dakika boyunca çalıştırılıp, sistemde bir kaçak olup olmadığını kontrol ediniz. Sistemde bir kaçak yoksa dört yollu vananın su doldurma tankına giden dönüş

vanasını kapatarak, Şekil 3.8'de kırmızı dikdörtgen ile gösterilen manometrelerde basınç 2 bara gelinceye kadar beklenilmelidir. Basınç 2 bara geldikten sonra doldurma tankından dört yollu vanaya giden gidiş vanasını ve su doldurma tankını kapatılarak, dört yollu vanadaki ana vanayı açılmalıdır. Devamında ise kolektörü besleyen hatlardan, hangi hat kullanılacaksa o hattın vanası açılmalıdır.

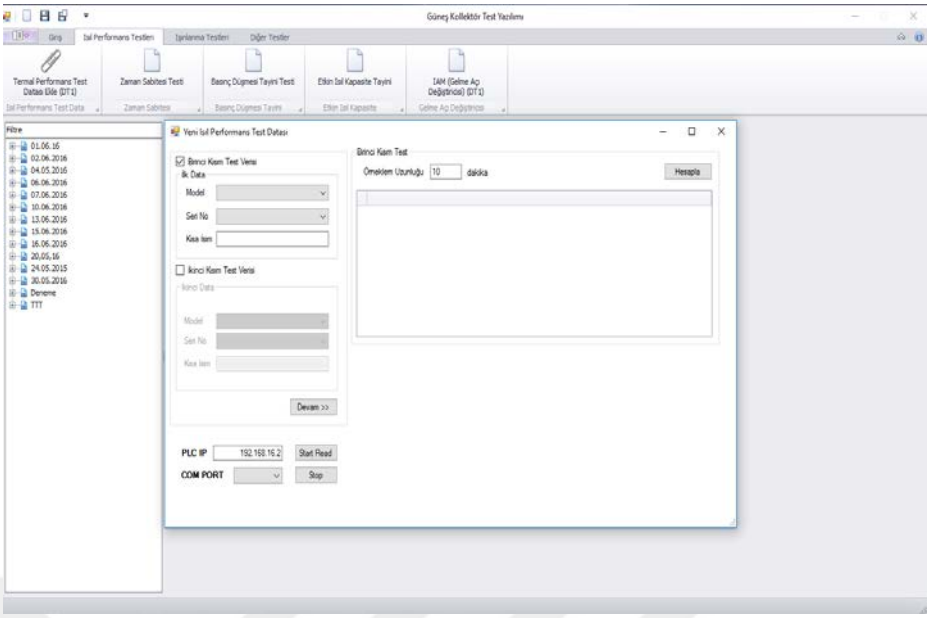


Şekil 3.9. Dört yollu vana

Eğer bir kolektör test edilecekse Şekil 3.8'deki debi ayar pompalarından, kolektörün bağlandığı şebekede ki debi ayar pompası çalıştırılır. Debi ayar pompasının sıvı geçmediği zaman çalıştırılmaması tavsiye olunur.

Tüm bu aşamalar tamamlandıktan sonra, yazılımsal verileri girmek, otomatik kontrol mekanizmasını devreye almak ve ölçümleri başlatabilmek için, sisteme enerji verilebilir.

Güneş kolektör test yazılımını çalıştırıp, ısıl performans testleri sekmesinin altından termal performans test datası ekle simgesini tıklanmalıdır (bknz. Şekil 3.10). Böylece yazılım içerisinde yeni bir proje klasörü açılmış olur.



Şekil 3.10. Yeni ısıl performans test ekranı

Test ekranının altında ki PLC IP ve Com Port bölümünde ‘Start Read’ ile ekranın altında açılan pencerede ısıtıcı giriş sıcaklığını otomatik ya da Şekil 3.11’de görünen Jumo Dtron kontrol ünitesinden aşağı yukarı ok tuşları ile manuel ayarlamak mümkündür. Bu yöntemlerden birisi ile belirlediğiniz herhangi bir giriş sıcaklığı değeri ayarlanır. Aynı ekran üzerinden;

- Hat 1 debimetre aç-kapa, debi ayarı,
- Hat 2 debimetre aç-kapa, debi ayarı,
- Hat 1 yapay rüzgâr üreteci aç-kapa, hız ayarı,
- Hat 2 yapay rüzgâr üreteci aç-kapa, hız ayarı yapılabilmektedir.

Bu ekran üzerinden TS EN ISO 9806’ya uygun bir şekilde belirlenen debi değerini ayarlayınız. Belirlenen sıcaklık değerinin ~3 °C altını Şekil 3.12’de görünen Jumo Dtron soğuk kontrol ünitesi üzerinden aşağı yukarı ok tuşları ile manuel ayarlanır.



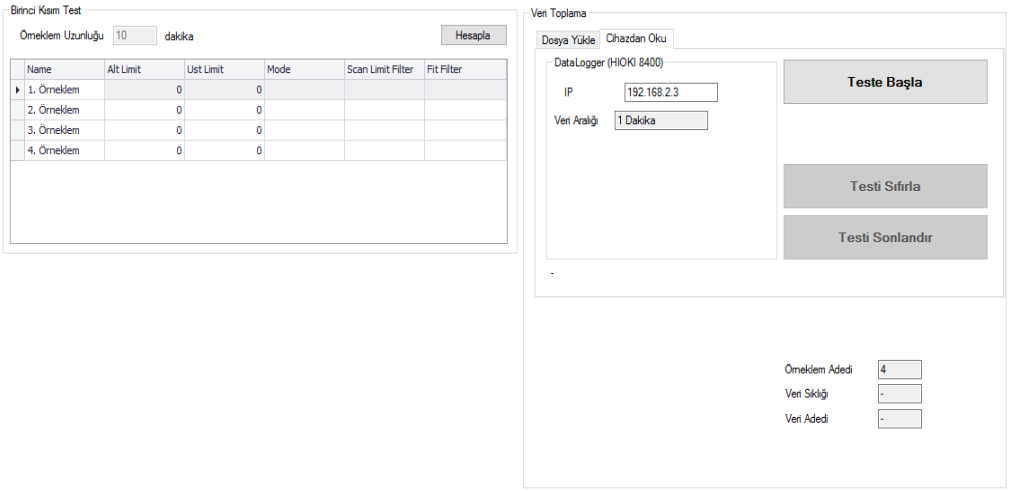
Şekil 3.11. Sıcak su kontrol ünitesi



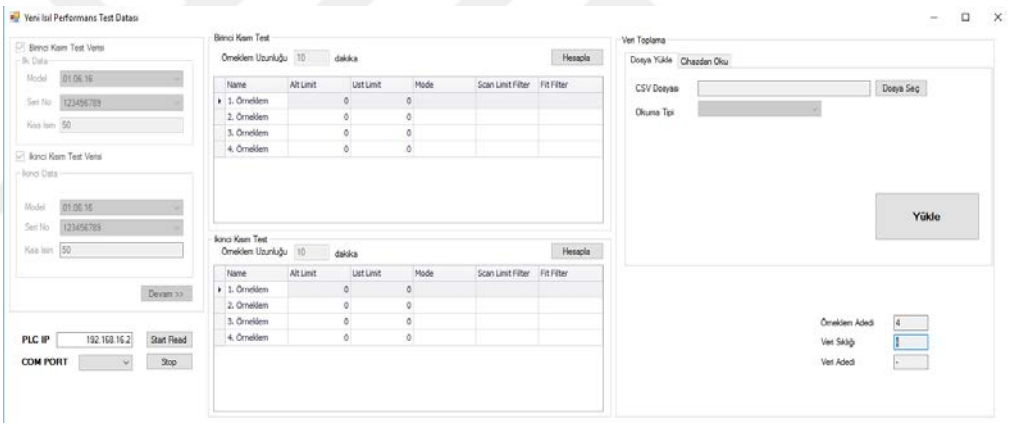
Şekil 3.12. Soğuk su kontrol sistemi

Test yazılımı üzerinde kolektörün Model, Seri No ve ‘kısa isim’ ile hangi derecede test yapılacaksa o değer girilir. Ardından ‘devam’ butonuna tıklayarak,

açılan ekranda ‘Veri Toplama’ bölümünde Datalogger’ın Ip adresinden emin olup, ‘Teste Başla’ butonunu tıklanır.



Şekil 3.13. Isıl performans teste başlama ekranı



Şekil 3.14. Isıl performans teste başlama ekranı

İstenen kolektör hattına su göndermek için kontrol ekranından hat 1 ya da hat 2 debi ayar pompasını açıp, debi miktarını ayarlanmalıdır.

Test periyodu sırasında rüzgâr hızının ortalaması 3 m/s ±1 m/s olması gerekmektedir. Çevresel rüzgâr hızı istenilen seviyelerde değilse yapay rüzgâr üretmek için test yazılımı üzerinde kullanılacak hat üzerinde ki rüzgâr fanlarını çalıştırarak; rüzgâr hızını, kontrol ekranından ayarlamalıyız. Deney kolektörünün stabil hale gelmesi için en az 10 dakika beklemek gereklidir. En az 10 dakika bekledikten sonra deneye başlanır. Birinci kısım test ya da ikinci

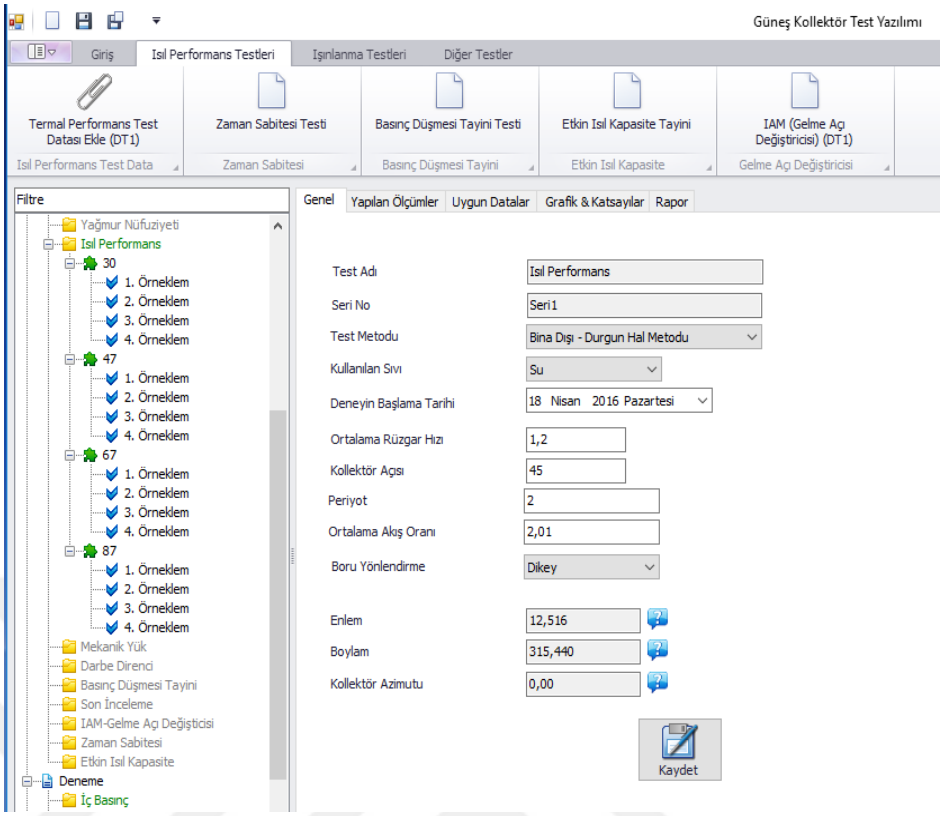
kısım test ekranında (kolektörün bağlı olduğu hatta göre seçilmeli) 'Hesapla' butonunu tıklayarak, ölçüm işlemlerinin kayıt alması başlatılır.

TS EN ISO 9806 standardında "Camlı Kolektörler Bina Dışı Durgun Hal Performans Deneyi Şartları ve Performans Veriminin Hesaplanması Dokümanında" belirtiği üzere bir test sıcaklığı bölümünde 10 dakika boyunca dört farklı deney yapılmalıdır. Bir deney periyodu süresince TS EN ISO 9806 standardında belirtildiği üzere, aşağıdaki Çizelge 3.1'de belirtilen şartların sağlanması gerekmektedir. Bu şartlar en az 10 dakika boyunca sağlandığı takdirde bir test periyodunda test tamamlanmış olur.

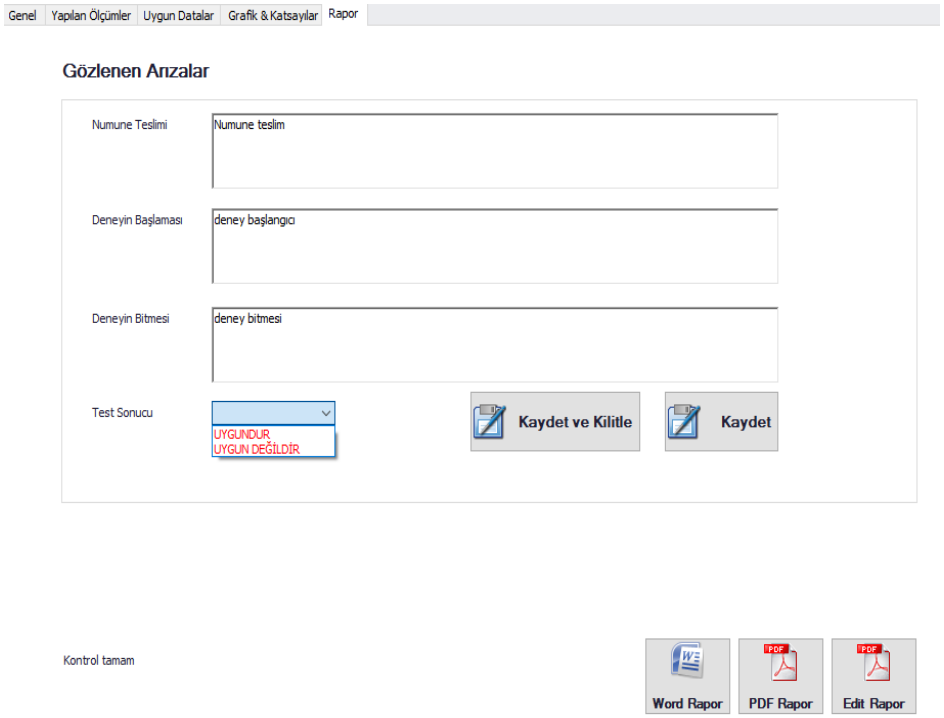
Gerekli şartlar sağlandıktan sonra diğer sıcaklıklardaki deneyleri yapmak mümkündür. Belirlenen sıcaklık değerlerinde deneyler yapıldıktan sonra deney sonlandırılır.

Şekil 3.15'de 4 farklı sıcaklık değerinde 10'ar dakikadan 4 test yapılmış bir kolektöre ait sonuç ekranı görülmektedir. Şekil 3.16'da ısıl performans deneyi rapor ekranı görülmektedir.

Aynı sayfa üzerinde rapor sekmesinden bu sayfadan raporlama, test sonucunun uygunluk tayini ve kaydetme işlemleri yapılmaktadır (bknz. Şekil 3.16).



Şekil 3.15. Isıl performans sonuç ekranı



Şekil 3.16. Isıl performans sonuç tayini ekranı

Deneyi sonlandırmak için sırası ile aşağıdaki işlemlerin yapılması gerekir.

- DataLogger programını kapatınız,
- Isıtıcıyı kapatınız,
- Pompayı kapatınız,
- Eğer son test yüksek sıcaklıklılarda yapılmışsa sıcak su toplama tankını boşaltıp yeni test sıvısı ile doldurunuz,
- Dört yollu vanada bulunan ana vanayı kapatınız,
- Su doldurma tankına gidiş vanasına bağlı hortumu herhangi bir su tankına ya da herhangi bir su giderine yerleştiriniz,
- Su doldurma tankına bağlı bulunan dört yollu vanadaki küçük vanaları açınız,
- Su doldurma tankını çalıştırınız,
- Su doldurma tankını su tankına ya da gidere bağladığınız hortumdan su gelişi bitene kadar çalıştırınız. Su gelişi bittikten sonra su doldurma tankını kapatınız,
- Sistem havalandırması için dört yollu vanada bulunan vanaları açık bırakınız,
- Takip sistemini yatay konuma getiriniz ve kapatınız,
- Kolektörü devreden çıkartınız.

3.5.2. Camsız Kolektörler İçin Bina Dışı Durgun Hal Şartları Altında

Deney yapılacak kolektörde ısıl boruları kullanılıyorsa TS EN ISO 9806:2013 Güneş Enerjisi-Güneş Kolektörleri- Deney Metotları Bölüm Standardında Madde 11 de yer alan ışımaya maruz kalma deneyi yapıldıktan sonra performans deneyi gerçekleştirilir. Diğer durumlar kolektörler için ışınlanmaya maruz kalma deneyi yapılmasına gerek yoktur.

Takip Sistemli yoğunlaştırıcı güneş kolektörü test edilecekse takip sistemi sağlayan cihaz üretici tarafından tarif edildiği şekilde kullanılmalıdır. Ayrıntılı bilgi için "TS EN ISO 9806 Standardına Göre Camsız Kolektörler Bina Dışı Durgun Hal Performans Deneyi Şartları ve Performans Veriminin Hesaplanması Dokümanına" bakılmalıdır.

Performans deneyine başlamadan önce boş kolektör 5 saat için 700 W/m^2'den daha fazla seviyede ışınlanmaya maruz tutulmalıdır. Ve kolektör gözle muayene edilmelidir. Kolektörde herhangi bir hasar tespit edilir ise rapor formatına not edilmesi gerekir. Deneye başlamadan önce kolektör açıklığı örtüsü tam olarak temizlenmelidir. Kolektör bileşenleri üzerinde rutubet oluşmuşsa, yalıtım ve kolektör örtüsünü kurutmak için yaklaşık olarak 80 °C'deki ısı aktarma akışkanı gerekli süre dolaştırılmalıdır ve oluşan rutubet bertaraf edilmelidir. Ön şartlandırma yapılmışsa deney sonuçlarıyla birlikte rapor edilmesi gerekir.

Deney kolektörü brüt alanı ölçülürken kolektör sıcaklığı 20°C ± 10°C arasında olmalıdır. Deney sırasında kolektör üzerinde dolaştırılacak sıvı su ya da üretici tarafından belirtilmiş bir sıvı olabilir. Eğer su haricinde bir sıvı kullanılacaksa sıvının özgül ısısı, sıvının sıcaklığına bağlı olarak ± 1% mertebesinde bilinmelidir.

Deney kolektörünü ya da kolektörlerini takip sistemine bağlanması gerekmektedir. Deney Kolektörüne esnek termal hortumları sızdırma olmayacak şekilde bağlanması gerekir. Çıkış esnek termal hortumu üzerinde hava ayırıcı bulunmaktadır. Giriş Esnek termal hortumunu üretici tarafından belirtilen kolektör üzerinde akışkan giriş yönünü gösteren akışkan borusuna bağlanır. Çıkış esnek termal hortumunu, giriş esnek hortumu bağlanılan kanalın çapraz üst tarafına bağlanması gerekmektedir. Genel olarak giriş esnek termal hortum, rüzgâr üreticisinin olduğu kolektörün alt tarafına bağlanmaktadır. Eğer varsa, diğer akış kanallarını kör tapa ile kapatmak gerekir. Bağlanan esnek termal hortumların izolasyon olmayan yerlerini, hortum üzerinde bulunan ölçüm

sensörlerine dikkat ederek dikkatlice izolasyonunun yapılması gerekir. Eğer istenirse sonradan bağlantı hatlarına müdahale etmemek için kontrol amaçlı kolektör içerisinde akışkan dolaştırılarak sızıntı veya kaçağın mevcut olup olmadığını tespit etmek ve gerekli tedbirleri almak yapılacak deneyi kolaylaştıracaktır. Aynı zamanda deney süresinde fayda sağlayacaktır.

Takip sistemi üzerinde bulunan piranometreleri temiz bir bezle silinerek temizlenmelidir. Takip sistemini bilgisayara bağlayarak, bilgisayar yazılımı üzerinden takip sistemi yazılımını açınıp, takip sistemini otomatik konuma getirilmesi gereklidir.

"TS EN ISO 9806 Standardına Göre Camsız Kolektörler Bina Dışı Durgun Hal Performans Deneyi Şartları ve Performans Veriminin Hesaplanması Dokümanında Çizelge 3.2'de" belirtildiği gibi 9 adet giriş sıcaklığı değeri belirlenmesi gerekmektedir. (Teste istenilen giriş sıcaklığı değerinden başlanabilir.)

Çizelge 3.2. Camsız kolektörlerin performans deneyi için seçilmesi gereken sıcaklıklar

Deney Numarası	**Net Işıma (W/m^2)**	**Ortalama Sıcaklık (°C)**	**Kolektöre Paralel Hava Hızı (m/s)**
1	>650	$T_m = T_a \pm 3°C$	<1
2	>650	$T_m = T_a \pm 3°C$	1.5±0.5
3	>650	$T_m = T_a \pm 3°C$	3±0.5
4	>650	$T_m = T_a \pm 0.5\ (\Delta Tmax) \pm 3°C$	<1
5	>650	$T_m = T_a \pm 0.5\ (\Delta Tmax) \pm 3°C$	1.5±0.5
6	>650	$T_m = T_a \pm 0.5\ (\Delta Tmax) \pm 3°C$	3±0.5
7	>650	$T_m = T_a \pm \Delta Tmax \pm 3°C$	<1
8	>650	$T_m = T_a \pm \Delta Tmax \pm 3°C$	1.5±0.5
9	>650	$T_m = T_a \pm \Delta Tmax \pm 3°C$	3±0.5

Üretici tarafından aksi belirtilmedikçe, kolektör sıvısı debi miktarı, kolektör brüt alanının metre karesi başına yaklaşık 0.02 kg/s olarak

ayarlanmalıdır. Şekil 3.5'de gösterilen sıcak su ve soğuk su toplama tankının test sıvısı ile dolu olduğundan emin olunmalıdır. Eğer toplama tankları test sıvısı ile dolu değilse, test sıvısı ile doldurulmalıdır.

Şekil 3.8'de kırmızı dikdörtgen ile gösterilen vanalar deney kolektörlerine giden test sıvısı gidiş şebekelerine aittir. Aynı anda iki adet kolektörü test edebilmek mümkündür. Alt hatta bulunan vana, takip sistemi üzerinde bulunan sağ taraftaki test sıvısı gidiş şebekesine aittir. Üst hattaki vana, takip sistemi üzerinde bulunan sol taraftaki test sıvısı gidiş şebekesine aittir.

Tüm bunlar yapıldıktan sonra, şebeke suyunu açılmalıdır. Konteyner dışında bulunan chilleri çalıştırılarak, kademesini 2. konumuna getirilmelidir. Şekil 3.8'de kırmızı dikdörtgen ile gösterilen vanalardan hangi hat kullanılmak isteniyorsa o hattın vanası açılmalıdır. Eğer her iki hatta kullanılmak isteniyorsa iki vanayı da açmak gerekir. Eğer bir kolektör test edilecekse takip sistemi üzerinde kolektör hangi tarafa bağlanmış ise o tarafa ait olan vana açılmalıdır ve diğerinin kapalı tutulması gerekir.

Şekil 3.9'da gösterilen dört yollu vanaya Şekil 3.7'de gösterilen su doldurma tankını bağlayınız. Dört yollu vananın ortasında bulunana büyük vanayı kapatarak boylerden kolektöre giden akış hattı kesilmelidir. Su doldurma tankına bağlanan küçük vanaları açılarak akış hattının beslemesi dışarıdan yapılmalıdır. Su doldurma tankı en az 20 dakika boyunca çalıştırılarak, sistemde bir kaçak olup olmadığını kontrol edilmelidir.

Sistemde bir kaçak yoksa dört yollu vananın su doldurma tankına giden dönüş vanası kapatılarak, Şekil 3.8'de kırmızı dikdörtgen ile gösterilen manometrelerde basınç 2 bara gelinceye kadar besleme yapılmalıdır. Basınç 2 bara geldikten sonra doldurma tankından dört yollu vanaya giden gidiş vanasını ve su doldurma tankı kapatılır. Bu işlemden sonra dört yollu vanadaki ana vanayı açarak akış hattı tekrardan aktive edilmelidir. Hangi hat kullanılacaksa o hattın vanasını açmak gerekir. Eğer bir kolektör test edilecekse Şekil 3.8'deki debi ayar

pompalarından, kolektörün bağlandığı şebekede ki debi ayar pompasını çalıştırılmalıdır. Debi ayar pompasının sıvı geçmediği zaman çalıştırılmaması tavsiye edilir. Akış sistemi çalıştırılarak, bilgisayar yazılımındaki otomasyonla, deney tesisatı kumanda edilebilmektedir.

Güneş kolektör test yazılımını çalıştırılarak, ısıl performans testleri sekmesinin altından termal performans test datası ekle simgesini aktive edilir. (bknz. Şekil 3.10) Test ekranın altında ki PLC IP ve Com Port bölümünde 'Start Read' ile ekranın altında açılan pencerede ısıtıcı giriş sıcaklığını otomatik ya da Şekil 3.11'de görünen Jumo Dtron kontrol ünitesinden aşağı yukarı ok tuşları ile manuel ayarlamak mümkündür. TS EN ISO 9806'ya göre belirlenen herhangi bir giriş sıcaklığı değerini bu yöntemle ayarlamak mümkündür. Aynı ekran üzerinden;

- Hat 1 debimetre aç-kapa, debi ayarı,
- Hat 2 debimetre aç-kapa, debi ayarı,
- Hat 1 yapay rüzgâr üreteci aç-kapa, hız ayarı,
- Hat 2 yapay rüzgâr üreteci aç-kapa, hız ayarı, yapılabilmektedir.

Bu ekran üzerinden TS EN ISO 9806'ya göre belirlenen debi değerini ayarlanır. Belirlenen sıcaklık değerinin ~3 °C altını Şekil 3.12'de görünen Jumo Dtron soğuk su kontrol ünitesi üzerinden aşağı yukarı ok tuşları ile manuel ayarlama yapılmalıdır.

Test yazılımı üzerinde kolektörün Model, Seri No ve 'kısa isim' ile hangi derecede test yapılacaksa o değer girilir. Ardından 'devam' butonuna basılır. Açılan ekranda 'Veri Toplama' bölümünde Datalogger'ın Ip adresinden emin olarak, 'Teste Başla' butonunu tıklanmalıdır. İstenen kolektör hattına su göndermek için kontrol ekranından hat 1 ya da hat 2 debi ayar pompasını açıp, debi miktarı ayarlanmalıdır.

Test periyodu sırasında rüzgâr hızının ortalaması 3 m/s ±1 m/s olması gerekmektedir. Çevresel rüzgâr hızı istenilen seviyelerde değilse yapay rüzgâr

üretmek için test yazılımı üzerinde kullanılacak hat üzerinde ki rüzgâr fanlarını çalıştırılmalıdır. Rüzgâr hızı, kontrol ekranından ayarlanması gerekir.

Test edilen kolektörün stabil hale gelmesi için en az 10 dakika bekledikten sonra deneye başlanması gerekir. Birinci kısım test ya da ikinci kısım test ekranında (kolektörün bağlı olduğu hatta göre seçilmeli) 'Hesapla' butonunu tıklanarak, DataLogger aktive edilir, böylelikle ölçülen değerler toplanmaya başlanır.

Bir deney periyodu süresince TS EN ISO 9806 Standardına göre Çizelge 3.1'de belirtilen şartların sağlanması gerekmektedir. Bu şartlar en az 10 dakika boyunca sağlandığı takdirde bir test periyodunda test tamamlanmış olur.

Gerekli şartlar sağlandıktan sonra, diğer test noktasına geçerek farklı bir sıcaklık değerinde deneyleri yapmak mümkündür. Belirlenen sıcaklık değerlerinde deneyler yapıldıktan sonra deneyi sonlandırarak, Şekil 3.15'de 4 farklı sıcaklık değerinde 10'ar dakikadan 4 test yapılmış bir kolektöre ait sonuç ekranı görülmektedir. Aynı sayfa üzerinde rapor sekmesinden, raporlama, test sonucunun uygunluk tayini ve kaydetme işlemleri yapılmaktadır (bknz. Şekil 3.16). Deneyi sonlandırmak için aşağıdaki işlemler sırası ile yapılması gerekir.

- DataLogger programını kapatınız,
- Isıtıcıyı kapatınız,
- Pompayı kapatınız,
- Eğer son test yüksek sıcaklıklılarda yapılmışsa sıcak su toplama tankını boşaltıp yeni test sıvısı ile doldurunuz,
- Dört yollu vanada bulunan ana vanayı kapatınız,
- Su doldurma tankına gidiş vanasına bağlı hortumu herhangi bir su tankına ya da herhangi bir su giderine yerleştiriniz,
- Su doldurma tankına bağlı bulunan dört yollu vanadaki küçük vanaları açınız,
- Su doldurma tankını çalıştırınız,

- Su doldurma tankını su tankına ya da gidere bağladığınız hortumdan su gelişi bitene kadar çalıştırınız. Su gelişi bittikten sonra su doldurma tankını kapatınız,
- Sistem havalandırması için dört yollu vanada bulunan vanaları açık bırakınız,
- Takip sistemini yatay konuma getiriniz ve kapatınız,
- Kolektörü devreden çıkartınız.

3.6. Deneylerde Kullanılan Kolektörler ve Özellikleri

Bu tez çalışmasında üç farklı kolektörün ısıl performans testleri gerçekleştirilecektir. Burada incelenen kolektörler sırasıyla aşağıda açıklanacaktır.

3.6.1. Düzlemsel yüzeyli güneş kolektörü ve özellikleri

Bu bölümde TS EN ISO 9806 standardına uygun bir şekilde ısıl performans testine tabi tutulan, düzlemsel yüzeyli termal güneş kolektörüne ait bilgiler Çizelge 3.3'de belirtilmiştir. Seçilen kolektör, Türkiye de imal edilen, yaygın olarak kullanılan ve kolayca temin edilebilen bir üründür. Bu kolektörün gücü 2 kW_t'dir.

GAP YENEV Merkezinin, Isıl Güneş Enerjisi Teknolojileri Laboratuvarında bulunan, ısıl performans test düzeneği alt yapısı kullanılarak düzlemsel yüzeyli termal güneş kolektörü, standart gereği 4 farklı sıcaklık değerinde deneye tabi tutulmuştur. Kolektör, 29°C, 48°C, 67°C ve 86°C giriş sıcaklıklarında, yaklaşık 30°C'lik çevre sıcaklığında, 2.7 l/dk'lık giriş debisinde ve 2 bar'lık çalışma basıncında, ortalama 1100 W/m^2'lik bir global ışıma altında, ortalama 2 m/s'lik rüzgar hızının hakim olduğu gerçek çalışma koşulları altında, güneş takipçisi üzerine monte edilerek, deney gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.3. Düzlemsel yüzeyli güneş kolektörünün teknik özellikleri

Ebatlar (mm)	1988x1218x90
Ağırlık (kg)	44
Toplam Yüzey Alanı (m^2)	2.42
Açıklık Yüzey Alanı (m^2)	2.24
Taşınan Sıvı Hacmi (lt)	1.27
Baş Boru Çapı (mm)	18
Soğurucu Boru Çapı (mm)	8
Sağurucu Boru Adedi (mm)	10
Sıcaklık Dayanımı (°C)	194.5
Maksimum Çalışma Basıncı (bar)	8.6
Debi (lt/h)	120
Soğurma Oranı	%95
Işıma Miktarı	%4
Cam Kalınlığı (mm)	4
Cam Malzemesi	Düşük Demirli Temperli Cam
Kasa Malzemesi	Elektrostatik Alüminyum Kasa
Soğurucu Malzeme	Alüminyum Selektif Yüzey
Kaynak Türü	Lazer Kaynak
Taban Sacı	Gofrajlı Alüminyum

3.6.2. PV/T güneş kolektörü ve özellikleri

Bu bölümde TS EN ISO 9806 standardına uygun bir şekilde ısıl performans testine tabi tutulan, fotovoltaik/termal (PV/T) güneş kolektörüne ait bilgiler Çizelge 3.4'de belirtilmiştir. Seçilen kolektör, Türkiye de imal edilen, yaygın olarak kullanılan ve kolayca temin edilebilen bir üründür. Burada incelenen kolektör 1 kW_t ve 190 W_e gücündedir.

GAP YENEV Merkezinin, Isıl Güneş Enerjisi Teknolojileri Laboratuvarında bulunan, ısıl performans test düzeneği alt yapısı kullanılarak, PV/T güneş kolektörü, standart gereği 4 farklı sıcaklık değerinde deneye tabi tutulmuştur. Kolektör, 30°C, 48°C, 67°C ve 86°C giriş sıcaklıklarında, yaklaşık 32°C'lik çevre sıcaklığında, 1.6 l/dk'lık giriş debisinde ve 2 bar'lık çalışma

basıncında, ortalama 1000 W/m^2'lik bir global ışıma altında, ortalama 2 m/s'lik rüzgar hızının hakim olduğu gerçek çalışma koşulları altında, güneş takipçisi üzerine monte edilerek, deney gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.4. PV/T kolektörünün teknik özellikleri

Ebatlar (mm)	828x1601x90
Ağırlık (kg)	24.4
Toplam Yüzey Alanı (m^2)	1.37
Açıklık Yüzey Alanı (m^2)	1.36
Taşınan Sıvı Hacmi (l)	1.21
Soğurucu Boru	Bakır
Hücre Yüzeyi (m^2)	1.30
WP Nominal Güç (W)	190
IMP Nominal Akım (A)	5.2
Hücre Ebatları (mm)	125x125
Hücre Sayısı	72
Hücre Paneli	Mono kristal silisyum Modül
Maksimum sıcaklık (°C)	110 °C
Maksimum Çalışma Basıncı (bar)	10
Cam Kalınlığı (mm)	4
Cam Malzemesi	PV Modül Camı
Kasa Malzemesi	Elektrostatik Alüminyum Kasa
Kaynak Türü	Lazer Kaynak

3.6.3. Vakum tüplü güneş kolektörü ve özellikleri

Bu bölümde TS EN ISO 9806 standardına uygun bir şekilde ısıl performans testine tabi tutulan, vakum tüplü güneş kolektörüne ait bilgiler Çizelge 3.5'de açıklanmıştır. Seçilen kolektör, Türkiye de imal edilen, yaygın olarak kullanılan ve kolayca temin edilen bir üründür. İncelenen kolektör 2 kW_t gücündedir.

GAP YENEV Merkezinin, Isıl Güneş Enerjisi Teknolojileri Laboratuvarında bulunan, ısıl performans test düzeneği alt yapısı kullanılarak vakum tüplü güneş kolektörü, standart gereği 4 farklı sıcaklık değerinde deneye

tabi tutulmuştur. Kolektör, 30°C, 48°C, 64°C ve 86°C giriş sıcaklıklarında, yaklaşık 30°C'lik çevre sıcaklığında, 1.6 l/dk'lık giriş debisinde ve 1.1 Bar'lık çalışma basıncında, ortalama 1000 W/m^2'lik bir global ışıma altında, ortalama 2 m/s'lik rüzgar hızının hakim olduğu gerçek çalışma koşulları altında, tracker üzerine monte edilerek, deney gerçekleştirilmiştir.

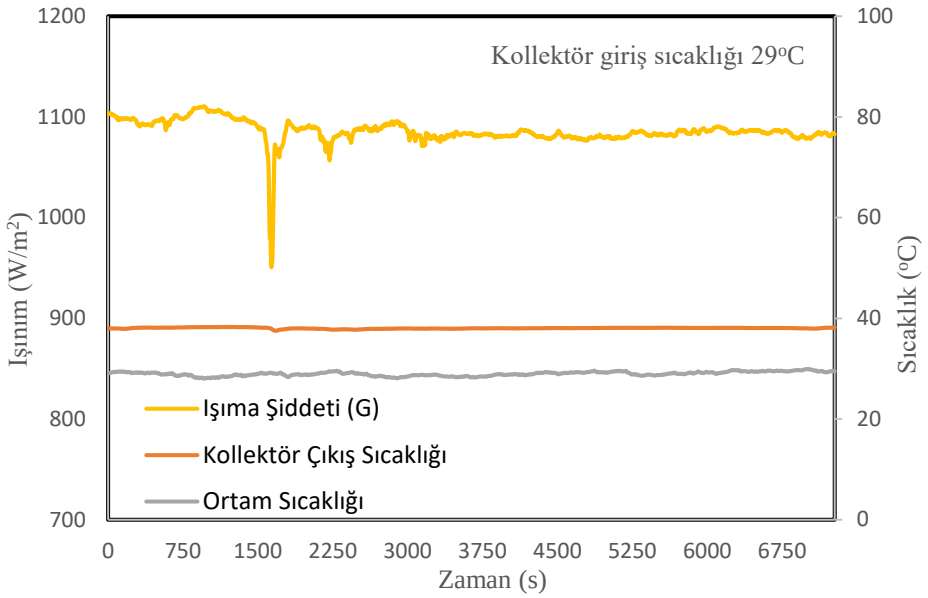
Çizelge 3.5. Vakum tüplü kolektörü teknik özellikleri

Ölçüler (mm)	1150*2000*110
Dış Tüpün Çapı Ø (mm)	58
İç Tüpün Çapı Ø (mm)	47
Camın Kalınlığı (mm)	1.6
Bakır Boru Dış Çapı Ø (mm)	10
Bakır Boru İç Çapı Ø (mm)	9
Bakır Boru Et Kalınlığı (mm)	0.5
Tüpün Boyu (mm)	1800
Çalışma Basıncı (bar)	6
Kolektöre konan sıvı miktarı (lt/adet)	4
Brüt Absorbe Alanı (m^2)	2.3
Net Absorbe Alanı (m^2)	1.8
Kolektörün Net Ağırlığı (kg)	51
Monte edilebilecek tüp sayısı (adet)	24
Cam	Sert borosilikat cam
Absorber oranı	%93
Absorber kaplaması	Bakır silisyum selektif kaplama

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Düzlemsel Yüzeyli Güneş Kolektörünün Isıl Performans Testi Sonuçları

Kolektörün ısıl performansının tespiti için 29°C giriş sıcaklığına göre yapılan test sonuçları Şekil 4.1'de verilmiştir.

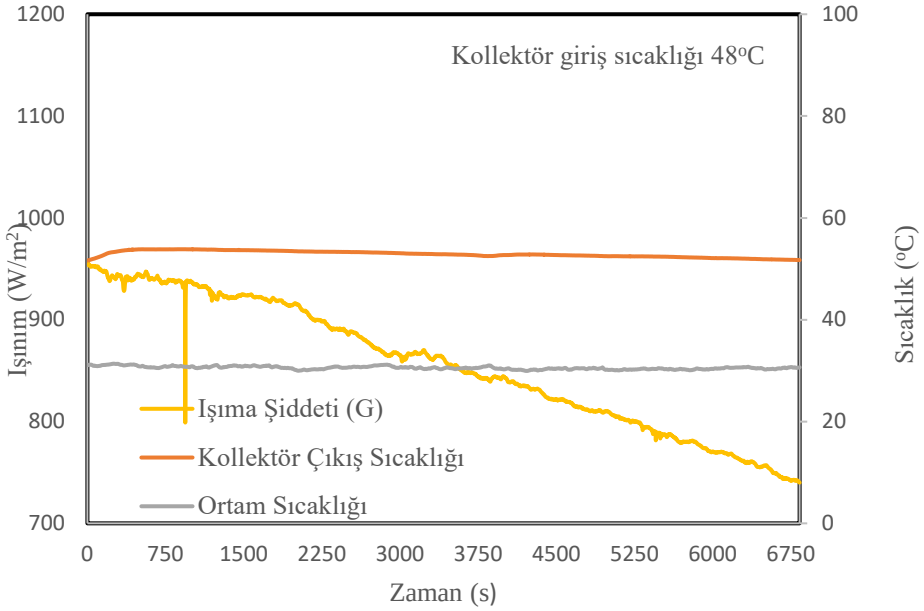


Şekil 4.1. Düzlemsel yüzeyli güneş kolektöründe 30°C giriş sıcaklığı verileri

Şekil 4.1'de gösterildiği üzere; 29°C çevre sıcaklığında, ortalama 1100W/m^2'lik bir global ışınım altında, kolektör giriş sıcaklığı 30°C iken, kolektör çıkış sıcaklığı 39°C olarak ölçülmüştür. Bu deneyde akışkanın sıcaklığında 9°C'lik bir atış olduğu gözlemlenmiştir.

Bu deney yaklaşık olarak 2 saat sürmüştür. Şekil 4.1'de ölçümlerin gerçekleştiği 25.dk'da güneş ışıması şiddetinde yaklaşık olarak 150 W/m^2'lik şiddetli bir düşüş meydana gelmiştir. Deneyin yaklaşık ilk saatinde ışıma şiddetinde çokça dalgalanmalar meydana geldiğinden dolayı alınan değerler, TS EN ISO 9806 standardına göre verim hesaplamaya uygun değildir. Deneyin ikinci saatinde alınan veriler, standarda göre verimlilik hesaplamaya uygun değerlerdir.

Kolektörün ısıl performansının tespiti için 48°C giriş sıcaklığına göre yapılan test sonuçları Şekil 4.2'de verilmiştir.

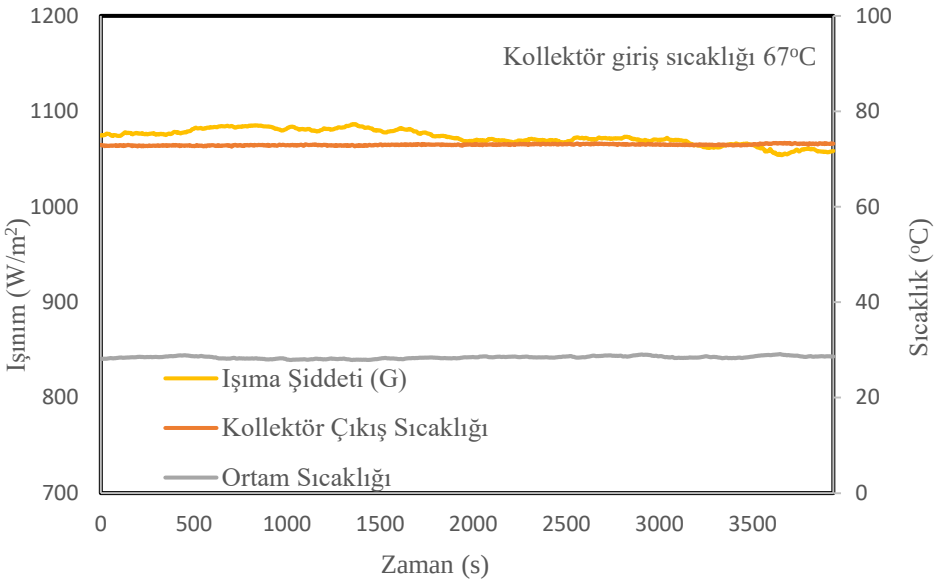


Şekil 4.2. Düzlemsel yüzeyli güneş kolektöründe 48°C giriş sıcaklığı verileri

Şekil 4.2'de gösterildiği üzere; 31°C çevre sıcaklığında, ortalama 850 W/m^2'lik bir global ışınım altında, kolektör giriş sıcaklığı 48°C iken, kolektör çıkış sıcaklığı 55°C olarak ölçülmüştür. Bu deneyde akışkanın sıcaklığında 7°C'lik bir atış olduğu gözlemlenmiştir.

Deney yaklaşık 1 saat 50 dakika sürmüştür. 17.dakikada ışınım şiddetinde 150 W/m^2'lik ani bir düşüş olmuştur. Işıma şiddetinde sürekli bir dalgalanma ve deneyin başından sonuna kadar sürekli bir ışıma düşüşü yaşandığı için deney uzun sürmüştür. Deneyin 50.dakikasında ışıma şiddetinde stabilite sağlanmıştır ve TS EN ISO 9806 standardına göre, bu bölgede alınan veriler, verimlilik hesaplamasında kullanılmaya uygundur.

Kolektörün ısıl performansının tespiti için 67°C giriş sıcaklığına göre yapılan test sonuçları Şekil 4.3'de verilmiştir.

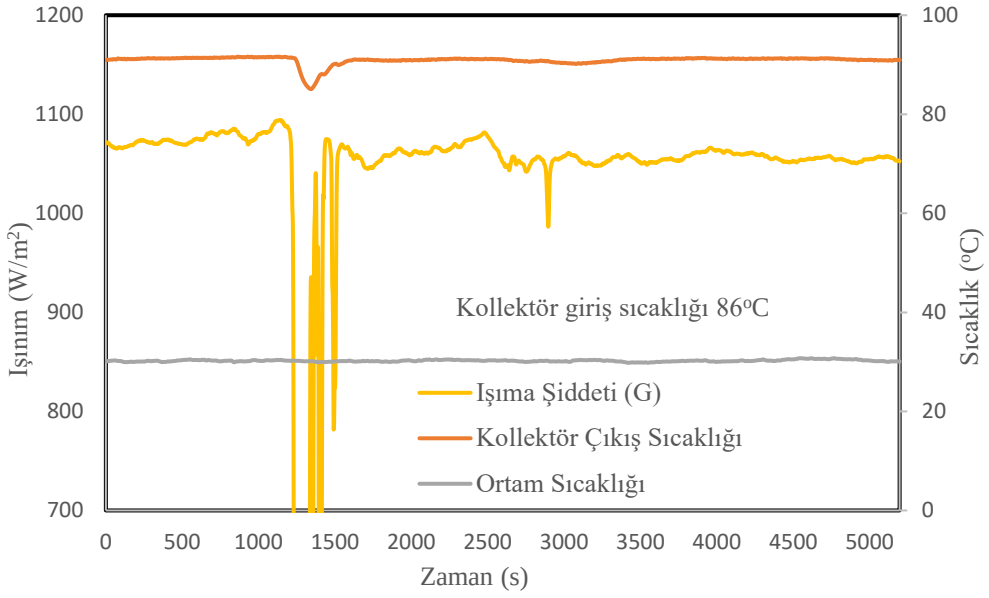


4.3. Düzlemsel yüzeyli güneş kolektöründe 67°C giriş sıcaklığı verileri

Şekil 4.3'de gösterildiği üzere; 28°C çevre sıcaklığında, ortalama 1070 W/m^2'lik bir global ışınım altında, kolektör giriş sıcaklığı 67°C iken, kolektör çıkış sıcaklığı 73°C olarak ölçülmüştür. Bu deneyde akışkanın sıcaklığında 6°C'lik bir atış olduğu gözlemlenmiştir.

Deney yaklaşık olarak 1 saat sürmüştür. Işıma şiddetinde görülen dalgalanmalar 50 W/m^2'lik sınır değerini aşmadığından dolayı, TS EN ISO 9806 standardına göre, verim hesaplamaya uygun birçok veri toplanmıştır.

Kolektörün ısıl performansının tespiti için 86°C giriş sıcaklığına göre yapılan test sonuçları Şekil 4.4'de verilmiştir.

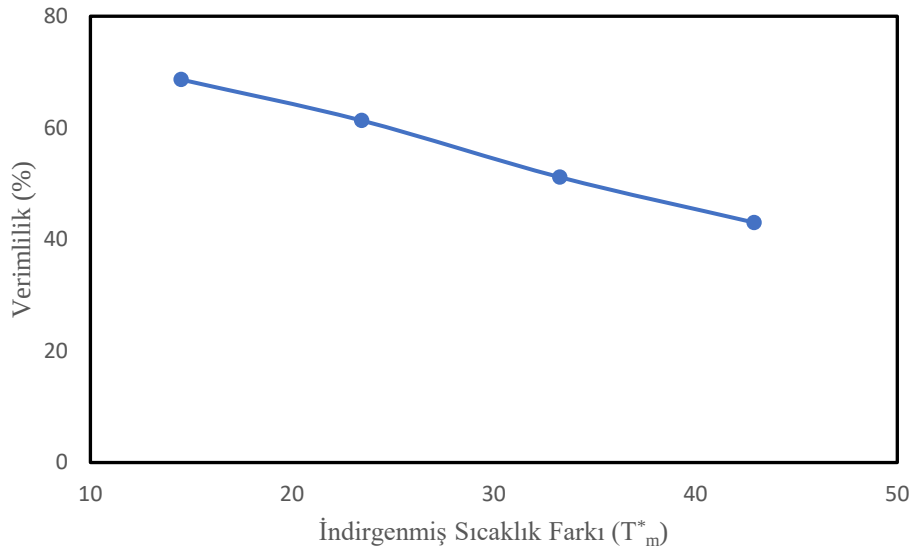


Şekil 4.4. Düzlemsel yüzeyli güneş kolektöründe 86°C giriş sıcaklığı verileri

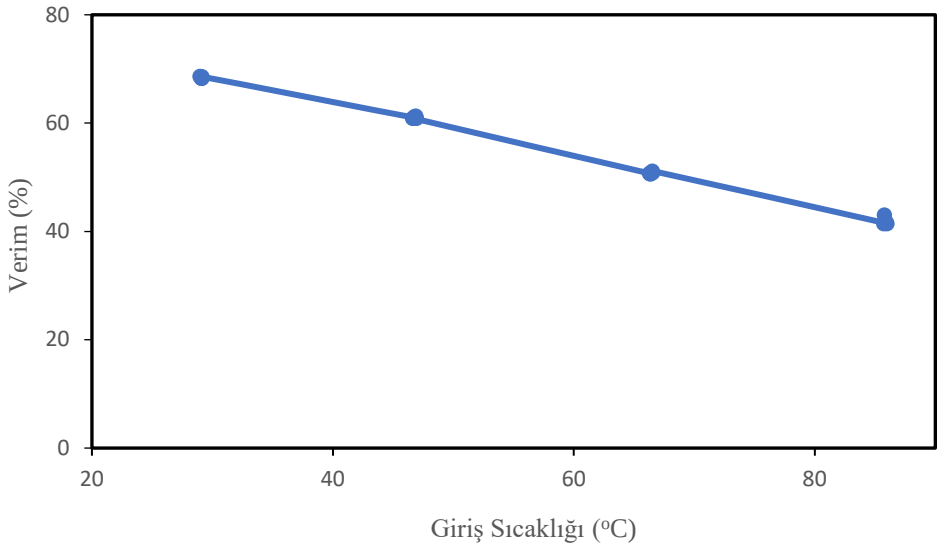
Şekil 4.4'de gösterildiği üzere; 30°C çevre sıcaklığında, ortalama 1070 W/m^2'lik bir global ışınım altında, kolektör giriş sıcaklığı 86°C iken, kolektör çıkış sıcaklığı 90°C olarak ölçülmüştür. Bu deneyde akışkanın sıcaklığında 4°C'lik bir atış olduğu gözlemlenmiştir.

Deney 1 saat 20 dakika sürmüştür. 20.dakika ile 30.dakikalar arasında ışıma şiddetinde 400 W/m^2'den fazla bir düşüş gözlemlenmiştir. 10 dakikalık bu düşüşten dolayı kolektör çıkış sıcaklığında da düşüş görülmüştür. Deneyin ilk 1 saatinde ışıma şiddeti çok dalgalı olduğundan dolayı, TS EN ISO 9806 standardı çerçevesinde verim hesaplamasına uygun değerler ölçümlenmemiştir. Fakat son 20 dakikalık ölçümler uygun verileri sağlamıştır.

Kolektörün indirgenmiş sıcaklık farkına göre ısıl performansını gösteren test sonuçları Şekil 4.5'de, 4 farklı giriş sıcaklığı karşındaki ısıl performans sonuçları Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Düzlemsel yüzeyli güneş kolektöründe indirgenmiş sıcaklık farkına göre verim eğrisi



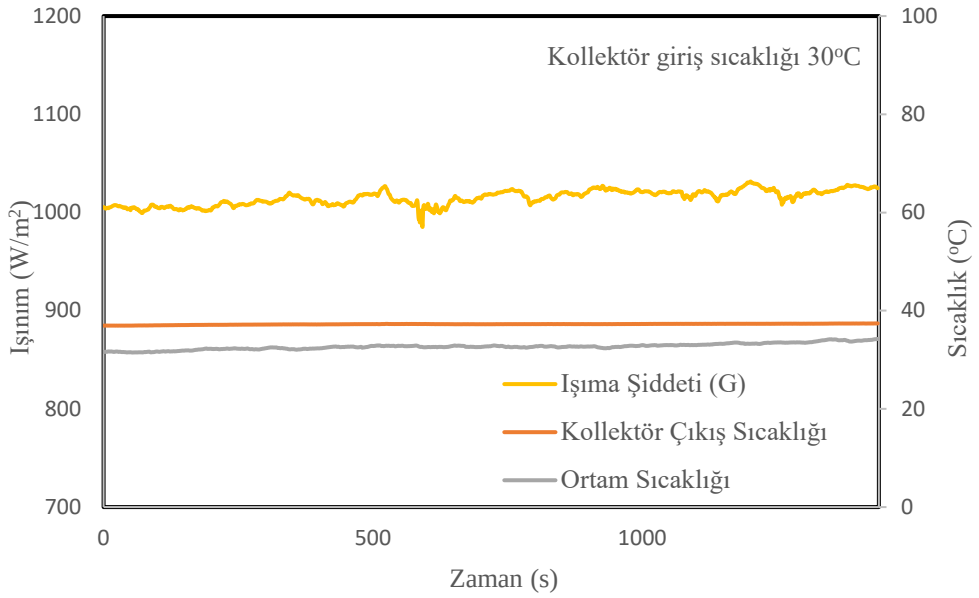
Şekil 4.6. Düzlemsel yüzeyli güneş kolektöründe giriş sıcaklığına göre verim eğrisi

Şekil 4.6'da 4 farklı sıcaklıkta yapılan deney sonuçlarına göre düzlemsel yüzeyli güneş kolektöründe giriş sıcaklığına göre elde edilen kolektör verimi gösterilmiştir. 30°C'lik giriş sıcaklığında ortalama verim %68.46, 48°C'lik giriş sıcaklığında ortalama verim %61.09, 67°C'lik giriş sıcaklığında ortalama verim %50.84 ve 86°C'lik giriş sıcaklığında ortalama verim %41.95 olduğu gözlemlenmiştir. Tüm bu 10 dakikalık ölçüm periyodundaki 4 farklı verim değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak, düzlemsel yüzeyli güneş kolektörünün ortalama verimi %53.84 olduğu tespit edilmiştir.

Bu sonuçlar, kolektör giriş sıcaklığının artması ile verimin düştüğünü göstermektedir. Bunun sebebi olarak, çevre sıcaklığının kolektör çalışma sıcaklığından daha düşük olduğu ve kolektörden çevreye ısı kaybından kaynakladığı düşünülmektedir.

4.2. PV/T Güneş Kolektörünün Isıl Performans Testi Sonuçları

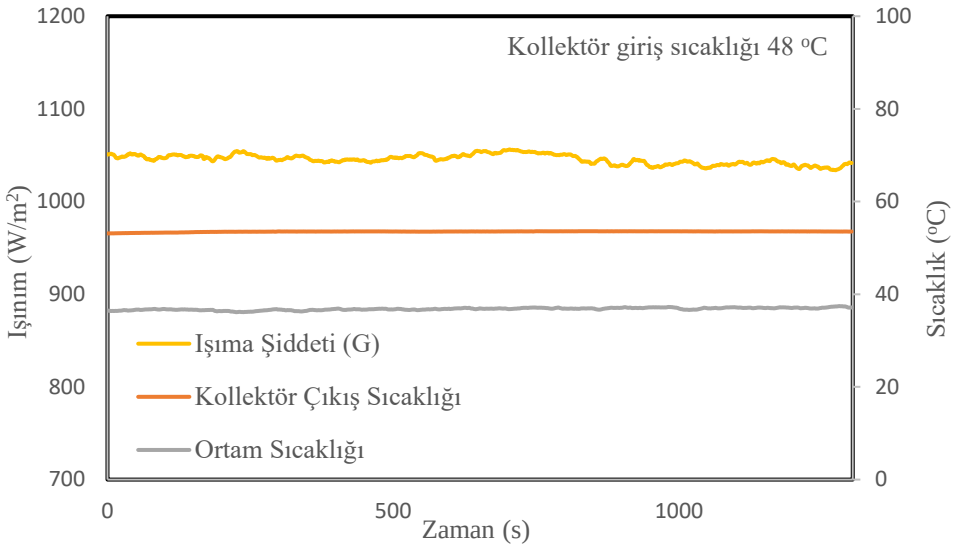
Kolektörün ısıl performansının tespiti için 30°C giriş sıcaklığına göre yapılan test sonuçları Şekil 4.7'de verilmiştir.



Şekil 4.7. PV/T güneş kolektöründe 30°C giriş sıcaklığı verileri

Şekil 4.7'de gösterildiği üzere; 32°C çevre sıcaklığında, ortalama 1000 W/m^2'lik bir global ışınım altında, kolektör giriş sıcaklığı 30°C iken, kolektör çıkış sıcaklığı 36°C olarak ölçülmüştür. Bu deneyde akışkanın sıcaklığında 6°C'lik bir atış olduğu gözlemlenmiştir. Deney 24 dakika sürmüştür. Işıma şiddetinde zaman zaman dalgalanmalar meydana gelse de 50 W/m^2'lik sınır değeri aşmamıştır. Ölçülen veriler TS EN ISO 9806 standardına göre, verim hesaplamak için uygundur.

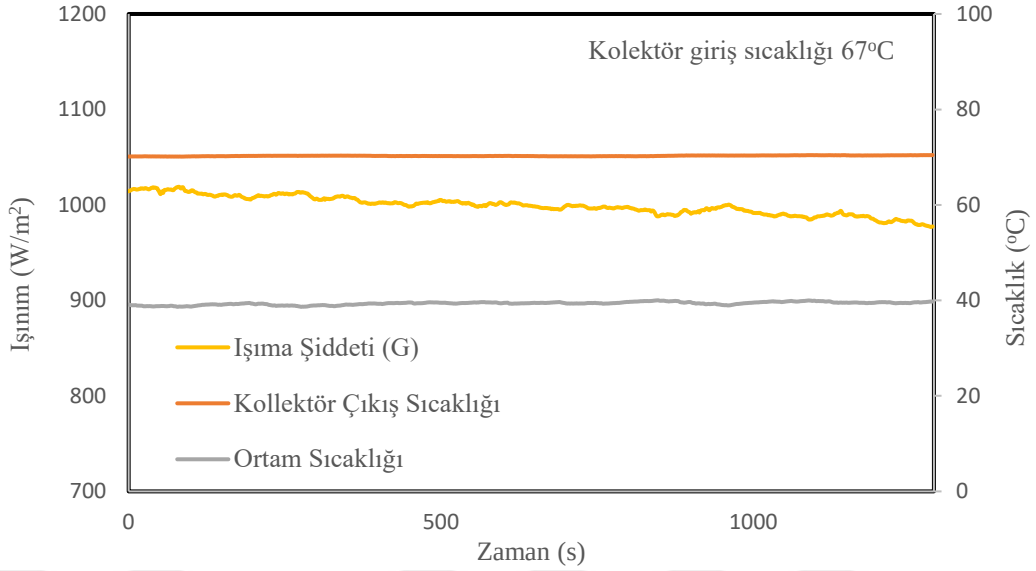
Kolektörün ısıl performansının tespiti için 48°C giriş sıcaklığına göre yapılan test sonuçları Şekil 4.8'de verilmiştir.



Şekil 4.8. PV/T güneş kolektöründe 48°C giriş sıcaklığı verileri

Şekil 4.8'de gösterildiği üzere; 36°C çevre sıcaklığında, ortalama 1050 W/m^2'lik bir global ışınım altında, kolektör giriş sıcaklığı 48°C iken, kolektör çıkış sıcaklığı 53°C olarak ölçülmüştür. Bu deneyde akışkanın sıcaklığında 5°C'lik bir atış olduğu gözlemlenmiştir. Deney 21 dakika sürmüştür. Alınan ölçüm sonuçları TS EN ISO 9806 standardına göre, verim hesaplamaya uygundur.

Kolektörün ısıl performansının tespiti için 67°C giriş sıcaklığına göre yapılan test sonuçları Şekil 4.9'da verilmiştir.

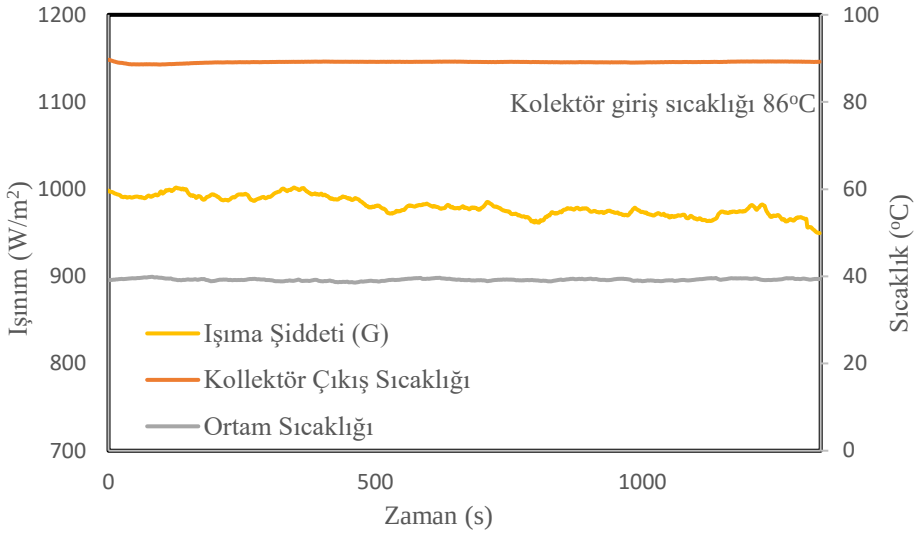


Şekil 4.9. PV/T güneş kolektöründe 67°C giriş sıcaklığı verileri

Şekil 4.9'da gösterildiği üzere; 39°C çevre sıcaklığında, ortalama 1000 W/m^2'lik bir global ışınım altında, kolektör giriş sıcaklığı 67°C iken, kolektör çıkış sıcaklığı 71.3°C olarak ölçülmüştür. Bu deneyde akışkanın sıcaklığında 4.3°C'lik bir atış olduğu gözlemlenmiştir.

Deney yaklaşık olarak 21 dakika sürmüştür. Işıma şiddetinde bir miktar dalgalanma gözlemlense de 50 W/m^2'lik müsaade edilen sapma miktarının içerisinde kalmıştır. Alınan tüm değerler TS EN ISO 9806 standardına göre, verimlilik hesaplamasına uygun değerlerdir.

Kolektörün ısıl performansının tespiti için 86°C giriş sıcaklığına göre yapılan test sonuçları Şekil 4.10'da verilmiştir.

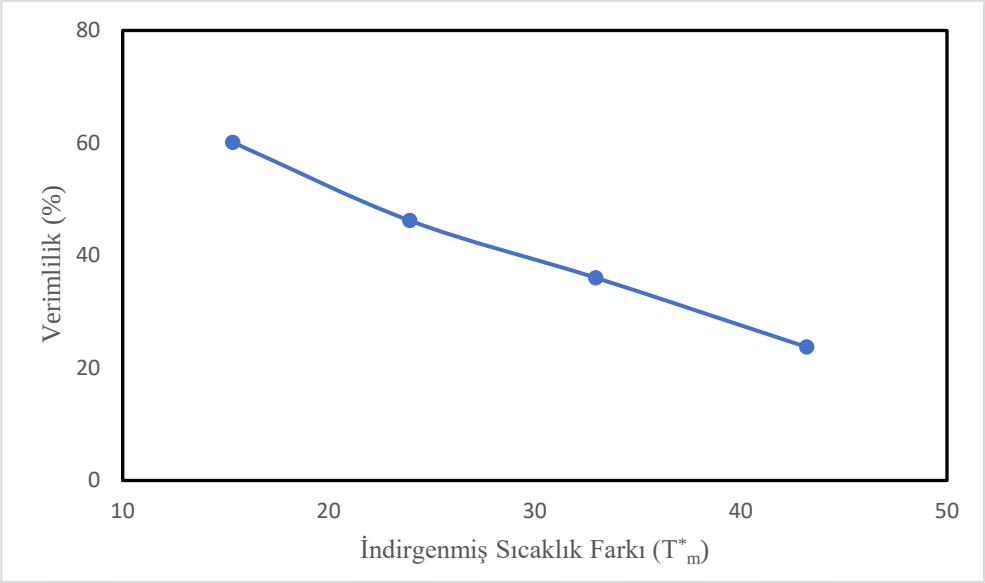


Şekil 4.10. PV/T güneş kolektöründe 86°C giriş sıcaklığı verileri

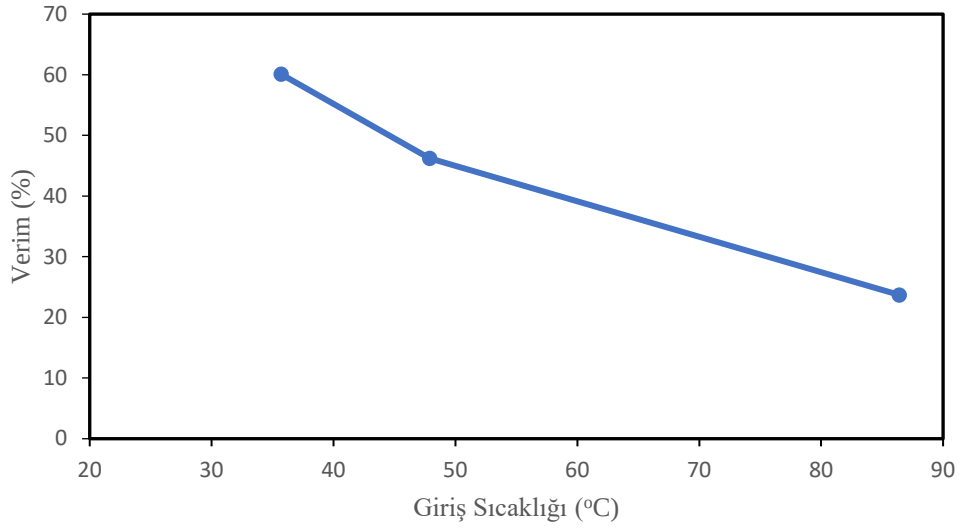
Şekil 4.10'da gösterildiği üzere; 39°C çevre sıcaklığında, ortalama 990 W/m^2'lik bir global ışınım altında, kolektör giriş sıcaklığı 86°C iken, kolektör çıkış sıcaklığı 90°C olarak ölçülmüştür. Bu deneyde akışkanın sıcaklığında 4°C'lik bir atış olduğu gözlemlenmiştir.

Deney yaklaşık olarak 22 dakika sürmüştür. Işıma şiddetinde bir miktar dalgalanma gözlemlense de 50 W/m^2'lik müsaade edilen sapma miktarının içerisinde kalmıştır. Alınan tüm değerler TS EN ISO 9806 standardına göre, verimlilik hesaplamasına uygun değerlerdir.

Kolektörün indirgenmiş sıcaklık farkına göre ısıl performansını gösteren test sonuçları Şekil 4.11'de, 4 farklı giriş sıcaklığı karşındaki ısıl performans sonuçları Şekil 4.12'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. PV/T güneş kolektöründe indirgenmiş sıcaklık farkına göre verim eğrisi



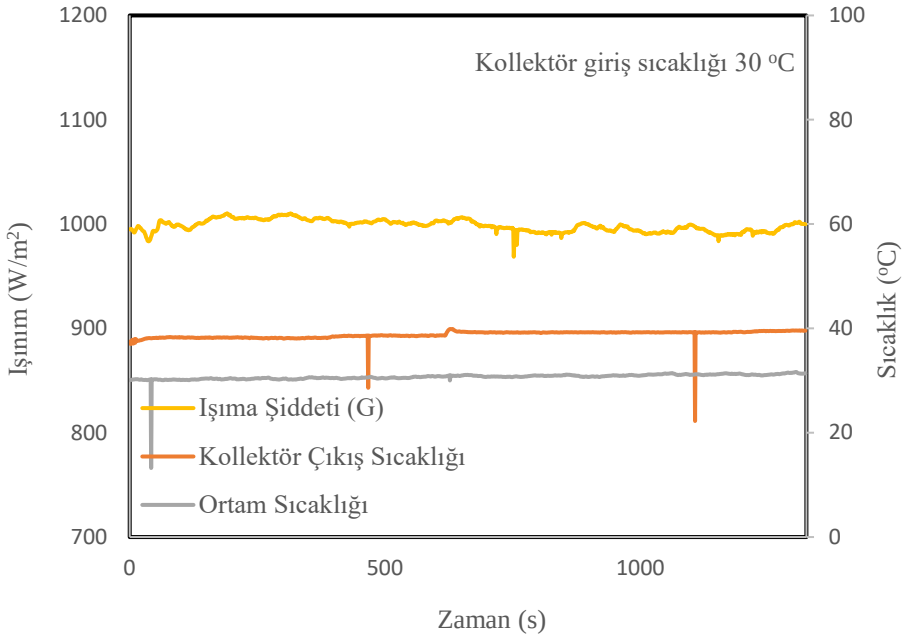
Şekil 4.12. PV/T güneş kolektöründe giriş sıcaklığına göre verim eğrisi

Şekil 4.12'de 4 farklı sıcaklıkta yapılan deney sonuçlarına göre PV/T güneş kolektöründe giriş sıcaklığı karşısında elde edile bilinecek kolektör verimi gösterilmiştir. 30°C'lik giriş sıcaklığında ortalama verim %51.20, 48°C'lik giriş sıcaklığında ortalama verim %45.50, 67°C'lik giriş sıcaklığında ortalama verim %35.84 ve 86°C'lik giriş sıcaklığında ortalama verim %23.13 olduğu gözlemlenmiştir. Tüm bu 10 dakikalık ölçüm periyodundaki 4 farklı verim değerlerinin aritmetik ortalaması

alınarak, PV/T güneş kolektörünün ortalama verimi %38.92 olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, kolektör giriş sıcaklığının artması ile verimin düştüğünü göstermektedir. Bunun sebebi olarak, çevre sıcaklığının kolektör çalışma sıcaklığından daha düşük olduğu ve kolektörden çevreye ısı kaybından kaynakladığı düşünülmektedir.

4.3. Vakum Tüplü Güneş Kolektörünün Isıl Performans Testi Sonuçları

Kolektörün ısıl performansının tespiti için 30°C giriş sıcaklığına göre yapılan test sonuçları Şekil 4.13'de verilmiştir.



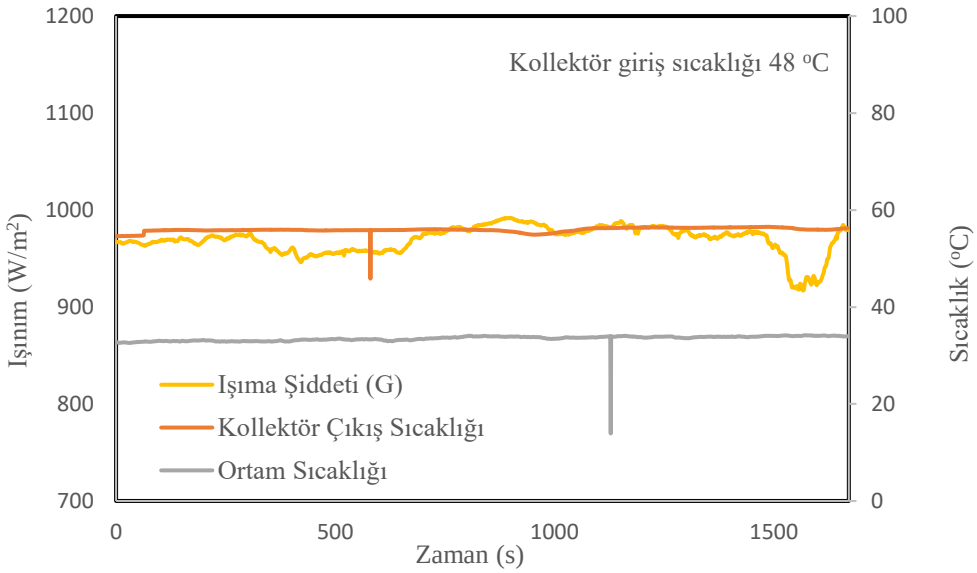
Şekil 4.13. Vakum Tüplü güneş kolektöründe 30°C giriş sıcaklığı verileri

Şekil 4.13'de gösterildiği üzere; 30°C çevre sıcaklığında, ortalama 1000 W/m^2'lik bir global ışınım altında, kolektör giriş sıcaklığı 30°C iken, kolektör çıkış sıcaklığı 37°C olarak ölçülmüştür. Bu deneyde akışkanın sıcaklığında 7°C'lik bir atış olduğu gözlemlenmiştir.

Deney yaklaşık olarak 22 dakika sürmüştür. Deneyin 7.dakikasında ve 18.dakikasında kolektör çıkış sıcaklığında şiddetli düşmeler meydana gelmiştir. Kolektör içerisindeki akışın laminerden türbilanslı akışa geçmesi, akışkanın stabilitesini

bozmaktadır, zaman dilimleri dışında kalan kısımlar TS EN ISO 9806 standardına göre, verim hesaplamak için uygun verilerdir.

Kolektörün ısıl performansının tespiti için 48°C giriş sıcaklığına göre yapılan test sonuçları Şekil 4.14'de verilmiştir.

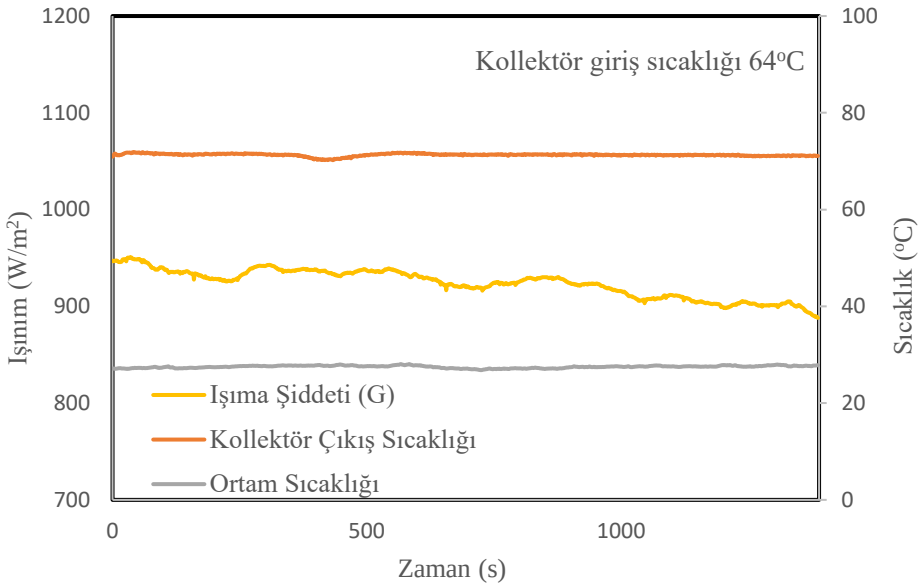


Şekil 4.14. Vakum tüplü güneş kolektöründe 48°C giriş sıcaklığı verileri

Şekil 4.14'de gösterildiği üzere; 33°C çevre sıcaklığında, ortalama 950 W/m^2'lik bir global ışınım altında, kolektör giriş sıcaklığı 48°C iken, kolektör çıkış sıcaklığı 54.5°C olarak ölçülmüştür. Bu deneyde akışkanın sıcaklığında 6.5°C'lik bir atış olduğu gözlemlenmiştir.

Deney yaklaşık olarak 28 dakika sürmüştür. Deneyin 7.dakikasında ve 25.dakikasında ışıma şiddetinde düşüş görülmüştür. Deney esnasında belirli zaman dilimlerinde ışıma şiddetinde dalgalanmalar meydana gelmiştir. Deneyin 9.dakikasında kolektör çıkış sıcaklığında meydana gelen düşüş standardın çizmiş olduğu ölçüm sınırlarını aşmıştır. Belirtilen bu zaman dilimleri dışında kalan ölçümler TS EN ISO 9806 standardına göre, verimlilik hesaplamasına uygun değerlerdir.

Kolektörün ısıl performansının tespiti için 64°C giriş sıcaklığına göre yapılan test sonuçları Şekil 4.15'de verilmiştir.

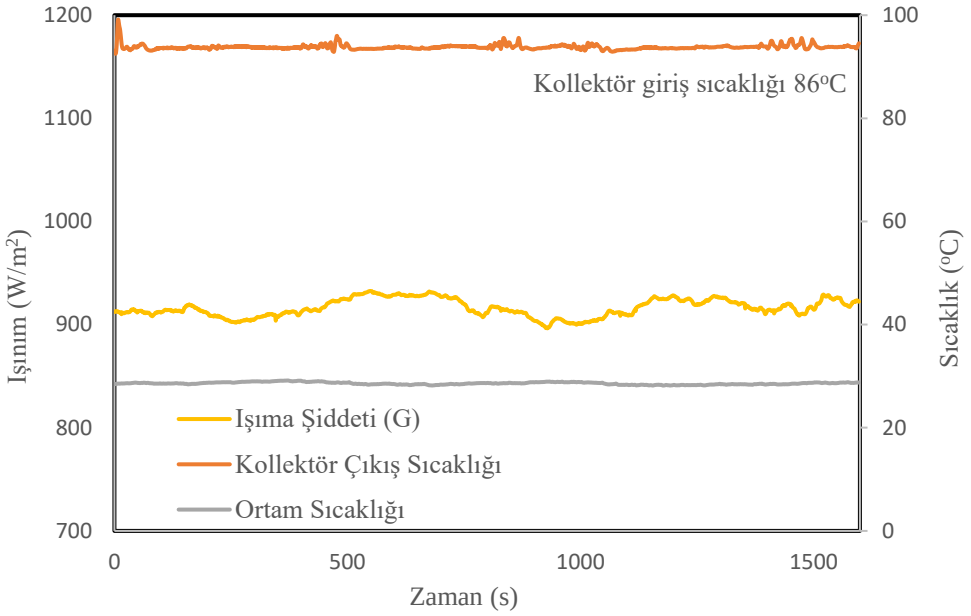


Şekil 4.15. Vakum Tüplü güneş kolektöründe 64°C giriş sıcaklığı verileri

Şekil 4.15'de gösterildiği üzere; 27°C çevre sıcaklığında, ortalama 920 W/m^2'lik bir global ışınım altında, kolektör giriş sıcaklığı 64°C iken, kolektör çıkış sıcaklığı 69.75°C olarak ölçülmüştür. Bu deneyde akışkanın sıcaklığında 5.75°C'lik bir atış olduğu gözlemlenmiştir.

Deney yaklaşık olarak 23 dakika sürmüştür. Işıma şiddetinde zaman zaman dalgalanmalar meydana gelse de, ışıma şiddetinde 50 W/m^2'lik bir değişim gerçekleşmemiştir. Deneyin 7.dakikasında kolektör çıkış sıcaklığında bir düşüş meydana gelmiştir, sadece bu bölgede alınan veriler TS EN 9806 standardına göre, verimlilik hesaplaması için uygun değildir. Onun dışında kalan ölçümler, standarda göre verimlilik hesaplamak amacıyla uygun değerlerdir.

Kolektörün ısıl performansının tespiti için 86°C giriş sıcaklığına göre yapılan test sonuçları Şekil 4.16'da verilmiştir.

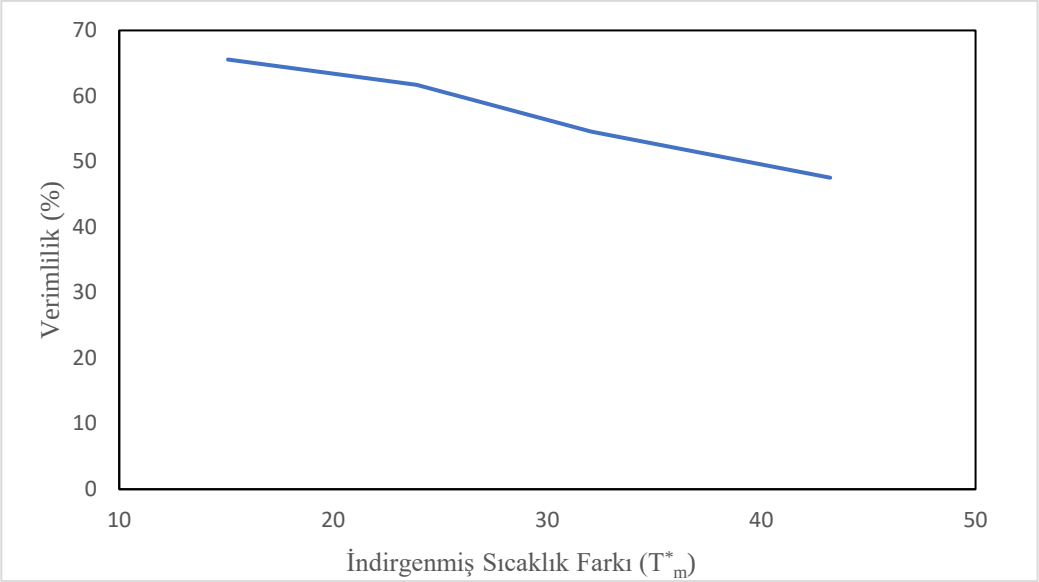


Şekil 4.16. Vakum tüplü güneş kolektöründe 86°C giriş sıcaklığı verileri

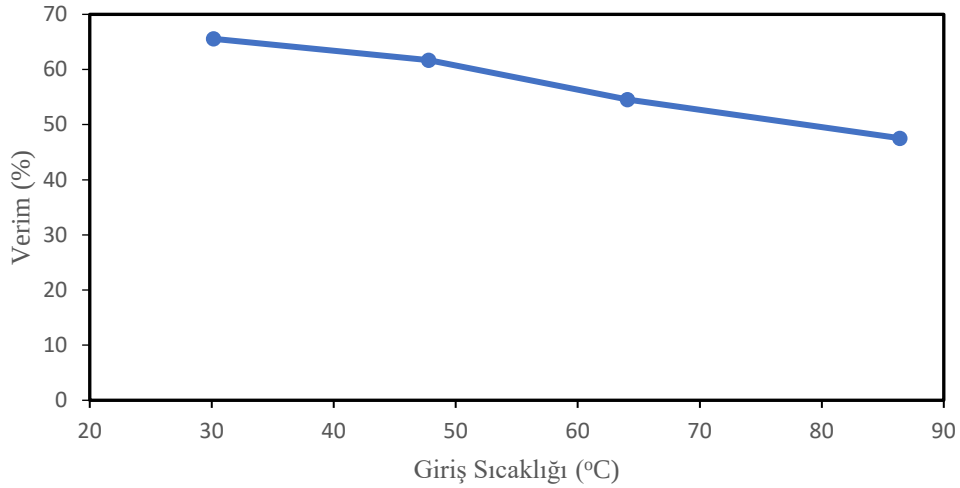
Şekil 4.16'da gösterildiği üzere; 28.5°C çevre sıcaklığında, ortalama 920 W/m^2'lik bir global ışınım altında, kolektör giriş sıcaklığı 87°C iken, kolektör çıkış sıcaklığı 92.30°C olarak ölçülmüştür. Bu deneyde akışkanın sıcaklığında 5.30°C'lik bir atış olduğu gözlemlenmiştir.

Deney yaklaşık olarak 27 dakika sürmüştür. Işıma şiddetinde meydana gelen dalgalanma 50 W/m^2'lik sınırı aşmadığından dolayı alınan ışıma ölçümleri hesaplamalarda kullanılabilir. Kolektör giriş sıcaklığı deneyin 7.dakikası, 14.dakikası ve 24.dakikasında kolektör çıkış sıcaklığında meydana gelen dalgalanmalar 0.5°C'den fazla olduğundan dolayı, yapılan ölçümler TS EN ISO 9806 standardına göre, verimlilik hesaplamalarında kullanmaya uygun değildir. Belirtilen zaman dilimleri dışında kalan bölgelerde, alınan ölçümler verimlilik hesaplamalarında kullanmaya elverişlidir.

Kolektörün indirgenmiş sıcaklığına göre ısıl performansını gösteren eğri Şekil 4.17'de, giriş sıcaklığı karşısındaki ısıl performansını gösteren eğri Şekil 4.18'de verilmiştir.



Şekil 4.17. Vakum tüplü güneş kolektöründe indirgenmiş sıcaklık farkına göre verim eğrisi



Şekil 4.18. Vakum tüplü güneş kolektöründe giriş sıcaklığına göre verim eğrisi

Şekil 4.18'de 4 farklı sıcaklıkta yapılan deney sonuçlarına göre vakum tüplü güneş kolektöründe giriş sıcaklığı karşısında, edile bilinecek kolektör verimi gösterilmiştir. 30°C'lik giriş sıcaklığında ortalama verim %64.88, 48°C'lik giriş sıcaklığında ortalama verim %61.53, 67°C'lik giriş sıcaklığında ortalama verim %54.44 ve 86°C'lik giriş sıcaklığında ortalama verim %47.23 olduğu gözlemlenmiştir. Tüm bu 10 dakikalık ölçüm periyodundaki 4 farklı verim değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak, vakum tüplü güneş kolektörünün ortalama verimi %57.02 olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, kolektör giriş sıcaklığının artması ile verimin düştüğünü göstermektedir. Bunun sebebi

olarak, çevre sıcaklığının kolektör çalışma sıcaklığından daha düşük olduğu ve kolektörden çevreye ısı kaybından kaynakladığı düşünülmektedir.

4.4. İncelenen Kolektörlerin Sonuçlarının Karşılaştırılması

Her üç tip kolektörde de yapılan ısıl performans testi sonuçları Çizelge 4.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Isıl performans testi sonuçları

Kolektör Tipi	Kolektör Verimi (η)				Ortalama Verim (η_{ort})
	T_{in}=30 °C	T_{in}=48°C	T_{in}=67 °C	T_{in}=86 °C	T_{ort}=58 °C
Düzlemsel Yüzeyli Güneş Kolektörü	%68.46	%61.09	%50.84	%41.95	%53.84
PV/T Güneş Kolektörü	%51.20	%45.50	%35.84	%23.13	%38.92
Vakum Tüplü Güneş Kolektörü	%64.88	%61.53	%54.44	%47.23	%57.02

Çizelge 4.1'de 30°C giriş sıcaklığında yapılan deney ilk deneylerde, düzlemsel yüzeyli güneş kolektörünün verimi %68.46 iken, aynı koşullarda PV/T kolektörünün verimi %51.20 ve vakum tüplü güneş kolektörünün verimi %64.88 olarak hesaplanmıştır. 48°C giriş sıcaklığında yapılan deney ikinci deneylerde, düzlemsel yüzeyli güneş kolektörünün verimi %61.09 iken, aynı koşullarda PV/T kolektörünün verimi %45.50 ve vakum tüplü güneş kolektörünün verimi %61.53 olarak hesaplanmıştır. 67°C giriş sıcaklığında yapılan deney ikinci deneylerde, düzlemsel yüzeyli güneş kolektörünün verimi %50.84 iken, aynı koşullarda PV/T kolektörünün verimi %35.84 ve vakum tüplü güneş kolektörünün verimi %54.44 olarak hesaplanmıştır. 86°C giriş sıcaklığında yapılan deney üçüncü deneylerde, düzlemsel yüzeyli güneş kolektörünün verimi %41.95 iken, aynı koşullarda PV/T kolektörünün

verimi %23.13 ve vakum tüplü güneş kolektörünün verimi %47.23 olarak hesaplanmıştır.

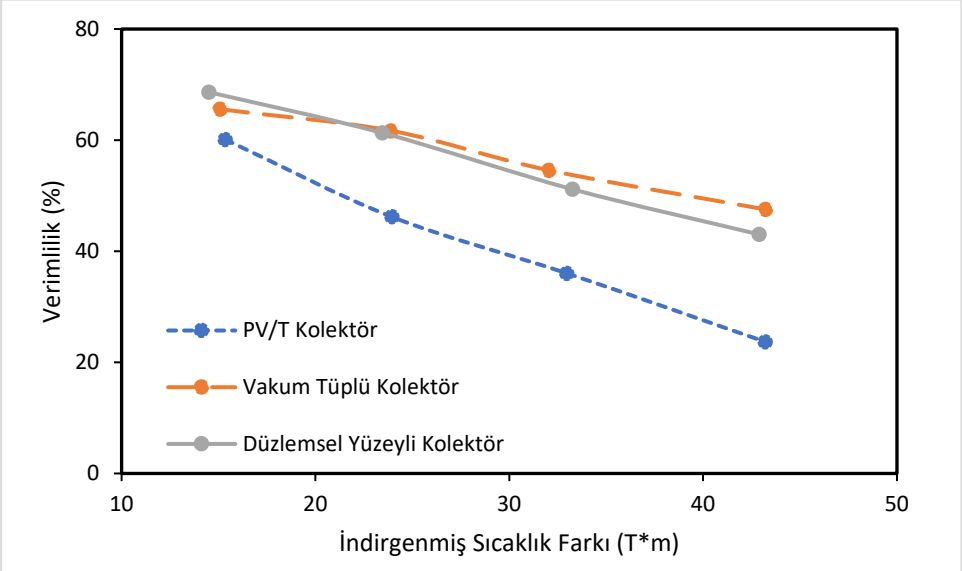
Çizelge 4.1'de düzlemsel yüzeyli güneş kolektörünün ortalama verimi %53.84 iken, aynı koşullarda PV/T kolektörünün ortalama verimi %38.92 ve vakum tüplü güneş kolektörünün ortalama verimi %57.02 olarak hesaplanmıştır. İncelenen kolektörler içerisinde en yüksek ortalama verim vakum tüplü kolektörde bulunmuştur.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

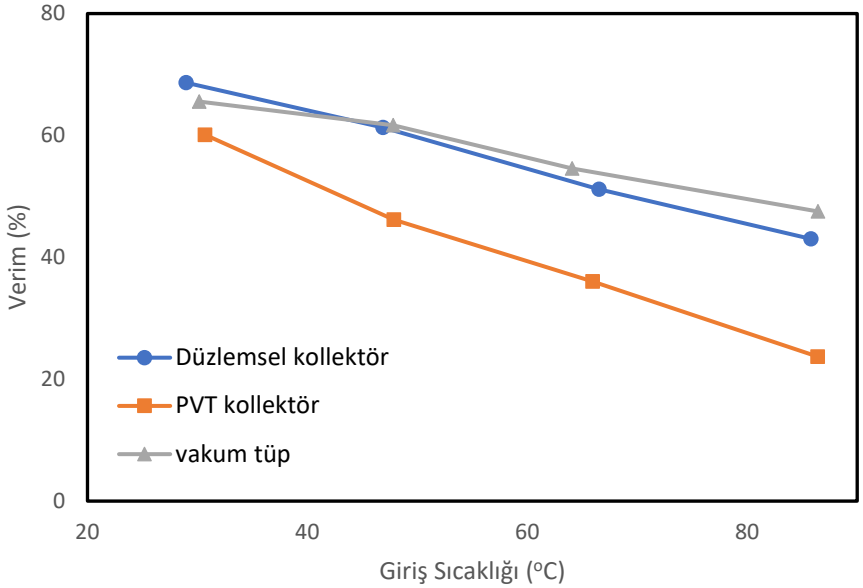
5.1. Sonuçlar

Bu tez çalışmasında GAP Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Merkezi bünyesinde bulunan ısıl performans testi alt yapısı kullanılarak deneysel çalışmalar tamamlanmıştır. Bu deneysel çalışmalarda, bir adet düzlemsel yüzeyli güneş kolektörü, bir adet Fotovoltaik/Termal (PV/T) güneş kolektörü ve bir adet vakum tüplü güneş kolektörü test edilerek, verimlilikleri ve sıcaklık karşısındaki davranışları Araştırma Bulguları ve Tartışma Bölümünde sunulmuştur.

Bu deneysel çalışmaların sonucunda her üç kolektör için de indirgenmiş sıcaklık farkına göre elde edilen verimlilik eğrisi Şekil 5.1'de, her üç kolektör için de giriş sıcaklığına göre verim eğrisi Şekil 5.2'deki gibidir. Elde edilen verimlilik sonuçlarının değerlendirilmesi aşağıda yapılmıştır.



Şekil 5.1. Her üç kolektörün indirgenmiş sıcaklık farkına göre verim eğrisi



Şekil 5.2. Her üç kolektörün giriş sıcaklığına göre verim eğrisi

Düzlemsel yüzeyli güneş kolektörünün verimi, 30°C'lik giriş sıcaklığında %68.46, 48°C'lik giriş sıcaklığında %61.09, 67°C'lik giriş sıcaklığında %50.84 ve 86°C'lik giriş sıcaklığında %41.95 olduğu tespit edilmiş ve kolektörün ortalama ısıl verimi %53.84 olarak hesaplanmıştır.

PV/T güneş kolektörünün verimi, 30°C'lik giriş sıcaklığında %51.20, 48°C'lik giriş sıcaklığında %45.50, 67°C'lik giriş sıcaklığında %35.84 ve 86°C'lik giriş sıcaklığında %23,13 olduğu tespit edilmiş ve kolektörün ortalama ısıl verimi %38.92 olarak hesaplanmıştır.

Vakum tüplü güneş kolektöründe verim, 30°C'lik giriş sıcaklığında %64.88, 48°C'lik giriş sıcaklığında %61.53, 67°C'lik giriş sıcaklığında %54.44 ve 86°C'lik giriş sıcaklığında %47.23 olduğu tespit edilmiş ve kolektörün ortalama ısıl verimi %57.02 olarak hesaplanmıştır.

Bu çalışmada elde edilen bulgulara göre; düşük çalışma sıcaklığında en iyi performansı gösteren kolektör, %68.46'lik verimle düzlemsel yüzeyli güneş kolektörü olmuştur. Yüksek çalışma sıcaklığında ise en iyi performansı, %47.23'lik verimle vakum tüplü güneş kolektörü olmuştur. PV/T kolektörün ısıl performansı ise hem

düşük sıcaklıkta, hem de yüksek sıcaklıkta her iki kolektörün veriminden de daha düşük çıkmıştır. PV/T güneş kolektöründe yüzeye gelen güneş ışınımı PV hücreleri tarafından elektriğe ve ısıya dönüştürülmektedir.

Ayrıca kolektörler için ortalama verimliliğe bakıldığı zaman, vakum tüplü kolektörde hesaplanan %57.02'lik verimle, düzlemsel yüzeyli güneş kolektörüne ve PV/T güneş kolektörüne göre en iyi performansı göstermiştir.

5.2. Öneriler

Yapılan bu tez çalışması ile elde edilen sonuçlara bakıldığı zaman, düşük çalışma sıcaklığında düzlemsel yüzeyli termal güneş kolektörlerinin verimi daha yüksek olduğu, yüksek çalışma sıcaklığında ise vakum tüplü kolektörün veriminin daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuca istinaden, düşük sıcaklık kullanımlarında, örneğin evsel kullanımlarda, düzlemsel yüzeyli güneş kolektörleri hem daha verimli hem de daha ekonomik olmaktadır. Fakat yüksek sıcaklık kullanımlarında, örneğin endüstriyel kullanımlarda, vakum tüplü kolektörün daha verimli ve ekonomik olduğu sonucu, son kullanıcılara önerilmektedir.

Kolektör verimlerinin arttırılması çalışmalarında, çevre ile kolektör yüzeyleri arasındaki toplam ısı transferi katsayısının (U) düşürülmesi ve bu alanda Ar-Ge çalışmalarına olanak sağlanması teknolojinin geliştirilmesi açısından önemli bir rol oynayacaktır.

Güneş kolektörlerinin ısıl performansa etki eden faktörlerin belirlenmesi amacıyla, farklı giriş sıcaklıklarının etkisi, farklı rüzgâr hızlarının etkisi, farklı giriş debilerinin etkisi, farklı çevre sıcaklıklarının ısıl performansa etkisi, deneysel olarak incelenerek, güneş enerjisi teknolojilerinin geliştirilmesinde katkı sağlayacaktır. Kolektörlerin ısıl performansını arttırıcı uygulamaların geliştirilmesi ile ülke ekonomisine ciddi kazançlar sağlanacaktır.

KAYNAKLAR

AKTACİR M.A., İŞIKER Y., GÜVEN C., KIRAR E., (2018). Düzlemsel Tip Güneş Kolektörlerde Verim Arttırıcı Uygulamalar. Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 3 (3): 38-42.

ALTIPARMAK A.E., İŞIKER Y., AKTACİR M.A., (2017). Düzlemsel Termal Güneş Kolektörlerinde Akışkan Giriş Sıcaklığının Performans Üzerindeki Etkisi. 2. Internationel Mediterranean Science and Engineering Congress, 2: 1462-1466.

CEYLAN İ., AKTAŞ M., DOĞAN H., (2006). Sıcak Su Hazırlamak için Kullanılan Güneş Enerjili Sistemlerde Sıvı ve Hava Akışkanlarının Performans Üzerindeki Etkileri. Journal of Polytechnic, 9 (3): 181-184.

ÖZSOY A., GALİP M., (2018). Vakum tüplü u-borulu güneş kolektörünün güneş simülatöründeki test sonuçlarının analizi, Politeknik Dergisi, 21 (1): 229-236.

AKTAŞ M., (2009). Güneş Enerjili Sistemlerde Isı Değiştirici Yüzeyin ve Akışın Isıl Performans Üzerindeki Etkileri. Journal of Polytechnic, 12 (4): 243-246.

ACAR B., ÖZ E.S., GEDİK E., (2008). Ayrık ve Birleşik Isı Borulu Kolektör Verimlerinin Deneysel Olarak İncelenmesi. Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 23 (2): 425-429.

DAĞLI G., ÖZDEMİR M.B., YATARKALKMAZ M.M., (2017). Farklı Soğurucu Yüzey Tipine Sahip Düzlemsel Kolektörlerin Deneysel Analizi. Politeknik Dergisi, 20 (2); 441-449.

KEÇEL S., (2015). Sabit Ve Takip Sistemli Güneş Kolektörlerinin Isıl Performanslarının Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği İle Karşılaştırılması. Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 1 (1): 77-98.

DOĞANAY H.Ö., KARAÇAVUŞ B., (2017). Fotovoltaik Termal Kolektör Sistem Analizi, 13. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 709-722.

DENİZ E., YILMAZ S., (2007). Çalışma Akışkanı Olarak R-134a Ve R-404a Kullanılan Çift Fazlı Güneş Enerjili Sıcak Su Üretme Sisteminin Tasarımı ve Deneysel Olarak İncelenmesi, 8. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 1027-1033.

YILDIZ A., ERSÖZ M.A., (2013). Isı borulu vakum tüp güneş kolektörlerinde optimum çapın belirlenmesi. Tesisat Mühendisliği Dergisi, 133 (10) :5-17.

ALTIPARMAK D., GÜRÜ M., KESKİN A., ERCOŞKUN G.T., (2013). Çift Oluklu Parabolik Oluk Tipi Güneş Kolektörünün Tasarımı, imalatı Ve Performansının İncelenmesi. Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 28 (4): 855-863.

AKTACİR M.A., YEŞİLATA B., ALTIPARMAK A.E., ABAMOR S., DİLBAZ N., (2014). Test And Certıfıcatıon Process Of Solar Thermal Collectors. SolarTR Konferans ve sergisi bildiriler kitabı, 1 (1): 242-246.

DURAN F., KABUL A., (2014). Isparta İlinde Fotovoltaik/Termal (Pv/T) Hibrit Sistemin Performans Analizi. SDU International Technologic Science Magazine, 6 (1):31-43.

ÖMEROĞLU G., (2018). Fotovoltaik - Termal (PV / T) Sistemin Sayısal (CFD) ve Deneysel Analizi. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 30 (1): 161-167.

SHARMA G.K., NAYAK J.K., JADEJA P., AMER E.H., (1998). Comparison of Two Dynamic Test Methods for Solar Flat-Plate Collectors. Energy Convers Magazine, 39 (3/4): 285-293.

ZAMBOLİN E., DELCOL D., (2010). Experimental Analysis of Thermal Performance of Flat Plate And Evacuated Tube Solar Collectors in Stationary Standard And Daily Conditions. Solar Energy Magazine, 84: 1382-1396.

SODHA M.S., TİWARİ A., (2006). Performance Evaluation of Solar PV/T System: An Experimental Validation. Solar Energy Magazine, 80:751-759.

SUN F. S., HUANG B. J., LIN T. H., HUNG W. C., (2001). Performance Evaluatıon Of Solar Photovoltaıc/Thermal Systems. Solar Energy Magazine, 70 (5): 443-448.

ÖNER İ.V., ÖMEROĞLU G., (2018). Fotovoltaik Termal (Pvt) Sistemlerinde Farklı Tip Kanatçıklar Kullanılarak Optimum Çalışma Sıcaklığının Tayini. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 9 (1): 177-183.

AMER E.H. NAYAK J.K., (2000). Experımental and Theoretıcal Evaluatıon of Dynamıc Test Procedures for Solar Flat-Plate Collectors. Solar Energy Magazine, 69 (5): 377-401.

GHONEİM A.A., ABOU-ZİYAN H.Z., ABDULLAH A.H., (2003). Thermal Performance of Flat Plate Solar Collector Using Various Arrangements of Compound Honeycomb. Energy Conversion and Management, 44: 3093-3112.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ahmet Ersin Altıparmak

Uyruğu : Türkiye Cumhuriyeti

Doğum Yeri ve Tarihi : Şanlıurfa- 01.02.1990

Telefon : 0506 388 83 60

E-mail : ahmet.e.altiparmak@gmail.com, a.e.altiparmak@harran.edu.tr

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Osmangazi Lisesi, Şanlıurfa	2006
Üniversite	: Harran Üniversitesi, Şanlıurfa	2014
Yüksek Lisans	:Harran Üniversitesi, Şanlıurfa	2019

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2010-2012	Altıparmak Mimarlık	Restorasyon Uygulamaları ve Projelendirme
2014-	Harran Üniversitesi	Araştırma Mühendisi

UZAMNLIK ALANI: Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği

YABANCI DİLLER: İngilizce

YAYINLAR:

S. ABAMOR, M.A. AKTACİR, B. YEŞİLATA, A.E. ALTIPARMAK, N. DİLBAZ, Test and Certification Process of Solar Thermal Collectors, SOLARTR 2014 Conference & Exhibition, 2014.

A.E. ALTIPARMAK, M.A. AKTACİR, N. BEŞLİ, B. YEŞİLATA, Possible Utilization of Canal-Top Solar Power Plants in the GAP Region, SOLARTR 2016 Conference & Exhibition, 2016.

A.E. ALTIPARMAK, Y. İŞIKER, M.A. AKTACİR, Düzlemsel Termal Güneş Kolektörlerinde Akışkan Giriş Sıcaklığının Performans Üzerindeki Etkisi, 2nd International Mediterranean Science and Engineering Congress (IMSEC 2017) , 2017.