



**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
YENİLENEBİLİR ENERJİ VE UYGULAMALARI ANA BİLİM DALI**

**YOĞUNLAŞTIRILMIŞ GÜNEŞ IŞINLARINI TOPLAYAN
TERMOELEKTRİK DÖNÜŞÜMLÜ ENERJİ ÜRETEN
SİSTEMİN İNCELENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Ali Murat MAHMAT

Danışman
Prof. Dr. Yavuz KÖYSAL

SAMSUN
2022

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
YENİLENEBİLİR ENERJİ VE UYGULAMALARI (DİSİPLİNLERARASI)
ANA BİLİM DALI**



**YOĞUNLAŞTIRILMIŞ GÜNEŞ IŞINLARINI TOPLAYAN
TERMOELEKTRİK DÖNÜŞÜMLÜ ENERJİ ÜRETEN
SİSTEMİN İNCELENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Ali Murat MAHMAT

Danışman

Prof. Dr. Yavuz KÖYSAL

SAMSUN
2022

TEZ KABUL VE ONAYI

Ali Murat MAHMAT tarafından, Prof. Dr. Yavuz KÖYSAL danışmanlığında hazırlanan “Yoğunlaştırılmış Güneş Işınlarnı Toplayan Termoelektrik Dönüşümlü Enerji Üreten Sistemin İncelenmesi ” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 4.2.2022 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı		
	Üniversitesi		
	Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	İmza	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. Metin YAVUZ		<input checked="" type="checkbox"/>
	Ondokuz Mayıs Üniversitesi		Kabul
	Fizik Anabilim Dalı		<input type="checkbox"/>
			Ret
Üye (Danışman)	Prof. Dr. Metin YAVUZ		<input checked="" type="checkbox"/>
	Ondokuz Mayıs Üniversitesi		Kabul
	Elektrik ve Enerji Anabilim Dalı		<input type="checkbox"/>
			Ret
Üye	Doç. Dr. XXXX XXXX		<input checked="" type="checkbox"/>
	Ondokuz Mayıs Üniversitesi		Kabul
	Fizik Anabilim Dalı		<input type="checkbox"/>
			Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

ONAY

... / ... / ...

Prof. Dr. Ali BOLAT

Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Dönem Projesi tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

04 /02 / 2022

Ali Murat MAHMAT

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı: Yoğunlaştırılmış Güneş Işınlarını Toplayan Termoelektrik Dönüşümlü Enerji Üreten Sistemin İncelenmesi

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 11 Aralık 2021 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 4

Tek kaynak oranı : % 2 çıkmıştır.

04 /02 / 2022

Prof. Dr. Yavuz KÖYSAL

ÖZET

YOĞUNLAŞTIRILMIŞ GÜNEŞ IŞINLARINI TOPLAYAN TERMOELEKTRİK DÖNÜŞÜMLÜ ENERJİ ÜRETEEN SİSTEMİN İNCELENMESİ,

Ali Murat MAHMAT

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Yenilenebilir Enerji Ve Uygulamaları Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans, Şubat/2022

Danışman: Prof. Dr. Yavuz KÖYSAL

Bu tezde; günümüzde enerji üretiminde kullanılan fosil yakıtlara karşı temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi vurgulanmıştır. Enerji kaynakları arasından Güneş enerjisinin kullanılabilir olduğu değerlendirilmiştir. Güneş enerjisinin kullanılabilir elektrik enerjisine çevrimi maksadıyla termoelektrik dönüşümlü sistem tasarlanıp imal edilmiştir.

Yoğunlaştırılmış Güneş enerjisini kullanarak bütünüyle yenilenebilir enerji üretimi maksadıyla hazırlanan birbirinden farklı takip sistemleri ve çalışma sınırlarıyla oluşturulan termoelektrik sistemler uygulanıp çalışması incelenmiştir. Deneysel sistemlerde termoelektrik jeneratör (TEG) yüzey sıcaklık farkları, açık devre gerilimleri, Güneş radyasyonu gibi çeşitli parametrelere ait veriler toplanmıştır. Hazırlanan prototip sistemler; takip sistemleri, TEG, Fresnel lens, oluk tipi solar yoğunlaştırıcı, vakumlu tüp, ısı borusu ve pasif soğutucu bileşenlerinden oluşmaktadır. Sistem dahilindeki TEG'in enerji üretebilmesi maksadıyla oluşturulması gereken sıcak yüzey kısmındaki sıcaklık; Güneş enerjisinin lineer Fresnel lens vasıtasıyla yoğunlaştırılarak vakumlu tüp ile hapsedilen enerjinin ısı borusundaki çalışma sıvısı ile aktarılmasından sağlanmaktadır. Soğuk yüzey ise pasif soğutucu yardımıyla ısının uzaklaştırılması ile sağlanmaktadır. Deneysel ölçüm parametreleri veri toplayıcılar sayesinde kaydedilmiş ve incelenebilmiştir. Bu veriler, ortam sıcaklığı, ısı borusu üzerinden sıcaklık değerleri, TEG yüzey sıcaklıkları, global ışınım (GHI) ve direkt normal ışınım (DNI) değerleri, açık devre gerilimleri, rüzgar hızı gibi değerlerdir. Elde edilen veriler neticesinde karşılaştırmalar yapılarak ideal sisteme uygun çalışma sıvısı ve takip sistemi tespit edilmeye çalışılmıştır.

Anahtar Sözcükler: fresnel lens, termoelektrik jeneratör (TEG), solar toplayıcı, Güneş radyasyonu, açık devre gerilimi, solar takip sistemi

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE SYSTEM THAT PRODUCES THERMOELECTRIC CONVERSION ENERGY BY COLLECTING CONCENTRATED SOLAR RAYS

Ali Murat MAHMAT
Ondokuz Mayıs University
Institute of Graduate Studies
Department of Renewable Energy and Applications
Master, January/2022
Supervisor: Prof. Dr. Yavuz KÖYSAL

In this thesis, the importance of clean and renewable energy sources has been emphasized against fossil fuels used in energy production today. Among the energy sources, it has been evaluated that solar energy is usable. In order to convert solar energy into usable electrical energy, a thermoelectric conversion system was designed and produced.

Thermoelectric systems, which are prepared entirely for the purpose of renewable energy production using concentrated solar energy and created with different tracking systems and working fluids, are applied and studied. In experimental prototypes, data on various parameters such as thermoelectric generator (TEG) surface temperature differences, open circuit voltages, and solar radiation were collected. The prototype systems consist of tracking systems, TEG, Fresnel lens, trough solar concentrator and vacuum tube and heat pipe and passive cooler components. In order for the TEG in the system to produce energy, the temperature of the hot surface must be increased. This temperature is achieved by concentrating the solar energy by means of a linear Fresnel lens and transferring the energy trapped by the vacuum tube with the working fluid in the heat pipe. The cold surface is provided by reducing the heat with the help of passive cooler. Experimental measurement parameters were recorded and analyzed by dataloggers. These data are values such as ambient temperature, temperature values over the heat pipe, TEG surface temperatures, global radiation (GHI) and direct normal radiation (DNI) values, open circuit voltages, wind speed. As a result of the data obtained, comparisons were made and the working fluid and tracking system suitable for the ideal system were tried to be determined.

Keywords: fresnel lens, thermoelectric generator (TEG), solar collector, solar radiation, open circuit voltage, solar tracking system

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmamda bilgileri ve kıymetli deneyimleriyle yolumu aydınlatan Prof. Dr. Recep TAPRAMAZ hocama, beni yenilikçi yaratıcı düşünce sistemi ile tanıştıran Prof. Dr. Metin YAVUZ hocama, tecrübe ve yetenekleriyle tezin uygulanmasının her anında desteklerini esirgemeyen Öğr. Gör. Yusuf YAKUT ve Öğr. Gör. Tahsin ATALAY hocalarıma, beni küresel ısınmayla yürüttüğü mücadelede takımına alarak, bana “temiz enerji” ve “sürdürülebilirlik” kavramlarını bıkmadan anlatan, öğreten, hatalarımı hoş gören, ufkumu açan danışmanım Prof. Dr. Yavuz KÖYSAL hocama, her zaman arkamda olduklarını hissettiğim annem, babam ve kardeşime, bana benden çok inanan ve güvenen hayat arkadaşım Merve’ye ve son olarak tez sırasında aramıza katılan yeni yol arkadaşımız Atlas Ege’ye teşekkür ederim.

Ali Murat MAHMAT

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
TABLolar LİSTESİ	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KÜRESEL ISINMA	6
3. IŞIK	8
3.1. Işığın Kırılması	8
3.2. Güneş ve Işımaya Dair Bazı Tanımlar ve Güneş Açıları	8
3.2.1. Enlem	9
3.2.2. Eğim.....	9
3.2.3. Yüzey Azimut Açısı	9
3.2.4. Saat Açısı	9
3.2.5. Geliş Açısı	9
3.2.6. Zenith Açısı	9
3.2.7. Güneş Yükseklik Açısı	9
3.2.8. Solar Azimut Açısı	9
3.2.9. Deklinasyon Açısı (Declination)	10
3.2.10. Zenit Açısı:	11
3.2.11. Güneş azimut açısı:	12
4. KONSANTRE GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ	13
4.1. Lineer Yoğunlaştırıcı Sistemler.....	18
4.1.1. Fresnel Lensler.....	19
5. ISI BORUSU	21
6. RÜZGAR	27
7. TERMOELEKTRİK	29
7.1. Seebeck Etkisi	29
7.2. Peltier Etkisi	32
7.3. Figure Of Merit (Fom)(Başarım Ölçüsü/Yararlılık Katsayısı).....	33

7.4. Açık Devre Gerilimi	33
7.5. Maksimum Güç Transferi Teoremi	33
8. MATERYAL VE YÖNTEM.....	34
8.1. Güneş Radyasyonu Ölçüm Cihazları	34
8.1.1. Piranometre	36
8.1.2. Pirhelyometre.....	37
8.2. Pasif Soğutucu	38
8.3. Termoelektrik Jeneratörler	39
8.4. Veri Kaydedici	41
9. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	42
9.1. Enerji Üreten Deneysel Sistem Ve Sistemin İncelenmesi.....	42
9.2. Deneysel Sistem-1, Tarih: 05/08/2020	43
9.3. Deneysel Sistem-2, Tarih: 06/08/2020	49
9.4. Deneysel Sistem-3, Tarih: 12/07/2020	54
9.5. Deneysel Sistem-4, Tarih: 24/07/2020	59
9.6. Deneysel Sistem-5, Tarih: 29/07/2020	65
9.7. Deneysel Sistem Verilerinin Karşılaştırılması	74
10. SONUÇ.....	79
KAYNAKÇA	80

SİMGELER VE KISALTMALAR

AC	Alternatif Akım
CSP	Güneş Konsantrasyon Sistemi
DC	Doğru Akım
DNI	Direct Normal Irradiance (Doğrudan Normal Işınım)
FOM/ ZT	Figure Of Merit(Yararlılık Katsayısı)
GCR	Geometrik Konsantrasyon Oranı
GHI	Global Horizontal Irradiance (Küresel Işıma)
IPCC	Birleşmiş Milletler Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli
LFR	Lineer Fresnel Reflektör
OCV/ V_{oc}	Açık Devre Voltajı
PTC	Parabolik Oluk Toplayıcılar
PMMA	Polimetilmetakrilat
POA	Plane of Array
SEGS	Solar Electric Generating Systems
TE	Termoelektrik
TEG	Termoelektrik Jeneratör
UNFCCC	United Nations Convention on Climate Change
A	Alan [m]
δ	Deklinasyon Açısı [$^{\circ}$]
β	Eğim Açısı [$^{\circ}$]
σ	Elektriksel İletkenlik
eV	Elektronvolt
φ	Enlem Derecesi [$^{\circ}$]
γ	Gama dalgaları
θ	Geliş Açısı [$^{\circ}$]
n	Gün Sayısı [$1 \leq n \leq 365$]
G_{sc}	Güneş Sabiti
G	Güneş Işınımı [W/m^2]
GW	Gigawatt
P	İletken Direnci
K	Kelvin
MW	Megawatt
C	Maddenin Isı Kapasitesini
c	Öz Isı
SA ve SB	Seebeck katsayıları
ΔT	Sıcaklık Farkı

γ_s	Solar Azimut Açısı [°]
σ_{SB}	Stefan-Boltzman sabiti
λ	Termal İletkenliği
V	Üretilen Potansiyel Fark
W	Watt
γ	Yüzey Azimut Açısı [°]
θ_z	Zenit Açısı [°]

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. 1. Yıllara göre Dünya’da tüketilen toplam enerji[2].....	2
Şekil 1. 2. Dünya ile Güneş arasındaki ilişki	4
Şekil 2. 1. Dünya’nın 11 yıllık yüzey sıcaklığı ve aldığı Güneş radyasyonu miktarları[10] ...	7
Şekil 3. 1. Yıl içerisindeki deklinasyon açısı değerleri	11
Şekil 3. 2. Güneş radyasyonunun yüzeye göre açıları	12
Şekil 4. 1. Parabolik toplayıcı ve alıcı şeması.....	15
Şekil 5. 1. Isı transferiyle bir kısmı doymuş buhar haline dönüşen sıvı	22
Şekil 5. 2. Sabit basınç altında suyun ısıtılması esnasındaki T- v diyagramı	22
Şekil 5. 3. Isı borusu dikey ve yatay kesim görünümü/Çalışma prensibi	24
Şekil 5. 4. Termosifon tip ısı borusu.....	25
Şekil 7. 1. TEG’e ait kesit görüntüsü ve modüller	29
Şekil 7. 2 Seebeck Etkisi.....	31
Şekil 7. 3. Peltier Etkisi.....	32
Şekil 8. 1. Deneyler süresince kullanılan pıranometre.....	36
Şekil 8. 2. Deneyler süresince kullanılan pırhelyometre.....	38
Şekil 8. 3. Deneyler süresince kullanılan pasif soğutucu.....	39
Şekil 8. 4. Deneyler süresince kullanılan TEG’e ait fotoğraf	40
Şekil 8. 5. Veri kaydedici.....	41
Şekil 9. 1. Deney-1 için hazırlanan düzenek.....	43
Şekil 9. 2. 05-08-2020 tarihli bir eksenli (saf su) vakumlanmış ısı borusu sıcaklık değerleri ve Güneş radyasyonu (GHI) ölçümünün zamana bağlı değerleri	44
Şekil 9. 3. 05-08-2020 tarihli bir eksenli (saf su) TEG soğuk ve sıcak yüzey sıcaklık farkı ölçümünün zamana bağlı değerleri	45
Şekil 9. 4. 05-08-2020 tarihli bir eksenli (saf su) TEG açık devre gerilimi ve rüzgar hızı ölçümünün zamana bağlı değerleri	46
Şekil 9. 5. 05-08-2020 tarihli bir eksenli (saf su) maksimum çıkış gücü ve Güneş radyasyonu ölçümünün zamana bağlı değerleri	48
Şekil 9. 6. Deney-2 için hazırlanan düzenek.....	49

Şekil 9. 7. 06-08-2020 tarihli bir eksenli (aseton) vakumlanmış ısı borusu sıcaklık değerleri ve Güneş radyasyonu (GHI) ölçümünün zamana bağlı değerleri.....	50
Şekil 9. 8. 06-08-2020 tarihli bir eksenli (aseton) TEG soğuk ve sıcak yüzey sıcaklık farkı ölçümünün zamana bağlı değerleri	51
Şekil 9. 9. 06-08-2020 tarihli bir eksenli (aseton) TEG açık devre gerilimi ve rüzgar hızı ölçümünün zamana bağlı değerleri	52
Şekil 9. 10. 06-08-2020 tarihli bir eksenli (aseton) maksimum çıkış gücü ve Güneş radyasyonu ölçümünün zamana bağlı değerleri	53
Şekil 9. 11. Deney-3 için hazırlanan düzenek.....	54
Şekil 9. 12. 12-07-2020 tarihli iki eksenli (aseton) vakumlanmış ısı borusu sıcaklık değerleri ve Güneş radyasyonu (GHI) ile Güneş radyasyonu(DNI) ölçümünün zamana bağlı değerleri	55
Şekil 9. 13. 12-07-2020 tarihli iki eksenli (aseton) TEG soğuk ve sıcak yüzey sıcaklık farkı ölçümünün zamana bağlı değerleri	56
Şekil 9. 14. 12-07-2020 tarihli iki eksenli (aseton) TEG açık devre gerilimi ve rüzgar hızı ölçümünün zamana bağlı değerleri	57
Şekil 9. 15. 12-07-2020 tarihli iki eksenli (aseton) maksimum çıkış gücü ve Güneş radyasyonu ölçümünün zamana bağlı değerleri	58
Şekil 9. 16. Deney-4 için hazırlanan düzenek.....	59
Şekil 9. 17. 24-07-2020 tarihli iki eksenli (saf su) vakumlanmış ısı borusu sıcaklık değerleri ve Güneş radyasyonu (GHI) ile Güneş radyasyonu(DNI) ölçümünün zamana bağlı değerleri	60
Şekil 9. 18. 24-07-2020 tarihli iki eksenli (saf su) TEG soğuk ve sıcak yüzey sıcaklık farkı ölçümünün zamana bağlı değerleri	62
Şekil 9. 19. 24-07-2020 tarihli iki eksenli (saf su) TEG açık devre gerilimi ve rüzgar hızı ölçümünün zamana bağlı değerleri	63
Şekil 9. 20. 24-07-2020 tarihli iki eksenli (saf su) maksimum çıkış gücü ve Güneş radyasyonu ölçümlerinin zamana bağlı değerleri.....	64
Şekil 9. 21. Deney-5 için hazırlanan düzenek.....	65
Şekil 9. 22. 29-07-2020 tarihli bir eksenli (saf su) vakumlanmış ısı borusu sıcaklık değerleri ve Güneş radyasyonu (GHI) ölçümünün zamana bağlı değerleri	66

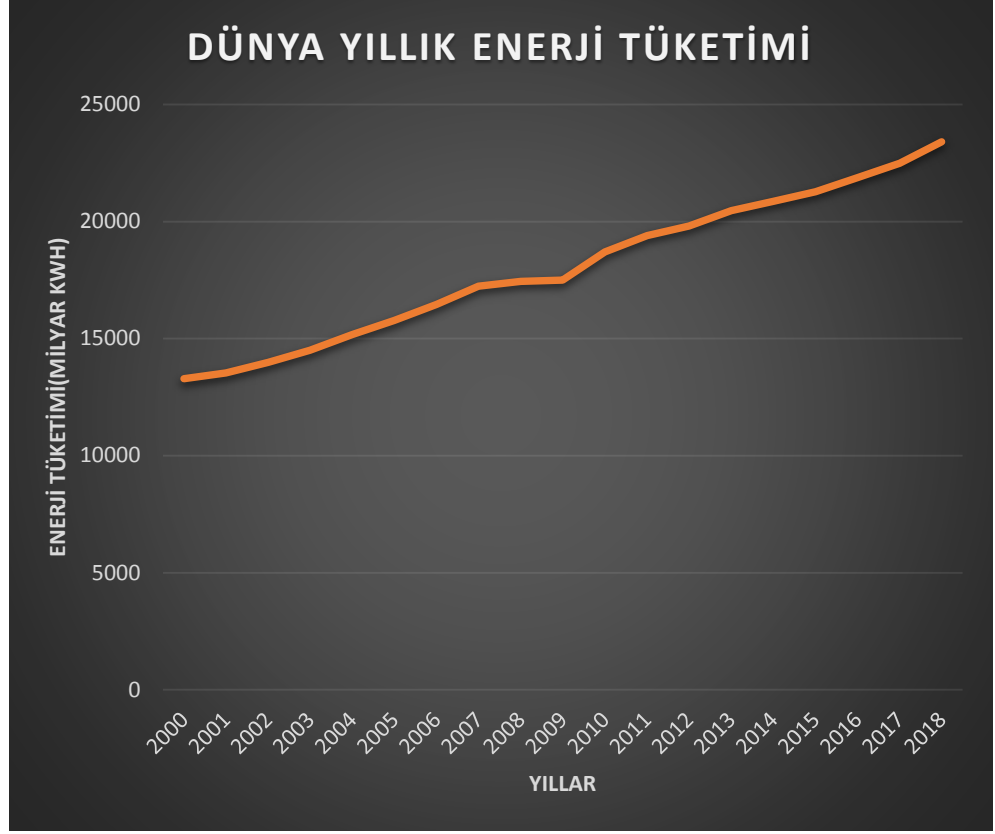
Şekil 9. 23. 29-07-2020 tarihli bir eksenli (aseton) vakumlanmış ısı borusu sıcaklık değerleri ve Güneş radyasyonu (GHI) ölçümünün zamana bağlı değerleri	67
Şekil 9. 24. 29-07-2020 tarihli sabit (saf su) TEG soğuk ve sıcak yüzey sıcaklık farkı ölçümünün zamana bağlı değerleri	68
Şekil 9. 25. 29-07-2020 tarihli bir eksenli (aseton) TEG soğuk ve sıcak yüzey sıcaklık farkı ölçümünün zamana bağlı değerleri	69
Şekil 9. 26. 29-07-2020 tarihli sabit (saf su) TEG açık devre gerilimi ve rüzgar hızı ölçümünün zamana bağlı değerleri	70
Şekil 9. 27. 29-07-2020 tarihli sabit (aseton) TEG açık devre gerilimi ve rüzgar hızı ölçümünün zamana bağlı değerleri	71
Şekil 9. 28. 29-07-2020 tarihli sabit (saf su) maksimum çıkış gücü ve Güneş radyasyonu ölçümünün zamana bağlı değerleri	72
Şekil 9. 29. 29-07-2020 tarihli sabit (aseton) maksimum çıkış gücü ve Güneş radyasyonu ölçümünün zamana bağlı değerleri	73
Şekil 9. 30. Deney günleri Güneş radyasyonu (GHI) değerleri	74
Şekil 9. 31. Deney günleri için TEG Sıcak Yüzey değerleri	75
Şekil 9. 32. Deney günleri için TEG Sıcak Yüzey değerleri	76
Şekil 9. 33. Deney günleri için maksimum güç değerleri	77

TABLolar DİZİNİ

Tablo 3. 1. Aylara göre deklinasyon açısı değerleri.....	10
Tablo 4. 1. 2019 yılı ÷lkelere göre CSP kapasite değişimleri [14]	14
Tablo 5. 1. Faydalanılan kuvvet ile ısı borusu çeşitleri.....	24
Tablo 5. 2. Isı borusunda kullanılan çalışma sıvısı ve uygun çalışma sıcaklıkları.....	26
Tablo 8. 1. Kurulacak sisteme uygun ölçüm parametreleri ve cihazları	35
Tablo 8. 2. TEG modül özellikleri (Specifications TEG module TEG1-12611-8.0).....	40
Tablo 9. 1. Deneysel çalışma genel görünümü	42
Tablo 9. 2. Bazı verilerin maksimum değerleri	78

1. GİRİŞ

Son yıllarda yangınlar, kuraklık ve seller ülkelerin en önemli gündem maddeleri haline gelmiştir. The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) kontrolünde düzenlenen “İklim Değişikliği 2021: Fiziksel Bilim Temeli” isimli rapor 2018’de yayımlanan verilere göre daha karamsar bir tablo çizmiş ve bir an önce harekete geçilmesi gerektiğini işaret etmiştir (Masson-Delmotte et al., 2021). İklim değişikliği, Dünya üzerindeki tüm yaşayan canlıları tehdit etmektedir. Değişim, doğrudan doğruya insanı tehdit ettiği kadar tarımsal üretimi, hayvancılığı ve daha başka birçok biyolojik çeşitlilikleride yok olma tehlikesiyle karşı karşıya bırakarak dolaylı olarakta benzer etkiyi yaratmaktadır. Günümüzde özellikle gelişmiş ülke vatandaşlarının gün geçtikçe iklim değişikliğine uyum sağlamak adına daha farklı çabalar sergilediği görülmektedir. Bir kısmı sıfır karbon emisyonunu hedefleyerek iklim değişikliğini durdurma niyetindeyken bir kısmı durumu kabullenip buna uygun önlemler alma gayreti içerisinde. Bu kapsamda deniz seviyesi ve altındaki yerleşim yerlerinin yeniden planlanması söz konusu olabilmektedir. Dünya ticaretinin büyük bir kısmının deniz üzerinden yapıldığı değerlendirilirse deniz kıyılarında yaşayan yoğun nüfusun yaşadığı evler, sanayii ve ulaşım imkanlarının tamamının su altında kalma tehlikesinin olduğu rahatlıkla ifade edilebilecektir. Bunun ötesinde su ve buna bağlı yiyecek kaynakları gün geçtikçe azalmaktadır. Okyanusların asit seviyesi artmakta ve biyo çeşitliliğin azaldığı bilinmektedir. Bu sonuçların büyük bir kısmının temel nedeni Dünyamızın hızla ısınmasıdır. Bu nedenle atmosfere yayılan sera gazlarının azaltılması ve hızlı bir şekilde çözüm önerilerinin artırılması gerekmektedir. Dolayısıyla Dünya, yoğun olarak yenilenebilir enerji sistemlerinin araştırıldığı ve yeni üretim yöntemlerinin geliştirildiği bir dönemden geçmektedir. Bu dönemde, enerjinin üretim miktarı kadar üretilen enerjinin üretim kaynakları da ayrı bir çalışma konusudur. Ülkelerin yıllık büyüme oranlarının enerji tüketimleriyle paralellik arz ettiği bilinmektedir. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin sanayileşme yarışı neticesinde enerji tüketimleri her geçen yıl bir önceki yılı geride bırakmaktadır. Şekil 1. 1.’de 2018’in sonuna kadar alınan verilere göre Dünya’da yıllık harcanan toplam enerji miktarının gün geçtikçe arttığı görülmektedir.



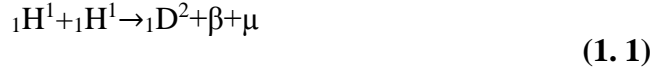
Şekil 1. 2. Yıllara göre Dünya’da tüketilen toplam enerji (U.S. Energy Information Administration (EIA), 2017)

Bu durumun nedenleri arasında Dünya nüfusunun artması ve buna bağlı çeşitli tüketim malzemelerinin üretilmesi maksadıyla harcanan enerjinin artması gösterilebilir.

Dünyamızın içinde bulunduğu Güneş sisteminin %99,8 kütlesini oluşturan Güneş temel enerji kaynağımızdır (NASA Solar System Exploration, 2021). Güneş vasıtasıyla bitkiler fotosentez yaparlar ve temel besin kaynaklarını oluştururlar ve sonrasında bitkilerin üzerine kurulan bir tüketim piramidiyle besin zincirleri oluşur. Ancak tüm canlıların ve dolayısıyla enerjinin temelinde Güneş vardır. Güneş, 1.39×10^9 m çapında ve Dünya’dan ortalama 1.5×10^{11} m uzaklığında olup kendi eksenini etrafındaki dönüşünü 4 haftada tamamlamaktadır. Ancak gazlardan oluştuğundan Dünya gibi yekpare dönüş yapamaz. Ekvatorun dönüşü yaklaşık 27 gün sürerken kutuplara doğru 30 güne kadar çıkar.

Güneşin içinde milyonlarca derecelik sıcaklıklarda üretilen enerji, yüzeye aktarılır ve sonra uzaya yayılır. Art arda emisyon, soğurma ve yeniden radyasyonla birlikte bir dizi ışınım ve konvektif süreç meydana gelmektedir

Belirli bir sıcaklık ve basınçtaki hidrojen atomlarının, helyum gazı ve çeşitli türlerde kozmik gama ve görünür radyasyonları üreten füzyon reaksiyonlarına maruz kaldığı bilinmektedir.



Burada reaksiyonların net sonucu, dört protonun (${}_1\text{H}^1$), bir ${}_2\text{He}^4$ ve ilaveten enerji üreterek birleşmesidir. Dört proton ile bir helyum atomu arasındaki 25,7 MeV'lik kütle farklılıkları γ -ışınları gibi elektromanyetik radyasyonlar şeklinde yayılır. Kütle farkı şu şekilde hesaplanabilir:

$$4 \times {}_1\text{H}^1 (\text{Kütlesi}) = 4 \times 1,00728 \text{ amu} = 4,02912 \text{ amu}$$

$${}_2\text{He}^4 (\text{Kütlesi}) = 4,00150 \text{ amu}$$

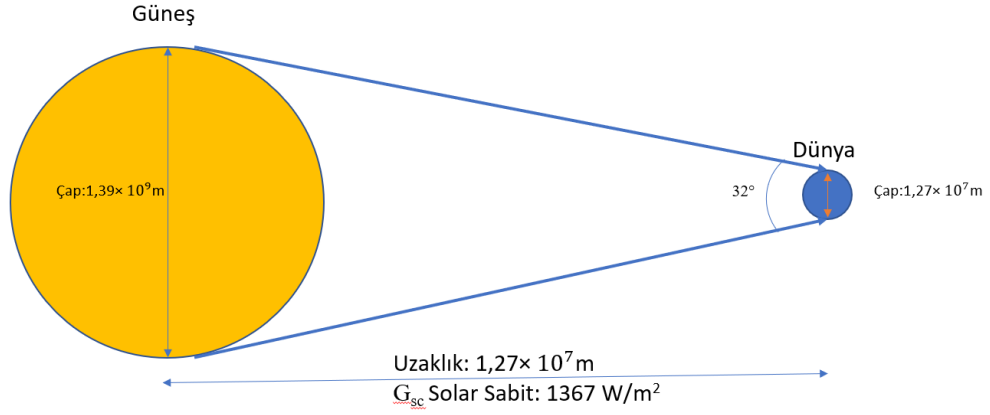
$$\text{Kütle Farkı} = 0,02762 \times 931 = 25,7 \text{ MeV}$$

Buradaki 931 amu ile MeV dönüşüm katsayısıdır (Sharon, 2016).

Bir astronomik birim uzaklıkta (149.597.870.700 metre) yani ortalama Dünya-Güneş arasındaki mesafede, Güneş ile Dünya 32 derecelik bir açığa sahiptir. Dünyanın Güneşin etrafında dönmekte olduğu ve yörüngesinin eliptik olduğu bilinmektedir. Bu nedenle Dünya ile Güneş arasındaki uzaklık %1,7 oranında değişiklik göstermektedir. Güneşten Dünyamıza aktarılan radyasyon, atmosferimize girmeden önce yaklaşık olarak sabittir. Buna Güneş sabiti ($G_{sc} = 1367 \text{ W/m}^2$) denilmektedir. Güneş ile Dünya arasındaki ilişkiler Şekil 1.2.'de açıklanmıştır. Eksantrik yörünge düzlemi nedeniyle enerji yoğunluğu \pm %3 değişebilmektedir. Yılın n. gününde atmosfere girmeden önceki Güneş yoğunluğu aşağıdaki gibi hesaplanabilmektedir.

$$G_{on} = G_{sc} \left(1 + 0,033 \cos \frac{360n}{365} \right) \quad (1.3)$$

Bu eşitlik içerisinde n yılın kaçınıcı günü olduğu ve G_{sc} ise Güneş sabitidir(Beckman, 2013).



Şekil 1. 3. Dünya ile Güneş arasındaki ilişki

Güneşin toplam kütlesi içerisinde saniyede yaklaşık 5 Milyon Ton kadarı enerjiye dönüşmektedir. Oluşan enerjiden 1010 MW, yaklaşık 500 saniye kadar bir süre sonunda Dünyamıza ulaşır. Bahsedilen enerji yüksek gibi görünse de az miktarı ancak kullanılabilir enerjiye çevrilebilir (Akova, 2008).

Güneşin toplam gücü için aşağıdaki eşitlik verilir;

$$\frac{P}{A} = \sigma_{SB} T^4 = 5,67039965 \times 10^{-8} T^4 \text{ W / m}^2 \quad (1.2)$$

Burada A yüzey alanı, P gücü, T yüzey sıcaklığını (değişken olmakla beraber 5800 K kabul edilir) ve σ_{SB} Stefan-Boltzman sabiti olup $5.67039965 \times 10^{-8} \text{ W/ m}^2 \cdot \text{K}^4$ değerindedir.

Güneş kusursuz bir küre olarak varsayıldığında toplam alanı;

$$A = 4\pi R_G^2 = 6,0821 \times 10^{18} \text{ m}^2 \quad (1.3)$$

Burada R_G Güneşin yarıçapını ifade eder ve 696340 km büyüklüğündedir. Buradan da alanı $6,088 \times 10^{18} \text{ m}^2$ yani Dünyanın 11900 katıdır. Toplam gücü ise $3.9027 \times 10^{26} \text{ W}$ olarak bulunabilir (Tapramaz, 2019).

Bu gücün Dünyamıza ulaşan kısmını incelediğimizde Güneşten Dünyaya gelen toplam radyasyonun %30'u atmosferimiz sayesinde yansıtılmakta kalan kısmı ise bulutlar okyanuslar ve kara kütleleri tarafından emilmektedir. Ancak son yıllarda

fazlaca dikkat çeken husus, Dünyanın oluşumundan beri gerçekleşen bu duruma rağmen ortalama sıcaklıkların her geçen yıl bir öncekinden daha fazla arttığıdır.

Ortalama sıcaklıkların artmasının birçok nedenlerinden en önemlisi sayılabilecek durum, enerji üretimi ve kullanımı basamaklarında yüksek miktarda ısının atmosfere yayılmasıdır. Isının yayılmadan önce enerji üretimine dahil edilebilmesi bu kısır döngünün büyük oranda engellenmesine yardımcı olabilmektedir.

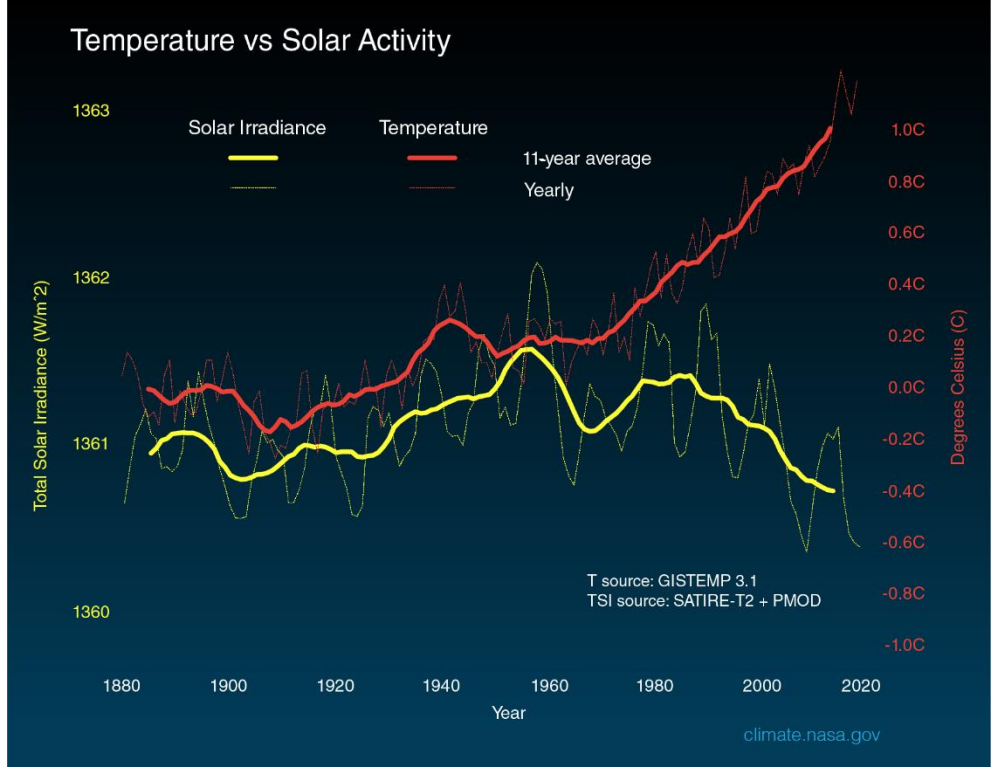
Yukarıda bahsedilen nedenlere istinaden termoelektrik kavramı her alanda kendini göstermeye başlamıştır. Termoelektrik, belirli fiziksel olgular çerçevesinde ısı ile elektrik arasındaki ilişkiyi açıklar. Bu ilişkiler sayesinde termoelektrik üreteç ve soğutucular imal edilmiştir.

Bilindiği üzere termoelektrik sistemler genel anlamda atık ısıların geri kazanımı üzerine çalışılmış bu alanda projeler geliştirilmiştir. Bu tez çalışmasında ise termoelektrik sistem başlı başına temiz enerji üretimi amacıyla tasarlanarak, imal edilip, uygulanmıştır.

2. KÜRESEL ISINMA

Küresel ısınma, Dünya yüzeyindeki havanın ortalama sıcaklığındaki artışı ifade etmek için kullanılan genel bir terimdir. Küresel sanayileşme yarışı, ulaştırma araçlarında fosil yakıtların kullanılması, verimsiz motor sistemlerinin tercih edilmesi, ormansızlaştırma ve artan nüfusa bağlı artırılan hayvan stokları gibi nedenlere dayalı olarak atmosferdeki CO₂ gazı konsantrasyonu hızla artmıştır. Bununla birlikte stratosferde bulunan Ozon tabakasının incelmelerinden dolayı UV ışınlarının doğrudan atmosferimize girmesinin de küresel ısınmaya katkı sağladığı düşünülmektedir (Sharon, 2016). Dünyanın geçmiş dönemlerdeki Buzul Çağları'nın Dünyanın Güneş etrafındaki yörüngesinden az miktarda sapmalarından kaynaklandığı bilinmektedir (Fahey et al., 2017). Birleşmiş Milletler Hükümetler arası İklim Değişikliği Panelindeki (IPCC) genel fikre göre son yıllarda yaşadığımız iklim değişikliğinin doğal yollarla ve Güneşten kaynaklandığını düşünmek yanlıştır. Çünkü günümüzde küresel ısınma, Güneşin hareketlerinden kaynaklanmayacak kadar hızlı ve fazla yaşanmaktadır (Jones et al., 2012).

Küresel ısınmaya karşı ülkeler arası çeşitli protokoller ve anlaşmalar imzalanmış olup en son Aralık 2015'de, 195 ülkenin kabul etmesiyle Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Taraflar Konferansı'nda (UNFCCC) Paris Anlaşması ortaya atılmıştır. Bu anlaşmanın uzun vadeli amacı küresel ısınmayı sanayi devrimi öncesinde olduğu gibi 2°C sıcaklığın altında nihai hedef olarak ise 1.5°C üzerine çıkmamak olarak belirlenmiştir (Avrupa Birliği Türkiye Delegasyonu, 2016).



Şekil 2.1. Dünya'nın 11 yıllık yüzey sıcaklığı ve aldığı Güneş radyasyonu miktarları(NASA, 2021)

Şekil 2.2.'de Dünya'nın 1880'den bu yana yüzey sıcaklık değişimleri kırmızı çizgilerle aldığı Güneş radyasyonu sarı çizgilerle belirtilmiş olup (W/m^2) cinsinden karşılaştırılmıştır. Nispeten ince çizgiler yıllık görülen seviyeleri, daha kalın çizgiler 11 yıllık ortalama değerleri göstermektedir.

Dünya'nın aldığı Güneş enerjisi miktarının; küçük değişimler şeklinde normal döngüsünü takip ederek, 1950'lerden bu yana net bir artış göstermediği görülmektedir. Aynı dönemde alınan radyasyondan ayrılarak, küresel yüzey sıcaklığı önemli ölçüde artmıştır. Dolayısıyla, yaşadığımız ve grafikten anlaşılan küresel ısınma eğiliminin Güneş'in radyasyonundan kaynaklandığını düşünülmesi olası değildir (Feulner and Rahmstorf, 2010).

3. IŞIK

Işık bir çeşit enerjidir. Isac Newton ışığın tanecikler şeklinde yayıldığını iddia etmiş ve bu teorisi ışığın tanecik modeli olarak literatürde yerini almıştır. Bu teoriye göre ışık fotonlar halinde yayılmaktadır. Sonrasında Hollandalı bilim insanı Christian Huygens tarafından, ışığın dalga modeli öne sürülmüştür. Young ve Fresnel ise ışığın kırınımı, kutuplanması ve girişimi konusunda çeşitli deneyler yaparak ışığın dalga formunu savunmuşlardır. Maxwell ise kendi denklemlerine göre ışığın yayılmasının bir elektromanyetik dalga gibi olduğunu ifade etmiştir. Modern fizikte ise ışığın hem dalga hem de parçacık teorisi kabul edilmektedir.

Işık yalnızca ışık hızında var olabilir. Optik olaylar, elektromanyetik spektrum içerisinde görünür ışık, kırmızı altı bölge ile mor ötesi bölgenin bir kısmıyla ilgilendir. Bu olaylar içerisinde tez konumuz kapsamında en önemli olay ışığın kırılmasıdır.

3.1. Işığın Kırılması

Güneşten Dünyaya gelen ışıklar Dünya atmosferine girene kadar araya bir gök cismi girmediği sürece net bir doğru boyunca yol alırlar çünkü Güneş Dünya arasında ışığı bükebilecek kadar büyük kütleli bir cisim yoktur. Işık Dünya atmosferine girdikten sonra ortam değiştirdiği için belirli bir miktar kırılır. Bu durumda uzay ideal vakumlu ortam olarak kabul edildiğinde n_1 değeri 1 alınmış olacaktır.

$$n_i = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} \quad (3.1)$$

Buradaki n_i aynı zamanda ışık hızının, ışığın ortamdaki hızına oranı olarak ifade edilebilir.

3.2. Güneş ve Işımaya Dair Bazı Tanımlar ve Güneş Açıları

Gündüz, Güneş ışınlarının Dünyanın gözlemlenen bölgesine ulaşması neticesinde oluşan aydınlık zaman dilimidir. Güneş enerjisinin Dünya'da verimli bir şekilde kullanılması maksadıyla bazı tanımlar önem arz etmektedir bu tanımlar sırasıyla aşağıda sunulmuştur.

3.2.1. Enlem

“ ϕ ” simgesiyle ifade edilir ekvatorun kuzey veya güneyindeki açısal konumdur, kuzeye doğru pozitif güneye doğru negatiftir.

3.2.2. Eğim

“ β ” simgesiyle ifade edilir söz konusu yüzeyin düzlemi ile yatay arasındaki açı anlamına gelir; $0^\circ \leq \beta \leq 180^\circ$. ($\beta > 90^\circ$, yüzeyin aşağı bakan bir bileşeni olduğu anlamı taşır.)

3.2.3. Yüzey Azimut Açısı

“ γ ” simgesi ile ifade edilir. Hakiki güneyden yüzey normali ile yüzey arasındaki açıdır, doğu yönlü negatif ve batı yönlü pozitiftir. $-180^\circ < \gamma \leq 180^\circ$.

3.2.4. Saat Açısı

“ ω ” simgesiyle ifade edilir Dünyanın bir saat içerisinde kendi üzerindeki ekseninde 15 derece dönmesiyle yerel meridyenin batısında ya da doğusunda oluşan ve sabah negatif öğleden sonra pozitif olan açısal yer değişimidir.

3.2.5. Geliş Açısı

“ θ ” simgesiyle ifade edilir. Bir yüzeyin maruz kaldığı direkt ışık ile yüzey normalinin yaptığı açıdır Güneş ışınlarının geliş açısıdır.

3.2.6. Zenith Açısı

“ θ_z ” simgesi ile ifade edilir. Güneş ışınlarının geliş açısıyla dik eksen arasındaki açıdır.

3.2.7. Güneş Yükseklik Açısı

“ α_s ” simgesi ile ifade edilir. Güneş ışınlarının dik doğrultusu ve yatay düzlemin yaptığı açıdır. Zenit açısının tamamlayıcısıdır

3.2.8. Solar Azimut Açısı

γ_S simgesiyle ifade edilir. Güneş ışınlarının yatay düzlemdeki izdüşümünün hakiki güney ile yaptığı açıdır. Hakiki Güneyin doğusundaki yer değiştirmeler negatif, batısındaki yer değiştirmeler pozitiftir.

3.2.9. Deklinasyon Açısı (Declination)

Deklinasyon, δ simgesiyle ifade edilir. Deklinasyon açısını hesaplamak maksadıyla Cooper denklemi kullanılabilir.

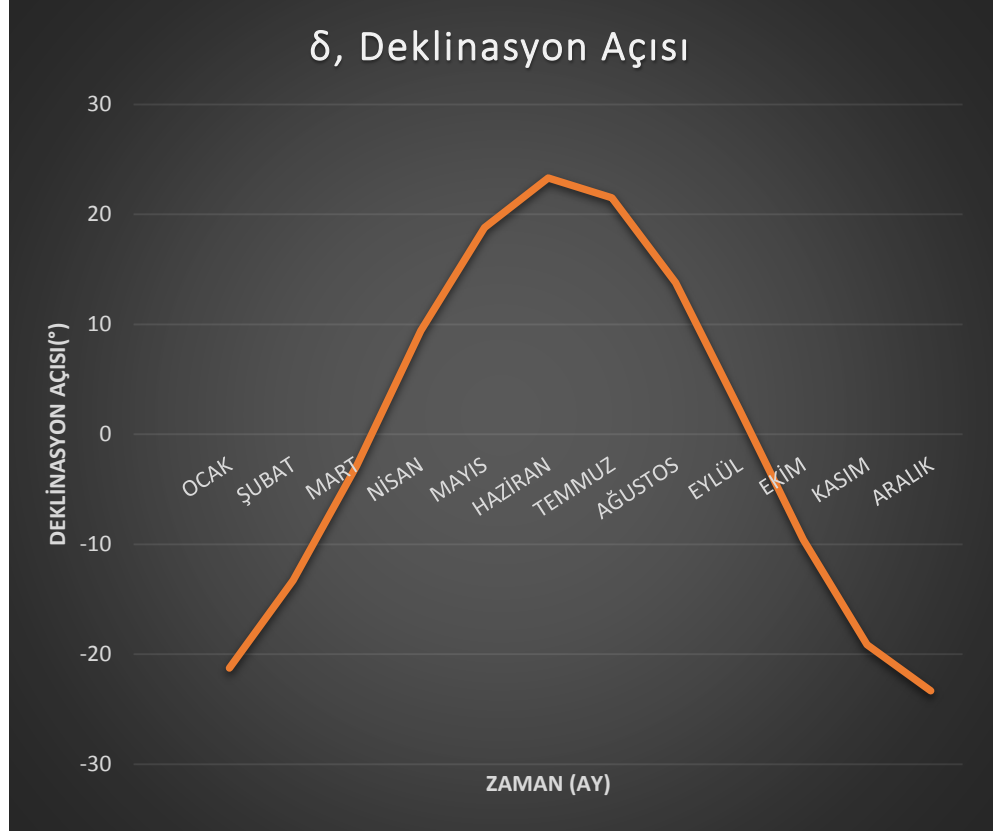
Kurulacak Güneş enerjisi sistemlerinin ön hazırlık aşamasında o bölgede Güneş ışınlarının geliş açısını hesaplamak önemlidir ve bu kapsamda Güneşin ekvatorдан açısız yüksekliğine deklinasyon(δ) adı verilmektedir. Deklinasyon açısı Dünyanın eksenel eğikliğinden dolayı oluşmaktadır.

$$\delta = 23,45^\circ \sin\left(360 \frac{284 + n}{365}\right) \quad (3.2)$$

Burada δ deklinasyon açısı, n gün sayısı olarak verilmiştir (Sarbu and Sebarchievi, 2017). Tablo 3. 1.'de ve grafik olarak Şekil 3. 1.'de on iki aylık süre boyunca Eşitlik 3. 2'ye göre hesaplanan deklinasyon açıları görülmektedir.

Tablo 3. 2. Aylara göre deklinasyon açısı($^\circ$) değerleri

AYLAR	OCAK	ŞUBAT	MART
<i>i</i>	15	15	15
<i>n</i>	15	46	74
δ (DEKLİNASYON AÇISI)	-21,27	-13,29	-2,82
AYLAR	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN
<i>i</i>	15	15	15
<i>n</i>	105	135	166
δ (DEKLİNASYON AÇISI)	9,41	18,79	23,31
AYLAR	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL
<i>i</i>	15	15	15
<i>n</i>	196	227	258
δ (DEKLİNASYON AÇISI)	21,52	13,78	2,22
AYLAR	EKİM	KASIM	ARALIK
<i>i</i>	15	15	15
<i>n</i>	288	319	349
δ (DEKLİNASYON AÇISI)	2,22	-9,60	-19,15



Şekil 3. 1. Yıl içerisindeki deklinasyon açısı değerleri

Cooper Denklemi'ne göre her ayın on beşindeki deklinasyon açıları hesaplanırken, Şubat ayı 28 gün çekecek şekilde ele alınmıştır. Dört yılda bir Şubat ayı hesaplamalarında 'n' değeri için ilk değer alınan güne 60 gün eklenecek şekilde hesaplama yapılmalıdır. Halihazırda 59 eklenmiştir.

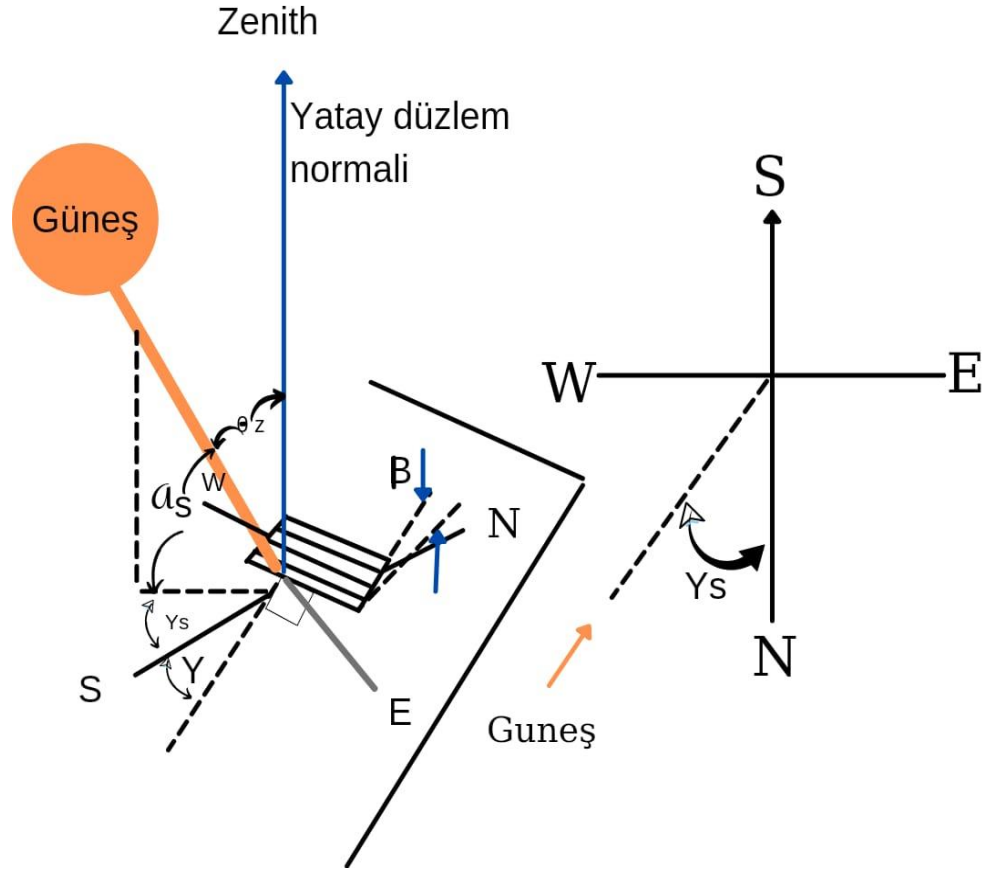
Deklınasyon açısı eksenel eğiklikten dolayı oluşur. Grafik iki noktada en düşük ve en yüksek değerlere erişir. Deklinasyon açısının eksenel eğiklikle aynı olduğu noktalarda gündüz ve gece süreleri eşittir. Bu durumlara ekinoks adı verilmektedir. Yılda iki defa olan Ekinoks gece ve gündüzün 12 saat olduğu gün ve olay olarak tanımlanabilir. Aşağıda Güneşin geliş açılarına ait kavramlar ifade edilmiş olup Şekil 3. 2.'de gösterilmiştir.

3.2.10. Zenit Açısı:

θ_z simgesiyle ifade edilir. Güneşin gelen ışınları ile düzlemin normali(diki) arasındaki açıdır.

3.2.11. Güneş azimut açısı:

γ_s simgesiyle ifade edilir. -180 derece ile 180 derece arasında değişiklik gösterir. Güneş ışınlarının yataydaki projeksiyonunun güney yönü doğrultusuna göre olan açısıdır.



Şekil 3. 3. Güneş radyasyonunun yüzeye göre açıları

4. KONSANTRE GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ

Gelişmiş Güneş enerjisi teknolojisi, minimum sermaye yatırımı ile süratli bir şekilde yatırım yapılan para miktarının geri alındığı ve yüksek miktarda, en verimli gücü üreten sürdürülebilir tesisler ve sistemler arayışı içindedir (Salgado Conrado et al., 2017). Konsantre Güneş enerjisi (CSP) sistemleri, daha geniş Güneş ışığı alanlarını bir alıcıya yoğunlaştırmak için aynalar veya lensler kullanarak Güneş enerjisini kullanılabilir elektrik enerjisine çeviren sistemlerdir. Güneş enerjisi konsantrasyonu, yüksek kaliteli ısı kaynağı elde etmek için Güneş enerjisini toplamanın en etkili yoludur. Farklı geometrik konsantrasyon oranına (GCR) sahip Güneş enerjisi yoğunlaştırıcıları, farklı sıcaklık seviyelerinde ısı elde etmek için kullanılabilir.

Geçtiğimiz yıllarda, konsantre Güneş enerjileri (CSP) ile elektrik üretebilmek amacıyla üç ana teknoloji kullanılmıştır bunlar sırasıyla:

1. İzole edilmiş bölgelerde doğrudan elektrik üretebilen çanak / stirling motor sistemleri
2. Yüksek basınçlı aşırı ısıtılmış buhar üreten Parabolik Oluk ve Fresnel sistemleri
3. 1000 °C'nin üzerinde hava veya gaz türbini için sentez gazı üreten Güneş kulesi sistemleridir.

Güneş enerjisi santrallerindeki düşük yoğunluklu Güneş ışınlarını toplayıp yoğunlaştırmak bu santrallerdeki en zorlu mühendislik problemidir. Çoğu santral Güneş enerjisini yoğunlaştırmak için cam aynalar kullanmaktadır.

Bununla birlikte noktasal ve lineer odaklı büyük sistemler geliştirilmektedir. Ancak bilindiği üzere bu sistemler yalnızca direkt gelen gün ışığını kullanabilmektedir. Dağınık gelen ışınlar kullanılamaz. Lineer odaklama sistemlerinin kullanımı daha pratiktir ancak daha düşük bir konsantrasyon imkanına sahiptir ve bu nedenle nokta odaklama sistemlerine göre odak hedefi daha düşük sıcaklıklara ulaşır. Ancak entegre edileceği yenilenebilir enerji sistemi göz önüne alındığında noktasal sistemler odaklandıkları bölgelere zarar verebilmektedirler. Bu nedenle lineer sistemlerin daha kullanışlı olduğu değerlendirilmektedir.

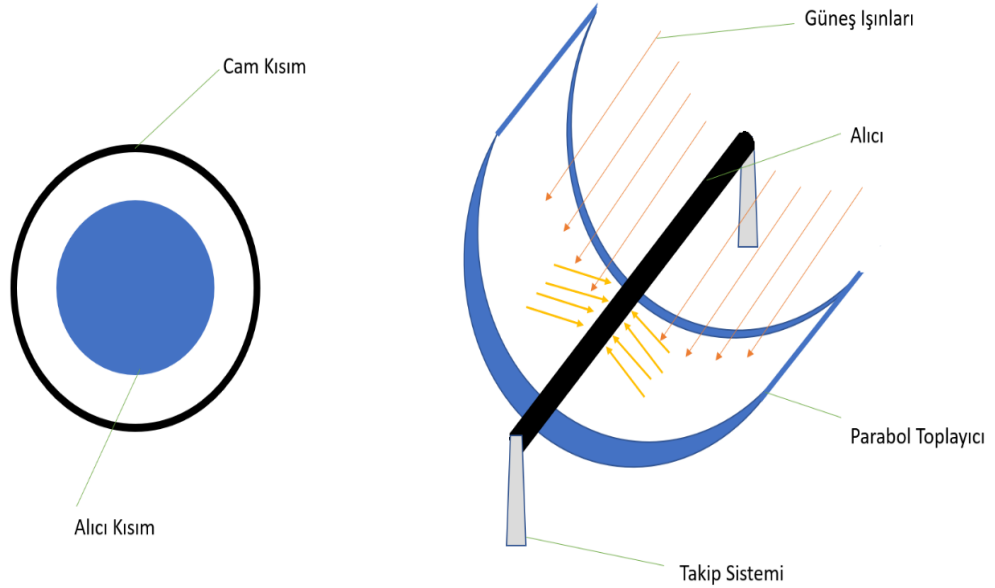
Tablo 4. 1. 2019 yılı ülkelere göre CSP kapasite değişimleri (REN 21, 2021)

Ülkeler	2018'de Toplam Bitmiş Olan (MW)	2019'da Eklenen (MW)	2019'da Toplam Bitmiş Olan (MW)
<i>İspanya</i>	2304	-	2304
<i>Amerika</i>	1738	-	1738
<i>Fas</i>	516	-	516
<i>Güney Afrika</i>	400	100	500
<i>Çin</i>	220	200	420
<i>İsrail</i>	-	240	240
<i>Hindistan</i>	225	-	225
<i>BAE</i>	100	-	100
<i>Suudi Arabistan</i>	50	-	50
<i>Kuveyt</i>	-	50	50
<i>Cezayir</i>	20	-	20
<i>Mısır</i>	20	-	20
<i>İran</i>	17	-	17
<i>Fransa</i>	-	9	9
<i>Dünya (Toplam)</i>	5610	600	6210

Dünya'da CSP sistemleri, 2019'da 600 MW kapasitenin devreye girmesiyle % 11 artarak 6,2 GW kapasiteye yükseltilmiştir. Bununla birlikte, CSP yeni pazarlara yayılmaya devam etmiş ve yıl sonunda toplam 1,1 GW'den daha fazla kapasiteli üretim tesisi henüz yapım aşamasında olduğu bildirilmiştir. Tablo 4. 2.'de 2019 yılı içerisinde ülkelere göre CSP kapasite değişimleri gösterilmektedir (REN21, 2021). CSP'ler değerlendirildiğinde en yaygın şekilde kullanılanlar Parabolik Oluk Toplayıcılardır.

Parabolik Oluk Toplayıcılar (PTC) hafif tasarım yapılarına ve yapı büyüklüğüne oranla nispeten yüksek verimliliğe sahiptir. Şekil 4. 1. 'de görülen PTC sistemi, parabolik bir şekle bükülmüş, genellikle iç kısmı (yansıtıcı kısmı) gümüş akrilik rengi olan bir yansıtıcı malzeme tabakasından oluşur. Bükülen levhalar genelde sıra sıra birleştirilerek uzun bir oluk oluşturulur. Oluğun odağına alıcı kısım yerleştirilir. Alıcı kısım kazanılan enerjinin kaybını en aza indirmek amacıyla cam boru içine yerleştirilmiş siyah renkte metal bir borudan ibarettir. Toplayıcıların cam tüp kısmı ise absorbe ettiği radyasyonu geri yansıtmayacak şekilde dizayn edilmiştir. Verimliliği artırmak için cam ve metal arasına vakum uygulanabilir. Metal boru içerisinde ısı

alışverişini sağlayan sıvı dolaşır. Bu sıvı alıcı kısımdan geçerek termal enerjiyi üzerinde depolar. Müteakiben enerjiyi alan akışkan ya doğrudan doğruya elektrik üretim tesisine gider ya da sonra kullanılmak üzere depolanır. Bu tip sistemlerde çalışan sıvı genel olarak su veya yağdır.



Şekil 4. 2. Parabolik toplayıcı ve alıcı şeması

PTC'ler takip sistemleri üzerine konuşlandırılabilirler. Tek eksenli takip sistemi bu tip toplayıcılar için uygun olacaktır. Kuzey-Güney eksenine yerleştirilip Doğu-Batı yönünde takip veya Doğu-Batı eksenine yerleştirilerek Kuzey-Güney eksen takibi yapılabilir. Doğu-Batı eksenine yerleştirilen sistemin avantajı, gün boyunca çok az kolektör hareketinin olmasıdır. Ayrıca bu şekilde tam öğle saatinde kolektör dik açıyla Güneş'e bakacaktır. Dezavantajı ise günün erken ve geç saatlerinde kolektör performansının Güneş ışınlarının geliş açılarının artması nedeniyle büyük ölçüde azalmasıdır. Buna karşın, Kuzey-Güney yönlü yerleştirilen olukların açılabilir olarak en çok kaybı öğle en az kaybı ise sabah ve akşam saatlerinde olacaktır. Bu iki eksenli takip yönü bir yıl boyunca incelendiğinde Kuzey-Güney eksenli yerleştirilen takip sistemli oluğun Doğu-Batı eksenine yerleştirilen oluğa göre daha fazla enerji topladığı gözlemlenmiştir. Kuzey-Güney eksenli oluğun yaz aylarında Doğu-Batı eksenli oluğun ise kış aylarında daha fazla enerji topladığı görülmüştür. Dolayısıyla bu noktada eksenin yönü yılın hangi mevsiminde enerjiye ihtiyaç olunacağına göre değişiklik gösterebilmektedir (Kalogirou, 2004).

Bu alanda gösterilebilecek örneklerden Solar Energy Generating Systems (SEGS), Amerika Birleşik Devletleri'nin Kaliforniya Eyaletinde bulunan konsantre bir Güneş enerjisi santralidir. 354 megawatt'lık (MW) üç ayrı lokasyondan birleşik kapasite ile çalışmaktadır. 2014 yılında daha da büyük olan Ivanpah tesisinin devreye alınmasından sonra Dünya'nın ikinci büyük Güneş enerjisi üretim tesisi olmuştur. Ancak yalnızca parabolik oluk toplayıcılar ele alındığında kapasite bakımından birinciliğini korumaktadır. SEGS yalnızca PTC sistemlerinden oluşmaktadır. PTC'ler 50 ila 400 °C arasındaki sıcaklıklarda etkin bir şekilde ısı üretir. Bu sıcaklıklar, büyük çoğunluğu 300 °C'nin altında çalışan çoğu endüstriyel ısıtma işlemi ve uygulaması için genellikle yeterli yüksekliktedir.

Bir diğer Güneş enerjisi konsantre sistemi de Lineer Fresnel Reflektörlerdir. Lineer Fresnel Reflektör (LFR) teknolojisi, ışığı doğrusal kuleye monte edilmiş sabit bir alıcıya odaklayan bir dizi doğrusal ayna şeridine dayanır. LFR'nin yüzey alanı, kırılmış bir parabolik toplayıcı olarak hayal edilebilir ancak parabolik toplayıcılardan farklı olarak, parabolik şekle sahip olma zorunluluğu yoktur. Bu tip sistemlerin en büyük avantajı, parabolik cam reflektörlere göre daha ucuz olan düz veya elastik kavisli reflektörler kullanılmasıdır. Ayrıca, bunlar yüzeye yakın monte edilerek sistem kurulurkenki ihtiyaç duyulacak yapısal gereksinimler en aza indirilir. Dolayısıyla maliyet ve yapısal ihtiyaçlar bakımından tercih edilebilir bir sistemdir.

Sistemin dezavantajına bakılacak olunursa reflektörlerin ardı ardına sıralanması nedeniyle birbirine gölge yapma veya yansıtma esnasında önünde durma ihtimalleridir. Bu sorun hedef toplayıcının yüksek bir konuma yerleştirilmesi ile çözülebilir ancak buda yapısal gereksinimleri artıracak ve maliyet katlanacaktır.

Bunun yanında başka bir konsantre Güneş enerjisi sistemi Parabolik Çanak Reflektörlerdir. Parabolik Çanak Reflektör (PDR), Güneş enerjisini çanağın odak noktasında bulunan bir alıcı üzerinde yoğunlaştıran, Güneşi iki ekseninde takip eden bir nokta odaklı toplayıcıdır. Çanak, gün boyu Güneş ışınlarını termal alıcıya ulaştırmak amacıyla Güneşi takip etmelidir. Bu amaçla, çanağın yapısı gereği izleme mekanizmaları iki eksenden oluşmalıdır. Merkezde bulunan alıcı kısım, Güneş enerjisini emer ve onu dolaşımdaki bir sıvıda termal enerjiye dönüştürür. Termal enerji daha sonra ya doğrudan alıcıya bağlı bir motor-jeneratör kullanılarak elektriğe dönüştürülebilir ya da borular aracılığıyla merkezi bir güç dönüştürme sistemine

taşınabilir. Parabolik çanak sistemlerin toplayıcı kısımları 1500 °C sıcaklıklara ulaşabilmektedir (Răboacă et al., 2019).

Parabolik Çanak Reflektör'lerin birkaç önemli avantajı vardır:

1. Sürekli Güneş'e dönük oldukları için tüm kollektör sistemleri arasında en verimli olanlarıdır;

2. Tipik olarak 600 – 2000 aralığında konsantrasyon oranlarına sahiptirler ve bu nedenle yüksek verimli sistemlerdir,

3. Bağımsız olarak veya daha büyük bir çanak sisteminin parçası olarak çalıştırılabilen alıcı ve toplayıcıyalara sahiptirler.

Parabolik bir çanak motor sistemi, elektrik üretmek için ham petrol veya kömür yerine Güneş ışığı kullanan bir elektrik jeneratörüdür. Bu sistemin ana parçaları solar çanak yoğunlaştırıcı ve güç dönüştürme birimleridir.

Konsantre Güneş enerjisi sistemleri arasında yaygın olarak kullanılan bir diğer sistem ise Güneş kulesi sistemleridir. Çok sayıda düz ayna doğrudan Güneş ışınlarını ortak bir hedefe yansıtmak için kullanılabilir. Buna heliostat alanı veya merkezi alıcı toplayıcı denilir. Bu tip toplayıcıların ilk tasarımlarında, odaklanan bölgede su kullanılarak su buharından enerji üretmek üzerine çalışılmıştır. Genel prensip aynı olsa da zaman geçtikçe tasarıma çeşitli eklemeler yapılmıştır.

Güneş kulesi üzerine hafif içbükey aynalar kullanılarak, yüksek sıcaklık ve basınçta buhar üretmek için büyük miktarlarda termal enerji bir buhar jeneratörünün boşluğuna yönlendirilebilir. Alıcı tarafından emilen konsantre ısı enerjisi, depolanabilen ve daha sonra güç üretmek için kullanılabilen dolaşımdaki bir sıvıya aktarılır. Güneş kulelerinin çeşitli avantajları vardır:

1. Güneş enerjisini optik olarak toplayarak tek bir alıcıya aktarırlar, böylece termal enerji taşıma gereksinimlerini en aza indirirler;

2. Tipik olarak 300 – 1500 konsantrasyon oranlarına ulaşırlar ve hem enerjiyi toplarken hem de elektriğe dönüştürürken oldukça verimlidirler;

3. Termal enerjiyi rahatlıkla depolayabilirler;

4. Oldukça büyüktürler (genellikle 10 MW'dan fazladır) ve bu nedenle ekonomik olarak mantıklı görülebilirler.

Bu tip sistemler Güneş ışığını toplar ve alıcı üzerinde yoğunlaştırır, alıcı ise konsantre Güneş ışığını emer ve enerjisini bir ısı transfer sıvısına aktarır. Borulardan, pompalardan ve valflerden oluşan ısı taşıma sistemi; transfer sıvısını alıcı, depolama ve güç dönüştürme sistemleri arasında kapalı bir döngüde çevirir. Termal depolama sistemleri, toplanan enerjiyi güç dönüştürme sistemine daha sonra aktarmak üzere ısı olarak depolarlar.

Enerji üretiminde devamlılık en önemli faktörlerden biridir. Bu nedenle enerjinin depolanması gerekir. Dolayısıyla bazı Güneş kulelerinde Güneş varken ısı enerjisinin bir kısmını büyük hacimli alkali nitratlar ve nitritleri Güneş ışınlarıyla ısıtarak enerji üretiminde kullanırken depolanan termal enerji sayesinde Güneş battıktan sonra dahi kullanılabilir elektrik enerjisi üretilmeye devam edilebilir (Tapramaz, 2019).

4.1. Lineer Yoğunlaştırıcı Sistemler

Lineer yoğunlaştırıcı sistemler, çeşitli yöntemler kullanarak geniş alanlardan topladığı Güneş radyasyonunu çizgi halinde bir emiciye çizgi halinde yönlendirmeye çalışır. Genel olarak bu sistemlerde bir tüp ve içerisinde çalışan bir sıvıyla oluşturulurlar.

Bilinen üç ana lineer yoğunlaştırıcı sistemi mevcuttur bunlar: parabolik oluklu lineer Güneş yoğunlaştırıcı (Coventry, 2005) lineer Fresnel lens ve lineer yansımali Fresnel yoğunlaştırıcılardır (Negi et al., 1990; Rehman et al., 2019).

Solar toplayıcılar, Güneşten gelen ışınları toplayarak ısı enerjisi olarak odağına hapseden sistemlerdir. Lineer konsantre toplayıcılarla ilgili yayınlanmış çalışmaların çoğu, vakum tüplü Güneş kollektörüne sahip parabolik oluklu toplayıcılarla ilgilidir (Odeh et al., 1998; Eck et al., 2003; Zarza et al., 2004; Li and Wang, 2006).

Bu tip toplayıcılar dışında, lineer Fresnel lensin de Güneş radyasyonunu yoğunlaştırmakta hem foto-termal hem de fotovoltaik sistemlerle elektrik üretimi için uygun bir kollektör olduğu bilinmektedir. Literatür araştırması neticesinde Fresnel lens kullanımının genel olarak nokta odaklamalı fotovoltaik sistemler ekseninde ilerlediği görülmüştür. Bu kapsamda lineer Fresnel lensin kullanıldığı sistemler araştırılmıştır. Al-Jumaily ve Al-Kaysi , seri bağlı iki adet düz doğrusal Fresnel lens, iki adet emici ve iki eksenli takip sistemi ile verimlilik hesabı yapmışlardır ve termal ve optik kayıpları tespit etmişlerdir (Al-Jumaily and Al-Kaysi, 1998).

H. Zhai, Y.J. Dai ve ark. ise 2009 yılında tek eksen takip sistemli Güneş kollektörlü bir sistem tasarlamış ve sistemin teorik ve deneysel analizini yapmışlardır (Zhai et al., 2010).

4.1.1. Fresnel Lensler

Yoğunlaştırma biçimine göre yansıtma tip ve iletim tip olmak üzere iki ana yoğunlaştırıcı türü vardır (Ma et al., 2020). Parabolik yoğunlaştırıcılar, doğrusal Fresnel reflektörler ve Güneş kulesi yaygın olarak kullanılan yansıtma tipi yoğunlaştırıcılarıdır. Bununla birlikte yansıtma tip yoğunlaştırıcılar bazı mühendislik problemleriyle karşılaşılmasına neden olabilmektedirler. Örneğin parabolik yoğunlaştırıcılar büyük miktarda Güneş ışığı toplayabilmek amacıyla, parabolik toplama aynalarının 6-8 m civarında olması gerekmektedir, bu da yüksek ölçülerde rüzgâr direnci ile neticelenir. Dolayısıyla, bir parabolik kolektörün iskeleti hem ayna reflektörlerinin ağırlığını hem de rüzgar kuvvetini kaldıracak kadar mukavim olmalıdır. Aksi takdirde, rüzgar nedeniyle ayna reflektörlerinin açısı bozulabilir. Diğer taraftan bu gerilimi kaldırabilecek bir iskelet sistemiyle ağırlık artacak ve Güneş takip sisteminin motoru daha çok enerji tüketecektir. Ayrıca yukarı bakan yoğunlaştırıcı üzerinde toz birikebilir ki bu da optik verimliliği azaltacaktır. Bunun dışında, sistemler çanak tipi yapıları nedeniyle kışın karlı bölgelerde üzerinde yoğun kar birikmesine meyillidir (Nagwase et al., 2019).

Yansıtma tip yoğunlaştırıcılara karşın lensli yani iletim tip yoğunlaştırıcılar, yansıtma tip yoğunlaştırıcılardan farklı olarak Güneş konsantrasyonunu benzer oranlarda artırırken, ışığın yoğunluğu toplayıcı kısmın (ışığın yoğunlaştırıldığı parça) varlığı nedeniyle gölgelenmez. Çünkü lensler saydamdır ve toplayıcı kısım iletim tip toplayıcının arka tarafına yerleştirilecektir. Bu nedenle aynalı yoğunlaştırıcı sistemlere göre daha kullanışlıdır.

Fransız fizikçi Augustin-Jean Fresnel tarafından deniz fenerleri için geliştirilen kompozit kompakt lenslere Fresnel Lens adı verilmektedir. Kompozit yapıya sahip olmaları nedeniyle cam lenslere göre daha hafiftir.

Tasarımı itibariyle aynı standartlarda geleneksel lenslerin üretimi için gereken malzeme miktarı ve büyüklüğüne ihtiyaç duymadan geniş ışık açıklığına ve kısa odak uzunluğuna sahip lenslerin üretimi mümkündür. Fresnel lensler temel anlamda prizma zinciridir. Her bir prizma, lens yüzeyinin bombesi görevini icra eder. Aynı işi

yapmalarına rağmen geleneksel lenste kullanılan hacim ve malzeme kullanılmaz. Fresnel lensler kendine özgü dişli bir yapıya sahiptir. Bu yapıdaki dişler eş merkezli veya paralel yapılarda olabilir. Nokta odaklama amaçlandığında dişler merkezden açılarak kademeli sıralanmaktadır.

Güneş enerjisinin toplanması için Fresnel lenslerin kullanmaya yönelik ilk girişimler, 1950'lerde polimetilmetakrilat (PMMA) gibi uygun plastiklerin piyasaya sürüldüğü esnada gerçekleşmiştir. PMMA Güneş ışığına dayanıklı bir malzeme olup en az 80 °C'ye kadar termal olarak stabil kalma özelliğine sahiptir (Leutz and Suzuki, 2001).

Genel olarak Fresnel lensler yenilenebilir enerji sistemlerinde Güneş takip sistemleriyle beraber kullanılmaktadır. Çünkü Güneş ışınları gün içerisinde mümkün olan en dik açıyla alınmalı ve ışık yoğunluğu azami seviyede tutulmalıdır.

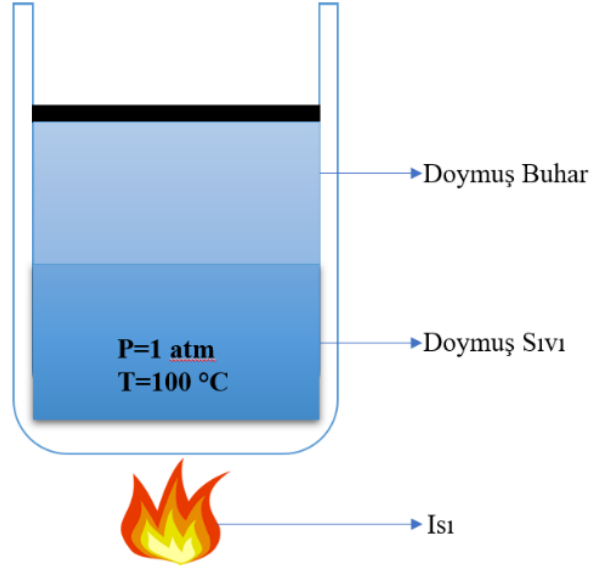
Bu lenslerin kullanıldığı çalışmalardan biri olan Valkimi'ye ait bir çalışmada takip sistemleri ile Güneş ışığını tasarlanan solar fırına odaklamış ve fırın yüzeyini 300 °C'ye kadar yüksek sıcaklıklara çıkarmışlardır. Sonuç olarak geliştirdikleri sistemin oldukça güvenli, kullanıcı dostu ve pişirme uygulamaları için pratik olduğunu öne sürmüşlerdir (Valmiki et al., 2011).

5. ISI BORUSU

Enerji kapalı bir sistemin sınırını ancak iki farklı yöntemle geçebilir. Bu yöntemler ısı ve işittir. Bu durum ısı bakımından incelendiğinde, herhangi bir cisim farklı sıcaklıktaki bir ortama bırakıldığında, cisim ile çevresindeki ortam arasında termal denge kurulana yani cisim ve ortam aynı sıcaklığa ulaşana kadar enerji transferi gerçekleşir. Sıcaklık eşitlendiğinde ise enerji transferi sona erer. Burada ısı; sıcaklık farkı sayesinde, iki sistem (veya bir sistem ve çevresi) arasında aktarılan enerji biçimi olarak tanımlanabilir. Maddelere enerji verildiğinde madde üzerinde birtakım değişiklikler olacaktır. Isı verildiğinde ise beklenileceği üzere sıcaklıkları artacaktır. Ancak belirli durumlarda ısı verilmesine rağmen sıcaklığın artmadığı görülür. Enerji verilmesine rağmen sıcaklık artışı gözlemlenmediği durumlarda ise madde fiziksel özelliğini değiştirmektedir. Bu durum faz dönüşümü olarak adlandırılır.

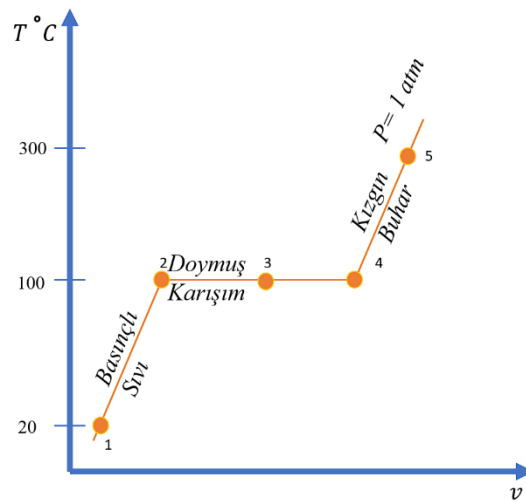
Su için durum incelendiğinde, su kaynamaya başladığında tamamen buharlaşana kadar sıcaklık artışı olmayacaktır. Dolayısıyla basınç sabit tutulursa, tüm faz değişim süreci boyunca sıcaklık sabit kalacaktır. Bu durum sobanın üzerindeki kaynar saf suya bir termometre yerleştirilerek kolayca anlaşılabilir. Deniz seviyesinde ($P = 1 \text{ atm}$), termometre su tamamen buharlaşana kadar 100°C değerini gösterecektir. Kaynama işlemi sırasında, gözlemlenebilecek tek değişiklik, daha fazla sıvının buhara dönüşmesi sonucu hacimde büyük bir artma ve sıvı seviyesinde sürekli bir azalma olacaktır.

Şekil 5. 1.'de görüleceği üzere kapalı bir silindir içerisindeki su ısıtılmaya başladıktan sonra belirli bir anda silindir eşit miktarda sıvı ve buhar içerir. Isı transferine devam edilirse buharlaşma süreci sıvının son damlası buharlaşana kadar devam eder. Bu noktada, tüm silindir sıvı fazın sınırındaki buharla dolar. Bu durumdaki buhardan herhangi bir ısı kaybı olması durumunda buharın bir kısmının yoğunlaşmasına (buhardan sıvıya faz değişimi) neden olacaktır. Yoğunlaşmak üzere olan buhara doymuş buhar denilir.



Şekil 5. 2. Isı transferiyle bir kısmı doymuş buhar haline dönüşen sıvı

Bu süreç sonunda faz değiştirme işlemi tamamlandıktan sonra su (madde) tekrar tek fazlı bölgeye (buhar bölgesi) döner. Bu bölgede daha fazla ısı transferi ile hem sıcaklıkta hem de özgül hacimde artış devam edecektir. Yukarıdaki durumda buharın sıcaklığı, 300°C ' ye çıkartılıp sonrasında buhardan başka bir cisme bir miktar ısı transferi sağlanırsa sıcaklık biraz düşebilir ancak sıcaklık 100°C 'nin üzerinde kaldığı sürece ($P = 1 \text{ atm}$ için) yoğuşma olmaz. Yoğuşmak üzere olmayan buhara "kızgın buhar (superheated vapor)" adı verilir. Sabit basınçlı faz değişim süreci, Şekil 5. 3.'de T-v diyagramında gösterilmektedir.



Şekil 5. 4. Sabit basınç altında suyun ısıtılması esnasındaki T- v diyagramı

Faz dönüşümü gerçekleşmediği esnada birim kütledeki maddelere ısı verildiği zamanlarda sıcaklık artışı o maddenin öz ısısı nispetinde olacaktır. Öz ısı, maddeler arasında ayırt edici bir özelliktir ve bir birim saf maddenin sıcaklığını bir birim artırmak için kullanılan ısı miktarıdır.

$$Q = mc\Delta T \quad (5.1)$$

Bu eşitlikte, Q maddeye verilen ısıyı, m kütle, c maddenin öz ısısını, ΔT ise sıcaklık değişimini (artışı/azalışı) ifade eder.

Isı sığası veya kapasitesi ise maddenin kütlesi ile değişiklik gösterir.

$$Q = C\Delta T \quad (5.2)$$

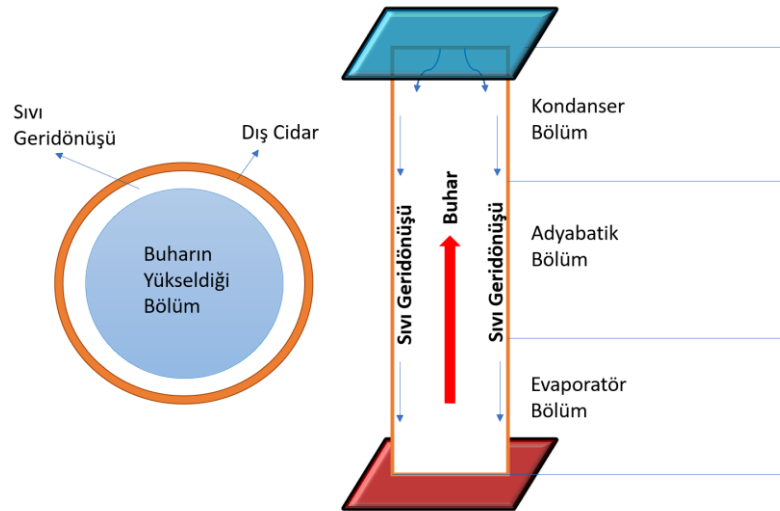
Bu eşitlikte ise Q maddeye verilen ısıyı, C maddenin ısı kapasitesini, ΔT ise sıcaklık değişimini (artışı/azalışı) ifade eder.

Isı boruları, ısıyı taşımak amacıyla kullanılan bir transfer cihazıdır. Özellikle ısıyı alış kısmına ve kullanım yerine göre boru tipi olabileceği gibi düzlemsel veya çok daha farklı şekillerde de üretilebilmektedir. Isı borusu çeşidine göre değişiklik gösterir. En çok kullanılan ısı borusu yapısı iç cidarında fitilleri olan vakumlu bir metal borudan oluşmaktadır. Kullanımı esnasında bu borunun evaporatör (ısı alıcı) kısmında alınan ısı, boru içerisine yerleştirilmiş çalışma sıvısını buharlaştırmaya başlayacaktır. Bir süre sonra borunun içerisi çalışma sıvısının buharıyla doymuş hale gelecektir. Isının transfer edildiği bölge yani kondenser (yoğurturucu) bölgesinde ısı hedeflenen bölgeye/havaya aktarılır. Bu bölge cihazdaki ısıyı aldığından daha soğuktur. Enerjinin azalmasıyla beraber çalışma sıvısı yoğuşmaya başlayacaktır. Burada sıvının tekrar evaporatöre dönüşü birkaç şekilde olabilir. Geri dönüşü, fitiller vasıtasıyla olabileceği gibi yerçekimiyle de mümkün olabilir. Bunlar dışında osmotik veya manyetik sistemlerde kullanılabilir. Buna göre ısı borusu çeşitleri akışkanın kondanserden dönüş yöntemlerine göre aşağıda sunulmuştur (Tablo 5. 1.).

Tablo 5. 2. Faydalanılan kuvvet ile ısı borusu çeşitleri

KULLANILAN KUVVET	ISI BORUSU ÇEŞİDİ
<i>Yerçekimi</i>	<i>Termal sifon</i>
<i>Kılcal</i>	<i>Standart ısı borusu</i>
<i>Merkezcil</i>	<i>Döner ısı borusu</i>
<i>Elektrostatik hacim</i>	<i>Elektrohidrodinamik ısı borusu</i>
<i>Manyetik hacim</i>	<i>Manyetohidrodinamik ısı borusu</i>
<i>Ozmotik</i>	<i>Ozmotik ısı borusu</i>
<i>Habbecik pompası</i>	<i>Ters termal sifon</i>

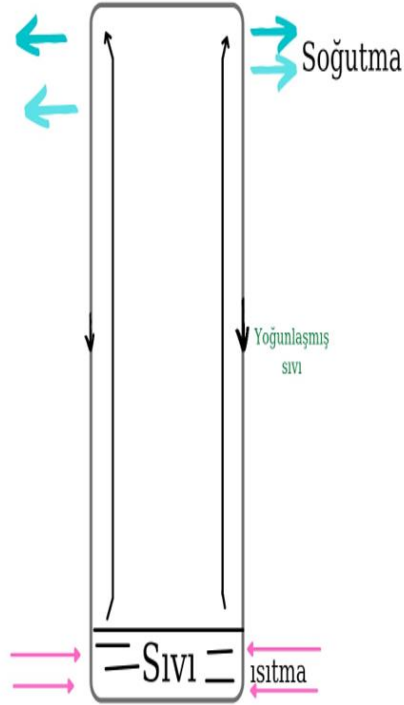
Örneğin, çalışma sıvısı olarak su kullanılan bir ısı borusu 150 °C sıcaklıkta çalışırken termal iletkenlik bağlamında bakırın birkaç yüz katı ısı transferi kapasitesine sahip olacaktır (Reay and Dunn, 1994). Bu örnekte olduğu gibi ısı borusunun güç taşıma kapasitesi çok yüksek seviyelerde olabilir. 1500°C sıcaklıkta çalışma sıvısı olarak lityum kullanılan ısı boruları 10-20 kW/cm² enerji akışı sağlayabilmektedir. Uygun çalışma sıvısı ve kap malzemeleri seçimi ile 4K ile 2300 K arasında değişen sıcaklıklarda kullanım için ısı boruları imal etmek mümkündür (Reay and Dunn, 1994). Isı borusu dikey ve yatay kesim görünümü ve çalışma prensibine ilişkin çizim Şekil 5. 5.'de sunulmuştur.



Şekil 5. 6. Isı borusu dikey ve yatay kesim görünümü/Çalışma prensibi

Isı Borusu evaporatör ve kondanserden oluşur. Isı alışverişinin olmadığı orta bölüme ise adyabatik bölüm adı verilir. Adyabatik bölümün uzunluğu ısı borusunun

dahil olacağı sistemin geometrisine göre değişiklik gösterebilir. Bunun yanında evaporatörden hemen sonra kondenser başlar ise adyabatik bölgenin hiç var olmaması da söz konusu olabilir. Şekil 5. 7.'de termosifon tip bir ısı borusunun temel çalışma prensibi gösterilmiştir.



Şekil 5. 8. Termosifon tip ısı borusu

Bu tip ısı borularında evaporatörden ısı alarak gaz fazına dönüşen çalışma sıvısı kondenser kısmında enerjisini aktararak sıvı formuna dönüşür ve sonrasında gözenekli yapıya sahip fitiller vasıtasıyla tekrar evaporatöre dönüşü sağlar. Gözenekli yapı ısı borusuna eklenmiş ayrı bir parça olabileceği gibi ısı borusunun kendi iç yüzeyinin şekillendirilmesiyle de uygulanabilmektedir.

Gerekli yere uygulanacak ısı borusunun çalışma sıvısının ne olacağı çalıştığı sıcaklığa bağlı olarak değişiklik gösterecektir. Çalışan sıvıları ve kullanışlı olduğu sıcaklık aralığı bilgileri Tablo 5. 3.'de sunulmuştur.

Tablo 5.4. Isı borusunda kullanılan çalışma sıvısı ve uygun çalışma sıcaklıkları (Wallin, 2012)

Sıvı	Donma Noktası (°C)	Kaynama Noktası (°C)	Kullanışlı Olduğu Sıcaklık Aralığı (°C)
<i>Helyum</i>	-271	-261	-271 ile -269
<i>Azot</i>	-210	-196	-203 ile -160
<i>Amonyak</i>	-78	-33	-60 ile 100
<i>Pentan</i>	-130	28	-20 ile 120
<i>Aseton</i>	-95	57	0 ile 120
<i>Metanol</i>	-98	64	10 ile 130
<i>Flutec PP2'</i>	-50	76	10 ile 160
<i>Etanol</i>	-112	78	0 ile 130
<i>Heptan</i>	-90	98	0 ile 150
<i>Su</i>	0	100	30 ile 200
<i>Tolüen</i>	-95	110	50 ile 200
<i>Flutec PP9</i>	-70	160	0 ile 225
<i>Termeks</i>	12	257	150 ile 350
<i>Civa</i>	-30	361	250 ile 650
<i>Sezyum</i>	29	670	450 ile 900
<i>Potasyum</i>	62	774	500 ile 1000
<i>Sodyum</i>	98	892	600 ile 1200
<i>Lityum</i>	179	1340	1000 ile 1800
<i>Gümüş</i>	960	2212	1800 ile 2300

Tablo 5.5.'de görüldüğü üzere farklı sıcaklık aralıklarında farklı sıvılar kullanılabilir. Ayrıca ısı borusunun yapım malzemesi de çalışma sıvısına bağlı olarak değişiklik gösterir. Kullanılacak malzemenin çeşidi ısı borusunun uzun ömürlü kullanılmasıyla direkt ilişkilidir. Birbirleriyle çalışma uyumu olmayan boru malzemesi, fitiller ve çalışma sıvısı var ise borunun iç kısmında bir takım kimyasal problemler yaratabilir (Narendra Babu and Kamath, 2015).

6. RÜZGAR

Rüzgar enerjisinin Dünya’ımızda var olmasının nedeni Güneştir. Güneş radyasyonunun Dünyanın çeşitli bölgelerine farklı oranda etkilemesi nedeniyle rüzgarlar oluşmaktadır. Rüzgar enerjisinin temeli yüzeyin farklı ısınmasıyla basınç ve nem farklılıklarına dayanmaktadır. Bu enerji türü yenilenebilir enerji sınıfında yer almaktadır. Son dönemde tüm ülkelerin enerji üretim yöntemleri arasında dikkat çeken bir yere yerleşen rüzgar enerjisi, kapasite bakımından gün geçtikçe artış göstermektedir (Aydın, 2014). Bu başlık altında insanoğlu rüzgar türbinlerini oluşturmuş ve bu fikir bugün itibariyle yaklaşık 3000 yaşına basmıştır. MS 12. Yüzyılda ise Avrupa’da kullanımları görülmüştür (Hayli, 2001).

Rüzgar, elektrik enerjisinin ana üretim kaynağı olabileceği gibi pasif kullanımda soğutucu olarak ta değerlendirilebilmektedir. Örneğin, son günlerde etkisinin oldukça hissedilir olduğu küresel ısınma nedeniyle, binalardaki yaşam yerlerinin soğutma yani iklimlendirme işlemleri için yüksek miktarda enerjiye ihtiyaç duyulabilmektedir. Sözelimi rüzgarın az olduğu coğrafyalarda rüzgar türbinleri kullanımı ve verimi düşebilir. Bu durum, yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen enerjiyi azaltacak ve soğutma işlemi için fosil yakıtların tüketimini artırabilecektir. Fosil yakıtların tüketimi küresel ısınmayı artıracak ve bu kısır döngü artarak devam edecektir. Tüm bu nedenlerden dolayı bazı fiziksel sistemler veya yapılar sayesinde pasif teknikler vasıtasıyla ısı alışverişi sağlanarak ve buna ek olarak çok küçük yenilenebilir enerji sistemlerinden elde edilebilecek enerjiyle soğutma sağlanabilir (Bagiorgas et al., 2009).

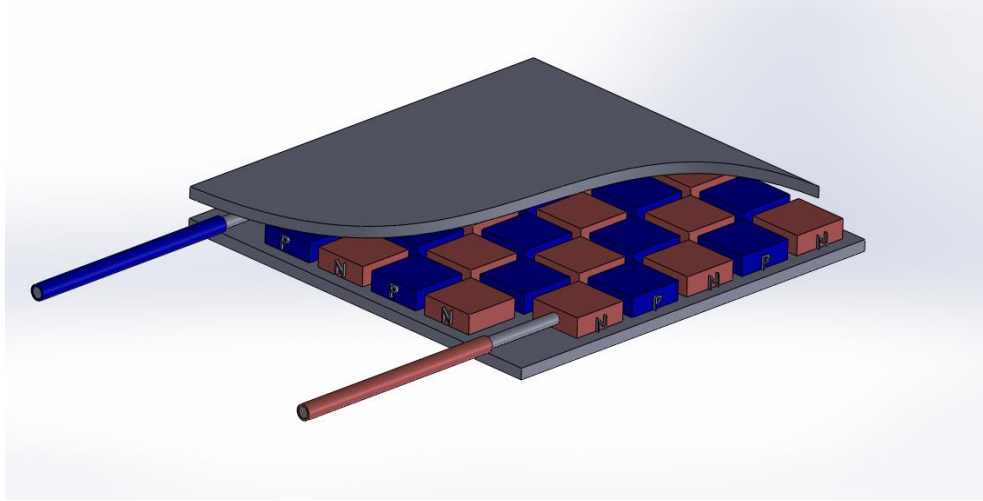
Yukarıda bahsedildiği üzere pasif teknikler sayesinde cisimlerin pasif soğutmaları gerçekleştirilebilir. Pasif soğutma sistemleri soğutulacak cisimlerin yüzey alanlarını artırarak birim alana daha fazla taze havanın temas etmesi dolayısıyla cismin yüzeylerinin taşınım yoluyla soğutulması maksadıyla gerekli hava akışının sağlanması prensibine dayanmaktadır (Ok, 2007).

Pasif soğutma sistemlerinin kullanımının artmasının en başlıca nedenleri arasında enerji verimliliği ve düşük finansal maliyetler yatmaktadır. Pasif soğutma, modern binaların ve elektronik devrelerin üzerindeki ısıyı uzaklaştırmak için en optimum ve ilk başvurulacak metot olarak görülmektedir. Pasif soğutma, yüksek düzeyde doğal konveksiyon ve ısı dağılımı sağlamak maksadıyla ısı emici ve yayıcı

sistemlerinin beraber veya ayrı ayrı kullanılmasıyla oluşturulabilir. Buna göre elektronik sistemlerde kullanılan pasif soğutma sistemleri genel olarak ısı boruları ve emilen ısının dağıtılması için yüzey alanının artırılmasıyla oluşan kanatçıklardan oluşmaktadır. Kanatçıklar sayesinde aralardan daha fazla havanın geçmesi ve ısının atmosfere dağılması sağlanacaktır.

7. TERMOELEKTRİK

Termoelektrik ısı enerjisinin elektrik enerjisine veya elektrik enerjisinin ısı enerjisine çevrildiği fiziksel bir etkidir. Termoelektrik malzemeler ve dolayısıyla termoelektrik etkiler, ısı ve elektrik enerjisi arasında doğrudan dönüşüme olanak sağladığı ve böylece güç üretimi ve soğutma için bir alternatif yarattığı için yüzyıllardır büyük ilgi görmüştür. İstatistiksel incelemeler Dünya çapında enerjinin %60'ından fazlasının kullanılmadan kaybolduğunu göstermektedir. Bu nedenle ısıyı doğrudan elektrik enerjisine dönüştürebilen yüksek performanslı termoelektrik (TE) malzemeler konuyla ilgilenen devletlerin ve araştırma kurumlarının artan ilgisine sahiptir. Günümüzde daha ileri termoelektrik performans iyileştirmelerini hedefleyen çalışmalar artış göstermektedir (Zhang and Zhao, 2015).



Şekil 7. 1. TEG'e ait kesit görüntüsü ve modüller

Geliştirmeler sonucunda halihazırda kullanılan Termoelektrik Jeneratörün (TEG) kesiti Şekil 7. 2.'de sunulmuştur.

7.1. Seebeck Etkisi

Malzemelerin Termoelektrik özellikleri incelendiğinde önemli değişkenlerden biri Seebeck katsayısıdır.

Seebeck etkisi, Thomas Johann Seebeck (1770-1831) tarafından keşfedilmiştir. Etkiye göre, iki iletken arasındaki termal enerji farkının elektrik enerjisi üretebileceği öne sürülmüştür. Deneylerinde iki metalden halka oluşturmuş ve bu halka üzerinde metallerin birleştiği yerlere farklı sıcaklar uygulamıştır. İki bölge arasındaki sıcaklık

farklılığına her iki metal tarafından birbirinden farklı reaksiyonlar verilmiş bunun sonucunda da Şekil 7. 3.'de görüleceği üzere potansiyel fark oluşmuştur. Üretilen potansiyel fark;

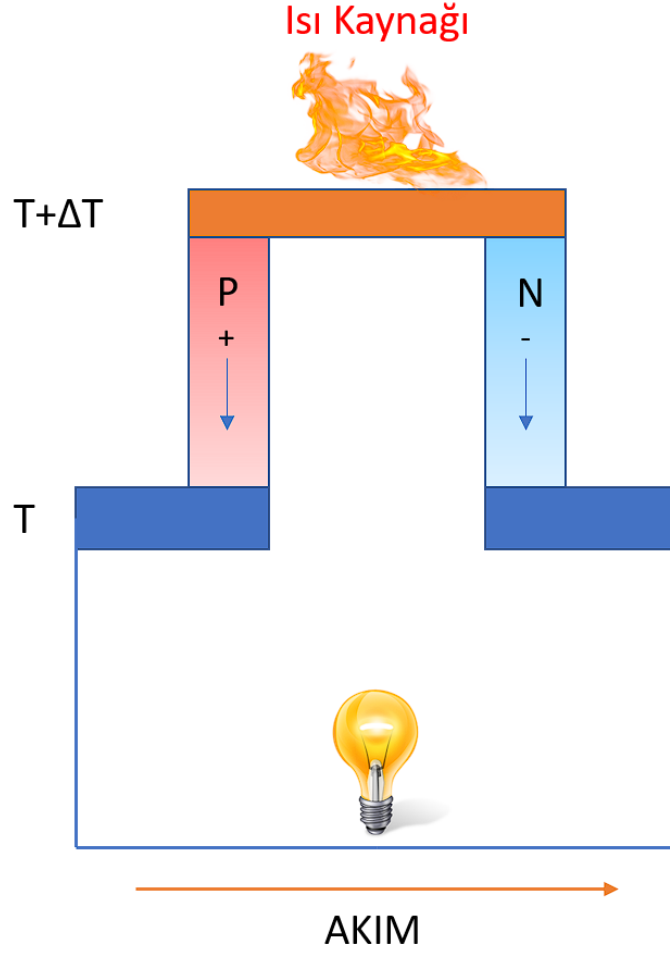
$$V = \int_{t_1}^{t_2} (S_B(t) - S_A(t')) dt \quad (7.1)$$

olarak belirlenir. Buradaki formülde t_1 ve t_2 , eklemlerin sıcaklıkları, S_A ve S_B ise iki metalin Seebeck katsayıları olarak verilir. Seebeck katsayıları malzemenin cinsine göre farklılık göstermektedir.

Yukarıdaki denklemdeki Seebeck katsayısı sıcaklıklarda sabit kabul edildiğinde aşağıdaki denkleme ulaşılacaktır. Buna göre;

$$V = (S_B - S_A) \cdot (t_2 - t_1) \quad (7.2)$$

sadeleştirilen denklemde sıcaklık farkı ile Seebeck katsayısı farkı üzerinden potansiyel farka ulaşılmıştır.



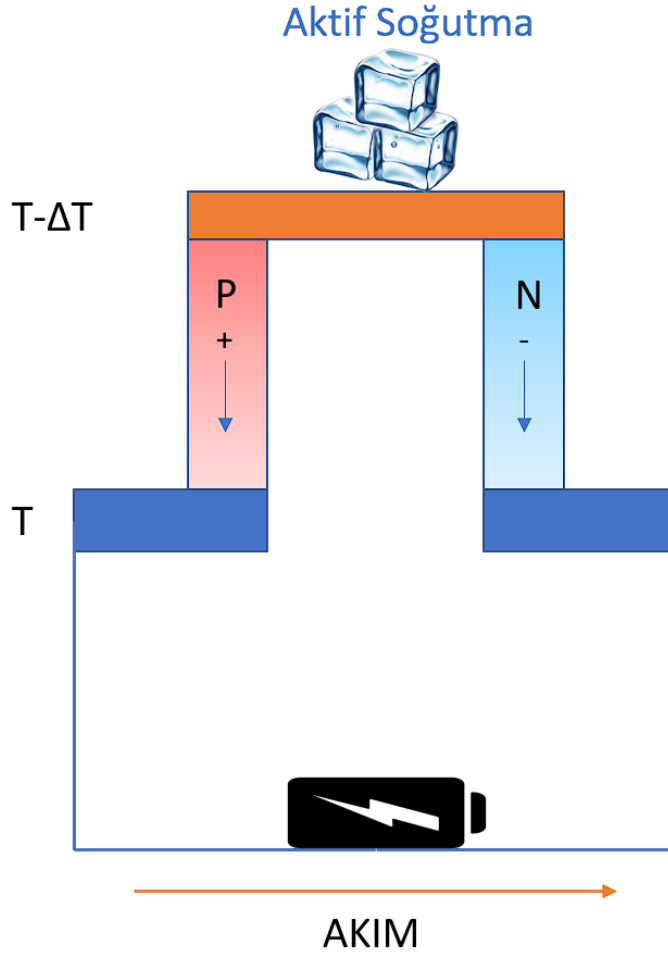
Şekil 7. 4. Seebeck Etkisi

Bu etkiyle elde edilen potansiyel fark çok düşük mertebelerde görülmektedir. μV seviyelerinde görülen potansiyel fark konuyla ilgilenen bilim insanlarını başka bir kullanım alanına itmiştir.

Dikkat çeken husus şudur ki modern Dünya’da termoelektrik sistemlerden elde edilen enerjiler kullanılabilir seviyelere ulaşsa da tek bir Seebeck etkisiyle elde edilen potansiyel fark miktarları karşılığında kalibre edilen sistemlerde sıcaklık farkı ölçümlerinde kullanılmıştır. Bu sistemlere Isıl Çift denilmektedir. Bahsi geçen sistemler iki nokta arasındaki sıcaklık farkını tespit edebildiğinden ikinci noktanın sıcaklık değerini öğrenebilmek için referans noktasının sıcaklık değerinin önceden bilinmesi gerekmektedir. Örneğin referans bağlantı noktası erimekte olan 0(sıfır) °C sıcaklığında buz olduğunda ikinci noktanın net değeri ortaya çıkacaktır (Goldsmid, 2017). İcra edilecek işin çeşidi ve sıcaklık aralıklarına göre farklı özellikte Isıl Çiftler kullanılabilir.

7.2. Peltier Etkisi

Jean Charles Athanase Peltier iki iletkeni iki farklı noktada birleştirmiş kurulan sistem üzerine bir miktar potansiyel fark uygulamış ve neticesinde birleştirilen noktalardan biri ısınıp bir diğerinin soğuduğuna şahit olmuştur. Peltier etkisine ait çizim şekil 7. 5.'de sunulmuştur. Anlaşılacağı üzere bu etkinin tersi mümkündür. Özetle noktalardan biri ısıtılıp diğer soğutulursa belirli bir miktar potansiyel fark elde edilecektir (Sulaiman et al., 2018).



şekil 7. 6. Peltier Etkisi

Eklemlenen sıradan iletkenlerde etkinin çok fark edilmediği ve sıcaklık farkının az olacağı görülebilir. Ancak, yarı iletkenlerin yaygınlaşmasıyla bu etkinin kullanılabilir olması sağlanmıştır.

7.3. Figure Of Merit (Fom)(Başarım Ölçüsü/Yararlılık Katsayısı)

Termoelektrik sistemlerin en önemli kavramlarından birisi olan FOM kelime anlamı itibariyle başarım ölçüsü veya yararlılık katsayısı olarak düşünülebilir. Termoelektrik malzemenin verimli/faydalı olup olmadığının göstergesidir ve ZT kısaltmasıyla gösterilir.

$$ZT = \frac{S^2 \sigma}{\lambda} T \quad (7.3)$$

Bir diğer ifadeyle,

$$ZT = \frac{\alpha^2}{\rho \lambda} T \quad (7.4)$$

gösterilir. Yukarıdaki denklemlerde (α) ya da (S) seebeck katsayısını (ρ) iletken direnci, (σ) elektriksel iletkenlik göstergesi ve (λ) termal iletkenliği ifade etmektedir (Jaziri et al., 2020).

7.4. Açık Devre Gerilimi

Açık devre voltajı (OCV veya V_{oc}) bir elektrokimyasal hücreden akım geçmediğinde o hücre birimleri arasında oluşan voltaj olarak tanımlanabilir. Direkt olarak ölçülebildiği için elektrokimyasal enerji depolama cihazlarında ayırt edici özellik olarak kullanılmaktadır. Akım sıfır iken ölçülen gerilimdir. Yarı iletkenlerin beslediği sisteme sağlayabileceği maksimum gerilim olarak da adlandırılabilir.

7.5. Maksimum Güç Transferi Teoremi

Bu teoreme göre bir DC devresine yüklenen bir yük üzerinde maksimum gücün elde edilmesi maksadıyla yükün direncinin kaynağın iç direncine eşit olması gerekmektedir. Yükün direnç değerleri farklılaştıkça daha küçük miktarlarda güç elde edilecektir. İç direnç ve yükün direnci eşit birer seri direnç olarak değerlendirilebilir.

Maksimum güç transfer teoremine göre;

$$p_{\max} = \frac{V_{Th}^2}{4R_{Th}} \quad (7.5)$$

Bu eşitlikte (V_{Th}) Thevenin gerilimini, (R_{Th}) Thevenin direncini ifade etmektedir.

8. MATERYAL VE YÖNTEM

8.1. Güneş Radyasyonu Ölçüm Cihazları

Güneş radyasyonu ölçüm cihazları kurulacak sistemin türüne ve büyüklüğüne göre değişiklik gösterebilmektedir. Tahmin edilebileceği gibi ölçüm cihazlarının maliyetli olması nedeniyle kurulacak sistemin maksimum verimle çalışabilmesi maksadıyla yalnızca gerekli ölçümlerin yapılması önem arz etmektedir. Bu nedenle aşağıdaki Tabloda (Tablo 8.1.) icra edilecek üretime/faaliyete göre gerekli ölçüm cihazları ve takip edilmesi gereken parametreler sunulmuştur.

Tablo 8. 2. Kurulacak sisteme uygun ölçüm parametreleri ve cihazları (Kipp and Zonen, 2017)

Uygulama/ Faaliyet	Ölçüm Parametreleri		Kullanılan Cihazları
	Temel Parametreler	Gelişmiş Parametreler	
Solar Enerjiye Uygun Bölge Araştırması	DNI, GHI, DHI, Hava Durumu (Rüzgar, Nem vs.), Veri Kaydediciler		-Otomatik Güneş Takip Sistemleri -ISO 9060 Birinci Sınıf Pirheliyometre -ISO 9060 İkincil Standartlarda Piranometre -Hava İstasyonu
Sabit PV (Küçük Ölçekte) Kurulumu	POA, Opsiyonel olarak GHI		-Standart Pironometre
Sabit PV (Orta Ölçekte) Kurulumu	POA, GHI	POA, GHI(en az iki yerden), Hava Durumu (Rüzgar, Nem vs.), Veri Kaydediciler	-ISO 9060 İkincil Standartlarda Piranometre
Sabit PV (Büyük Ölçekte) Kurulumu	GHI(en az iki yerden), POA	POA, GHI, DNI, DHI, Hava Durumu (Rüzgar, Nem vs.), Veri Kaydediciler	-Otomatik Güneş Takip Sistemleri -ISO 9060 Birinci Sınıf Pirheliyometre -ISO 9060 İkincil Standartlarda Piranometre -Hava İstasyonu
Takip Sistemli PV Kurulumu	POA, GHI	GHI, DNI, DHI, Hava Durumu (Rüzgar, Nem vs.), Veri Kaydediciler	-ISO 9060 Birinci Sınıf Pirheliyometre
CPV Kurulumu	DNI, GHI, Veri Kaydediciler	GHI, DNI, DHI, Hava Durumu (Rüzgar, Nem vs.), Veri Kaydediciler	-Otomatik Güneş Takip Sistemleri -ISO 9060 Birinci Sınıf Pirheliyometre -ISO 9060 İkincil Standartlarda Piranometre -Hava İstasyonu
CSP Kurulumu	GHI, DNI, DHI, Hava Durumu (Rüzgar, Nem vs.), Veri Kaydediciler		-Otomatik Güneş Takip Sistemleri -ISO 9060 Birinci Sınıf Pirheliyometre -ISO 9060 İkincil Standartlarda Piranometre -Hava İstasyonu

8.1.1. Piranometre

Güneş Enerjisi sistemlerinin, kurulacağı bölgelere uygun olup olmadıklarının kurulum safhası öncesinde tespit edilmesi ve performanslarının yüksek doğrulukla değerlendirilmesi çok önemlidir. Seçilen alanların uygunluğu zemin seviyesinde Güneş ışınımı ölçülerek belirlenebilir.



Şekil 8. 1. Deneyle süresince kullanılan piranometre

Piranometreler, ISO-9060 standartlarıyla kullanım yerine göre değişiklik gösterecek ve hata payı ölçüsünde sınıflandırılacak şekilde belirlenmiştir. Çalışma prensiplerine göre çeşitleri farklılık göstermektedir. Deneyle süresince kullanılan piranometre Şekil 8. 2.'de sunulmuştur.

8.1.1.1. Termopil Piranometre

Termoelektrik Piranometre olarak da adlandırılan piranometre çeşididir. Geniş bant Güneş radyasyonu akı yoğunluğunun 180° görüş açısıyla ölçmek için

tasarlanmıştır. Termopil piranometrelerin çalışma prensibi temelde sensörün çalışan kısmının siyah ve beyaz sektörlerle eşit olarak bölmek üzerine kuruludur. Radyasyon, Güneş'e maruz kalan siyah sektörlerin sıcaklığı ile Güneş'e maruz kalmayan veya daha doğrusu gölgeli olan beyaz sektörlerin sıcaklığı arasındaki fark ölçüsünden hesaplanır.

8.1.1.2. Fotovoltaik Piranometre

Fotoelektrik Piranometre olarak da adlandırılan fotodiyot tabanlı bir piranometre çeşididir. Güneş spektrumunun 400 nm ile 1100 nm arasındaki kısmını algılayabilir. Fotodiyot, fotoelektrik etki sayesinde yukarıda bahsedilen Güneş spektrum frekanslarını akıma dönüştürür. Genel anlamda, çalışma sistemi PV panellerle benzerlik gösterir.

8.1.2. Pirhelyometre

Pirhelyometreler doğrudan Güneş radyasyonunu ölçmeye yarayan cihazlardır. Takip sistemli Güneş toplayıcıları için en önemli verilerin alınacağı cihaz Şekil 8. 3.'de fotoğrafı sunulan pirhelyometredir. Güneş ışığının istenilen bölgeye düşürülmesi ancak direkt radyasyonun toplayıcının normaline gelmesiyle mümkün olacaktır.

E_g (**GHI**), Dünya yüzeyindeki mevcut, toplam Güneş enerjisi miktarını yani küresel ışımayı temsil ettiği kabul edilirse; bu radyasyon "doğrudan normal ışınım" olarak da adlandırılır ve genellikle E (**DNI**) olarak kısaltılır.

$$E_g = E \cdot \cos(\theta) + E_d \quad (8.1)$$

burada θ , yüzey normali ile Güneşin gökyüzündeki konumu arasındaki açı; E (**DNI**), Güneşin gökyüzündeki konumuna normal bir düzlemde doğrudan Güneşten gelen birim zaman ve birim alan başına düşen Güneş enerjisi; E_d (**DHI**), dağınık radyasyon ve E_g (**GHI**), Dünya yüzeyindeki mevcut toplam Güneş enerjisi miktarını yani küresel ışımayı verir.

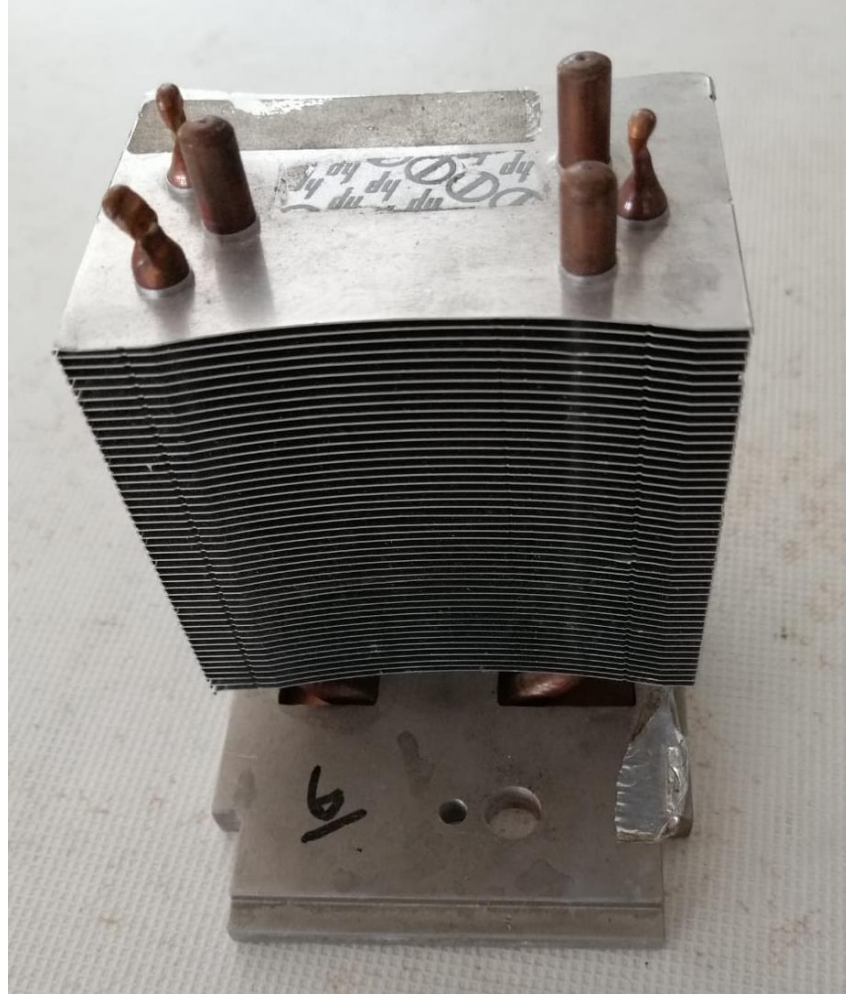
Cihaz ölçüme başladığı anda hedefinin yalnızca Güneşten gelen direkt radyasyon olması için diğer ışımaların gelebileceği bölgeler kapatılmıştır. Bu açıdan biçimi bir dürbüne benzer. Gün içerisinde takip sistemiyle beraber kullanılmalıdır.



Şekil 8. 4. Deneyle süresince kullanılan pirheliometre

8.2. Pasif Soğutucu

Soğutucu olarak elektronik sistemlerde sıkça kullanılan üç ısı borulu kanatçıklı pasif soğutucu kullanılmıştır. Isıyı uzaklaştırmak amacıyla sisteme eklenen pasif soğutucu Şekil 8. 5.'de gösterilmiştir.



Şekil 8. 6. Deneyler süresince kullanılan pasif soğutucu

8.3. Termoelektrik Jeneratörler

Deneyler süresince TEG1-12611-8.0 model TEG'ler kullanılmıştır. Deney süresince toplanan Güneş enerjisi, ısıya dönüştürülmüştür. Deneysel sistemde kullanılan TEG'e ait bazı özellikler Tablo 8. 2.'de sunulmuştur.

Tablo 8. 3. TEG modül özellikleri (Specifications TEG module TEG1-12611-8.0)

TEG'in Özellikleri	
Sıcak Yüzey Sıcaklığı(°C)	300
Soğuk Yüzey Sıcaklığı(°C)	30
Açık Devre Gerilimi(V)	9,5
Modül Üzerinden geçen Isı Akışı(W)	≈325
Modül üzerinden geçen Isı Akış Yoğunluğu (W.cm ⁻²)	≈10,4

TEG'ler içerisinde termoelektrik modüllerin birleşiminden oluşan elektrik üreteçleridir. Deney süresince kullanılan TEG'e ait fotoğraf Şekil 8. 7.'de sunulmuştur.



Şekil 8. 8. Deneyler süresince kullanılan TEG'e ait fotoğraf

TEG'ler, yalnızca yüzeyler arasında sıcaklık farkı olduğunda elektrik üretebilen modüllerdir. Bu nedenle sıcak taraf bir ısı kaynağı ile mükemmel temas halinde olmalıdır. Bu durumu sağlayabilmek maksadıyla ısı borusu üzerindeki düz yüzeye sıcak taraf yerleştirilmiştir. Küçük ölçekte var olan yüzey bozuklukları hesaba

katılarak, termal macunla ısı aktarımı homojen hale getirilmeye çalışılmıştır. Soğuk taraf ise sıcaklık farkını artırabilmek için ısıyı modülün soğuk yüzeyinden etkin bir şekilde uzaklaştırabilen bir pasif soğutucuya yine termal macun vasıtasıyla temas etmesi sağlanmıştır. Bu sayede oluşan sıcaklık farkı neticesinde TEG'den elektrik enerjisi elde edilmiştir.

8.4. Veri Kaydedici

Alınan verilerin analizi ve kaydını uygulayabilmek amacıyla ‘‘HIOKI, LR8400-20’’ marka ve model veri kaydedici kullanılmıştır.



Şekil 8. 9. Veri kaydedici

Deney süresince kullanılan ve Şekil 8. 10.'de sunulan veri kaydedici sıcaklık, nem, iletken ve dönüştürücü DC çıkışları ile direnç değerlerini kaydedebilme ve bilgisayara aktarabilme kabiliyetine sahiptir (Hioki, 2018).

9. BULGULAR VE TARTIŞMA

9.1. Enerji Üreten Deneysel Sistem Ve Sistemin İncelenmesi

Deneyler süresince 09:00 ve 14:00 saatleri arasında; 120 cm ölçüsünde imal edilmiş vakumlu solar toplayıcı içerisine yerleştirilmiş termosifon tip vakumlanmış ısı borusunun seçilmiş bölgeleri üzerinden bazı veriler alınmıştır. Alınan veriler, sıcaklık değerleri, GHI ve/veya DNI radyasyon değerleri, TEG sıcak ve soğuk yüzeyleri arasındaki sıcaklık farklılıkları, TEG vasıtasıyla ölçülen açık devre gerilimleri ve rüzgar hızının etkisine bağlı olarak pasif soğutucunun etkisiyle gerilimde oluşan ani azalış ve artışlardır. Veriler dakika başında bir veri olacak şekilde toplanmış ve karşılaştırmaları 5 dakikalık aritmetik ortalamalar ile yapılmıştır.

Tablo 9. 1. Deneysel çalışma genel görünümü

Tarih	05.08.2020	06.08.2020	12.07.2020	24.07.2020	29.07.2020
<i>Seçili zaman aralığı</i>	09:00-14:00	09:00-14:00	09:00-14:00	09:00-14:00	09:00-14:00
<i>Takip sistemi</i>	Bir eksenli	Bir eksenli	İki eksenli	İki eksenli	-(Sabit)
<i>Isı borusu akışkanı</i>	Su	Aseton	Aseton	Su	Su/aseton

Tablo 9. 1.'de görüldüğü üzere deney düzenekleri planlanıp uygulanmıştır. Deney sonuçlarını yorumlamak maksadıyla aşağıdaki parametreler incelenmiştir:

Toplanan Meteorolojik Parametreler

- Ortam Sıcaklığı
- Rüzgar
- GHI/DNI

Ölçülen Deneysel Parametreler

- Isı Borusu Dip Sıcaklığı
- Isı Borusu Boğaz Sıcaklığı
- TEG Sıcak Yüzey Sıcaklığı
- TEG Soğuk Yüzey Sıcaklığı
- Açık Devre Gerilimleri

Deneysel Parametrelere Bağlı Olarak İncelenecek Değerler

- Isı Borusu Üzerinden Sıcaklık Değerleri ve Güneş radyasyonu Değerleri
- TEG Sıcak ve Soğuk Yüzeyi Sıcaklık Farkı Değerleri
- TEG Açık Devre Gerilimi ve Rüzgar Hızı Değerleri
- Maksimum Çıkış Gücü ve Güneş radyasyonu Değerleri

9.2. Deneysel Sistem-1, Tarih: 05/08/2020

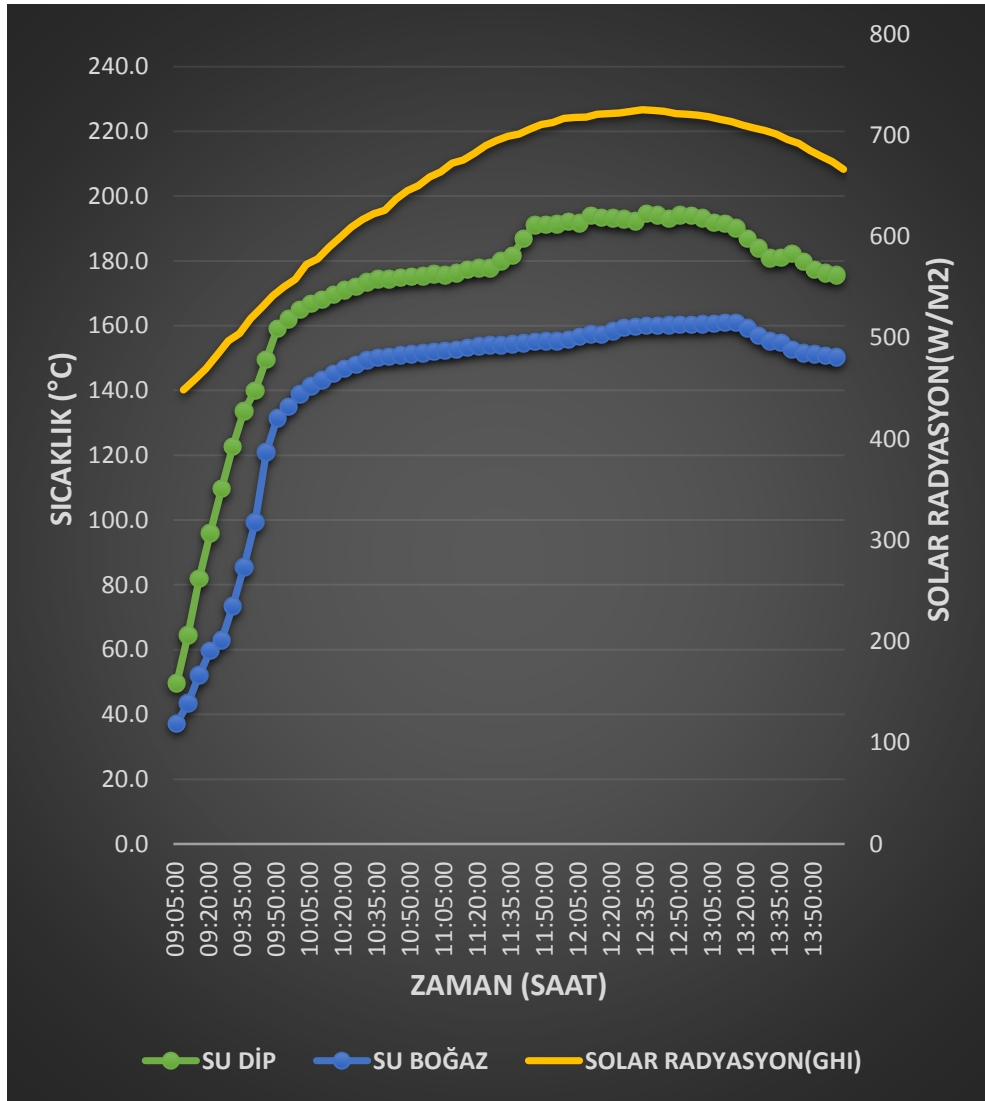


Şekil 9. 1. Deney-1 için hazırlanan düzenek

Deney-1 için hazırlanan düzenek Şekil 9. 2.'de sunulmuştur. Deneyde ısı borusu içerisinde 1/3 oranında saf su kullanılmış olup vakumlu tüp içerisine yerleştirilmiştir. Deney-1 düzeneğinde bir eksenli takip sistemi uygulanmış ve 09:00 ile 14:00 saatleri arasında veriler kaydedilmiştir.

Vakumlanmış ısı borusunda çalışma akışkanının bulunduğu alt kısımdan alınan sıcaklık değerleri grafikte dip ve TEG üzerine ısının transfer edilmeden hemen önce alınan sıcaklık değerleri boğaz olarak ifade edilmiştir.

Bu deney süresince seçili zamanlarda elde edilen minimum ve maksimum değerler ortam sıcaklığı için 30,4 °C-34,3 °C, Güneş radyasyonu (GHI) için 448,6 W/m² -725,2 W/m² ve rüzgar hızı için 4,92 mil/saat-9,84 mil/saat verileri olarak toplanmıştır.

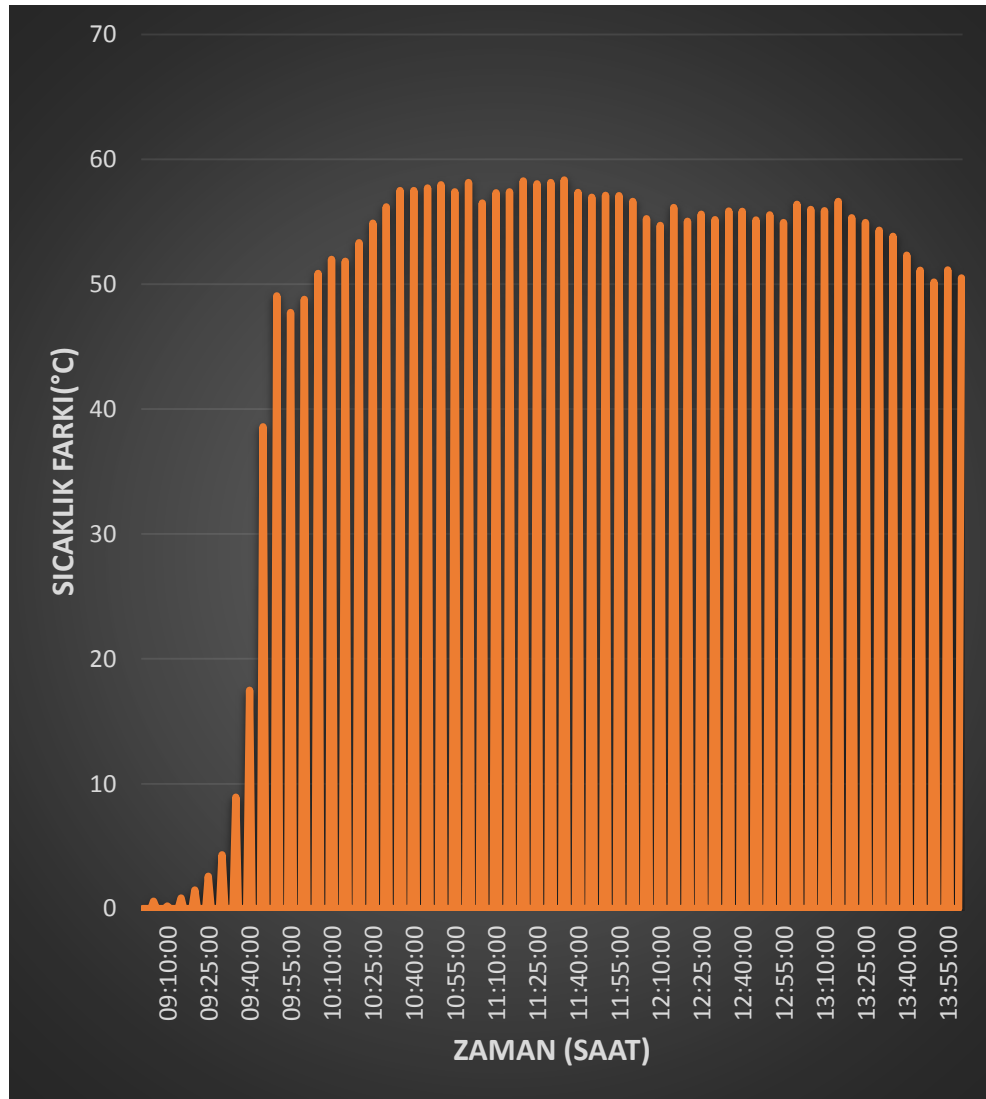


Şekil 9. 3. 05-08-2020 tarihli bir eksenli (saf su) vakumlanmış ısı borusu sıcaklık değerleri ve Güneş radyasyonu (GHI) ölçümünün zamana bağlı değerleri

Şekil 9. 4.'deki bir eksende takip sistemli ve çalışma akışkanı saf su olan düzenekteki vakumlanmış ısı borusu sıcaklık değerleri ve Güneş radyasyonunun zamana göre değişimi grafiğinde görüldüğü üzere ortalama radyasyon miktarının

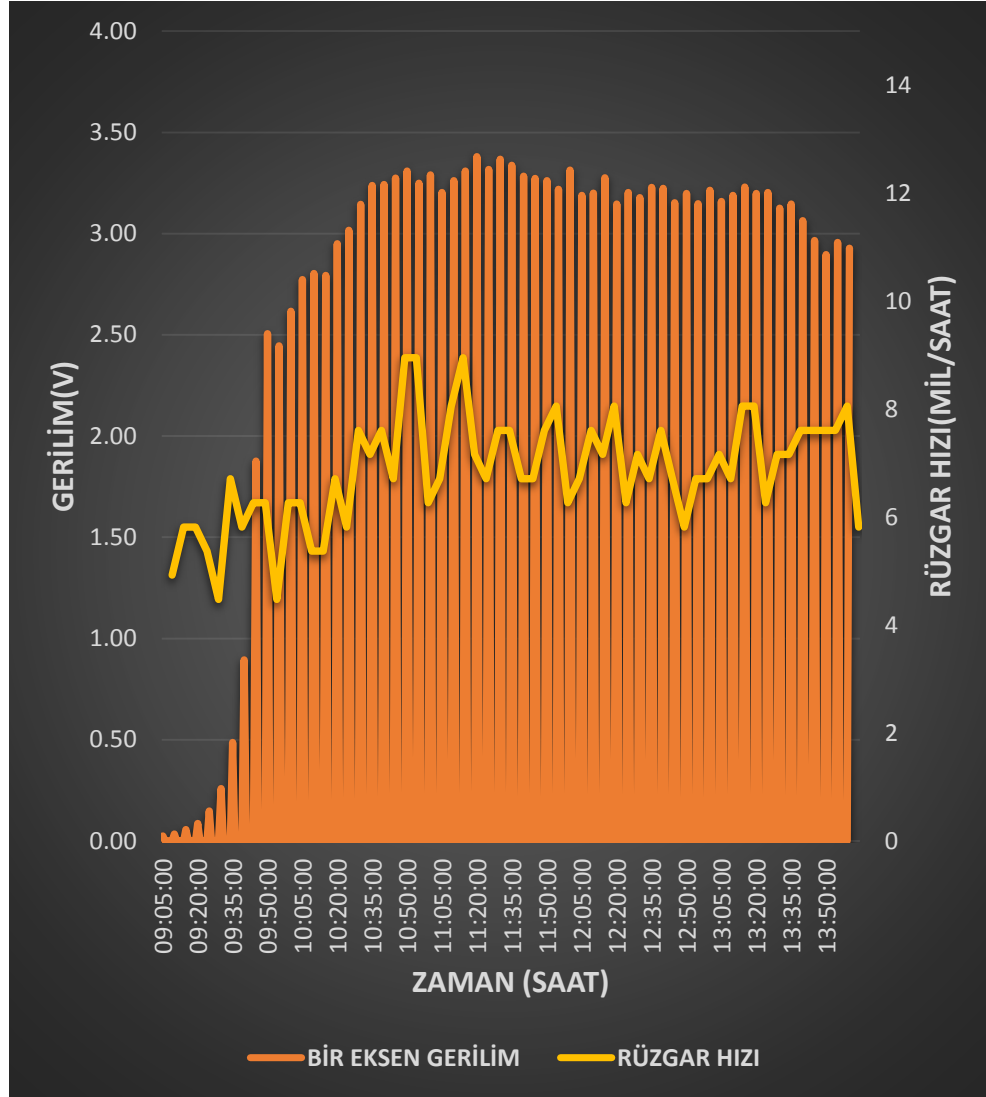
artmasıyla beraber sıcaklık değerlerinde paralel olarak arttığı tespit edilmiştir. Saat 12:35'te maksimum dip sıcaklığı 194,6 °C'e ve saat 13:15'te boğaz sıcaklığı 161 °C değerlerine kadar erişmiştir.

Piranometre vasıtasıyla elde edilen GHI radyasyon seviye ortalamaları gün içinde en yüksek 725,2 W/m² değerlerine saat 12:30'da çıkmıştır. Bu değer ve zaman aralığında, TEG'in sıcak soğuk yüzey arasındaki sıcaklık farkı 55,2 °C ve buna bağlı açık devre gerilimi 3,18 V olarak elde edilmiştir. Bu açık devre gerilimi elde edildiği esnada ısı borusu vasıtasıyla ısı enerjisinin aktarıldığı TEG'in sıcak yüzeyi 143,8 °C değerine ulaşmıştır.



Şekil 9. 5. 05-08-2020 tarihli bir eksenli (saf su) TEG soğuk ve sıcak yüzey sıcaklık farkı ölçümünün zamana bağlı değerleri

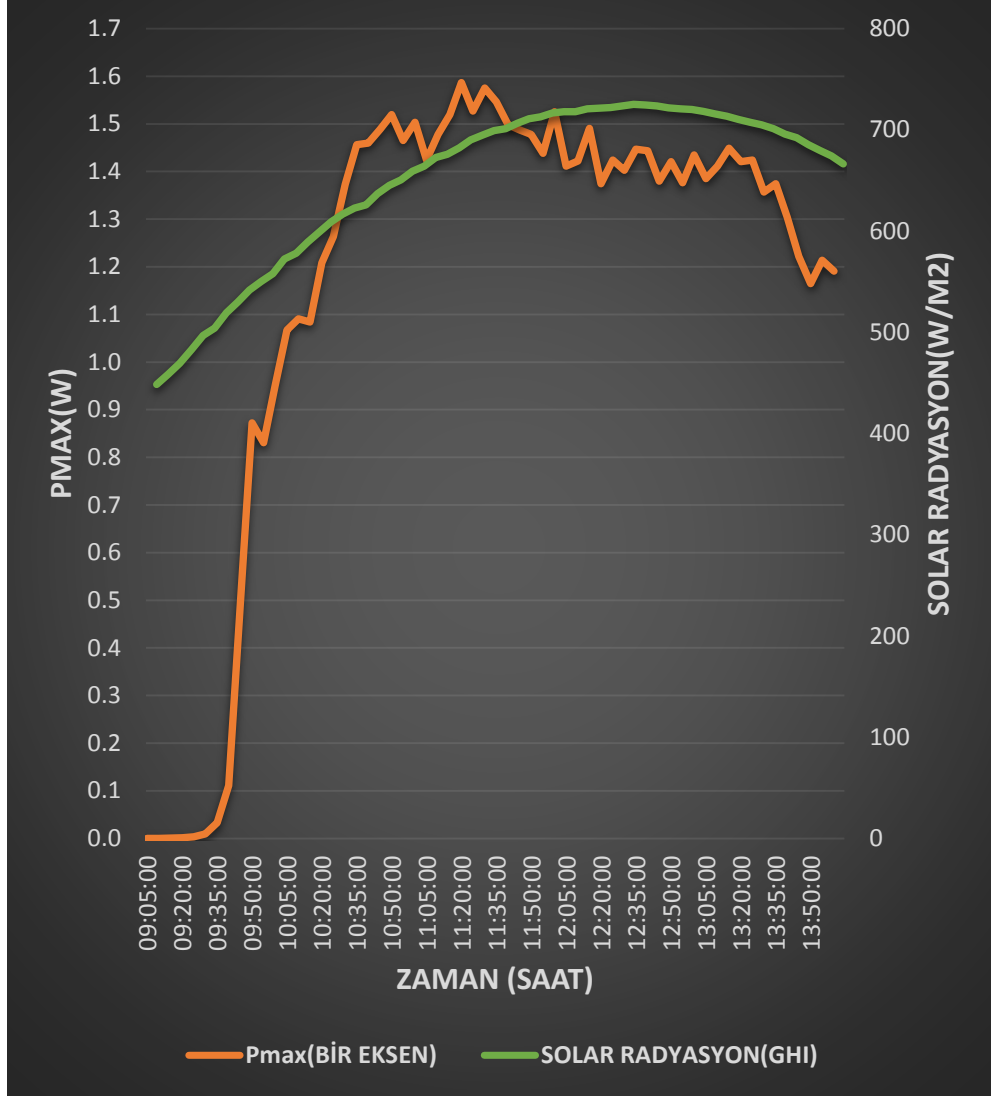
Şekil 9. 6.'deki TEG soğuk ve sıcak yüzey sıcaklık farkı değerlerinin zamana göre değişimi grafiğinde görüldüğü üzere deneyin başlangıç saatlerinde sıcaklık farkı değerinin düşük olduğu ancak buna karşın sıcaklık farkının hızlı bir şekilde bölgesel sıcaklık grafiğine paralel olarak arttığı, saat 10:00 dan sonraki ortalamalarda 50-60 °C değer aralığında dağılım gösterdiği ve maksimum 58,4 °C değerine ulaştığı gözlemlenmiştir. TEG'in sıcak yüzey sıcaklığı ise minimum 27,46 °C maksimum 145,2 °C değerlerine ulaşmıştır.



Şekil 9. 7. 05-08-2020 tarihli bir eksenli (saf su) TEG açık devre gerilimi ve rüzgar hızı ölçümünün zamana bağlı değerleri

TEG üzerinde oluşan açık devre gerilimi bilindiği üzere sıcak ve soğuk yüzey arasındaki sıcaklık farkına bağlıdır bu nedenle pasif soğutucunun performansını artıracak olan rüzgar hızı önem arz etmektedir.

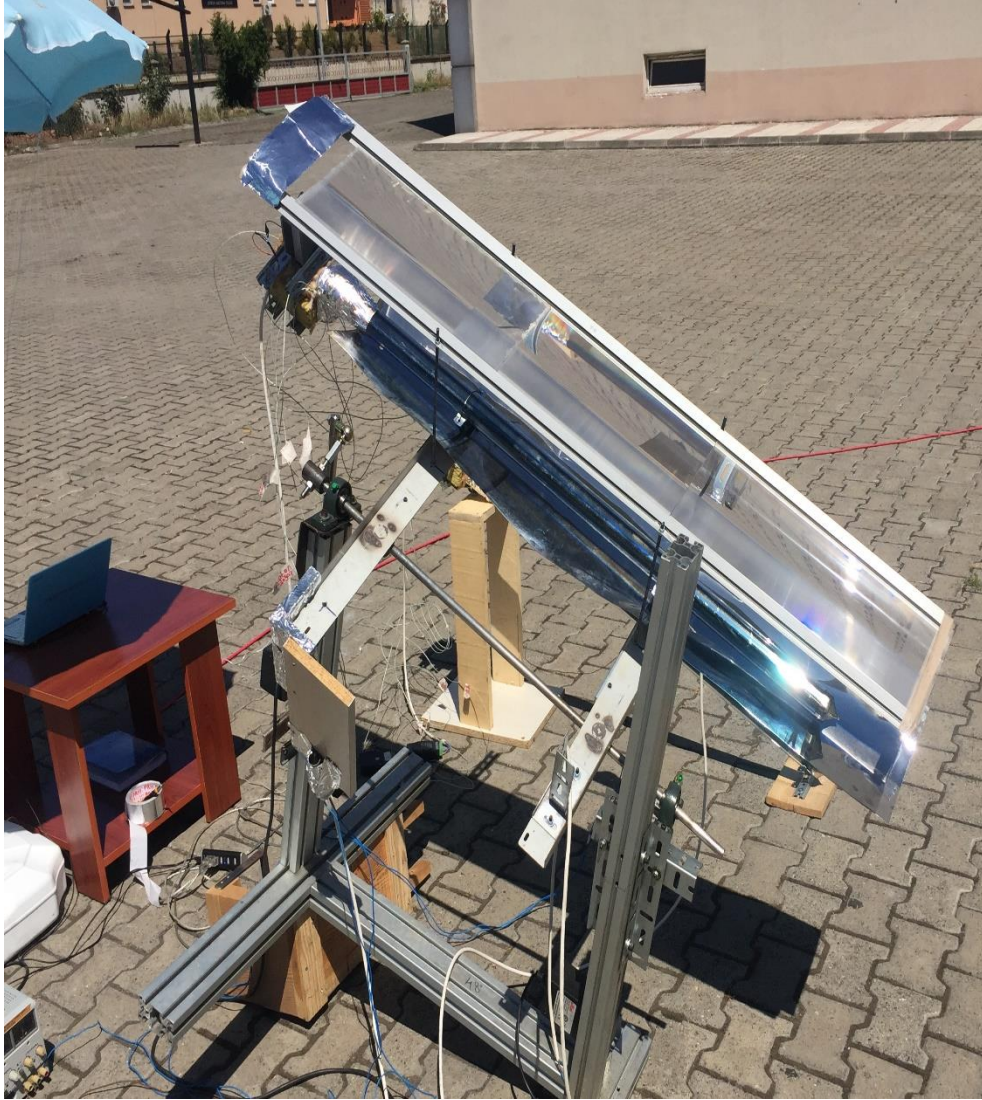
Bu kapsamda yukarıdaki sıcaklık farkı grafiğini doğrulayacak biçimde bir açık devre gerilimi grafiği elde edilmiştir. Şekil 9. 8.'deki TEG açık devre gerilimi ve rüzgar hızı değerlerinin zamana göre değişimi grafiğinde görüldüğü üzere maksimum açık devre gerilimi ortalaması saat 11:20'de 690 W/m^2 Güneş radyasyonu değerinde ve 6,71 mil/saat rüzgar hızında 3,38 V olarak görülmüştür. Radyasyonun 600 W/m^2 üzerine çıktığı 10:20-10:25 saatlerinden itibaren 13:45' e kadar 3 V üzerinde açık devre gerilimi değerleri elde edilmiştir. Ortalama değerler alınmasına rağmen saat 10:50'de rüzgar hızının anlık olarak 8,9 mil/saat ortalamasına artmasıyla grafiğin aynı zaman aralığındaki açık devre geriliminin de artış gösterdiği ve sonrasında saat 10:55'te 6,26 mil/saat seviyesine düşmesiyle açık devre geriliminin beraberinde düştüğü gözlemlenmiştir. Bu durum, rüzgar hızının artmasıyla beraber hava akışkanının düzeneğin üzerindeki pasif soğutucunun kanatçıkları arasındaki akış yoğunluğunun artması ve bu sayede daha fazla ısının transferine olanak sağlamasıyla açıklanabilir. Bu da TEG'in soğuk yüzeyinin ısı transferine ve dolayısıyla sıcaklık farkının artmasına neden olmaktadır.



Şekil 9. 9. 05-08-2020 tarihli bir eksenli (saf su) maksimum çıkış gücü ve Güneş radyasyonu ölçümünün zamana bağlı değerleri

Şekil 9. 10. hesaplanan maksimum çıkış gücü ve Güneş radyasyonunun zamana bağlı grafiğinde görüleceği üzere maksimum çıkış gücü ortalaması saat 11:20'de 690 W/m^2 Güneş radyasyonu değerinde $1,58 \text{ W}$ azami değerine ulaşmaktadır. Ölçümün başladığı ilk saatlerde Pmax değeri en düşük durumda seyrederken Güneş radyasyonunun artması ile birlikte giderek arttığı görülmüştür. Bunun nedeni olarak ölçümün ilk saatlerinde TEG yüzeyinde henüz sıcaklık farkının oluşmaması olarak değerlendirilmiştir.

9.3. Deneysel Sistem-2, Tarih: 06/08/2020

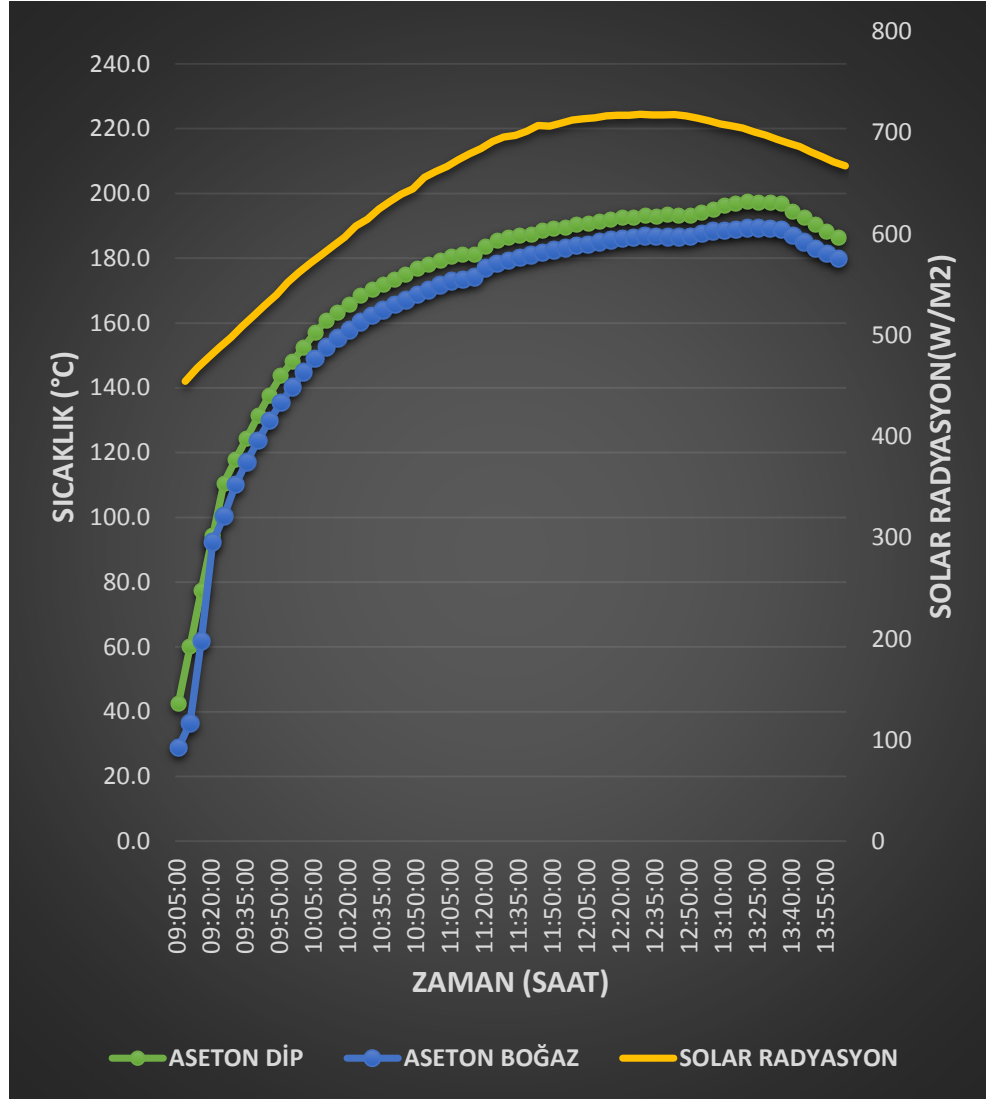


Şekil 9. 11. Deneysel Sistem-2 için hazırlanan düzenek

Deneysel Sistem-2 için deneysel sistem verileri 09:00 ile 14:00 saatleri arasındaki incelenmek amacıyla kaydedilmiştir. Sistem bünyesindeki ısı borusu çalışma sıvısı olarak ısı borusunun 1/3 oranında aseton eklenmiştir. Sisteme bir eksenli takip sistemi uygulanmış olup hazırlanan düzeneğin kurulumuna ilişkin fotoğraf Şekil 9. 12.'da sunulmuştur. Deneysel Sistem-2'de ısı borusu içerisinde 1/3 oranında aseton kullanılmış olup vakumlu tüp içerisine yerleştirilmiştir.

Vakumlanmış ısı borusu ısı transfer kapasitesini inceleyebilmek amacıyla ısı borusunun en alt ve çalışma sıvısının olduğu kısımdan alınan sıcaklık değerlerine dip, TEG'e ısının transferi sağlanmadan önceki kısımdan alınan sıcaklık değerleri ise boğaz olarak tanımlanmıştır.

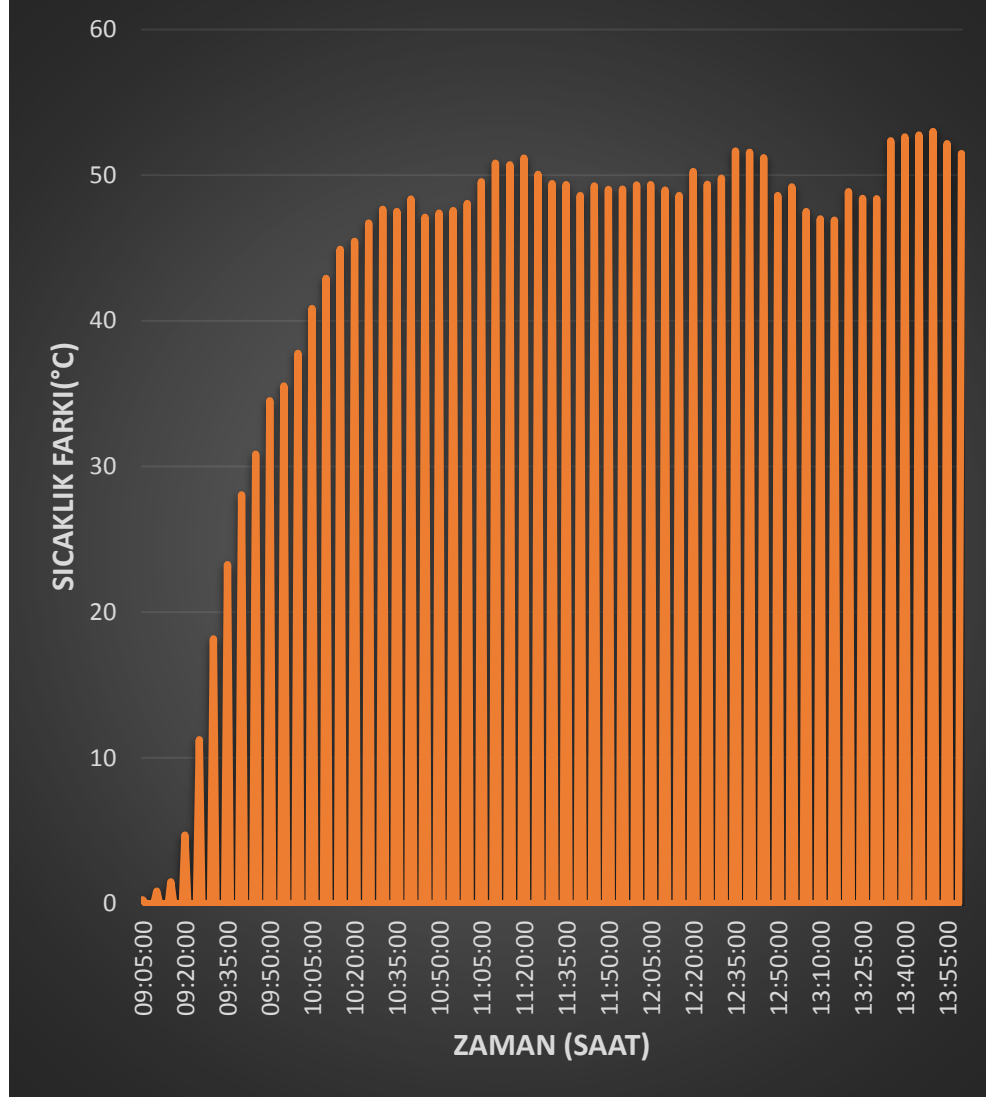
Deney-2 deneysel sistemi için belirlenen zaman aralığında elde edilen minimum ve maksimum değerler ortam sıcaklığı için 34 °C-36,5 °C, Güneş radyasyonu (GHI) için 454,6 W/m² -718,2 W/m² ve rüzgar hızı için 3,1 mil/saat-9,4 mil/saat verileri olarak toplamıştır.



Şekil 9. 13. 06-08-2020 tarihli bir eksenli (aseton) vakumlanmış ısı borusu sıcaklık değerleri ve Güneş radyasyonu (GHI) ölçümünün zamana bağlı değerleri

Bir eksenle takip sistemli ve çalışma akışkanı aseton olan düzenekteki vakumlanmış ısı borusu sıcaklık değerleri Şekil 9. 14.'de sunulmuştur. Güneş radyasyonu (GHI) zamana göre değişimi grafiğinde görüldüğü üzere ortalama radyasyon miktarının artmasıyla beraber sıcaklık değerlerindeki artışı anlaşılmıştır. Saat 13:20'de maksimum dip sıcaklığı 197,5 °C'e ve saat 13:25'te maksimum boğaz sıcaklığı 189,3 °C değerlerine ulaşılmıştır.

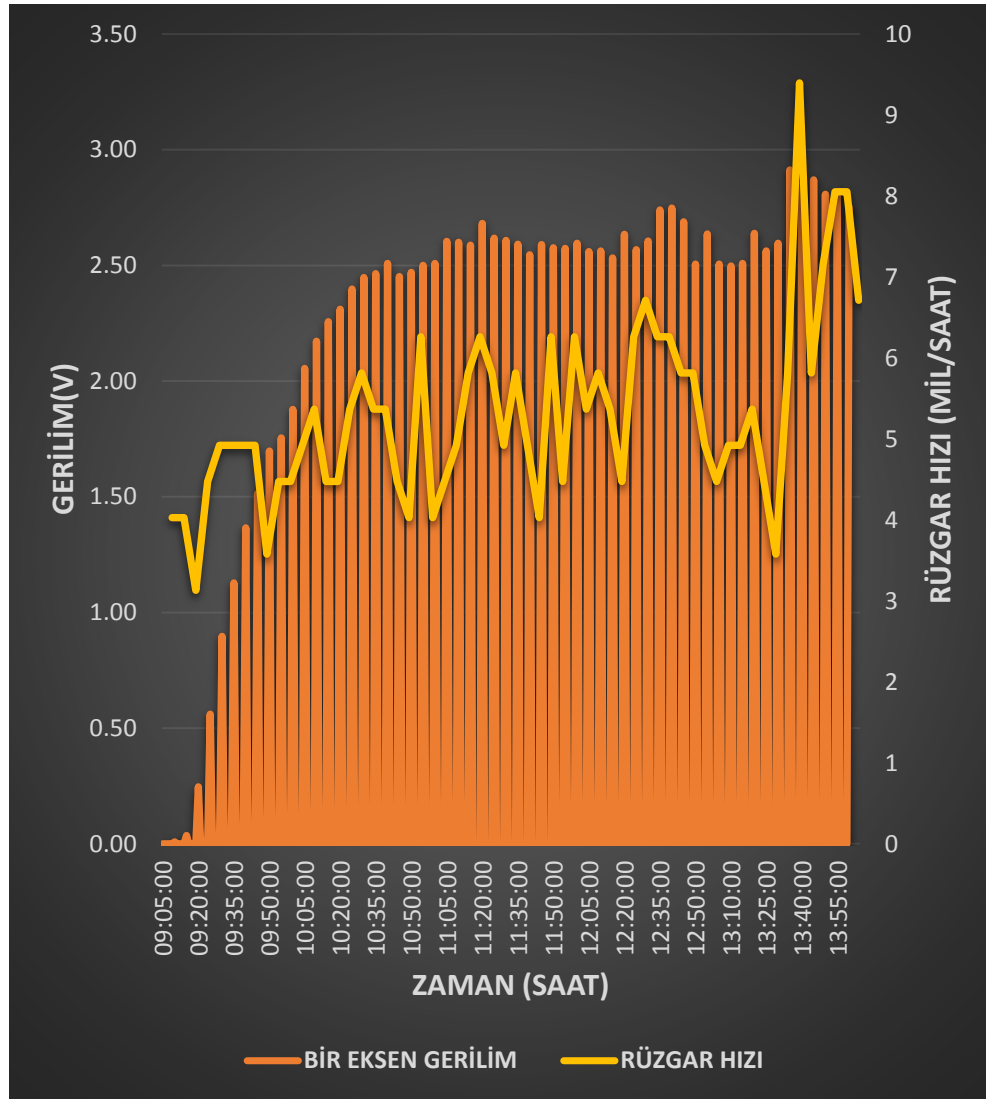
GHI radyasyon seviye ortalamaları gün içinde en yüksek 718,2 W/m² değerlerine saat 12:25'de çıkmıştır. Aynı anlarda, TEG'in sıcak soğuk yüzey arasındaki sıcaklık farkı 49,4 °C ve buna bağlı açık devre gerilimi 2,57 V olarak elde edilmiş ve TEG'in sıcak yüzeyi 129,8 °C değerine ulaşmıştır.



Şekil 9. 8. 06-08-2020 tarihli bir eksenli (aseton) TEG soğuk ve sıcak yüzey sıcaklık farkı ölçümünün zamana bağlı değerleri

TEG'in ısı başlığına temas eden sıcak yüzeyi ve pasif soğutucuya temas eden soğuk yüzeyi arasındaki sıcaklık farkı değerlerinin zamana göre değişimi grafiği Şekil 9. 8.'de sunulmuştur. Deneysel sistem hazırlanıp kurulduktan ve değerler alınmaya başladıktan hemen sonraki sıcaklık farkının az olduğu sonrasında sıcaklık farkının hızlı bir şekilde bölgesel sıcaklık grafiğine paralel olarak arttığı, saat 13:50'de maksimum 53 °C değerine ulaştığı ancak genel olarak 50 °C'nin altında kaldığı

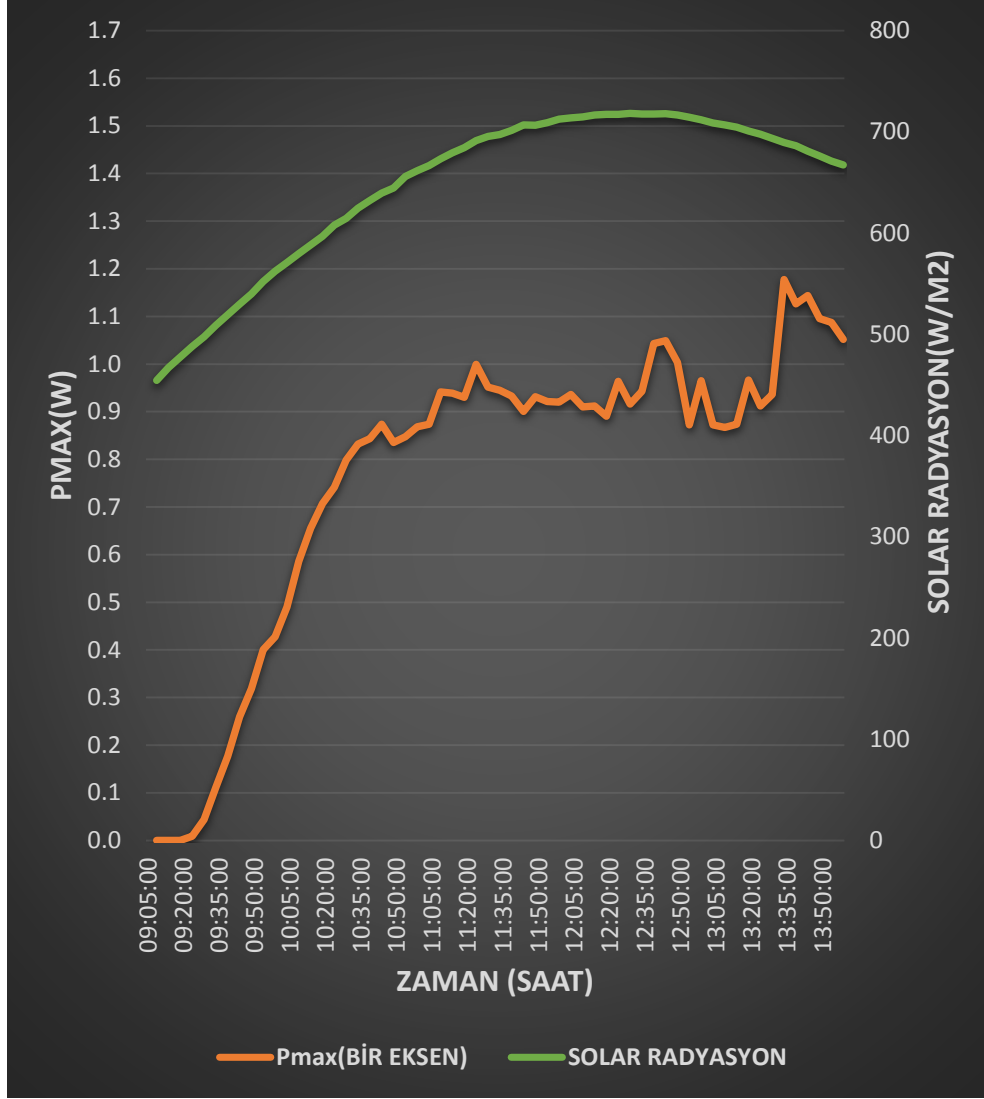
gözlemlenmiştir. TEG'in sıcak yüzey sıcaklığı ise minimum 25,7 °C maksimum 132,1 °C değerlerine ulaşmıştır.



Şekil 9. 15. 06-08-2020 tarihli bir eksenli (aseton) TEG açık devre gerilimi ve rüzgar hızı ölçümünün zamana bağlı değerleri

Şekil 9. 16.'daki TEG açık devre gerilimi ve rüzgar hızı değerlerinin zamana göre değişimi grafiğinde görüldüğü üzere maksimum açık devre gerilimi ortalaması saat 13:35'de 689,6 W/m² Güneş radyasyonu değerinde ve 9,4 mil/saat rüzgar hızında 2,91 V olarak ölçülmüştür. Radyasyonun 580W/m²'nin üzerine çıktığı 10:05 saatinden itibaren deney sonuna kadar ancak 2 V üzerinde açık devre gerilimi değerleri elde edilmiştir.

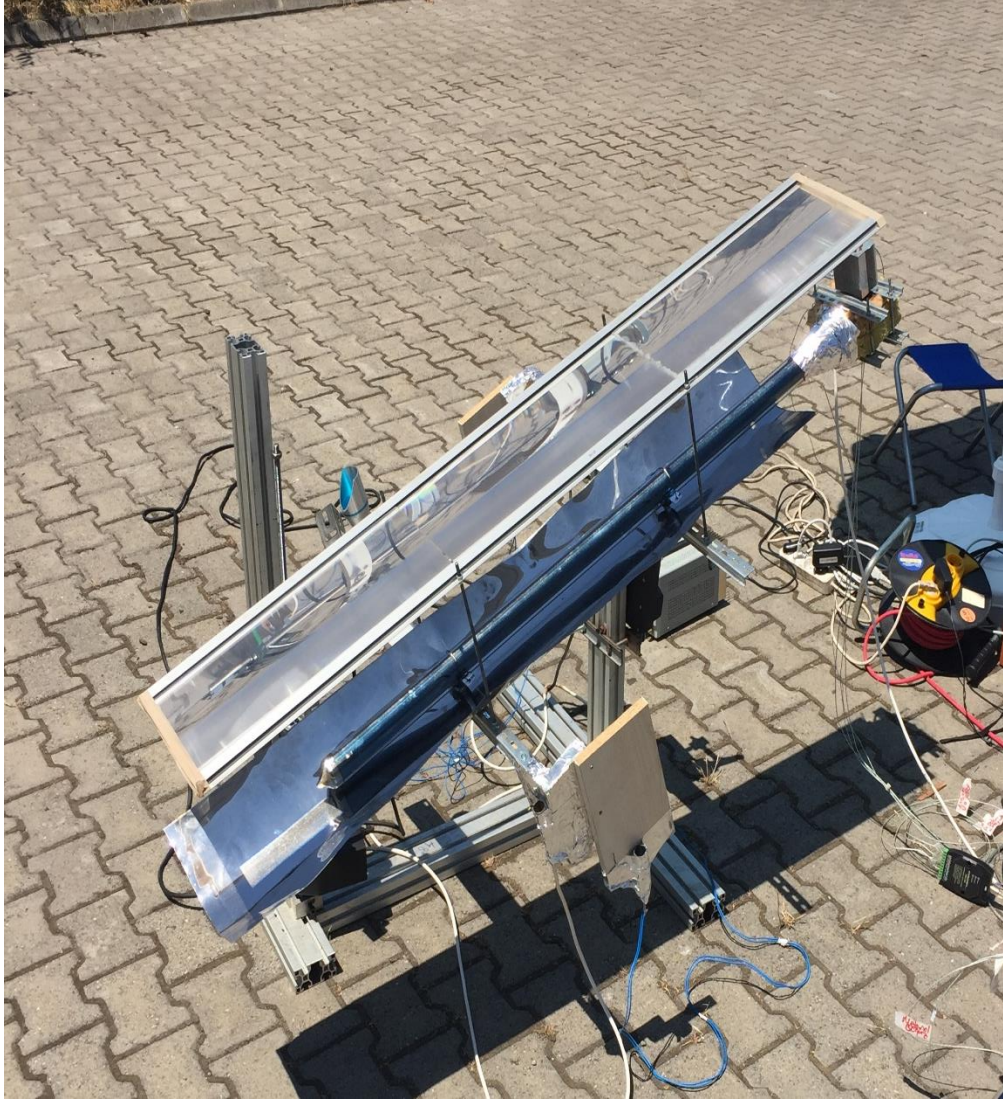
Saat 13:35'de rüzgar şiddetinin anlık olarak 9,4 mil/saat ortalamasına artmasıyla grafiğin en üst noktası olan 2,91 V ortalama seviyesi elde edilmiştir.



Şekil 9.17. 06-08-2020 tarihli bir eksenli (aseton) maksimum çıkış gücü ve Güneş radyasyonu ölçümünün zamana bağlı değerleri

Bir eksenli takip sistemli ve aseton çalışma sıvısıyla ısı transferinin yapıldığı Dene-2 düzeneğinde maksimum çıkış gücü anlık olarak hesaplanmış, Güneş radyasyonu(GHI) ile kıyaslanarak zamana bağlı grafiği Şekil 9.18.'da sunulmuştur. Buna göre maksimum çıkış gücü ortalaması saat 13:35'de $689,6 \text{ W/m}^2$ Güneş radyasyonu değerinde $1,18 \text{ W}$ azami değerine ulaşmaktadır. Verilerin alınmaya başlandığı ilk saatlerde hesaplanan maksimum çıkış gücü değeri düşük seviyelerdeyken gün içerisinde Güneş radyasyonunun zamanla artması ile birlikte P_{\max} değerinde artış gözlemlenmiştir. Bu durum açık devre geriliminin ilk saatlerde düşük olmasıyla açıklanabilir olduğu değerlendirilmektedir.

9.4. Deneysel Sistem-3, Tarih: 12/07/2020



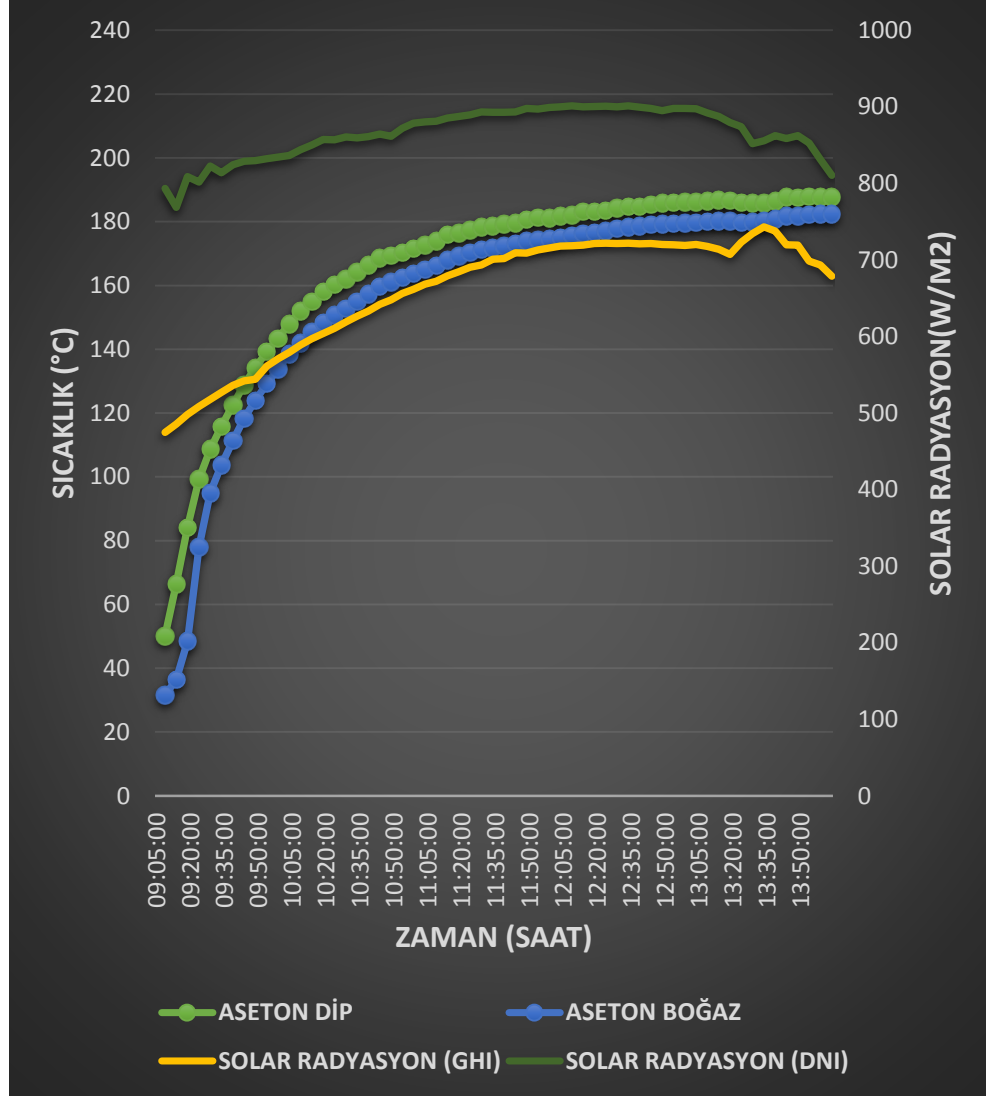
Şekil 9. 19. Deneysel Sistem-3 için hazırlanan düzenek

Deneysel Sistem-3 için hazırlanan ve ısı borusu içerisinde 1/3 oranında aseton kullanılan vakumlu tüp içerisinde olan düzenek Şekil 9. 20.'de sunulmuştur. Bu sistemde iki eksenli takip sistemi uygulanmış ve 09:00 ile 14:00 saatleri arasında veriler Data Logger vasıtasıyla kaydedilmiştir.

Şekil 9. 21.'de gösterilen grafikte, deneysel sistem üzerindeki vakumlanmış ısı borusunda çalışma akışkanının bulunduğu alt kısımdan alınan sıcaklık değerleri dip ve TEG üzerine ısının transfer edilmeden hemen önce alınan sıcaklık değerleri boğaz olarak gösterilmiştir.

Bu deney süresince DNI radyasyonu anlık tespit edebilmek amacıyla düzeneğe pirheliyometre entegre edilmiş olup seçili zamanlarda elde edilen minimum

ve maksimum değerler ortam sıcaklığı için 27,5 °C-29,5 °C, Güneş radyasyonu (GHI) için 474,8 W/m² -743 W/m², Güneş radyasyonu (DNI) için 768,71 W/m² - 901,2 W/m² ve rüzgar hızı için 4,5 mil/saat-8,9 mil/saat verileri olarak toplanmıştır.

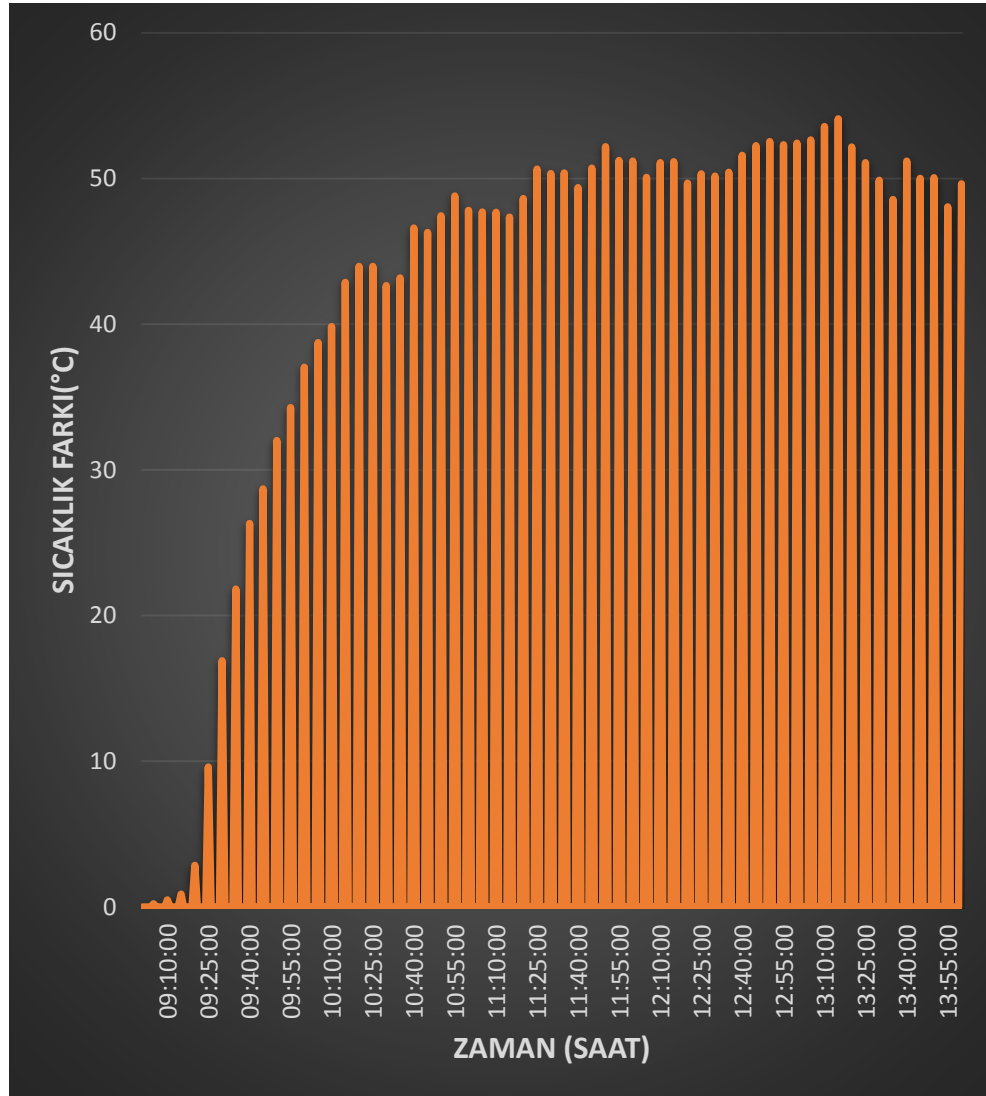


Şekil 9. 22. 12-07-2020 tarihli iki eksenli (aseton) vakumlanmış ısı borusu sıcaklık değerleri ve Güneş radyasyonu (GHI) ile Güneş radyasyonu(DNI) ölçümünün zamana bağlı değerleri

İki eksenli takip sistemli ve içerisindeki çalışma akışkanı aseton olan düzenekteki vakumlanmış ısı borusu sıcaklık değerleri ve Güneş radyasyonunun zamana göre değişimi Şekil 9. 23.'deki grafikte sunulmuştur. Grafiğe göre ortalama radyasyon miktarının artmasıyla beraber sıcaklık değerlerinin de eş zamanlı arttığı tespit edilmiştir. Maksimum dip sıcaklığı 187,9 °C'ye saat 12:35'te ve maksimum boğaz sıcaklığı 182,4 °C'ye saat 13:15'te erişmiştir.

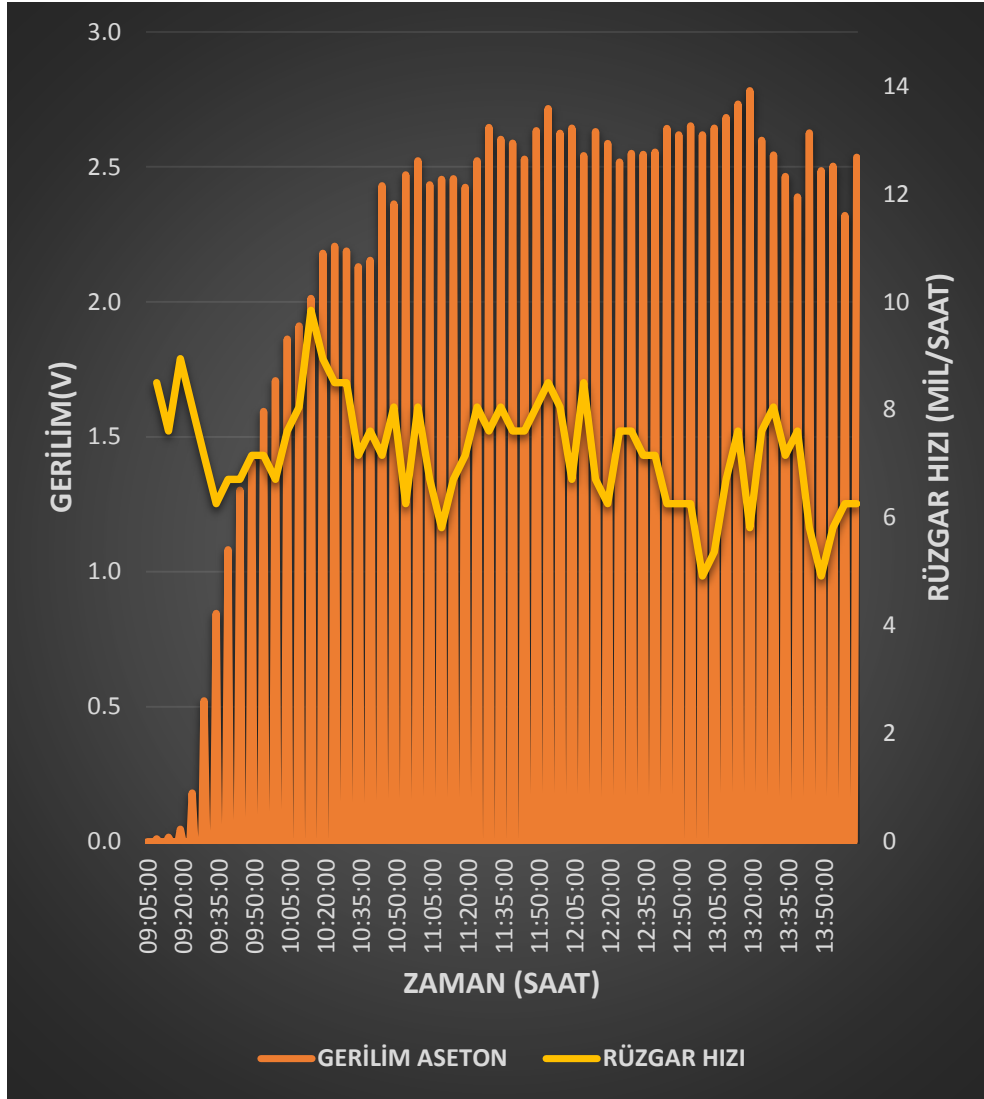
GHI radyasyon seviye ortalamaları gün içinde en yüksek 743 W/m^2 değerlerine saat 13:30'da çıkmıştır. Bu değer ve zaman aralığında, TEG'in sıcak soğuk yüzey arasındaki sıcaklık farkı $49,9 \text{ }^\circ\text{C}$ ve buna bağlı açık devre gerilimi $2,46 \text{ V}$ olarak elde edilmiştir.

Bu değerlerin yanında, DNI radyasyon seviyesinin maksimum olduğu $901,2 \text{ W/m}^2$ değerine saat 12:30 da ulaşılmış olup aynı anda TEG'in sıcak soğuk yüzey arasındaki sıcaklık farkı $50,2 \text{ }^\circ\text{C}$ ve buna bağlı açık devre gerilimi $2,546 \text{ V}$ olarak elde edilmiştir. Belirtilen zamanda, Güneş radyasyonu GHI değeri 722 W/m^2 olarak ve ısı borusu vasıtasıyla ısı enerjisinin aktarıldığı TEG'in sıcak yüzeyi $121,2 \text{ }^\circ\text{C}$ olarak ölçülmüştür.



Şekil 9. 24. 12-07-2020 tarihli iki eksenli (aseton) TEG soğuk ve sıcak yüzey sıcaklık farkı ölçümünün zamana bağlı değerleri

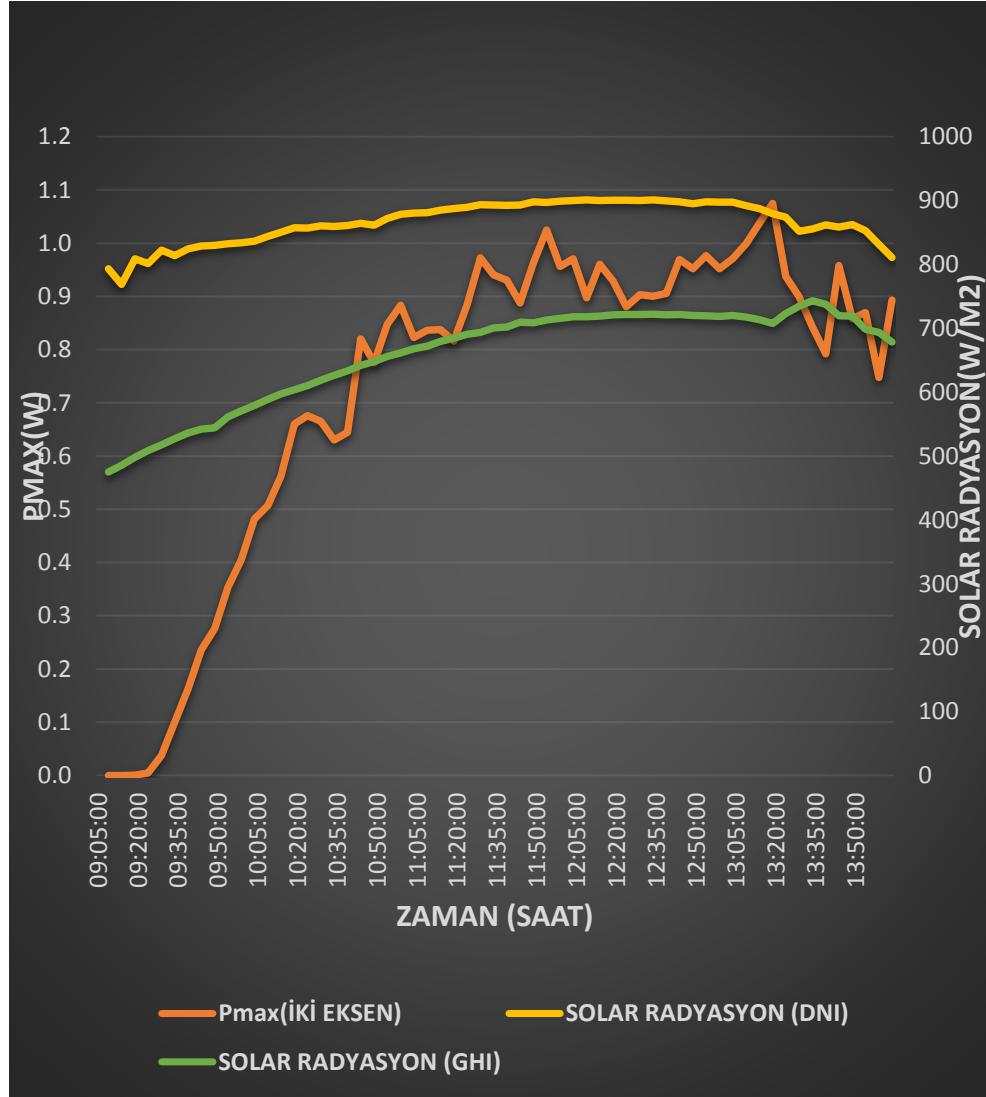
TEG soğuk ve sıcak yüzey sıcaklık farkı ortalama değerleri deneysel sistem kurulduktan sonra hızlı bir şekilde arttığı gözlenmiş olup saat 12:25'de 50 °C'nin üzerinde değerler elde edilmiş ve saat 13:55'teki alınan ortalamalara kadar 50 °C'nin üzerinde kesintisiz seyrettiği Şekil 9. 25.'de görülmektedir. Grafikte maksimum sıcaklık farkı 54,4 °C olarak tespit edilmiştir. TEG'in sıcak yüzey sıcaklığı ise minimum 28,54 °C maksimum 130,8 °C değerlerine ulaşmıştır.



Şekil 9. 26. 12-07-2020 tarihli iki eksenli (aseton) TEG açık devre gerilimi ve rüzgar hızı ölçümünün zamana bağlı değerleri

Deneyel sistem üzerindeki pasif soğutucunun çalışma prensibi gereği rüzgar hızı TEG'in soğuk yüzeyinin sıcaklığını etkileyecektir. Bu nedenle Şekil 9.27.'deki TEG açık devre gerilimi ve rüzgar hızı grafiği hazırlanmış ve incelenmiştir. Buna göre maksimum açık devre gerilimi ortalaması saat 13:15'de 707,4 W/m² GHI ve 879,69 DNI W/m² Güneş radyasyonu değerinde ve 5,81 mil/saat rüzgar hızında 2,78 V olarak

görülmüştür. GHI Radyasyonun $600\text{W}/\text{m}^2$ üzerine çıktığı 10:10-10:15 saatlerinden itibaren deney sonuna kadar 2 V üzerinde açık devre gerilimi değerleri elde edilmiştir. Saat; 12:55'te rüzgar hızı 4,92 mil/saat değerinden, saat; 13:10'da 7,60 mil/saat değerine ulaşmıştır. Grafiğin aynı zaman aralığındaki açık devre geriliminin de 2,618 V değerinden 2,732 V değerine arttığı gözlemlenmiştir. Rüzgar şiddetinin grafiğin genelinde kademeli düşmesinin açık devre gerilimine olumsuz yansıdığı değerlendirilmektedir.

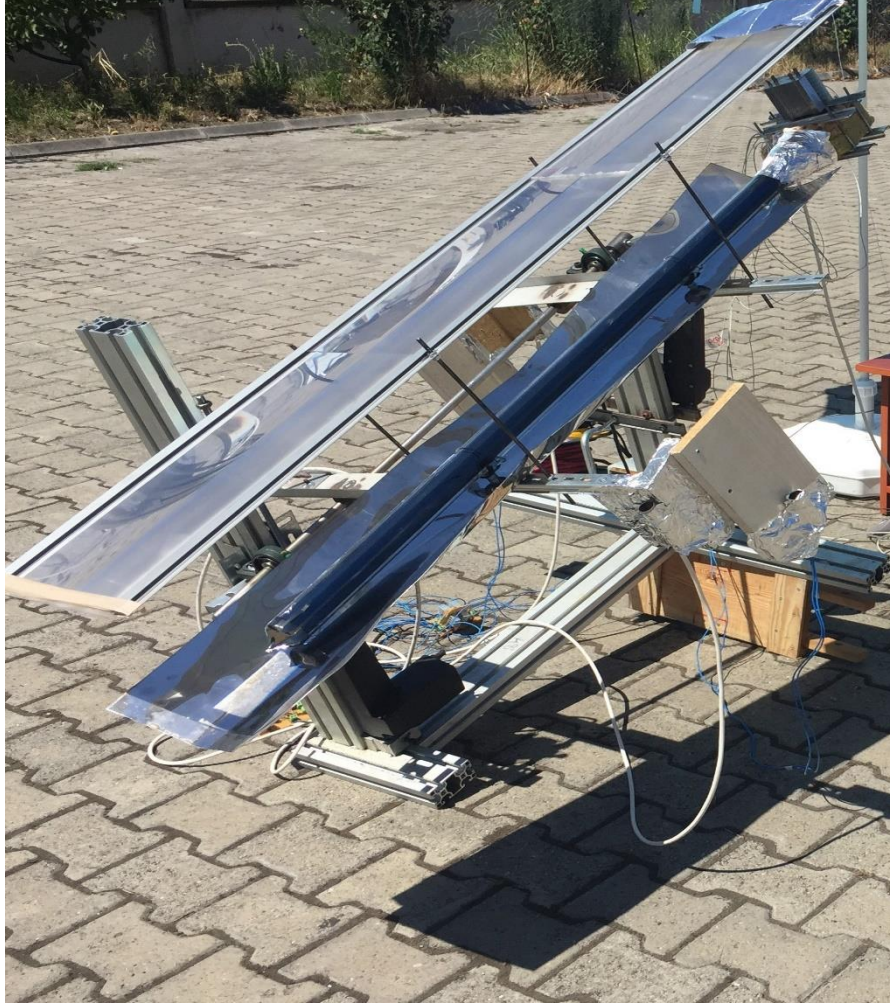


Şekil 9. 285. 12-07-2020 tarihli iki eksenli (aseton) maksimum çıkış gücü ve Güneş radyasyonu ölçümünün zamana bağlı değerleri

Hesaplanan P_{max} değerlerinin ve Güneş radyasyonlarının zamana bağlı grafikleri Şekil 9. 295.'de sunulmuştur. Buna göre, maksimum çıkış gücü ortalaması saat 13:15'de $707,4\text{ W}/\text{m}^2$ GHI ve $879,69\text{ W}/\text{m}^2$ DNI Güneş radyasyonu değerinde $1,075\text{ W}$ azami değerine ulaşmaktadır. Bu zaman diliminden sonra DNI Güneş

radyasyonunun saat 13:05 te 892 W/m^2 değerinden 13:25 te 852 W/m^2 değerine düşmesi buradan sonrada tekrar çıkışa geçmesi maksimum güç grafiğinde de benzer bir kırılmaya neden olmuştur. Ölçümün başladığı ilk saatlerde TEG yüzeyine ısı transferinin başlamadığından, Pmax değeri en düşük durumda seyrederken Güneş radyasyonunun artması ve ısı transferinin başlamasıyla artış kaydedilmiştir.

9.5. Deneysel Sistem-4, Tarih: 24/07/2020

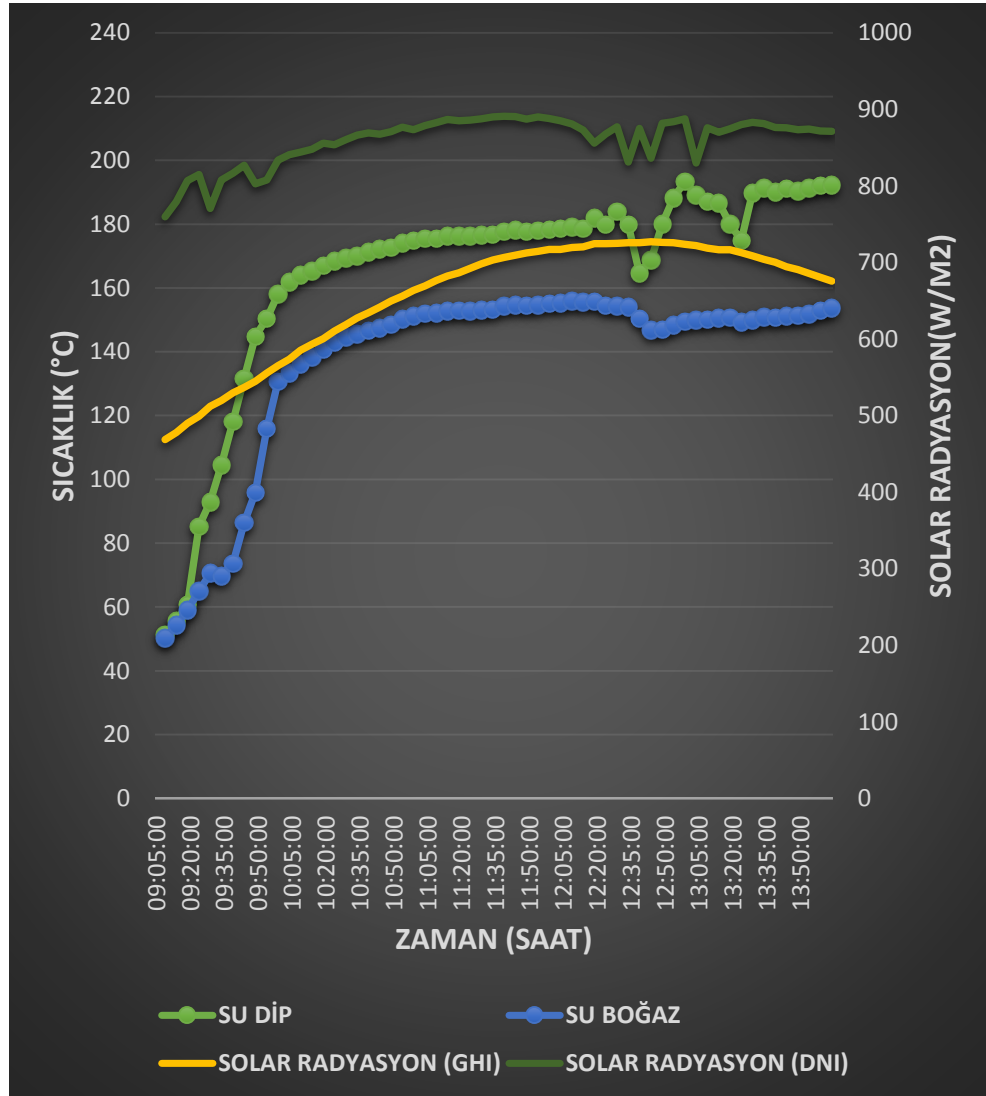


Şekil 9. 30. Deney-4 için hazırlanan düzenek

Deney-4 için hazırlanan düzenek, Deney-3 düzeneği gibi iki eksenli takip sistemi üzerindedir. Deney-4 verileri gün içerisinde 09:00 ile 14:00 saatleri arasında incelenmek üzere kaydedilmiştir. Şekil 9.31.'da sunulan deneysel sistem bünyesindeki ısı borusu içerisinde 1/3 oranında saf su kullanılmış olup vakumlu tüp içerisine yerleştirilmiştir.

Diğer deneylerde olduğu gibi Deney-4 üzerindeki ısı borusunda çalışma akışkanının bulunduğu alt kısımdan alınan sıcaklık değerleri dip ve TEG üzerine ısının transfer edilmeden önceki alınan sıcaklık değerleri boğaz olarak ifade edilmiştir.

Bu deney süresince DNI radyasyonu anlık tespit edebilmek maksadıyla düzenekte pirheliyometre kullanılmaya devam edilmiş olup seçili zamanlarda elde edilen minimum ve maksimum değerler ortam sıcaklığı için 27,8 °C-29,3 °C, Güneş radyasyonu (GHI) için 468,5 W/m² -727,2 W/m², Güneş radyasyonu (DNI) için 759,86 W/m² - 890,97 W/m² ve rüzgar hızı için 7,6 mil/saat -13,87 mil/saat verileri şeklinde toplanmıştır.

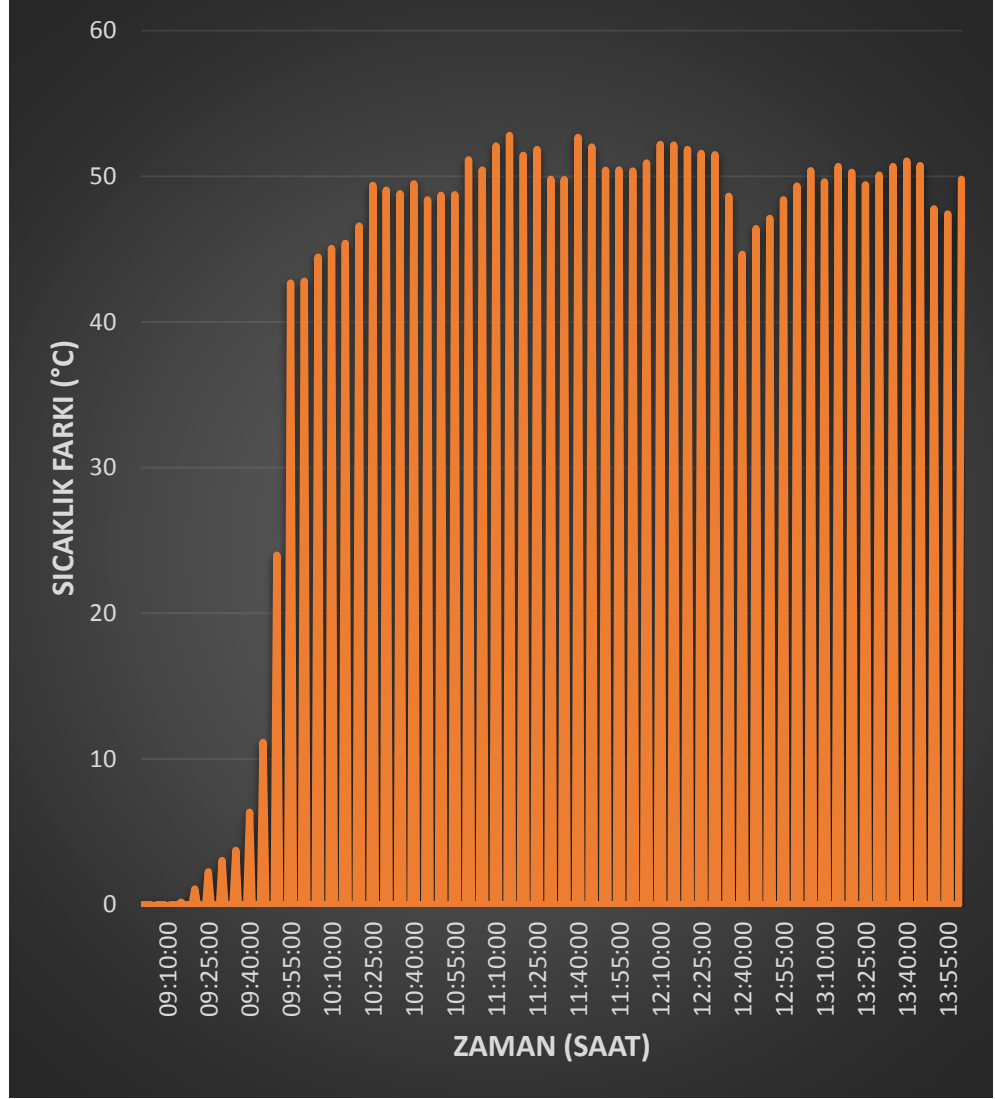


Şekil 9. 32. 24-07-2020 tarihli iki eksenli (saf su) vakumlanmış ısı borusu sıcaklık değerleri ve Güneş radyasyonu (GHI) ile Güneş radyasyonu(DNI) ölçümünün zamana bağlı değerleri

Şekil 9. 33.'de Güneşin gökyüzünde yükselmesiyle, ortalama radyasyon miktarı artmış ve buna bağlı sıcaklık değerlerinde artış kaydedilmiştir. Saat, 12:55'te maksimum dip sıcaklığı 193,4 °C'e ve saat 12:15'te boğaz sıcaklığı 155,9 °C değerlerine kadar erişmiştir.

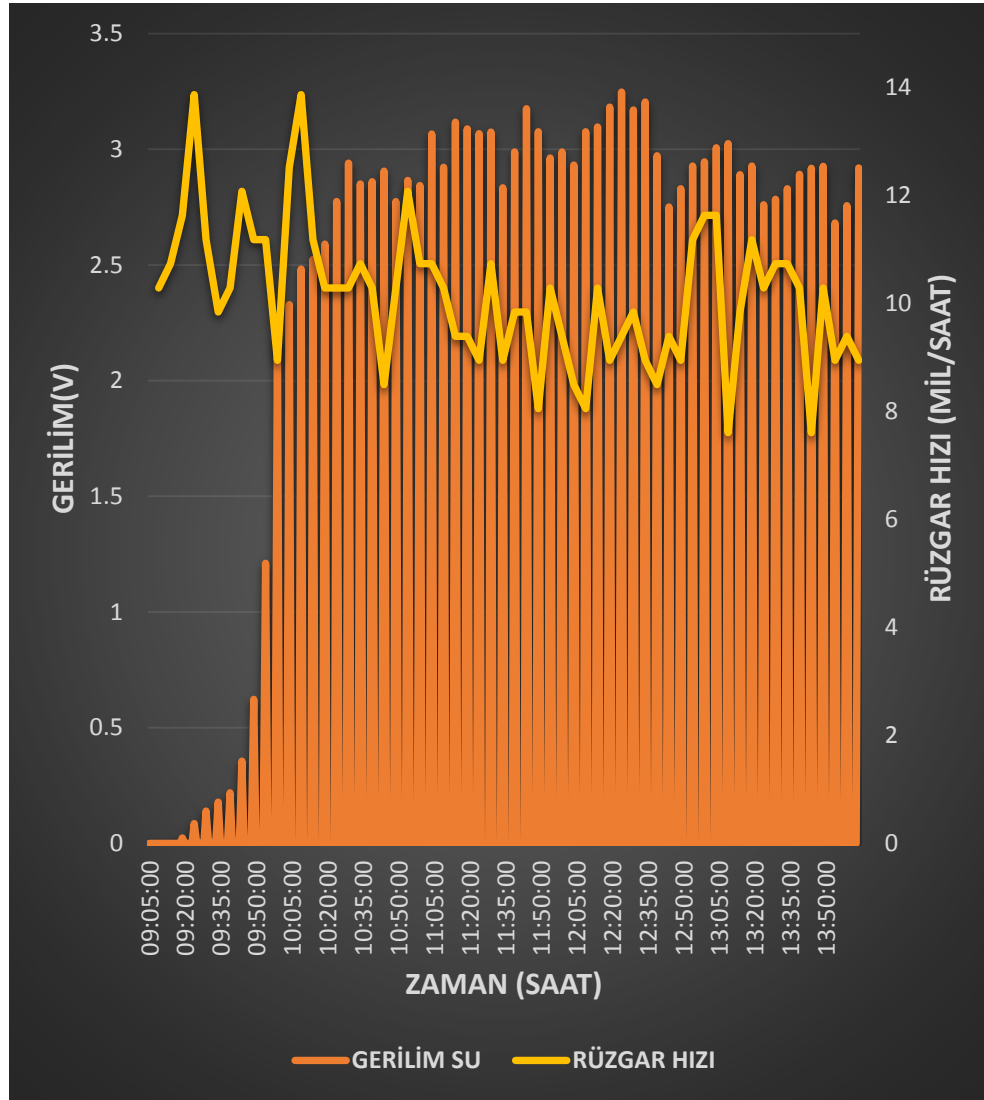
Gün içerisindeki global radyasyon değerleri en yüksek 727,2 W/m²'ye saat 12:40'da ulaşmıştır. Aynı zamanda TEG'in yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkı 44,6 °C ve buna bağlı açık devre gerilimi 2,75 V olarak elde edilmiştir.

Bu deneyde ise sisteme eklenen Pirheliyometre vasıtasıyla ölçülen DNI radyasyon seviyesinin maksimum olduğu 890,97 W/m² değerine saat 11:35'de ulaşılmıştır. Aynı zaman aralığında TEG'in yüzeyler arası sıcaklık farkı 49,8 °C ve buna bağlı açık devre gerilimi 2,99 V olarak elde edilmiştir. Yine aynı saatlerde GHI değeri 706,4 W/m² olarak ölçülmüştür. Bu açık devre gerilimi elde edildiği anda enerjinin aktarıldığı TEG'in sıcak yüzeyi 136,7 °C değerine ulaşmıştır.



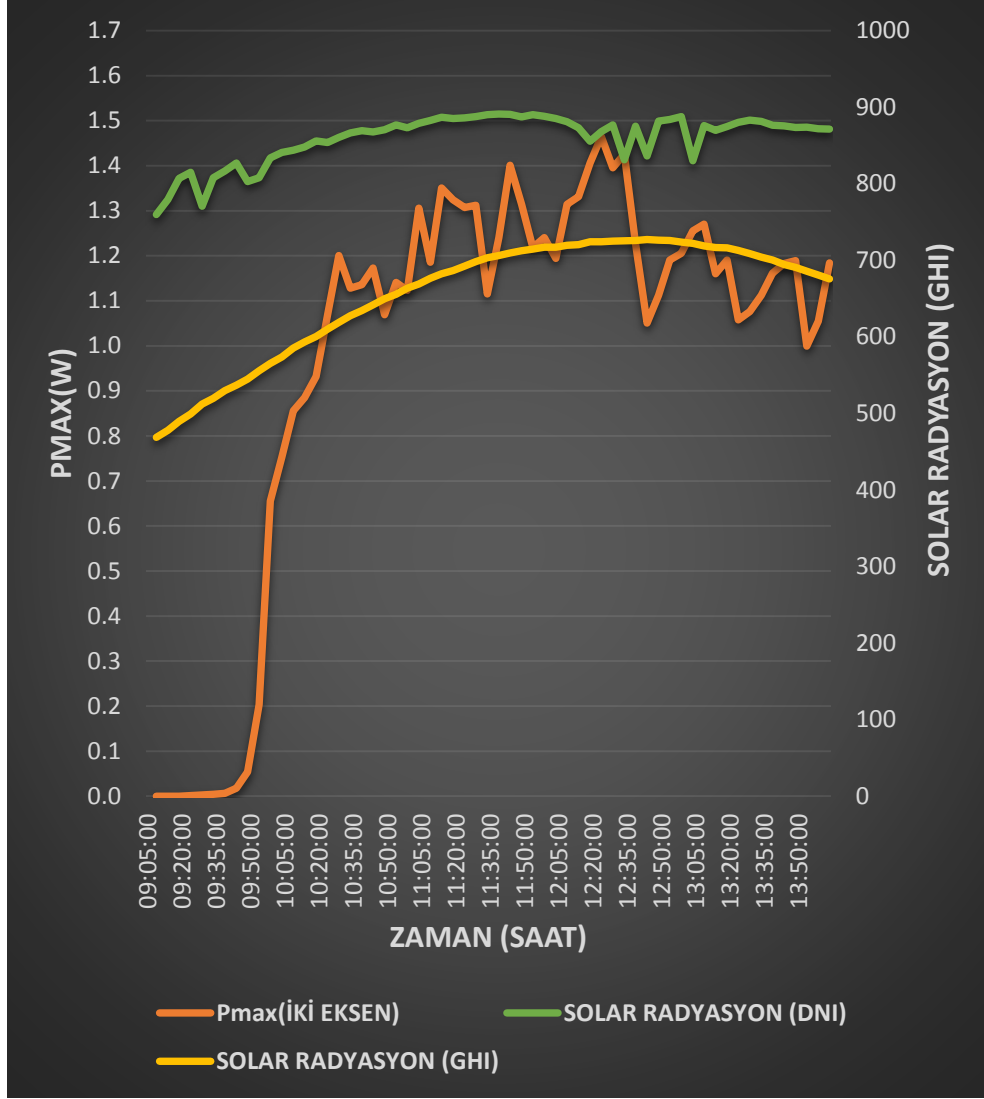
Şekil 9. 34. 24-07-2020 tarihli iki eksenli (saf su) TEG soğuk ve sıcak yüzey sıcaklık farkı ölçümünün zamana bağlı değerleri

Sistemde kullanılan TEG'in yüzey sıcaklıkları farkının zamana göre değişimi Şekil 9. 35.'de sunulmuştur. Sistem kurulduktan sonra kısa süreliğine sıcaklık farkı ortalamalarının düşük olduğu görülmüştür. Sistem ölçüm almaya başladıktan kısa bir süre sonra sıcaklık farkının hızlı bir şekilde bölgesel sıcaklık grafiğine paralel olarak arttığı, saat 09:55 ortalamalarıyla 40 °C'nin üzerine ulaştığı ve deney süresi sonlanana kadar bu değer üzerinde kaldığı görülmüştür. Sıcaklık farkı maksimum 54,1 °C değerine ulaşmıştır. TEG'in sıcak yüzey sıcaklığı ise minimum 29,06 °C maksimum 137,6 °C değerlerine ulaşmıştır.



Şekil 9. 36. 24-07-2020 tarihli iki eksenli (saf su) TEG açık devre gerilimi ve rüzgar hızı ölçümünün zamana bağlı değerleri

TEG yapılış amacı gereği sıcaklık farkına paralel olarak açık devre gerilimi üretmektedir. Sistemde TEG soğuk yüzeyinin sıcaklığı, pasif soğutucunun ne kadar ısıyı uzaklaştırdığıyla alakalıdır. Şekil 9.37.'da sunulduğu üzere sıcaklık farkı grafiğini doğrulayacak biçimde bir açık devre gerilimi grafiği elde edilmiştir. TEG açık devre gerilimi ve rüzgar hızı değerlerinin zamana göre değişimi grafiğinde maksimum açık devre gerilimi ortalaması saat 12:20'de $724,4 \text{ W/m}^2$ GHI ve $868,16 \text{ DNI W/m}^2$ Güneş radyasyonu değerinde ve $9,39 \text{ mil/saat}$ rüzgar hızında $3,25 \text{ V}$ olarak tespit olunmuştur. GHI Radyasyon değeri 600 W/m^2 üzerine çıktığı 10:10-10:15 saatlerinden deney sonuna kadar $2,5 \text{ V}$ üzerinde açık devre gerilimi değerleri elde edilmiştir. Saat 10:05'de rüzgar hızı $13,87 \text{ mil/saat}$ maksimum değerine ve saat 13:40'da $7,6 \text{ mil/saat}$ minimum değerine ulaşmıştır.



Şekil 9. 38. 24-07-2020 tarihli iki eksenli (saf su) maksimum çıkış gücü ve Güneş radyasyonu ölçümlerinin zamana bağlı değerleri

Maksimum çıkış gücü saat 12:20'de $724,4 \text{ W/m}^2$ GHI ve $868,16 \text{ W/m}^2$ DNI Güneş radyasyonu değerinde $1,465 \text{ W}$ azami değerine ulaştığı, maksimum çıkış gücü ve Güneş radyasyonunun zamana bağlı grafiği Şekil 9. 39.'de sunulmuştur. Ölçümün başladığı ilk saatlerde Pmax değeri en düşük durumda seyrederken Güneş radyasyonunun artması ile birlikte giderek arttığı görülmüştür. Bunun nedeni olarak ölçümün ilk saatlerinde TEG yüzeyinde henüz sıcaklık farkının oluşmaması olarak değerlendirilmiştir.

9.6. Deneysel Sistem-5, Tarih: 29/07/2020

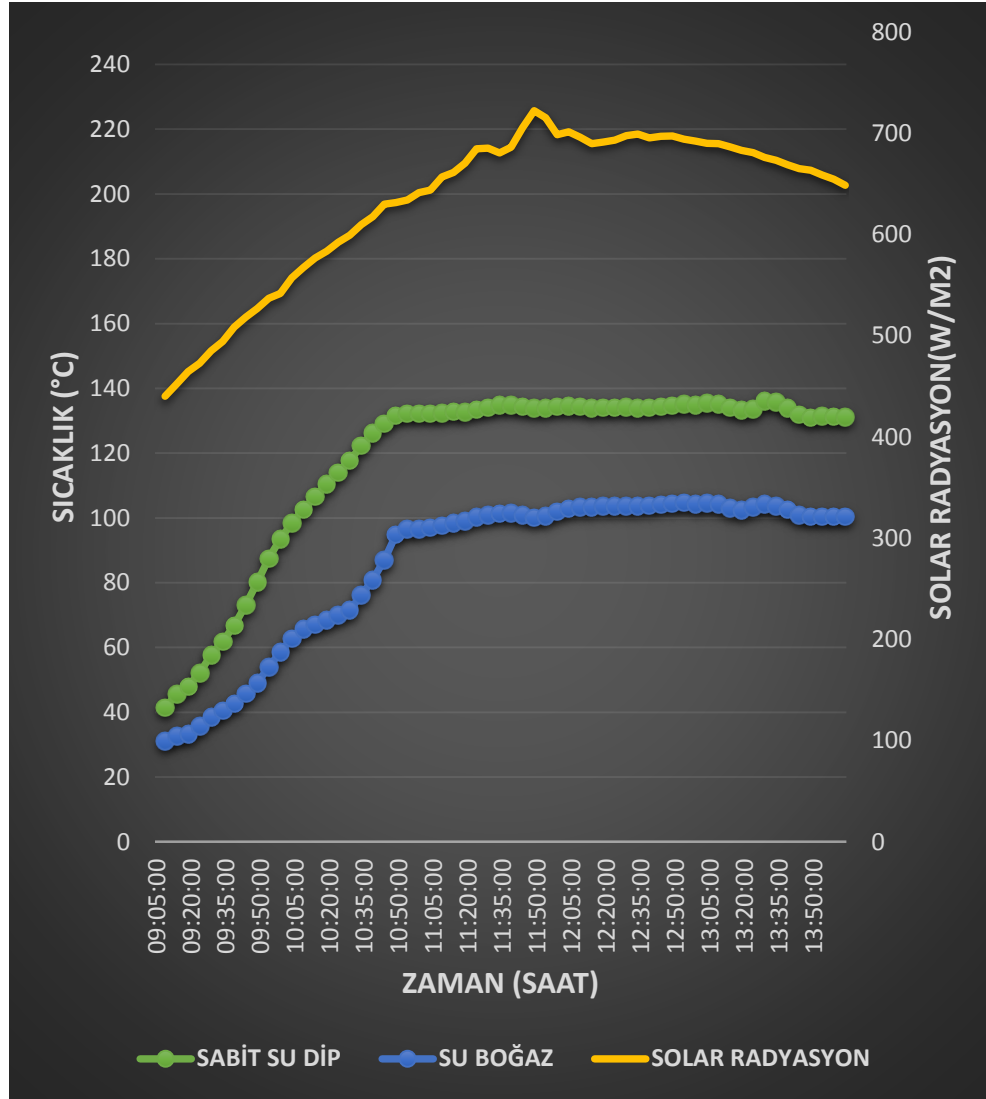


Şekil 9. 40. Deneysel Sistem-5 için hazırlanan düzenek

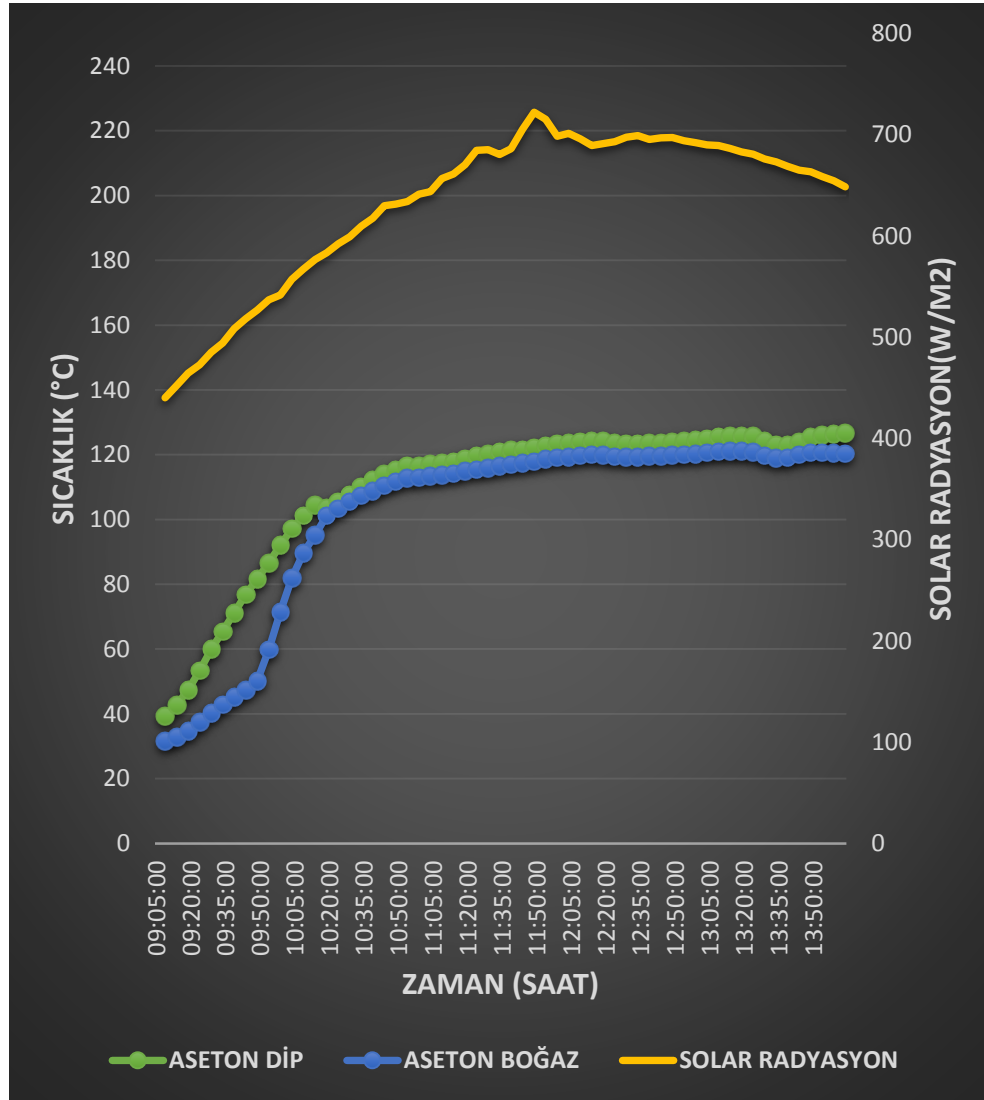
Deneysel Sistem-5 düzenekleri iki farklı sistemin yan yana aynı koşullarda yere göre belirli bir açıyla konumlandırılmasından oluşmaktadır. Bu deneysel düzeneklerde diğer deneysel sistemlerden farklı olarak lineer fresnel lens ve takip sistemi kullanılmamıştır. Şekil 9. 41.'de gösterilen deneysel sistemlerde ısı boruları içerisinde birinde 1/3 oranında saf su diğerinde aseton kullanılmış olup vakumlu tüp içerisine yerleştirilmiştir. Deneysel Sistem-5 düzenğinde ısı boruları birbirlerinin güneşlenmesini kesmeyecek şekilde yere göre belirli bir açıyla konumlandırılmış ve 09:00 ile 14:00 saatleri arasında veriler kaydedilmiştir.

Belirtilen zaman aralığında elde edilen ortam sıcaklığına ait minimum ve maksimum değerler 31°C-34,4°C aralığındadır. Aynı zaman aralığında Güneş

radasyonu (GHI) 440,2 W/m² -722,4 W/m² ve rüzgar hızı için 2,68 mil/saat-13,86 mil/saat minimum ve maksimum verileri elde edilmiştir.



Şekil 9. 42. 29-07-2020 tarihli bir eksenli (saf su) vakumlanmış ısı borusu sıcaklık değerleri ve Güneş radyasyonu (GHI) ölçümünün zamana bağlı değerleri

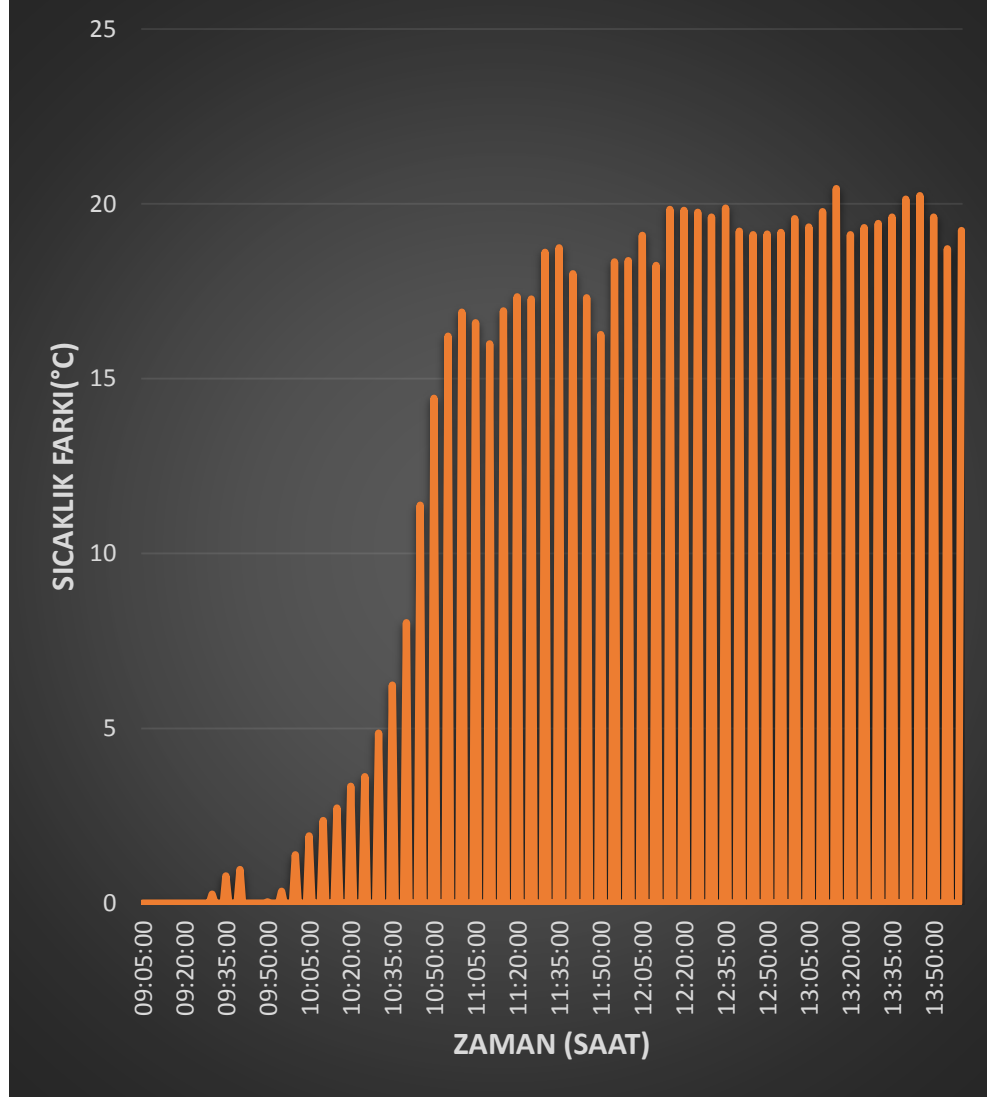


Şekil 9. 43. 29-07-2020 tarihli bir eksenli (aseton) vakumlanmış ısı borusu sıcaklık değerleri ve Güneş radyasyonu (GHI) ölçümünün zamana bağlı değerleri

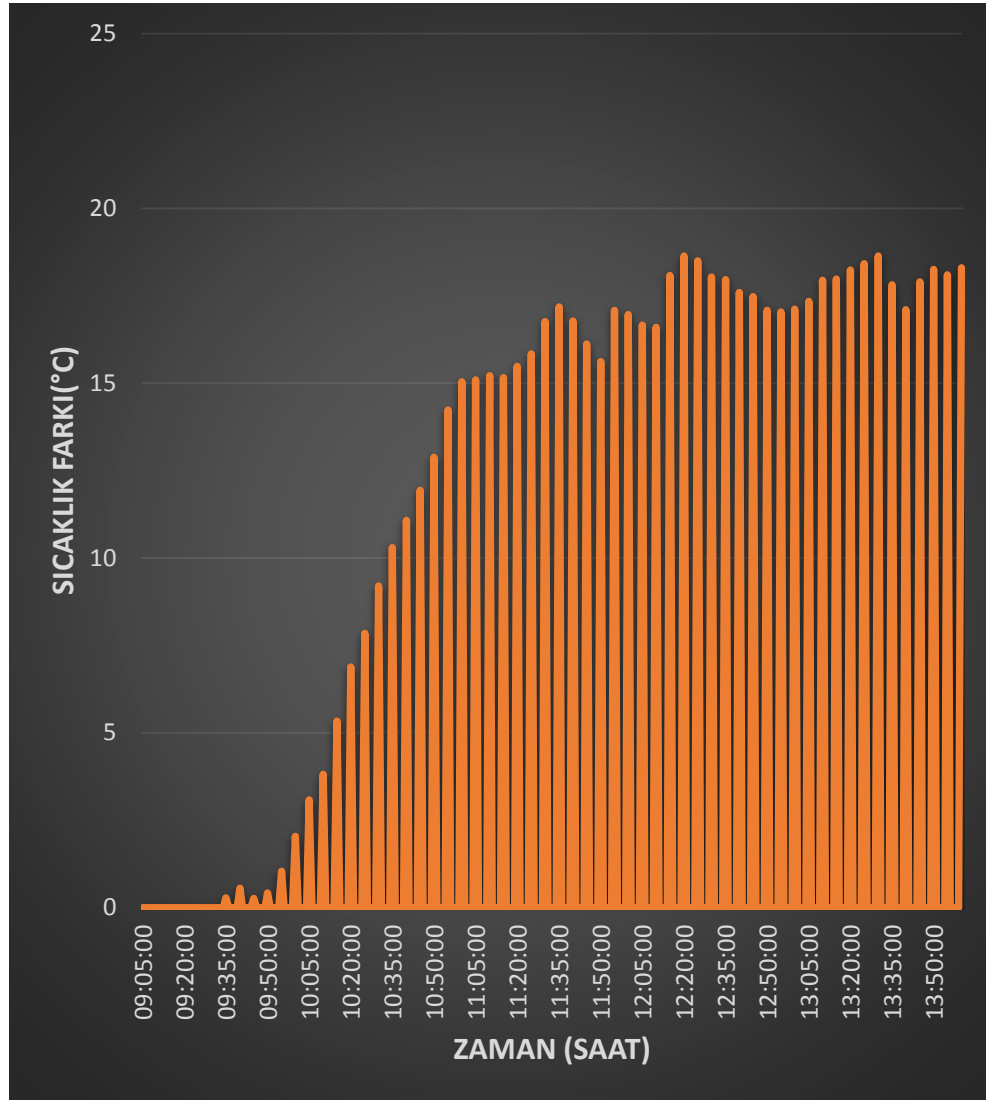
Şekil 9. 44. ve Şekil 9. 45.'de sabit ve çalışma akışkanı saf su ile aseton olan her iki sistemde dip/boğaz sıcaklıkları ile Güneş radyasyonunun zamana göre değişimi grafikleri sunulmuştur. Sabit, çalışma sıvısı olarak saf su kullanılan ısı borusu ölçümlerine göre saat 13:25'te maksimum dip sıcaklığı 136,08 °C'e ve saat 13:00'te maksimum boğaz sıcaklığı 104,66 °C değerlerine kadar erişmiştir. Sabit, çalışma sıvısı olarak aseton kullanılan vakumlu tüp ölçümlerine göre ise saat 14:00'da maksimum dip sıcaklığı 126,62 °C'e ve saat 14:00'te maksimum boğaz sıcaklığı 120,48 °C değerlerine kadar erişmiştir.

İki düzeneğinde aynı koşullarda incelendiği değerlendirilirse, düzenekler için GHI radyasyon seviye ortalamaları gün içinde en yüksek 722,4 W/m² değerlerine saat 11:45'de çıkmıştır. Bu değer ve zaman aralığında, çalışma sıvısı olarak saf su

kullanılan vakumlu tüp üzerindeki TEG'in sıcak soğuk yüzey arasındaki sıcaklık farkı 17,32 °C ve buna bağlı açık devre gerilimi 0,88 V diğer yandan çalışma sıvısı olarak aseton kullanılan vakumlu tüp üzerindeki TEG'in sıcak soğuk yüzey arasındaki sıcaklık farkı 16,1 °C ve buna bağlı açık devre gerilimi 0,83 V olarak elde edilmiştir. Isı enerjisinin aktarıldığı TEG'in sıcak yüzeyi çalışma sıvısı saf su olan sistemde 62,7 °C değerine ve çalışma sıvısı olarak aseton kullanılan deney düzeneğinde ise 65,4 °C değerine ulaşmıştır.



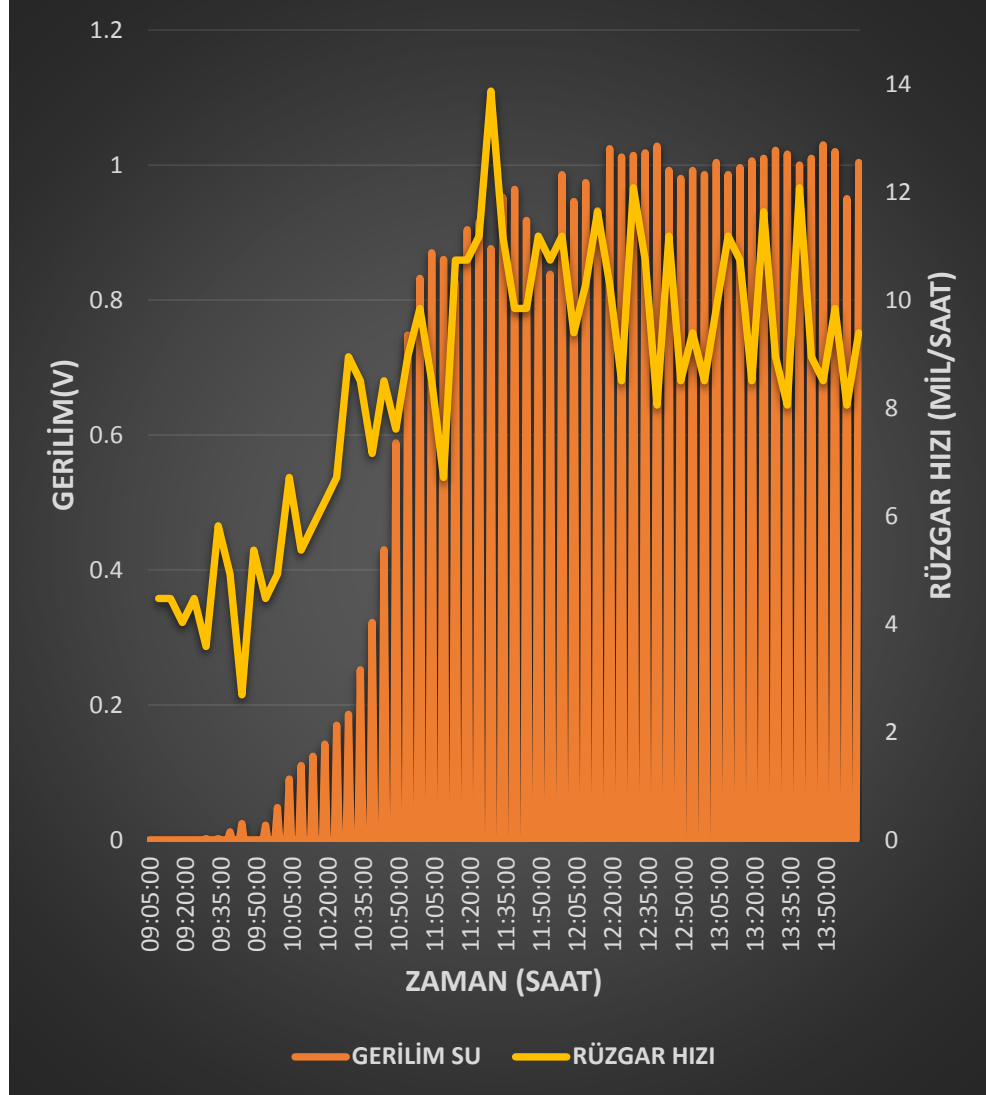
Şekil 9. 46. 29-07-2020 tarihli sabit (saf su) TEG soğuk ve sıcak yüzey sıcaklık farkı ölçümünün zamana bağlı değerleri



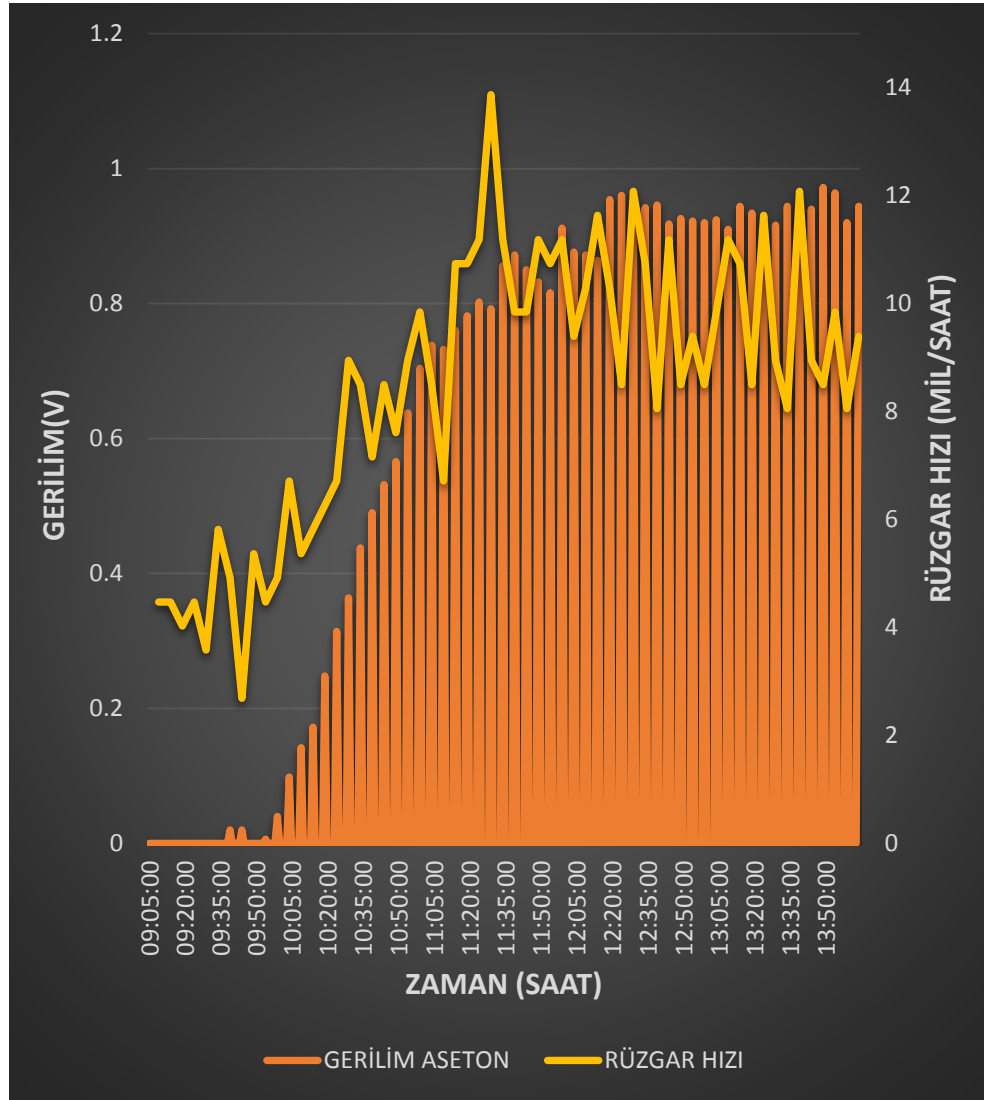
Şekil 9. 47. 29-07-2020 tarihli bir eksenli (aseton) TEG soğuk ve sıcak yüzey sıcaklık farkı ölçümünün zamana bağlı değerleri

İki deneysel sistem için Şekil 9. 48. ve Şekil 9. 49.’de TEG soğuk ve sıcak yüzey sıcaklık farkı değerlerinin zamana göre değişimi grafiği sunulmuştur. Her iki deneysel sistemde kurulduktan hemen sonraki sıcaklık farkı ortalamalarının uzun süre değişmediği görülmüştür. Ancak buna karşın sıcaklık farkı bakımından çalışma sıvısı saf su olan düzenekte süratli artış olduğu buna karşın çalışma sıvısı aseton olan düzenekte ise kademeli bir şekilde artış yaşandığı tespit edilmiştir. 6 °C sıcaklık farkına saf su grafiği saat 10:55’te ulaşırken aseton ancak saat 11:30 da ulaşmıştır. Her iki düzenekteki sıcaklığında bölgesel sıcaklık grafiğine paralel olarak arttığı, saat 12:05’te saf su grafiği 19 °C değerini aştığı ancak aseton grafiğinin deney süresince 19 °C ‘ye hiçbir zaman aralığında ulaşamadığı gözlemlenmiştir. TEG’in sıcak yüzey sıcaklığı ise çalışma sıvısı olarak saf su kullanılan deney düzeneğinde minimum 28,28

°C maksimum 67,88 °C değerlerine ve çalışma sıvısı olarak aseton kullanılan deney düzeneğinde ise minimum 30,44 °C maksimum 69,04 °C değerlerine ulaşmıştır.



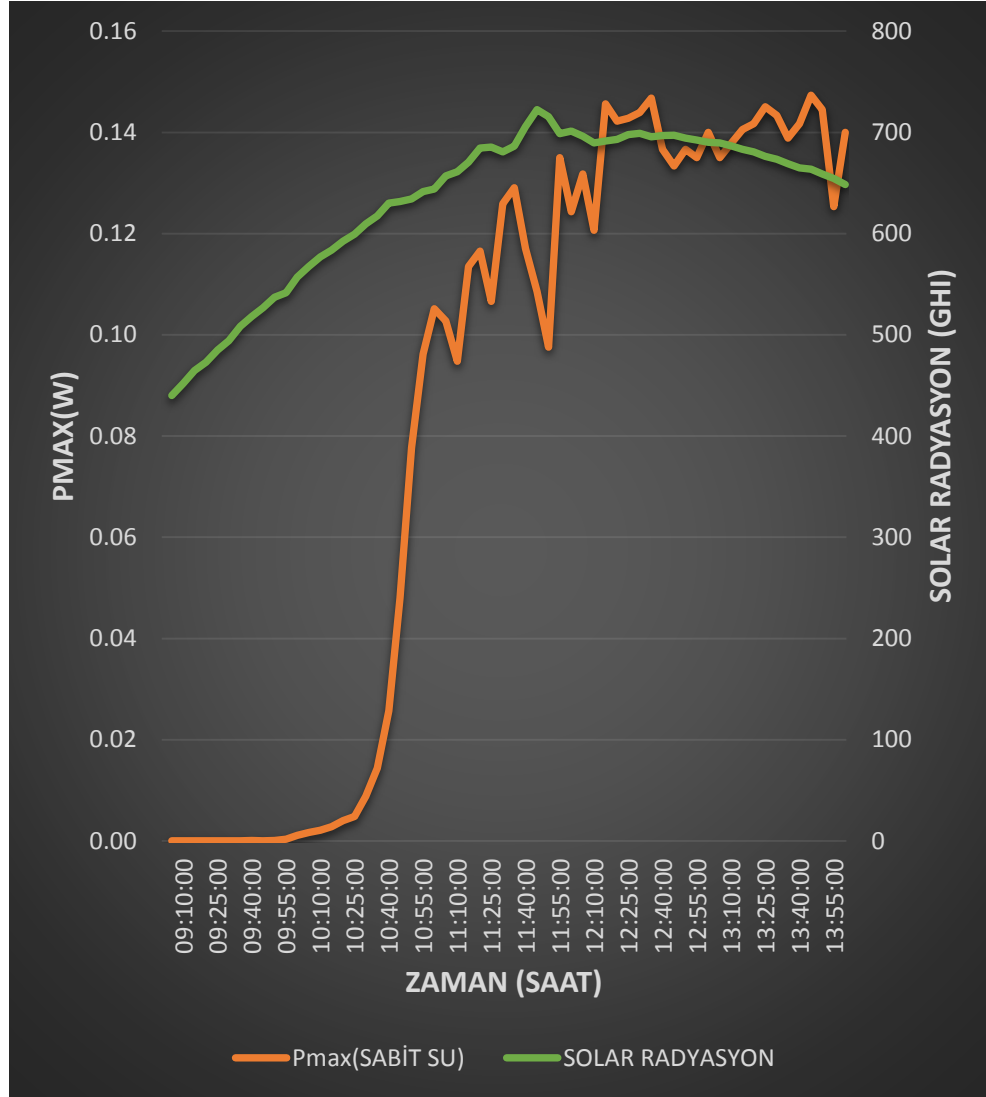
Şekil 9. 50. 29-07-2020 tarihli sabit (saf su) TEG açık devre gerilimi ve rüzgar hızı ölçümünün zamana bağlı değerleri



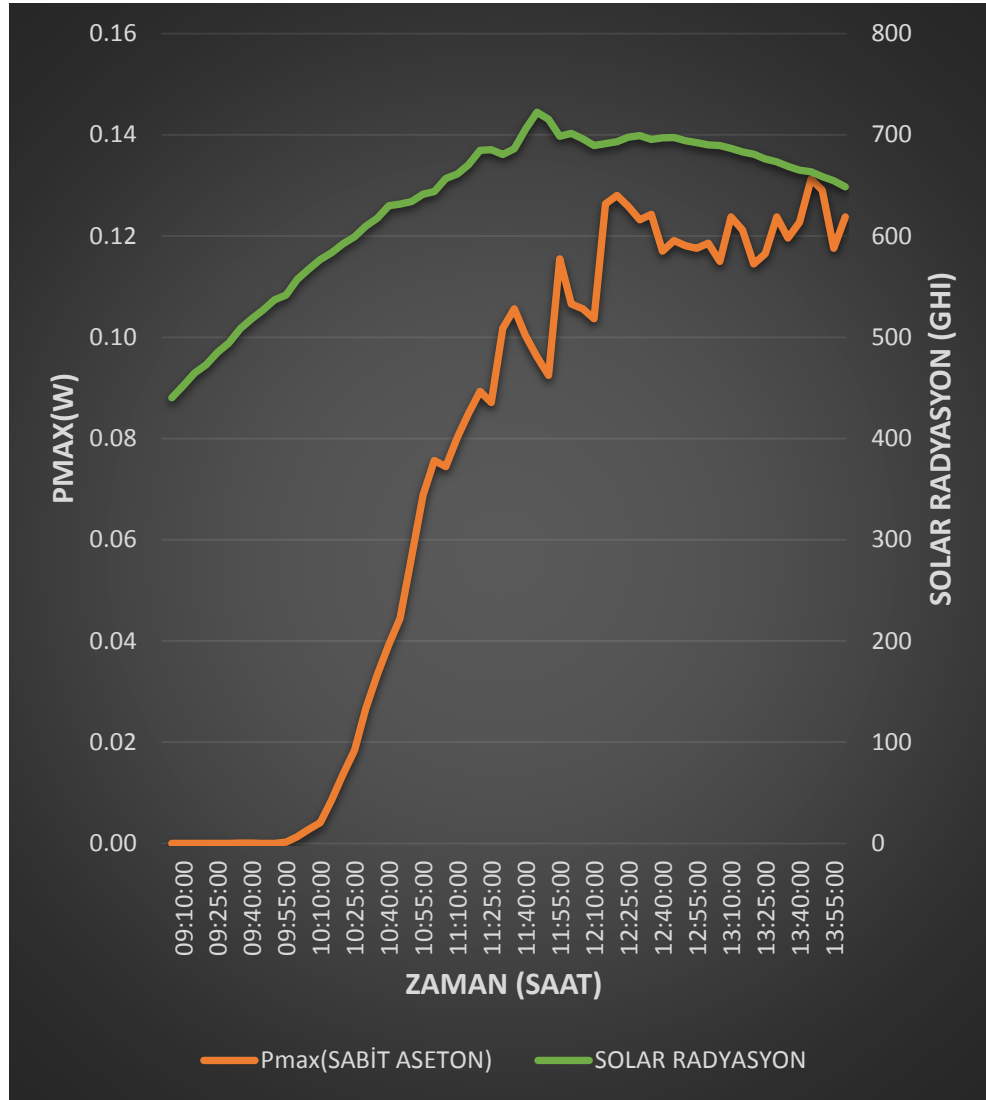
Şekil 9. 51. 29-07-2020 tarihli sabit (aseton) TEG açık devre gerilimi ve rüzgar hızı ölçümünün zamana bağlı değerleri

TEG'in gerilimini belirleyecek en önemli unsurlardan birisi olan rüzgar hızı incelendiğinde ise Şekil 9. 52. TEG açık devre gerilimi ve rüzgar hızı değerlerinin zamana göre değişimi grafiğinde çalışma sıvısı saf su olan deneysel sistemde maksimum açık devre gerilimi ortalaması saat 13:45'de $663,6 \text{ W/m}^2$ Güneş radyasyonu değerinde ve $8,5 \text{ mil/saat}$ rüzgar hızında $1,03 \text{ V}$ ve çalışma sıvısı aseton olan düzenekte maksimum açık devre gerilimi ortalaması aynı saatte ve aynı koşullarda $0,972 \text{ V}$ olarak Şekil 9.53.'de gösterilmiştir. Radyasyonun 640 W/m^2 üzerine çıktığı 10:50-10:55 saatlerinden itibaren deney sonuna kadar çalışma sıvısı saf su olan $0,8 \text{ V}$ üzerinde aynı saatte ve aynı koşullarda çalışma sıvısı aseton olan düzenekte $0,7 \text{ V}$ üzerinde açık devre gerilimi değerleri elde edilmiştir. Ortalama değerler alınmasına rağmen saat 11:05-11:20 saatleri arasında rüzgar hızının artış

göstererek 6,7 mil/saat'den 11,18 mil/saat ortalamasına artmasıyla grafiğin aynı zaman aralığındaki açık devre geriliminin de artış gösterdiği ve saf su için 0,86 V'dan, 0,92 V'a aseton için 0,73 V'dan 0,80 V'a çıkmıştır. Bu durum, rüzgar hızının artmasıyla beraber hava akışkanının düzeneğin üzerindeki pasif soğutucunun kanatçıkları arasındaki akış yoğunluğunun artması ve bu sayede daha fazla ısının transferine olanak sağlamasıyla açıklanabilir. Bu da TEG'in soğuk yüzeyinin ısı transferine ve dolayısıyla sıcaklık farkının artmasına neden olmaktadır.



Şekil 9. 54. 29-07-2020 tarihli sabit (saf su) maksimum çıkış gücü ve Güneş radyasyonu ölçümünün zamana bağlı değerleri



Şekil 9. 55. 29-07-2020 tarihli sabit (aseton) maksimum çıkış gücü ve Güneş radyasyonu ölçümünün zamana bağlı değerleri

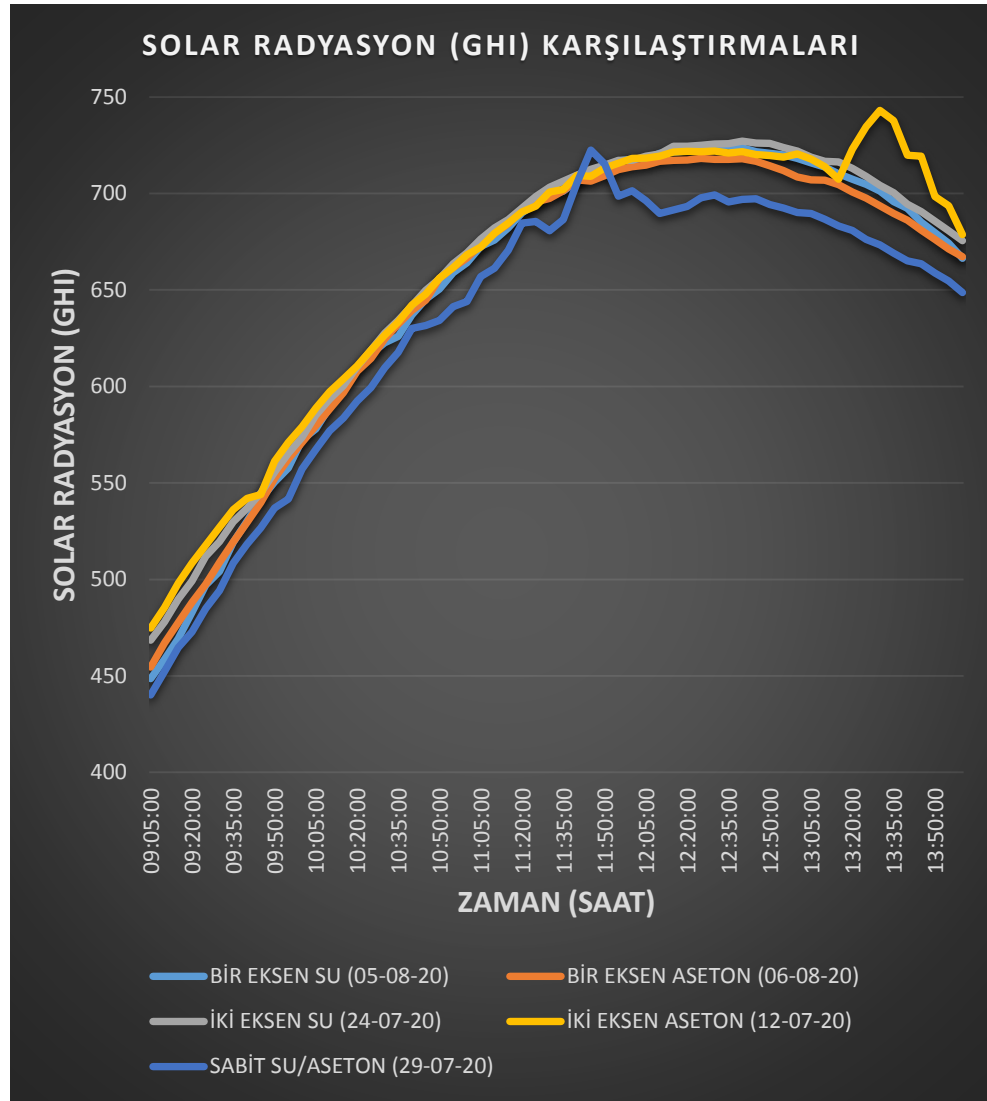
Şekil 9. 56.'de çalışma sıvısı saf su olan düzenekte maksimum çıkış gücü ortalaması saat 13:45'de $663,6 \text{ W/m}^2$ Güneş radyasyonu değerinde $0,14 \text{ W}$ azami değerine ulaşmaktadır. Şekil 9. 57.'da yine aynı saatte aynı koşullarda $0,13 \text{ W}$ değeri elde edilmektedir.

Çalışma sıvısı saf su olan deneysel çalışma için maksimum çıkış gücü ve Güneş radyasyonunun zamana bağlı grafiğinde, maksimum çıkış gücü ortalaması saat 13:45'de $663,6 \text{ W/m}^2$ Güneş radyasyonu değerinde $0,14 \text{ W}$ azami değerine ulaşmaktadır. Çalışma sıvısı aseton olan deneysel çalışma için maksimum çıkış gücü ve Güneş radyasyonunun zamana bağlı grafiği sunulmuş olup aynı saatte aynı koşullarda $0,13 \text{ W}$ değeri elde edilmiştir. Ölçümün başladığı ilk saatlerde Pmax değeri en düşük durumda seyrederken Güneş radyasyonunun artması ile birlikte giderek

arttığı görülmüştür. Bunun nedeni olarak ölçümün ilk saatlerinde TEG yüzeyinde henüz sıcaklık farkının oluşmaması olarak değerlendirilmiştir.

9.7. Deneysel Sistem Verilerinin Karşılaştırılması

Deney sonuçlarının birbiriyle karşılaştırılması sayesinde optimum çalışma sıvısı ve takip sisteminin tespit edilmesi sağlanabilir. Sistemin enerji üretici olarak kullanılabilir olması için ilk olarak deneylerin yapıldığı gün ve saatler içerisindeki radyasyonun karşılaştırılması yapılmıştır.

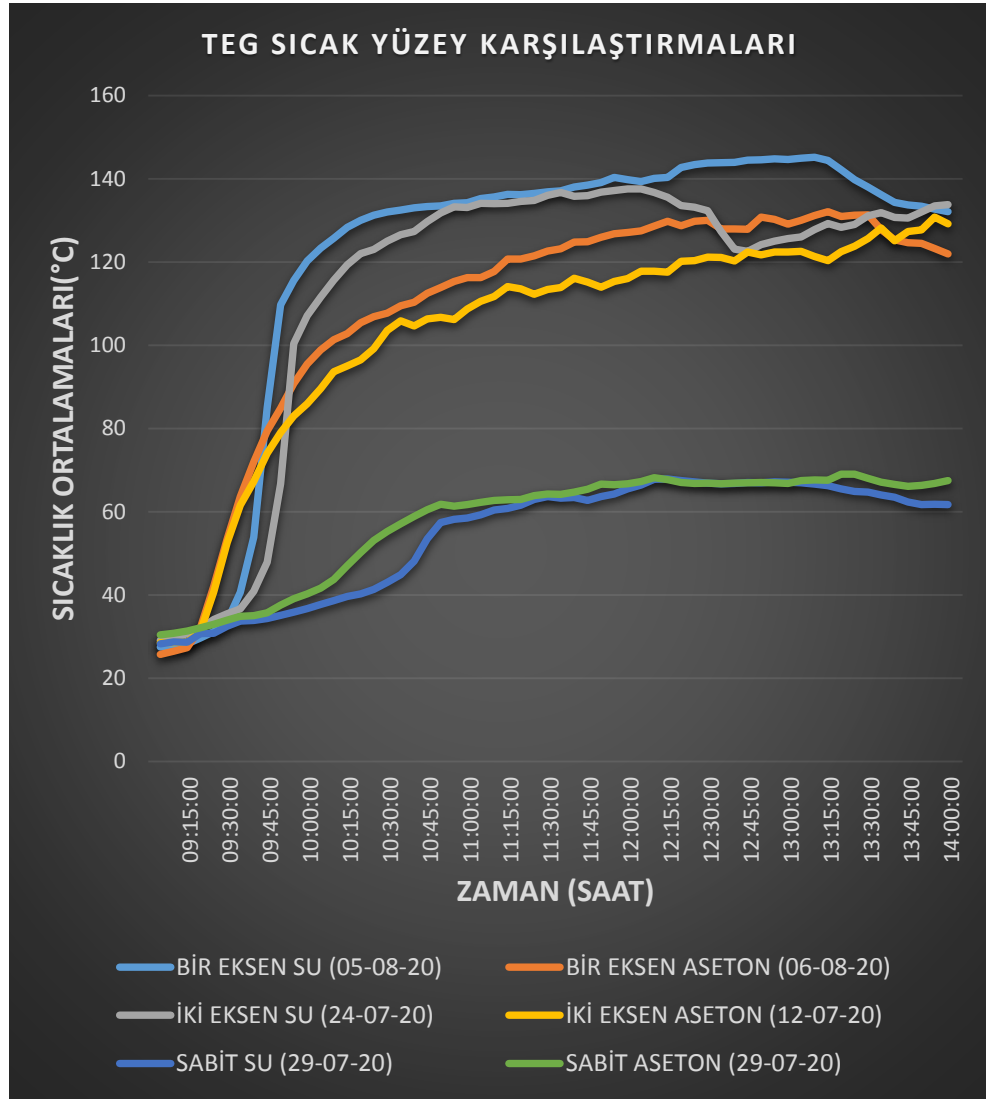


Şekil 9. 30. Deney günleri Güneş radyasyonu (GHI) değerleri

Deneyel çalışmalar süresince radyasyonda ani değişimler olsa dahi genel anlamda Güneşin doğuşu ve öğlen saatlerinde maksimum yüksekliğe ulaşması daha sonrasında deneyin sonlandırıldığı zamanki yüksekliği Şekil 9.30.'da görülmektedir. Her bir deney için deney başlangıç saatlerindeki radyasyon değerlerinde büyüklük

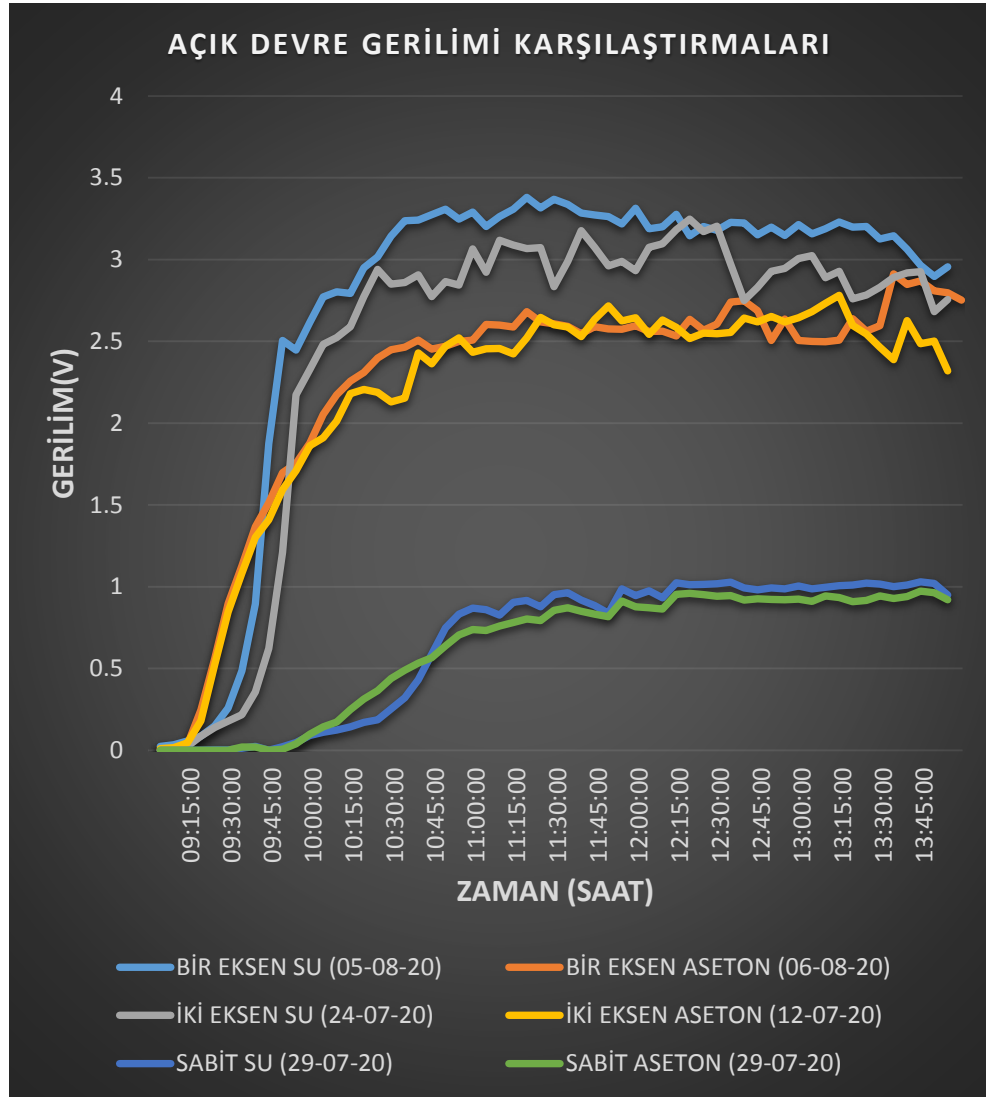
sıralaması günün ilerleyen saatlerinde farklılık göstermektedir. Beş ayrı günde yapılan deneyler arasında bir eksenli takip sistemi uygulanan günün radyasyon değerleri dördüncü sıradayken ileriki saatlerde ikinci sıraya yükselmiştir. Deney günlerinin birbirine yakın olması nedeniyle Güneş radyasyonları arasında deney sonucuna etki edecek çok fazla değişiklik olmadığı görülmüştür.

DeneySEL sistemin temel maksadı ısı enerjisinin, elektrik enerjisine çevrilmesidir. Soğutucunun etkisi ihmal edildiğinde, üretilen enerji miktarı ancak TEG'in sıcak yüzeyinin sıcaklık değerine bağlı değişecektir. Bu durumda tüm deneysel sistemler için TEG'in sıcak yüzeyinin karşılaştırılması, sistemin ne kadar Güneş enerjisi toplama kapasitesi olduğunun göstergesi olacaktır.



Şekil 9. 31. Deney günleri için TEG Sıcak Yüzey değerleri

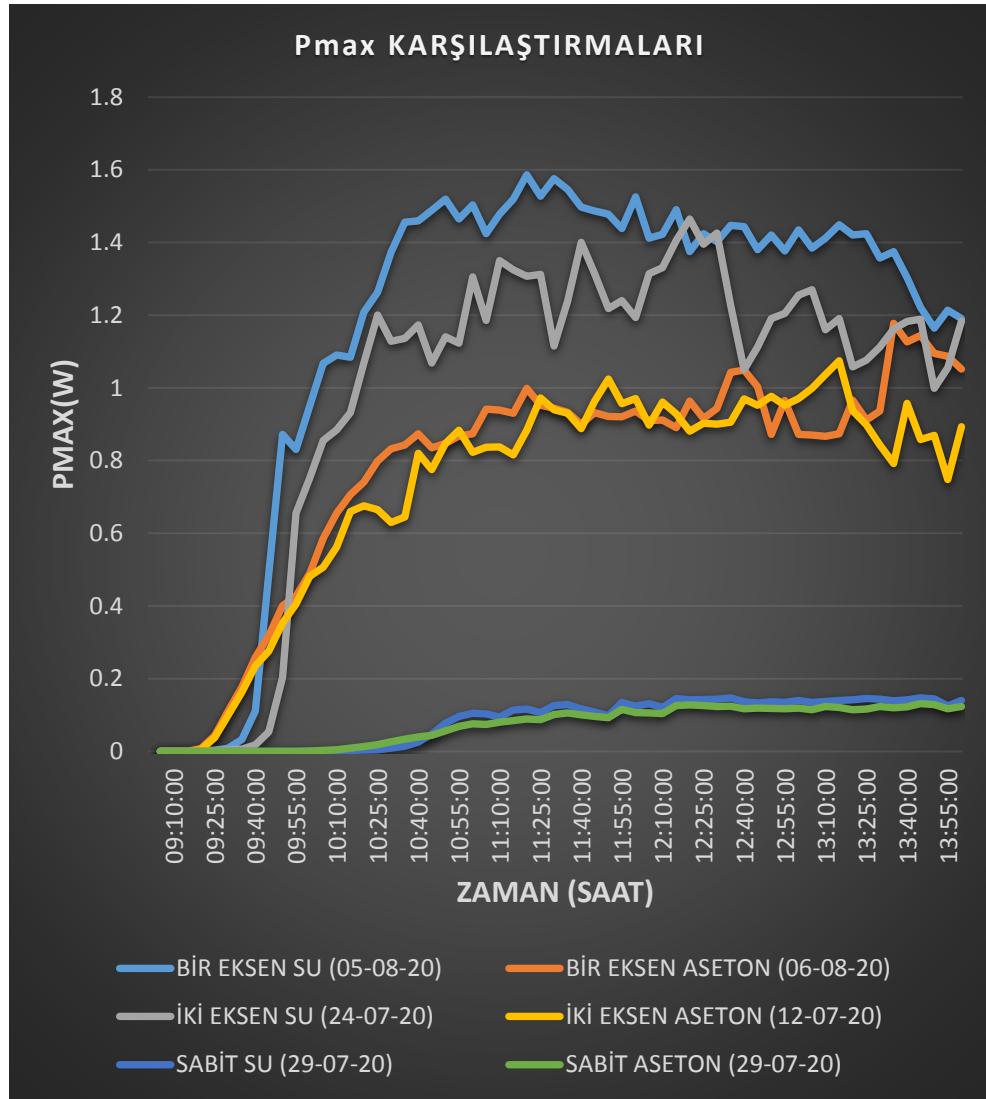
Şekil 9. 31.'de görüleceği üzere TEG sıcak yüzeylerinin karşılaştırılmasında asetonla yapılan deneylerin tamamı diğer deneylere göre daha erken pozitif ayrılmaktadır. Dolayısıyla takip sistemleri aynı, çalışma sıvıları farklı olan deneylerde asetonlu düzeneklerde kısa sürede artış olduğu gözlemlenmiştir. Ancak yine aynı deneysel çalışmalarda görülmüştür ki sonrasında çalışma sıvısı saf su olan sistemler çalışma sıvısı aseton olan sistemlerin sıcaklık değerlerini geride bırakmıştır.



Şekil 9. 32. Deney günleri için TEG Sıcak Yüzey değerleri

Şekil 9. 12.'de açık devre gerilimleri incelendiğinde sıralamaların TEG'in sıcak yüzey grafiğinden zaman zaman farklılıklar gösterdiği görülmüştür. Bunun nedeni rüzgarın saatlik ve günlük olarak değişiklik göstermesidir. Bir eksenli deneysel sistemin daha fazla açık devre gerilimi oluşturduğu görülmüştür. Bunun nedeni ise ısı borularında çalışma akışkanına göre değişiklik gösteren optimum açılarda maksimum

ısı transferini sağlayabilmelidir. Bu açıların üzerinde ve altında ısı transferinin azaldığı bilinmektedir (Senthilkumar et al., 2012).



Şekil 9. 33. Deney günleri için maksimum güç değerleri

Şekil 9.33.'e göre çalışma sıvısı saf su olan deneysel sistemlerdeki hesaplanmış maksimum güç, 12:20 ile 12:30 saatleri arasında tek eksenli takip sistemli deney günündeki rüzgar hızı, iki eksenli takip sistemli deney günü rüzgar hızına göre düşük olması nedeniyle o saatlerde yaklaşmış ve zaman zaman iki eksenli takip sistemi olan düzenek öne geçmiştir.

Tüm deneysel sistemler ve bazı deney sonuçları Tablo 9.2.'de sunulmuştur.

Tablo 9. 2. Bazı verilerin maksimum değerleri

Tarih	05.08.2020	06.08.2020	12.07.2020	24.07.2020	29.07.2020
<i>Seçili Zaman</i>	09:00-14:00	09:00-14:00	09:00-14:00	09:00-14:00	09:00-14:00
<i>Aralığı</i>					
<i>Takip Sistemi</i>	Bir eksenli	Bir eksenli	İki eksenli	İki eksenli	-(Sabit)
<i>Isı Borusu</i>	Su	Aseton	Aseton	Su	Su/ aseton
<i>Akışkanı</i>					
<i>Maksimum Açık Devre Gerilimi</i>	3,4 V	2,91 V	2,78 V	3,25 V	1,03/ 0,972 V
<i>Maksimum Güneş radyasyonu</i>	725,2 W/m ²	718,2 W/m ²	743 W/m ²	727,2 W/m ²	722,4 W/m ²
<i>Maksimum TEG Sıcak Yüzey Sıcaklığı</i>	145,2 °C	132,1 °C	130,8 °C	137,6 °C	67,88/ 69,04 °C

10. SONUÇ

İncelenen deneysel sistemlerde Güneş enerjisinin geniş alanlardan toplanarak konsantre edilmesinin daha fazla enerjinin elektrik enerjisine çevrilerek kullanıma sunulmasında faydalı olduğu görülmüştür. Temelde Güneş enerjisinden elde edilen elektrik enerjisi TEG vasıtasıyla tamamen temiz enerji olarak üretilmiştir. Bu nedenle giriş bölümünde belirlenen hedeflere ulaşılabilmek maksadıyla kullanılacak yenilenebilir enerji üretim yöntemlerinden biri olarak sayılabilir.

Termoelektrik sistemler genel anlamda kayıp enerjilerin geri dönüşümünde değerlendirilirken deneylerde ana üreteç olarak TEG kullanılmıştır. Bu yönüyle farklı bir yaklaşım olarak değerlendirilebilir.

Deneysel sistemlerde soğutucu kısımda, pasif soğutucunun kullanılması sistemi yalnızca bir Güneş enerjisi sistemi olmaktan çıkarmış aynı zamanda rüzgar enerjisinden faydalanan hibrit bir sistem haline getirmiştir.

Deneysel sistemlerin 5 farklı şekilde oluşturulması, hangi sistemin uygulanabilir olacağı konusunda fikir vermektedir. Bu bilgiler neticesinde sistemler arasında optimum olanı değerlendirilecek olunursa, belirli bir süre sonunda devamlı ve maksimum gerilim miktarı yüksek olan sistemler çalışma sıvısı olarak saf su kullanılan düzenekler olmuştur. Isı borusunun karakteristik yapısı göz önüne alındığında ise bir eksenli takip sisteminin deneysel sistem için daha uygun olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Bu tip bir sistemin kullanılması durumunda en uygun sistemin bir eksenli takip sistemi olan ve çalışma sıvısı saf su olan sistem olduğu görülmüştür. Sistemin halihazırda kullanılabilir olduğu görülmüş geniş araziler, evlerin çatılarına konuşlandırılmasının uygun olabileceği ve geliştirilmesi kapsamında ısı kapasitesi yüksek sıvılar kullanılması ve TEG sayısının artırılmasının faydalı olacağı değerlendirilmiştir.

KAYNAKÇA

- Akova, İ. (2008). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları*. Nobel Yayınları.
- Al-Jumaily, K. E. J., & Al-Kaysi, M. K. A. (1998). The study of the performance and efficiency of flat linear Fresnel lens collector with sun tracking system in Iraq. *Renewable Energy*, 14(1–4), 41–48. [https://doi.org/10.1016/s0960-1481\(98\)00045-7](https://doi.org/10.1016/s0960-1481(98)00045-7)
- AVRUPA BİRLİĞİ TÜRKİYE DELEGASYONU. (2016, August). *Geleceğe Dair Paris İklim Anlaşması*. Broşür. https://www.avrupa.info.tr/sites/default/files/2016-08/brochure_4_v2.pdf
- Aydın, İ. (2014). BALIKESİR'DE RÜZGÂR ENERJİSİ Wind Energy in Balıkesir. In *Doğu Coğrafya Dergisi* (Vol. 18, Issue 29). <https://dergipark.org.tr/pub/ataunidcd/31305>
- Bagiorgas, H., Chaideftou, E., Assimakopoulos, M., Mihalakakou, G., Dimopoulos, P., Psiloglou, A., & Michalena, E. (2009). The use of wind energy for passive cooling applications in western Greece. *Intelligent Buildings International*, 1, 209–221.
- Beckman, W. A. (2013). *Solar Engineering of Thermal Processes*. www.wiley.com/go/permissions.
- Coventry, J. S. (2005). Performance of a concentrating photovoltaic/thermal solar collector. *Solar Energy*, 78(2), 211–222. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2004.03.014>
- Fahey, D. ., Doherty, S. J., Hibbard, K. A., Romanou, A., & Taylor, P. C. (2017). *Ch. 2: Physical Drivers of Climate Change. Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment, Volume I* (D. J. Wuebbles, D. W. Fahey, K. A. Hibbard, D. J. Dokken, B. C. Stewart, & T. K. Maycock (Eds.)). <https://doi.org/10.7930/J0513WCR>
- Feulner, G., & Rahmstorf, S. (2010). On the effect of a new grand minimum of solar activity on the future climate on Earth. *Geophysical Research Letters*, 37(5), n/a-n/a. <https://doi.org/10.1029/2010gl042710>
- Hayli, S. (2001). *RÜZGÂR ENERJİSİNİN ÖNEMİ, DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DEKİ DURUMU - THE IMPORTANCE OF WIND ENERGY, THE SITUATION IN THE WORLD AND TURKEY*.
- Hioki. (2018). *MEMORY HiLOGGER LR8400 Series*. https://www.hioki.com/en/products/spec/?product_key=5613
- Jaziri, N., Boughamoura, A., Müller, J., Mezghani, B., Tounsi, F., & Ismail, M. (2020). A comprehensive review of Thermoelectric Generators: Technologies and common applications. *Energy Reports*, 6, 264–287. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egy.2019.12.011>
- Jones, G. S., Lockwood, M., & Stott, P. A. (2012). What influence will future solar activity changes over the 21st century have on projected global near-surface temperature changes? *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 117(5). <https://doi.org/10.1029/2011JD017013>
- Kalogirou, S. A. (2004). Solar thermal collectors and applications. *Progress in Energy and Combustion Science*, 30(3), 231–295. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pecs.2004.02.001>
- Kipp and Zonen. (2017). *Optimal solutions and systems Solar Irradiance Monitoring in Solar Energy Projects*. <https://www.kippzonen.com/Download/810/Brochure-Solar-Irradiance-Monitoring-in-Solar-Energy-Projects>
- Leutz, R., & Suzuki, A. (2001). *Nonimaging Fresnel Lens Design* (pp. 77–99). https://doi.org/10.1007/978-3-540-45290-4_6
- Li, M., & Wang, L. L. (2006). Investigation of evacuated tube heated by solar trough

- concentrating system. *Energy Conversion and Management*, 47(20), 3591–3601. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2006.03.003>
- Ma, X., Jin, R., Liang, S., Liu, S., & Zheng, H. (2020). Analysis on an optimal transmittance of Fresnel lens as solar concentrator. *Solar Energy*, 207, 22–31. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.06.071>
- Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S. L., Péan, C., Berger, S., Caud, N., Chen, Y., Goldfarb, L., Gomis, M. I., Huang, M., Leitzell, K., Lonnoy, E., Matthews, J. B. R., Maycock, T. K., Waterfield, T., Yelekçi, O., Yu, R., & B., Z. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In *Cambridge University Press* (Issue In Press). <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- Nagwase, Y., Snehal, M., Hemraj, M., Patil, H., Amol, M., & Tadkar, V. (2019). Solar Concentration Technology for Increasing Solar Energy: Review. *JASC: Journal of Applied Science and Computations*, VI(I), 1273–1279.
- Narendra Babu, N., & Kamath, H. (2015). Materials used in Heat Pipe. *Materials Today: Proceedings*, 2(4–5), 1469–1478. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2015.07.072>
- NASA. (2021). *Is the Sun causing global warming? – Climate Change: Vital Signs of the Planet*. Nasa. <https://climate.nasa.gov/faq/14/is-the-sun-causing-global-warming/>
- NASA Solar System Exploration. (2021). <https://doi.org/10.5860/choice.189350>
- Negi, B. S., Kandpal, T. C., & Mathur, S. S. (1990). Designs and performance characteristics of a linear fresnel reflector solar concentrator with a flat vertical absorber. *Solar and Wind Technology*, 7(4), 379–392. [https://doi.org/10.1016/0741-983X\(90\)90023-U](https://doi.org/10.1016/0741-983X(90)90023-U)
- Odeh, S. D., Morrison, G. L., & Behnia, M. (1998). Modelling of parabolic trough direct steam generation solar collectors. *Solar Energy*, 62(6), 395–406. [https://doi.org/10.1016/S0038-092X\(98\)00031-0](https://doi.org/10.1016/S0038-092X(98)00031-0)
- Ok, V. (2007). *Sağlıklı Kentler İçin Pasif İklimlendirme ve Bina Aerodinamiği*. VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi. <https://www.mmo.org.tr/tesisat-muhendisligi-103/makale/saglikli-kentler-icin-pasif-iklimlendirme-ve-bina-aerodinamigi>
- Răboacă, M. S., Badea, G., Enache, A., Filote, C., Răsoi, G., Rata, M., Lavric, A., & Felseghi, R.-A. (2019). Concentrating Solar Power Technologies. *Energies*, 12(6), 1048. <https://doi.org/10.3390/en12061048>
- Reay, D., & Dunn, P. D. (1994). *Heat Pipes* (BPCC Wheaton Ltd Exeter (Ed.); Fourth Edi). Pergamon.
- Rehman, S., Ahmad, A., Alhems, L. M., & Rafique, M. M. (2019). Experimental evaluation of solar thermal performance of linear Fresnel reflector. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 33(9), 4555–4562. <https://doi.org/10.1007/s12206-019-0852-6>
- REN 21. (2021). *CONCENTRATING SOLAR THERMAL POWER (CSP) GLOBAL CAPACITY AND ADDITIONS, 2019*. https://www.ren21.net/gsr-2020/tables/table_17/table_17/
- REN21. (2021). *RENEWABLES 2021 GLOBAL STATUS REPORT*. <https://doi.org/978-3-948393-03-8>
- Salgado Conrado, L., Rodriguez-Pulido, A., & Calderón, G. (2017). Thermal performance of parabolic trough solar collectors. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 67, 1345–1359. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.071>
- Sarbu, I., & Sebarchievici, C. (2017). Chapter 9 - Solar-Assisted Heat Pumps BT - Solar Heating and Cooling Systems. 347–410. <http://www.sciencedirect.com/iscience/article/pii/B9780128116623000098>

- Senthilkumar, R., Vaidyanathan, S., & Sivaraman, B. (2012). Effect of Inclination Angle in Heat Pipe Performance Using Copper Nanofluid. *Procedia Engineering*, 38, 3715–3721. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.06.427>
- Sharon, M. (2016). Global warming Vs Helium fusion in Sun. *JOURNAL OF ADVANCES IN PHYSICS*, 4126–4128. <https://doi.org/10.24297/jap.v11i8.6822>
- Sulaiman, A. C., Amin, N. A. M., Basha, M. H., Majid, M. S. A., Nasir, N. F. B. M., & Zaman, I. (2018). Cooling Performance of Thermoelectric Cooling (TEC) and Applications: A review. *MATEC Web of Conferences*, 225. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201822503021>
- Tapramaz, R. (2019). *Yenilenebilir Enerji ve Uygulamaları- Enerji Ders Notları*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi.
- U.S. Energy Information Administration (EIA). (2017). U.S. Energy Information Administration. https://www.eia.gov/opendata/qb.php?sdid=PET.EMA_EPJK_PTG_NUS_DPG.M
- Valmiki, M. M., Li, P., Heyer, J., Morgan, M., Albinali, A., Alhamidi, K., & Wagoner, J. (2011). A novel application of a Fresnel lens for a solar stove and solar heating. *Renewable Energy*, 36(5), 1614–1620. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2010.10.017>
- Wallin, P. (2012). *Heat Pipe, selection of working fluid*.
- Zarza, E., Valenzuela, L., León, J., Hennecke, K., Eck, M., Weyers, H. D., & Eickhoff, M. (2004). Direct steam generation in parabolic troughs: Final results and conclusions of the DISS project. *Energy*, 29(5–6), 635–644. [https://doi.org/10.1016/S0360-5442\(03\)00172-5](https://doi.org/10.1016/S0360-5442(03)00172-5)
- Zhai, H., Dai, Y. J., Wu, J. Y., Wang, R. Z., & Zhang, L. Y. (2010). Experimental investigation and analysis on a concentrating solar collector using linear Fresnel lens. *Energy Conversion and Management*, 51(1), 48–55. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2009.08.018>
- Zhang, X., & Zhao, L. D. (2015). Thermoelectric materials: Energy conversion between heat and electricity. *Journal of Materiomics*, 1(2), 92–105. <https://doi.org/10.1016/J.JMAT.2015.01.001>

ÖZ GEÇMİŞ

Ali Murat MAHMAT, Askeri Deniz Lisesi'ni bitirdikten sonra Deniz Harp Okulu Gemi İnşaa Mühendisliği Bölümü'nden 2012 yılında mezun oldu. 2019 yılında OMÜ LEE Yenilenebilir Enerji ve Uygulamaları (DSPL) Yüksek Lisans programına girdi. Mezuniyetinden bu yana Sahil Güvenlik Komutanlığı'nda ki gemilerde çeşitli görevleri icra etti. Son gemisinde, Komutanlık görevini icra eden Ali Murat MAHMAT, iyi derecede İngilizce ve Fransızca bilmektedir. Temel ilgi alanları, sürdürülebilir enerji sistemleri, kutup araştırmaları, küresel ısınmayla mücadele yöntemleri, çevre bilimleri, denizcilik ve finanstır.

İletişim Bilgileri

Öğrenci no :19210156

ORCID ID : 0000-0003-2840-9740

Yayımlar:

1. Mahmat, A.M., Köysal, Y., Yakut, Y., ve Atalay, T., (2021, Nisan). Güneş Enerjisine Bağlı Termoelektrik Enerji Üretimi. 10. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresinde sunulan poster bildiri, Ankara Bilim Üniversitesi, Ankara. Erişim adresi: https://ubak-symposium.org/Upload/editor/files/ubak_FEN.pdf