

T.C.
ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

FRESNEL GÜNEŞ KOLEKTÖRÜNÜN ENERJİ ANALİZİ

Amza Nouridine ILBOUDO

Danışman
Prof. Dr. Reşat SELBAŞ

ISPARTA - 2024



© 2024 [Amza Nouridine ILBOUDO]

ETİK BEYANI

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak ve bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın hazırladığım bu tez çalışmasında;

Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, tezime ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

31/05/2024

Amza Nouridine ILBOUDO

.....

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
2.1. Güneş Enerji Sistemleri ve Uygulamaları.....	8
2.1.1. Güneş	8
2.1.2. Güneş radyasyon	8
2.1.3. Güneş ışıınım ve türleri	9
2.1.4. Güneş enerjisi.....	9
2.1.4.1. Ekserji kavramı	10
2.1.5. Türkiye'nin güneş enerji potansiyeli.....	10
2.1.5.1. Isparta güneş enerji potansiyeli	11
2.1.6. Fotovoltaik sistemler	12
2.1.6.1. Şebekeye bağlı sistemler	13
2.1.6.2. Şebekeden bağımsız sistemler.....	14
2.1.6.3. Hibrit sistemler.....	15
2.1.7. Termal güneş sistemler	15
2.1.7.1. Sabit güneş kolektörler.....	16
2.1.7.1.1. Düzlemsel kolektörler (Flat plate collector)	16
2.1.7.1.2. Sabit bileşik parabolik toplayıcı (CPC)	16
2.1.7.1.3. Vakumlu tüp kolektör (Evacuated tube collector -ETC)	17
2.1.7.2. Yoğunlaştırıcı güneş kolektörler	18
2.1.7.2.1. Parabolik oluk kolektörler (Parabolic Through Collector)	19
2.1.7.2.2. Parabolic çanak kolektörü	19
2.1.7.2.3. Heliostat	20
2.1.7.2.4. Linear Fresnel Reflector / Doğrusal fresnel yansıtıcısı.....	21
2.1.8. Güneş su ısıtma prensibi	21
2.1.8.1. Güneş su ısıtma	21
2.1.8.2. Isı depolama sistemi	23
3. MATERYAL VE YÖNTEM	24
3.1. Tasarlanan Sistem	24
3.2. Güneş Radyasyon ve Diğer Kabul Değerler	25
3.2.1. Güneş radyasyon değerleri	25
3.2.2. Sistemin kullanılan değerleri.....	26
3.3. Sistemin Analizi	27
3.3.1. Sistemin matematiksel modeli	27
3.3.1.1. Kolektörün modellenmesi	28
3.3.1.2. Isı değıştiricinin tasarımı ve sıcaklıkların hesaplanması.....	29
3.3.1.3. Ekserji ve enerji analizleri.....	30
4. BULGULAR	32
4.1. Enerji ve Isı Kayıpları	32
4.2. Sıcaklıklar	35

4.3. Aylık Sonuçlar	37
4.4. Verimler	40
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	47
KAYNAKLAR	49
ÖZGEÇMİŞ	53



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FRESNEL GÜNEŞ KOLEKTÖRÜNÜN ENERJİ ANALİZİ

Amza Nouridine ILBOUDO

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Reşat SELBAŞ

Artan enerji talepleri karşılamak ve aynı zamanda emisyonların miktarını düşürmek, çağımızın en önemli zorluklarıdır. Bu amaçlara ulaşmak için yenilenebilir enerji sistemleri güncel söz konusu olmuştur. Bu tür enerji üretim sistemlerinde, çok düşük emisyonlu ya da tamamen sıfır emisyonlu enerji üretim fırsatı sunmaktadır. Güneş enerji sistemleri, bir yenilenebilir enerji sistemi de olduğu için, mühendislik alanlarında bir önemi kazanmıştır. Güneş enerji sistemleri elektrik ve sıcak su başta olmak üzere birçok çıkışı sağlar. Güneş enerji sistemlerinin verimliliği, konumdaki güneş radyasyonu ve ortam sıcaklığı gibi faktörleri bağlıdır. Güneş enerji sistemleri ikiye ayrılır: fotovoltaik güneş sistemler ve termal güneş enerji sistemleri. Türkiye’de ve özellikle Isparta ilinde güneş radyasyon değerleri yıl boyunca yüksektir ve güneş uygulamalı sistemleri uygundur.

Bu tez çalışmada güneş enerji sistemleri Isparta şartlarında göre uygulanabilirliği araştırılmıştır. Tezde Isparta iklim şartlarında, Doğrusal Fresnel Kolektörün dayanan bir su ısıtma sistemi geliştirilmiş ve incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Yenilenebilir enerji, Güneş enerjisi, Termal güneş enerjisi, Doğrusal fresnel kolektörü, Isıl verimi, Isı kaybı

2024, 53 sayfa

ABSTRACT

Master's Thesis

ENERGY ANALYSIS OF FRESNEL SOLAR COLLECTOR

Amza Nouridine ILBOUDO

**Isparta University of Applied Sciences
The Institute of Graduate Education
Department of Energy Systems Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. Reşat SELBAŞ

Meeting increasing energy demands and at the same time reducing the amount of emissions are the most important challenges of our time. To achieve these goals, renewable energy systems have become a current issue. These energy production systems, offers the opportunity to produce energy with very low emissions or completely zero emissions. Cause solar energy systems are also renewable energy systems, they have gained importance in engineering fields. Solar energy systems provide many outputs, including electricity and hot water. The efficiency of solar energy systems depends on factors such as solar radiation at the location and ambient temperature. Solar energy systems are generally divided into two: photovoltaic solar systems and thermal solar energy systems. In Turkiye and especially in the province of Isparta, solar radiation values are high throughout the year then suitable for the running of solar energy systems.

In this thesis study, the applicability of solar energy systems in Isparta climates conditions was investigated. In the thesis, a water heating system based on Linear Fresnel Collector was developed and examined under Isparta climatic conditions.

Anahtar kelimeler: Renewable energy, Solar energy, Solar thermal energy, Linear fresnel collector, Energy efficiency, Heat loss

2024, 53 pages

TEŞEKKÜR

Bu tez çalıőmam boyunca beni yönlendiren, karőılaőtıđım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aőmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Prof. Dr. Reşat SELBAŞ'a Őukranlarımı iletirim.

Çalıőmalarıma katkıda bulunan Doç. Dr. Fatih YILMAZ ve arkadaőım Pervin ALPTEKİN'e teőekkürlerimi sunarım.

Türkiye de okumam fırsat verdiği ve bu yüksek lisans programı sunduğu için İslam Kalkınma Bankası ile Türkiye Bursları ortak programına teşekkür ederim.

Tezim ve hayatım her aőamasında beni yalnız bırakmayan, sürekli destekleyen ailemi ve arkadaőlarıma sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Amza Nouridine ILBOUDO
ISPARTA, 2024

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Güneş	8
Şekil 2.2. Türkiye güneş haritası	11
Şekil 2.3. Türkiye güneş radyasyon değerleri	11
Şekil 2.4. Isparta güneş haritası.....	12
Şekil 2.5. Türkiye güneş radyasyon değerleri	12
Şekil 2.6. Bir fotovolttaik panel ve panel hücresi	13
Şekil 2.7. Bir şebekeye bağlı güneş santrali.....	14
Şekil 2.8. Bir şebekeden bağımsız güneş santrali	14
Şekil 2.9. Bir hibrit santrali	15
Şekil 2.10. Bir düzlemsel kolektörü	16
Şekil 2.11. Bir parabolik toplayıcı	17
Şekil 2.12. Bir vakumlu tüp kolektörü	18
Şekil 2.13. Bir parabolik oluk kolektörü.....	19
Şekil 2.14. Bir parabolik çanak kolektörü.....	20
Şekil 2.15. Bir heliostat konfigürasyon.....	20
Şekil 2.16. Bir doğrusal fresnel konfigürasyon.....	21
Şekil 2.17. Doğrudan su ısıtma sistemi.....	22
Şekil 2.18. Dolaylı su ısıtma sistemi.....	22
Şekil 3.1. İncelenen sistem şeması	24
Şekil 3.2. Isparta'nın radyasyon değerleri	26
Şekil 3.3. Doğrusal fresnel kolektörün çizim.....	28
Şekil 3.4. Isı değiştiricide sıcaklıkların akışı	29
Şekil 4.1. Temmuz ayında ortalama saatlik DNI verileri.....	33
Şekil 4.2. DNI ve kolektörün faydalı enerji saatlik değişimi	34
Şekil 4.3. DNI ve Isı değiştirici faydalı enerji saatlik değişimi	34
Şekil 4.4. Temmuz ayında saatlik kolektörün kullanılabilir enerjisi, kolektörün alıcıda emilen enerji, kolektörün faydalı enerji miktarları, kolektörün ısı kayıpları ve ısı değiştirici faydalı enerji değişimleri	35
Şekil 4.5. Su tarafta ısı değiştiricisinin çıkış sıcaklığın değişimi.....	36
Şekil 4.6. Sistemin sıcaklıkların saatlik değişimi	37
Şekil 4.7. Isparta'nın aylık DNI verileri.....	38
Şekil 4.8. Isparta aylık kolektörün ve ısı değiştirici ısı enerji ve ısı kayıpların değişimi	39
Şekil 4.9. Aylık suyun çıkış sıcaklığın değişimi	40
Şekil 4.10. Temmuz ayın saatlik kolektörün ısı verim değişimi.....	41
Şekil 4.11. Saatlik sistemin ısı verim değişimi	42
Şekil 4.12. Saatlik kolektörün ekserji verim değişimi	42
Şekil 4.13. Saatlik sistemin ekserji verim değişimi	43
Şekil 4.14. Saatlik ısı değiştirici ekserji verim değişimi.....	43
Şekil 4.15. Aylık kolektörün ısı verim değişimi	44
Şekil 4.16. Aylık sistemin ısı verim değişimi	45
Şekil 4.17. Aylık kolektörün ekserji verim değişimi	45
Şekil 4.18. Aylık sistemin ekserji verim değişimi	46
Şekil 4.19. Isı değiştirici ekserji veriminin değişimi.....	46

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Kolektörün tasarım parametreler	26
Çizelge 3.2. Isı değiştirici tasarım parametreler.....	27
Çizelge 3.3. Sistemin enerji ve ekserji denklemleri.....	30
Çizelge 4.1. Temmuz ayında Isparta Işınım değerleri	32
Çizelge 4.2. Temmuz aya göre zmlenenin sonuçları	33
Çizelge 4.3. Sistemin sıcaklıkları.....	36
Çizelge 4.4. Sistemin zmlenenin aylık sonuçları	38
Çizelge 4.5. Suyun sıcaklığı aylık değerleri.....	39
Çizelge 4.6. Verim ve ekserji sonuçları	41
Çizelge 4.7. Isıl ve ekserji aylık verimleri	44



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A_{hex}	Isı değiştiricinin yüzeyi
A_T	Tankın hacmi
AC	Alternatif Akım Alternatif (Current)
A_g	Camın yüzey alanı
C_p	Therminol VP1 zgl ısı
C_{p_w}	Suyun zgl ısı
D	Çamın çapı
DC	Doğru Akım (Direct Current)
DNI	Direkt Normal Işınım
g	Yer çekimi
k	Isı iletim katsayısı
L	Aynaların uzunluğu
LFR	Doğrusal Fresnel Kolektör/Yansıtıcı (Linear Fresnel Reflector)
L_s	Karakteristik uzunluk
M_w	Tankın suyun ağırlığı
N	Aynaların sayısı
η_{isil}	Kolektörün ısı verimi
η_{th}	Sistemin ısı verimi
PDSC	Parabolik Çanak Kolektör (Parabolic Dish Solar Collector)
PTC	Parabolik Oluk Kolektör (Parabolic Through Collector)
Q_{abs}	Alıcıda emilen enerji
Q_{hxu}	Isı değiştirici faydalı enerji
Q_{loss}	Isı kaybı
Q_s	Kolektörün kullanılabilir enerji
Q_u	Kolektörün faydalı enerji
T_{air}	Ortam sıcaklığı
T_s	Alıcı yüzey sıcaklığı
T_{sky}	Gkyzn sıcaklığı
U_{hex}	Isı değiştiricinin ısı kayıp katsayısı
U_s	Tankın ısı kayıp katsayısı
v	Kinematik viskozite
W	Aynaların genişliği
α	Alıcı soğurma çarpanı
γ	Tutma faktörü
ϵ	Camın yayıncılık katsayısı
ρ_1	Aynaların yansıma oranı
ρ_2	Alıcı yansıma oranı
σ	Stefan Boltzman sabiti
τ	Camın geçirgenliği
T_0	Ortalama çevre sıcaklığı
T_{sun}	Güneş sıcaklığı
\dot{m}	Therminol kütlesel debisi
Ψ_{col}	Kolektörün ekserji verimi
Ψ_{th}	Sistemin ekserji verimi

1. GİRİŞ

Enerji, genelde iş yapabilme kabiliyeti olarak tanımlanmaktadır. Enerji, farklı biçimlerindedir ve farklı şekillerde kullanılabilir. En çok bilinen enerji biçimleri şunlardır: ısı, mekanik, kinetik, potansiyel, elektrik, manyetik, kimyasal ve nükleer enerjileridir (Anonim, 2012).

Günümüzde enerji neredeyse yaşamımızın her alanında kullanılmaktadır. Evlerimizden sanayilerimize, hastanelerimizden üniversitelerimize, köylerimizden şehirlerimize vs. Enerji, tesisatlarımıza beslenmek için, sıcak su üretmek için, konutlarımızı aydınlatmak için ve hava koşullandırma uygulamaları için kullanılmaktadır. Başka bir deyişle bugün enerji vazgeçilmez bir unsur oldu ve her geçen gün enerji talebi artmaktadır. 2019'da küresel enerji tüketimi 23 398 000 GWh'tı. (Central Intelligence Agency, 2019). Bu enerji talebi 2021'de %4.6 artışı görülmüştür (IEA, 2022).

Gördüğümüz gibi her yıl talep edilen enerji miktarı gittikçe artmaktadır. Taleplerini karşılayabilmek amacıyla devletler tarafından enerji üretim santralleri kurulmaktadır. Maalesef aynı zamanda gezegenimizin durumu da kötüleşir. Bunun bir asıl sebebi bizim enerji üretim yöntemlerimizdir. Genel olarak enerjiyi üretebilmek için çoğu zaman fosil yakıtları yakılıp elde edilen sıcaklığı elektrikle ya da diğer enerji şekillerine dönüştürmektedir. Bu süreçler esnasında havaya bırakılan karbon dioksit (CO₂) gibi sera gazları neden olup küresel ısınmayı da sebep olmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansının verilerine göre 2017'de küresel emisyonlarında enerji sektörü %41'lik bir paydaşlık dilimine sahiptir (IEA, 2020).

Bu sorunu çözebilmek için, bilim adamları ve mühendisler yeni enerji sistemleri ve enerji üretim yöntemleri ya da teknolojileri geliştirmektedirler. Bu enerji sistemleri yeşil enerji sistemleri olarak adlandırılmaktadır. Bu teknolojilerin bir özelliği sıfır emisyon ya da çok düşük emisyonlar neden olmaktadır. Geliştiren teknolojilerin amaçları, artan enerji taleplerini karşılayabilmek ve aynı zamanda emisyonları düşürmektir. Bu yeşil enerji sistemleri, güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, hidrolik enerji ve jeotermal enerji sistemleri gibi kapsamaktadır.

Güneş enerji bu teknolojilerden birisidir. Güneş enerji teknolojilerinde, güneş radyasyonları kullanarak enerji üretilmektedir. Çalışmamızda güneş enerji teknolojilerinde kullanılan bir termal kolektörü üzerinde araştırılacaktır. Konsantre güneş kolektörden biri olan Doğrusal Fresnel Kolektörü (LFR) incelenecektir. Doğrusal Fresnel kolektörü (LFR), bir termal güneş panelin türüdür. Doğrusal Fresnel kolektörü belli bir yükseklikte yerleşen bir alıcı ve onun aşağısında her iki tarafta yerleşen aynalar dizisinden oluşmaktadır. Aynaların üzerinde düşen ışınımı alıcıya yansıtılarak içinde dolaşan akışkanın sıcaklığı artmaktadır ve bir güç çevrim entegre ederek elektrik üretilebilir ya da farklı kullanımlar yapılabilmektedir (Yıldırım, 2022). Doğrusal Fresnel Kolektörü kullanılarak Isparta şartlarında su ısıtma potansiyeli araştırılacaktır.

Tezin amacı, hem Doğrusal Fresnel Kolektörü ile su ısıtma potansiyeli hem de Isparta'da bu tür sistemlerin uygulanabilirliği incelenmektedir. Çalışmamız bu iki ana amaçlar üzerinde sürdürülmüştür.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Yıldırım (2023), çalışmasında Doğrusal Fresnel kolektörün ısı transfer kapasitesi daha iyi anlamak için kurulu sisteme ait geometrik model ve optik değerler hem ölçümler yaparak hem ANSYS Fluent ve Tonatiuh yazılımların üzerinde simüle ederek araştırılmıştır. Çalışmanın sonunda deneyde bulunan sistemin verimi %34, simülasyonda ise %32 olarak bulunmuştur. Bu sistemin %8 hassasiyet oranda simüle edilebileceğini ortaya çıkartmıştır. Diğer bir sonuç ise, radyasyon kayıplar bütün sistemin kayıplarda %66.5 paydaşlık sahip olduğunu tespit edilmiştir.

Saravanan vd. (2023), araştırmada bir konvansiyonel güneş su ısıtıcı ile bir faz değiştiren malzemeler dayanan güneş su ısıtıcı karşılaştırılmıştır. Çalışmanın amacı, faz değiştiren malzemelerin güneş enerjisini depolayabilirliğini analize ederek bu sistemin önemini araştırmaktadır. Analizler gerçekleştirmek için bir matematiksel modeli oluşturulup çözülmüştür. Sonuçlara göre faz değiştiren malzemeler dayanan güneş su ısıtıcıyı diğer sistemden %320 fazla enerji depolayabildiğini tespit edilmiştir.

Babalıoğlu vd. (2023), çalışmada hibrit bir ısıtma prototipi üretilmiş olup, hibrit sistemin çalışmasını kontrol eden kontrol mekanizması kurularak farklı akışkanlar üzerinde testler yapılmaktadır. Testler monoetilen glikol, propilen glikol, alüminyum oksit, bakır oksit, titanyum dioksit, trietilen glikol ve su gibi akışkanlar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Sonuçlara göre trietilen glikolü en düşük ısıtma hızı sahip olduğunu tespit edilmiştir ve ısı depolamalı akışkan olarak kullanabilmektedir. Ayrıca su ve alüminyum oksidi, en yüksek ısıtma hızı sahip akışkanlardır.

Kumar vd. (2023), çalışmada bir vakumlu tüp kolektörü dayanan bir su ısıtma sistemi incelenmiştir. Deneyi sonbahar mevsimde ve Hisar, bir Hindistan şehri hava şartlarında göre yapılmıştır. Çalışmada 5 farklı eğim açılarda (15°, 20°, 25°, 30°, 35°, 40°) kolektörün performansları araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre 15° acıda su ısıtma sistemin en yüksek verimi (%75.04) ulaşmaktadır. En düşük verim (%57.04) ise 40° açıda rastlanmaktadır. Kolektörün tarafından emilen enerji değeri 1124.05 kWh olarak bulunmuştur.

Youssef vd. (2022), çalışmada üç tane güneş su ısıtma sistemi denetleyip verimleri karşılanmıştır. İncelenen su ısıtma sistemlerde, vakumlu tüp kolektörü, düzlemsel kolektörü ve yoğunlaştırıcı Fresnel kolektörler üzerinde yapılmıştır. Deney 200l su ısıtma için ve temmuz ayında gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, Fas'ın normal hava şartlarında, %48 ile Fresnel kolektörü en yüksek verim sahibi bulunmuştur. Sırasıyla ikinci ve üçüncü sırada, %42.3 ve %36.6 ile vakumlu tüp kolektörü ve düzlemsel kolektörü yer almaktadır. Aynı zamanda Fresnel kolektör ile, kapalı havalarda bile, suyun en yüksek sıcaklığı çıkarabileceğini tespit edilmiştir.

Engin (2022), çalışmada bir güneş enerjili su ısıtma sisteminde iki fazlı kapalı termosifon tip ısı borusunda su geleneksel olarak kullanılan akışkanı yerinde bitkisel atık yağ kullanmıştır. Çalışma laboratuvar şartlarında gerçekleştirilmiştir ve 400ml suyu ısıtılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre sistemin verimi %33 olarak bulunmuştur ve termosifon sistemlerde suyun yerine bitkisel yağın kullanılabilceğini göstermiştir.

Janardhana vd. (2022), çalışmada bakır oksit (CuO) ve magnezyum oksit (MgO) nanopartiküllerinin içeren hibrit bir nanoakışkanı, düz plakalı güneş kolektörü bazlı su ısıtıcısının ısı emiciliğinin etkinliği etkisini incelenmiştir. Nanopartiküllerin hacim oranı yüzde 0.2 olarak tutuldu ve 0.0167 ve 0.0334 kg/s'lik iki farklı kütleli debi kullanıldı. Elde edilen sonuçlar göre, kolektörün maksimum performansı 0.0167 kg/s kütleli debi ile gözlemlenmiştir. Bunun sayesinde kütleli debisi sistemin verimi etkileyen bir önemli unsur olduğunu tespit edilmiştir ve azaltmasını sistemin etkinliğini artmasını yardımcı olmaktadır.

Ayrıca nanoakışkanı kullanıldığında, sistemin verimi suya göre, 0.0167 kg/s ve 0.0334 kg/s kütleli debilerle sırasıyla %43.3 ve %32.7 arttırdığını gözlemlenmiştir. Yani nanoakışkanı suyun yerinde kullanılarak sistemin verimliliği arttırmaktadır (Janardhana vd., 2022).

Yıldırım vd. (2021), çalışmada Mathur adlı bir metodu kullanılarak değişken ayna aralıklarına sahip bir Doğrusal Fresnel Yansıtıcı tasarımı yapılmıştır. Analizde kullanılan ışınım değerleri AHSRAE metodu kullanılarak Şanlıurfa için hesaplanmıştır. Sonuçlara göre seçilen ilin için 40 m²'lik kolektör alanda, 42.44

yoğunlaştırma oranının ve silindirik tipli bir yansıtıcı için yazın 5.2 kWh, ilkbaharda 3.2 kWh ve kışın 1.2 kWh'lik enerji üretilebileceğini tespit edilmiştir

Alibar (2021), çalışmada, konutlarda sıcak su üretimi amaçlı, hareketsiz tip parabolik kolektör geliştirilip Kuzey Kıbrıs iklim şartlarında deneysel olarak incelenmiştir. Çalışma kapsamında güneş ışınımı miktarının ve sirkülasyon suyu debisinin sistem performansına etkisi deneysel sonuçlardan faydalanarak analiz edilmiştir. Sistem, su hacimsel debisinin 15 L/s ve 20 L/s olduğu koşullarda test edilmiştir. Deneyler sırasında, kolektör giriş/çıkış sıcaklıkları, tanktaki su sıcaklığı ve çevre sıcaklığı ölçülmüştür. Ayrıca güneş ışınımı ölçülüp kayıt edilmiştir. 15 L/h ve 20 L/h çalışma şartları altında parabolik güneş kolektör yüzeyindeki ortalama ışınımı miktarı 654.5 W ve 723.3 W olarak belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre parabolik güneş kolektörden elde edilen ortalama ısı kazancı aynı çalışma şartları için 285.2 W ve 233.7 W olarak hesaplanmıştır. Buna göre, 15 L/h ve 20 L/h su hacimsel debilerinin kullanıldığı koşullar için parabolik güneş kolektör ortalama ısı verimi %44 ve %33 olarak hesaplanmıştır.

Thangavelu vd. (2021), çalışmada bir güneş su ısıtma sistemi ekserji ve analizi gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda kolektörün yüzey alanı, sistemin üzerinde ekserji etkisini de incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre sistemin ekserjisi çok düşük olduğunu %2-%3 tespit edilmiştir. Ayrıca, aynı sonuçlara bakıldığında, kolektörün yüzey alanında bir artış olduğu zamanda, güneş su ısıtma sistemin ekserji verimi düşmektedir.

Külcü (2020), çalışmada Isparta hava şartlarında güneş kolektörlerinde, farklı tasarım ve malzeme kullanımının üretilecek enerji ve kolektör verimi üzerine etkileri belirlenmesi araştırılmıştır. Kolektörlerde malzeme olarak farklı yutucu yüzey ve izolasyon maddeleri öngörülmüştür. Hesaplamalarda, 7 yutucu yüzey ve 5 yalıtım malzemesi kullanımına göre kurgular yapılmıştır. Tasarım parametresi olarak yalıtım malzemesi kalınlığı ve boru sayısı kullanılmıştır. Çalışmada 4 farklı boru sayısı ve 4 farklı yalıtım malzemesi kalınlığı için simülasyonlar yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; Isparta koşulları için en uygun eğim açısının 28° olduğu tespit edilmiştir. Yalıtım ve yüzey malzemesi kullanımıyla kolektörlerin yıllık veriminin %30'dan %44'e

yükselebileceği ve tasarım parametreleriyle bu verimin %47 seviyelerine taşınabileceği ortaya konulmuştur.

Karabuğa vd. (2018), çalışmada bir Doğrusal Fresnel güç sistemin enerji, ekserji, çevresel ve ekonomik değerlendirme yapılmıştır. Kolektörün konveksiyon ve radyasyon kayıplar da bulunmuştur. Hesaplamalar, 545 W/m^2 'lik radyasyon değeri ve 10 aynalık oluşan 1.22 m^2 'lik bir kolektör alanında yapılmıştır. Sonuçlara bakıldığında 20°C 'lik bir ortam sıcaklıkta, enerji verimi ve sürdürülebilirlik indeksi sırasında 0.05855 ve 1.0162 olarak bulunmuştur. Enerji kayıpları 537.6 W, ekserji kayıpları ise 92.89 W tespit edilmiştir.

Barbon vd. (2018), küçük ölçekli Doğrusal Fresnel kolektörü üzerindeki boylamsal ve enine parametrelerin etkisi araştırılmış. Çalışmanın ana amacı, alıcı borunun tarafında emilen enerji üzerindeki dizayn parametrelerin, alıcının yüksekliği, aynanın uzunluğu ve genişliği, etkisi tespit edilmektir. Sonuçlara göre, aynaların genişliği üzerinde yapılan %30 azaltma için emilen enerji miktarı %59'a kadar düşmektedir; alıcının yükselttiğini ise %30 artış ile emilen enerji miktarı %8'e kadar yükseltmektedir; sonunda aynaların uzunluğu %30 artış ile emilen enerji miktarı %24'e kadar yükselttiğini göstermektedir.

Merrouni vd. (2017), 10 MW'lik Doğrusal Fresnel kolektörün üzerinde dayanan bir konsantre güneş güç sistemi simüle edilmiştir. Çalışmada, GREENIUS yazılımı kullanılarak ısı ve elektriksel verimliliği öngörülmüş. Simülasyon Fas'ın Doğunun iklim şartlarında göre yapılmış. Simülasyon sonuçlarına göre, 2098 kWh/m^2 yıllık DNI değeri ile sistem yıllık olarak 20.621 MWh enerji üretilebileceğini ve %29 ısı verimi sahip olduğunu bulunmuştur.

Bellos vd. (2016), bir Doğrusal Fresnel kolektör ile düzlemsel alıcı deneysel olarak incelenip Solidworks Flow Simulation kullanılarak sayısal olarak incelenmiştir. Çalışmanın ana amacı farklı durumlarda ısı, optik ve ekserji verimi tespit edilmektir. Deneyde 100°C 'den aşağısı olan su akışkan olarak kullanılmaktadır. Sonuçlara bakıldığında, bu kolektörü yazın 8.5 kW, ilkbaharda 5.3 kW ve kışta 2.9 kW'lik faydalı enerji üretilebileceğini bulunmuştur. Çalışmaya göre de akışkan olarak termal yağ kullanılırsa daha yüksek performanslara ulaşabileceğini ortaya koymuştur.

Dostuok vd. (2014), Doğrusal Fresnel kolektör sistemi deneysel olarak incelenmiştir. Sisteme, güneşi takip edebilen ve böylece aynaların konumunun ayarlanabildiği, bir takip mekanizması eklenmiştir. Farklı alışma şartlarında Doğrusal Fresnel güneş kolektörün ısıl verimi belirlenmiştir. Deneysel Isparta’da Ağustos ayında gerçekleştirilmiştir. Fresnel kolektör sistemi, farklı çalışma şartlarında çalışabilecek şekilde dizayn edilmiştir. Sonuçlara göre su ısıtma uygulamada, kolektörün ısıl verimi 34.1’i ulaşabileceğini bulunmuştur. Çalışmada çevre sıcaklığın etkisini göz ardı edilmiştir. Çalışmanın diğer bir sonuca göre Doğrusal Fresnel Kolektörün ısıl verimi düzlemsel kolektörünkilerden daha yüksek olduğunu ortaya çıkartmıştır.

Xie vd. (2013), çizgisel odaklanan ve farklı alıcı şekiller kullanılarak Fresnel güneş kolektörün üzerinde araştırılmış ve kıyaslanmış. Sekiz tane alıcı şekil üzerinde araştırıldı üçgen, ark, dikdörtgen, yarı-yuvarlak, pozitif ikizkenar yamuk, ters ikizkenar yamuk, hetero ikizkenar ve konveks şeklinde. Her birisinin ısıl verimi deneysel olarak incelenmiştir. Sonuçlara göre üçgen şekli daha verimli olduğunu bildirilmiştir.

Dostuok, (2012), alışmada Isparta iklim şartlarına uygun Doğrusal Fresnel güneş toplayıcılarının, termik analizleri yapıp deneysel olarak araştırılmıştır. Çalışma için 10 aynalık dayanan bir su ısıtma deney seti kurulmuş ve 5 ay süren ölçümler yapılmış. Deneysel sonuçlara göre sistemin günlük ortalama ısıl verimi %23 yaklaşmaktadır. Deneysel akışkan olarak su kullanılmıştır ama sonuçlara bakıldığında termal yağ ya da soğutucu akışkanı kullanılarak, sistem tarafından buhar edilmesi mümkün olduğunu tespit edilmiştir.

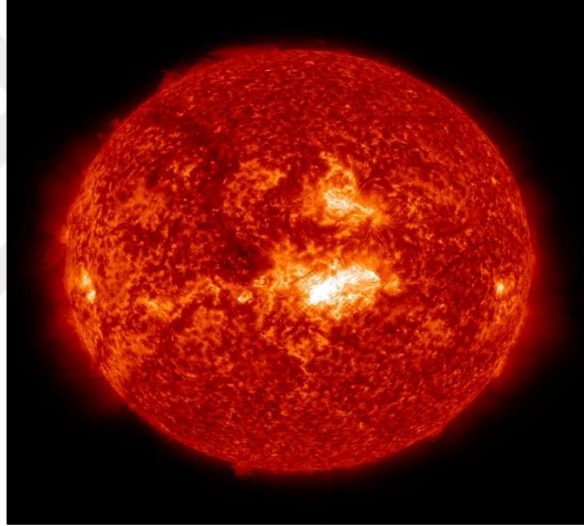
Literatüre bakıldığında, Doğrusal Fresnel kolektör ile birçok çalışma yapıldığına rağmen teknolojiyi hala gelişmekte durumunda. Ayrıca bu kolektörle su ısıtma çalışmalar az olduğunu tespit edilmektedir. Sonunda Isparta ilinde bu tarz sistemi çalışabileceğini dair hem deneysel hem simülasyon çalışmalarına eksik olduğunu da ortaya çıkıştır.

Bu nedenle bu tez çalışmada, bu alanda literatüre zenginleştirmek amacıyla, hem Doğrusal Fresnel Kolektörüyle su ısıtma potansiyeli hem de bu tür sistemleri Isparta’da uygulanabilirliği araştırılacaktır.

2.1. Güneş Enerji Sistemleri ve Uygulamaları

2.1.1. Güneş

Güneş, evrenimizde bulunan bir yıldızdır (Şekil 2.1). Güneş, 1.39×10^6 km çapı ve 2×10^{30} kg ağırlık sahiptir. Güneş yüzeyin sıcaklığı 5500 K'tır. Güneşin %70'i hidrojen ve %28'i helyum'den oluşmaktadır. Güneşin içinde her saniyede 700 milyon ton hidrojen, helyuma dönüşür. İki atom hidrojen bileştirerek bir atom helyum oluşur. Füzyon adı verilen bu tepkime gerçekleştiğinde, büyük enerji miktarı yayınlanmaktadır. Bu enerji, radyasyon olarak güneşten çıkıp her tarafta kaçar (Foster vd., 2014).



Şekil 2.1. Güneş (Anonim, 2024a)

2.1.2. Güneş radyasyon

Güneş radyasyonu dediğinde, güneşten kaynaklanan elektromanyetik dalgalar ifade etmektedir. Bu dalgalar dünya üzerindeki bir noktaya ulaştığında, coğrafik konum, gün içerisindeki zaman dilimleri, mevsimsel yerel hava durumu gibi faktörler etkili olmaktadır.

2.1.3. Güneş ışınım ve türleri

Güneş ışınımı, birim alan başına alınan güneş enerjisi miktarını ölçen radyometrik bir miktardır. Uluslararası Birim Sisteminde metrekare başına kilowatt saat (kWh/m²) veya metrekare başına joule (J/m²) cinsinden ifade edilebilir. Güneş ışınımı bir radyometre veya albedometre kullanılarak ölçülebilir.

Güneş radyasyonu dünya yüzeyinde ulaşmadan önce ikiye bölmektedir. Birinci parçası güneşten atmosferin tabakaların geçerek, direkt dünya yüzeyine vurur ve adı olarak Direkt Radyasyon adlanmaktadır (E_{Direkt}). Bu radyasyonu yere dikey olarak ulaştığında Direk Normal Işınım (DNI) adı almaktadır.

Ama atmosferin içindeki ışığı, güneş radyasyonun başka bir parçası, yere varmadan dağılmaktadır. Bu ikinci parçası yayılı radyasyon denmektedir ($E_{\text{yayılı}}$). İkisi toplamı yaptığı zamanında global güneş radyasyon (E_G) elde edilip yeryüzüne varan toplam güneş enerjisini ifade etmektedir (Denklem 2.1).

$$E_G = E_{\text{Direkt}} + E_{\text{yayılı}} \quad (2.1)$$

2.1.4. Güneş enerjisi

Güneş enerjisi elde etmek için güneş radyasyonları kullanılmaktadır. Dünya ve güneş arasındaki mesafe 150 milyon km'dir. Bilim adamlara göre dünya dışında güneşin ışınımın değeri 1367 W/m²'dir ve bu rakam güneş sabit olarak adlanmaktadır. Ama atmosferimizin farklı gazlar tabakalardan dolayı yeryüzünde ulaşan ışınım şiddeti 0-1100 W/m² arasındadır.

Güneş enerji teknolojilerinde güneşin ışınımı, kullanılabilir bir enerji hale getirmek için güneş kolektörler kullanılmaktadır. Güneş enerji sistemleri ikiye ayrılır. Birincide güneşten gelen ışığı, doğrudan elektriğe dönüştürmektedir, bu sistemler genellikle fotovoltaiik sistemleri adlandırılmaktadır. İkinci ise dolaylı enerji sistemler adlandırılabilir. Bu sistemlerde güneş ışınım, alıcıda bulunan bir akışkanı ısıtırıp başka bir devreye aktararak faydalı enerji elde etmektedir. Bu enerji ilk olarak ısı enerjisidir ama daha sonra istenilen enerji biçimde dönüştürebilmektedir (elektrik vs.).

Günümüzde güneş enerjii çok kullanılmaktadır ve ona bağı teknoloji hali gelişmektedir. Birçok ölkelerde elektrik üreten fotovoltaik santraller mevcuttur. Çoğu bireysel evlerde ya da sosyal konutlarda güneş su ısıtma sistemleri kullanılmaktadır.

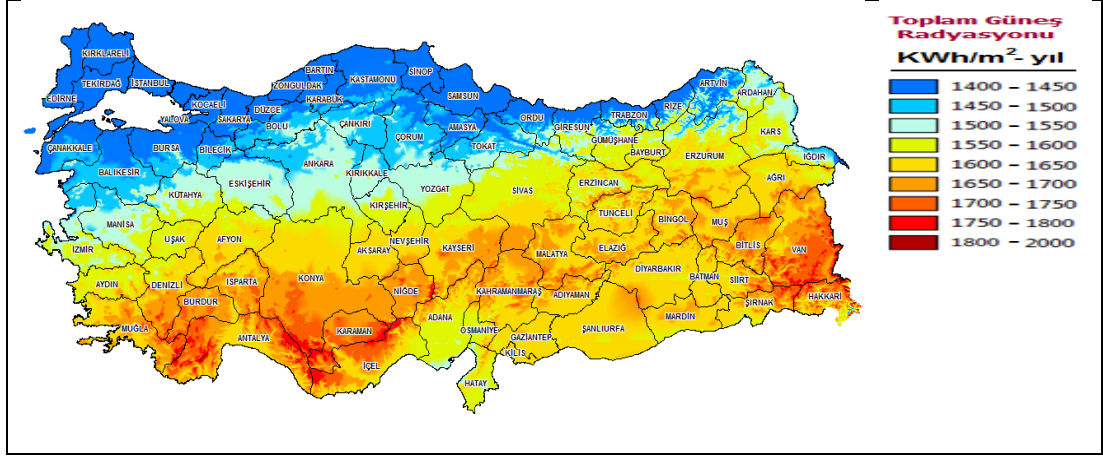
2.1.4.1. Ekserji kavramı

Enerji sistemlerin araştırmalarında sıkça kullanılan başka bir kavram, ekserjidir. Belirli bir haldeki sistemden teorik olarak elde edilebilecek kullanılabilir maksimum işi, ekserji olarak tanımlanmaktadır. Ekserji, kullanılabilirlik potansiyel miktar belirtmesidir (Kalogirou, 2014).

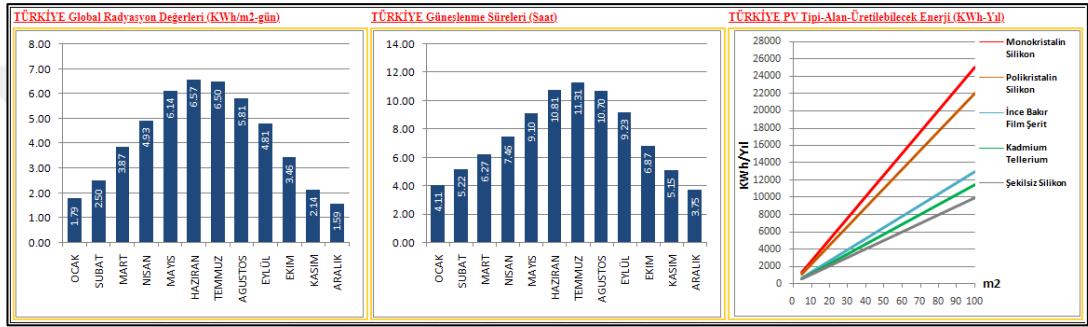
Mühendislik termodinamiğinde, ekserji güçlü bir analitik araç olarak kullanılır ve bir sistem içindeki enerji kullanımının verimliliği hakkında fikir verir. Ekserji analizi, performans kaybının nerede ve neden meydana geldiğini belirlemeye yardımcı olarak sistem iyileştirme fırsatlarına yol açar. Mühendisler bu verimsizlikleri tespit ederek sistem performansını optimize etmenin ve enerji israfını azaltmanın yollarını bulabilirler (Anonim, 2023b).

2.1.5. Türkiye'nin güneş enerji potansiyeli

Güneş enerji sistemlerin tasarımında, üretim enerji miktarı öngörebilmek için ilgili konumun enerji potansiyeli incelenmelidir. Bu incelemede güneşin radyasyon değerleri ve güneşleme süreleri araştırılmaktadır. Bunu gerçekleştirmek için güneş haritaları kullanılmaktadır. Güneş haritalar, genelde ölkelerin Enerji Bakanlıklar ya da Hava Durumu Kurumların tarafından yayınlanmaktadır. Bazı özel şirketler ve uluslararası kurumlar tarafından da yayınlanmaktadır. Türkiye'de Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından yayınlanan Güneş Enerji Potansiyel Atlası (GEPA) üzerinde ölkenin ve her 81'ilin için güneş bilgilerine ulaşılabilir. Şekil 2.2'de Türkiye'nin güneş haritası verilmiştir.



Şekil 2.2. Türkiye güneş haritası (GEPA, 2024)

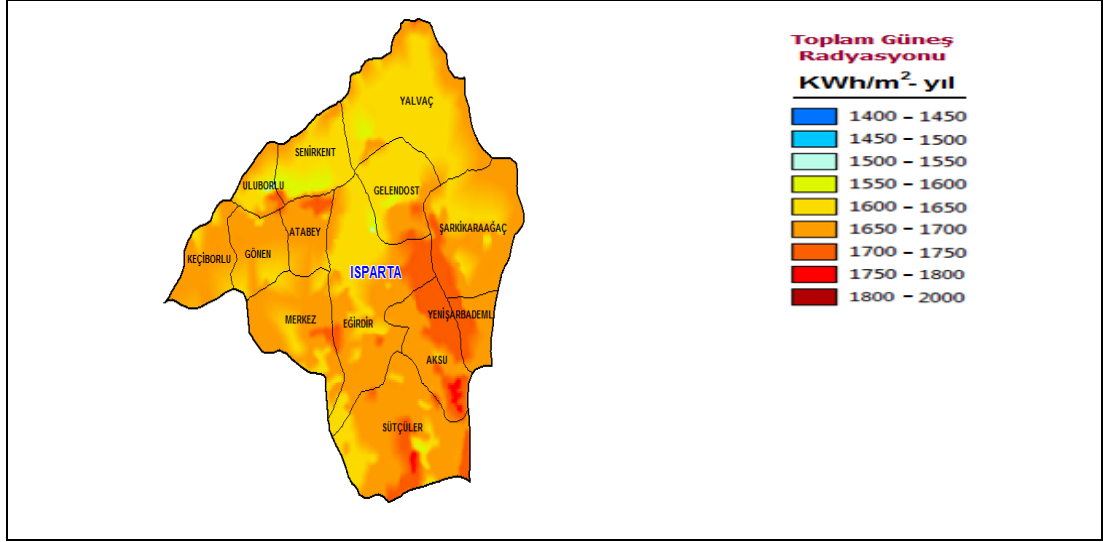


Şekil 2.3. Türkiye güneş radyasyon değerleri (GEPA, 2024)

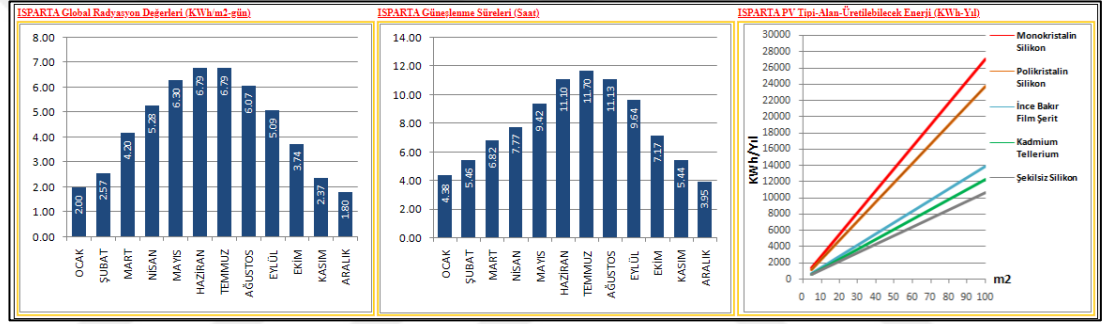
Harita bakıldığında mavi bölgenin dışında bütün Türkiye’de güneş enerjinin iyice faydalanabileceğini görülmektedir ve yıllık radyasyon değerleri 1400-2000 kWh/m² arasındadır. Isparta ise en yüksek radyasyon alan illerdendir. Aylara döndüğümüzde haziran ayı, 6.57 kWh/gün ile en yüksek radyasyon değeri sahibi görülmektedir. Güneşleme sürelerinde ise ortalama günlük 11.31 saat ile Temmuz ayı, başında gelmektedir (Şekil 2.3).

2.1.5.1. Isparta güneş enerji potansiyeli

Haritaya bakıldığında, Isparta ilinde güneş en yüksek gelen radyasyon yerdendir (Şekil 2.4). Yıllık ortama 1550-1800 kwh/m² arasındadır. 6.79 kwh/m²-gün ile Haziran ve Temmuz ayları en yüksek radasyasyon değerleri sahiptir. 11.7 saat ile Temmuz ayı en uzun güneşleme süresi sahiptir (Şekil 2.5).



Şekil 2.4. Isparta güneş haritası (GEPA, 2024)

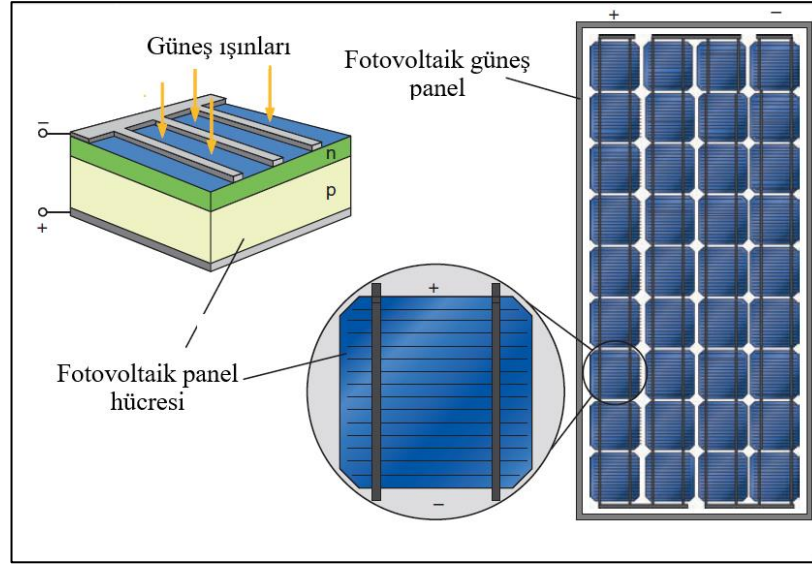


Şekil 2.5. Türkiye güneş radyasyon değerleri (GEPA, 2024)

2.1.6. Fotovoltaik sistemler

Fotovoltaik kelimesi, Yunancadan *photos* (ışık, ışıktan) ve ünlü fizikçi Alessandro Volta (*Volt*)'tan isimle gelmektedir. Genel anlamda fotovoltaik, güneş ışığı doğrudan elektriğe dönüşümü ifade etmektedir (Mertens, 2014). Yani fotovoltaik sistemlerde, güneş ışığı doğrudan elektriğe dönüştürülmektedir. Bunu gerçekleştirmek için fotovoltaik güneş panelleri kullanılmaktadır (Şekil 2.6).

Fotovoltaik güneş panelleri birden fazla güneş hücrelerden oluşmaktadır. Fotovoltaik güç üretimi güneş hücrelerden dayanmaktadır. Işık hücreye girdiğinde, her bir foton (ışık enerji birimi) bir elektron-delik çifti oluşturmaktadır. Bu oluşan parçacıklar, yükü bölgesinin alanından ayrılır ve kontaklara taşınır: delikler tabandan alt arka kontaklara, elektronlar yayıcıdan öne doğru itmektir (Mertens, 2014). Bu elektronların hareketi fotovoltaik etki denilir ve elektrik üretimi neden olmaktadır (Anonim, 2024f).



Şekil 2.6. Bir fotovoltaik panel ve panel hücresi (Mertens, 2014)

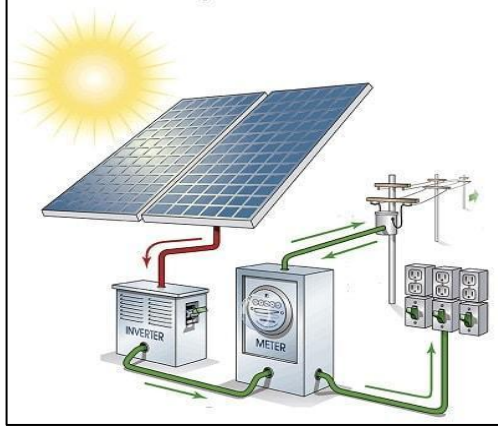
Fotovoltaik güneş sistemleri genelde üçe ayrılır. Birinci Şebekeye bağlı (On-Grid) sistemler, ikinci şebekeden bağımsız sistemler (Off-Grid) ve üçüncü hibrit sistemler.

2.1.6.1. Şebekeye bağlı sistemler

Şebekeye bağlı sistemler, bir tesisatın (ev, sanayi) enerji tedarige yardım ederek enerji faturasını azaltmasını ya da tamamen üreten enerjiyi şebekeye aktararak şebekenin enerjinin kapasite yükselmeyi amaçlanmaktadır. Bu sistemlerin ana bileşenler şöyle özetlenebilir:

- ❖ Güneş panellerin dizisi
- ❖ İnvörtör
- ❖ Sayaç (ev, sanayi)
- ❖ DC ve AC kablolar
- ❖ Trafo
- ❖ Sigorta

Fotovoltaik güneş panellerden üreten elektrik DC'dır yani doğru akım. Onu Şebekeye aktarmadan önce AC'ye yani alternatif akıma dönüştürülmelidir. Bu yüzden invörtör kullanılmaktadır (Şekil 2.7).



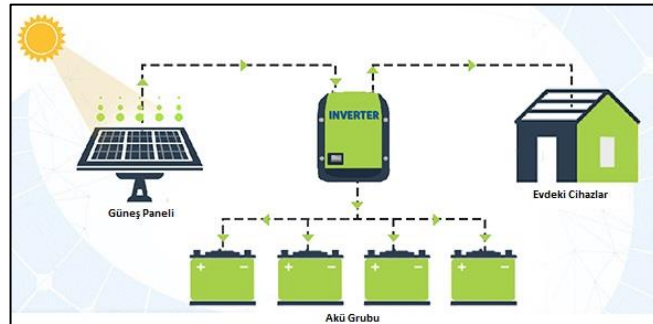
Şekil 2.7. Bir şebekeye bağlı güneş santrali (Anonim, 2024b)

2.1.6.2. Şebekeden bağımsız sistemler

Şebekeden bağımsız sistemler, şehirlerden uzak olan ve şebeke bulunmayan yerlerde tercih edilmektedir. Köylerin evleri, hastaneleri ve işletmeleri veya tarlalarda sulama sistemleri beslenebilmek için kullanılmaktadır. Bu sistemlerin ana bileşenler şunlardır:

- ❖ Güneş panel dizisi
- ❖ İnvörtör ya da şarj regülatörü
- ❖ AC ve DC kablolama
- ❖ Batarya

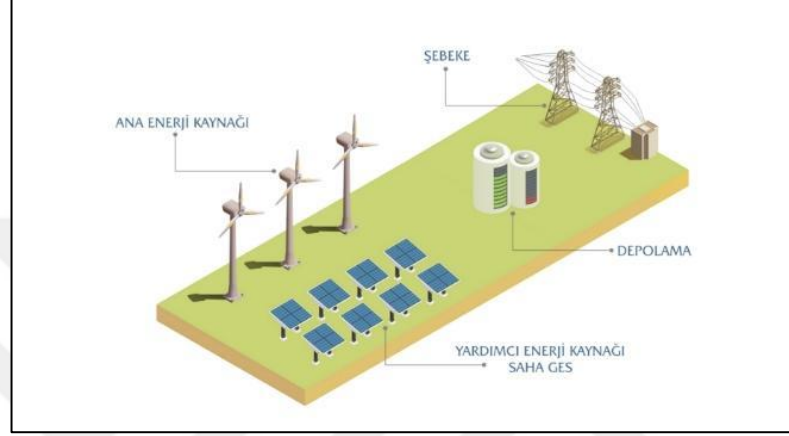
Bu sistemleri şebekeye bağlı olmadığı için, gece ve güneş olmadığı zamanlarda enerji azalmasını neden olmaktadır. Sorunu gidermek için bataryalar kullanılmamaktadır. Bataryalarda güneş olduğu zamanı enerji depolanıp ve istenilen zamanda sistemi beslenmektedir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Bir şebekeden bağımsız güneş santrali (Anonim, 2024c)

2.1.6.3. Hibrit sistemler

Hibrit sistemlerinde birden fazla kaynak kullanılarak enerji üretilmektedir. Güneş hibrit sistemlerde en çok karşılaşılanlar güneş-rüzgâr enerji santralleridir (Şekil 2.9). Ama diğer hibrit sistemlerde mevcuttur (güneş-hidroelektrik, rüzgâr-yakıt ve güneş-yakıt).



Şekil 2.9. Bir hibrit santrali (Anonim, 2024ç)

2.1.7. Termal güneş sistemler

Termal güneş sistemlerinde, güneş radyasyonu kullanılarak, bir akışkanı ısıtılmaktadır. Daha sonra bu sıcak akışkanı başka bir döngüye ya da çevrime aktararak elektrik veya faydalı ısı üretilmektedir.

Bu sistemlerde fotovoltaik kolektörlerden farklı bir kolektörler kullanılmaktadır. Kullanılan kolektörler, termal güneş kolektörler adlandırılır ve iki grubu ayrılır: sabit/hareketsiz kolektörler ve hareketli/yoğunlaştırıcı kolektörler.

Hareketsiz kolektörlerinde güneşten gelen ışınları aynı yüzey tarafından emilip akışkana aktarır, konsantre güneş kolektörleri ise güneşin ışınları başka bir yüzeye yansıtılarak akışkanı ısıtmaktadır. Bu ikinci yüzeyi, yutucu olarak adlandırmaktadır. (Anonim, 2012).

2.1.7.1. Sabit güneş kolektörler

Bu kolektörler sabit kurulup güneşi takip etmemektedir. Güneşin takip etmediği için güneşi doğru yönlendirerek kurulmalıdır. Böylece, günde güneş hareket ettiği bile güneş ışığı optimum olarak faydalanabilmektedir. Genelde bu tür kolektörler düşük sıcaklık (70°C civarlarında) uygulamalarında tercih edilmektedir.

Bu kolektörlerde genelde şunlar rastlanmaktadır:

2.1.7.1.1. Düzlemsel kolektörler (Flat plate collector)

Düzlemsel kolektörler en çok kullanılan kolektörlerdir. Genelde düşük sıcaklık işlemlerinde kullanılmaktadır (80°C civarlarında). Bu kolektörler su ısıtmasını ya da hava ısıtmalarında kullanılır (Şekil 2.10). Onları üretimi ucuzdur. Direkt normal radyasyonu ve difüz radyasyonu emilebilir. Onların en önemli amacı, ucuz fiyatlarıyla güneş enerjisi toplayabileceğine kadar toplamak (Kalogirou, 2014).



Şekil 2.10. Bir düzlemsel kolektörü (Anonim, 2024d)

2.1.7.1.2. Sabit bileşik parabolik toplayıcı (CPC)

Bu tür kolektörler, alıcı üzerine düşen bütün radyasyonu yansıtabilirler. Nispeten geniş bir açı aralığından gelen radyasyonu kabul edebilirler. Yutucular birçok biçimlerinde olabilir: düzlemsel, iki yüzeyli, silindir ya da köşeli. Daha yüksek sıcaklıklar

varabilmek için, bu kolektör hareketli halinde getirilebilir (Kalogirou, 2014) (Şekil 2.11).



Şekil 2.11. Bir parabolik toplayıcı (Maghanga ve Mwamburi, 2012)

2.1.7.1.3. Vakumlu tüp kolektör (Evacuated tube collector -ETC)

Bu kolektörler, bir boş mühürlü boru içinde bulunan bir ısı borusu oluşur. Düzlemsel kolektörlerden daha fazla yüksek sıcaklık ulaşabilir. Akışkan olarak sıvı-buhar fazlı maddeler tercih edilmektedir. ETC'ler birçok boyutlarında mevcuttur. Genelde bu kolektörlerin boyu 2 metre civarlarındadır (Şekil 2.12).



Şekil 2.12. Bir vakumlu tüp kolektörü (Anonim, 2024e)

2.1.7.2. Yoğunlaştırıcı güneş kolektörler

Isı kayıpları oluşan yüzeylerindeki boyutları azaltarak, daha yüksek sıcaklıklar ulaşılabilir. Konsantre güneş kolektörlerinde bir optik cihaz kullanılarak güneş ışınımı, azaltılmış bir yüzeyi olan yutucuya yansımaktadır (Kalogirou, 2014).

Konsantre güneş kolektörler şu faydaları sunmaktadır:

- Daha yüksek sıcaklıklar ulaşılabilir ve onun sayesinde termodinamik verimliliği artar.
- Isıl verimi daha yüksek olur çünkü ısı kayıpları oluşan yüzeyindeki boyutları azaltılmış.

Öbür tarafta, şu dezavantajları içermektedir:

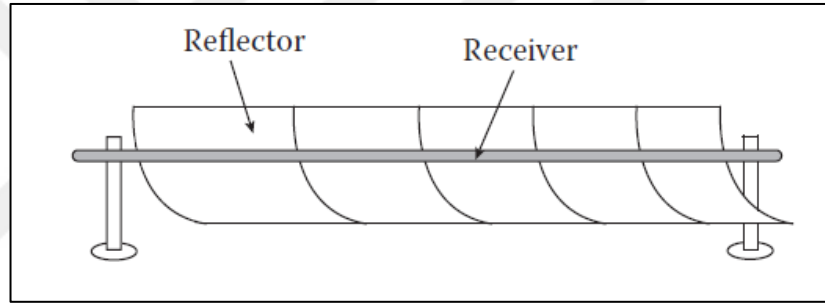
- Bu kolektörler sadece direkt normal ışınımı (DNI) toplayabilirler.
- Güneşi takip edebilmek için bir yedek sistem kurulmalı (Kalogirou, 2014).

Bu kolektörler genelde dört taneden oluşur: Parabolik oluk kolektörler (PTC: Parabolic Trough Collector), Parabolik çanak kolektörler (PDR: Parabolic Dish Reflector), Heliostat kolektörler (HFC: Heliostat Field Collector) ve Doğrusal güneş kolektörler (LFR: Linear Fresnel Reflector).

Bu kolektörler orta (350-400°C) ve yüksek (400°C üzerinde) sıcaklık uygulamalarında tercih etmektedir.

2.1.7.2.1. Parabolik oluk kolektörler (Parabolic Through Collector)

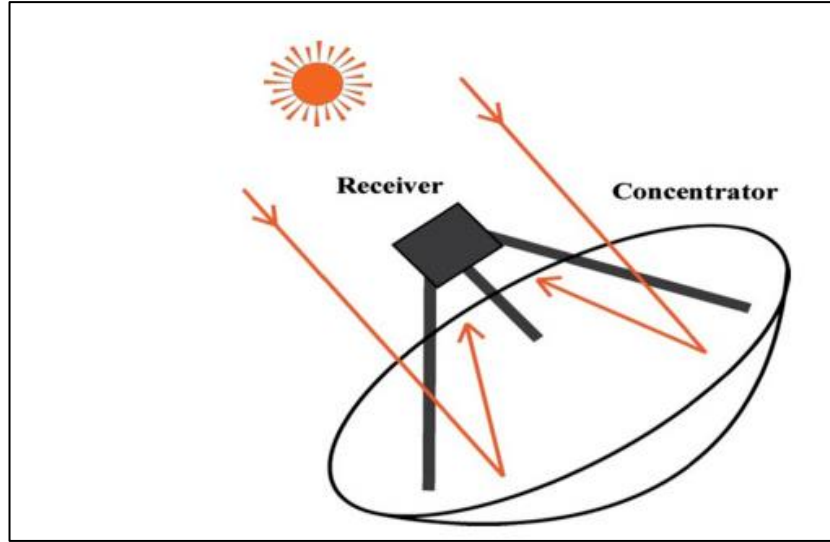
PTC'ler, 50-400°C sıcaklıklar çıkartabilirler. PTC'ler en çok gelişmiş ve termal güneş enerji teknolojileridir. Onun üzerinde birçok araştırma yapıldı ve pazara iyice girmiş. PTC'ler, bir yansıtıcı malzeme tabakasını parabolik bir şekle bükerek yapılıır. Siyah bir metal boru, cam boruyla kaplanmış, alıcını odak/fokal çizginde yerleştirilmektedir. Parabol güneşe bakarken, yansıtıcıda düşen güneş ışınımı alıcıya yansıtılmaktadır. Alıcı borunda ulaşan bu konsantre radyasyonlar, alıcı içinde dolaşan akışkanı ısıtmaktadır (Şekil 2.13).



Şekil 2.13. Bir parabolik oluk kolektörü (Kalogirou, 2014)

2.1.7.2.2. Parabolic çanak kolektörü

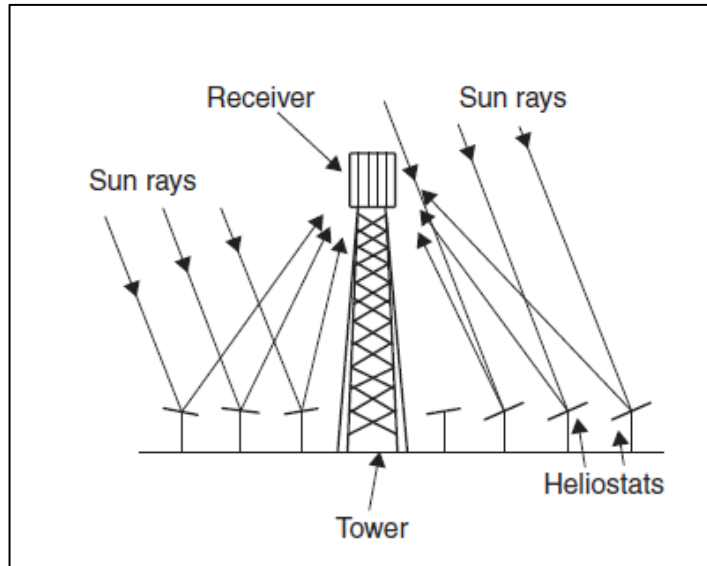
PDR (Parabolic Dish Reflector) nokta odaklı bir kolektördür. Güneşi iki ekseninde takip edip radyasyonu Dish'in fokal noktada bulunan alıcıya konsantre etmektedir. Elde edilen termal enerji alıcıya bağlı bir motor-jeneratör kullanılarak elektriğe dönüşebilir ya da hortumlar kullanılarak bir güç çevrim sisteme taşınabilir (Şekil 2.14). Parabolic Dish sistemler 1500°C sıcaklıklara ulaşabilirler.



Şekil 2.14. Bir parabolik çanak kolektörü (Joardder, 2017)

2.1.7.2.3. Heliostat

Heliostat sistemlerinde, birçok düzlemsel ya da azıcıkça konkav (içbükey) aynalar kullanılarak düşen ışınımı ortak bir hedefe (alıcı) yansıtabilir. Bu sistemin diğer adı merkezli alıcı kolektördür. Alıcı tarafından emilen konsantre ısı enerjisi bir akışkana aktararak depolayıp sonra güç üretmeye kullanılabilir (Şekil 2.15).

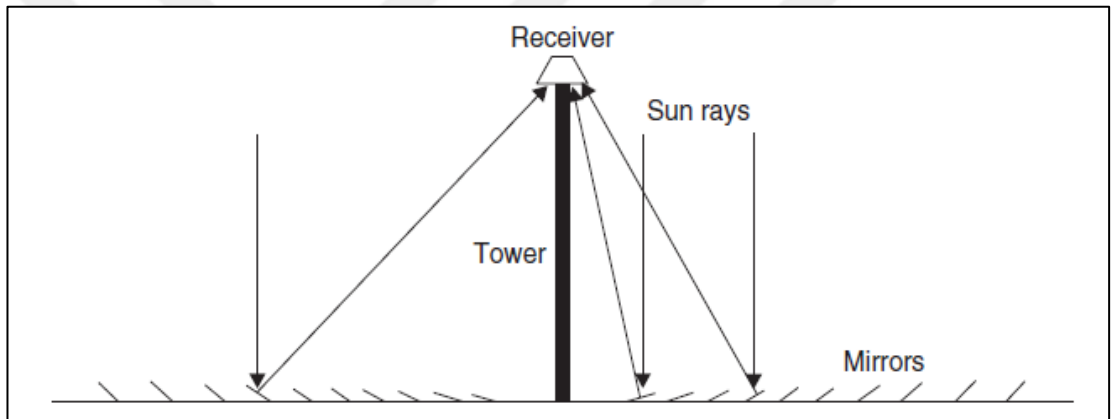


Şekil 2.15. Bir heliostat konfigürasyon (Kalogirou, 2014)

2.1.7.2.4. Linear Fresnel Reflector / Doğrusal fresnel yansıtıcısı

LFR'ler kırık PTC gibi düşünülebilir ama yansıtıcı parçalar parabolik şeklinde olma gerek yoktur. Alıcıyı, yansıtıcı aynaların üzerinde sabit bir şekilde kurulmaktadır. Aynalar genelde düzlemsel şeklindedir ve alıcının etrafında (sağ ve sol) simetrik olarak yerleştirilmektedir.

Aynalar üzerinde düşen ışınımı alıcıya yansıyıp içindeki dolaşan akışkanı ısıtılarak bir güç çevrimle elektrik üretilebilir ya da farklı kullanımlar yapılabilmektedir (su ısıtma, buhar üretme, ...). LFR'lerin bir dezavantajı, aynalar arka arkaya yerleştirdiği için, birbirlerine gölgelenir bu yüzden aralarındaki mesafeyi arttırılmalıdır (Şekil 2.16).



Şekil 2.16. Bir doğrusal fresnel konfigürasyon (Kalogirou, 2014)

2.1.8. Güneş su ısıtma prensibi

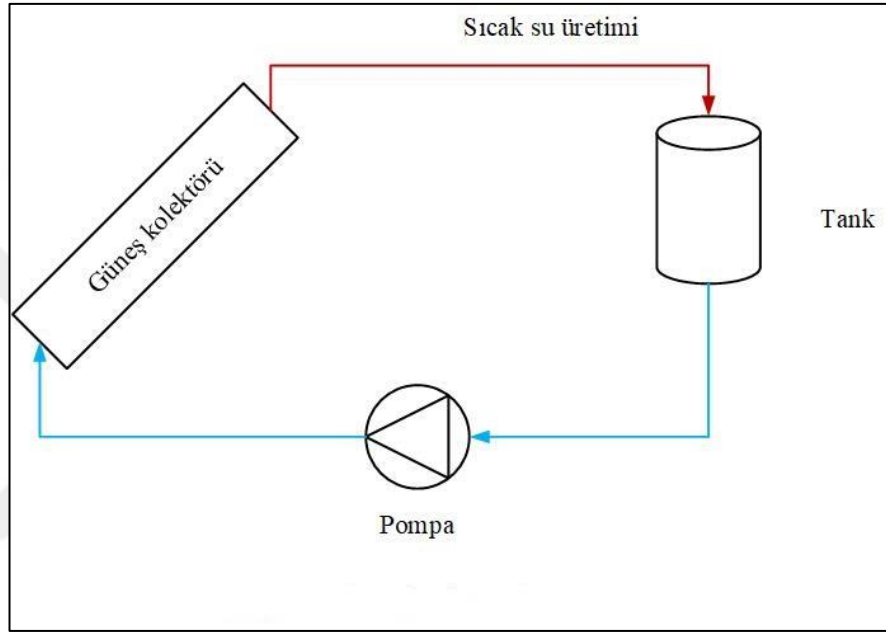
2.1.8.1. Güneş su ısıtma

Güneş su ısıtma sistemler üç ana bileşenlerden oluşmaktadır. Bir güneş kolektör dizisi, bir enerji aktarım sistem ve bir depolama tankı. En önemli öge, güneş kolektör dizisidir. Burada güneş radyasyonu emilip ısıya dönüştürülmektedir. Sonra bu ısı, yutucuda geçen bir akışkan tarafından emilir. Emilen ısı depolanabilir ya da hemen kullanılabilir.

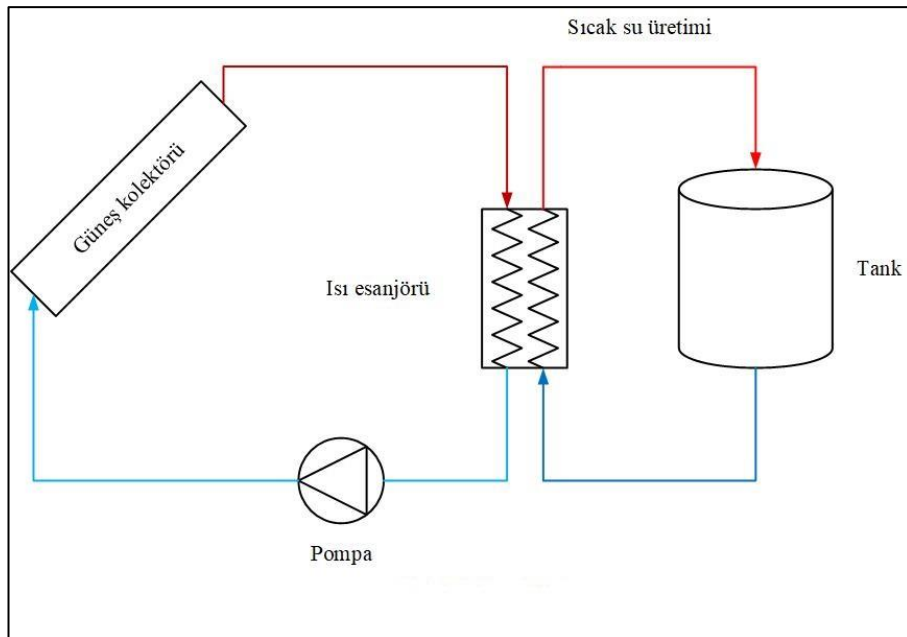
Güneş su ısıtma sistemler iki çeşitten ayrılır. Birinci, Doğrudan sistemler. Bu sistemlerde suyu yutucuda ısıtılır (Şekil 2.17). İkinci sistem ise, Dolaylı sistemler. Bu

sistemlerde, bir akışkan yutucuda geçerek ısı toplanıp sonra bu ısı bir ısı değiştirici aracılığıyla suya aktarılır (şekil 2.18).

Kullanılan akışkan taşıma metodu ile, güneş su ısıtma sistemler ikiye de ayrılabilir. Birinci pasif sistemler adlanmaktadır. Bu sistemlerde akışkanı doğal konveksiyon (termosifon etkisi) ile dolaşır ama diğer sistemde, aktif denilen, pompalar ve diğer makinalar tarafından akışkanı dōnüştürölür.



şekil 2.17. Doğrudan su ısıtma sistemi



şekil 2.18. Dolaylı su ısıtma sistemi

Güneş su ısıtma sistemlerde ısıtan su miktarı üç unsura bağlıdır:

- ❖ Sistem çeşidi ve büyüklüğü
- ❖ Konumda mevcut olan güneş ışığı (ışınım gücü)
- ❖ Mevsimsel sıcak su talep modeli

Bu sistemlerde düzlemsel ve vakumlu tüp kolektörler daha çok kullanılmaktadır ama büyük ölçülerde bazen yoğunlaştırıcı kolektörler de tercih edilmektedir (Kalogirou, 2014).

2.1.8.2. Isı depolama sistemi

Güneş sürekli var olmadığı için, gece ve bulutlu günlerde, güneş sistemi devamlı olarak çalışabilmek için, bu tür sistemlerde genelde bir ısı depolama sistem eklenmektedir.

Bir güneş güç ya da su ısıtma sistemde depolama tankı birçoğu avantajlar içermektedir.

-Güneş enerjisinin kullanılabilirliği ve yük uyumsuzluğu hafifletmek ve ani tepe yüklerine veya kayıp girişine karşı sistem yanıtını iyileştirmek için termal kapasitans sağlayarak toplanan güneş enerjisinin kullanımının iyileştirir.

-Kolektör dizisi ısı transfer akışkanının kolektör verimini düşüren yüksek sıcaklıklara hızla ulaşması engellenerek sistem veriminin artırılır (Kalogirou, 2014).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

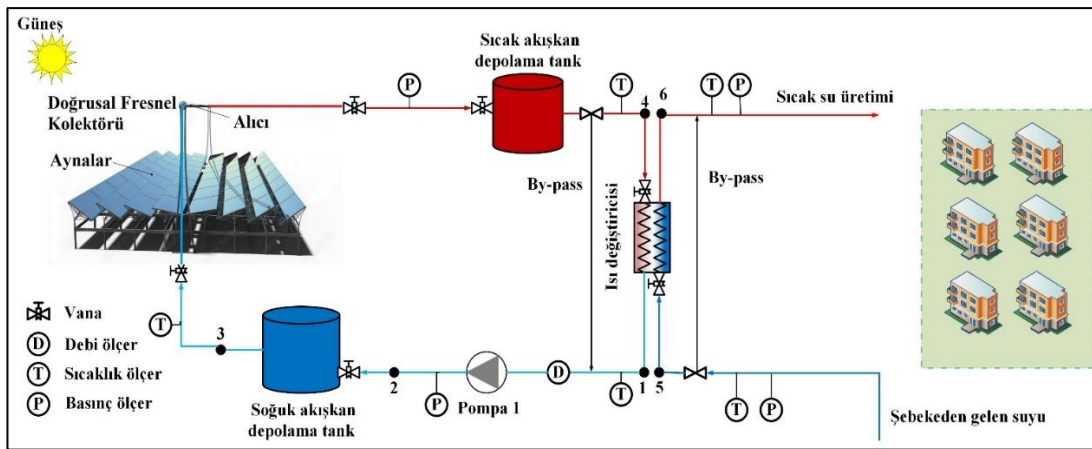
3.1. Tasarlanan Sistem

Çalışmamızda, Doğrusal Fresnel Kolektör destekli bir su ısıtma sistemi incelenecektir.

Sistemin ana bileşenler şunlardır:

- ❖ 10.94 m² bir Doğrusal Fresnel kolektör alanı
- ❖ Akışkanı, kolektörün tarafta, dolaştırmak için bir pompa.
- ❖ Karşı akışlı bir Isı değişirici.
- ❖ Akışkan olarak güneş kolektörde dolaşan akışkan TherminolVP1 tercih edilmiştir. Diğer tarafta konutlar için su ısıtılacaktır.
- ❖ Sıcaklık, basınç ve kütleli debi ölçüm aletleri eklenmiştir.
- ❖ Akışkanların dolaşımı durdurabilmek amacıyla vanalar konulmuştur.
- ❖ Sistemde de by-pass vanalar da eklenmiştir.

Şekil 3.1’de tasarlanan sistem şeması gösterilmiştir.



Şekil 3.1. İncelenen sistem şeması

Aynalar güneş radyasyonu yutucuya yoğunlaştırarak, içinde dolaşan TherminolVP1'nin sıcaklığı yükseltecektir. Isıtılan akışkanı ısı değiştiricide geçerek sıcaklığını bir kısmın diğer taraftan giren suya aktarılır. Suyun sıcaklığı belli bir noktaya kadar yükselttirmek için döngü sürekli tekrarlanmaktadır. Suyun sıcaklığı artışı güneş radyasyonu gücü, ısı değiştiricinin verimliliği, TherminolVP1 ve suyun özgül ısılarına ve kütleli debilere bağlıdır.

3.2. Güneş Radyasyon ve Diğer Kabul Değerler

3.2.1. Güneş radyasyon değerleri

Çalışmamız Isparta şartlarında daire yapıldığı için, Isparta güneş radyasyon değerleri kullanılmaktadır. Yaralanan değerler Direkt Normal Işınım (DNI) verileridir. Veriler Global Solar Atlas'ta toplanmaktadır. Simülasyon saatliğe göre yapılacağı için saatlik değerleri kullanılmaktadır. Doğrusal Fresnel Kolektörü, bir konsantrasyon güneş kolektör olduğu için sadece DNI verileri yaralanmaktadır. Deneyi 10 saat sürmektedir. Saat 6'de başlayıp 16'ta bitmektedir. Temmuz ayı için gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.2'de Isparta saatlik DNI verileri gösterilmiştir.

Average hourly profiles												
Direct normal irradiation [Wh/m ²]												
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0 - 1												
1 - 2												
2 - 3												
3 - 4												
4 - 5												
5 - 6					58	84	79					
6 - 7			42	188	343	454	463	361	188	60		
7 - 8	54	123	293	359	456	582	618	573	538	400	225	55
8 - 9	310	359	395	434	536	671	720	691	656	533	460	318
9 - 10	377	422	452	487	575	713	784	762	718	595	529	393
10 - 11	400	450	474	506	568	707	805	781	728	615	550	420
11 - 12	396	445	474	479	541	669	787	742	692	597	546	418
12 - 13	381	426	452	445	500	606	727	683	651	567	532	409
13 - 14	368	412	437	421	468	557	682	626	600	538	509	398
14 - 15	345	393	415	383	426	516	646	583	542	490	461	357
15 - 16	236	338	348	333	379	474	592	529	481	313	198	154
16 - 17		74	151	212	327	424	526	462	215			
17 - 18					73	187	232					
18 - 19												
19 - 20												
20 - 21												
21 - 22												
22 - 23												
23 - 24												
Sum	2868	3442	3931	4247	5252	6644	7661	6795	6007	4710	4011	2923

Şekil 3.2. Isparta'nın radyasyon değerleri (Anonim, 2023a)

3.2.2. Sistemin kullanılan değerleri

İncelenen sistemi, Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2'deki değerlere göre tasarlanmıştır.

Çizelge 3.1. Kolektörün tasarım parametreleri (Karabuğa vd., 2018; Yıldırım, 2021)

Parametre	Değer birimi
Therminol kütleli debisi (\dot{m})	0.015 kg/s
Therminol VPI özgül ısı (C_p)	1662 J/kg °C
Camın geçirgenliği (τ)	0.96
Aynaların uzunluğu (L)	1.8
Aynaların genişliği (W)	0.38
Aynaların sayısı (N)	16
Tutma faktörü (γ)	0.719
Ortam sıcaklığı (T_{air})	296 K
Alıcı yüzey sıcaklığı (T_s)	358 K
Gökyüzün sıcaklığı (T_{sky})	283 K
Karakteristik uzunluk (L_s)	0.3611
Camın yüzey alanı (A_g)	0.722 m ²
Stefan Boltzman sabiti (σ)	5.67x10 ⁻⁸
Camın yayıncılık katsayısı (ϵ)	0.96

Çizelge 3.1. Kolektörün tasarım parametreler (Karabuğa vd., 2018; Yıldırım, 2021)
(Devam)

Isı iletim katsayısı (k)	0.02851 W/m K
Kinematik viskozite (ν)	1.8372×10^{-5}
Çamın çapı (D)	0.102 m
Yer çekimi (g)	9.8 N/kg
Ortalama çevre sıcaklığı (T_0)	298 K
Güneş sıcaklığı (T_{sun})	5739 K
Aynaların yansım oranı (ρ_1)	0.92
Alıcı yansım oranı (ρ_2)	0.92
Alıcı soğurma çarpanı (α)	0.94

Çizelge 3.2. Isı değiştirici tasarım parametreler

Parametre	Değer birimi
Suyun özgül ısı (C_{p_w})	4180 J/kg°C
Suyun kütlelel debisi (\dot{m}_w)	0.01875 kg/s
Isı değiştiricinin etkinliği (ϵ_{hex})	0.85
Şebekeden gelen suyun sıcaklığı (T_5)	25°C

3.3. Sistemin Analizi

Sistemi inceleyebilmek amacıyla, sisteme daire bir matematiksel modeli oluşturulmuştur. Matematiksel modeli sistemin ana bileşenler (kolektör, ısı değiştiricisi) ve onların içindeki dolaşan akışkanların sıcaklıkların gelişimleri tanımlamaktadır.

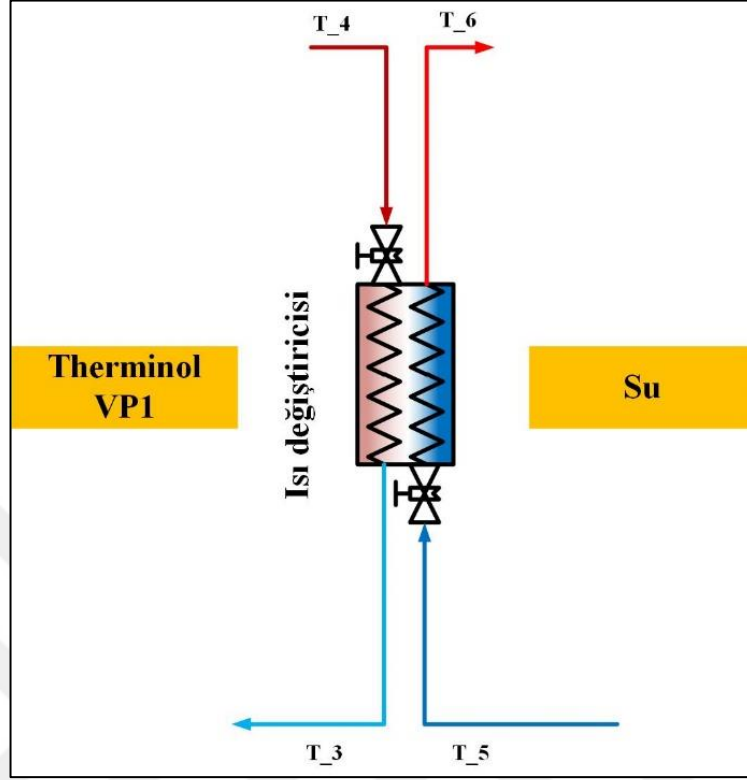
Matematiksel modelin hesaplamaları, EES (Engineering Equation Solver) adlı yazılım aracıyla gerçekleştirip çözülmüştür. EES yazılımı, termodinamik alanda iyi bilinen bir yazılımdır. Bilgisayar destekli bir denklem çözücüdür. Daha sonra elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Sistemin tasarımda borularda oluşun ısı kayıpları göz ardı edilmiştir.

3.3.1. Sistemin matematiksel modeli

Yazılacak denklemler ve anlamlar şöyle özetlenebilir:

3.3.1.2. Isı değiştiricinin tasarımı ve sıcaklıkların hesaplanması



şekil 3.4. Isı değiştiricide sıcaklıkların akışı

T_3 , kolektöre giren sıcaklığı ifade etmektedir. İlk değeri kabul olarak alınmıştır. Sonraki değerler ısı değiştiriciden çıktıktan sonra hesaplanmaktadır. Hesaplama Denklemleri 3.13 ve Denklemleri 3.14 kullanılmaktadır.

$$T_3 = T_4 - \frac{Q_{hex}}{\dot{m}C_p} \quad (3.13)$$

$$Q_{hex} = \epsilon_{hex}(\dot{m}C_p)_{min} * (T_4 - T_5) \quad (3.14)$$

Q_{hex} , Isı değiştiricinde oluşan enerji aktarım miktarı ifade etmektedir.

T_5 , şebekeden gelen suyun sıcaklığı ifade etmektedir.

Suyun kapasite oranı (Denklemleri 3.15):

$$C_w = C_{p,w} * \dot{m}_w \quad (3.15)$$

Therminol'un kapasite oranı (Denklem 3.16):

$$C_f = C_p * \dot{m} \quad (3.16)$$

Isı değiştiriciden çıkan suyun sıcaklığı aşağıdaki Denklem 3.17'deki gibi hesaplanmaktadır:

$$T_6 = T_5 + \frac{Q_{hex}}{\dot{m}_w c_{pw}}. \quad (3.17)$$

3.3.1.3. Ekserji ve enerji analizleri

Çalışmanızda ekserji analizleri yapılmaktadır. Sistemin her bir eleman için enerji, ekserji yıkım ve ekserji verimleri hesaplanmaktadır. Ayrıca sistemin her bir nokta için ekserji değerli bulunmuştur.

Hesaplamalarda kullanılan denklemler Çizelge 3.3'te özetlenmiştir (Denklem 3.18-3.29):

Çizelge 3.3. Sistemin enerji ve ekserji denklemleri

Sistemin Elemanları	Kütlenin Korunumu	Enerjinin Korunumu	Ekserji Dengesi	Ekserji Verimi
Pompa I	$\dot{m}_1 = \dot{m}_2$ (3.18)	$\dot{m}_1 h_1 + \dot{W}_{P1} = \dot{m}_2 h_2$ (3.19)	$\dot{E}x_1 + \dot{W}_{P1} = \dot{E}x_2 + \dot{E}x_{Dest,P1}$ (3.20)	$\Psi_{P1} = \frac{\dot{E}x_2 - \dot{E}x_1}{\dot{W}_{P1}}$ (3.21)
Doğrusal Fresnel Kolektörü	$\dot{m}_3 = \dot{m}_4$ $\dot{m}_3 = \dot{m}_2$ (3.22)	$\dot{m}_3 h_3 + \dot{Q}_s = \dot{m}_4 h_4$ (3.23)	$\dot{E}x_3 + \dot{E}x_{Qs} = \dot{E}x_4 + \dot{E}x_{Dest,LFR}$ (3.24)	$\Psi_{col} = \frac{\dot{E}x_4 - \dot{E}x_3}{\dot{E}x_{Qs}}$ (3.25)
Isı değiştiricisi	$\dot{m}_1 = \dot{m}_4$ $\dot{m}_5 = \dot{m}_6$ (3.26)	$\dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_6 h_6 = \dot{m}_4 h_4 + \dot{m}_5 h_5$ (3.27)	$\dot{E}x_4 + \dot{E}x_5 = \dot{E}x_1 + \dot{E}x_6 + \dot{E}x_{Dest,Hx}$ (3.28)	$\Psi_{Hx} = \frac{\dot{E}x_6 - \dot{E}x_5}{\dot{E}x_4 - \dot{E}x_1}$ (3.29)

Tablodaki $\dot{E}x_{Qs}$ 'i kolektördeki ısı ekserjisi temsil edip aşağıdaki Denklem (3.30) ile hesaplanmaktadır:

$$\dot{E}x_{Qs} = \dot{Q}_s * \left[1 + \frac{1}{3} * \left(\frac{T_0}{T_{sun}} \right)^4 - \frac{4}{3} * \frac{T_0}{T_{sun}} \right] \quad (3.30)$$

Sistemin ekserji verimi ise şöyle hesaplanmaktadır (Denklem 3.31):

$$\psi_{sys} = \frac{\dot{Q}_{hex}}{\dot{E}x_{Qs}} \quad (3.31)$$

Sistemin enerji verimi ise aşağıdaki Denklem (3.32) ile hesaplanmaktadır:

$$\eta_{isil_sys} = \frac{\dot{Q}_{hex}}{\dot{Q}_s} \quad (3.32)$$



4. BULGULAR

Geliştirilen sistemin çözümlenmesi, Isparta ilinde ve temmuz ayı için gerçekleştirilmiştir. Bu kısımda bulunan sonuçlar sunulmaktadır.

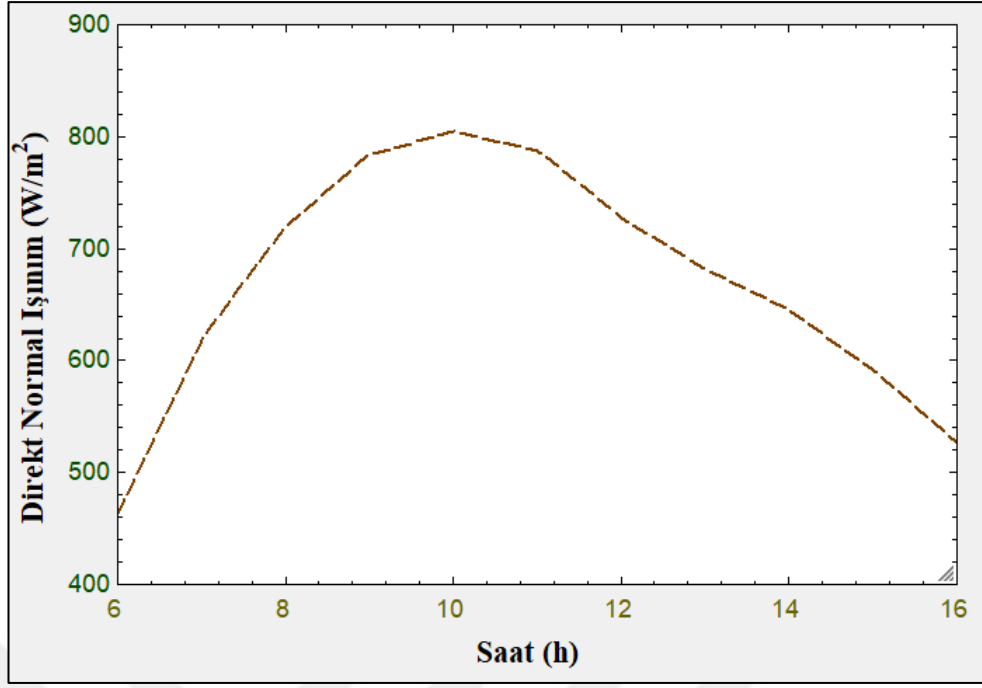
4.1. Enerji ve Isı Kayıpları

Kolektörde elde edilen hem saatlik hem aylık enerji miktarı ve oluşan ısı kayıpların gelişim çizimleri aşağıda eklenmiştir. Aynı zamanda ısı değiştiricinin enerji aktarım miktarının değişimi de konulmuştur.

Çizelge 4.1’de temmuz ayında, Isparta Direkt Normal Işınım değerleri mevcuttur. Işınım değerleri 463 W/m^2 ’den 805 W/m^2 ’ye değişmektedir.

Çizelge 4.1. Temmuz ayında Isparta Işınım değerleri

Saat (h)	Işınım değeri (W/m^2)
6	463
7	618
8	720
9	784
10	805
11	787
12	727
13	682
14	646
15	592
16	526



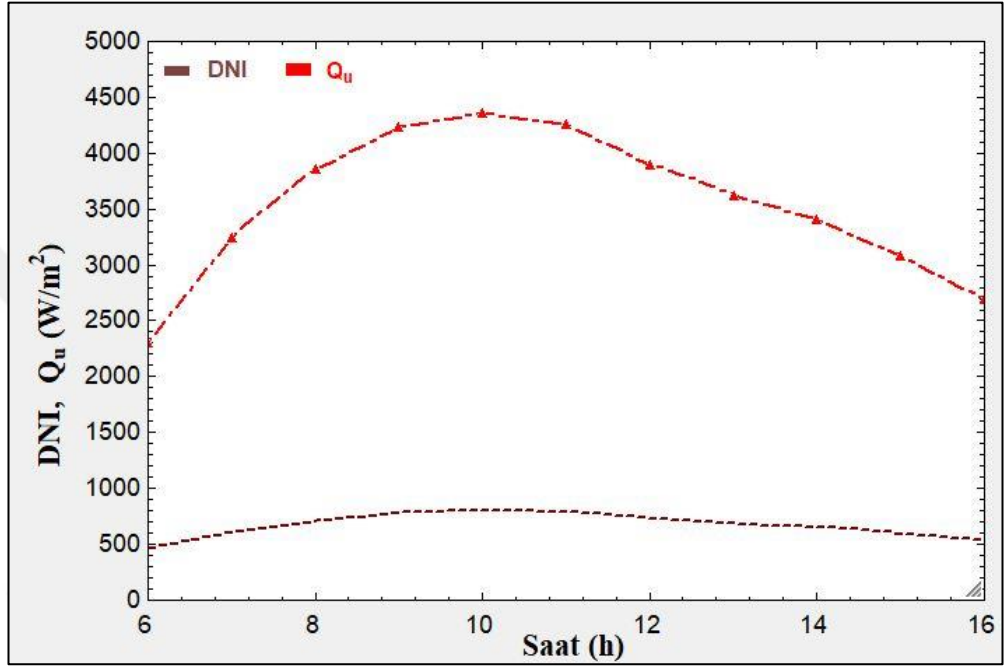
Şekil 4.1. Temmuz ayında ortalama saatlik DNI verileri

Çizelge 4.2’de temmuz aya göre çözümlemenin sonuçları. Sonuçlarda saatlik olarak kolektörün yüzeyinde mevcut olan enerji, alıcı tarafından emilen enerji, ısı kayıpları, kolektörün faydalı enerji ve Isı değiştiricinin faydalı enerjiyi verilmiştir. Sonuçlara bakıldığında en yüksek değerleri saat 10’da ulaşılmaktadır.

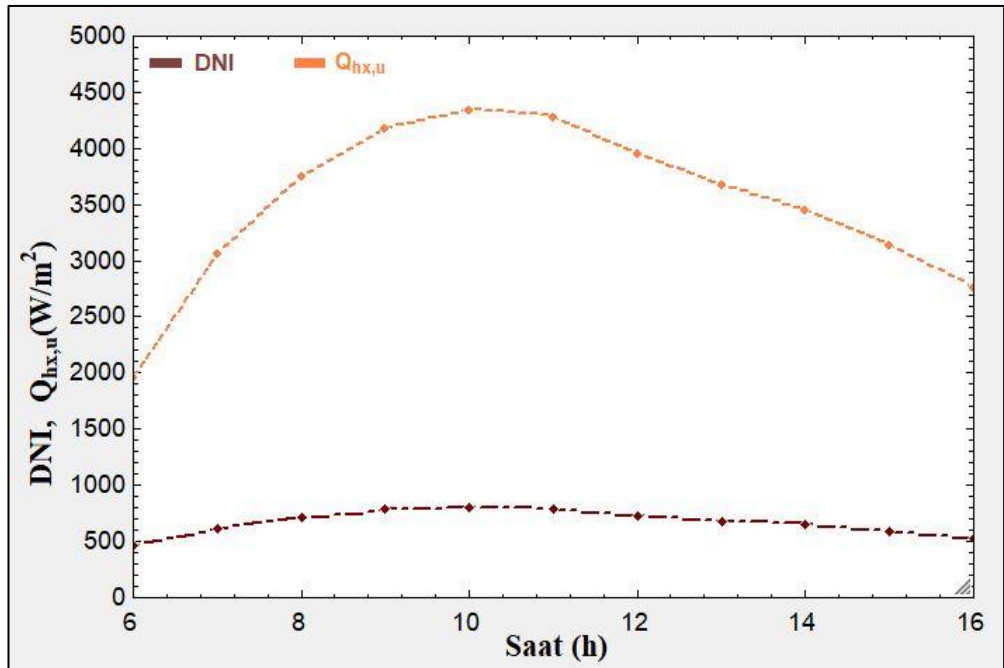
Çizelge 4.2. Temmuz aya göre çözümlemenin sonuçları

Saat (h)	Q_s (W)	Q_{abs} (W)	Q_{loss} (W)	Q_u (W)	Q_{hxu} (W)
6	5067	2783	471.5	2311	1965
7	6763	3714	471.5	3243	3070
8	7880	4327	471.5	3856	3755
9	8580	4712	471.5	4240	4183
10	8810	4838	471.5	4367	4353
11	8613	4730	471.5	4258	4284
12	7956	4369	471.5	3898	3966
13	7464	4099	471.5	3627	3686
14	7070	3883	471.5	3411	3461
15	6479	3558	471.5	3086	3152
16	5757	3161	471.5	2690	2774

Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te sırasıyla Işınım değerleri ve kolektörün faydalı enerjisi, Işınım değerleri ve ısı değiştiricinin faydalı enerjisi eklenmiştir. Kolektörün faydalı enerjisi saat 6'da 2311 W'tır ve saat 16'da 2690 W'tır. En düşük değeri 2311W ile saat 6'da ve en yüksek değeri 4367 W ile saat 10'da ulaşılmaktadır. Isı değiştirici faydalı enerji ise saat 6'da 1965 W ve saat 16'da 2774W'tır. En düşük değeri 1965 W ile saat 6'da ve en yüksek değeri 4353 W ile saat 10'da ulaşılmaktadır.

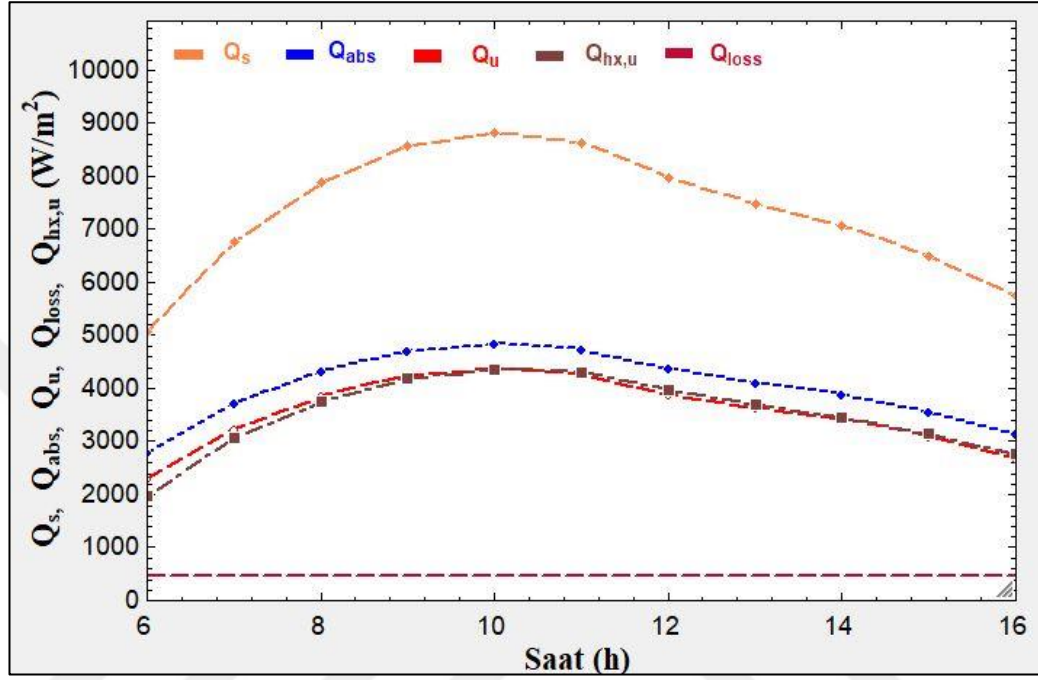


Şekil 4.2. DNI ve kolektörün faydalı enerji saatlik değişimi



Şekil 4.3. DNI ve Isı değiştirici faydalı enerji saatlik değişimi

Şekil 4.4'te bütün sistemin enerjileri ve ısı kayıpların saatlik gelişimi göstermektedir. Kolektörün kullanılabilir enerjisi 5067 W'tan 8810 W'a değişmektedir. Alıcı tarafından emilen enerji ise 2783W'tan 4838W'a değişmektedir. Isı kayıpları ise 471.5W'tır.



Şekil 4.4. Temmuz ayında saatlik kolektörün kullanılabilir enerjisi, kolektörün alıcıda emilen enerji, kolektörün faydalı enerji miktarları, kolektörün ısı kayıpları ve ısı değiştirici faydalı enerji değişimleri

4.2. Sıcaklıklar

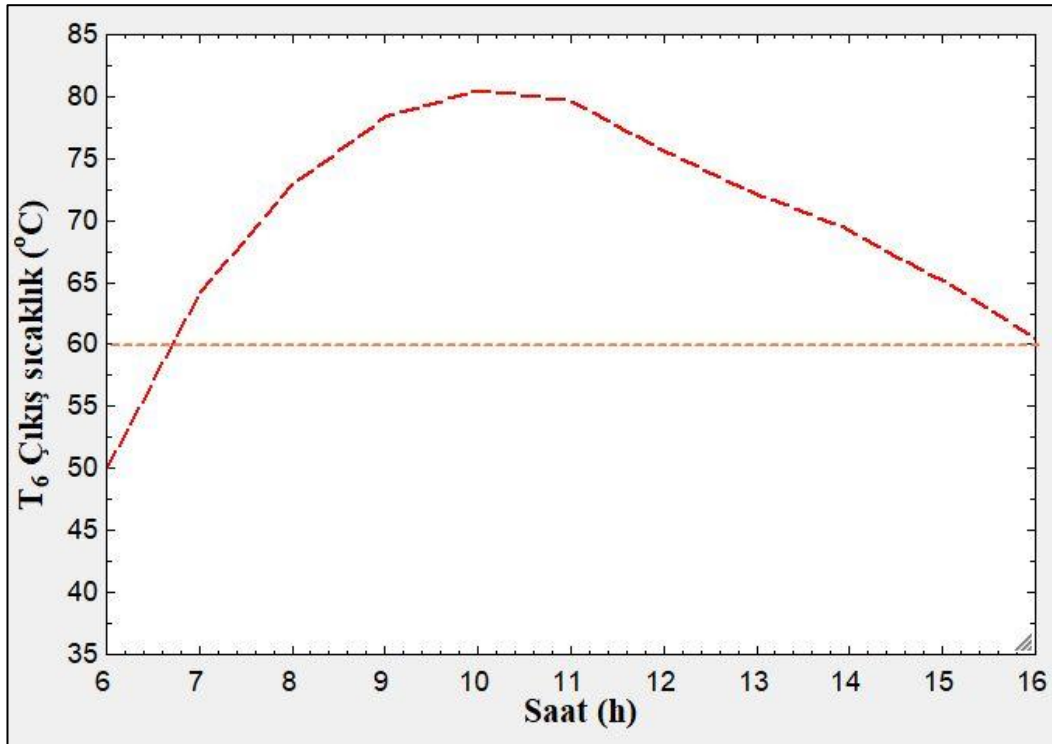
Şu kısmında bütün sistemin sıcaklıklarla ilgilendirmektedir. Kolektörün tarafta dolaşan Therminol VP1'nın sıcaklığın değişimi çizilmiştir. Diğer tarafta ise çıkış suyun sıcaklık değişimi da eklenmiştir.

Çizelge 4.3'te sistemin önemli noktaların sıcaklıkları konulmuştur.

Çizelge 4.3. Sistemin sıcaklıkları

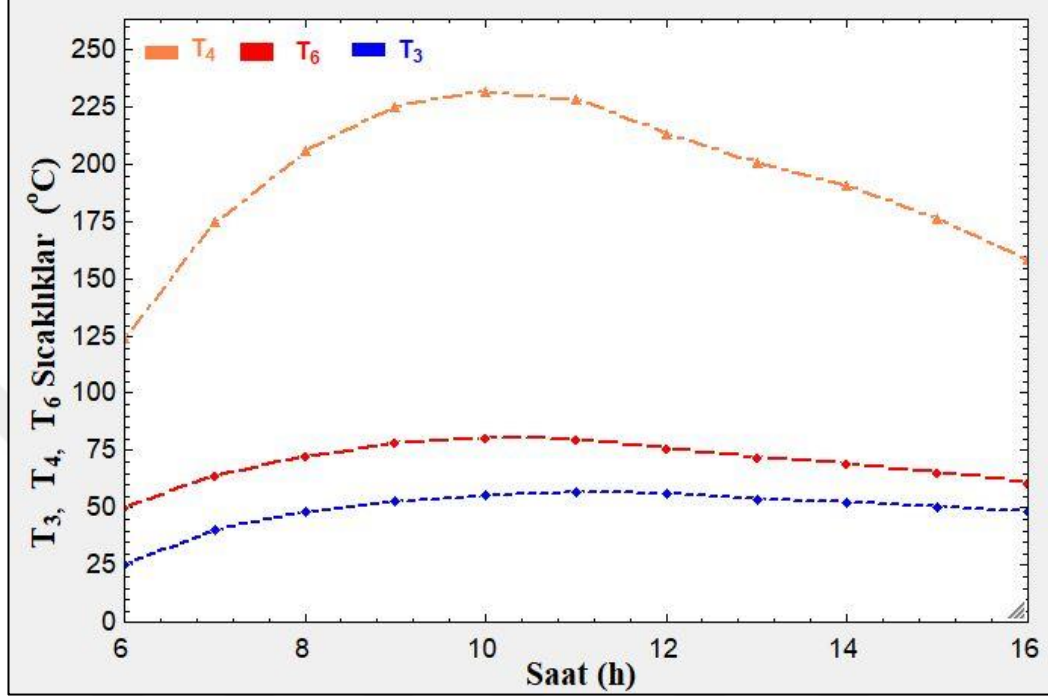
Saat (h)	T ₃ (°C)	T ₄ (°C)	T ₆ (°C)
6	25	123.8	50.07
7	40.32	175	64.17
8	48	205.9	72.91
9	52.63	224.8	78.37
10	55.47	231.9	80.54
11	56.53	228.2	79.67
12	55.98	213.3	75.6
13	53.74	200.7	72.03
14	51.86	190.6	69.19
15	50.33	176.2	65.21
16	48.48	158.5	60.4

Sonuçlara bakıldığında suyun sıcaklığı T₆ temmuz ayında 50.07°C'den 80.54°C'ye değişmektedir. En düşük sıcaklığı saat 6'da ve en yüksek sıcaklığı saat 10'da ulaşmaktadır. Sistemin tarafından saat 7'den itibaren 60°C sıcak suyu sağlamaktadır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Su tarafta ısı değiştiricisinin çıkış sıcaklığının değişimi

Therminol VP1 kolektörün giriş sıcaklığı 25°C'den 56.53°C'ye değişmektedir. En yüksek sıcaklığı saat 11'da varılmıştır. Çıkış sıcaklığı ise 123.8°C'den 231.9°C'ye değişmektedir. En yüksek sıcaklığı saat 10'da varılmıştır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Sistemin sıcaklıkların saatlik değişimi

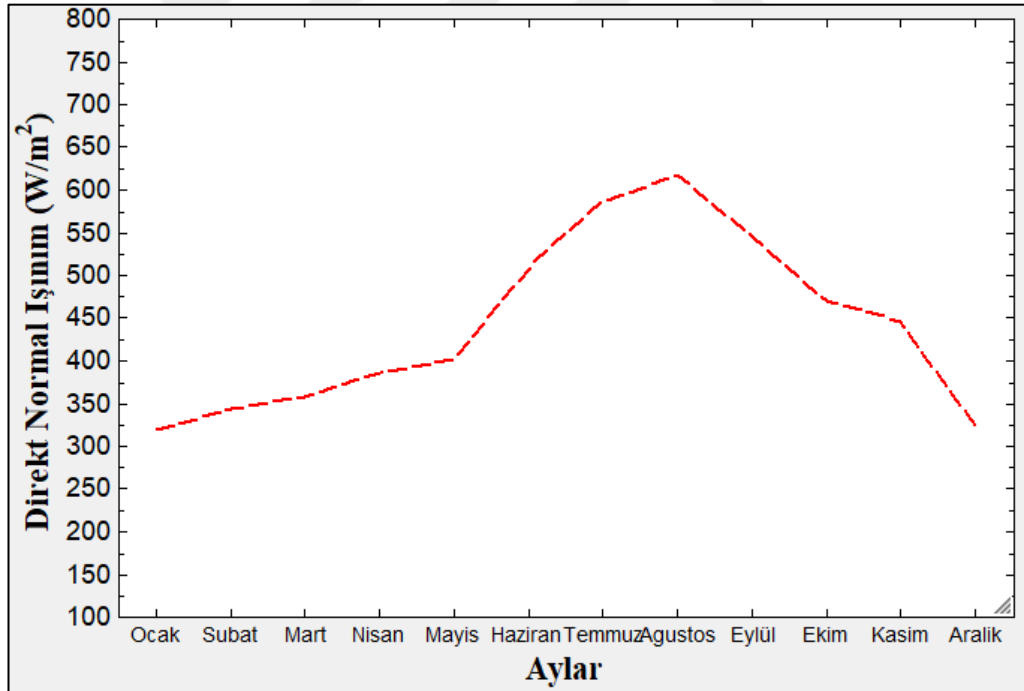
4.3. Aylık Sonuçlar

Aşağıdaki çizimler aylık değerleri sunmaktadır (Şekil 4.7). Çizelge 4.4'te sistemin çözümlemenin aylık sonuçları eklenmiştir. Aylık Işınım verileri ve enerji değerleri mevcuttur.

Isparta aylık Işınım değerlere bakıldığında, Ocak ayı 318.6 W/m² ile en düşük radyasyon sahip aydır. Ağustos ayı 617.5 W/m² ile en yüksek ışınım sahip aydır (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Sistemin çözümlemenin aylık sonuçları

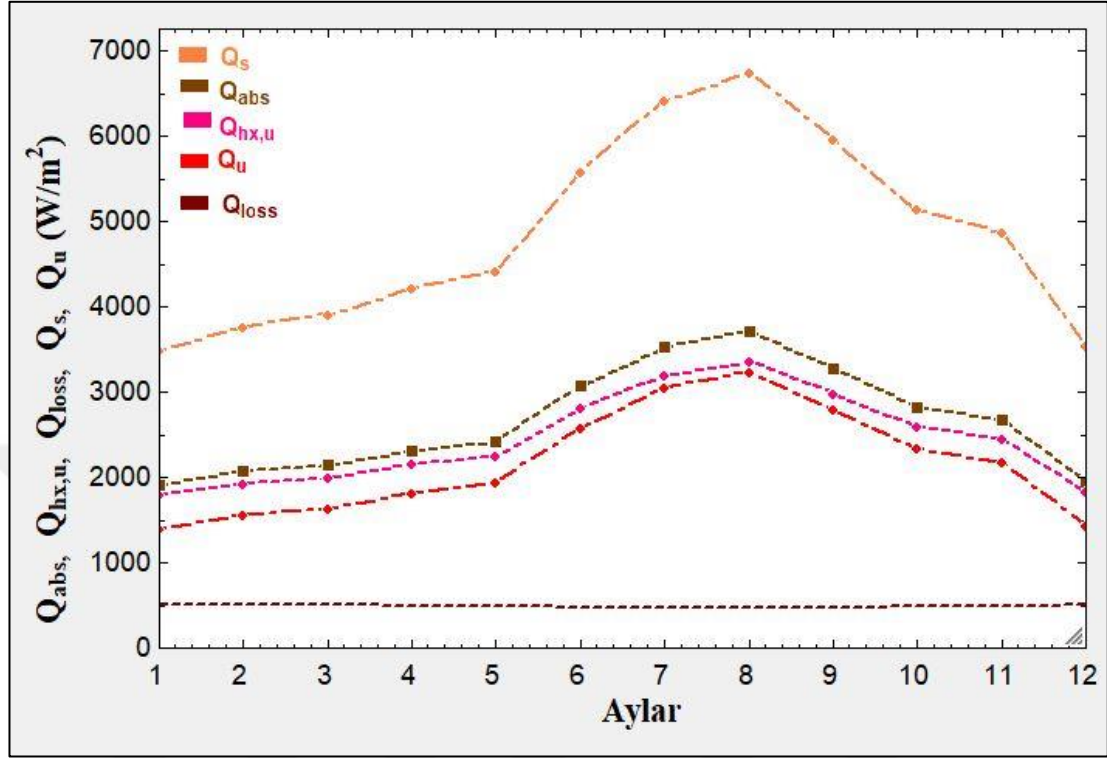
Ay	DNI (W/m ²)	Q _s (W)	Q _{abs} (W)	Q _{loss} (W)	Q _u (W)	Q _{hxu} (W)
1	318.6	3486	1915	510.1	1404	1802
2	344.2	3767	2069	507.8	1561	1935
3	357.5	3913	2149	501.6	1647	2009
4	386.1	4225	2320	494.5	1826	2161
5	403.8	4420	2427	486.1	1941	2258
6	511.1	5593	3072	478	2594	2813
7	586.5	6419	3525	471.5	3054	3204
8	617.5	6758	3711	471.6	3240	3362
9	546.3	5978	3283	479	2804	2992
10	470.8	5152	2830	488.6	2341	2598
11	445.6	4876	2678	498.3	2180	2461
12	324.7	3553	1951	506.3	1445	1837



Şekil 4.7. Isparta'nın aylık DNI verileri

Elde edilen sonuçlara göre kullanılabilir enerjiyi, 3486 W-6758 W arasında değişmektedir. Emilen enerji ise 1915 W-3711 W arasında değişmektedir. Kolektörün faydalı enerjiyi 1404 W-3240 W arasında değişmektedir. Isı değiştiricinin faydalı enerji 1802 W-3362 W arasında değişmektedir. En düşük değerleri Ocak ve Aralık

aylarda, en yüksek değerleri ise Temmuz ve Ağustos aylarında ulaşmaktadır (Şekil 4.8).



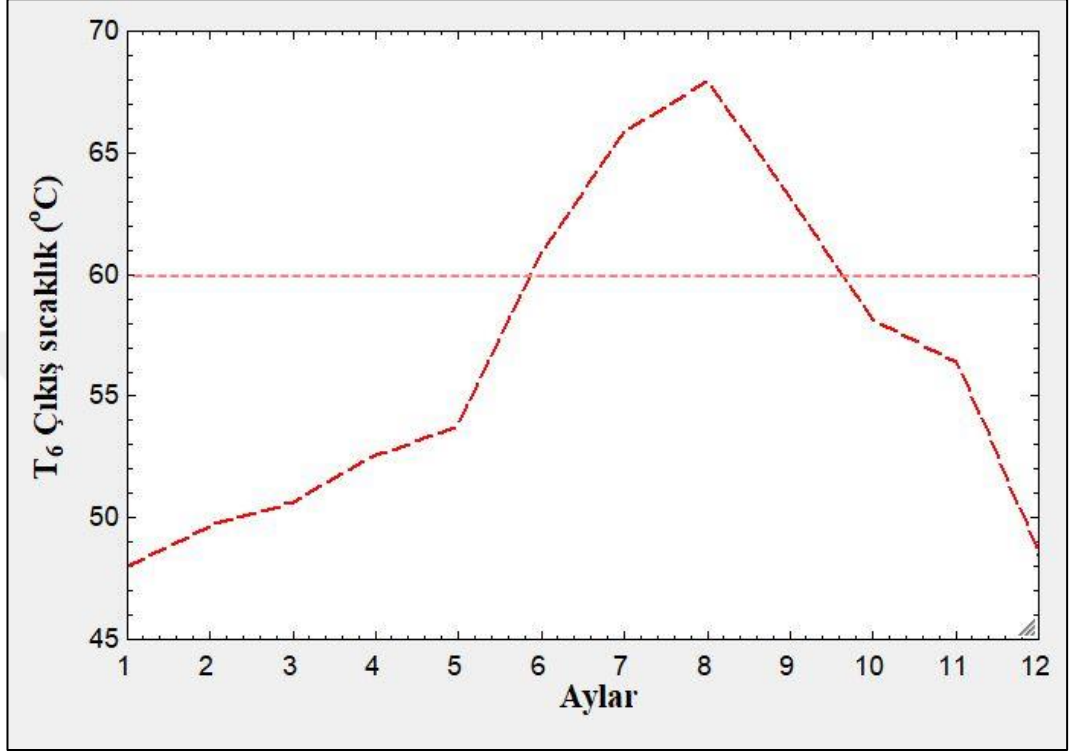
Şekil 4.8. Isparta aylık kolektörün ve ısı değiştirici ısııl enerji ve ısı kayıplarının değişimi

Kolektörün ısı kayıpları 471.5 W-510.1 W arasında değişmektedir. En düşük kayıpları Temmuz ve Ağustos aylarında, en yüksek kayıpları ise Ocak ve Şubat aylarında olmaktadır. Çizelge 4.5'te su sıcaklığının aylık değerlerini göstermektedir.

Çizelge 4.5. Suyun sıcaklığı aylık değerleri

Ay	T ₆ (°C)
1	48
2	49.69
3	50.63
4	52.57
5	53.82
6	60.89
7	65.88
8	67.9
9	63.18
10	58.15
11	56.4
12	48.44

Suyun sıcaklığı 48°C-67.9°C arasında değişmektedir. En düşük sıcaklığı Ocak ve Aralık aylarında (sırasıyla 48 ve 48.44°C) ulaşmaktadır. En yüksek sıcaklık ise Ağustos ayında ulaşmaktadır. Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında suyun sıcaklığı 60°C üzerinden çıkmaktadır (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Aylık suyun çıkış sıcaklığının değişimi

4.4. Verimler

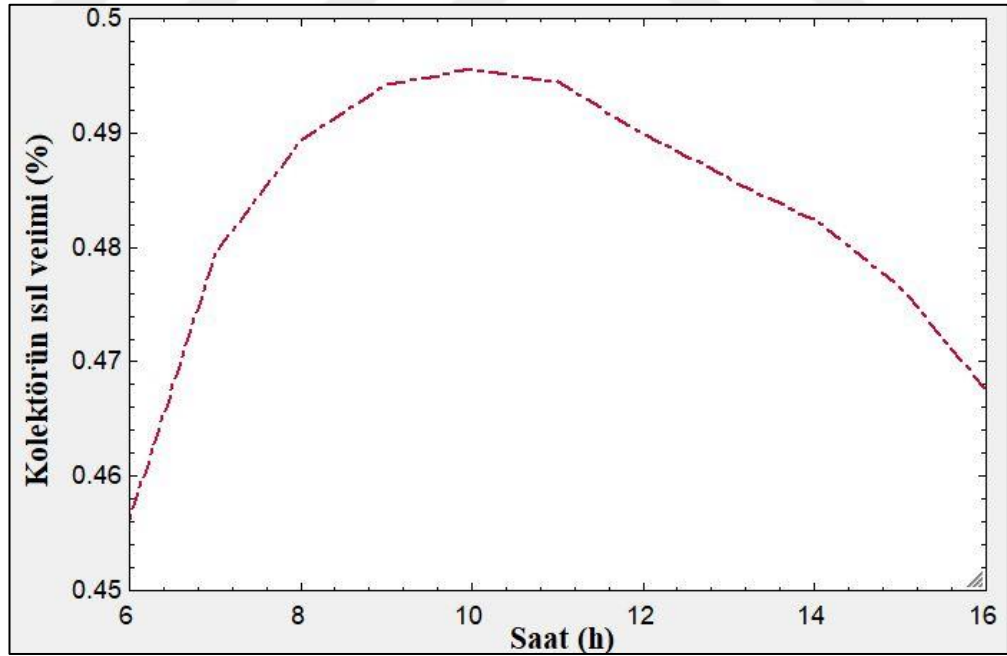
Bu kısımda kolektörün ve sistemin verimleri göstermektedir. Hem temmuz ayı için saatlik verimler hem de aylık verimler eklenmiştir.

Çizelge 4.6'da incelenen sisteminde saatlik kolektör verimi ve ekserji verimi, sistemin ısı verimi ve ekserji verimi eklenmiştir.

Çizelge 4.6. Verim ve ekserji sonuçları

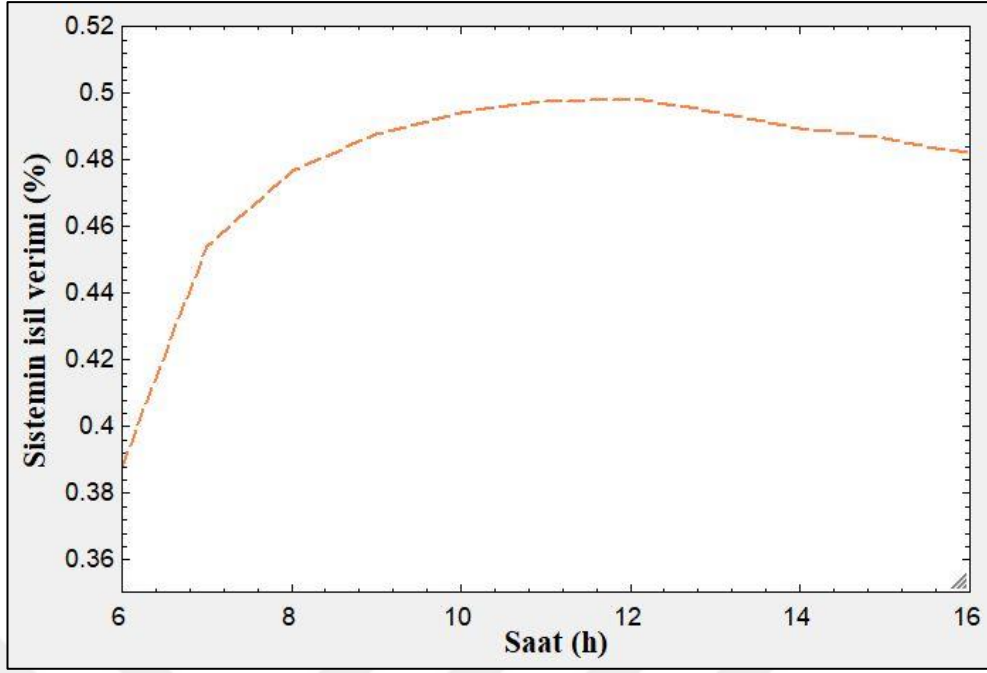
Saat (h)	η_{col} (%)	η_{sys} (%)	Ψ_{col} (%)	Ψ_{sys} (%)	Ψ_{hxu} (%)
6	0.4561	0.3877	0.07494	0.4165	0.2281
7	0.4795	0.4539	0.1236	0.4877	0.2434
8	0.4893	0.4765	0.1501	0.512	0.2509
9	0.4942	0.4875	0.1657	0.5238	0.2557
10	0.4956	0.4941	0.1715	0.5308	0.2586
11	0.4944	0.4974	0.1693	0.5344	0.2593
12	0.4899	0.4984	0.1582	0.5355	0.2585
13	0.486	0.4939	0.1482	0.5306	0.2559
14	0.4825	0.4895	0.14	0.5259	0.254
15	0.4764	0.4864	0.1283	0.5226	0.2522
16	0.4673	0.4819	0.1136	0.5178	0.2499

Saatlik kolektörün ısı verimi %45-49 arasındadır. En yüksek verimi saat 9, 10 ve 11’de ulaşmaktadır. Düşük verimler ise saat 6 ve 16’da ulaşmaktadır (Şekil 4.10).



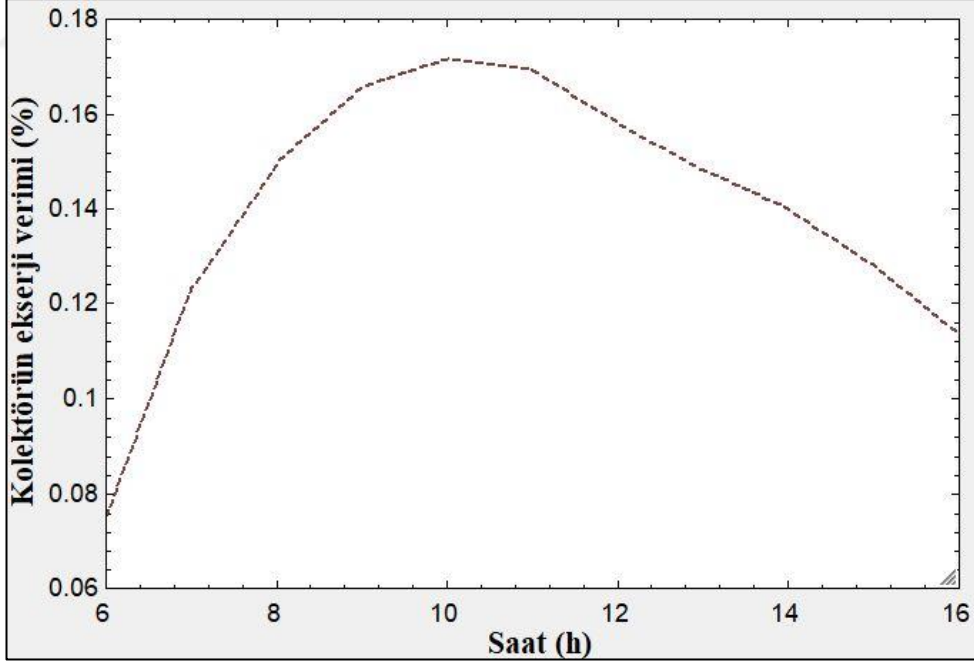
Şekil 4.10. Temmuz ayın saatlik kolektörün ısı verim değişimi

Sistemin ısı verimi %38-49 arasındadır. En düşük verimi saat 6’da ulaşmaktadır. En yüksek verimi ise saat 10, 11, 12 ve 13’te ulaşmaktadır (Şekil 4.11).



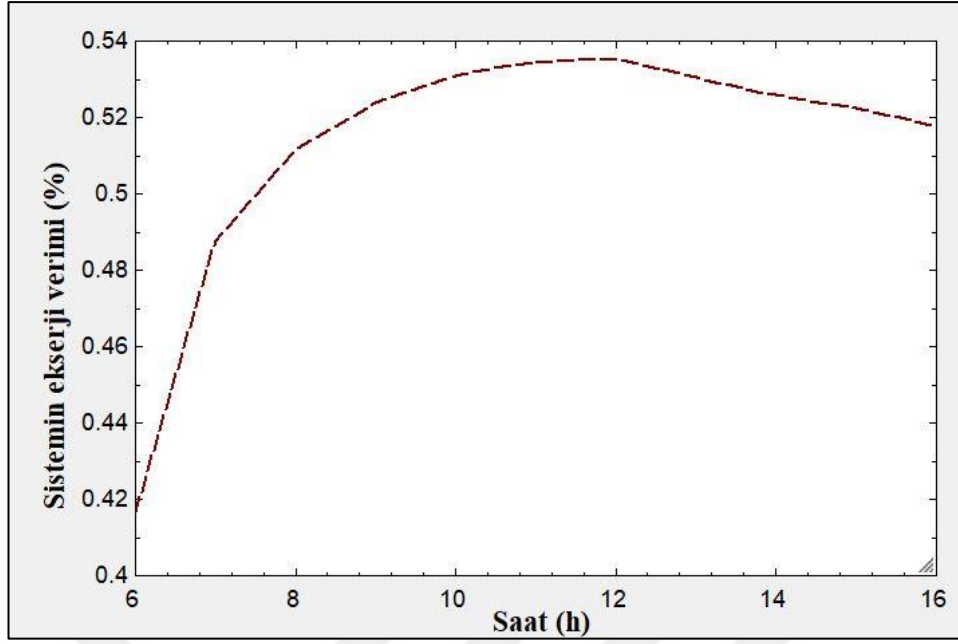
Şekil 4.11. Saatlik sistemin ısı verim değişimi

Saatlik kolektörün ekserji verimi %7-17 arasındadır. En düşük verimi saat 6’da ve en yüksek verimi saat 10’da ulaşılmaktadır (Şekil 4.12).



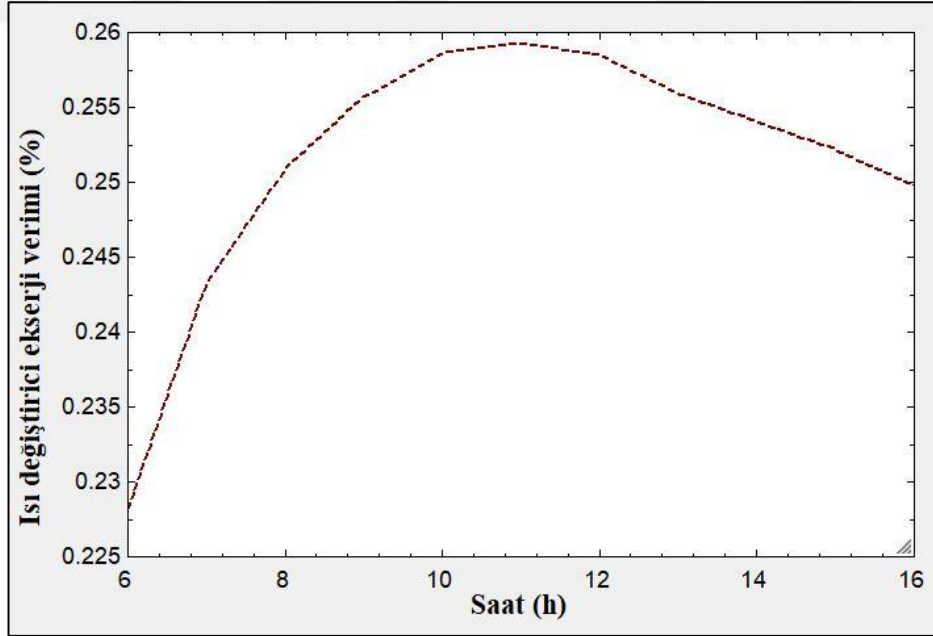
Şekil 4.12. Saatlik kolektörün ekserji verim değişimi

Sistemin ekserji verimi %41-%53 arasındadır. En düşük verimi saat 6’da ulaşılmaktadır. En yüksek verimi ise saat 10, 11, 12 ve 13’te ulaşılmaktadır (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Saatlik sistemin ekserji verim değişimi

Isı değiştiricinin ekserji verimi %22-25 arasındadır. En düşük verimi saat 6'da ulaşılmaktadır. En yüksek verimleri ise saat 10, 11 ve 12'de ulaşılmaktadır (Şekil 4.14).



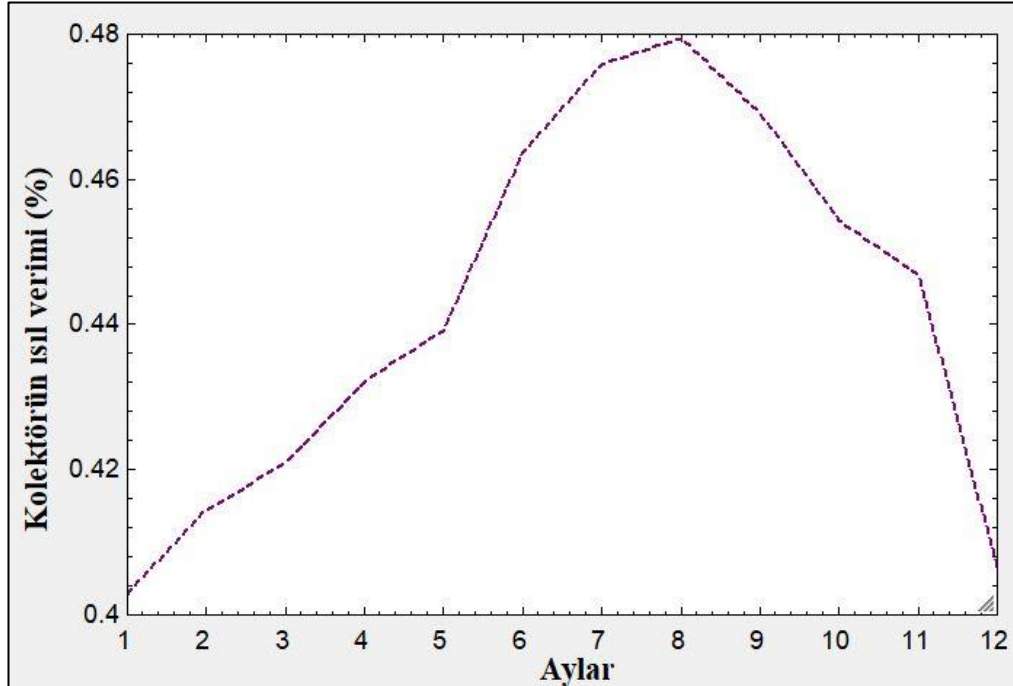
Şekil 4.14. Saatlik ısı değiştirici ekserji verim değişimi

Çizelge 4.7'de sistemin çözümlenmenin aylık sonuçları eklenmiştir. Kolektörün ısı verimi ve ekserji verimi, sistemin ısı verimi ve ekserji verimi ve ısı değiştiricinin ekserji verimi mevcuttur.

Çizelge 4.7. Isıl ve ekserji aylık verimleri

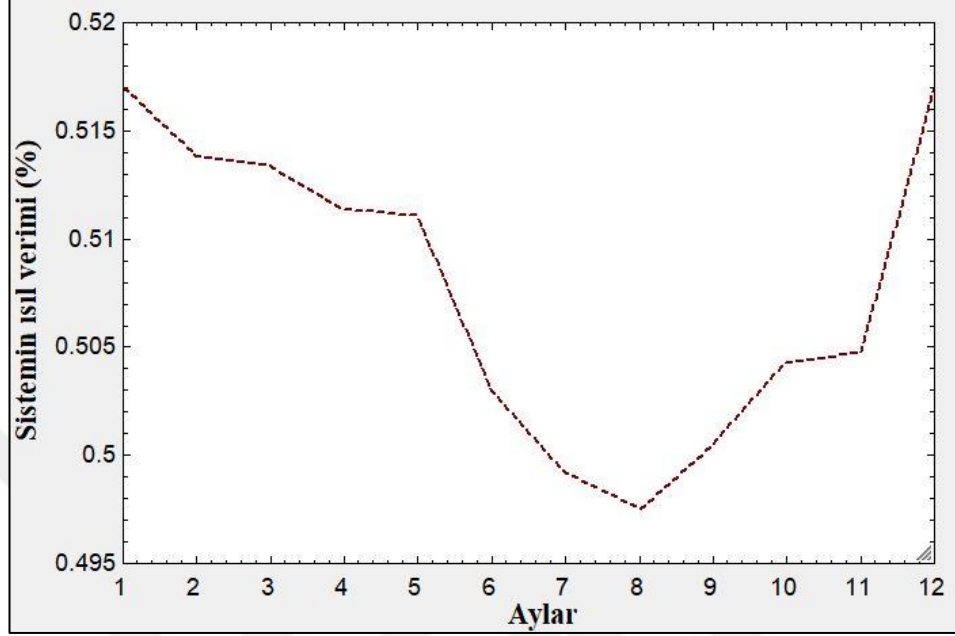
Ay	η_{col} (%)	η_{sys} (%)	Ψ_{col} (%)	Ψ_{sys} (%)	Ψ_{hx} (%)
1	0.4029	0.517	0.07324	0.5555	0.2527
2	0.4144	0.5138	0.07917	0.552	0.2528
3	0.421	0.5134	0.08234	0.5516	0.2535
4	0.4321	0.5114	0.08909	0.5494	0.2534
5	0.4392	0.511	0.09329	0.549	0.2539
6	0.4637	0.503	0.1158	0.5404	0.2548
7	0.4757	0.4992	0.1307	0.5363	0.2556
8	0.4794	0.4975	0.1365	0.5345	0.2559
9	0.469	0.5005	0.1226	0.5377	0.55
10	0.4543	0.5043	0.1069	0.5418	0.2546
11	0.447	0.5047	0.1008	0.5423	0.2547
12	0.4067	0.5169	0.07486	0.5554	0.2528

Kolektörünün ısıl verimi %40-47 arasındadır. En düşük verimi Ocak ve Aralık aylarında ulaşılmaktadır. En yüksek verimleri ise Temmuz ve Ağustos aylarındadır (Şekil 4.15).



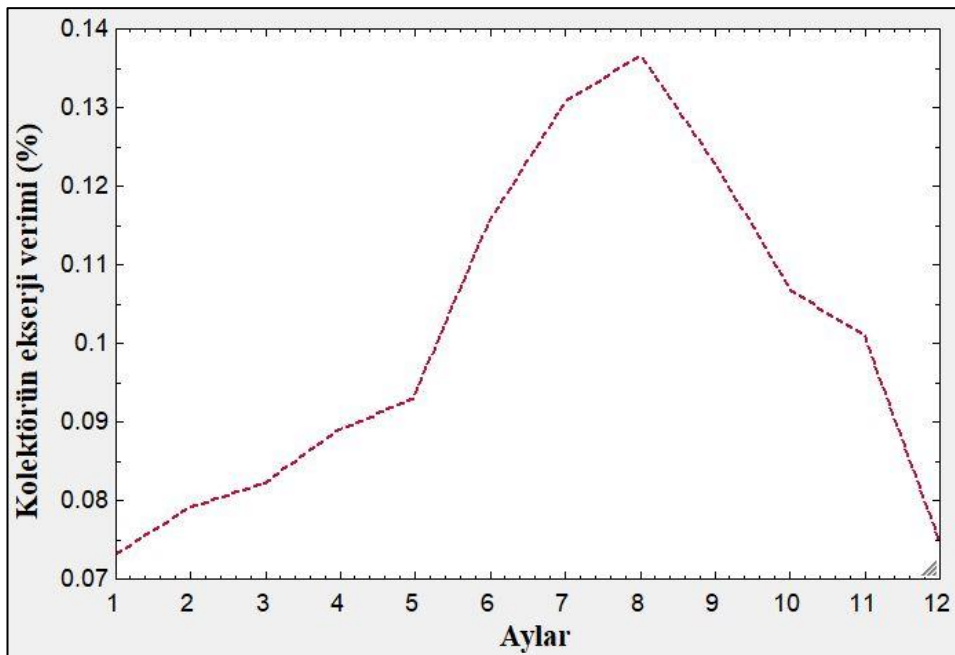
Şekil 4.15. Aylık kolektörün ısıl verim değişimi

Sistemin ısı verimi %49-51 arasındadır. En düşük verimi Temmuz ve Ağustos aylarında ulaşmaktadır. En yüksek verimleri ise Aralık, Ocak, Şubat ve Mart aylarındadır (Şekil 4.16).



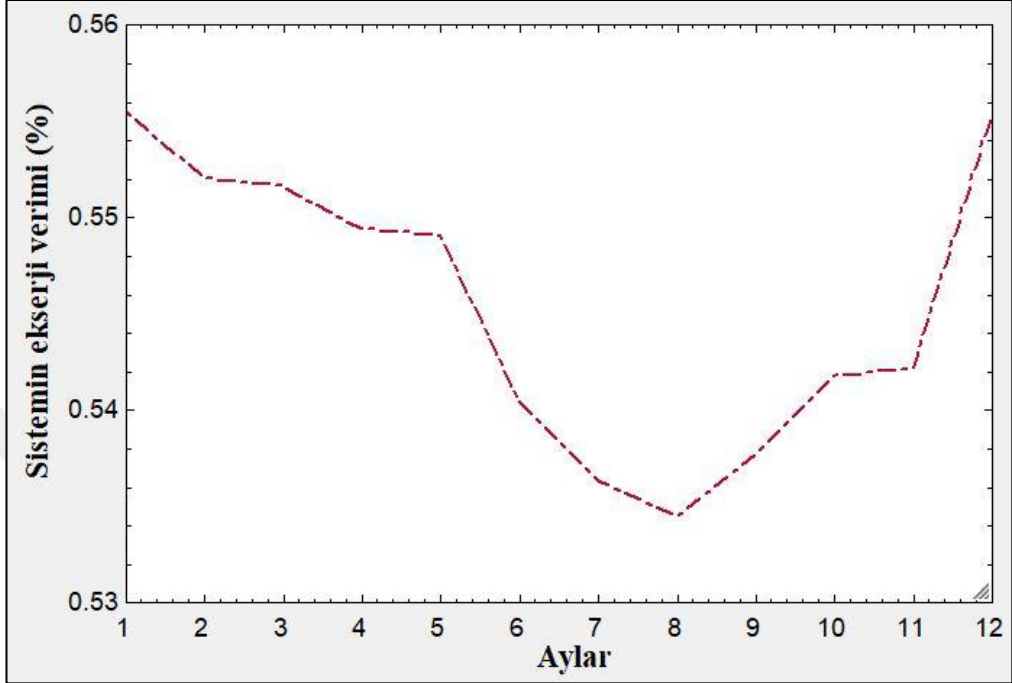
Şekil 4.16. Aylık sistemin ısı verim değişimi

Kolektörün ekserji verimi %7-13 arasında değişmektedir. En düşük verimi Ocak, Şubat ve Mart aylarında ulaşmaktadır. En yüksek verimleri ise Temmuz ve Ağustos aylarındadır (Şekil 4.17).



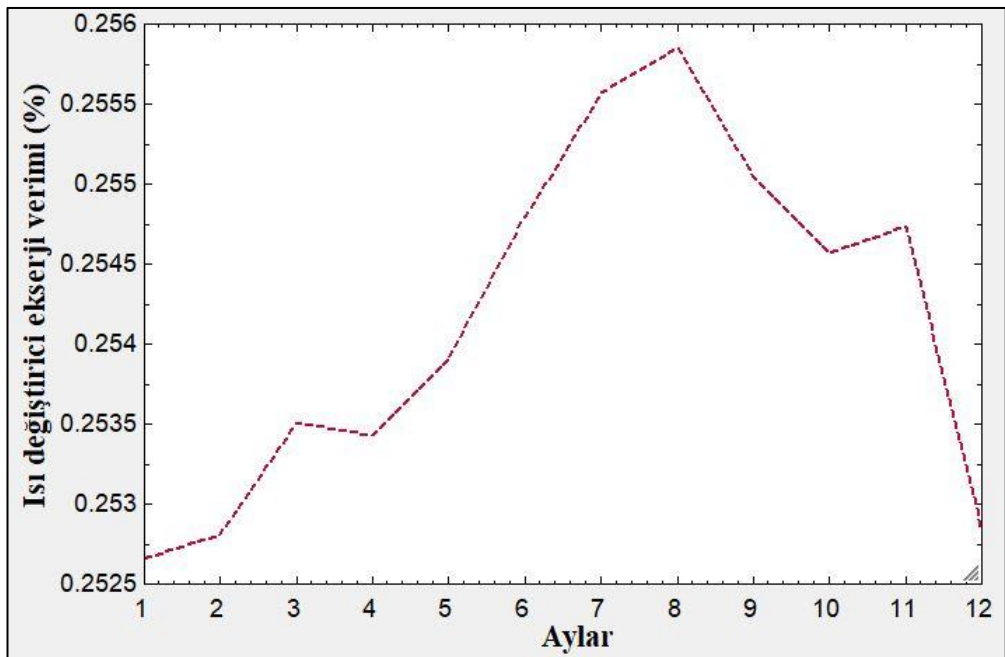
Şekil 4.17. Aylık kolektörün ekserji verim değişimi

Sistemin ekserji verimi %53-55 arasındadır. En düşük verimleri Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında ulaşılmaktadır. En yüksek verimleri ise Ocak ve Aralık aylarındadır (Şekil 4.18).



Şekil 4.18. Aylık sistemin ekserji verim değişimi

Isı değiştiricinin ekserji verimi %25-55 arasındadır. En yüksek verimi Eylül ayında ulaşmaktadır. Diğer aylarında ise verimi yaklaşık %25'tir (Şekil 4.19).



Şekil 4.19. Isı değiştirici ekserji veriminin değişimi

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Isparta ilin radyasyon değerleri bakıldığında, yüksek güneş enerji potansiyeli sahiptir. Bu potansiyeli kullanılarak enerji üretimi, mekân ve su ısıtma uygulamaları yapılabilecektir.

Bir yandan ülkelerin gelişmelerin ve şehirleşmenin sonucunda artan enerji talepleri karşılanabilmek için ve diğer yandan fosil yakıtlara dayanan enerji sistemleri vazgeçebilmek için yenilenebilir enerji sistemleri hızla gelişmektedir. Bu yüzden güneş enerji sistemleri de diğer yenilenebilir enerji sistemleri gibi güncel söz konusu olmuştur.

Bu çalışmada güneş su ısıtma sistemleri ile ilgilenmektedir. Genellikle bu tür sistemlerde daha çok düzlemsel kolektörleri kullanılmaktadır. Çalışmanın amaçlardan birisi konsantre güneş kolektörlerden biri olan Doğrusal Fresnel Kolektörü ile su ısıtma potansiyeli araştırmaktadır. Diğer bir amaç ise Isparta şartlarında bu tür sistemleri uygulanabilirliği tespit etmektir.

Çalışmada, bir Doğrusal Fresnel Kolektör destekli su ısıtma sistemi tasarlanmış ve çözümlenmiştir. İki simülasyon yapılmıştır. Saatlik olarak Temmuz ayı için gerçekleştirilmiştir ve aylık çözümlene de eklenmiştir. Çözümlene sonuçlara göre Temmuz ayında günlük sistemin verimi %38-49 arasında olduğunu bulunmuştur. Kolektörün ısıl verimi ise %45-49 arasında olduğunu tespit edilmiştir.

Çözümlene sonuçlara da bakıldığında, geliştiren sistem temmuz ayında saat 7'den 16'ya kadar 60°C sıcak su ihtiyacı karşılayabileceğini göstermektedir.

Aylık olarak ise sistemin ısıl verimi %49-51 arasındadır. %49 ile Temmuz ve Ağustos aylar, en düşük verim sahip aylardır. %51 ile ise Aralık ayı en yüksek verim sahip aydır. Aylık kolektör ısıl verimler %40-47 arasında olduğunu tespit edilmiştir. %40 ile ocak ve aralık ayları en düşük verim sahip aylardır. %47 ile Temmuz ve Ağustos aylar en yüksek verim sahip aylardır.

Sonuçlara bakıldığında, bu tür sistemi 4-5 ay (Haziran'dan Ekim'e kadar) 60°C sıcaklıktaki (Ekim'de 58°C) su sağlayabilir. Bunun sebebi, çözümüleme Temmuz ayı, bir yaz ayında, yapıldığı için. Isparta'da yaz aylarında güneş radyasyonu değerleri diğer aylardan daha yüksektir.

Diğer aylarda elde edilen sıcak suyu 45 (Aralık ve ocak) - 56 (Kasım) °C'lerdedir. Bu sorunu çözebilmek için, bu aylarda yardımcı ısıtıcı kullanmayı önerilir.

Bu sonuçlar doğrultusunda Isparta'da ve Isparta gibi benzer radyasyon değerler sahip olan illerde bu teknolojiyi uygulanabileceğini göstermektedir.

Çözümüleme da kullanılan ısı değıştirici gibi unsurlar, mühendislik alanda çok kullanılan malzemelerdir. Bu yüzden bu sistemi yerli mühendisler tarafında kolayca anlayacağını ve geliştirebileceğini mümkündür.

Çözümülemede çevre sıcaklığı bütün gün için ortalama olarak tek bir değer seçilmiştir. Bunun sonucu enerji kayıpları gün boyunca sabit kalmıştır. İleri çalışmalarda, bu değeri her bir saat için tespit ederek daha gerçeğe yakın ısı kayıpların değerleri ulaştırabilecektir.

Çalışma için bir apartmanın günlük sıcak su ihtiyacı karşılayabilmek üzere 16 aynalık ve 10.94 m²'lik kolektör alanı kullanılmaktadır. Bu boyutlarda, bu tür sistemler düzlemsel sistemler gibi binaların çatılarda yerleştirebileceğini göstermektedir.

Sonuç olarak konsantre güneş kolektörlerden biri olan Doğrusal Fresnel Kolektörü hem su ısıtma sistemleri kullanılabilceğini hem de Isparta'da uygulanabileceğini göstermektedir. Aynı zamanda bu tür sistemlerde yerli mühendislik yeteneklerle gerçekleştirebileceğini tespit etmektedir.

KAYNAKLAR

- Alibar, M. Y., & Aydın, D. (2021). Experimental analysis of a parabolic trough collector performance under mediterranean climate conditions. *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, 8(2), 873-886.
- Anonim (2012). Güneş Radyasyonu. <https://anabilgi.anadolu.edu.tr/?contentId=133352> (Son erişim tarihi: 10 Ocak 2024)
- Anonim (2023a). Burdur Merkez. <https://globalsolaratlas.info/detail?c=37.956109,30.813904,9&s=37.72728,30.629883&m=site> (Son erişim tarihi: 05 Aralık 2023)
- Anonim (2023b). Exergy. <https://www.studysmarter.co.uk/explanations/engineering/engineering-thermodynamics/exergy/> (Son erişim tarihi: 18 Mart 2024)
- Anonim (2024a). Güneş Neden Henüz Sönmedi? <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fpopsci.com.tr%2Fgunes-neden-henuz-sonmed> (Son erişim tarihi: 10 Ocak 2024)
- Anonim (2024b). Bir Sebekeye Bağlı Güneş Santrali. <https://www.enerjivetesiat.com/enerji/yenilenebilir-kaynaklar/10776-gunes-enerji-si-solar-energy-makale-semih-calapkulu> (Son erişim tarihi: 15 Ocak 2024)
- Anonim (2024c). Şebekeden Bağımsız Fotovoltaik Sistemler. <https://elektrikmen.com/sebekeden-bagimsiz-fotovoltaik-sistemler/> (Son erişim tarihi: 15 Ocak 2024)
- Anonim (2024ç). Hibrit Enerji Santrali. <https://kontekenerji.com.tr/hibritenerjisantrolleri/> (Son erişim tarihi: 15 Ocak 2024)
- Anonim (2024d). Düzlemsel Kolektör. <https://www.sonetrol.com.tr/sunmategune%C5%9Fkollekt%C3%B6r%C3%BC> (Son erişim tarihi: 15 Ocak 2024)
- Anonim (2024e). Evacuated Tube Collector – ETC. <https://www.indiamart.com/sachinenergysystem/solar-water-heater.html> (Son erişim tarihi: 15 Ocak 2024)
- Anonim (2024f). Fotovoltaik Etki. <https://elektrikportal.com/fotovoltaik-etki/> (Son erişim tarihi: 14 Ocak 2024)
- Babalıoğlu, M., Büyükpatpat, H., & Genç, A. (2023). Prototype design of solar collector hybrid heating system and testing of triethylene glycol nanofluid. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 12(1), 68-75. <https://doi.org/10.46810/tdfd.1184478>

- Barbon, A., Barbon, N., Bayon, L., & Sanchez-Rodríguez, J. A. (2018) Parametric study of the small scale linear Fresnel reflector. *Renewable Energy*, 116(A), 64-74. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.09.066>
- Central Intelligence Agency (2019). *The CIA World Factbook 2019-2020*. Simon and Schuster.
- Dostuok, I., Selbas, R., & Sahin, A. (2014). Experimental investigation of linear Fresnel collector system. *Journal of Thermal Science and Technology*, 34(1), 77-83.
- Dostuok, İ. (2012). *Fresnel Aynalı Güneş Odaklayıcı ve Toplayıcılarının Isparta İli Şartlarında Uygulanabilirliğinin Araştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Engin, E. (2011). *Tekstil İşletmelerinin Enerji Temininde Doğrusal Fresnel Güneş Güç Sistemlerinin Kullanılması*. (Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Evangelos, B., Emmanouil, M., Christos, T., Vassilis, B., & Kimon, A. A. (2016). Experimental and numerical investigation of a linear Fresnel solar collector with flat plate receiver. *Energy Conversion and Management*, 130, 44-59. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.10.041>
- GEPA (2024). Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası. <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/> (Son erişim tarihi: 10 Ocak 2024)
- IEA (2020). Dünya Enerji Konseyi. <https://www.iea.org/reports/renewables-2020> (Son erişim tarihi: 12 Ocak 2024)
- IEA (2022). Dünya Enerji Konseyi. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/18a6041d-bf13-4667-a4c2-8fc008974008/RenewableEnergyMarketUpdate-Outlookfor2021and2022.pdf> (Son erişim tarihi: 12 Ocak 2024)
- Janardhana, K., Sivakumar, A., Gladson, G. J. N., Ramesh, C., Musthafa, A. S., & Gopinathan, R. (2022). Study on the performance of a flat plate solar water heater using a hybrid nanofluid. *Materials Today: Proceedings*, 69, 1145-1149. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.08.181>
- Kalogirou, S. A. (2014). *Solar Energy Engineering. Processes and Systems*. Academic Press.
- Karabuga, A., Yakut, M. Z., & Utlu, Z. (2018). 4E Analyses And Sustainability Index Of Linear Fresnel Reflector. *16th International Conference on Clean Energy (ICCE-2018)*. 9-11 May, Famagusta, N. Cyprus, 1-7.
- Ko, M. J. (2015). Analysis and optimization design of a solar water heating system based on life cycle cost using a genetic algorithm. *Energies*, 8(10), 11380-11403. <https://doi.org/10.3390/en81011380>

- Kumar, M., Negi, B. S., Grewal, R., & Manchanda, H. (2023). Assessment of an ETC based solar water heater at different tilt angles. In *Materials Today: Proceedings*. (pp. 77-83) <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.02.263>
- Külcü, R. (2020). Isparta koşullarında düzlemsel su ısıtılmalı güneş kolektörlerinde farklı tasarım ve malzeme kullanımının enerji ve verim üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (20), 949-956.
- Maghanga, C. M., & Mwamburi, M. M. (2012). Contribution of spectrally selective reflector surface to heat reduction in silicon concentrator solar cells. In *Solar Power*. (pp. 223-238)
- Merrouni, A. A., Amrani, A. I., Ouali, H. L., Moussaoui, M. A., & Mezrhab, A. (2017). Numerical simulation of Linear Fresnel solar power plants performance under Moroccan climate. *Journal of Materials and Environmental Science*, 8(12), 4226-4233. <https://doi.org/10.26872/jmes.2017.8.12.444>
- Özbaş, E. (2022). Güneş enerjili su ısıtma sistemleri için termosifon tip ısı borusunda çalışma akışkanı olarak bitkisel atık yağ kullanımının deneysel incelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (45), 131-134. <https://doi.org/10.31590/ejosat.1223450>
- Rahimi-Ahar, Z., Khiadani, M., Rahimi Ahar, L., & Shafieian, A. (2023). Performance evaluation of single stand and hybrid solar water heaters: a comprehensive review. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 25(7), 2157-2184.
- Saravanan, M., Selvan, S. A., Radhakrishnan, N., Rao, S. S., Sharma, V., Madhavarao, S., & Chandran, S. S. (2023). Improving the thermal efficiency of a solar water heater by using PCM. In *Materials Today: Proceedings*. (pp. 177-185) <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.07.233>
- Sen, Z. (2008). *Solar Energy Fundamentals and Modeling Techniques: Atmosphere, Environment, Climate Change and Renewable Energy*. Springer Science & Business Media.
- Soriga, I., & Neaga, C. (2012). Thermal analysis of a linear Fresnel lens solar collector with black body cavity receiver. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 74(4), 106-116.
- Thangavelu, S. K., Khoo, R. J., & Piraiarasi, C. (2021). Exergy and exergoeconomic analysis of domestic scale solar water heater by the effect of solar collector area. *Materials Today: Proceedings*, 47, 5004-5010. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.04.584>
- Xie, W. T., Dai, Y. J., & Wang, R. Z. (2013). Thermal performance analysis of a line-focus Fresnel lens solar collector using different cavity receivers. *Solar Energy*, 91, 242-255. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2013.01.029>

- Xie, W. T., Dai, Y. J., Wang, R. Z., & Sumathy, K. (2011). Concentrated solar energy applications using Fresnel lenses: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(6), 2588-2606. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.03.031>
- Yıldırım, E. (2023). Performance analysis of linear fresnel collector. *Journal of the Faculty of Engineering and Agriculture of Gazi University*, 2, 1231-1246. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.1048446>
- Yıldırım, E., & Aktacir, M. A. (2021). Doğrusal fresnel yansıtıcı tasarımı ve optik analizi şanlıurfa örneği. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 6, 11-21. <https://doi.org/10.46578/humder.837122>
- 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>

ÖZGEÇMİŞ

