

T.C.
KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KAPALI ALANLAR İÇİN GÜNEŞ FIRINI TASARIMI VE GELİŞTİRİLMESİ



YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ceren Buse BİLGİ

HAZİRAN - 2022

T.C.
KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KAPALI ALANLAR İÇİN GÜNEŞ FIRINI TASARIMI VE GELİŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ceren Buse BİLGİ

Tez Danışmanı: Dr. Öğretim Üyesi Hayrettin TOYLAN

Haziran - 2022

ÖZET

KAPALI ALANLAR İÇİN GÜNEŞ FIRINI TASARIMI VE GELİŞTİRİLMESİ

Ceren Buse BİLGİ

Yüksek Lisans Tezi

Kırklareli Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Hayrettin TOYLAN

Haziran 2022, 47 sayfa

Güneş enerjisi, hem yenilenebilir hem de zararlı gaz salınımı olmayan temiz bir enerji kaynağıdır. Güneş enerjisi; güneş ocağı yapımında, güneş paneli ile elektrik üretiminde, sıcak su elde etme gibi alanlarda kullanılmaktadır. Güneş enerjisinin bir uygulama alanı olan güneş ocakları ise ülkemizde son zamanlarda önem kazanan çalışmalar arasındadır.

Bu çalışmada, parabolik yansıtıcıların odak noktasına yerleştirilmiş vakum tüpüne dayalı bir güneş fırını tasarlanmış ve geliştirilmiştir. Güneş fırınının değişken hava koşullarından minimum düzeyde etkilenmesi için yağ tankı içindeki bölmede faz değiştirici malzeme (Parafin) kullanılmaktadır. Bununla birlikte elde edilen ısı enerjisi kapalı ortamlarda kullanılabilmesi için pompa ve ısı transfer sıvı (Petroviscol) yardımı ile pişirme ünitesine taşınmıştır. Deneysel sonuçlar, önerilen güneş fırını tasarımının en yüksek verim oranının %22,2 olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, geliştirilecek sistem ile evlerde, işyerlerinde ve kamu kurumları gibi yemeklerin pişirildiği çalışma alanlarında kullanılmasıyla enerji tasarrufu sağlanması hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Güneş Fırını, Enerji depolanması, Faz değiştiren madde, Parabolik kolektör, Vakum tüpü

ABSTRACT

DESIGN AND DEVELOPMENT OF A SOLAR OVEN FOR INDOOR AREAS

Ceren Buse BİLGİ

MSc Thesis

Kirklareli University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Supervisor: Yrd. Doç. Hayrettin TOYLAN

June 2022, 47 pages

Solar energy is a clean energy source that is both renewable and free of harmful gas emissions. Solar energy; It is used in building solar ovens, generating electricity with solar panels, and in areas such as hot water production. Solar stoves, which are an area of application of solar energy, are among the studies that have recently gained importance in our country.

In this study, a solar stove was designed and developed based on a vacuum tube placed at the focus of parabolic mirrors. In order for the solar stove to be affected as little as possible by the variable weather conditions, a phase change material (Paraffin) is used in the chamber in the oil tank. In addition, the thermal energy obtained was transferred to the cooking unit using a pump and a heat transfer fluid (Petroviscol) so that it can be used in closed environments. The experimental results show that the highest efficiency of the proposed solar oven design is 22,2%. Thus, the system to be developed is intended to save energy by being used in homes, workplaces, and work areas where food is cooked, such as public facilities.

Anahtar Kelimeler: Solar Oven, Energy storage, Phase change material, Parabolic collector, Vacuum tube

TEŞEKKÜR

Tezimi hazırlarken her zaman yanımda olan baŐta aileme, her sorunumda bana yardımcı olan ve destek olan hocalarıma ve danışman hocam Hayrettin TOYLAN'a teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

ÖZET	İV
ABSTRACT	V
TEŞEKKÜR	VI
İÇİNDEKİLER	VII
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	İX
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	X
SİMGELER VE KISALTMALAR	Xİ
1. GİRİŞ	1
1.1. TÜRKİYE’NİN GÜNEŞ VERİLERİ.....	1
1.2. İSTANBUL GÜNEŞ VERİLERİ.....	2
2. GÜNEŞ OCAKLARI	7
2.2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	7
3.1. PARABOLİK TİP GÜNEŞ OCAĞI.....	15
3.2. KUTU TİPİ GÜNEŞ OCAĞI.....	16
3.3. SALYANGOZ TİP GÜNEŞ OCAĞI.....	16
3.4. SANDIK TİPİ GÜNEŞ OCAĞI.....	17
3.5. GOSUN GÜNEŞ OCAĞI.....	17
3.6. VAKUM TÜPLÜ GÜNEŞ OCAKLARI.....	18
4. SİSTEM TASARIMI	21
4.1. SİSTEM TASARIM BİLEŞENLERİ.....	23
4.1.1. VAKUM TÜPÜ.....	23
4.1.2. YANSITICI YÜZEY.....	25
4.1.3. POMPA.....	25
4.1.4. FIRIN TASARIMI VE REZİSTANS.....	25
4.1.5. FAZ DEĞİŞTİREN MADDE (FDM).....	26
4.1.6. ISI TRANSFER SIVISI (ITS).....	27
4.2. PARABOLİK GÜNEŞ KOLLEKTÖRÜ SİSTEM ISI ANALİZİ.....	27
4.2.1. VAKUM TÜPÜ ENERJİ DENKLEMİ.....	28
4.3. EKSERJİ VE ENERJİ DENKLEMLERİ.....	28

4.3.1. KÜTLE VE ENERJİ KORUNUMU KANUNU.....	28
4.3.2. ENTROPİ DENKLEMLERİ.....	29
4.3.3. EKSERJİ DENKLEMLERİ.....	30
4.3.4. İKİNCİ YASA VERİMİ.....	31
5. TERMODİNAMİK ANALİZİ.....	33
6. DENEY VE ÖLÇÜMLER.....	35
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	39
KAYNAKLAR.....	41
ÖZGEÇMİŞ.....	47



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge 1.1. İstanbul ilinin enlem derecesine göre bulanıklık faktörü.....	4
Çizelge 1.2. İstanbul ilinin enlem derecesine göre hesaplanan difüz radyasyon faktörü.....	4
Çizelge 1.3. İstanbul 41° için hesaplanan aylık ortalama DİR değerleri.....	5
Çizelge 1.4. İstanbul ili için aylık direkt radyasyon açısı faktörleri	5
Çizelge 1.5. İstanbul ili için DİR ve YYRA ile hesaplanan oran.....	6
Çizelge 1.6. Yatay düzleme gelen direkt radyasyon ışıyım miktarı.....	6
Çizelge 3.1.1. Vakum tüpün özellikleri.....	24
Çizelge 3.1.5.Parafinin fiziksel özellikleri.....	26
Çizelge 3.1.6. Isı transfer sıvısının özellikleri.....	27
Çizelge 4.1. Termodinamik denklemler.....	33
Çizelge 4.2. Sistem elemanlarının entropi ve ekserji denklemleri.....	34
Çizelge 4.3. Sistem elemanlarının ikinci yasa verimi.....	34

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil 1. 1. Türkiye'nin güneş radyasyonu	1
Şekil 1. 2. İstanbul İli güneş radyasyonu haritası	2
Şekil 1. 3. Aylık ortalama radyasyon değerleri.....	2
Şekil 1. 4. İstanbul Küçükçekmece ilçesi aylık güneşlenme süreleri	3
Şekil 1. 5. İstanbul ili için ortalama aylık çevre sıcaklığı.....	3
Şekil 1. 6. İstanbul'un yıllık ortalama rüzgar hızları.....	4
Şekil 1. 7. İstanbul ili için hesaplanan için aylık ortalama eğik düzleme gelen direkt ışınım şiddeti.....	6
Şekil 2. 1. Literatürde tasarlanan sistemler ve bu sistemlerde kullanılan malzemeler.....	13
Şekil 3. 1. Parabolik Yansıtıcı Güneş Ocağı.....	15
Şekil 3. 2. Kutu Tipi Güneş Ocağı.....	16
Şekil 3. 3. GoSun Güneş Ocağı.....	17
Şekil 3. 4. Vakum Tüplü Parabolik Kollektör.....	18
Şekil 3. 5. Güneş Ocaklarının sınıflandırılması.....	19
Şekil 4. 1. 3 Boyutlu Sisem Modellemesi.....	22
Şekil 4. 2. Tasarlanan Deney Düzenegi.....	23
Şekil 4.1. 1. Vakum Tüpü.....	24
Şekil 4.1. 2. Güneş ışınlarının reflektörden yansıyarak tüpe odaklanması.....	25
Şekil 4.1.4. 1. Fırın tasarımı.....	26
Şekil 6. 1. Deney günü radyasyon değerinin zamana bağlı değişimi.....	35
Şekil 6.2. Yararlı enerji değerinin zamana bağlı değişimi.....	36
Şekil 6.3. Fırın sıcaklığının zamana bağlı değişimi.....	36
Şekil 6.4. Deney günü rüzgar hızı değerleri.....	37
Şekil 6.5. Deney günü ortam sıcaklığı sıcaklığı değerleri.....	37
Şekil 6.6. Depo sıcaklığının zamana bağlı değerleri.....	38

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
<i>Aacıklık</i>	Açıklık yüzey alanı (m ²)
<i>Abr</i>	Borunun yüzey alanı (m ²)
<i>Acam</i>	Cam yüzeyinin alanı (m ²)
<i>CP</i>	Özgül ısı (kJ/kgK)
<i>D0</i>	Borunun dış çapı (m)
<i>Di</i>	Borunun iç çapı (m)
<i>Dr</i>	Camın çapı (m)
<i>Eç</i>	Birim zamanda çıkan enerji (kW)
<i>Eg</i>	Birim zamanda giren enerji (kW)
<i>Ex</i>	Ekserji (kJ/kgK)
<i>Ėx_{çıkkan}</i>	Birim zamanda çıkan ekserji (kJ/kgK)
<i>Ėx_{giren}</i>	Birim zamanda giren ekserji (kJ/kgK)
<i>Ėx_{ısı}</i>	Birim zamanda ısı ile gerçekleşen ekserji (kJ/kgK)
<i>Ėx_{iş}</i>	Birim zamanda iş ile gerçekleşen ekserji (kJ/kgK)
<i>Ėx_{kütle}</i>	Birim zamanda kütle ile gerçekleşen ekserji (kJ/kgK)
<i>h</i>	Özgül entalpi (kJ/kg)
<i>h_{its}</i>	ITS'nin ısı transfer katsayısı
<i>h_{itsç}</i>	ITS çıkış ısı transfer katsayısı
<i>h_{itsg}</i>	ITS giriş ısı transfer katsayısı
<i>I</i>	Işınım şiddeti (W/m ²)
<i>L</i>	Kollektör boyu (m)
<i>L_ı</i>	Gizli Füzyon Isısı (kJ/kg)
<i>ṁ</i>	Kütleli debi (kg/s)
<i>ṁ_{çıkkan}</i>	Birim zamanda çıkan kütle miktarı (kg/s)

\dot{m}_{giren}	Birim zamanda giren kütle miktarı (kg/s)
m_{FDM}	FDM'nin Kütlesi (kg)
$m_{tsç}$	ITS çıkış kütlesi (kg)
m_{tsg}	ITS giriş kütlesi (kg)
s	Entropi (kJ/kgK)
$S_{ç}$	Birim zamanda çıkan entropi (kJ/kgK)
S_g	Birim zamanda giren entropi (kJ/kgK)
$\dot{S}_{ü,sis}$	Birim zamanda üretilen entropi (kJ/kgK)
$T_{ç}$	Çevre sıcaklığı (°C)
T_{erime}	FDM'nin Erime sıcaklığı (°C)
T_i	FDM'nin İlk sıcaklık değeri (°C)
T_s	FDM'nin Son sıcaklık değeri (°C)
V	Rüzgar hızı (m/s)
w	Kollektör genişliği (m)
\dot{w}	Birim zamanda yapılan iş (kW)
ε	Özgül ekserji (kJ/kgK)
°C	Santigrat derece
\dot{Q}	Birim zamanda geçen ısı (kW)
Q_{FDM}	FDM için yararlı enerji (W)
$Q_{kayıp}$	Vakum tüpünün çevreye olan enerji kaybı (W)
Q_{ten}	Vakum tüpüne giren toplam enerji (W)
$Q_{tüp}$	Vakum tüpü tarafından emilen toplam enerji (W)
Q_U	Kullanılabilen yararlı enerji (W)
η_2	İkinci yasa verimi
$\Delta \dot{E}x_{sis}$	Birim zamanda sistemdeki ekserji değişimi (kJ/kgK)
ΔE_{KH}	Birim zamanda kontrol hacmindeki enerji değişimi (kW)
$\Delta \dot{m}_{KH}$	Birim zamanda kontrol hacmindeki kütle değişimi (kg/s)

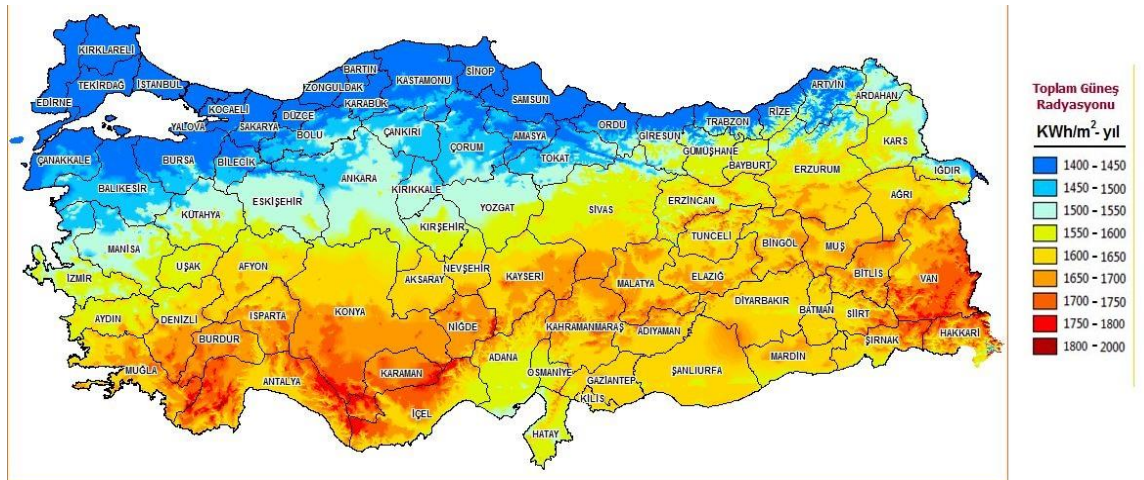
Kısaltmalar**Açıklamalar**

BUF	Bulanıklık faktörü
DİF	Diraf radyasyon miktarı (kcal/m ²)
DİR	Direkt radyasyon miktarı (kcal/m ²)
DİRAF	Direkt radyasyon açısı faktörü
DK	Dakika
DMİ	Devlet Meteoroloji İşleri
EİE	Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü
FDM	Faz Değiştiren Madde
GEPA	Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası
HTF	Heat Transfer Fluid
ITS	Isı Transfer Sıvısı
LPG	Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
MW	Megawatt
REPA	Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası
TEP	Ton Eşdeğer Petrol
YYRA	Yeryüzü radyasyonu (kcal/m ²)

1. GİRİŞ

1.1. Türkiye'nin Güneş Verileri

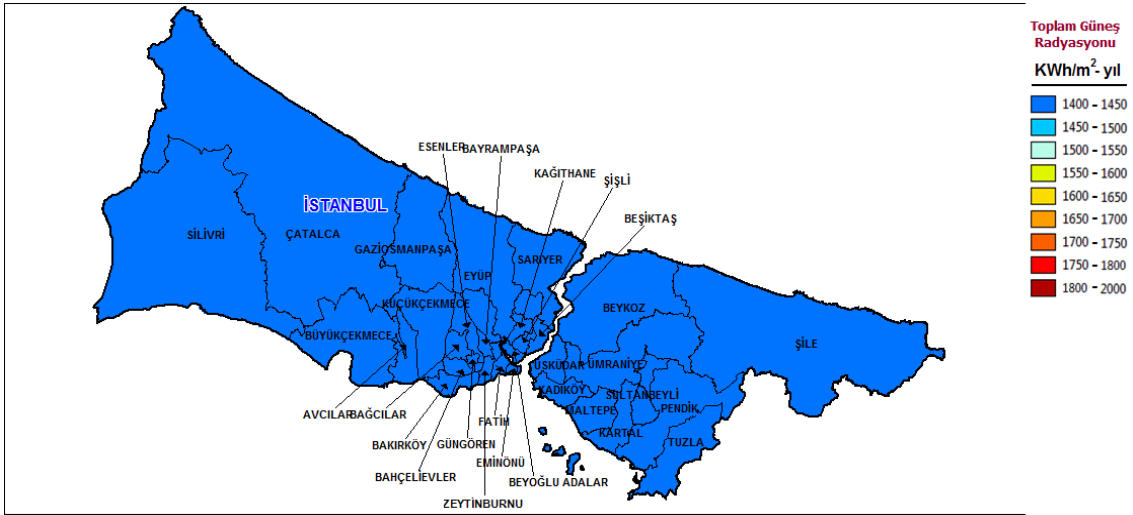
Ülkemiz, coğrafi konumu nedeni ile yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre, ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2741,07 saat olup ortalama yıllık toplam ışınlam değeri 1527,46 kWh/m² olarak hesaplanmıştır [3]. Şekil 1.1'de Türkiye'nin aylık ortalama güneş radyasyonu haritası verilmiştir. Türkiye'nin Güneydoğu ve Akdeniz Bölgelerinin büyük bir kısmında kullanılan güneş enerjili su ısıtıcılarının bütün bir yıl boyunca tam kapasite olarak verim alınabileceği, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün (DMİ) ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE) tarafından 1992 yılından bu yana yürütülen araştırmalar sonucunda ortaya konulmuştur. Güneş enerjili su ısıtıcılarının Türkiye'nin hemen her bölgesinde yılın %70'ini kapsayacak bir süre boyunca tam verimli çalışabilecekleri sonucuna varılmıştır. Bu durumdan yola çıkılarak diğer güneş enerjili uygulamalarının verimlerinin de yüksek olduğu anlaşılmıştır. Türkiye'de 2012 yılı itibari ile kurulu olan güneş kolektör alanı yaklaşık 18,640,000 m²'dir. 2012 yılında güneş kolektörlerinden elde edilen ısı enerjisi yaklaşık olarak 768,000 Ton Eşdeğer Petrol (TEP)'dir. Bu enerjinin konutlar için kullanım miktarı 500,000 TEP, endüstriyel alanda kullanım miktarı 268,000 TEP olarak hesaplanmıştır. [2]



Şekil 1. 1 : Türkiye'nin güneş radyasyonu (GEPA, 2020)

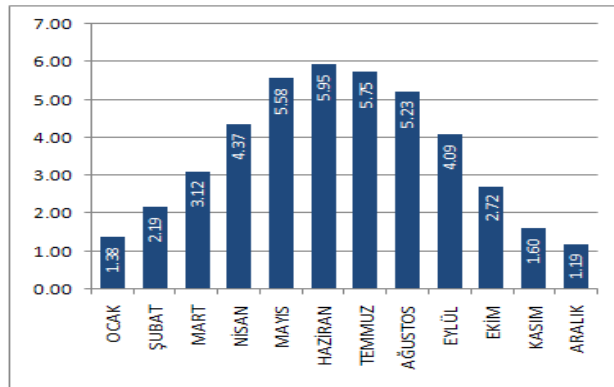
1.2. İstanbul Güneş Verileri

İstanbul ili için GEPA'nın 1985 ve 2006 yılları arasında ölçümler yaparak hazırladığı yıllık ortalama güneş radyasyonu haritası Şekil 1.2'de verilmiştir. İstanbul güneş radyasyonu alma oranında Güney illerimiz kadar yoğun değildir, ama bu durum yoğunlaştırıcı veya güneş takip sistemleri gibi yenilikçi projeler geliştirilip kullanıldığında olumsuz bir durum olmaktan çıkmaktadır. Çalışmalar İstanbul ili için güneş radyasyon ve ortam sıcaklık verileri incelenerek hazırlanmıştır.



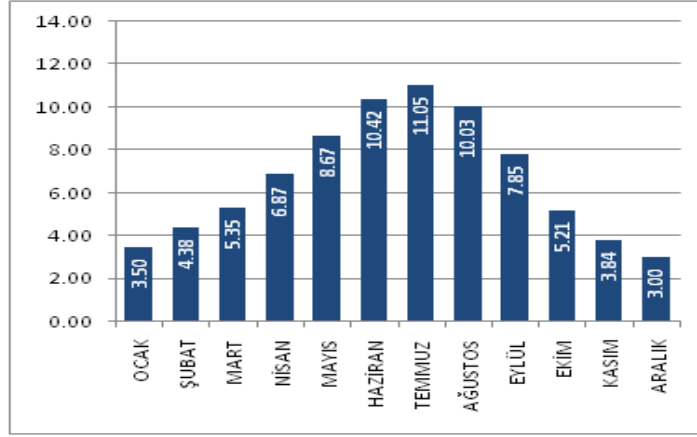
Şekil 1. 2 : İstanbul İli güneş radyasyonu haritası (GEPA, 2021)

GEPA'dan alınan verilere göre İstanbul Küçükçekmece ilçesinin aylık radyasyon değerleri ortalamaları Şekil 1.3'te verilmiştir.



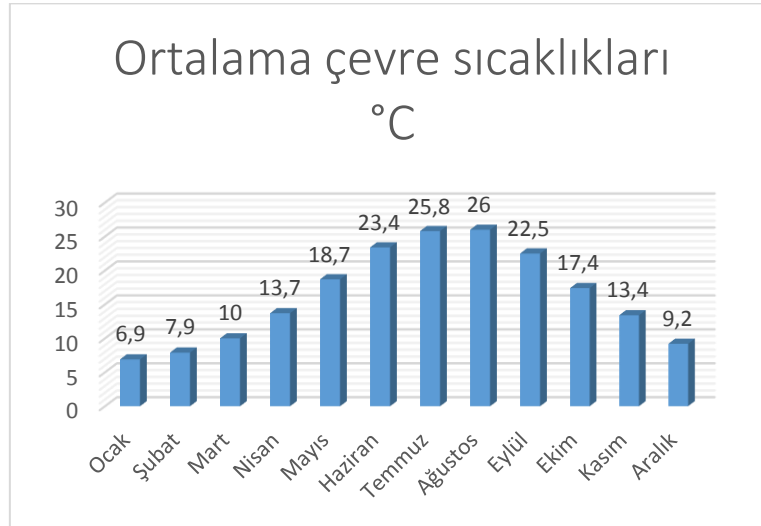
Şekil 1. 3 : Aylık ortalama radyasyon değerleri (KWh/m²-gün) (GEPA,2021)

İstanbul Küçükçekmece ilçesi aylık ortalama güneşlenme süreleri Şekil 1.4'te verilmiştir.



Şekil 1.4 : İstanbul Küçükçekmece ilçesi aylık güneşlenme süreleri (saat)
(GEPA, 2021)

MGM'den ulaşılan ortalama aylık çevre sıcaklığı verileri 1991-2020 yılları arasında yapılan ölçümlerin ortalamaları alınarak elde edilmiştir. Güneşlenme ve sıcaklık verileri haricinde rüzgar hızı da sistemde güneş enerji sistemlerinde etkilidir.



Şekil 1.3 : İstanbul ili için ortalama aylık çevre sıcaklığı °C (MGM, 2021)

Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlasına (REPA) göre İstanbul ilinin yıllık ortalama rüzgar hızları Şekil 1.6’da verilmiştir.

Minimum rüzgar hızı (m/s)	3,65
Maksimum rüzgar hızı (m/s)	7,79
Ortalama rüzgar hızı (m/s)	5,79
Varyans	0,42
Standart Sapma	0,65

Şekil 1. 6 : İstanbul’un yıllık ortalama rüzgar hızları (REPA, 2021)

Güneş radyasyonu, yatay düzlemlere göre eğik yüzeylerde etkisini daha çok göstermektedir. Yatayla belirli açıda yapılmış olan güneş kollektörleri direk güneş radyasyonundan (DİR) en yüksek verimde yararlanabilmesi için güneş kollektörünün yatay düzlem ile yaptığı açı hesaplanması önemlidir. Açı kollektörün bulunduğu enlem derecesinden 15° fazla alınır ise kış uygulamasında, 15° eksik alınır ise yaz uygulamasında maksimum verimde güneş radyasyonundan yararlanır. Yıl boyunca kollektör kullanılıp yatay ile yaptığı açı değiştirilmeyecek ise açı o bölgenin enlem derecesine eşit alınır. [4]

Çizelge 1.1 : İstanbul ilinin enlem derecesine göre bulanıklık faktörü [4]

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
BUF	0,319	0,379	0,412	0,485	0,528	0,547	0,54	0,536	0,508	0,463	0,395	0,54

Parabolik odaklamalı kollektörlerde toplam güneş radyasyonu doğrudan kullanılabilir değildir. Bu yüzden eğik yüzey üzerine gelen ışınım şiddetini hesaplamamız gerekmektedir.

Çizelge 1.2 : İstanbul ilinin enlem derecesine göre hesaplanan difüz radyasyon faktörü

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
DİF	714,41	1046,95	1440,79	1845,15	2081,62	2160,08	2113,92	1900,59	1576,54	1187,9	839,83	683,58

Eğik yüzey üzerine gelen güneş radyasyonunu hesaplayabilmek için bölgenin enlem derecesi, kollektör eğim açısı, atmosfer öncesi radyasyon oranı, bulanıklık faktörü (BUF), yeryüzü radyasyon değerleri (YYRA), direkt radyasyon açı faktörü (DİR) ve difüz radyasyon açı faktörü (DİF) değerlerinin hesaplanması gerekmektedir (Özdemir,2018).

İstanbul ili 41° enlem derecesine sahip Küçükçekmece ilçesi için Çizelge 1.1 ortalama atmosferik radyasyon geçirgenliğini gösteren bulanıklık faktörü verilmiştir. Bulanıklık faktörü, kollektörün bulunduğu bölgenin enlem derecesine göre yer yüzü radyasyon değerinin atmosfer öncesi radyasyon değerine oranı ile hesaplanmıştır.

Difüz radyasyon güneş ışınlarının havadaki çeşitli partiküller, su buharı bulutlardan ve yer yüzündeki nesnelere yansıyan ışınımlardır. Direkt ışınımlar ise güneşten gelen doğrudan ışınımlardır. Parabolik kollektörlerde difüz ışınımlar kullanılamamaktadır. Bu sebeple yeryüzü toplam radyasyonunun ne kadarının difüz ne kadarının direkt radyasyon olduğu hesaplanmalıdır (Özdemir,2018). Difüz (DİF) radyasyon değeri “ $DIF = (1 - 1,097 * BUF) * YYRA$ ” formülü ile hesaplanmaktadır. Çizelge 1.2’de İstanbul ili 41° için hesaplanan aylık ortalama DİF değerleri verilmiştir. Direkt radyasyon (DİR) değeri ise toplam yeryüzü radyasyon değerinden DİF radyasyon değerinin çıkartılması ile bulunur. Çizelge 1.3’te İstanbul ili 41° için hesaplanan DİR radyasyon değerleri verilmiştir [4].

Çizelge 1.3 : İstanbul 41° için hesaplanan aylık ortalama DİR değerleri [4]

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
DİR	384,59	745,05	188,21	2097,85	2865,38	3240,92	3072,08	2712,41	1984,46	1226,1	642,17	993,42

Çizelge 1.4’te bulunan DİRRAF değeri yaz uygulaması baz alınarak hesaplanmıştır. Yani 41° enlem derecesinden 15° çıkartılarak hesaplanmıştır. DİR ve yeryüzü radyasyon değerleri kullanılarak oran hesaplanmıştır.

Çizelge 1.4 : İstanbul ili için aylık direkt radyasyon açısı faktörleri (DİRRAF) [4]

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
DİRRAF	1,648	1,436	1,23	1,068	0,962	0,92	0,94	1,024	1,164	1,36	1,592	1,728

Çizelge 1.6 direkt radyasyon miktarının yeryüzü radyasyon miktarına oranı ile bulunmuştur (Özdemir,2018).

Çizelge 1.5 : İstanbul ili için DİR ve YYRA ile hesaplanan oran (Özdemir,2018)

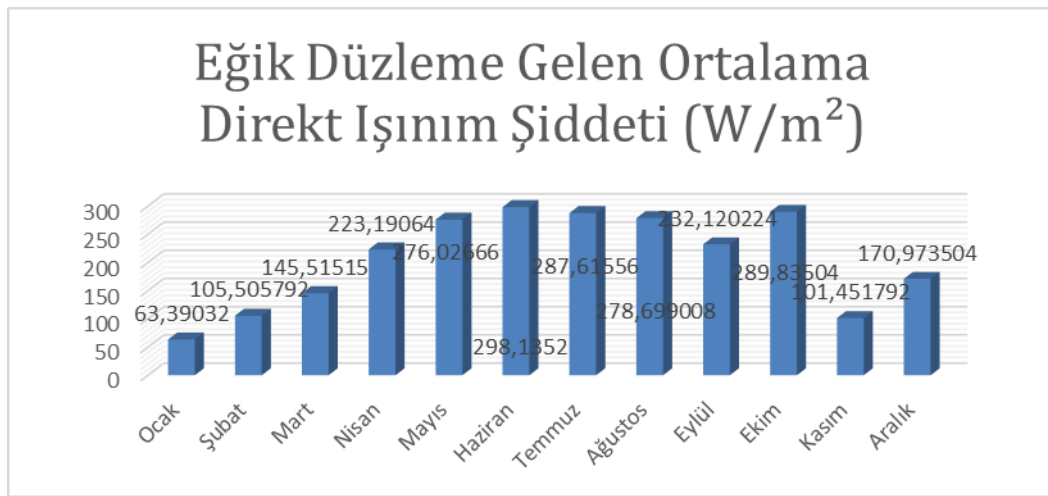
Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Oran	0,35	0,41	0,45	0,53	0,58	0,6	0,59	0,59	0,56	0,51	0,43	0,59

Yatay düzleme gelen toplam ışınım şiddeti içerisindeki direkt ışınım şiddetinin hesaplanması için DİR ve YYRA kullanılarak Çizelge 1.5 da verilen oran hesaplanmıştır.

Çizelge 1.6 : Yatay düzleme gelen direkt radyasyon ışınım miktarı (W/m²)

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Yatay yüzeye gelen direkt ışınım miktarı	38,465	73,472	118,305	208,98	286,93	324,06	305,974	272,167	199,416	213,114	63,726	98,943

Eğik düzleme gelen aylık ortalama direkt ışınım şiddeti (Şekil 1.7) yatay yüzeye gelen direkt ışınım şiddeti ile aylık direkt radyasyon açısı faktörünü çarpılarak her ay için ayrı ayrı hesaplanmıştır.



Şekil 1. 7 : İstanbul ili için hesaplanan için aylık ortalama eğik düzleme gelen direkt ışınım şiddeti

2. GÜNEŞ OCAKLARI

Teknolojinin ilerlemesi ve nüfus yoğunluğunun hızla artması enerji talebini artırmakta bu da ülkeleri yenilenebilir enerji kaynaklarına yönlendirmektedir. Fosil yakıtların sınırlı kaynakları ve sera gazı etkisinden dolayı yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı günümüzde artarak ilerlemektedir (Thirugnanam ve diğ., 2020). Gelişmekte olan ülkeler enerji kullanımlarının yaklaşık %30'unu yemek pişirmek için kullanmaktadır (Farooqui ve diğ. 2013, Omara ve diğ. 2020). Hem maliyet açısından hem de hava kirliliğine yol açmayan yeni sistemler geliştirmek bu nedenle oldukça önemlidir. Bu sistemler arasında güneş enerjisi, hem kolay ulaşılabilir hem de yüksek verimli sistemlerdir. Ülkemiz konumu açısından da güneş enerjisi kullanımda yüksek verime ulaşılmaktadır (Polatcı ve Yıldız 2016, Erden 2018).

2.2. Literatür Araştırması

Fosil yakıtların salınım yaptığı zararlı gaz, yüksek maliyet ve eş zamanlı olarak enerjiye olan ihtiyaçla birlikte yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı artmıştır. Maliyet açısından da yüksek olan tükenbilir enerji kaynakları ülkemiz ekonomisine de yük oluşturmaktadır. Bu yüzden yenilenebilir enerji kaynakları kullanımında ve geliştirilmesi üzerinde araştırmalar yapılmaktadır (Polatcı ve Yıldız 2016, Erden 2018). Güneş, enerji kaynağı olarak yüksek verimde kullanılacak bir yenilenebilir bir enerji kaynağıdır (Polatcı ve Yıldız 2016). Güneş enerjisi direkt ve dolaylı yoldan kullanılarak elektrik enerjisine dönüştürülmektedir (Polatcı ve Yıldız 2016).

Güneş ocakları üzerine bir çok araştırma vardır (Variyenli, Özdemir, Kaçmaz, Kılıç 2014). Güneş ocakları, güneş enerjisi yardımıyla pişiriciyi ısıtarak yiyeceklerin pişmesini sağlamaktadır. Güneş ocakları genellikle üç grupta incelenir. Bunlar kutu tipli pişiriciler, parabolik ayna yansıtıcı pişiriciler ve katlanır kapaklı pişiricilerdir. Yapılan çalışmalarda parabolik tip pişiriciler yaygın kullanımdadır. Parabolik güneş ocakları aynalar yardımıyla güneş ışınlarını bir noktada odaklar ve pişirme kabı bu odak noktasında olup doğrudan panel üzerinde pişirme işlemi gerçekleştirilir.

Kutu tipli güneş ocaklarında da bir kutu yüzeyleri aynalarla kaplanır ve kutu için yalıtılmış malzemeler kullanılır. Güneş ışınları kutu içerisine girerek ısı enerjisine dönüşür ve kullanılır (Polatçı ve Yıldız 2016).

Güneş ocağı tasarımlarında yüksek verim alınması için güneş ışınlarının panel üzerine dik gelmesi gerekir. Bunun için güneş takipli sistemler geliştirilmiştir (Polatçı ve Yıldız 2016). Bu sistemler sayesinde gün içerisinde güneş enerjisinden daha çok yararlanılır ve güneş ocağı verimi artırılmış olunur.

Güneş enerjisinin kullanılabilir enerjiye dönüşüm sistem tasarımında, ısı performansını ısı verim olmakla birlikte elde edilen ısının işe yarayan kısmının ekserji (enerjinin kullanılabilir hale getirilen kısmı) analizinde incelenmelidir. Yoğunlaştırıcı kollektörlü olan sistemler daha yüksek enerjili sistemlerdir. Düz kollektörlü sistemler ise daha düşük verim ve ekserjiye sahiptir. Bu nedenle genellikle su ısıtma ünitelerinde kullanılır. Güneş odaklamalı sistemlerin verimi opak yüzeylerin konumuna, yüzey pürüzlülüğüne ve emici potansiyeli gibi tasarım hesaplamalarıyla birlikte; yüzey kirliliği, yüzey bozunumu ve ısı deformasyonu gibi etkilere de bağlıdır (Karadağ 2007).

Hindistan'da yapılan bir çalışmada kurumsal ve toplumsal olarak kullanılan SK-23 ve Scheffler güneş ocaklarının finansal performansı araştırılmıştır. Bu değerlendirme üç kategoride pirinç ve bakliyat pişimi üzerine her koşulda güneş ocaklarının performans karakteristiklerini incelemiştir. Aynı zamanda çalışmada kullanılan güneş ocaklarında yıllık yakıt miktarında değişim ve maliyet hesaplaması da yapılmıştır (Indora, Kandpal 2018).

Brezilya'nın kuzeydoğu kıyılarında yapılan bu çalışmada depolama sistemli bir güneş ocağının verimi araştırılmıştır. Fortaleza'da kurulu olan sistemde 50 litrelik bir depolama tankı, 3 adet tencere ve 1 fırından oluşan pişirme ünitesi vardır. Sistem çalışma sıvısının ısıtılmasıyla başlar. Çalışma sıvısı güneş kollektörlerinde ısıtılır ve termal sifon devresinde hareket eder. Valfler yardımıyla sıvı pişirme ünitesine veya daha sonrasında kullanılmak üzere depolama tankına gönderilir. Burada ölçülen değerler kaydedilir ve bu sayede sistem performansı değerlendirilir (Silva, Schwarzer, Medeiros 2002).

Duffle ve diğeri tarafından parabolik güneş ocaklarına, güneş dalgalarını yoğunlaştırmak için yoğunlaştırıcı güneş kolektörü ve pot yerleştirilmiştir. Noktasal yoğunlaştırıcı tip güneş ocakları daha verimli fakat nokta odanlamasını sürekli hale getirmek için sık ayar yapmak gereklidir. Bunun için bir veya iki eksen takipli sistemler kullanılmıştır (Panwara, Kaushik, Kothari 2012).

Schwarzer ve Silva tarafından dünyada kurulu olan ve gelişen güneş ocakları hakkında deneysel bir araştırma yapılmıştır. Bu araştırma da ilk olarak Almanya'da inşa edilen güneş ocakları ve daha sonra geliştirilmiş ve daha farklı ayarlamalar yapılmış olan sistemler Hindistan ve Mali'ye getirildi. Afrika, Güney ve Orta Amerika'ya da kurulan sistemler arasında bir inceleme ve deneysel bir çalışma yapmışlardır. Yapılan ölçümlerle önceden yapılmış olan ölçümler arasında ki farklılıklar tespit edilmiştir (Schwarzer, Silva 2003).

Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Güneşten dünyaya saniyede yaklaşık olarak 170 milyon MW enerji gelmektedir. Türkiye'nin yıllık enerji üretiminin 100 milyon MW olduğu düşünülürse bir saniyede dünyaya gelen güneş enerjisi, Türkiye'nin enerji üretiminin 1.700 katıdır. (Erden 2018) Fosil yakıtların salınımı yaptığı zararlı gaz ve yüksek maliyeti eş zamanlı olarak enerjiye olan yüksek ihtiyaçla birlikte yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı artmıştır. Maliyet açısından da yüksek olan hazır enerji kaynakları ülkemiz ekonomisinde zorlamaktadır. Bu yüzden yenilenebilir enerji kaynakları kullanımında ve geliştirilmesi üzerinde araştırmalar yapılmaktadır. (Polatçı ve Yıldız 2016, Erden 2018).

Kumerasan ve diğeri tasarladıkları parabolik tip güneş ocağında %73,5 pişirme verimi ve %10,2 sistem verimi elde etmişlerdir. Sistemde Thermiol-55 ve D-Mennitol ısı transfer sıvısı ve enerji depolama ortamı olarak kullanılır. Geliştirilen sistem termal enerji depolama ve entegre dolaylı tip pişirme ünitelidir. Sistem deney düzeneğinde kullanılan zeytinyağı 15 dakikalık bir sürede 152°C'ye ulaşmıştır. Bu da normal bir ocaktan daha verimli olduğu anlaşılmıştır (G. Kumerasan, Vigneswaran, Esakkimuthu, Velraj 2016).

Isparta ilinde Güngör ve Kabul tarafından hazırlanan FDM'li ve FDM'siz sistemler arasında verim araştırması yapılmıştır. Sodyum asetat trihidrat bu sistemde FDM olarak kullanılmıştır. FDM'li sistemlerde güneş enerjisinden yararlanma süresine sistem verimliliği %20 artmıştır. Sistemde ısı transfer sıvısı olarak ise su kullanılmıştır. Güneş enerjisiyle ısıtılan su boiler tankına gönderilir ve tankın içerisinde ki FDM ısıtılmaktadır. Bu tasarımla birlikte güneş enerjisi depolanarak daha uzun süreli kullanımı sağlanmıştır (S. G. Güngör, A. Kabul 2015).

Tasarlanan bir silindirik ısı enerjisi deposu sisteminde içinden sıcak su akan ısı enerjisi depolanması vardır. Silindirik yapıda olan sistemin içinden sıcak su, dışından ise FDM (Newtonin RT 44HC) ile doldurulur. Sıcak sudan FDM'ye geçecek olan ısı iletkenliğini arttırmak için bakır boru kullanılmıştır (Susantez ve diğ. 2018).

Tanık, parabolik çanak tipinde ve farklı yansıtıcı yüzey malzemeleri kullanarak dört adet güneş ocağı tasarlamıştır. Bu farklı yüzeyli güneş ocaklarının verimleri hesaplanmıştır. Yansıtıcı yüzeylerin verimleri şöyledir; ayna %88, alüminyum %74-%85, parlatılmış krom-nikel %51-%60, parlatılmış çinko %54 (Ö. Tanık 2012).

S. Özcan'ın geliştirdiği sistemde ise kutu tipi güneş ocağında dört farklı sistemi karşılaştırmıştır. Tasarımlar aynalı, aynasız, aynasız vakum tüplü ve aynalı vakum tüplü olarak geliştirilip verim araştırması yapılmıştır. Burada aynasız sistem normal sistem olarak kabul edilip, diğer sistemler ile karşılaştırılması yapılmıştır. Vakum tüp olarak adlandırılan sistem içi boşaltılan cam borunun siyah mat boya ile boyanıp güneşten aldığı enerjiyle içerisindeki havayı ısıtarak kabin içi sıcaklığını arttırması için geliştirilmiştir. Sistemlerin verimliliği sırayıyla; aynasız-vakum tüplü %10, aynalı sistem %4, aynalı vakum tüplü %16 olarak hesaplanmıştır (S. Özcan 2015).

Alışılmış güneş ocakları tasarımları dışında geliştirilen bir sistem Esen tarafından tasarlanmıştır. Bu sistem de bakırdan yapılmış ısı boruları kullanılmış ve bu boruların içleri ITS (Mobiltherm 605) ile doldurulmuştur. Boruların güneşte kalan kısımlarında siyah mat boya ile boyanmıştır. Bu sistemde ITS ile ısıtılan pişirme ünitesinde yiyecekler pişirilmiştir (M. Esen 2003).

Yüksel ve Avcı, iki farklı boyutta tasarlanan güneş ocaklarının kullanım potansiyeli ve karşılaştırılmalarını yapmıştır. Güneş enerjisinin gizli ısı depolaması özelliğinin kullanıma ve verimine bakılması için sistemde FDM olarak parafin kullanılmıştır.

Sistemde kullanılan enerji depolama mantığı, hem güneşlenme süresini arttırmak hem de güneşin olmadığı zamanlarda da kullanılmak üzere tasarlanmıştır. FDM miktarının ve ocak boyutlarının verimi etkilediği görülmüştür. Küçük boyutlu ocak %36,86 verimle çalışırken, büyük boyutlu ocak verimi %30,10 olarak hesaplanmıştır (N. Yüksel, A. Avcı 2013).

Esen ve diğerleri tarafından tasarlanan güneş fırınında güneş kolektörlerinin üzerine ısı boruları yerleştirilmiştir. Isı boruları üzerinde güneş ışığını odaklaması amacıyla cam borular üzerine parabolik odaklamalı krom-nikel reflektörler üzerine yerleştirilmiştir. Cam borular, içi içe ve aralarındaki boşluklarından havası alınmıştır ve siyah mat boya ile boyanmıştır. Isı boruları içerisine iki farklı ITS konulmuştur, sıvılar arasında ki pişirme oranı kıyaslanmıştır (M. Esen, H. Hazar, H. Esen 2005).

Silva ve diğerleri tarafından depolama sistemi olan bir güneş ocağı tasarlayıp verim ölçümü yapılmıştır. Sistem, yassı plaka güneş kolektörleri üzerinde ITS (sentetik termal yağ) ısıtılır ve ya daha sonra kullanılmak üzere depolama tankına yada pişirme ünitesine termal sifon devresinde hareket edecek şekilde düzenlenmiştir. Burada ITS control vanaları ile yönlendirilir. Deneylerde alınan veriler sonucunda sistem performansı %34 ile %38 arasında hesaplanmıştır (M. Silva, K. Schwarzer, M. Medeiros 2002).

Diğer bir çalışmada alüminize edilmiş plastik filmler yansıtıcı yüzey olarak kullanılmıştır. Sistem hem parabolik hem de konik yüzeyli yansıtıcılar dan oluşur. Bu sayede güneş ışınları iki yansıtıcı tarafından bir odak noktasında toplanır ve bu sayede güneş enerjisinden daha fazla yararlanma imkanı sağlamaktadır. Maliyet olarak daha az maliyetli ve yüksek verimli bir sistemdir. Sistem 65 dakikalık bir çalışma süresi içinde 190 °C'ye ulaşmaktadır (I.Berryman, N.Jelley, R. Stone, M.Dadd 2016).

Zhao ve diğerleri tarafından tasarlanan sistemde güneş ışığı kavisli fresnel mercekle kırılır ve boşaltılan tüp toplayıcıya odaklanır yemekler bu içi boş tüp çerçesine yerleştirilir ve pişirilir. Kırılan güneş ışığı sürekli olarak dış borudan geçer ve ışığın emildiği iç borunun dış yüzeyine ulaşır.

İki boru arasındaki hava boşaltılmış ve iç boru siyah mat boya ile boyanmıştır. Sistemde dört çeşit 0,5 kg'lık yemek denenmiştir ve en kısa pişme süresi 31 dakika, en uzun pişme süresi ise 164 dakikadır. 34 dk'da sistemin enerji verimliliği %22,6 olarak hesaplanmıştır (Y. Zhao, H. Zheng, B. Sun, C. Li, Y. Wu 2018).

Yenilenebilir enerji kaynakları araştırmalarında, kaynak araştırması kadar önemli olan bir diğer etken de enerji depolama yöntemleridir. Termal enerji depolama yöntemi olarak, duyulur ısı, gizli ısı ve termo-kimyasal teknikleri kullanılır. Termal enerji depolaması ile küçük sıcaklık farklarının büyük miktarda enerji olarak depolanabilir. Gizli ısı depolaması 1940'larda Dr. Telkes'in öncülüğünde araştırılan yeni bir çalışmadır (Thirugnanam ve diğ. 2020). Gizli ısı depolaması maddenin faz dönüşüm yollarıyla gerçekleştirilebilir. Bu faz dönüşümlerinden en yaygın olarak kullanılan ikisi katı-sıvı ve katı-katıdır. Bu iki sistem arasında en çok katı-sıvı sistemi temin açısından daha ulaşılabilir bilinir olduğu için tercih edilmektedir (Sharma ve diğ. 2004). Katı-gaz ve sıvı-gaz geçişli sistemlerde daha büyük hacim geçişleri sistemin saklama koşullarını olumsuz etkilemektedir (Sharma ve diğ. 2004). Katı-sıvı geçişlerinde gizli ısı, katı-katı geçişlerine göre daha büyük gizli ısı depolaması ve hacim değişimine sahiptir. FDM'lerin içinden en verimli kullanılanlar, pentaeritritol, pentagliserin, Li_2SO_4 ve KHF_2 'nin organik katı çözeltilisidir (Hosseinzadeh ve diğ. 2020).

FDM'lerin termal yayılımları düşüktür bu nedenle faz değişim hacimleri göz önünde bulundurularak FDM'lerin kaplarının tasarımı yapılmalıdır. Enerji depolaması FDM'lerde faz geçiş sıcaklığına eşittir ve bu sabit sıcaklıkta yüksek enerji depolama imkânı sağlamaktadır bu nedenle termal enerji depolaması güneş enerjili sistemlerde çoğunlukla kullanım tercihidir (Sharma ve diğ. 2004). Gizli ısı depolama sistemlerinin sahip olması gereken özellikler, uygun ısı değişim yüzeyi, FDM ile uyumlu bir kap ve sistem sıcaklığına uygun erime sıcaklığında bir FDM (Sharma ve diğ. 2004).

YAZARLAR	MAKALE ADI	KOLLEKTÖR TİPİ	ISI TRANSFER SIVISI	ENERJİ DEPOLAMASI (FDM)	YANSITICI YÜZEY	VERİM ORANI	YAYIN YILI
G.Kumerasan, Vigneswaran, Esakkimuthu, Velraj	Termal enerji depolama sistemi ile entegre bir güneş enerjili pişirme biriminin performans değerlendirilmesi	Parabolik Oluk	Thermiol-55 (Sentetik) 315 C'ye kadar ısındı.	D-Mennitol		%73,5 Pişirme verimi %10,2 Sistem verimi	2016
S.G. Güngör, A.Kabul	Sodyum Asetat trihidratlı Güneş En. Isıtma Sisteminin Performans Analizi	Standart Kollektör (Düz Plaka)	Sıcak su	Sodyum Asetat Trihidrat (58 C'ye gelmesi isteniyor.)	Selotif Yüzey	%20 verim artırılmıştır.	2015
O. ERDEN	İNOVATİF GÜNEŞ ENERJİLİ PİŞİRİCİ TASARIM VE ANALİZİ	Kutu Tipi Parabolik Tip GoSun	HotPot suyu	x	Alüminyum yan. Ayna Ayna		2018
N.L. Panwar S.C. Kaushik S. Kothari	State of the art of solar cooking: An overview	Parabolik Tip Kutu Tip	x	Ocağın odak noktasındaki pot	Ayna	%38 Yakıt Tasarrufu	2012
H. Polatçı A.K. Yıldız	Güneş Takip Sistemli Bir Güneş Enerjili Pişirici Geliştirilmesi ve Performansının Belirlenmesi	Parabolik Tip	x	x	Mektalik Yapışkan Bant	%35 Verim Artışı	2016
Ç. Susantez K. Kahveci E. Akyol	Faz Değiştiren Malzeme İçeren Silindirik Bir Isıl Enerji Deposunda Kanatçık Sayısı, Kalınlığı ve Üniform Olmayan Kanatçık Dağılımının Isıl Enerji Depolama Karakteristiği Üzerindeki Etkileri	Silindirik Isıl Enerji Deposu	x	Newtonein RT 44HC	Isıl İletken Bakır		2018
H.İ. Varyenli M.B. Özdemir H. Kaçmaz F. Kılıç	Farklı Tipteki Güneş Ocaklarının Tasarımı, İmalatı ve Performanslarının Deneysel İncelenmesi	Salyangoz Tip Sandık Tip Kutu Tip	x	x	Aynalı Alüminyum	%34 verim %11,5 verim %20 verim	2014
K. Schwarzer M.E.V. Silva	Solar cooking system with or without heat storage for families and institutions	Kutu Tipi	Bitkisel Yağ	Bitkisel Yağ - Taş Depolama Tankı		Ortalama %50 Verim	2003

Şekil 2. 1 : Literatürde tasarlanan sistemler ve bu sistemlerde kullanılan malzemeler

Öner Tanık	DEĞİŞİK TİPLERDE TASARIMI VE İMALATI YAPILAN GÜNEŞ OCAKLARININ PERFORMANSLARININ DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ	Parabolik Tip	x	x	Ayna Alüminyum Parlatılmış Krom, Nikel Parlatılmış çinko	%88 %74 - %85 %51 - %60 %54	2012
S.Özcan	Güneş Enerjili Pişirici Tasarımı, İmalatı ve Deneysel olarak İncelenmesi	Kutu Tipi	Vakum Tüp ile Sıcak Hava	x	Aynasız Aynasız-Vakum Tüplü Aynalı Sistem Aynalı-Vakum Tüplü	0 %10 Artış %4 Artış %16 Artış	2015
M. Esen	Thermal performance of a solar cooker integrated vacuum-tube collector with heat pipes containing different refrigerants	Standart Kollektör (Düz Plaka) vakum tüplü sistem	Mobiltherm 605	x			2003
H.H. Öztürk	Experimental determination of energy and exergy efficiency of the solar parabolic-cooker	Parabolik Tip	x	x	Krom Nikel Kaplama	Enerji Verimi %2.8-15.7 Ekserji Verimi %0.4-1.25	2004
P.K. Nyahoro, R.R. Johnson, J. Edwards	SIMULATED PERFORMANCE OF THERMAL STORAGE IN A SOLAR COOKER	Parabolik Tip	soğuk su	x	Ayna		1997
N. Yüksel, A. Avcı	GİZLİ ISI DEPOLAMALI KUTU TİPİ İKİ GÜNEŞ FIRINININ DENEYSEL OLARAK KARŞILAŞTIRMASI	Kutu Tip 1 (Küçük Ölçülü Fırın) Kutu Tip 2 (Büyük Ölçülü Fırın)	x	Parafin Mumu (13,7 kg) Parafin Mumu ve Metal Talaş (5kg ve 3,5 kg)	Alüminyum Folyo	%36,89 %30,10	2013
A. Harmim, M. Belhamel, M. Boukar, M. Amar	Experimental investigation of a box-type solar cooker with a finned absorber plate	Kutu Tip A Kutu Tip B	x	x	Sıradan Yansıtıcı Yüzey Kanatlı Yansıtıcı Yüzey (Ayna)	Kanatlı verimi %7 Fazla	2010
M. Esen, H. Hazar, H. Esen	EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF A SOLAR COOKER USING COLLECTOR WITH HEAT PIPES	Düz Plaka Kollektör	Freon 404A, Freon 410A	Freon 404A, Freon 410A	Krom Nikel Kaplama	Freon 410A verimi> Freon 404A	2005
E.E. Dilaver	KUTU TİPİNDE GÜNEŞ ENERJİLİ FIRINLARIN TASARIMI VE TEST EDİLMESİ	Kutu Tipi (4 adet) 2 Kutu Tipi (Dikdörtgen şeklinde) 2 Kutu Tipi (Silindirik)	x	x	Alüminyum Kaplama Siyah mat boya Emici Yüzey İç Bükey Şeklinde Alüminyum Kaplama	1,5 kg su kaynamasındaki verim karşılaştırması Silindir %20 Kutu %13	2014
M. Silva, K. Schwarzer, M. Medeiros,	Experimental Results of a Solar Cooker with Heat Storage	Yassı Plaka Toplayıcı	Sentetik Termal Yağ	Sentetik Termal Yağ		Enerji Verimi %34 - %38 Gizli Verimlilik %30	2002
N. Mbodji, A. Hajji	Modeling, testing, and parametric analysis of a parabolic solar cooking system with heat storage for indoor cooking	Parabolik Tip	Sentetik Termal Yağ	Sentetik Termal Yağ	Ayna		2017
I.Berryman, N.Jelley, R. Stone, M.Dadd	Results from Field Trial of a Low-Cost Solar Cooker with Novel Concentrator Geometry	Parabolik ve Konik oluk birlikte kullanılıyor.	x	x	Alüminize edilmiş plastik filmler	Düşük Maliyetli yüksek verimli. 65 dk'da 190 C'ye ulaşmıştır.	2016
Y. Zhao, H. Zheng, B. Sun, C. Li, Y. Wu	Development and performance studies of a novel portable solar cooker using a curved Fresnel lens concentrator	Kavisli Fresnel Lens	x	x	Poli metil metakrilat (Lens Malzemesi)	%22,6 verim alınmıştır.	2018

3. GÜNEŞ OCAĞI ÇEŞİTLERİ

3.1. Parabolik Tip Güneş Ocağı

Bu tip pişiricide noktasal odaklamadan yararlanılır. Gelen güneş radyasyonu pişirme kabı üzerine odaklanır. Bu sistemde odaklama özelliği nedeniyle 150 °C ile 400 °C arasında sıcaklıklara ulaşılabilirdiğinden hemen hemen her tür malzeme pişirilebilir (Karadağ 2007).

Noktasal odaklayıcı parabolik ocaklarda yemek pişirme veya diğer sistemlere göre daha kısa sürede su kaynatma işlemleri gerçekleştirilmektedir. Güneş enerjisi parabolik formdaki bir yüzeyden yansıtılarak odak bölgesinde yoğunlaştırılmaktadır. Hiçbir fosil yakıtta gerek duyulmadan suyu kaynatabilen bu sistemlerin, kullanım alanı yaygınlaşmaktadır. Güneş ocağının ilk yatırım giderlerinden baska giderlerinin olmaması nedeniyle LPG, odun, kömür, petrol, vs. gibi fosil yakıtlara alternatif durumdadır (Karadağ 2007).

Güneş ocağı tasarımlarında yansıtıcı yüzey olarak kullanılan ayna kalınlığı arttıkça ışığın kırılmasından dolayı dağılımı artar, odaklanma noktasında ne kadar çok ışınım toplanırsa verim artar bundan dolayı ayna kalınlığı mümkün olduğunca ince olmalıdır (Tanık 2012).



Şekil 3. 1 : Parabolik Yansıtıcı Güneş Ocağı [15]

3.2. Kutu Tipi Güneş Ocağı

Isı kutulu pişiricilerin gerek imalatı gerekse çalıştırılmaları oldukça basittir. Genel olarak güneşi izleyecek şekilde imal edilmediklerinden, pişirme hacminde ulaşılabilecek ortalama sıcaklıklar yüksek değildir. Pişirme sıcaklığı düşük olduğundan, pişme işlemi yavaş olur. Bu özellik bazı yiyecek tipleri için avantajlı olurken, tüm ihtiyaçlar için uygun değildir (Karadağ 2007).

Kutu tipi pişiricilerde yavaş pişirme hızı ısı kaybından kaynaklanmaktadır. Isı kaybı iletim, taşınım ve ışınmadan oluşur. Isının tutucu yüzey, cam, hava, yalıtım ve gövde gibi bölgelerden geçerek kutu dışarısına çıkmasıyla ısı kaybı gerçekleşir (Özcan 2015).

Kutu tipi güneş pişiriciler yansıtıcı yüzeylerden gelen güneş ışınlarını siyah boyalı bir yüzeye çarpıtılarak enerjiyi burada toplar ve pişirme kabına aktarır. Sistem yan yüzelere eklenecek yansıtıcı yüzeyler ile güçlendirilebilir (Saxena ve diğ., 2011).



Şekil 3. 2 : Kutu Tipi Güneş Ocağı [7]

3.3. Salyangoz Tip Güneş Ocağı

Salyangoz tipi güneş ocağında, kutu tipinden farklı olarak yine pişirme kutusu üzerine dört adet kanatçık eklenir ve bu kanatlar üzerine yansıtıcı yüzeyler yerleştirilerek yantıcı yüzey olarak kullanılır. Bu kanatlar kutu içerisinde emici plakalara güneş ışınını yansıtır ve gerektiğinde açılı ayarlanması yapılacak şekilde yerleştirilir.

Tasarlanan kasalar salyangoz şeklindedir ve ısı kaybını önlemek için kasa ile emici plaka arasına yalıtım malzemesi konulur. Kutu ve sandık tipi güneş ocağına göre daha verimlidir. (Variyenli ve diğ. 2014)

3.4. Sandık Tipi Güneş Ocağı

Kutu şeklinde emici yüzey ve üç yansıtıcı yüzeyden oluşmaktadır. Pişirme işlemi yine kutu içerisinde yapılır. Emici yüzey ile kutu arasına ısı kaybını önlemek amacıyla yalıtım malzemesi konulur. Yansıtıcı yüzeyler elle ayarlanabilir sistem olması için menteşeyle monte edilmektedir. Kutu tipi güneş ocağına göre daha verimlidir (Variyenli ve diğ. 2014).

3.5. GoSun Güneş Ocağı

Silindirik şekilde tasarlanmış bir güneş ocağı çeşitidir. Parabolik ayna yardımı ile güneş ışınlarını içerisinde yiyeceklerin pişirildiği boro silikat camdan üretilen tüpe odaklamaktadır. Tüpte kullanılan malzeme sayesinde termal şoklara dayanıklıdır. Tüpün iç kısmında bakır, paslanmaz çelik ve alüminyum nitril kullanılarak güneş ışınlarının emilimi ve iletimi artırılmıştır. Sistemin ilk ısınımı 10 dk'da tamamlamaktadır. Güneşli havalarda maksimum 371 °C'ye ulaşmaktadır. En iyi verimi 93 °C ile 288 °C'de vermektedir. Güneşli havalarda kullanılacak verimli tasarımlardandır [1]. Şekil 3.3'te GoSun güneş ocağı sistemi verilmiştir.



Şekil 3. 3 : GoSun Güneş Ocağı [8]

3.6. Vakum Tüplü Güneş Ocakları

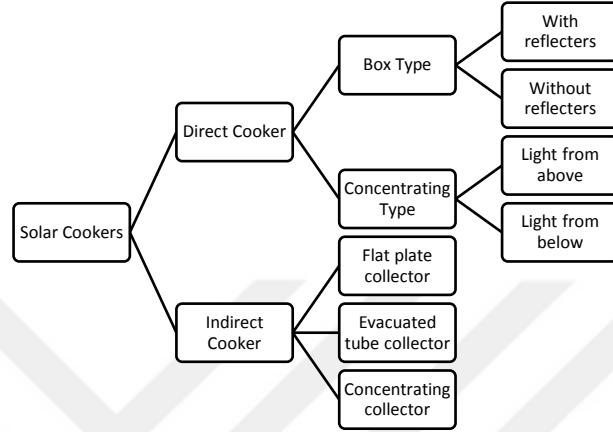
Güneş ışınları, yansıtıcı yüzeyler ile odak noktasında toplanarak, güneş enerjisi ısı enerjisine dönüştürülür. Güneş enerjisinin odaklanarak kullanılan uygulamalardan bazıları Güneş Isı – Güç Santralleri, Test ve Ölçüm Teknikleri, Malzeme Geliştirme, Güneşli Foto Kimyasal İşlemler gibi başlıklar altında toplanmaktadır. Vakum tüplü güneş ocakları yoğun olarak parabolik kollektörler ile beraber kullanılır. Parabolik kollektörler, yansıtıcı yüzeye sahip malzemenin parabol şeklinde eğim verilmesi ile elde edilir (Tanık Ö. 2012). Parabolün odak noktasına, yansıtıcı yüzeyden gelen güneş ışınlarını emmek için vakum tüpü yerleştirilir. Şekil 3.4'te vakum tüplü parabolik güneş kollektörü verilmiştir. Vakum tüpü iç içe geçmiş iki adet borosilikat cam tüpten oluşur. Burada içteki tüp alıcı yüzey olarak adlandırılmaktadır. Dışta bulunan tüp ile alıcı yüzey arasında ısı kaybı olmaması için iki tüp arasındaki hava vakunlanmıştır. Dış borunun üzeyi saydam, iç borunun yüzeyi koyu renkli olacak şekilde tasarlanmıştır (Özcan S. 2015). Koyu renki boru ısıyı içindeki çalışma sıvısına ileterek güneş enerjisini ısı enerjisine dönüştürmektedir.



Şekil 3. 4 : Vakum Tüplü Parabolik Kollektör [10]

Güneş ocakları pişirme kaplarına ısı aktarma şekillerine göre doğrudan ya da dolaylı olarak iki gruba ayrılmaktadır.

Doğrudan pişiriciler güneş enerjisini direkt olarak pişirme kabına yönlendirirken dolaylı pişiriciler güneş ışınlarından aldıkları termal enerjiyi bir ısı transfer sıvısına verir ve termal enerji sıvı yardımı ile pişirme ünitesine ulaşır (Omara ve diğ., 2020). Güneş ocaklarının sınıflandırılması Şekil 3.5’de verilmiştir.



Şekil 3. 5 : Güneş Ocaklarının sınıflandırılması (Muthusivagami ve diğ. 2010)

Yenilenebilir enerji kaynakları araştırmalarında, kaynak araştırması kadar önemli olan bir diğer etken de enerji depolama yöntemleridir. Termal enerji depolaması ile küçük sıcaklık farklarının büyük miktarda enerji olarak depolanabilir. Gizli ısı depolaması 1940’larda Dr. Telkes’in öncülüğünde araştırılan yeni bir çalışma prensibidir (Lane 1983). Gizli ısı depolaması maddenin faz dönüşüm yollarıyla gerçekleştirilebilir. Bu faz dönüşümlerinden en yaygın olarak kullanılan ikisi katı-sıvı ve katı-katı’dır. Bu iki sistem arasında en çok katı-sıvı sistemi temin açısından daha ulaşılabilir olduğu için tercih edilmektedir (Sharma ve diğ. 2004). Katı-gaz ve sıvı-gaz geçişli sistemlerde daha büyük hacim geçişleri sistemin saklama koşullarını olumsuz etkilemektedir (Sharma ve diğ. 2004). Katı-sıvı geçişlerinde gizli ısı, katı-katı geçişlerine göre daha büyük gizli ısı depolaması ve hacim değişimine sahiptir. FDM’lerin içinden en verimli kullanılanlar, pentaeritrol, pentagliserin, Li₂SO₄ ve KHF₂’nin organik katı çözeltisidir (Garg ve diğ. 1985)

FDM’lerin termal yayılımları düşüktür bu nedenle faz değişim hacimleri göz önünde bulundurularak FDM’lerin kaplarının tasarımı yapılmalıdır.

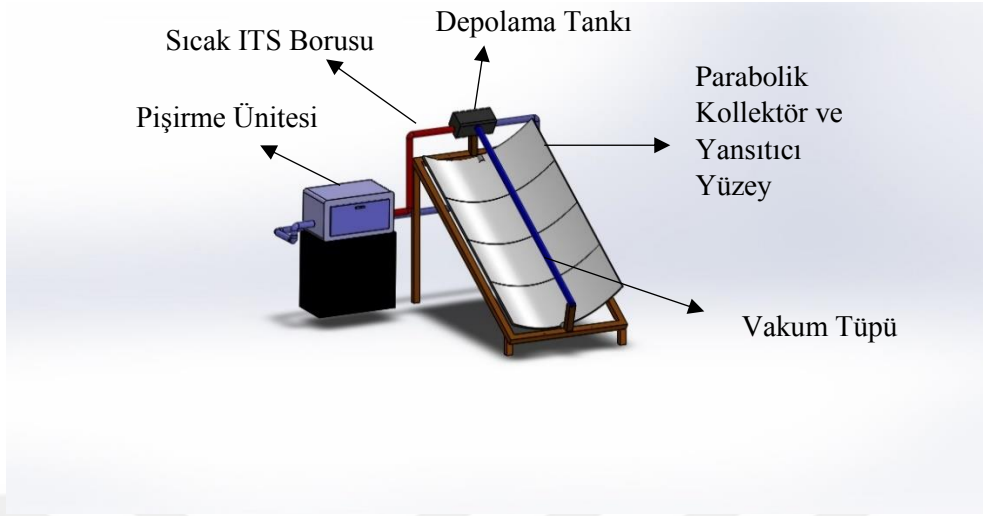
Enerji depolaması faz değiştiren maddelerde faz geçiş sıcaklığına eşitir ve bu sabit sıcaklıkta yüksek enerji depolama imkânı sağlamaktadır bu nedenle termal enerji depolaması güneş enerjili sistemlerde çoğunlukla kullanım tercihidir (Sharma ve diğ. 2004). Gizli ısı depolama sistemlerinin sahip olması gereken özellikler, uygun ısı değişim yüzeyi, FDM ile uyumlu bir kap ve sistem sıcaklığına uygun erime sıcaklığında bir FDM (Sharma ve diğ. 2004).

FDM'ler organik, inorganik ve ötektik olarak sınıflandırılırlar (Thirugnanam ve diğ. 2020). Bu farklı FDM tercihleri arasında, organik FDM'lerden elde edilen normal parafin (C_nH_{2n+2}), termal depolama sistemlerindeki özellikler açısından ne çıkan bir adaydır. Bunun nedeni uygun bir erime noktasına, ana gizli ısıya ve organik yapıya sahip olmasıdır.

4. SİSTEM TASARIMI

Bu sistemin tasarımında güneş enerjisini yansıtıcı yüzey ile vakumlu tüpe odaklayıp tüpün içerisindeki çalışma sıvısı ısıtılacaktır. Tüpte ısınan çalışma sıvısı faz değiştirerek (sıvıdan gaza) tüp içinde yükselmeye başlar ve tüpün uç kısmında bulunan kubbe şeklindeki kondenser uçlara ulaşır. Kondenser uçlar ısı transfer sıvısının olduğu deponun iç kısmına yerleştirilerek depoda bulunan ısı transfer sıvısının ısınmasını sağlayacaktır. Kondenserin içinde bulunduğu depo içindeki ITS'nin ısısı gaz formunda olan çalışma sıvısını yoğunlaştırarak tekrardan tüpe gönderilmesini sağlamaktadır. Bu ısı transfer sıvılarının sıcaklığı 290 °C ye kadar çıkabilmektedir. Parabolik kollektörün odak noktasına yerleştirilen vakum tüpü içindeki sıvı depoda bulunan ısı transfer sıvısını ısıtması amaçlanmıştır. Isınan ITS pompa yardımıyla sistem içerisinde dolaşarak, fırının bulunduğu pişirme ünitesine gönderilecektir. Eğer gönderilen ısı transfer sıvısı sıcaklığı yeterli olmazsa, fırının rezistansı devreye girerek ısı desteği vermesi amaçlanmıştır. Sistemde ITS deposunda faz değiştiren madde (FDM) de bulunmaktadır. FDM ile sistemde gizli ısı depolama yönteminden yararlanmak amaçlanmıştır. Güneş paneli manuel olarak güneş takip sistemli olup güneşin hareketine göre hareket ettirilip güneşten en iyi verimin alınması sağlanacaktır. Aynı zamanda güneş paneli yüzeyle 32 derecelik açı yapacak şekilde tasarlanıp en iyi verim elde edilen Güney konumuna gelecek şekilde yerleştirilecektir. Isı transfer sıvısı sürekli olarak pompa ile devir daim yapacaktır, fırından ve depolama tankından sürekli olarak sıcaklık kontrolü yapıp veriler kaydedilecektir.

Sistemin 3 boyutlu modellemesi Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4. 1 : 3 Boyutlu Sistem Modellemesi

Yapılan literatür araştırmaları sonucunda tasarlanan sistemlerden en verimli çalışan sistemler tespit edilmiştir. Kumerasan ve diğ. tarafından tasarlanan sistemde ITS olarak en verim alınan malzeme Themiol-55’dir. Sonrasında bitkisel yağ ve sentetik termal yağ kullanılan sistemlerde yüksek verim alınmıştır. Kumerasan ve diğ. tarafından tasarlanan sistemde FDM olarak, yüksek verimin sağlandığı D-Mennitol kullanılmıştır. Silva ve diğ. tarafından tasarlanan sistemde ise ITS olarak bitkisel yağ, depolama olarak bitkisel yağ + taş depolama kullanılarak %50 verim sağlanmıştır (M. Silva, K. Schwarzer, M. Medeiros 2002). Şekil 2.1’de incelenen tüm sistemlerde kullanılan malzemeler ve sistem verimleri verilmiştir.

Modellenen sistemde yüksek verim alınması için daha önceden tasarlanmış sistemlerden de yola çıkarak en yüksek verimi sağlayan malzemelere yakın ve düşük maliyetli malzemeler tercih edilmiştir. Aynı zamanda parabolik kollektör tipi en yüksek verim alınan sistemdir. Böylece sistemden sürekli olarak yüksek verim sağlanması hedeflenmiştir. Isı transfer sıvısı olarak Petroviskol, faz değıştiren madde olarak Parafin tercih edilmiştir.

4.1. Sistem Tasarım Bileşenleri

1. Vakum Tüpü
2. Yansıtıcı Yüzey
3. Pompa
4. Pişirici
5. Rezistans
6. FDM
7. ITS



Şekil 4. 1 : Tasarlanan Deney Düzeneği

4.1.1. Vakum tüpü

Eş merkezli iki borosilikat cam tüp arasındaki hava, ısı kaybını önlemek için boşaltılmıştır. Tüplerden dış yüzeyde bulunan şeffaf, iç yüzeyde bulunan ise güneş ışınımını arttırmak için alüminyum nitrür ile kaplanmıştır. Vakum tüpünün içinde yağ bazlı bir çalışma sıvısı bulunmaktadır. Vakum tüpü ısındıkça çalışma sıvısı faz değiştirerek buharlaşır ve tüpün üst kısmına doğru yükselmeye başlar. Tüpün üst kısmında bulunan kubbe şeklindeki kondenser uçlara gelerek burada termal enerjiyi ITS'ye vererek yoğunlaşır ve sıvı hale gelerek aşağı iner.

Kullanılan vakum tüpünün görseli Şekil 4.1.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1. 1 : Vakum Tüpü [9]

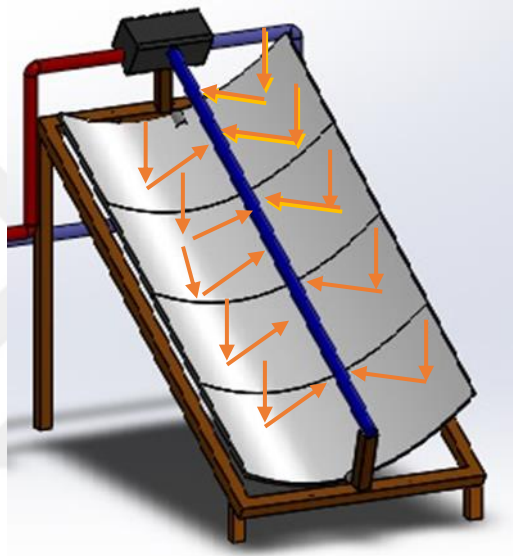
Vakum tüpünün zellikleri Çizelge 3.1.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1.1. : Vakum tüpü zellikleri

Vakum Tüpü zellikleri	Değer
Uzunluk	193 cm
Dış Tp Çapı	4,7 cm
İć Tp Őapı	3,7 cm
Malzeme	Borosilikat Cam 3.3
Işığı Emme Oranı	96%
Isı Genleşme	$3.3 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}$
Emisyon Oranı	%4 - %5
Isı Kayıp Kat Sayısı	$<0.8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
Yansıma Oranı	%7 (100 $^\circ\text{C}$)
Boş Tp Sıcaklık	$>200 \text{ }^\circ\text{C}$
Vakum	$P<0.004 \text{ Pa}$

4.1.2. Yansıtıcı yüzey

Parabolik kollektörde vakum tüpünün altına, güneş ışınlarını tüp üzerine yoğunlaştırarak yansıtmak için alüminyum yansıtıcılar yerleştirilmiştir. Vakum tüpü kollektörün tam odak noktasına yerleştirilerek güneş ışınlarından yüksek düzeyde verim alınması amaçlanmıştır. Temiz yüzeyde %80- %90 arasında yansıtıcı özelliğe sahip reflektör elde edilmiştir. Şekil 4.1.2’de reflektörden yansıyan güneş ışınlarının, kollektörün odak noktasına yerleştirilen vakum tüpünde toplanması gösterilmiştir.



Şekil 4.1. 2 : Güneş ışınlarının reflektörden yansıyarak tüpe odaklanması

4.1.3. Pompa

Pompa ITS’yi tank içerisinden basınçlandırarak fırın içinde dolaştırıp tekrar tank içerisine doldurmaktadır. Bu çalışmada, 3 m³/h maksimum debi, 6m basma yüksekliğine sahip bir sirkülasyon pompası kullanılmıştır.

4.1.4. Fırın tasarımı ve rezistans

Bu çalışmada pişirici olarak geri dönüşümden elde edilen bir fırın kullanılmıştır. Fırın içerisine ITS’nin dolaşacağı boru sistemi tasarlanıp monte edilmiştir. Fırında ısı desteği için elektrik aksamına her hangi bir hasar verilmemiştir. ITS’den elde edilen ısı fırın içinde fan yardımı ile dağıtılmaktadır.

Fırın tasarımı Şekil 4.1.4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1.4. 1 : Fırın tasarımı

4.1.5. Faz değıştiren madde (FDM)

Bu çalışmada termal enerjiyi depolamak için gizli ısı depolama yöntemi kullanılmıştır. Gizli ısı depolaması, malzeme faz değıştirene kadar ısıtılması ile sağlanır. Sistemde FDM olarak kullanılan parafin mumu ticari sınıf parafin olarak da adlandırılır (Hale, Hoover ve O’Neill, 1971). Ticari sınıf parafin mumu petrolün damıtılması ile elde edilir (Sharma ve diğ. 2004). Hidrokarbon zincir uzunluğu, erime sıcaklığı ve füzyon ısısını etkiler (Hiran ve diğ. 1994). Ayrıca parafin yüksek stabiliteye ve düşük maliyete sahiptir. Normal parafinler aralarında benzer özellik gösterirler ayırt edici özellikleri, C5 ile C15 arası sıvı, kalanlar ise mumsu katılardır (Sharma ve diğ. 2004). Ayrıca, 0,4 W/(mK) altındaki düşük iletkenlik, parafin için önemli bir dezavantajdır (Xia ve diğ. 2010). Sistemde kullanılan Parafinin fiziksel özellikleri Çizelge 3.1.5’te verilmiştir.

Çizelge 3.1.5. Parafinin fiziksel özellikleri

Materyal	Yoğunluk (kg/m ³)	Termal İletkenlik (W/mK)
Parafin	914	0.305

4.1.6. Isı transfer sıvısı (ITS)

Sistem tasarımında depolama tankının içinde bulunan ve pişirme ünitesine giden ısı transfer sıvısı olarak termoil sıvısı kullanılmıştır. Depolama tankında vakumlu tüpten elde edilen termal enerjinin bir kısmını tank içinde bulunan FDM'ye aktarır.

Özgül ısısı ve ısı iletkenliği yüksek olan bu yağ, kapalı sistemlerde 300°C'ye, açık sistemde ise 200°C'ye kadar kullanılabilir.

Çizelge 3.1.6 : Isı transfer sıvısının özellikleri

Özellikler	Değerler
ISO Viscosity Class	32
Viscosity 40 °C	32
Viscosity 100 °C	5.3
Viscosity Index	100
Flash Point	225
Pour Point	-12
Density 15 °C, g/ml	0.875
C _p , joule/Kg	1849

4.2. Parabolik Güneş Kolektörü Sistem Isı Analizi

Sistem de parabolik güneş kolektöründen yansıyan güneş ışınlarının odaklandığı, içerisinde ısı transfer sıvısı bulunan borudaki akışkanın sıcaklığı ve güneşten gelen yararlı enerji aşağıdaki denklemler ile hesaplamaktadır (Özdemir 2018).

$$A_{br} = \pi x D_0 x L \quad (1)$$

A_{br} borunun yüzey alanını, D₀ borunun dış çapını, L kolektörün boyunu göstermektedir.

$$A_{cam} = \pi x D_r x L \quad (2)$$

A_{cam} cam yüzeyinin alanını, D_r camın çapını göstermektedir.

$$A_{açıklık} = (w - D_r) x L \quad (3)$$

A_{açıklık} açıklık yüzey alanını, w kolektörün genişliğini göstermektedir.

$$QU = m' x C_p x (T_{ITSÇ} - T_{ITS}) \quad (4)$$

QU kullanılabilen yararlı enerjiyi hesaplarken, TITS, ITS giriş sıcaklığı, TITSC, ITS çıkış sıcaklığını, m sıvı kütesini göstermektedir.

Faz değiştiren madde için yararlı enerjiyi hesaplarken, $Terime$, FDM'nin erime sıcaklığını, T_i , FDM'nin ilk sıcaklığını, T_s , FDM'nin son sıcaklığını göstermektedir (Singh ve diğ. 2015).

$$Q_{FDM} = m_{FDM} x [C_{FDM} x (Terime - T_i) + L_f + C_{FDM} x (T_s - Terime)] \quad (5)$$

4.2.1. Vakum tüpü enerji denklemi

Vakum tüpü tarafından emilen enerjiyi hesaplarken 6 numaralı denklem kullanılır. Burada Q_{ten} vakum tüpüne giren toplam enerjiyi, $Q_{kayıp}$ çevreye olan enerji kaybını gösterir (Chopra K. Ve diğ. 2018).

$$Q_{tüp} = Q_{ten} - Q_{kayıp} \quad (6)$$

4.3. Ekserji ve Enerji Denklemleri

4.3.1. Kütle ve Enerji korunumu kanunu

Açık sistem diğer bir deyişle kontrol hacmi, uzayın problemin çözümüne uygun bir şekilde seçilmiş bir bölgesidir. Açık sisteme kontrol hacmi denmesinin sebebi, sistem sınırlarında kütle giriş ve çıkışı olmasıdır. Tasarlanan sistemde giren ve çıkan kütle değişmez. Açık sistemler için kütle korunumu kanunu şöyle yazılır; (Çengel ve Boles)

(KH'ne giren toplam kütle) – (KH'den çıkan toplam kütle) = (KH içinde toplam kütle değişimi)

$$\sum m'_{giren} - \sum m'_{çıkan} = \Delta m_{KH} \quad (7)$$

Burada m'_{giren} sistemden birim zamanda giren kütleyi, $m'_{çıkan}$ sistemden birim zamanda çıkan kütleyi, m_{KH} kontrol hacmini göstermektedir.

Termodinamiğin birinci yasasına göre enerji yoktan var edilemez ve var olan enerji yok edilemez, yalnızca form değişir. Bu ilke enerjinin korunumu ile ifade edilir. Kontrol hacmi için enerjinin korunumu ilkesi aşağıdaki gibi yazılabilir; (Çengel ve Boles)

$$Q - W + \sum E_g - \sum E_ç = \Delta E_{KH} \quad (8)$$

(Sınırları ısı ve iş olarak geçen toplam enerji)	+	(KH'ne giren kütlenin toplam enerjisi)	-	(KH'den çıkan kütlenin toplam enerjisi)	=	(KH'nin net enerji değişimi)
--	---	--	---	---	---	------------------------------------

4.3.2. Entropi denklemleri

Entropi, sistemin mekanik işe çevrilemeyecek termal enerjisini temsil eder. Genellikle sistemin düzensizliği ve rastgeleliği olarak tanımlanır. Sembölü 'S'. Kontrol hacimleri için oluşturulan entropi dengesi, kapalı sistemler için oluşturulan denklemler ile benzerdir. Kontrol hacimlerinde sistem sınırlarında geçen akıştan gerçekleşen entropinin de dikkate alınması gereklidir. Sistemin kütlesi arttığı zaman enerji ve entropisi de artar. Kontrol hacmi entropi denge denklemleri şu şekilde yazılır; (Çengel ve Boles)

$$\frac{ds_{sis}}{dt} = \sum \frac{\dot{Q}_k}{T_k} + \sum \dot{m}_g x s_g - \sum \dot{m}_ç x s_ç + \dot{S}_{ü,sis} \quad (9)$$

Burada $\frac{ds_{sis}}{dt}$ birim zamanda değişen entropiyi, $\sum \frac{\dot{Q}_k}{T_k}$ ısı geçişi ile gerçekleşen entropiyi, $\sum \dot{m} s$ ifadesi birim zamanda kütleyle aktarılan entropiyi, $\dot{S}_{ü,sis}$ birim zamanda kontrol hacmindeki entropi üretimini ifade etmektedir.

4.3.3. Ekserji denklemleri

Ekserji, sistem - çevre dengesi sağlandıktan ve oluşan entropi değeri düşüldükten sonra hesaplanabilecek maksimum faydalı iş miktarıdır. Ekserji her zaman eksi yönde oluşmaktadır, tersinmezlik ya da kayıp iş olarak adlandırılabilir. Azalan ekserji iş potansiyelindeki kaybı gösterir. Ekserji kayıpları şu şekilde yazılabilir; (Özdemir, 2018)

$$\sum \dot{E}x_{giren} - \sum \dot{E}x_{çıkan} + \dot{E}x_y = \Delta \dot{E}x_{sis} \quad (10)$$

Ekserji akışı sistem üzerinde ısı, iş ve kütle olarak gerçekleşebilir.

$$\dot{E}x_{ısı} = \left(1 - \frac{T_c}{T_k}\right) x \dot{Q} \quad (11)$$

Isı ile gerçekleşen ekserji akışı. Denklem 10. T_c çevrenin mutlak sıcaklığını, T_k ısı kaynağının mutlak sıcaklığını göstermektedir.

$$\dot{E}x_{kütle} = \dot{m} \varepsilon \quad (12)$$

$$\varepsilon = (h - h_0) - T_c x (s - s_0) \quad (13)$$

Denklem 11 kütle geçişi ile gerçekleşen ekserji akışını verir. Burada ε özgül ekserjiyi, h entalpiyi, s entropiyi göstermektedir.

$$\dot{E}x_{iş} = \dot{w} \quad (14)$$

Sistem belirli bir düzende olduğu için düzensizlik yoktur bu yüzden potansiyeli kendisine eşittir. Parabolik kollektör için ekserji formülü; (Kalogirou, 2004).

$$\dot{E}x_{kollektör} = Aa_{çıklık} = \frac{I}{1000} \left[1 + \frac{1}{3} \left(\frac{T_c}{T_{güneş}} \right)^{-4} - \frac{4}{3} \frac{T_c}{T_{güneş}} \right] \quad (15)$$

4.3.4. İkinci yasa verimi

Sistemlerin termodinamik analizleri yapılırken genel olarak birinci yasa verimi kullanılarak enerji dengesi denklemleri ile verim hesaplanmaya çalışılır, ancak hesaplanan bu verim gerçekte alınabilecek maksimum verime yaklaşamaz. Bu yüzden ikinci yasa verimi kullanılır. İkinci yasa verimi şu şekilde hesaplanır;

$$\eta_2 = \frac{\text{Elde edilen ekserji}}{\text{Sağlanan ekserji}} \quad (16)$$



5. TERMODİNAMİK ANALİZİ

Sistemde bulunan parabolik güneş kollektörü sayesinde güneşten gelen ışınlar yansıtıcılar üzerinden, kollektörün odak noktasında bulunan vakumlu tüpe yansıtılarak tüpün içindeki sıvının ısınmasını sağlayacaktır. Isınan sıvı buharlaşarak tüpün üst kısmına gelip depo içerisinde bulunan ITS'ye ısı vererek yoğunlaşır ve damlacıklar halinde tekrardan ısınmak üzere vakum tüpünün alt kısmına geri dönmektedir. Depo sıcaklığı sensörler tarafından kontrol edilerek istenilen düzeye geldiğinde sistemde bulunan pompa yardımıyla iletimi sağlanacaktır. Parabolik kollektör ve sistemde bulunan pompalar için enerji denklemleri Çizelge 4.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 : Termodinamik denklemler

	Kütlenin Korunumu	Enerjinin Korunumu
Pompa 1	$m_{itsg} - m_{itsç} = 0$	$m_{itsg} \times h_{itsg} - m_{itsç} \times h_{itsç} + W_{p1} = 0$
Depolama Tankı	$m_{itsg} - m_{itsç} = 0$ $m_{pcmg} = m_{pcmç}$ (Parafin)	$(m_{itsg} \times h_{itsg}) + (m_{pcmg} \times h_{pcmg} - m_{itsç} \times h_{itsç} - m_{pcmç} \times h_{pcmç}) + Q_d = 0$
Fırın	$m_{itsg} - m_{itsç} = 0$	$m_{itsg} \times h_{itsg} - m_{itsç} \times h_{itsç} + Q_o = 0$

Sistemde bulunan sıcaklık sensörleri ile pompalar ve vanalar yönlendirilmektedir. İhyaca göre ısı transfer sıvısı depolama tankına enerji depolamak için gönderilir ya da fırın kullanımı için pişirme bölümüne pompalanır. Depolama tankı ve fırın için kurulan enerji denklemleri yine Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Pompa, depolama tankı ve fırın için düzenlenen ekserji denklemleri aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.2 : Sistem elemanlarının entropi ve ekserji denklemleri

	Entropi	Ekserji Yok Oluşu
Pompa 1	$m_{itsg} \times S_{itsg} - m_{itsç} \times S_{itsç} + S_{p1} = 0$	$m_{itsg} \times \epsilon_{itsg} + W_{p1} - m_{itsç} \times \epsilon_{itsç} - Ex_{,p1} = 0$
Depolama Tankı	$m_{itsg} \times S_{itsg} + m_{pcmç} \times S_{pcmç} - m_{itsç} \times S_{itsç} - m_{pcmç} \times S_{pcmç} + S_d = 0$	$m_{itsg} \times \epsilon_{itsg} + (1 - (Tç/Tk))Q + m_{pcmç} \times \epsilon_{pcmç} - m_{itsç} \times \epsilon_{itsç} - Ex_{,d} = 0$
Fırın	$S_{fırın} = Q_{fırın}/T_{its}$	$m_{itsg} \times \epsilon_{itsg} + (1 - (Tç/Tpk))Q - m_{itsç} \times \epsilon_{itsç} - Ex_{,o} = 0$

Sistem elemanları için hesaplanan ikinci yasa verim denklemleri Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3 : Sistem elemanlarının ikinci yasa verimi

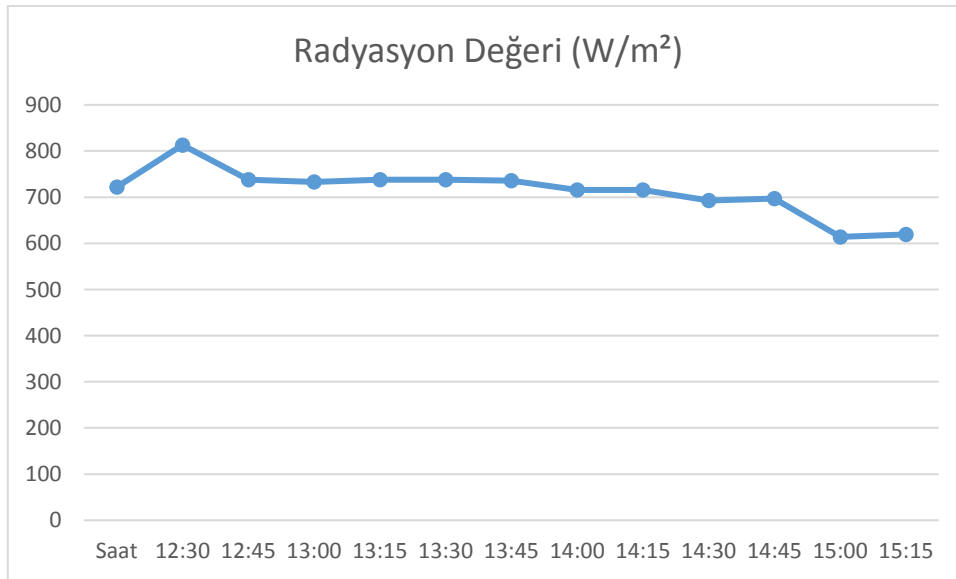
	2. Yasa Verimi
Pompa 1	$\eta_{up1} = (m_{itsç} \times \epsilon_{itsç} - m_{itsg} \times \epsilon_{itsg}) / W_{p1}$
Depolama Tankı	$\eta_{ud} = (m_{itsç} \times \epsilon_{itsç} - m_{itsg} \times \epsilon_{itsg}) / Ex_d$
Fırın	$\eta_{uo} = (m_{itsç} \times \epsilon_{itsç} - m_{itsg} \times \epsilon_{itsg}) / Ex_o$

6. DENEY ve ÖLÇÜMLER

Sistem tasarlanan ölçülerde hazırlanıp kollektörün ve fırının performansı, 20.09.2021 tarihinde bir gün boyunca incelenmiştir. Deney esnasında ortam sıcaklığı, rüzgar hızı, güneş rasyasyonu fırın sıcaklığı ve depo sıcaklığı sürekli olarak ölçülüp veriler kaydedilmiştir. Deney günü ortalama ortam sıcaklığı 36 °C, ortalama rüzgar hızı ise 0,3 m/s olarak hesaplanmıştır. Parabolik kollektör verimi hesaplanırken denklem 17'den yararlanılmıştır.

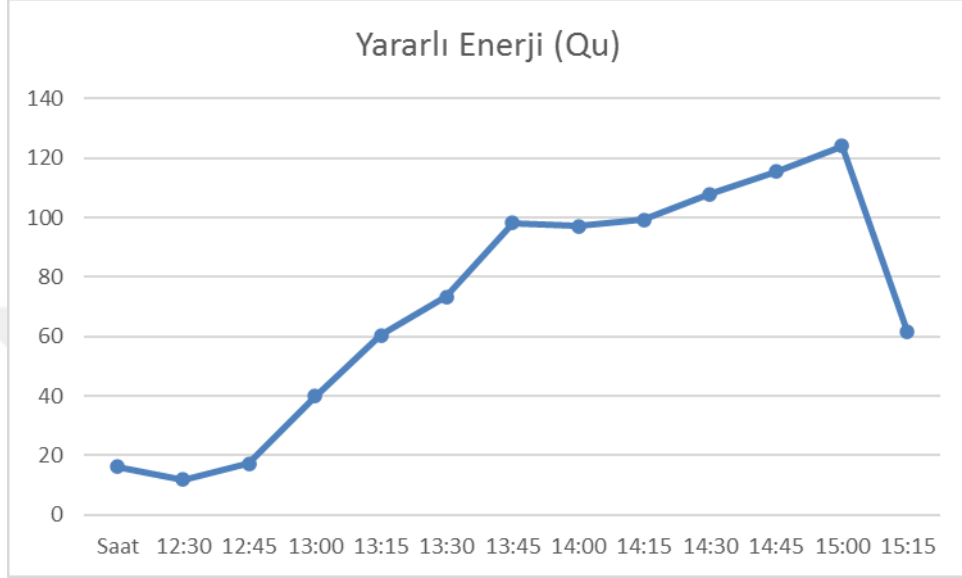
$$\eta = \frac{Q_u}{Q_c} = \frac{m \times c \times (T_{\text{çıkış}} - T_{\text{giriş}})}{A_c \times I_c} \quad (17)$$

Deney düzeneği saat 10:00'da kurulmuş ancak düzeneğin üzerine saat 12:26'da güneş ışınları düşmüştür. Bu yüzden ölçümlere 12:26'da başlanmıştır. Ortam sıcaklığı 31 °C, rüzgar hızı 0,9 m/s, depo sıcaklığı 34 °C ve fırın sıcaklığı 40 °C olarak ölçülmüştür. Düzeneğin üzerine güneş ışınları saat 16:58'e kadar gelmiştir.



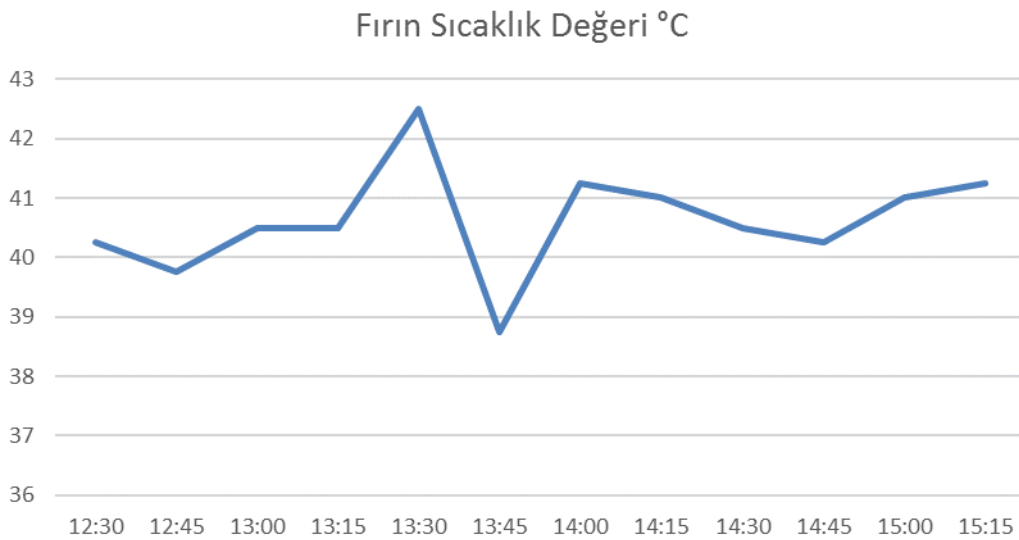
Şekil 6. 1 : Deney günü radyasyon değerinin zamana bağlı değişimi

16:58'de ölçülen değerler de fırın sıcaklığı 63 °C ve depo sıcaklığı 65 °C'ye ulaşmıştır. Sistem üzerinde ki son ölçüm saat 17:30'da yapılmıştır. Deney düzeneğinde saat 15:15'e kadar rezistans devreye girmemiştir. Yalnızca güneşten gelen ışınlar ile ölçümler yapılmıştır. Gerçekleştirilen ölçüm sırasında rezistans kullanımı olmadan alınan en iyi değerler saat 15:00 civarındadır.



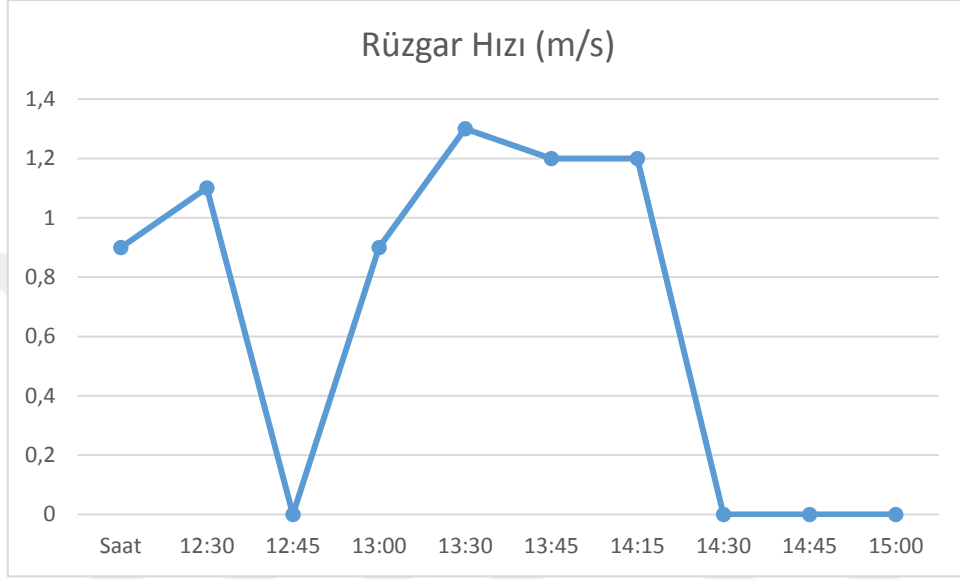
Şekil 6. 2 : Yararlı enerji değerinin zamana bağlı değişimi

Burada Şekil 6.3'te de fırın sıcaklığının zamana bağlı değişimi verilmiştir.



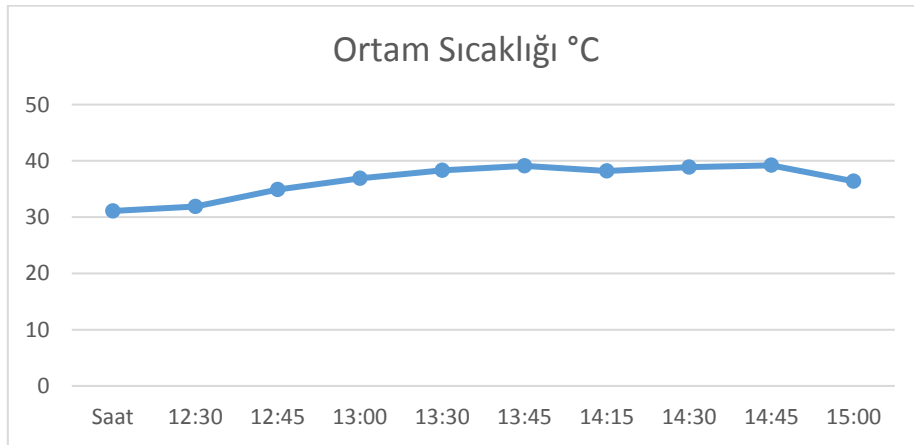
Şekil 6. 3 : Fırın sıcaklığının zamana bağlı olarak değişimi

Kollektör verimi güneş enerjisinden alınan yararlı enerji ile doğru orantılıdır. Şekil 6.1’de güneş ışınlarından elde edilen yararlı enerji deney saatinin başlangıcından sonuna kadar her 15 dakika için hesaplanmıştır ve güneş radyasyon değerleri de her 15 dakikada bir ölçülüp yazılmıştır. Saat 15:00 da yararlı enerji değeri en yüksek değerine (0.12kW) ulaşmıştır. Yararlı enerjinin en üst seviyesine ulaştığı (0.34) değerinde sistemde rezistans devreye girmiştir.



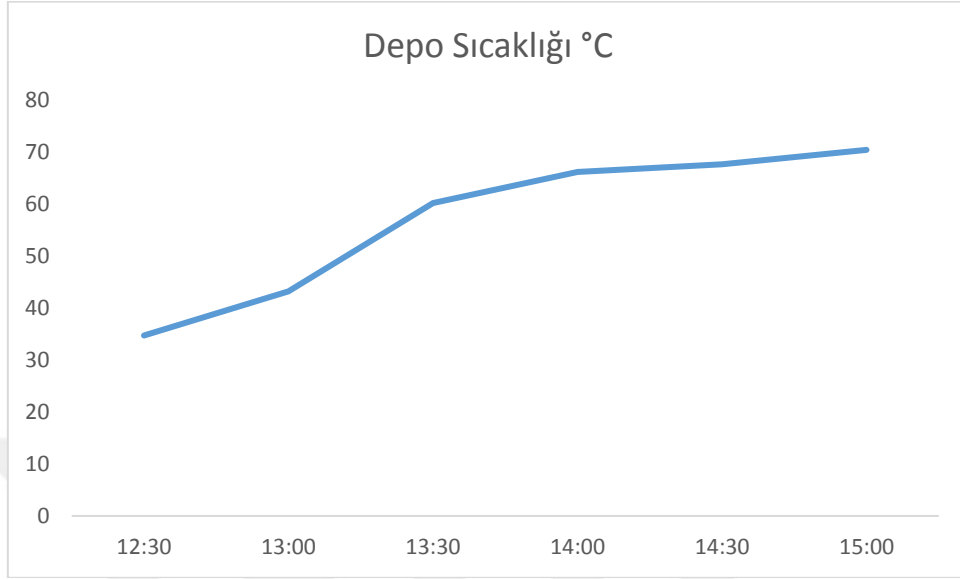
Şekil 6. 4 : Deney günü rüzgar hızı değerleri

Şekil 6.4’de ve Şekil 6.5’te her 15 dakikada bir ölçülen ortam sıcaklığı ve rüzgar hızı değerleri verilmiştir. Deney gününde rüzgar hızının düşük olması deneyi pozitif yönde etkilemiştir.



Şekil 6. 5 : Deney günü ortam sıcaklığı değerleri

Vakum tüpündeki güneş inmnn absorblanmas ile oluşan termal enerjinin depolama tank içindeki ITS'ye etkisi Şekil 6.6'da verilmiŖtir.



Şekil 6. 6 : Depo sıcaklığının zamana bağlı değişimi

Güneş inm değerleri arttıkça depo tank içindeki ITS'nin sıcaklık değeride artmaktadır. Bu çalışmada, vakum tüplü güneş kolektörünün verimliliği %22.2 olarak llmŐtir. FDM'li bir güneş ocağı, FDM'siz bir güneş ocağına kıyasla ısıtma süresini %15'e kadar azaltır (Omara ve Diğ. 2020). Faz değerstiren malzeme, inm değer 14:00'ten 15:00'e düŐtüđünde termal etkisiyle tank içindeki sıcaklığı dengelemiŐtir. Bu çalışmada elementlerin çevreye olan ısı kayıpları ihmal edilmiştir.

7. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, parabolik bir reflektörün odağına yerleştirilen vakum tüpünde elde edilen termal ısınının kullanıldığı bir güneş fırını önerildi. Bu temal ısı ITS ile aktarıldığından farklı bir konumda ve kapalı bir ortamda pişiricinin kullanılmasına imkan sağlamıştır. Tank içerisinde depolanan ITS nin ısısını değişken hava koşullarında da muhafaza edebilmesi için organik bir faz değiştirici material olarak parafin kullanılmıştır. Güneş fırınının tasarımında FDM kullanmanın en önemli özelliği, güneş radyasyonunun nispeten düşük olduğu zamanlarda yemek pişirmek için kullanılabilmesidir.

Önerilen güneş fırını düşük maliyetlidir, geri dönüştürülmüş malzemelerden yapılmıştır. Dış ortamda yapılan testlerde özellikle güneş radyasyonun yoğun olduğu saat 13:00 ve 13:15 saatlerinde vakum tüpü güneş kollektörünün verimi %22.2 olarak ölçülmüştür. Ancak, mevcut tasarımın fırın içerisinde yemeklerin pişirilmesinde günün geniş bir kısmında kullanılmak isteniyorsa ikincil bir enerji kaynağına ihtiyaç duymaktadır. Mevcut tasarımın performansını tam olarak değerlendirmek, termal analizleri yapmak ve verileri artırmak ileriki çalışmaların hedefleri arasındadır.



KAYNAKLAR

- Berryman I., Jelley N., Stone R., Dadd M.** (2016). Results From Field Trial Of A Low-Cost Solar Cooker With Novel Concentrator Geometry.
- Chopra K., Tyagi V.V., Pandeyc A.K., Sari A.** (2018). Global advancement on experimental and thermal analysis of evacuated tube collector with and without heat pipe systems and possible applications. Applied Energy, s351-389.
- Çelik S., Kabul A.** (2019). Parabolik Güneş Kollektörü Organik Rankine Çevriminin Enerji ve Ekserji Analizi, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, s410-416
- Dilaver E.** (2014). Kutu Tipinde Güneş Enerjili Fırınlarmın Tasarımı ve Test Edilmesi, Hacettepe Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi.
- Ercoskun G.T., Keskin A., Gürü M., Altıparmak D.** (2013) Çift Oluklu Parabolik Oluk Tipi Güneş Kollektörünün Tasarımı, İmalatı ve Performansının İncelenmesi, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, Vol 28, No 4, 855-863.
- Erden O.** (2018). İnovatif Güneş Enerjili Pişirici Tasarım Ve Analizi, 2. Uluslararası Mesleki Bilimler Sempozyumu, IVSS 2018
- Esen M., Hazar H., Esen H.,** Experimental Investigation Of A Solar Cooker Using Collector With Heat Pipes, Journal of Engineering and Natural Sciences
- Esen M.** (2004). Thermal Performance Of A Solar Cooker Integrated Vacuum-Tube Collector With Heat Pipes Containing Different Refrigerants, Solar Energy, 751–757
- Garg, H.P., Mullick, S.C. and Bhargava, A.K.** (1985). "Solar thermal energy storage", D. Reidel Publishing Co

- Güngör S. G., Kabul A.** (2015). Sodyum Asetat Trihidratlı Güneş Enerjili Isıtma Sisteminin Performans Analizi, S.Ü. Müh. Bilim ve Tekn. Derg., s 4
- Hale, D.V., Hoover, M.J., and O'Neill, M.J.** (1971). " Phase change materials", Hand Book, Marshal Space Flight Center, Alabaa.
- Harmim A., Belhamel M., Boukar M., Amar M.** (2010). Experimental Investigation Of A Box-Type Solar Cooker With A Finned Absorber Plate, Energy, 3799-3802
- Hiran, S., Suwondo, A., Mansoori, G.** (1994). "Characterization of alkanes and paraffin waxes for application as phase change energy storage medium", Energy Sources, 16, 117-128.
- Hosseinzadeh, M., Faezian, A., Mirzababae, S. M., & Zamani, H.** (2020). Parametric analysis and optimization of a portable evacuated tube solar cooker. Energy, 194, 116816.
- Indora S., Tara C. Kandpal.** (2018). Institutional and community solar cooking in India using SK-23 and Scheffler solar cookers: A financial appraisal.
- Kalogirou S. A.** (2004). Solar Thermal Collectors and Applications, Progress in Energy and Combustion Science , s 231-395
- Karadağ Y.,** (2007). Muğla Şartlarında Güneş Pişiricilerinin Isıl Test İşlemleri, Muğla Üniversitesi
- Kartal Y.** (2007) Parabolik Yansıtıcı Yüzeyle Yoğunlaştırıcı Güneş Kollektörü Tasarımı, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi,
- Kumaresan G., Vigneswaran V.S., Esakkimuthu S., Velraj R.** (2016). Performance Assessment Of A Solar Domestic Cooking Unit Integrated With Thermal Energy Storage System, Journal of Energy Storage, 70-79.
- Lane, G.** (1983). "Latent heat materials", Volume 1, CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Maria E.V.Silva, K. Schwarzer, M. R. Queiroz Medeiros.** (2002). Experimental Results of a Solar Cooker with Heat Storage.

- Mbodji N., Hajji A.** (2005). Modeling, Testing, And Parametric Analysis Of A Parabolic Solar Cooking System With Heat Storage For Indoor Cooking, Sustainability and Society, 2017, s 13705, Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi.
- Muthusivagami, R. M., Velraj, R., & Sethumadhavan, R.** (2010). Solar cookers with and without thermal storage a review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14(2), 691-701.
- Nyahoro P.K., Johnson R.R., Edwards J.** (1997). Simulated Performance Of Thermal Storage In A Solar Cooker, Solar Energy, 11-17
- Omara, A. A., Abuelnuor, A. A., Mohammed, H. A., Habibi, D., & Younis, O.** (2020). Improving solar cooker performance using phase change materials: A comprehensive review. Solar Energy, 207, 539-563.
- Özcan S.** (2015). Güneş Enerjili Pişirici Tasarımı, İmalatı ve Deneysel Olarak İncelenmesi, Karabük Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi.
- Özdemir B.** (2018). Güneş Enerjisi Kaynaklı Ev Tipi Trijenerasyon Sisteminin Termodinamik Analizi, Süleyman Demirel Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi.
- Özgiressun C.** (2017). TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Türkiye Enerji Görünümü.
- Öztürk H.** (2004). Experimental Determination Of Energy And Exergy Efficiency Of The Solar Parabolic-Cooker, Solar Energy, 67–71
- Panwara N.L., Kaushik S.C., Surendra Kothari.** (2012). State of the art of solar cooking: An overview.
- Polatçı H.,Yıldız A.K.** (2016). Güneş Takip Sistemli Bir Güneş Enerjili Pişirici Geliştirilmesi ve Performansının Belirlenmesi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 137-142
- Sharma D., Kitano H., Sagara K.** (2004). Phase Change Materials for Low Temperature Solar Thermal Applications. Department of Architectural Engineering, 29, 31-64

- Singh H., Gagandeep, Saini K., Yadav A.** (2015). Experimental comparison of different heat transfer fluid for thermal performance of a solar cooker based on evacuated tube collector, *Environ Dev Sustain*, 17, s 497-511.
- Sun, X., Liu, L., Mo, Y., Li, J., & Li, C.** (2020). Enhanced thermal energy storage of a paraffin-based phase change material (PCM) using nano carbons. *Applied Thermal Engineering*, 181, 115992.
- Schwarzer K., Silva M.E.** (2003). Solar cooking system with or without heat storage for families and institutions, *Solar Energy* 75 35–41
- Saxena, A., Pandey, S. P., & Srivastav, G.** (2011). A thermodynamic review on solar box type cookers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(6), 3301-3318.
- Susantez Ç., Kahveci K., Akyol E.** (2018). Faz Değiştiren Malzeme İçeren Silindirik Bir Isıl Enerji Deposunda Kanatçık Sayısı, Kalınlığı ve Üniform Olmayan Kanatçık Dağılımının Isıl Enerji Depolama Karakteristiğı Üzerindeki Etkileri, *Fırat Üniv. Müh. Bil. Dergisi*, 225-237
- Tanık Ö.** (2012). Değışik Tiplerde Tasarımı ve İmalatı Yapılan Güneş Ocaklarının Performanslarının Deneysel Olarak İncelenmesi, Gazi Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi
- Thirugnanam, C., Karthikeyan, S., & Kalaimurugan, K.** (2020). Study of phase change materials and its application in solar cooker. *Materials Today: Proceedings*, 33, 2890-2896.
- Variyenli H.İ., Özdemir M., Kaçmaz H., Kılıç F.** (2014). Farklı Tipteki Güneş Ocaklarının Tasarımı, İmalatı ve Performanslarının Deneysel İncelenmesi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 333-342
- Yüksel N., Avcı A.** (2013). Gizli Isı Depolamalı Kutu Tipi Güneş Fırınının Deneysel Olarak Karşılaştırılması, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*.
- Zhao Y., Zheng H., Sun B., Li C., Wu Y.** (2018). Development And Performance Studies Of A Novel Portable Solar Cooker Using A Curved Fresnel Lens Concentrator, *Solar Energy*, 263-272

Xia, L., Zhang, P., & Wang, R. Z. (2010). Preparation and thermal characterization of expanded graphite/paraffin composite phase change material. *Carbon*, 48(9), 2538-2548.

[1]<<https://www.gercekbilim.com/gosun-gunes-mangali-ile-yemegi-10-dakikada-pisirmek-mumkun/>>, Alındığı tarih: 22.12.2020

[2](t.y.).Wikipedia<[https://tr.wikipedia.org/wiki/T%C3%BCrkiye%27de_g%C3%BCne%C5%9F_enerjisi#GEPA_\(G%C3%BCne%C5%9F_Enerjisi_Potansiyel_Atlas%C4%B1\)](https://tr.wikipedia.org/wiki/T%C3%BCrkiye%27de_g%C3%BCne%C5%9F_enerjisi#GEPA_(G%C3%BCne%C5%9F_Enerjisi_Potansiyel_Atlas%C4%B1))>, Alındığı tarih: 19.03.2021

[3] <<https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-gunes>>, Alındığı tarih: 20.03.2021

[4]<<https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/ozcanh/71124/GUNES%20ENERJISI-I.pdf>>, Alındığı tarih: 19.10.2021

[5]<<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=undefined&m=ISTANBUL>>, Alındığı tarih:30.10.2021

[6] <https://www.enerjiatlas.com/gunes-enerjisi-haritasi/turkiye>

[7] <http://www.alternaturk.org/gunesocagiresim.php>

[8] <https://www.gercekbilim.com/gosun-gunes-mangali-ile-yemegi-10-dakikada-pisirmek-mumkun/>

[9] https://www.alibaba.com/product-detail/Solar-water-heater-1-8m-vaccum_60810449647.html

[10] <https://fendersi.wordpress.com/2008/09/23/parabolik-kolektor/>

[11] <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/pages/34.aspx>

[12] <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/pages/34.aspx>

[13] <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/pages/34.aspx>

[14] <https://repa.enerji.gov.tr/REPA/>

[15] <https://turkish.alibaba.com/product-detail/disk-surface-parabolic-solar-cooker-750341379.html>



