

**ZORLANMIŞ DOLAŞIMLI ENDİREKT ISITMALI  
POMPASIZ GÜNEŞ ENERJİLİ  
SU ISITMA SİSTEMİ**

**2012  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNE EĞİTİMİ**

**Şener ÇİNKAYA**

**ZORLANMIŞ DOLAŞIMLI ENDİREKT ISITMALI POMPASIZ  
GÜNEŞ ENERJİLİ SU ISITMA SİSTEMİ**

**Şener ÇİNKAYA**

**Karabük Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Makine Eğitimi Anabilim Dalında  
Yüksek Lisans Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK**

**Eylül 2012**

Şener ÇINKAYA tarafından hazırlanan “ZORLANMIŞ DOLAŞIMLI ENDİREKT ISITMALI POMPASIZ GÜNEŞ ENERJİLİ SU ISITMA SİSTEMİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. İlhan CEYLAN

Tez Danışmanı, Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 21/09/2012

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Mehmet ÖZKAYMAK (K.B.Ü.)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Erdoğan KILIÇASLAN (K.B.Ü.)

Üye : Yrd. Doç. Dr. İlhan CEYLAN (K.B.Ü.)

...../...../2012

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nizamettin KAHRAMAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

Şener ÇİNKAYA

## **ÖZET**

**Yüksek Lisans Tezi**

### **ZORLANMIŞ DOLAŞIMLI ENDİREKT ISITMALI POMPASIZ GÜNEŞ ENERJİLİ SU ISITMA SİSTEMİ**

**Şener ÇİNKAYA**

**Karabük Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Makine Eğitimi Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı:**

**Yrd. Doç. Dr. İlhan CEYLAN**

**Eylül 2012, 58 sayfa**

Fosil yakıtların potansiyelinin giderek azalması, gerek enerji üretimindeki maliyetlerin fazla olması sonucunda, bu enerji kaynaklarına alternatif olan güneş enerjisinden günden güne daha çok faydalanılmaktadır. Güneş enerjisi ile sıcak su üretimi Ülkemizde en yaygın kullanılan sistemlerden biridir. Bu tez çalışmasında güneş enerjili sıcak su üretim sistemlerini sıcaklık kontrollü hale getirerek sistem verimlerinin artırılması amaçlanmıştır. Bunun için sıcaklık kontrollü bir güneş enerjili su ısıtma sistemi tasarlanmış 40 °C, 45 °C, 50 °C, 55 °C ve 60 °C yapılan deneyler sonucunda sistem verimi hesaplanarak, grafiklerle yorumlanmıştır.

**Anahtar Sözcükler** : Güneş enerjisi, enerji, sıcaklık kontrolü.

**Bilim Kodu** : 708.3.015

## **ABSTRACT**

**M.Sc. Thesis**

### **PRESSURED CIRCULATING INDIRECTLY HEATED PUMPLESS SOLAR WATER HEATING SYSTEM**

**Şener ÇİNKAYA**

**Karabük University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Mechanical Education**

**Thesis Advisor:**

**Assist. Prof. Dr. İlhan CEYLAN**

**September 2012, 58 page**

Decreasing of fossil fuels potentials and increasing energy production costs, solar energy, which alternative energy sources, are more benefiting from day to day. Production of hot water with solar energy systems is one of the most widely used in our country. In this study, the aim is increase efficiency of solar water heating systems by converting to a temperature-controlled solar water heating systems. This solar water-heating system is designed for a temperature-controlled at 40 ° C, 45 ° C, 50 ° C, 55 ° C and 60 ° C as a result of experiments are calculated efficiency of the system, is interpreted graphically.

**Key words** : Solar energy, energy, temperature control.

**Science Code** : 708.3.015

## TEŞEKKÜR

Bu tez alıőmasının planlanmasında, araőtırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda her türlü ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım Yrd. Doç. Dr. İlhan CEYLAN'a, deneylerim boyunca yanımda durarak bana destek veren Mecit Kudret YAKUPOğLU'na ve tezin yazımında yardımlarını esirgemeyen Mustafa KORKMAZ'a sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Eğitim öğretim ve bütün hayatım boyunca maddi manevi hiçbir yardım ve desteklerini esirgemeyen annem Ayőe ÇİNKAYA'ya, babam Muhammet ÇİNKAYA'ya ve aileme teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET .....	iv
ABSTRACT .....	v
TEŞEKKÜR .....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
BÖLÜM 1. ....	1
GİRİŞ .....	1
1.1. ÇALIŞMANIN AMACI VE ÖNEMİ .....	5
1.2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	6
BÖLÜM 2.....	12
GÜNEŞ ENERJİLİ SICAK SU HAZIRLAMA SİSTEMLERİ .....	12
2.1. GÜNEŞ ENERJİLİ SU ISITMA SİSTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI.....	12
2.1.1. Doğal Dolaşımli Açık Sistemler .....	13
2.1.1.1. Direkt Isıtmalı Açık Sistemler .....	15
2.1.1.2. Endirekt Isıtmalı Açık Sistemler .....	15
2.1.1.3. Endirekt Isıtmalı Isı Borulu Sistemler .....	15
2.1.1.4. Isı Borusunun Tarihçesi .....	16
2.1.1.5. Isı Borulu Sistemler .....	17
2.1.1.6. Isı Borusunun Özellikleri Ve Çalışma Akışkanları .....	18
2.1.2. Doğal Dolaşımli Kapalı Sistemler .....	20
2.1.2.1. Direkt Isıtmalı Kapalı Sistemler.....	20
2.1.2.2. Vakum Tüplü Sistemler .....	22
2.1.2.3. Endirekt Isıtmalı Kapalı Sistemler .....	23



	<b><u>Sayfa</u></b>
2.1.3. Zorlanmış Dolaşimli Sistemler .....	24
2.1.3.1. Endirekt Isıtmalı Zorlanmış Dolaşimli Sistemler .....	25
2.1.4. Hibrit Sistemler .....	26
BÖLÜM 3 .....	27
GÜNEŞ ENERJİLİ SICAK SU ÜRETİM SİSTEMLERİ VE ISIL ANALİZİ.....	27
3.1. ZORLANMIŞ DOLAŞIMLI ENDİREKT ISITMALI POMPASIZ GÜNEŞ ENERJİLİ SU ISITMA SİSTEMİ.....	27
3.2. GÜNEŞ ENERJİLİ SICAK SU ÜRETİM SİSTEMLERİNİN ISIL ANALİZİ .....	28
BÖLÜM 4 .....	30
ZORLANMIŞ DOLAŞIMLI ENDİREKT ISITMALI POMPASIZ GÜNEŞ ENERJİLİ SU ISITMA SİSTEMİNİN TASARIMI VE İMALATI .....	30
4.1. DENEYSİSTEMİNİN TASARIMI.....	30
4.2. DENEY SİSTEMİNİN İMALATI .....	33
4.2.1. Isı Borularının Yapımı.....	33
4.2.2. Sıcak Su Deposu .....	34
4.2.3. Ölçüm Cihazlarının Bağlanması .....	34
4.2.4. Proses Kontrol Cihazı.....	34
4.2.5. Sıcaklık Ölçüm Cihazı.....	34
BÖLÜM 5.....	35
DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA .....	35
5.1. GÜNEŞ İŞİNİMİ VE KULLANMA SUYU SICAKLIKLARININ DEĞİŞİMİ .....	35
5.2. VERİMSSEL ANALİZ .....	41
BÖLÜM 6.....	44
SONUÇ VE ÖNERİLER .....	44
KAYNAKLAR.....	45
ÖZGEÇMİŞ.....	48

	<b><u>Sayfa</u></b>
EK AÇIKLAMALAR A. 9 AĞUSTOS 2011 TARİHLİ SICAKLIK KONTROLLÜ SİSTEM DENEY SONUÇLARI .....	49
EK AÇIKLAMALAR B. 10 AĞUSTOS 2011 TARİHLİ SICAKLIK KONTROLLÜ SİSTEM DENEY SONUÇLARI .....	51
EK AÇIKLAMALAR C. 14 AĞUSTOS 2011 TARİHLİ SICAKLIK KONTROLLÜ SİSTEM DENEY SONUÇLARI .....	53
EK AÇIKLAMALAR D. 16 AĞUSTOS 2011 TARİHLİ SICAKLIK KONTROLLÜ SİSTEM DENEY SONUÇLARI .....	55
EK AÇIKLAMALAR E. 17 AĞUSTOS 2011 TARİHLİ SICAKLIK KONTROLLÜ SİSTEM DENEY SONUÇLARI .....	57

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 1.1. Güneşten gelen ışınımın dağılımı.....	2
Şekil 1.2. Direkt ısıtılmalı sistemin şeması .....	10
Şekil 1.3. Etanolle çalışan ısı borulu, güneşli su ısıtıcısı .....	11
Şekil 2.1. Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin sınıflandırılması .....	12
Şekil 2.2. Doğal dolaşimli direkt ısıtılmalı açık sistem .....	13
Şekil 2.3. Doğal dolaşimli endirekt ısıtılmalı açık sistem.....	14
Şekil 2.4. Isı borusu .....	16
Şekil 2.5. Basit ısı borulu sistemin şeması.....	18
Şekil 2.6. Doğal dolaşimli direkt ısıtılmalı kapalı sistem .....	21
Şekil 2.7. Vakum tüp .....	22
Şekil 2.8. Endirekt ısıtılmalı kapalı sistem.....	24
Şekil 2.9. Endirekt ısıtılmalı zorlanmış dolaşimli sistemler.....	25
Şekil 4.1. Isı borulu güneş kolektörünün çatıya montajı.....	31
Şekil 4.2. Isı borulu güneş kolektörünün önden görünüşü.....	31
Şekil 4.3. Zorlanmış dolaşimli endirekt ısıtılmalı pompasız güneş enerjili su ısıtma sistemi.....	32
Şekil 4.4. Zorlanmış dolaşimli endirekt ısıtılmalı pompasız güneş enerjili su ısıtma sisteminin bağlantı şeması.....	32
Şekil 4.5. Isı borusunun birleştirilmiş hali .....	34
Şekil 5.1. 40°C’de depo suyu sıcaklıkları .....	36
Şekil 5.2. 40°C’de sıcaklık kontrollü sistemin güneş radyasyon değerleri .....	36
Şekil 5.3. 45 °C’de depo suyu sıcaklıkları .....	37
Şekil 5.4. 45 °C’de sıcaklık kontrollü sistemin güneş radyasyon değerleri .....	37
Şekil 5.5. 50 °C’de depo suyu sıcaklıkları .....	38
Şekil 5.6. 50 °C’de sıcaklık kontrollü sistemin güneş radyasyon değerleri .....	38
Şekil 5.7. 55 °C’de depo suyu sıcaklıkları .....	39
Şekil 5.8. 55 °C’de sıcaklık kontrollü sistemin güneş radyasyon değerleri .....	39
Şekil 5.9. 60 °C’de depo suyu sıcaklıkları .....	40

**Sayfa**

Şekil 5.10. 60 °C’de sıcaklık kontrollü sistemin güneş radyasyon değerleri .....	40
Şekil 5.11. 40 °C’de sıcaklık kontrollü sistemin verimi .....	41
Şekil 5.12. 45°C’de sıcaklık kontrollü sistemin verimi .....	42
Şekil 5.13. 50 °C’de sıcaklık kontrollü sistemin verimi .....	42
Şekil 5.14. 55 °C’de sıcaklık kontrollü sistemin verimi .....	43
Şekil 5.15. 60 °C’de sıcaklık kontrollü sistemin verimi .....	43

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa</u></b>
Çizelge 4.1. Zorlanmış dolaşımli indirekt ısıtmalı pompasız güneş enerjili su ısıtma sisteminin teknik özellikleri.....	33
Çizelge EK A.1. 9 Ağustos tarihli sıcaklık kontrollü sistem deney sonuçları.....	50
Çizelge EK B.1. 10 Ağustos tarihli sıcaklık kontrollü sistem deney sonuçları.....	52
Çizelge EK C.1. 14 Ağustos tarihli sıcaklık kontrollü sistem deney sonuçları.....	54
Çizelge EK D.1. 16 Ağustos tarihli sıcaklık kontrollü sistem deney sonuçları.....	56
Çizelge EK E.1. 17 Ağustos tarihli sıcaklık kontrollü sistem deney sonuçları.....	58

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

$T$	: Sıcaklık (°C)
$C_{pw}$	: Suyun özgül ısısı (kJ/kg °C)
$A$	: Kollektör yüzey alanı (m <sup>2</sup> )
$I$	: Güneş radyasyonu (Ws/m <sup>2</sup> )
$Q_w$	: Toplam enerji (kJ)
$W_{pce}$	: Proses kontrol cihazının gücü (W)
$W_{sv}$	: Selenoid valfin gücü (W)
$\eta$	: Verim
$T_{f,t}$	: Depo suyu sıcaklığı (°C)
$T_{i,t}$	: Suyun kollektöre giriş sıcaklığı (°C)
$T_{i,b}$	: Suyun kolektörden çıkış sıcaklığı (°C)

### KISALTMALAR

SC	: Güneş kollektörü
GESIS	: Güneş enerjili sıcak su sistemleri
GESKS	: Güneş enerjili sıcaklık kontrollü sistem
DMİ	: Devlet meteoroloji işleri
EİE	: Elektrik idaresi etüt işleri

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Hızlı kentleşme, endüstrileşme ve nüfus artışının sebep olduğu enerji kullanımındaki artış, insanları değişik enerji kaynaklarına yönelmeye zorlamaktadır. Güneş enerjisi bu arayış içerisinde, ele alınan ve üzerinde yoğun araştırmalar yapılan bir enerji kaynağı olarak ortaya çıkmaktadır. Bu enerji kaynağından faydalanmanın çeşitli yolları ve nasıl depo edileceği araştırılmaktadır. Günümüzde güneş enerjisi elektrik üretimi, ısıtma, damıtma, kurutma, soğutma vb. amaçlar için kullanılmaktadır [1-3].

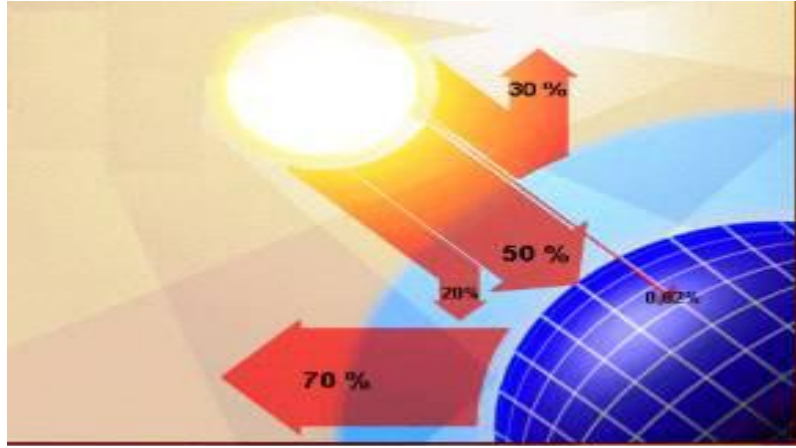
Güneş enerjisi, son yıllarda yenilenebilen enerji kaynakları içinde, üzerinde en çok çalışılan olmuştur. Güneş, dünyamıza ve diğer gezegenlere enerji veren büyük bir enerji kaynağıdır. Bitkiler, canlı doku üretmek ve besin yapabilmek (fotosentez) için güneş enerjisinden faydalanır. Kömür ve bitki artıklarından petrol meydana gelmesi de güneş enerjisi sayesinde gerçekleşmektedir.

Dünya için sonsuz bir enerji kaynağı kabul edilen güneşten, bir yılda dünyaya aktarılan enerji, dünyadaki mevcut kömür rezervlerinin sahip olduğu enerjinin 150 katından fazladır. Bu temiz ve tükenmez enerji kaynağından olabildiğince faydalanma fikri, ülkemizin de içinde bulunduğu ve “Güneş Kuşağı” olarak tabir edilen 45° kuzey ve güney enlemleri arasındaki ülkeler başta olmak üzere, bütün dünyanın ilgisini çekmiştir [4].

Yeryüzünden, 151,106 km uzaklıkta bulunan güneş, nükleer yakıtlar dışında, dünyada kullanılan bütün yakıtların ana kaynağıdır. İçerisinde, sürekli olarak hidrojenin helyuma dönüştüğü füzyon reaksiyonları gerçekleşmekte ve oluşan kütle farkı ısı enerjisine dönüşerek uzaya yayılmaktadır. Ancak, bu enerjinin çok küçük bir kısmı yeryüzüne ulaşmaktadır. Atmosferin dış yüzeyine ulaşan enerji 173,1014 kW değerindeyken, yeryüzüne ulaşan değer 1395 kW düşmektedir. Yeryüzüne ulaşabilen ısınının değerinin bu kadar düşük olmasının sebebi, atmosferdeki CO<sub>2</sub>, su buharı ve

ozon gibi gazların ışınımı emmeleri ve kat ettiği yolun uzunluğudur. Dış yüzey sıcaklığı 6000 K olarak kabul edilen ve bilinen en büyük yıldız olan güneşin yaydığı ışınımın yeryüzüne ulaşabilen miktarı % 70 kadardır. Bu eksilmeler ortaya çıkmadan önce, atmosferin dışında ışınım değeri  $1367 \text{ W/m}^2$ 'dir ve bu değer "güneş sabiti" olarak alınır. Pratik olarak, yeryüzüne ulaşan güneş ışınımı değeri  $1000 \text{ W/m}^2$  olarak kabul edilmektedir [5].

Güneş, hidrojen ve helyum gazlarından oluşan orta büyüklükte bir yıldızdır. Dünya ile Güneş arasındaki mesafe 150 000 000 km dir. Dünya'ya güneşten gelen enerji, Dünya'da bir yılda kullanılan enerjinin 20 bin katıdır. Sıcaklığı merkeze doğru artar ve  $20 \times 10^6 \text{ }^\circ\text{C}$ 'yi bulur. Yüzey sıcaklığı ise 6000 K'dir [6]. Dünyaya gelen güneş ışınımının dağılımı Şekil 1.1'de görülmektedir.



Şekil 1.1. Güneşten gelen ışınımın dağılımı.

Türkiye güneş enerjisi açısından yer kürede şanslı bir konumda yer almaktadır. Yapılan ölçümlere göre Türkiye'nin % 63'ünde 10 ay, % 17'sinde 1 yıl boyunca güneş enerjisinden yararlanmak mümkündür [6]. Türkiye'nin yıllık güneşlenme süresi ortalama olarak 2640 saat civarındadır [7]. Bu yüzden konutlarda sıcak su sağlamak amacıyla kullanılan düz yüzeyli güneş kolektörlerinin kullanımı kırsal alanlarda dahi her geçen gün artmaktadır. Konutlarda sıcak su üretiminde kullanılan düzlemsel güneş kolektörleri güneş enerjisinin, ısı kazanımı uygulamaları içerisinde en yaygın olanıdır. Güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerinin verimleri ortalama % 35 civarındadır [8].



Dünyada güneş enerjisinin önem kazanması 1973'deki dünya enerji krizi ile olmuştur. Günümüzde güneş enerjisinden birçok alanda yararlanılmakta ve her geçen gün faydalanma alanları artmaktadır. Türkiye'de ise, güneş enerjisi konusundaki çalışmalar yenidir. Özellikle 1973 petrol krizinden sonra Türkiye'de de güneş enerjisi ile ilgili çalışmalar yoğunlaşmış ve 1975 yılından sonra güneş enerjisi ile sıcak su sağlayan sistemler yaygınlaşmıştır. Türkiye'nin güney ve batı sahilleri başta olmak tüm bölgelerinde çok sayıda güneş enerjili sıcak su üretme sistemi mevcuttur. Kullanılan güneş enerjili su ısıtma sistemleri farklı yapı ve özellikler göstermekle beraber yapılan yeni çalışmalar ile daha verimli sistemler geliştirilerek bu sistemlerin kullanımları yaygınlaştırılmaya çalışılmaktadır. Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin verim hesaplamalarında çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler arasında depo suyuna aktarılan kullanılabilir enerji miktarının sistem üzerine gelen ışınım miktarına oranının kullanıldığı yöntem kullanım kolaylığı sağlamasından dolayı birçok çalışmada sıklıkla kullanılmaktadır. Bu yöntem ile depo suyu sıcaklığındaki değişim miktarına bağlı olarak elde edilen kullanılabilir enerji miktarı belirlenmektedir. Günümüzde, özellikle petrol fiyatlarının çok hızlı artması, güneş enerjisini gittikçe cazip kılmaktadır. Güneş enerjisinden yararlanan sistemlerin sayısı her geçen gün artmaktadır. Türkiye'de güneş enerjisi konusundaki çalışmalar yenidir. Özellikle 1973 petrol krizinden sonra ülkemizde de güneş enerjisi ile ilgili çalışmalar artmış ve 1975 yılından sonra güneş enerjisi uygulamaları yaygınlaşmıştır. Hemen hemen bütün enerji kaynakları güneş ışınımının maddeler üzerindeki fiziksel ve kimyasal etkisinden meydana gelmektedir. Hidrolik enerji, rüzgâr enerjisi, dalga enerjisi vs. güneş ışınımından dolayı olarak oluşan enerjilerdir. Güneş ışınımının teknolojik toplama ile faydalı enerjiye dönüştürülmesinde ısı veya fotovoltaik esastan yararlanır. Isıl esasa dayanan sistemlerin daha geniş uygulama alanı vardır [9,10].

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. Devlet Meteoroloji İşleri Genel

Müdürlüğünde (DMİ) mevcut bulunan 1966-1982 yıllarında ölçülen güneşlenme süresi ve ışınım şiddeti verilerinden yararlanarak EİE tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti 1,311 kWh/m<sup>2</sup>-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m<sup>2</sup>) olduğu tespit edilmiştir. Türkiye, 110 gün gibi yüksek bir güneş enerjisi potansiyeline sahiptir ve gerekli yatırımların yapılması halinde Türkiye yılda birim metre karesinden ortalama olarak 1,100 kWh'lik güneş enerjisi üretebilir [11-13].

Buna göre genel olarak Türkiye'nin en çok ve en az güneş enerjisi üretilecek ayları sırası ile Haziran ve Aralık olmaktadır. Bölgeler arasında ise öncelikle Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz sahilleri gelmektedir. Güneş enerjisi üretiminin yok denecek kadar az olduğu Karadeniz bölgesi dışında yılda birim metre kareden 1,100 kWh'lik enerji üretilebilir ve toplam güneşli saat miktarı ise 2,640 saattir. Buna göre Türkiye'de toplam olarak yıllık alınan enerji miktarı ise yaklaşık 1015 kW saat kadardır. Ancak, bu değerlerin, Türkiye'nin gerçek potansiyelinden daha az olduğu, daha sonra yapılan çalışmalar ile anlaşılmıştır. 1992 yılından bu yana EİE ve DMİ, güneş enerjisi değerlerinin daha sağlıklı olarak ölçülmesi amacıyla enerji amaçlı güneş enerjisi ölçümleri almaktadırlar [13].

Güneş enerjisinin diğer enerji türlerine göre çok sayıda avantajı mevcuttur.

Bunlar;

- Güneş enerjisi her şeyden önce bol ve tükenmeyen tek enerji kaynağıdır.
- Temiz enerji türüdür; çevreyi kirletici, duman, gaz, karbondioksit, kükürt ve radyasyon gibi atıkları yoktur.
- Yerel uygulamalar için avantajlıdır. Enerjiye ihtiyaç duyulan, hemen hemen her yerde güneş enerjisinden faydalanmak mümkündür.
- Dışa bağlı olmadığından, doğabilecek ekonomik bunalımdan bağımsızdır.
- Birçok uygulaması için karmaşık teknolojiye gerek duyulmamaktadır.
- İşletme masrafları çok azdır.

Güneş enerjisinin yukarıda belirtilen üstünlüklerine rağmen, günümüzde uygulamalarının az oluşunun sebepleri vardır.

Bunlar;

- Yeryüzünde birim yüzeye gelen ortalama güneş ışınımı şiddeti az olduğundan güneş enerjisi uygulamalarının çoğunda büyük yüzeylerin kullanımı gerekir.
- Güneş ışınımı sürekli olmadığından depolama gerekmektedir.
- Enerji ihtiyacının fazla olduğu kış aylarında güneş ışınımı az ve geceleri ise hiç yoktur.
- Güneş ışınımından faydalanan sistemin güneş ışığını sürekli alabilmesi için çevrenin açık olması, gölgelenmemesi gerekir [14].

### **1.1. ÇALIŞMANIN AMACI VE ÖNEMİ**

Çalışmanın amacı, günümüz şartlarında oluşan enerji ihtiyacının neredeyse karşılanamayacak olması sonucunda ortaya çıkan enerji ihtiyacına destek sağlamaktır. Gerek fosil yakıtların potansiyelinin giderek azalması, gerek enerji üretimindeki maliyetlerin fazla olması, bu enerji kaynaklarına alternatif bir kaynak ortaya çıkarmaktır. Kışları ılıman geçen bölgelerde enerji tüketimini minimuma indirmek ve güneşteki enerjiyi kullanarak sıcak su elde etmek amaçlanmaktadır.

Güneş enerjisiyle sıcak su elde etme sistemlerinden, en yüksek verimin ısı borulu sistemlerden elde edilmesi, çalışmanın bu sistem üzerinde yoğunlaşmasını sağlamıştır.

Güneş enerjisinden dünyamızda çeşitli yollarla faydalanılır. Bunlar sıcak su eldesi, elektrik üretimi vb. sistemlerdir. Sıcak su eldesi için bazı sistemlerden faydalanılır. Bunlar ise kollektör denilen özel ekipmanlar yolu ile olur.

Güneş enerjili su ısıtma sistemleriyle ilgili günümüzde birçok farklı tasarımlar yapılmış ve kullanılabilirliği denenmiştir. Bu çalışmada ise zorlanmış dolaşimli endirekt ısıtmalı pompasız güneş enerjili su ısıtma sisteminin tasarımı ve kullanılabilirliği araştırılıp diğer sistemlerle karşılaştırılarak avantajları ve dezavantajları değerlendirilecektir.

## 1.2 . LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatürde güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemleri ile ilgili olarak birçok çalışma bulunmaktadır.

İnsanların güneş enerjisinden faydalanmaları oldukça eski tarihlerde başlamıştır. Socrates (M.Ö 400), evlerin güney yönünde fazla pencere konularak güneş enerjisinden daha çok yararlanılabileceğini belirtmiştir.

Güneş ışınları, asırlardan beri yeryüzüne geldiği halde, faydalanmaya başlama oldukça yenidir. Archimedes (Arşimed)in (M.Ö. 267) iç bükey aynalarla güneş enerjisini odaklayarak Sirakuza'yı kuşatan gemileri yaktığı iddia edilmektedir. Güneş enerjisi konusundaki çalışmalar 1600 yılında Galile'nin merceği bulmasıyla artmıştır. İlk defa Fransa'da, Belidor (1725) tarafından güneş enerjisi ile çalışan bir pompa yapılmıştır. Mouchot, 1860 yılında parabolik aynalar yardımıyla güneş ışınlarını odaklayarak, küçük bir buhar makinası yapmıştır. İlk defa güneş enerjisi ile çalışan, hava çevrimli makinayı, 1868 yılında Ericsson geliştirmiştir. Bu yıllarda güneş enerjisi konusunda çalışmalar yoğunlaşmış, tatlı su elde edilmesi ve güneş ocakları ile ilgili çok sayıda çalışmalar yapılmıştır. Adams, Hindistan'da yedi askerin yemeğini en soğuk ay sayılan Ocak ayında, konik yansıtıcı güneş ocağıyla iki saatte pişirmiştir. Shuman ve Boys, 1913 yılında parabolik aynalar yardımıyla bir buhar üreticisi yapmışlar ve bundan faydalanarak Nil Nehrinden su çeken 50 BG'deki sulama pompasını çalıştırmışlardır.

I. Dünya savaşı sonrasında petrolün önem kazanmasıyla güneş enerjisi üzerindeki çalışmalar araştırma seviyesindeki kalmıştır. Güneş enerjisinin önem kazanması özellikle 1973'deki dünya enerji kriziyle başladı. Petrol fiyatlarının gittikçe artması, buna bağlı olarak da siyasi ve ekonomik çekişmelerin başlaması yeni enerji kaynakları üzerindeki çalışmaları artırmıştır.

Güneşli sıcak su hazırlama sistemlerinde vakum borulu kollektörlerin kullanımı 20. yüzyılın baslarından itibaren kullanılmaya başlanmıştır. 1909 yılında Emmet günümüzde kullanılan çeşitli tiplerdeki vakum tüplü kollektörleri tanıtmıştır. Speyer

vakum tüplü düz yutucu plakalı kollektörlerin yüksek sıcaklıklar için kullanılabileceğini kanıtlamıştır.

Bottum, tarafından R11'li ve glikol-su karışımı sistemlerin karşılaştırmaları yapılmıştır. "Çift Fazlı Korunmuş Bölge Güneşli Su Isıtıcı ile Endirekt Isıtılmalı Güneşli Su Isıtıcı Verimlerinin Karşılaştırılması" adlı çalışmada, çift fazlı sistemde çalışma sıvısı olarak etanol, endirekt sistemde ise çalışma sıvısı olarak su kullanmıştır. Eşit kollektör alanına (0,5 m<sup>2</sup>) ve eşit depo kapasitesine (21 L) sahip olacak şekilde tasarlanan doğal sirkülasyonlu ve çift fazlı korunmuş bölge iki sistemden alınan ölçüm sonuçlarının karşılaştırılmasında çift fazlı korunmuş bölge sistemin, doğal sirkülasyonlu sisteme göre % 29 daha verimli olduğunu tespit etmiştir. Yapılan deneylerde dört gün süreyle kasım ayında ortalama 171 kcal'lik, üç gün süreyle mayıs ayında ortalama 154 kcal'lik ısı tasarrufu sağlandığını belirtmiştir [15].

Isı borusuyla ilgili ilk patent 1944 yılında ABD'den alınmıştır. 1960'larda uzay nükleer araştırma tatbikatlarında kullanılmaya başlayıncaya kadar, ısı borusu prensibi fazla ilgi görmedi. 1964 yılından başlamak üzere, ısı borulu sistemler bilim adamlarının tekrar araştırma konusu olmuştur.

Alkaç, "Isı Borusunun Prensibinin Güneşli Su Isıtıcılarına Uygulanması" adlı çalışmada, güneşli su ısıtıcılarına ısı borusu prensibi uygulayarak doğal dolaşımli güneşli su ısıtıcılarıyla ısı verilerini karşılaştırmıştır. Bu amaçla, bir ısı borulu sistem ve aynı özelliklere sahip olan tabii dolaşımli bir sistem hazırlamıştır [16].

Ertunç, güneş enerjili açık ve kapalı su ısıtma sistemlerinde karşılaşılan problemler aşağıdaki şekilde sıralanmıştır;

- Isıtılan suyun stabilite indeksine bağlı olarak metalin korozyonu veya kireç taşı çökmesi olayı,
- Metalik malzemenin yüksek yoğunluğu sebebiyle kollektörlerin ağırlığı,
- Sorunlarının belirlenmesine yönelik yaptığı çalışmada, kollektörlerin malzemeleri alüminyum, bakır ve polipropilen malzemedir oluşan, açık ve kapalı sistem olarak çalışan, iki deney sistemi kurarak deneyler yapmıştır.

- Hazırlamış olduğu deney standında kollektörlerin performanslarını araştırmak üzere üç deney yapmıştır. Deneylerde farklı kollektör malzemelerin sistemlerde oluşturduğu üstünlük ve mahzurların belirlenmesinin yanı sıra sıcaklık ve debi miktarı da ölçülmüştür. Bu ölçümlerden verim hesapları karşılaştırmaları yapılmıştır.
- Deneyler sonucunda sistemlerden elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi yorumlanmıştır.
- Açık devreli sistemlerde  $\Delta T$  sıcaklığı +5 ile +10 °C arasında kalırken, kapalı sistemlerde  $\Delta T$  sıcaklığının +20 ile +40 °C aralığında olduğu tespit edilmiştir. Güneş kollektöründen çıkan su sıcaklığı ile kollektöre giren su sıcaklığı arasındaki farkın yüksek olması, güneş enerjisi sisteminin verimli olarak çalışmadığını ortaya koymuştur.
- Açık sistemin absorber sıcaklığı, kapalı sisteme göre daha düşük değerlerdedir. Kapalı sistemlerde, 150 litrelik deponun içerisine yerleştirilmiş kanatçıklı borularda direnç oluşmakta ve bu da kapalı sistemdeki su sirkülasyonunu açık sisteme göre yavaşlatmaktadır. Bunun sonucunda ise güneş kollektörünün absorber sıcaklığı yükselmektedir.
- Açık ve kapalı sistemlerde can sıcaklıklarının ölçülmesi sonucu, kapalı sistemlerin cam sıcaklığının daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bunun sebebi olarak, absorber sıcaklığının yüksek olması gösterilmiştir.
- Poliprpilen kollektörlerin ısı iletim katsayısı düşük olmasına rağmen verimlerinin alüminyum kollektöre göre yüksek çıkması polipropilen kollektörün petek yapısının daha geniş yüzeyli olmasından ileri gelmektedir.
- Deney sonuçları, polipropilen absorberli kollektörlerin açık sistemlerde depo suyu sıcaklığının, alüminyum absorberli kollektör sisteminin depo suyu sıcaklığına göre daha yüksek olduğunu açıkça ortaya koymuştur [17].

Yenice, yaptığı bir çalışmada sıcak su hazırlamak amacıyla ısı borulu güneş kollektörü geliştirerek, seçici yüzeyli tabii sirkülasyonlu güneş kollektörü ile karşılaştırmıştır. Geliştirdiği ısı borularının iki ucu kapalı olup, içinde alkol mevcuttur. Alkol, ısı borularının güneşi gören kısmında (kollektörde) buharlaşıp, depodaki kısmında buharın gizli ısını suya vererek yoğuşmaktadır. İstenilen çalışma sıcaklık aralığına göre seçilen akışkanın boru içerisindeki sirkülasyonu ile

çalışan ısı borularının kışın donma tehlikesi de ortadan kalkmaktadır. Yaptığı ölçümler ve hesapladığı değerlere göre, ısı borulu kollektördeki çıkış suyu ocaklığının, seçici yüzeyli kollektöre göre daha düşük olduğunu, yaptığı bazı değişiklikler ile de verimlerinin birbirine yaklaştığını tespit etmiştir [18].

Bayram, kollektör ve ısı ileticileri birbirinden farklı dolaylı ve doğrudan dolaşımli olan altı adet sıcak su hazırlama sistemlerinin ısı performanslarını karşılaştırmıştır [19].

Günerhan ve Hepbaşı, bina uygulamaları için güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerinin performans değerlendirmesini ve ekserjitik modelini yapmışlardır [20].

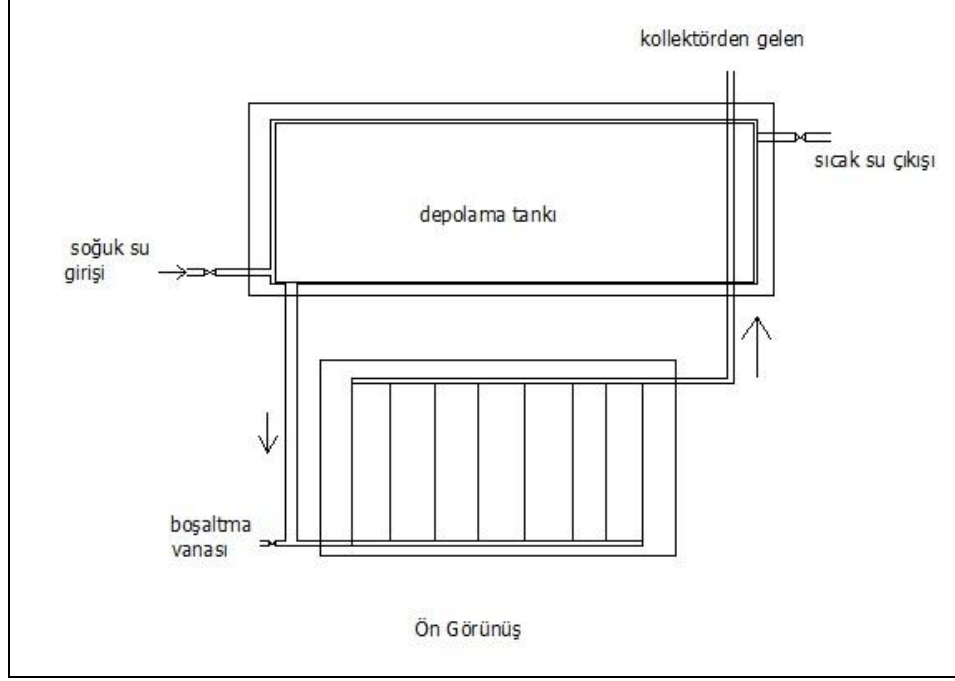
İlhan, güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerinin çalışma karakteristiklerini deneysel olarak incelemiş, debi, ışınım, giriş ve çıkış sıcaklık değerleri ölçülerek gün içerisinde belli zamanlardaki verim ve akış hızına bağılı olarak termosifon sisteminin montaj ve çalıştırılmasının kolay olması ve aynı zamanda diğer güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerine göre verimin daha iyi olması nedeniyle yaygın kullanıma sahip olduğu gözlemlenmiştir [21].

Vakum borulu alıcıları, yoğunlaştıran toplayıcı sistemlerinde kullanmak bazı araştırma grupları tarafından düşünülmüştür. Kolektör performansını iyileştirmek ve maliyeti azaltmak için yansıtıcılar kullanılmıştır.

Garrison adlı araştırmacının üzerinde çalıştığı güneş enerjisi toplayıcısı, bir sıra özdeş kolektör panelinden ibarettir. Her panel, aralarında vakum işlemi yapılmış yutucu bir tüp ile kaplanmış iki cam örtüden meydana gelmiştir. Dış tüp, güneş ışınlarını kolayca geçirir. İçteki cam örtü, üzerinde güneş radyasyonu yoğunlaştırma işlemini sağlar. Bu durum vakum ortamında meydana gelmektedir. Araştırmacı, bu çalışmasında, kollektör tasarımında mümkün olan birkaç düzeltme üzerine gitmiştir [22].

Öz, Gazi Üniversitesi'nde yaptığı "Tabii Sirkülasyonlu Güneş Enerjili Sıcak Su Hazırlama Sistemlerinde Direkt ve Endirekt Sistemlerin Performanslarının

Karşılaştırılması” isimli çalışmasında, bütün özellikleri aynı olan direkt ve indirekt olmak üzere, iki sistemin prototiplerini hazırlamış ve performanslarını deneysel olarak incelemiştir. Şekil 1.2 ve Şekil 1.3’te deneylerde kullanılan sistemlerin teknik özellikleri verilmiştir.



Şekil 1.2. Direkt ısıtma sisteminin şeması.

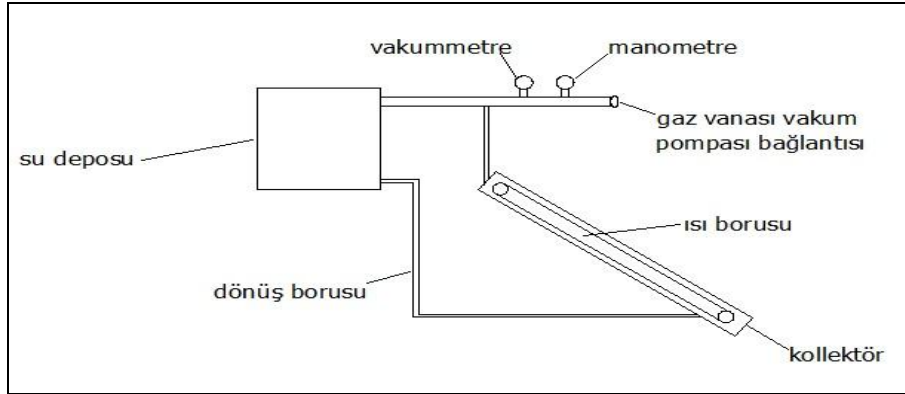
Yapılan deneyler sonucunda direkt sistemin verimi daha yüksek çıkmıştır. Direkt sistemde kolektörlerden elde edilen ısı doğrudan kullanma suyuna iletiğinden bu sonuç doğaldır. Ancak direkt sistemde, kolektörde sürekli olarak şebekeden sağlanan suyun dolaşımı söz konusu olduğundan kolektörün iç yüzeylerindeki kireçlenmeden dolayı verimlerinin sürekli düşmesi kaçınılmazdır. Kireçlenmeden meydana gelen verim düşüklüğünden dolayı direkt sistemin yaklaşık bir yıldan sonra indirekt sistemin verim değerine düşeceği tahmin edilmektedir. Diğer taraftan indirekt sistemin antifrizli yapılması mümkün olacağından sistemin donma tehlikesi söz konusu değildir ve soğuk güneşli günlerde de kullanımı mümkündür. Direkt sistemde şebekeden gelen soğuk suyun kolektörlere ulaşmasıyla kolektör yüzeylerinde, bilhassa kolektörün alt bölümlerinde terlemeler meydana gelebileğinden kolektörün ömrü daha kısa olabilecektir. Öneri olarak, güneş enerjili



sıcak su hazırlama sistemlerinin indirekt yapılması kullanıcılar için bir avantaj sağlayabilecektir [23].

Taban, "Düzlemsel Güneş Kollektörlerinde Kullanılan Isı Borusunun Optimizasyonu ve Deneysel İncelemesi" adlı çalışmasında, bakır borulu kollektörde çalışma sıvısı olarak etanol kullanmıştır. Hazırlanan ısı borulu sistemin kollektör açısı  $30^\circ$  ve  $45^\circ$  derecede yapılan deneylerinde birbirine yakın değerler elde edilmiştir [24].

Yapılan bu deneylerde, vakum pompası yardımıyla elde edilen maksimum vakum basıncı 0.6 bar olarak sağlamış ve ısı borusunda kullanılan etanol  $37^\circ\text{C}$  ile  $89,8^\circ\text{C}$  arasında sıcaklık değerlerine ulaşmıştır. Isı borulu güneş kollektöründe 75 lt'lik depodaki su sıcaklığı  $69,4^\circ\text{C}$ 'ye kadar çıktığı gözlemlenmiştir. Hava parçalı bulutlu olduğunda etanolün sıcaklığının düşmesi normal olarak karşılanırken buna paralel olarak da depo suyu sıcaklığının düşmesi deponun iyi bir şekilde izole edilmediği nedeniyle açıklamıştır.



Şekil 1.3. Etanolle çalışan, ısı borulu, güneşli su ısıtıcısı.

## BÖLÜM 2

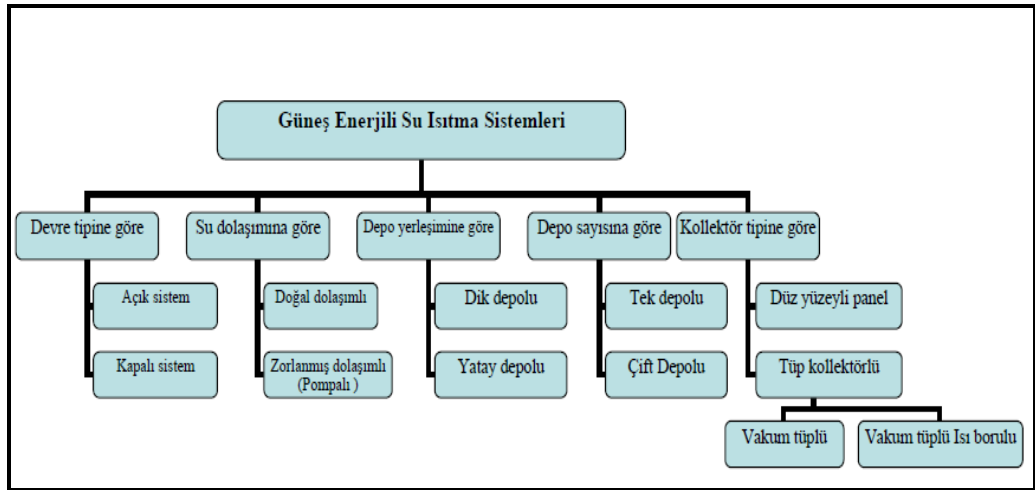
### GÜNEŞ ENERJİLİ SICAK SU HAZIRLAMA SİSTEMLERİ

#### 2.1. GÜNEŞ ENERJİLİ SU ISITMA SİSTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Güneş enerjisi ile sıcak su hazırlama sistemleri, hazırlanacak suyun kullanılma yeri ve amacına göre değişiklikler gösterir. Bunların çoğunluğu bilhassa konutlarda uygulanan doğal dolaşimli sistem ile daha fazla sayıda konut ve endüstriyel tesislere, sıcak su hazırlayan pompalı sistemlerdir. Her iki sistemde doğrudan ve dolaylı ısıtmalı olarak yapılabilir.

Verimli bir kolektör aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır;

- Üzerine düşen güneş ışınımını yüksek verimlilikte absorbe edebilmeli
- Absorbe ettiği bu güneş ışınımını yüksek verimlilikle bünyesinde taşıdığı akışkana aktarabilmeli
- Kolektörden çevreye olan ısı kayıpları az olmalıdır.



Şekil 2.1. Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin sınıflandırılması.

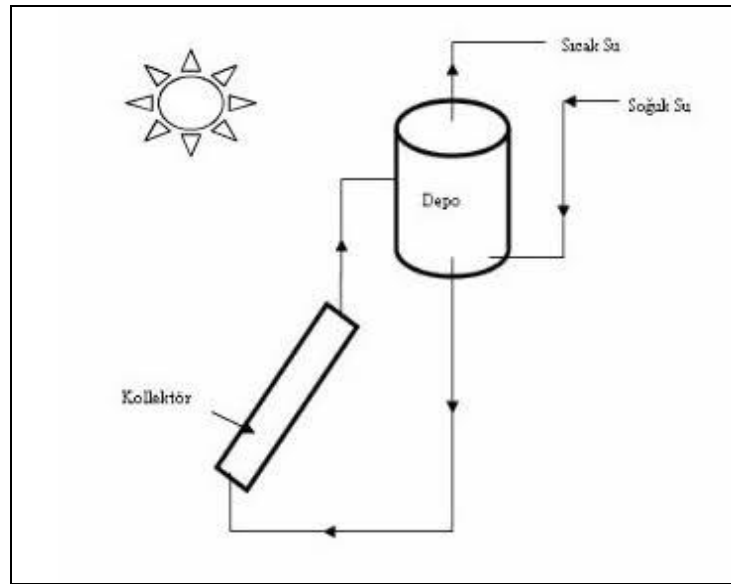
### 2.1.1. Doğal Dolaşımli Açık Sistemler

Doğal dolaşımli açık sistemler,

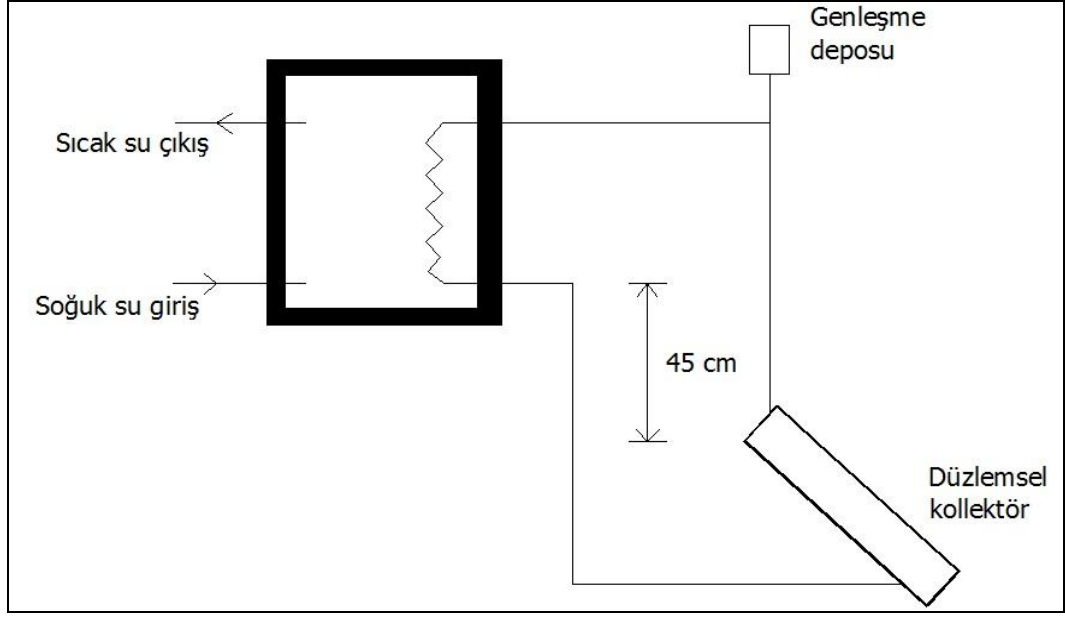
- Direkt Isıtmalı Açık Sistemler
- Endirekt Isıtmalı Açık Sistemler
- Endirekt Isıtmalı Isı Borulu Sistemler olmak üzere üç gruba ayrılırlar.

Doğal dolaşımli sistemler ısı transfer akışkanının kendiliğinden dolaştığı sistemlerdir. Kollektörlerde ısınan suyun yoğunluğunun azalması ve yükselmesi özelliğine dayanmaktadır. Bu tür sistemlerde deponun kollektörün üst seviyesinden en az 45 cm yukarıda olması gerekmektedir. Deponun alt seviyesinden alınan soğuk (ağır) su kollektörlerde ısınarak hafifler ve deponun üst seviyesine yükselir.

Gün boyu devam eden bu olay sonunda depodaki su ısınmış olur. Tabii dolaşımli sistemler daha çok küçük miktarda su ihtiyaçları için uygulanır. Deponun yukarıda bulunması zorunluluğu nedeniyle büyük sistemlerde uygulanamazlar. Pompa ve otomatik kontrol devresi gerektirmediği için pompalı sistemlere göre biraz daha ucuzdur. Şekil 2.2. ve Şekil 2.3.'de doğal dolaşımli sistemler gösterilmiştir [25].



Şekil 2.2. Doğal dolaşımli direkt ısıtmalı açık sistem.



Şekil 2.3. Doğal dolaşimli indirekt ısıtmalı açık sistem.

#### Avantajları;

- Sadelikten dolayı ısı kaybının azaltılması ile verimlilik artar,
- Pompasız çalışırlar,
- Maliyeti düşüktür,
- Kapalı tip sistemlerde dolaşım suyuna antifiriz eklenerek kışın olabilecek donma tehlikesi ortadan kalkar ve bu sayede sistemin kullanım ömrü uzar,
- Elektrik kesintisinden etkilenmez,
- Güneşsiz günlerde ve geceleri sistem kendiliğinden durur.

#### Sakıncaları;

- Verimi düşürmemek için toplayıcı eğiminin iyi ayarlanması gerekirken, soğuk bölgelerde donma olayı olabilir,
- Deponun, toplayıcıdan daha yüksekte olması gerekir,
- Sıcak su üretme kapasitesi azdır,
- Kollektör borularının optimum su kapasitesi hesaplanmalıdır,
- Suyu kireçli olan bölgelerde kolektördeki verim zamanla düşer,
- Çatı üzerine montajı zordur.

### **2.1.1.1. Direkt Isıtmalı Açık Sistemler**

Güneşli su ısıtıcısı devresinden alınan suyun direkt olarak kullanıma verildiği sistemlerdir. Şekil 2.2.'de sistemin çalışma prensibi verilmiştir.

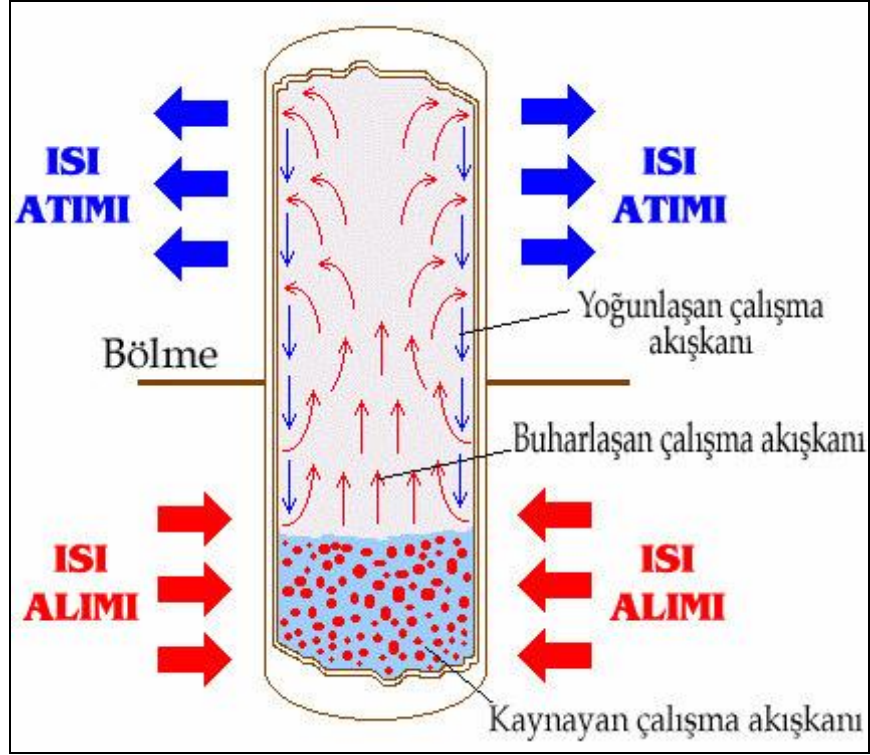
Açık devreli termosifon sisteminde dikkat edilmesi gereken bir olay boru çalışması olup, bu nedenle sistem gerektiğinde tam drene olmayabilir ve kışın donmadan zarar görme tehlikesi ile karşılaşabilir. Aynı etkiden kaynaklanan hava tıkaçlarından ötürü sistem yeniden doldurulurken, tam dolmayabilir ve akım sağlanamayabilir. Bu sakıncaların önüne geçerek termosifon akımının etkili biçimde sağlanması amacıyla, borular yukarıya doğru hafif eğimli olacak biçimde konumlandırılır.

### **2.1.1.2. Endirekt Isıtmalı Açık Sistemler**

Bu sistemlerde kollektörde ısınan su, sıcak su deposunun içine yerleştirilmiş olan bir ısı eşanjöründen geçerek ısınıp bırakır ve tekrar kollektöre döner. Sıcak su deposunda bulunan soğuk su ısıtarak kullanıma gider. Bu sistemlerde dolaylı bir ısıtma olduğundan açık sistemlere göre verimleri daha düşüktür. Maliyet olarak ta daha pahalıdır. Ancak kış mevsiminde donma tehlikesine karşı dolaşım suyuna antifiriz eklenebilmesi bu sistemlerin bir avantajıdır. Şekil 2.3.'de görüldüğü gibi depolama tankı alt kısmı ile kollektör üst seviyesi arasındaki yükseklik 45 cm den az olmamalıdır. Donma, kireçlenme ve korozyona karşı çözüm olarak kullanılırlar.

### **2.1.1.3. Endirekt Isıtmalı Isı Borulu Sistemler**

Isı borusu, ısıyı bir noktadan diğer bir noktaya hızlı bir biçimde iletebilen basit bir cihazdır. Bu cihazlar genellikle süper ısı iletkenleri olarak bahsedilir. En geniş anlamıyla havası alınmış, içinde az miktarda çalışma sıvısı bulunan, iki ucu kapatılmış bir borudan oluşur. Boru içine konulmuş olan az miktardaki çalışma sıvısı uygun bir fitil yardımıyla hareket ettirilerek ısı alış verisini sağlar. Bu sistemde, çalışma sıvısının akısını düzenlemek için hazne cidarına fitil kullanılır.



Şekil 2.4. Isı borusu.

#### 2.1.1.4. Isı Borusunun Tarihçesi

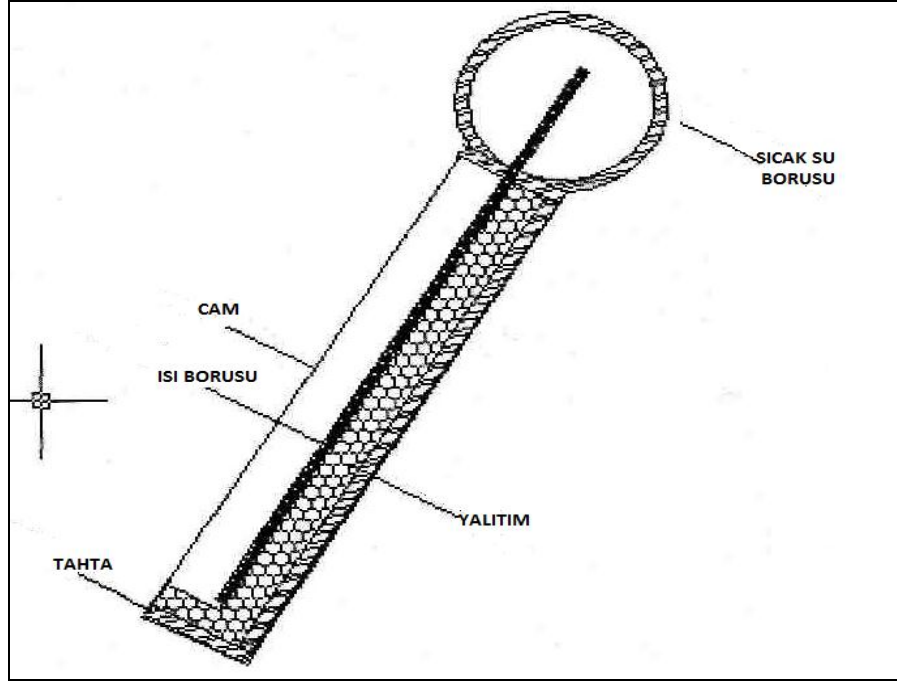
1944'te ısı iletimi üzerinde çalışmalar yapan Gugler, günümüzde ısı borusu olarak adlandırılan, düşük ısı transfer cihazını (Isı borusu) patent aldı. Ancak o dönemdeki teknoloji böyle bir cihazı çok gerekli görmüyordu ve yaklaşık yirmi yıl boyunca bu sadece bir düşünce olarak kaldı. Bu düşünce uzay programlarıyla bağlantılı olarak tekrar gündeme geldi. İlk olarak Trefethen tarafından 1962'de bir öneri olarak sunuldu ve daha sonra 1963'de Wyatt tarafından bir patent oluşumuna girildi. 1963 sonlarında bu düşünce, Los Alamos Bilim laboratuvarında Grover ve çalışanları tarafından yeniden ciddi çalışmalar yapılarak geliştirildi ve bu teknolojiyi sağlayan güçlü prototipler yapıldı. Bu sayede yapılan çalışmalar, Grover anısına "heat pipe" ısı borusu ismini aldı. Grover'in yaptığı ilk ısı borusunda, çalışma akışkanı olarak su kullanmıştır.

### 2.1.1.5. Isı Borulu Sistemler

Isı borulu sistemlerde ısı borusunun buharlaştırıcı bölgesi bir emici (absorblama) plakaya alttan veya üstten monte edilir. Güneş enerjisinin yaygınlığından dolayı bu plaka üzerine birden fazla ısı borusunun yerleştirmek mümkündür. Isıtıcının yoğuşma bölgesi de, depoya daldırılarak, absorblanan enerji evaporatör bölgesinden kondanser bölgesine aktararak ısınacak suyun etkili bir şekilde taşınımı sağlanmış olur.

Isı borusunda kondanser bölgesindeki yoğuşan akışkanın evaporatör bölgesine dönüşünü yerçekimi etkisiyle veya ısı borularının içerisine yerleştirilen fitil yardımıyla gerçekleştirir. Isı borularında evaporatör ve kondanser bölgeleri çeşitli şekillerde yapılabilir. Evaporatör ve kondanser kısmının içerisine ısı transferi sağlayacak olan akışkanın kaynama noktasının düşük olması gerekmekte ve ısı borularının vakumlama işleminden geçirilmelidir.

Isı borusunun iyi geliştirilmiş bir sistem verimi; tabii dolaşımli sistemlerden % 50, pompalı sistemlerden ise % 50-55 daha fazladır. Isı borulu sistemlerin termal ısı yüklerinin düşük olması bu sistemin çok erken devreye girmesi sağlanmaktadır. Bu sistemlerde kullanılan akışkanın cinsine bağlı olarak -30 ve +100 gibi sıcaklık değerleri arasında çalışmaları mümkündür. Bu sistem içerisinde ters akış söz konusu değildir. Bu akışkan diğer sistemler gibi don olayına karşın hiçbir tehlikesi bulunmamaktadır. Isı kayıpları minimum derecededir. Sistemin ısı borularının vakumları iyi yapıldığı ve akışkan seçiminin doğru yapılması halinde dezavantajları yok denilebilecek kadar az olmaktadır [26].



Şekil 2.5. Basit ısı borulu sistemin şeması.

#### 2.1.1.6. Isı Borusunun Özellikleri ve Çalışma Akışkanları

Isı borusunu oluşturan yapı elemanlarından iyi bir düzeyde verim almak için çeşitli özelliklere sahip olmaları gerekmektedir. iyi bir ısı borusunda bulunması gerekli özellikler aşağıda belirtilmiştir;

- En az et kalınlığında maksimum basınca dayanıklı olmalı,
- Isı iletim özelliği fazla olmalı, çabuk ısınabilmeli,
- Akışkana (ve fitile) uyumlu olmalı,
- İyi vakumlanmış olmalı,
- Sıcaklık değişimlerinden etkilenmemeli,
- İçerisindeki sıvıyla kimyasal reaksiyona girmemeli,
- Sıcaklık boru boyunca homojen kalmalı,
- Çalışma ve reaksiyon zamanı kısa olmalı,
- Mümkün olduğunca estetik olmalı,
- Boru iç yüzeyi (fitilli olmayan tiplerde) mümkün olduğunca kanallı ve pürüzsüz olmalı,



- Yoğuşan akışkanlar yerçekimi etkisi ile buharlaştırıcı bölgesine taşımaya elverişli olmalı,
- Aynı çaptaki bakır boru çubuğunun boyu doğrultusunda nakledebildiği ısının bin mislini aynı yönde nakledebilmektedir.

Isı borusunda dikkat edilecek nokta çalışma akışkanının seçimi olmalıdır.

Çalışma akışkanının en önemli rolü don olayını önlemesi ve düşük sıcaklıklarda buharlaşmasıdır.

Isı borusundaki çalışma akışkanını, buharlaştırıcı bölgesinden aldığı ısıyı yoğuşurma bölgesine çok hızlı bir şekilde iletebilmelidir. Bu işlemi gerçekleştirebilmesi için, belirli özelliklere sahip olmalıdır. Kullanılacak akışkan ısı borusu içerisine boru hacminin yaklaşık 1/3 'ü oranında doldurulur. Isı borusu içerisine doldurulan akışkan miktarı üzerine yapılmış olan araştırmalarda ısıtma veriminin akışkan miktarlarına göre değiştiği belirlenmiştir.

Isı borularında kullanılan akışkanlarda aranan özellikler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Boru malzemesine uygun nitelikte olmalı.
- Sıcaklığın artmasıyla bozulma tehlikesine maruz kalmamalı.
- Gizil ısı (buharlaşma ısı) kapasitesi yüksek olmalı.
- Çalışma sıcaklığı aralığı buharlaşma basıncının gereğinden büyük veya küçük olmamalı.
- Isıl iletkenliği yüksek olmalı.
- Sıvı ve buhar fazlarında kinematik viskozitesi düşük olmalı.
- Yüksek yüzey gerilimine sahip olmalı.
- Donma noktası kabul edilebilir olmalı.
- Zehirli olmamalı.

## 2.1.2. Doğal Dolaşımli Kapalı Sistemler

Doğal dolaşımli kapalı sistemler

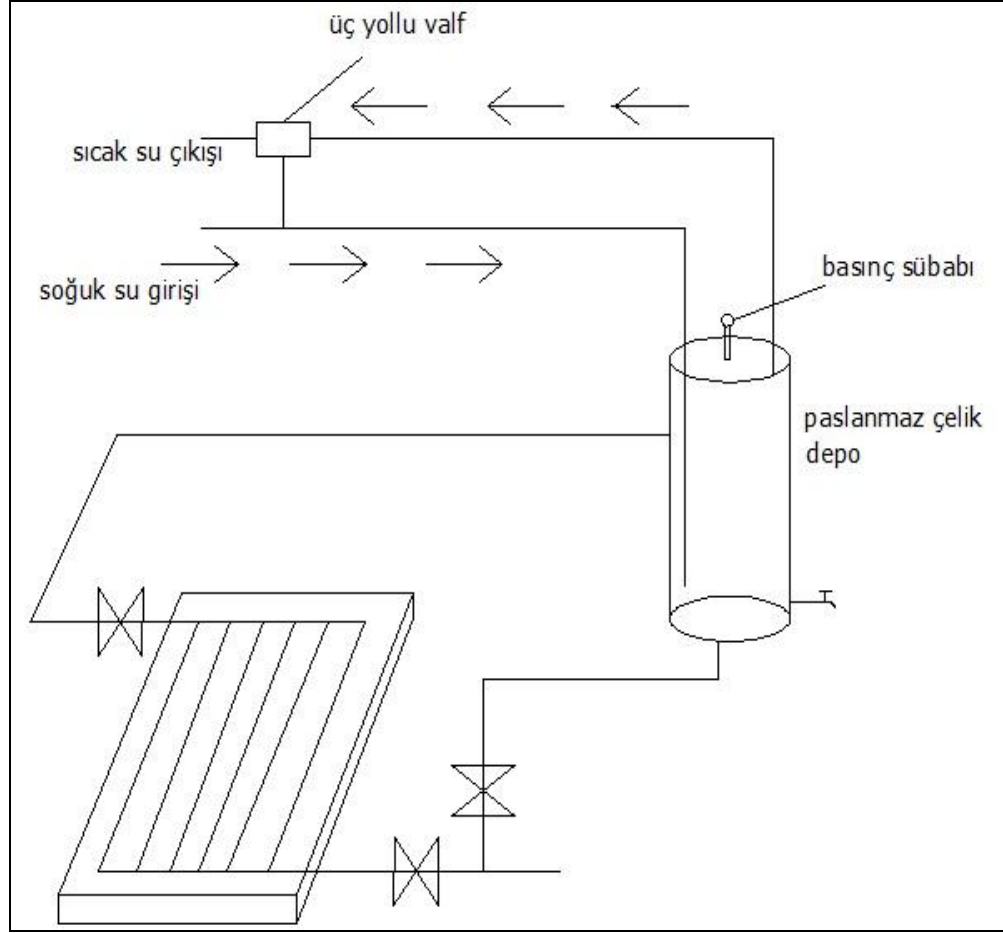
- Direkt Isıtmalı Kapalı Sistemler
- Endirekt Isıtmalı Kapalı Sistemler
- Endirekt Isıtmalı Isı Borulu Kapalı Sistemler olmak üzere üç gruba ayrılırlar.

Isı transfer akışkanı olarak suyun sistemde pompa ile dolaştırıldığı sistemlerdir. Deposunun yukarıda olma zorunluluğu yoktur. Büyük sistemlerde su hatlarındaki direncin artması sonucu tabii dolaşımın olmaması ve büyük bir deponun yukarıda tutulmasının zorluğu nedeniyle pompa kullanma zorunluluğu doğmuştur.

Pompalı sistemler otomatik kontrol devresi yardımı ile çalışırlar. Depo tabanına ve kollektör çıkışına yerleştirilen diferansiyel termostatın sensörleri kollektörlerdeki suyun depodaki sudan 10 °C daha sıcak olması durumunda pompayı çalıştırarak sıcak suyu depoya alır, bu fark 3 °C olduğunda ise pompayı durdurur. Pompa ve otomatik kontrol devresinin zaman zaman arızalanması nedeniyle işletilmesi tabii dolaşımli sistemlere göre daha zordur.

### 2.1.2.1. Direkt Isıtmalı Kapalı Sistemler

Doğal dolaşımli direkt ısıtmalı sistemler sıcak su ihtiyacının çok olmadığı durumlarda bilhassa konutlarda kullanımı yaygındır. Sistemde ısı değiştirici kullanılmadığı için direkt ısıtmalı olarak adlandırılır. Sistemde ayrıca suyun kollektör ve depoda sirkülasyonu için pompa kullanılmadığı için doğal olarak dolaşım yapmaktadır. Bu dolaşımın olabilmesi için deponun kollektörden üst seviyede olması gerekir. Suyun sistemde dolaşımı kollektörde ısınan su ile daha soğuk olan suyun yer değiştirmesi ile olur. Üzerine güneş ışınları gelen kollektör içindeki su ısınarak genişler genişleyen suyun özgül ağırlığı azalacağından yükselerek depoya girer, depoya giren suyun yerine deponun altındaki daha soğuk olan su gelir ve bu devir daim güneş ışınları kollektöre geldiği sürece devam eder [27].



Şekil 2.6. Doğal dolaşimli direkt ısıtmalı kapalı sistem.

#### Avantajları

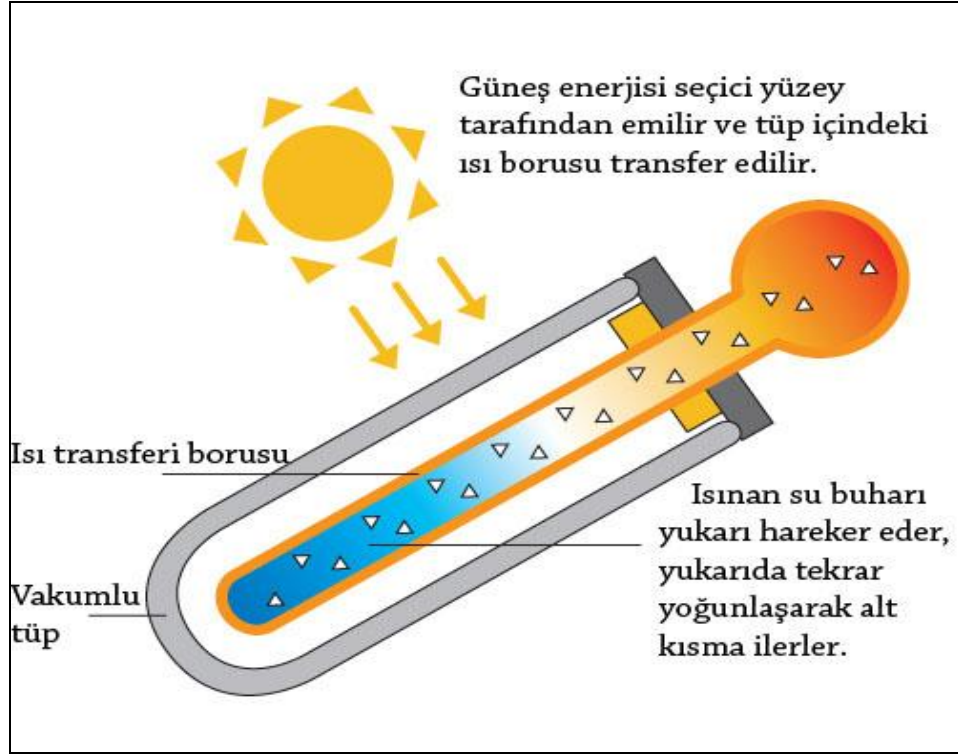
- Sistemde pompa kullanılmadığı için maliyeti düşüktür
- Depolama tankı kolektör üst seviyesinden yukarda olduğu için, geceleri ve güneşsiz gündüzleri suyun ters sirkülasyonu söz konusu olamaz. Böylece depo suyunun soğuması kendiliğinden önlenmiş olur.

#### Dezavantajları

- Kolektörde ısıtılıp depoya giden su kullanıldığından, bütün sisteme yeniden soğuk su gelir. Yeniden gelen su kolektörlerde kireçlenmeye neden olur.
- Kışın donma tehlikesi ile karşı karşıyadır.

### 2.1.2.2. Vakum Tüplü Sistemler

Vakum tüplü teknolojisi bugün piyasada geleneksel emici daha iyi performans sunar. Bu gelişmiş tasarım, borosilicate cam (bor cam) iki tabaka arasında bir vakum katman ile oluşur ve iç kısımda tüpler içermektedir. Bu vakum bir termos gibi, termal enerjinin % 93'e kadar koruyarak, daha yüksek bir verim elde etmektedir.



Şekil 2.7. Vakum tüp.

Avantajları;

- Sistem iç içe geçmiş iki cam tüpten oluşmaktadır.
- Tüpler arasındaki hava, vakumlama teknolojisi sayesinde boşaltılmış, böylece ısı kaybı azaltılmıştır.
- Dıştaki özel yapılmış cam her türlü hava koşuluna dayanıklıdır.
- İçteki cam tüpün yüzeyi güneş ışınlarını en iyi şekilde toplamak için üretilmiş, siyah renkli bir maddeyle kaplanmıştır.
- Cam tüpler yuvarlak yapısı sayesinde günün her saati güneş ışınlarını dik olarak alır.

- Yansımaya oranı çok düşük olacağı için su sıcaklığı yaz koşullarında 97 °C'ye kış koşullarında ise 58 °C'ye kadar çıkabilmektedir.
- İki cam tabaka arasındaki vakum izolasyonundan dolayı kış aylarında donma riski yoktur ve antifriz gerektirmez.

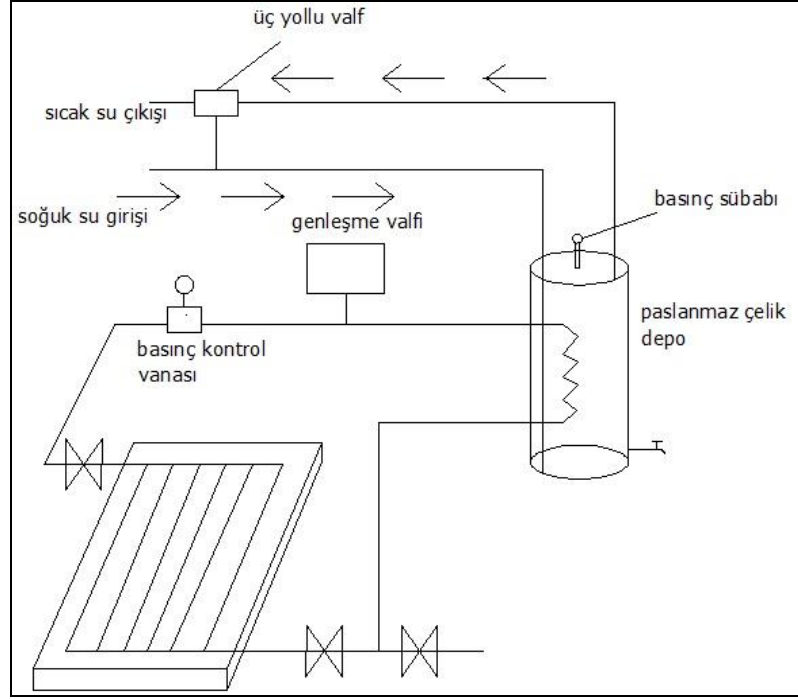
Dezavantajları;

- Vakum tüplü güneş enerjili su ısıtma sistemleri panel kolektörlü sistemlere göre daha pahalıdır.
- Isı borulu olmayan tiplerinde, suyun sadece cam tüp içerisinde termosifon etkisi ile doğal dolaşıma maruz kalması sistemin verimini düşürmektedir.
- Özellikle bulutlu havalarda ve kış aylarında yüksek verim beklentisinin gerçekleşmemesi pahalı olan bu sistemlere olan talebi azaltmaktadır [28].

### **2.1.2.3. Endirekt Isıtmalı Kapalı Sistemler**

Doğal dolaşımli direkt ısıtmalı sistem için geçerli olan özellikler endirekt ısıtmalı kapalı sistemler içinde geçerlidir.

Bu sistemde ek olarak depo içerisinde ısı değiştirici kullanılmaktadır ve bu ısı değiştirici bakır borudan imal edilmemeli alüminyum ya da çelik borudan imal edilmelidir



Şekil 2.8. Endirekt ısıtılmalı kapalı sistem.

### 2.1.3. Zorlanmış Dolaşımli Sistemler

Zorlanmış dolaşımli sistemler;

- Direkt ısıtılmalı zorlanmış dolaşımli sistemler
- Endirekt ısıtılmalı zorlanmış dolaşımli sistemler olmak üzere iki gruba ayrılır.

Zorlanmış dolaşımli sistemlerin dört ana elemanı vardır;

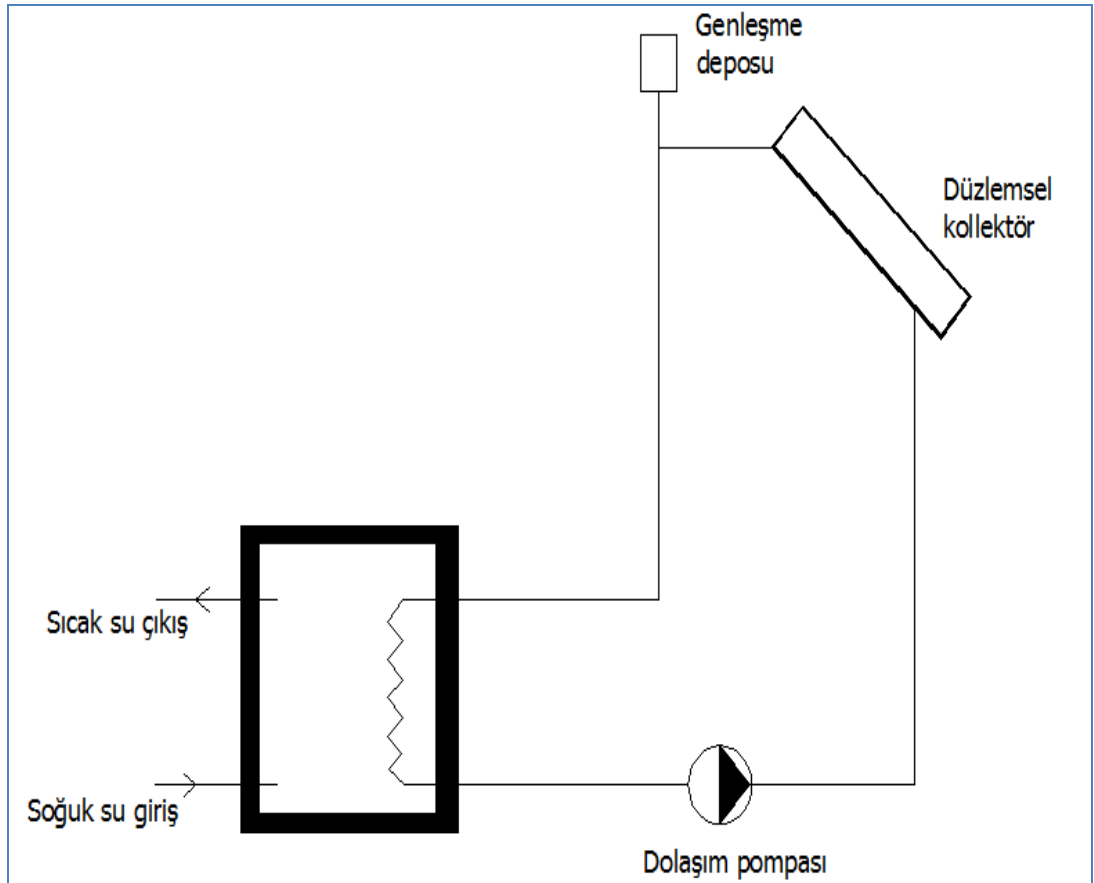
- Kollektör
- Depolama tankı
- Kontrol sistemi
- Sirkülasyon pompası

Bu sistemlerde kolektörde su bünyesine geçen enerji pompalanarak depolama tankına aktarılır. Pompanın çalıştırılıp durdurulması diferansiyel termostat ile olmaktadır. Bu termostatın uçlarından biri kolektör çıkışına diğeri deponun altına

bağlanmıştır. Depolama tankı ile kollektördeki su sıcaklığı arasındaki farkın büyük olması suyun kollektörde ısınmış olduğunu gösterir.

### 2.1.3.1. Endirekt Isıtmalı Zorlanmış Dolaşım Sistemleri

Sistemde sirkülasyon pompası ve otomatik kontrol ünitesi olduğu için dolaşım debisi gerektiği kadar olur, sistemin verimi artar ve sürtünme kayıpları en aza iner. Kapalı tip sistemlerde dolaşım suyuna antifriz eklenerek kışın olabilecek donma tehlikesi ortadan kalkar ve sistemin kullanım ömrü artar. Donmaya karşı antifriz ile koruma sağlanır. Isı optimum koşulda toplayıcıdan elde edilir. Sirkülasyon pompa yardımı ile olduğu için boru ve toplayıcıda seçimin artması. Daha ince borular yardımı ile ısı kaybı azaltılır.



Şekil 2.9. Endirekt ısıtmalı zorlanmış dolaşım sistemleri.

#### **2.1.4. Hibrit Sistemler**

Hibrit sistemlerin temel düşüncesi sürekliliği olmayan enerji kaynaklarının birlikte kullanımından doğmaktadır. Bilindiği gibi yenilenebilir enerji kaynaklarında en büyük sorun sürekliliğin olmamasıdır. Bundan dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımında sürekliliğin sağlanabilmesi için hibrit sistemler en başta gelen çözüm olarak görülmektedir.

Hibrit bir sistem hazırlamak tek bir enerji kaynağına bağımlı olan bir sisteme göre çok daha zor bir iştir. Çünkü güneşin ve rüzgârın durumu, elektrik üretimi, üretilen elektriğin depolanması ve yükün durumu çok karışıktır. Rüzgâr türbininin ebadı, güneş panellerinin açısı ve akülerin kapasitesi en uygun şekilde hesaplanmalıdır. Bu hesaplanma yapılırken göz önünde bulundurulmuş önemli 2 kıstas; üretilen gücün güvenilirliği yani sürekliliği ve maliyetidir.



## BÖLÜM 3

### GÜNEŞ ENERJİLİ SICAK SU ÜRETİM SİSTEMLERİ VE ISIL ANALİZİ

#### 3.1. ZORLANMIŞ DOLAŞIMLI ENDİREKT ISITMALI POMPASIZ GÜNEŞ ENERJİLİ SU ISITMA SİSTEMİ

Kolektörler yardımıyla güneş ışınlarının toplanarak kullanım sıcak suyu hazırlamaya yarayan sistemlerdir. Güneş enerjili sistemlerin en ekonomik, en yaygın ve en yüksek verimle kullanıldığı sistemlerin başında, sıcak su hazırlama sistemleri gelir. Güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerinin ilk yatırım maliyetleri dışında her hangi bir işletme giderleri yoktur. Güneş enerjili sıcak su sistemlerinin seçimine etki eden değişik faktörler mevcuttur.

Bunlar;

- Bölgenin meteorolojik özellikleri (dış hava sıcaklığı, rüzgâr hızı, kar ve yağmur durumu, güneşlenme süresi )
- Gerekli sıcak su miktarı, sıcaklığı ve gün içindeki kullanma saatleri,
- Binanın ya da işyerinin sıhhi tesisat donanımı,
- Kolektör yüzey alanının büyüklüğü,
- Şebeke suyunun özellikleri,
- Binanın konumu ve mimari projesi, gibi faktörler belirler.

Sistem ve elemanları seçilirken yukarıda belirtilen hususların her birinin ayrı ayrı göz önüne alınması gerekir.

Günümüzde yaygın olarak kullanılan güneş enerjili sistemlerin en verimlisi ve ekonomik olanı sıcak su hazırlama sistemleridir. Genellikle, çatının güney yönüne konulan düz toplayıcılarla, yıllık sıcak su ihtiyacının % 60 ile % 75'i karşılanabilir.

Sıcak su sistemlerinde güneş enerjisinden yaygın şekilde faydalanılmasının sebeplerinden bazıları aşağıda belirtilmiştir.

- Sıcak su ihtiyacı için gerekli enerjinin yıl içinde aylara göre değişimi çok azdır. Başka bir deyişle, kurulan tesisattan her yıl faydalanılmaktadır.
- Enerji ihtiyacının az (ısıtma ve soğutma sistemlerine göre) ve gerekli sıcaklığın düşük olması sebebiyle, büyük toplayıcı yüzey alanına gerek duyulmaz. Dolayısıyla toplayıcıların yerleştirilmesi problem olmaz.
- Sistemin tasarımı basit ve uygulanması kolay, yardımcı elemanları az ve kontrolü basittir.
- Sıcak suyun her gün bulunması zorunlu değildir. Gerektiğinde belli bir süre güneşin durumuna göre beklenilebilir [29].

### 3.2. GÜNEŞ ENERJİLİ SICAK SU ÜRETİM SİSTEMLERİNİN ISIL ANALİZİ

Bu deney sisteminin enerji analizi günlük sıcaklık değerleri dikkate alınarak hesaplanabilir. Su miktarı ve sıcaklık değişimi ile ilgili olan, sıcak su deposundaki enerji eşitlik 3.1 ile hesaplanabilir.

$$Q_w = m_w \cdot c_{p,w} \cdot (T_{f,t} - T_{i,t}) \quad (3.1)$$

Depodaki toplanmış kullanılabilir enerji eşitlik 3.2 ile hesaplanabilir.

$$Q_{DUE} = m_w \cdot c_{p,w} \cdot T_{f,t} \quad (3.2)$$

Kolektör boruları içerisinde depolanmış enerji eşitlik 3.3 ile hesaplanabilir.

$$Q_b = m_b \cdot c_b \cdot (T_{f,b} - T_{i,b}) \quad (3.3)$$

Güneş enerjili sıcak su üretim sisteminin verimi ( $\eta_{ts}$ ), eşitlik 3.4'ten faydalanılarak hesaplanabilir.

$$\eta_{ts} = \frac{Q_w}{A_t \cdot I_t} \quad (3.4)$$

Sıcaklık kontrollü sistemin verimi ise eşitlik 3.5 ile hesaplanabilir.

$$\eta_{tcs} = \frac{Q_w}{A_t \cdot I_t + W_{pce} + W_{sv}} \quad (3.5)$$

Burada,  $Q_w$ , kolektörden kazanılan enerji (W),  $A_t$  kolektör alanı ( $m^2$ ),  $W_{pce}$  proses kontrol cihazının gücü,  $W_{sv}$  selenoid valfin gücü,  $I_t$  toplam güneş radyasyonu olarak tanımlanmıştır.

Kullanım suyu elde etme süresince depodaki su miktarının değişimi, proses cihazının ayarlandığı değere göre ve gün içindeki güneş ışınım şiddetine göre değişiklik gösterebilir.

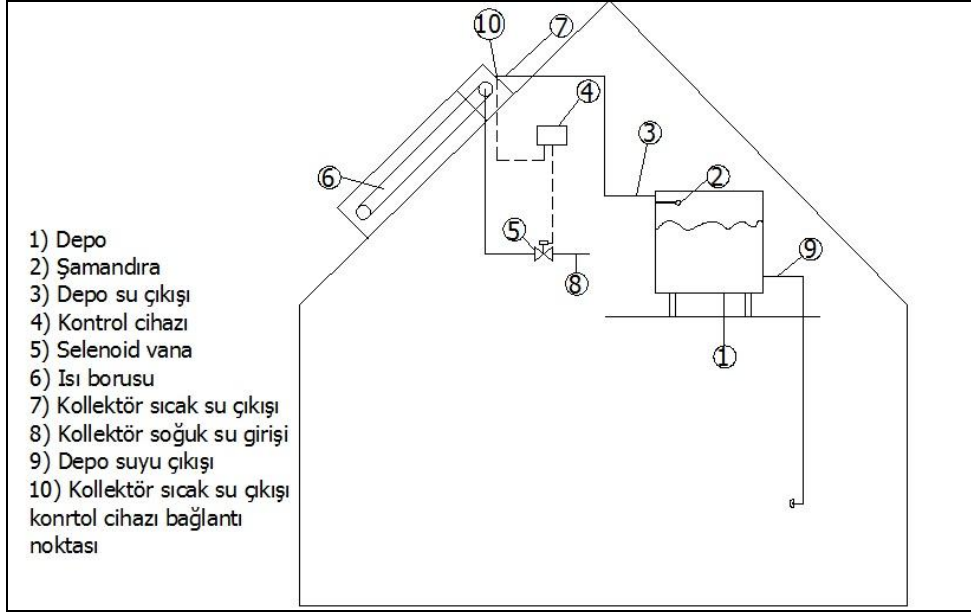
## BÖLÜM 4

### ZORLANMIŞ DOLAŞIMLI ENDİREKT ISITMALI POMPASIZ GÜNEŞ ENERJİLİ SU ISITMA SİSTEMİNİN TASARIMI VE İMALATI

#### 4.1. DENEY SİSTEMİNİN TASARIMI

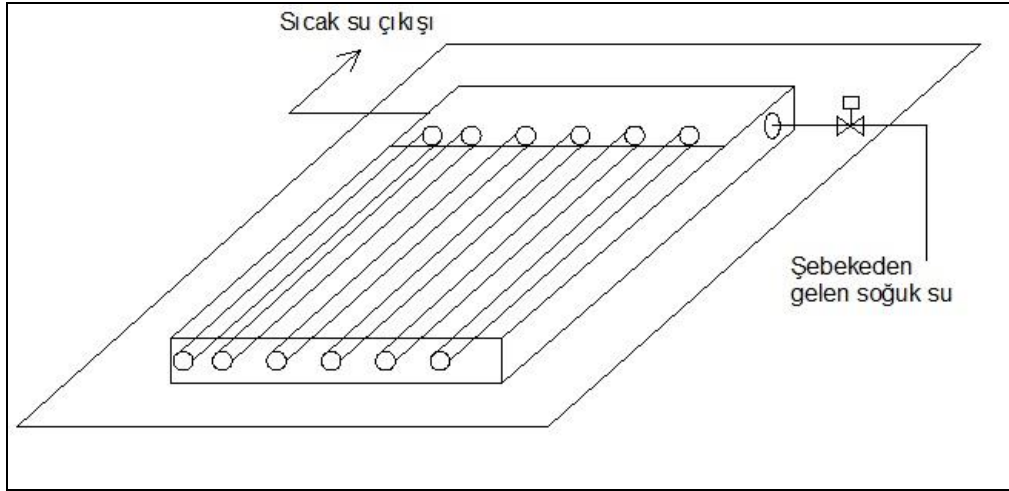
Bu çalışma yapılırken Karabük ili değerleri göz önüne alınarak yapılmıştır. Çalışma ısı borulu güneş kolektörleri (bakır borulu) üzerinde yapılmıştır. Karabük kara ikliminin hüküm sürdüğü bir ilimizdir. Yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve yağışlı geçer. Hâkim rüzgârlar genel olarak birinci derecede güney-batı, ikinci derecede ise kuzey-doğu yönünde eser. 41° 12' Kuzey enlemi, 32° 38' Doğu boylamı derecelerinde bulunur.

Isı borulu güneş kolektörlerinin imalatına geçmeden önce, imalatta karşılaşılabilecek zorlukları ve imalatı kolay olabilecek bir sistem oluşturabilmek amacıyla çeşitli kaynaklardan ısı borulu güneş kolektörleri ve uygulamaları hakkında geniş bir araştırma yapılmıştır. Bu çalışma ile imalat aşamaları tespit edilerek ısı borulu güneş kolektörünün imalatına geçilmiştir.



Şekil 4.1. Isı borulu güneş kollektörünün çatıya montajı.

Şekil 4.1.'deki ısı borulu güneş kollektörünün kasa kısmının önden görünüşü aşağıdaki Şekil 4.2. de verilmiştir.

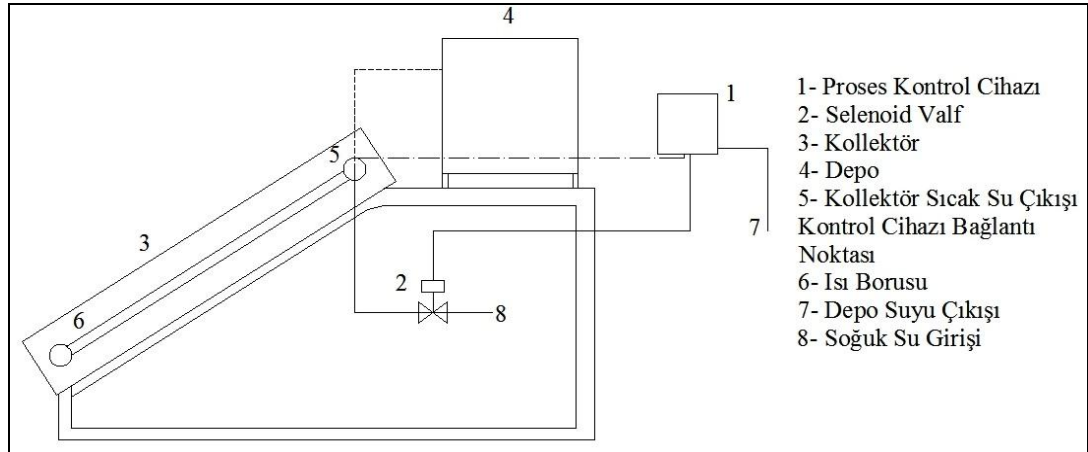


Şekil 4.2. Isı borulu güneş kollektörünün önden görünüşü.



Şekil 4.3. Zorlanmış dolaşimli indirekt ısıtmalı pompasız güneş enerjili su ısıtma sistemi.

Zorlanmış dolaşimli indirekt ısıtmalı pompasız güneş enerjili su ısıtma sisteminin bağlantı şeması Şekil 4.4'te gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Zorlanmış dolaşimli indirekt ısıtmalı pompasız güneş enerjili su ısıtma sisteminin bağlantı şeması.

Zorlanmış dolaşimli indirekt ısıtmalı pompasız güneş enerjili su ısıtma sisteminin teknik özellikleri Çizelge 4.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Zorlanmış dolaşimli endirekt ısıtılmalı pompasız güneş enerjili su ısıtma sisteminin teknik özellikleri.

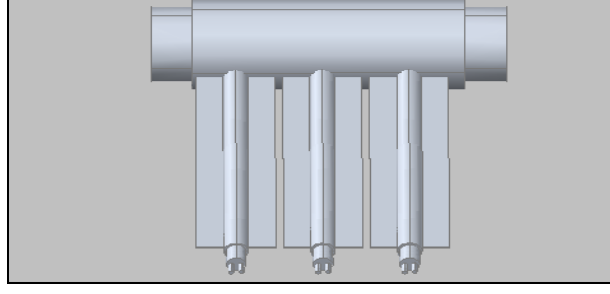
Sistemler	Sistem
Çalışma Sıvısı (ispirto)	Etanol
Isı Borusu Malzemesi (mm)	14 mm Bakır Boru
Kollektör Yüzey Alanı (m <sup>2</sup> )	0.5
Çalışma sıvısı miktarı (mJ)	0,0152
Kollektör Kasası	10 mm Ahşap
Kasa Yalıtımı (cm)	Strafor
Isı borusu iç hacmi (mJ)	0,05
Cam (mm)	4 mm Pencere Camı
Isı Borusu Boyu (cm)	110
Eğim (°)	23
Su deposu hacmi (lt)	60

## 4.2. DENEY SİSTEMİNİN İMALATI

Sistem temel olarak üç ana gruptan oluşur. Isı borulu güneş kollektörü ve depo olmak üzere iki kısımdan oluşur.

### 4.2.1. Isı Borularının Yapımı

110 cm uzunluğundaki 25 mm çapında üç adet bakır boru kesilmiştir. Bu boruların uç kısımlarına bakır bir malzemeyle kaynak yapılarak kapatılmıştır. Diğer uçlarına da üzerinde iki tane delik bulunan başka bir kapağı kaynatılmıştır. Buradaki iki deliğe ince kılcal borular kaynatılmıştır. Bu kılcal borulardan birinden daha önce ölçtüğümüz kadar (borunun 3 te 1 i kadar) ispirto doldurulmuş ve kılcallardan birinin ağzını ezerek kaynakla kapatılmıştır. Daha sonra boruya oksijen kaynağıyla ısıtmaya başlanıp borunun içindeki ispirtoyu kaynatıp borunun içindeki havanın dışarı atılmasını sağlanıp diğer kılcal boru da kapatılmıştır. Güneş ışınlarını emici yüzeyler siyah boyayla boyanarak oluşturulmuştur. Ölçüleri her boru için yanlardan 5 er cm dir. Şekil 4.5.'te ısı borusunun son hali gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Isı borusunun birleştirilmiş hali.

#### 4.2.2. Sıcak Su Deposu

Elde edilen sıcak suyu depolamak için 2 mm lik çelik sac ile 50\*30\*50cm ebatlarında ölçülü olarak bükme ve elektrik ark kaynak yöntemiyle birleştirme yapılarak oluşturulmuştur. Deponun içi korozyona ve paslanmaya karşı antipas ile kaplanmıştır. Çevresi ise ısı kaybının önlenmesi için 3 cm camyünü ile kaplanmıştır. Cam yünü de alüminyum folyo ile sarılmıştır.

#### 4.2.3. Ölçüm Cihazlarının Sisteme Bağlanması

Sistem parametrelerinin belirlenebilmesi için; şebeke giriş su sıcaklığı (1), depo suyu sıcaklığı (2) ve güneş ışınım şiddeti (3) ölçülmüştür.

#### 4.2.4. Proses Kontrol Cihazı

Kollektör içerisindeki suyun sıcaklığının okunması ve selenoid valfin belirlenen sıcaklık değerlerinde çalışabilmesi amacıyla sıcaklık sensöründen aldığı sıcaklık miktarını elektrik sinyallerine dönüştürerek otomatik kontrol yapabilen, dijital bir proses kontrol cihazı kullanılmıştır.

#### 4.2.5. Sıcaklık Ölçüm Cihazı

Çalışmada dış hava sıcaklıklarının ve depo suyu sıcaklığının ölçülmesi için Testo firmasına ait 635 model Termometre kullanılmıştır.



## BÖLÜM 5

### DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

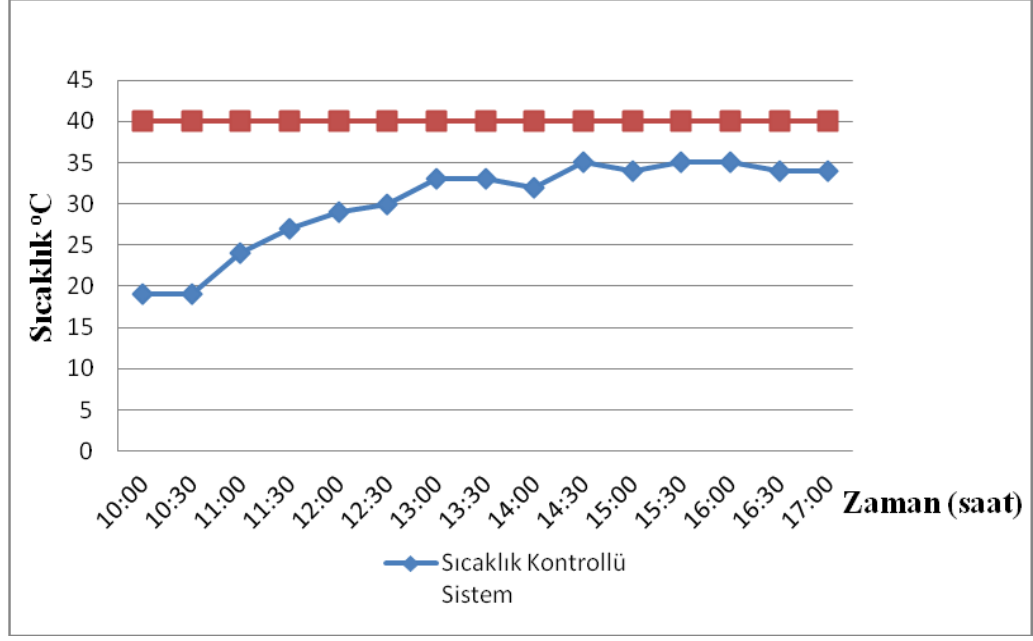
Bu sistemde, deneyler farklı sıcaklık değerleriyle her gün farklı bir değer olmak koşuluyla beşer gün yapılarak tamamlanmıştır. Sistem, deney yapılan her sabah 9.30'da hazırlanıp, ölçümler 10.00 ve 17.00 saatleri arasında 30 dakika ara ile alınmıştır. Deneyler neticesinde; sistemde, ayarlanan değerlerdeki günlük su üretim miktarları, depo suyu sıcaklıkları gibi veriler tespit edilerek belirlenmiştir.

Proses kontrol cihazı, her gün 40, 45, 50, 55, 60 °C olmak üzere farklı değerlere ayarlanarak her bir değer iki gün olmak koşuluyla deneyler yapılmıştır.

Sistemlerde oluşan depo suyu sıcaklıklarının zamana göre değişimi; güneş ışıını, ayarlanan sıcaklık değeri gibi değişkenlerin etkisine göre farklılık göstermektedir.

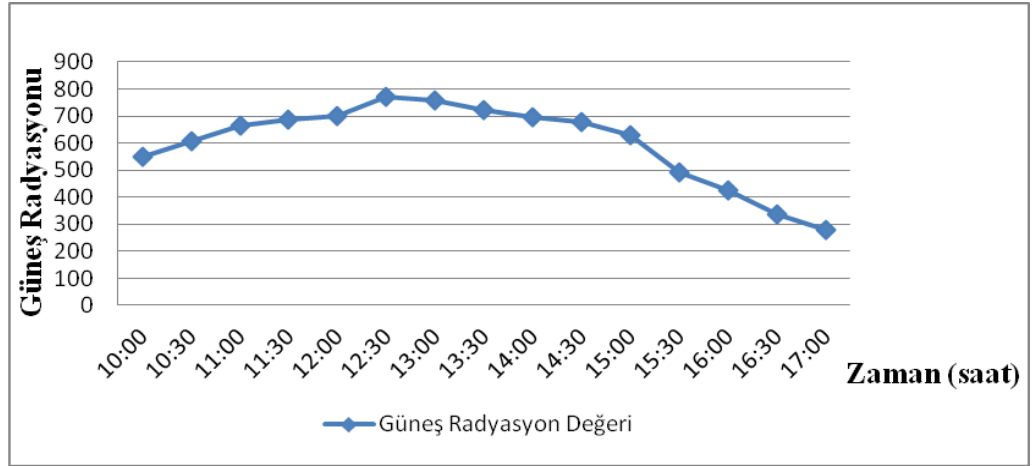
#### 5.1. GÜNEŞ IŞINIMI VE KULLANMA SUYU SICAKLIKLARININ DEĞİŞİMİ

Proses kontrol cihazının 40 °C'ye ayarlanıp yapılan deneyler sonucunda; sıcaklık kontrollü sistem ile gün içerisinde toplam 135,75 litre su elde edilmiştir. Proses kontrol cihazının 40 °C'de set edilmesiyle elde edilen depo suyu sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi Şekil 5.1'de gösterilmiştir.



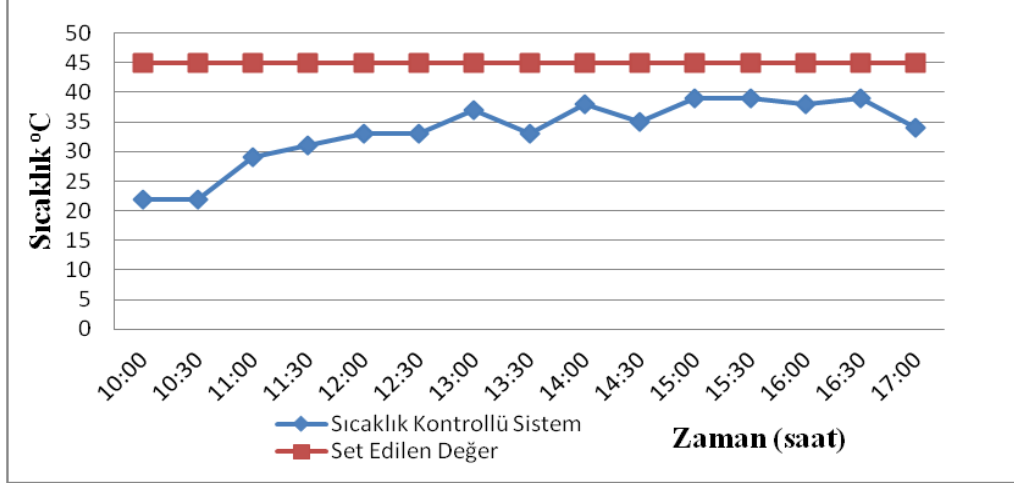
Şekil 5.1. 40 °C’de depo suyu sıcaklıkları.

Sistemin 40 °C’ye set edilerek yapılmış olan deney gününe ait, ölçülen güneş radyasyonu değerleri Şekil 5.2’de gösterilmiştir. Şekil 5.1’den de görüleceği üzere depo suyu sıcaklığı hiçbir zaman set edilen değere ulaşmamıştır. Bu depo ısı kayıplarından ve kontrol cihazının yavaş cevap vermesinden kaynaklanmaktadır.



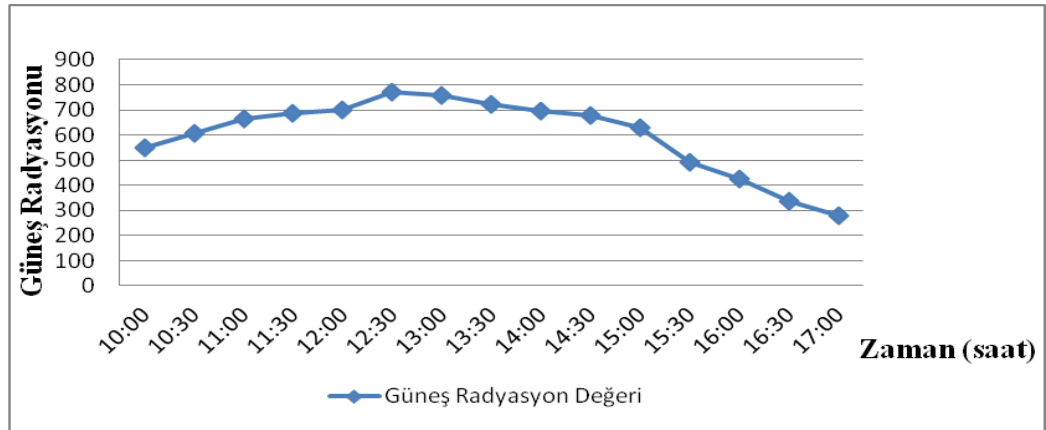
Şekil 5.2. 40 °C’de sıcaklık kontrollü sistemin güneş radyasyon değerleri.

Proses kontrol cihazının 45 °C'ye ayarlanıp yapılan deneyler sonucunda; sıcaklık kontrollü sistem ile gün içerisinde toplam 77,25 litre su elde edilmiştir. Proses kontrol cihazının 45 °C'ye set edilmesiyle elde edilen depo suyu sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi Şekil 5.3'teki gibidir.



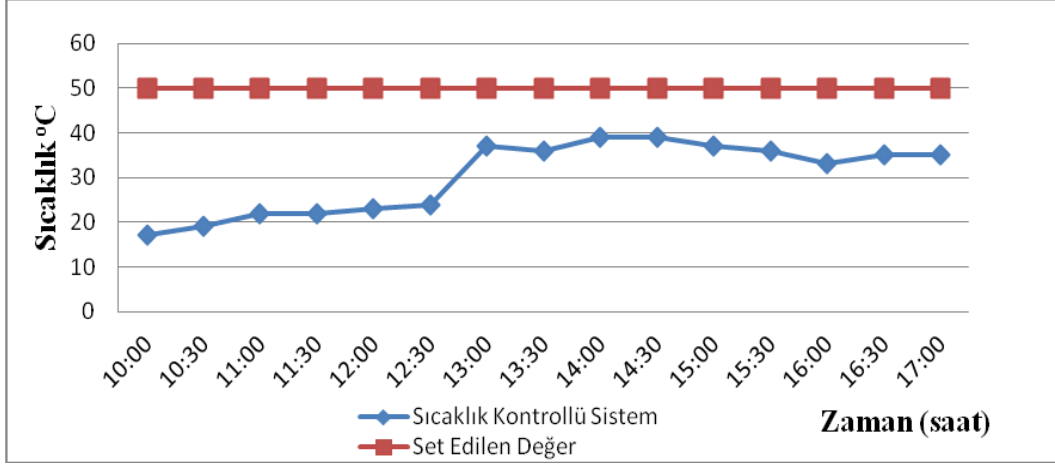
Şekil 5.3. 45 °C'de depo suyu sıcaklıkları

Sistemin 45 °C'ye set edilerek yapılmış olan deney gününe ait ölçülen güneş radyasyon değerleri Şekil 5.4'te gösterilmiştir. Kontrol cihazının 45 °C'ye set edilmesi ile kullanma suyu sıcaklığı olan 40 °C'ye daha yakın değerler elde edilmiştir. Depo ısı kayıplarının sisteme ait deponun kapalı ve korunaklı olan çatı arasında muhafaza edileceği düşünüldüğünde set değerinin 45 °C olması sistem kullanımı açısından daha uygun olacaktır.



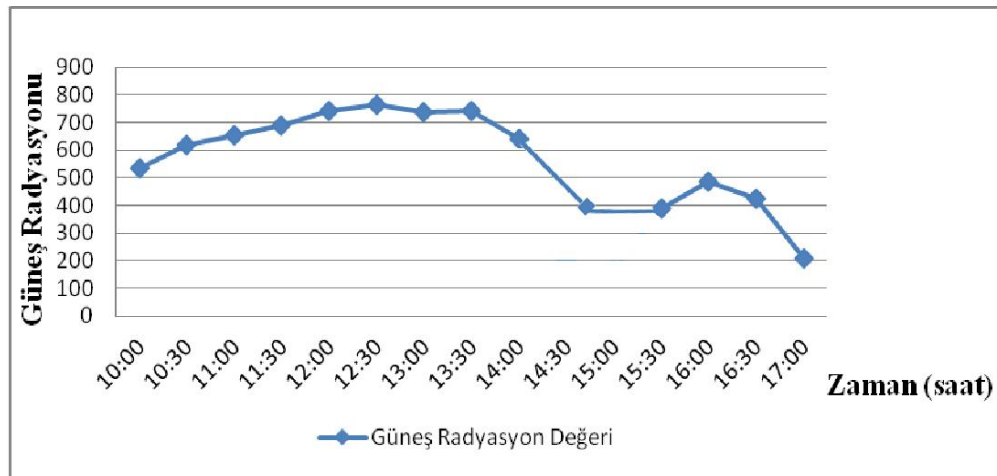
Şekil 5.4. 45 °C'de sıcaklık kontrollü sistemin güneş radyasyon değerleri.

Proses kontrol cihazının 50 °C'ye ayarlanıp yapılan deneyler sonucunda; sıcaklık kontrollü sistem ile gün içerisinde toplam 13,5 litre su elde edilmiştir. Proses kontrol cihazının 50 °C'ye set edilmesiyle elde edilen depo suyu sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi Şekil 5.5'teki gibidir.



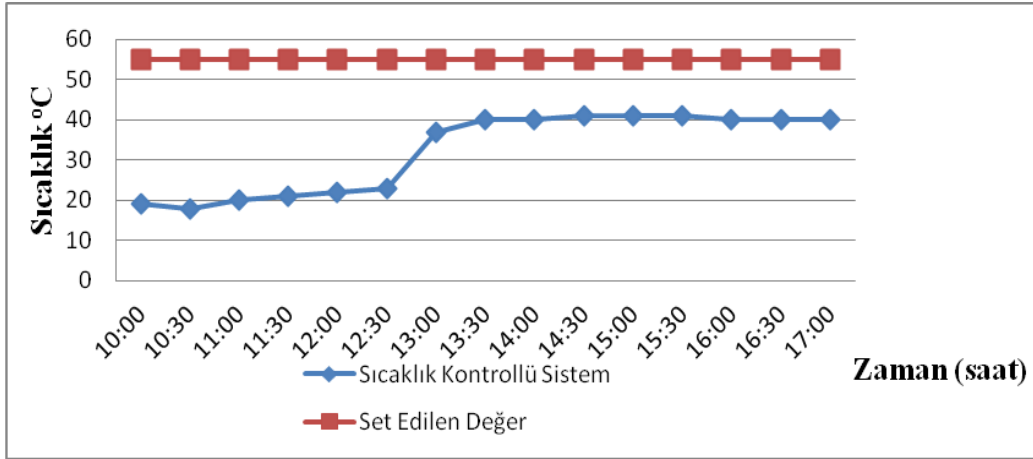
Şekil 5.5. 50 °C'de depo suyu sıcaklıkları.

Sistemin 50 °C'ye set edilerek yapılmış olan deney gününe ait, ölçülen güneş radyasyon değerleri Şekil 5.6'da gösterilmiştir. Şekil 5.5'ten de görülebileceği üzere set edilen değer arttıkça depo ısı kayıpları da artmıştır. Sıcaklık kontrollü sistemde en fazla ısı kaybı muhafazasız olan sıcak su deposundan kaynaklanmıştır. Özellikle endüstri için yüksek sıcaklığın istendiği ortamlarda depo izolasyonunun kusursuz olması bu ısı kayıplarını da azaltacaktır.



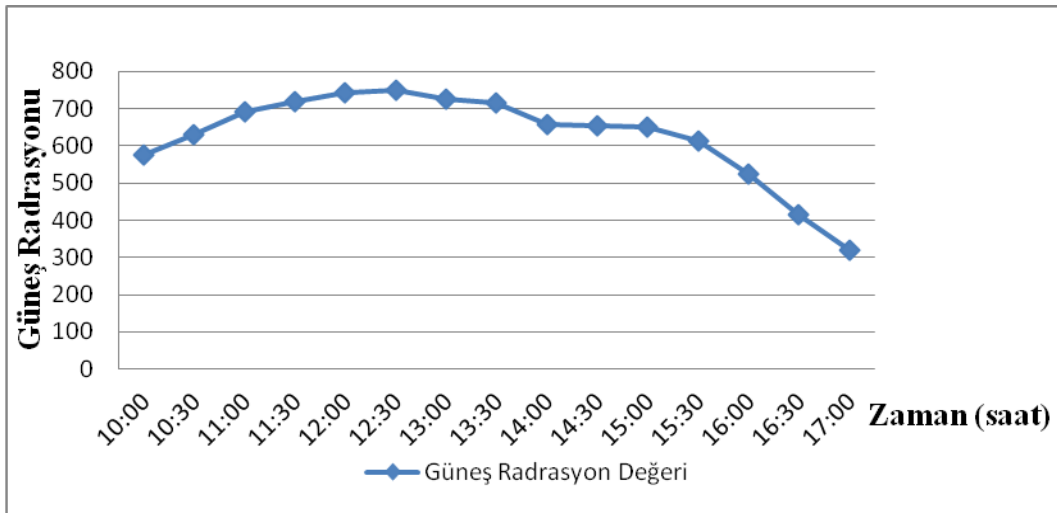
Şekil 5.6. 50 °C'de sıcaklık kontrollü sistemin güneş radyasyon değerleri.

Proses kontrol cihazının 55 °C'ye ayarlanıp yapılan deneyler sonucunda; sıcaklık kontrollü sistem ile gün içerisinde toplam 18 litre su elde edilmiştir. Proses kontrol cihazının 55 °C'ye set edilmesiyle elde edilen depo suyu sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi Şekil 5.7'deki gibidir. Set edilen sıcaklık arttıkça elde edilen depo suyu miktarı da ters orantılı olarak azalmıştır.



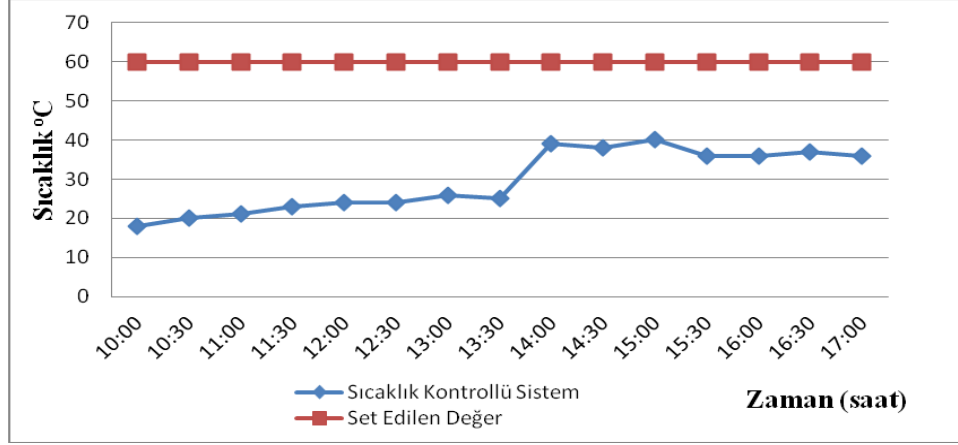
Şekil 5.7. 55 °C'de depo suyu sıcaklıkları.

Sistemin 55 °C'ye set edilerek yapılmış olan deney gününe ait, ölçülen güneş radyasyon değerleri Şekil 5.8'de gösterilmiştir.



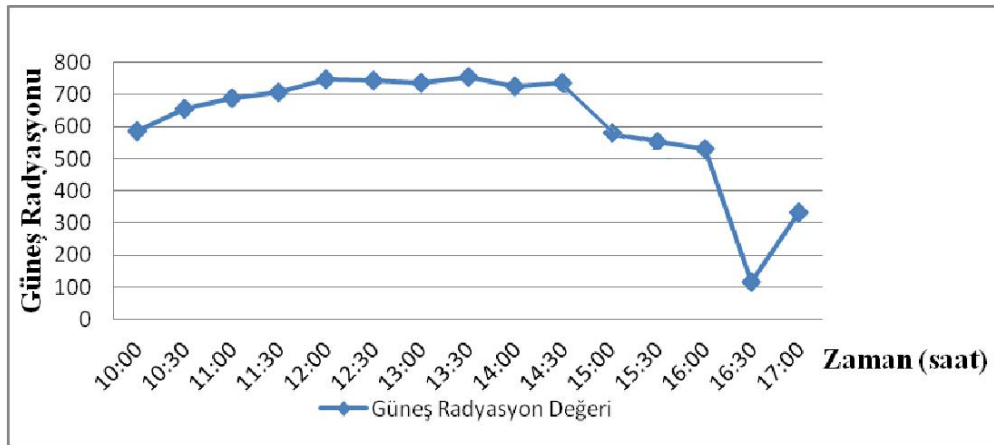
Şekil 5.8. 55 °C'de sıcaklık kontrollü sistemin güneş radyasyon değerleri.

Proses kontrol cihazının 60 °C'ye ayarlanıp yapılan deneyler sonucunda; sıcaklık kontrollü sistem ile gün içerisinde toplam 9 litre su elde edilmiştir. Proses kontrol cihazının 60 °C'ye set edilmesiyle elde edilen depo suyu sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi Şekil 5.9'daki gibidir.



Şekil 5.9. 60 °C'de depo suyu sıcaklıkları.

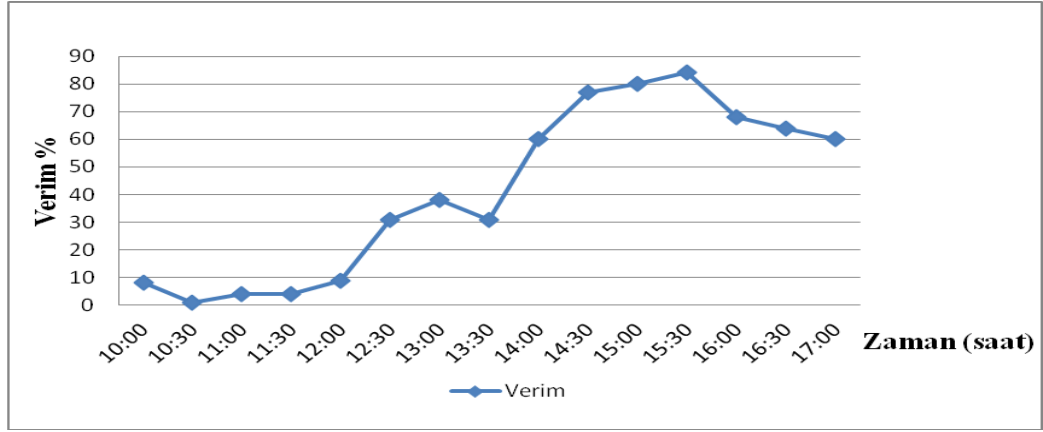
Sistemin 60 °C'ye set edilerek yapılmış olan deney gününe ait, ölçülen güneş radyasyon değerleri Şekil 5.10'da gösterilmiştir. Depodaki su miktarı sabit olmadığından proses kontrol cihazında set edilen değere bağlı olarak değişmiştir. Set edilen değer düşük olduğu 40 °C'lerde depodaki su miktarı diğer günlere göre daha fazla artmış bunun paralelinde de sistem verimi yüksek olmuştur. Set edilen yüksek sıcaklık değerlerinde depo ısı kayıpları nedeniyle aynı sıcaklık depoya taşınamamış depodaki su miktarındaki azalma direkt verimi etkileyerek düşürmüştür.



Şekil 5.10. 60 °C'de sıcaklık kontrollü sistemin güneş radyasyon değerleri.

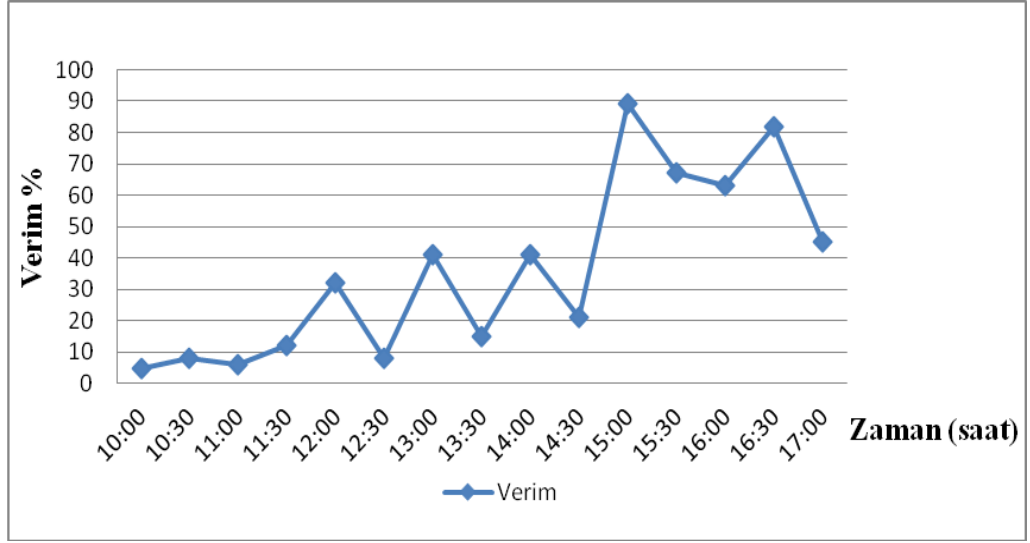
## 5.2. VERİMSEL ANALİZ

Güneş enerjili sistemler ile sıcak su hazırlanmasında kullanma suyu sıcaklığının yanında verimde önemli bir parametredir. Bu yüzden Eşitlik 3.5'ten sıcaklık kontrollü sistem için verim hesaplanarak Şekil 5.11'de gösterilmiştir. Eşitlik 3.5'ten de görüleceği üzere depo suyu miktarlarındaki artış sıcaklık kontrollü sistemin verimini etkilememektedir. Kolektörde anlık ısıtılan su miktarı esas alınarak hesaplandığından literatürde yer alan termosifon sistemlerin aksine gün içinde verimde inişler ve çıkışlar gözlenebilmektedir.



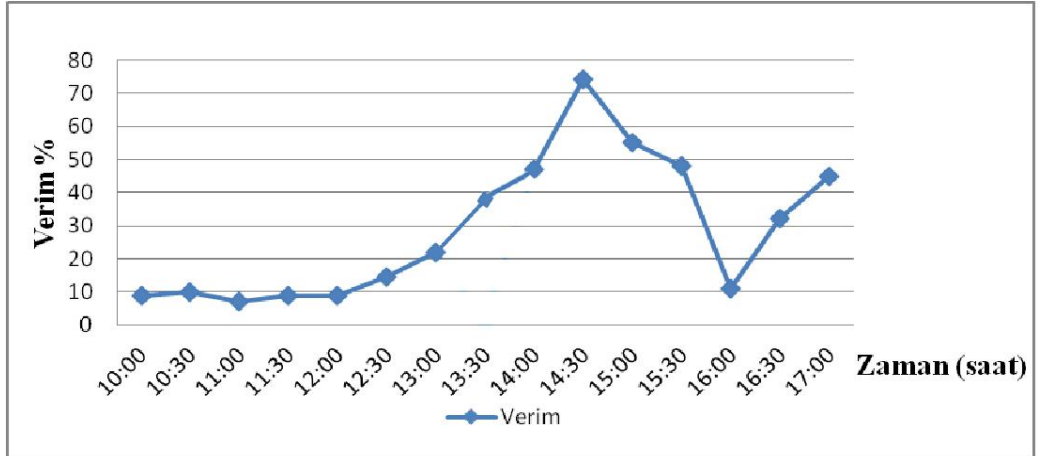
Şekil 5.11. 40 °C'de sıcaklık kontrollü sistemin verimi.

Eşitlik 3.5'ten sıcaklık kontrollü sistem için verim hesaplanarak Şekil 5.12'de gösterilmiştir. Şekil 5.12'de ki grafikteki inişler ve çıkışlar güneş radyasyonu değerinden ve depodaki suyun doldukça boşaltılmasından kaynaklanmıştır. Depodaki toplam su miktarı verimdeki değişimi literatürde yer alan termosifon sistemlerin aksine etkilememekte anlık değişimler göz önünde bulundurulmaktadır. Bu yüzden toplam su miktarındaki artıştan izole edilmiş daha doğru bir verim eğrisi ortaya çıkmıştır.



Şekil 5.12. 45 °C’de sıcaklık kontrollü sistemin verimi.

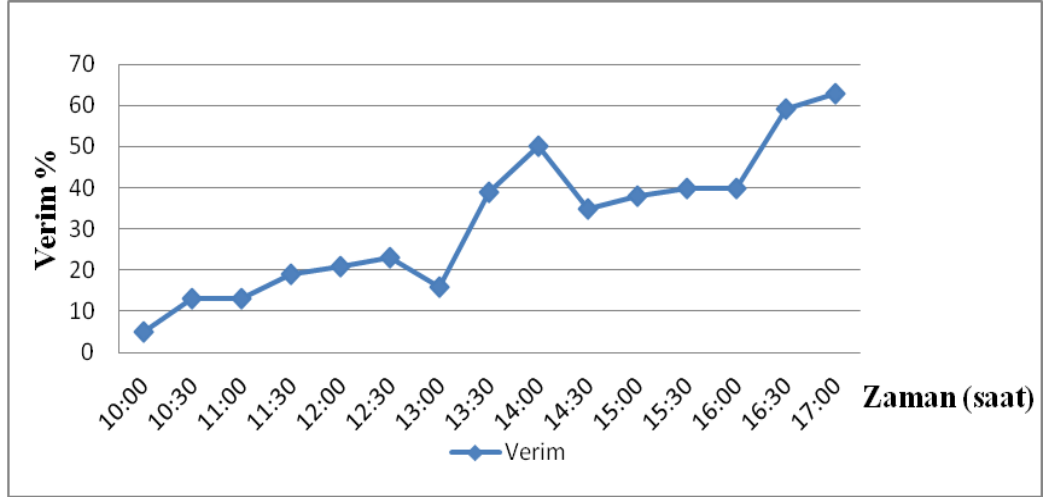
Eşitlik 3.5’ten sıcaklık kontrollü sistem için verim hesaplanarak Şekil 5.13’te gösterilmiştir. Şekil 5.13’teki verim eğrisindeki inişler ve çıkışlar Şekil 5.6’da gösterilen güneş radyasyonunda ki değişimlerden kaynaklanmıştır.



Şekil 5.13. 50 °C’de sıcaklık kontrollü sistemin verimi.

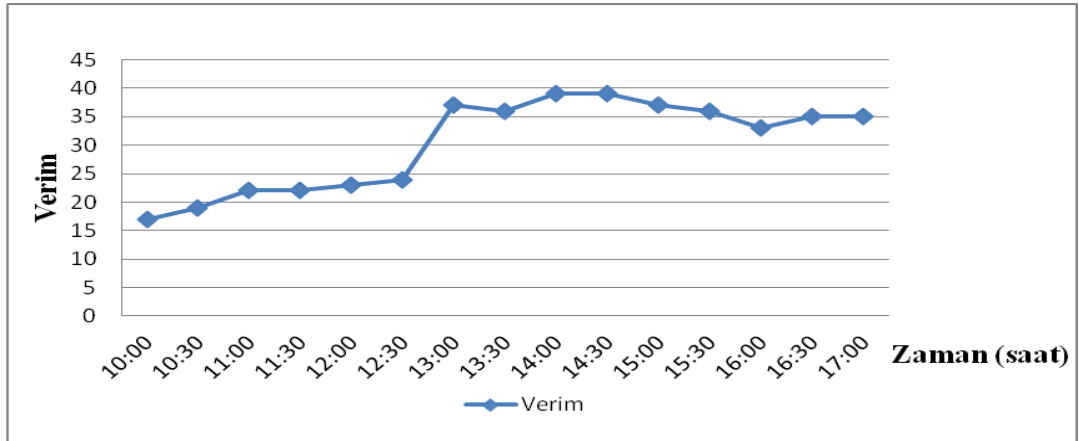
Eşitlik 3.5’ten sıcaklık kontrollü sistem için verim hesaplanarak Şekil 5.14’te gösterilmiştir. Kolektörler deki su ısındıkça depoya alındığından ve su miktarı literatürde yer alan termosifon sistemlere göre az olduğundan güneş radyasyonu düşük dahi olsa istenilen ya da set edilen sıcaklıklara ulaşılabilmiştir. Bu yüzden güneş ışınımındaki azalmalardan verim fazla etkilenmemiştir.





Şekil 5.14. 55 °C’de sıcaklık kontrollü sistemin verimi.

Eşitlik 3.5’ten sıcaklık kontrollü sistem için verim hesaplanarak Şekil 5.15’te gösterilmiştir. Set edilen sıcaklık değeri arttıkça verimin düştüğü gözlenmektedir. Bu sistemin ısıtmış olduğu su miktarının azalmasından kaynaklanmıştır. Bu noktada verim sistem analizinde önemli bir gösterge olmayıp istenilen su sıcaklığına miktarını gözetmeksizin ulaşılabilmiş olunması kullanılabilirliği ön plana çıkarmaktadır.



Şekil 5.15. 60 °C’de sıcaklık kontrollü sistemin verimi.

## BÖLÜM 6

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan deneysel çalışma sonrasında aşağıda maddeler halinde ifade edilen sonuçlar elde edilmiştir ve önerilerde bulunulmuştur.

- Kontrol cihazının 40 °C'ye ayarlanmasıyla 135,75 lt olan en yüksek sıcak su elde edilmiştir.
- Sıcak su depo hacmi 60 lt olduğundan su deposu dolduğunda boşaltılmıştır. Bu yüzden verim hesaplamalarında dalgalanmalar görülmektedir. Bu yüzden bu tür bir deney sisteminde depo hacmi mümkün olduğunca büyük seçilmesi önerilir.
- Kontrol cihazından ayarlanan değerler ile elde edilen depo suyu sıcaklıklarında önemli farklılıklar oluşmuştur. Bu farklılıklar kontrol cihazının hızlı cevap vermeyişinden kaynaklanmıştır. Fakat sistem bu sorunu set edilen sıcaklığın istenilen su sıcaklığından biraz daha yüksek tutulmasıyla aşılabilir.
- Sistemde kullanılan kollektör ısı borulu bir kollektör olduğundan ısıtma şekli indirekt ısıtmalıdır. Bu yüzden sistemin verimi direkt ısıtmalı sisteme göre daha düşük olduğu tahmin edilmektedir. Direkt ısıtmalı sistemde aynı şekilde denenererek karşılaştırma yapılabilir.
- Daha hızlı cevap veren bir proses kontrol cihazı ile daha büyük sıcak su deposuna sahip ve vakum tüplü ısı borulu bir kollektör kullanılarak sistem veriminin daha yüksek elde edileceği tahmin edilmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Yılmaz, S. ve Deniz, E., “Isı borulu güneş enerjili su ısıtma sistemlerinde soğutucu akışkan R-22 kullanımının deneysel olarak incelenmesi”, *Teknoloji Dergisi*, 8 (4): 349-356 (2005).
2. Uyarel, A. Y. ve Öz, E. S., “Güneş Enerjisi ve Uygulamaları”, *Birsen Yayınevi*, Ankara, 19-36 (1987).
3. Hussien, H. M. S., Mohamed, M. A. and El-Asfour, A.S., “Transient investigation of a thermosyphon flat plate solar collector”, *Appl. Thermal Eng.*, 19 (2): 789-800 (1999).
4. Gümgüm, B., “Güneş enerjisi ve uygulamaları”, **2. Güneş Enerjisi Konferansı**, Diyarbakır, 85-96 (1996).
5. Çitiroğlu, A., “Güneş enerjisinden yararlanarak elektrik üretimi”, *Mühendis ve Makine Dergisi*, 485 (41): 32-33 (2000).
6. Öz, E., Menlik, T. ve Aktaş, M., “Güneş enerjisi sistemlerinde kanatçık kullanımının verime etkisinin deneysel incelenmesi”, *Politeknik Dergisi*, 7 (3): 217-221 (2004).
7. Aktaş, M., Ceylan, İ. ve Doğan, H., “Güneş enerjili kurutma sistemlerinin fındık kurutulmasına uygulanabilirliği”, *Teknoloji Dergisi*, 7 (4): 557-564 (2004).
8. Ulusal Enerji Tasarrufu Merkezi, “Sanayide enerji yönetimi esasları”, *UETM*, Ankara, 12-18 (1997).
9. Durdu, R., “Güneş enerjisinin yerleşim birimlerinde enerji ekonomisine katkısı” Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 4-8 (1996)
10. Zahra, H. A. and Loudi, K. A., “An experimental investigation into the performance of a domestic thermosyphon solar water heater under varying operating conditions”, *Energy Conversion and Management*, 24 (3): 205-214 (1984).
11. İnternet: Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü “ Enerji Verimliliği Raporları” [www.eie.gov.tr/enerji\\_ver.html](http://www.eie.gov.tr/enerji_ver.html) (2006).
12. Şen, Z., “Türkiye’nin temiz enerji imkânları”, *Mimar ve Mühendis Dergisi*, 33 (1): 12-14, (2004).



27. Tırıs, M., Tırıs, Ç. ve Erdallı, Y., “Güneş enerjili su ısıtma sistemleri”, *Tübitak*, Kocaeli, 18-19 (1997).
28. Bockris, J., Veziroğlu, T. N. and Smith, D., “Solar Hydrogen Energy”, *İletişim Yayınları*, İstanbul, 11-13 (1993).
29. Bulut, H., Şahin, H. ve Karadağ, R., “Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin tekno-ekonomik analizi”, *TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Tesisat Mühendisliği Dergisi*, (101) : 23-33 (2007).

## **ÖZGEÇMİŞ**

Şener ÇİNKAYA 1987 yılında Trabzon'un Şalpazarı ilçesinin doğancı köyünde doğdu. İlk ve ortaöğrenimini Trabzon'un Şalpazarı ilçesinde tamamladı. Şalpazarı Çok Programlı Lisesi Fen bilimlerinden mezun oldu. 2006 yılında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Tesisat Öğretmenliğini kazandı. 2010 yılında mezun oldu ve aynı yıl Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitiminde yüksek lisansa başladı.

## **İLETİŞİM BİLGİLERİ**

**Adres** : Adacık mah. Işıkkent sit. B blok Kat:4 Daire:14  
TRABZON/BEŞİKDÜZÜ

**Tel** : 0545 616 16 61

**E-mail** : senercinkaya61@hotmail.com

**EK AÇIKLAMALAR A.**

**9 AĞUSTOS 2011 TARİHLİ SICAKLIK KONTROLLÜ SİSTEM  
DENEY SONUÇLARI**





**EK AÇIKLAMALAR B .**

**10 AĞUSTOS 2011 TARİHLİ SICAKLIK KONTROLLÜ SİSTEM  
DENEY SONUÇLARI**

Çizelge EK B.1. 10 Ağustos 2011 tarihli sıcaklık kontrollü sistem deney sonuçları.

SET DEĞERİ (°C)	DEPO SUYU SICAKLIĞI (°C)	GÜNEŞ RADYASYONU (ws/m <sup>2</sup> )	SU MİKTARI (Litre)	TARİH:10.08.2011 SAAT
45 °C	22	592	3	10,30
45 °C	22	680	3	11,00
45 °C	29	704	8,25	11,30
45 °C	31	732	12	12,00
45 °C	33	777	21	12,30
45 °C	33	775	25,5	13,00
45 °C	37	761	34,5	13,30
45 °C	33	724	42,75	14,00
Sıcak su deposu boşaltılmıştır.				
45 °C	38	679	8,25	14,30
45 °C	35	632	13,5	15,00
45 °C	39	556	22,5	15,30
45 °C	39	494	29,25	16,00
45 °C	38	414	29,25	16,30
45 °C	39	339	29,25	17,00
Kollektörden elde edilen toplam sıcak su miktarı			77,25	

**EK AÇIKLAMALAR C.**

**14 AĞUSTOS 2011 TARİHLİ SICAKLIK KONTROLLÜ SİSTEM  
DENEY SONUÇLARI**

Çizelge EK C.1. 14 Ağustos 2011 tarihli sıcaklık kontrollü sistem deney sonuçları.

SET DEĞERİ (°C)	DEPO SUYU SICAKLIĞI (°C)	GÜNEŞ RADYASYONU (ws/m <sup>2</sup> )	SU MİKTARI (Litre)	TARİH:14.08.2011 SAAT
50 °C	17	536	3	10,00
50 °C	19	617	3	10,30
50 °C	22	653	3	11,00
50 °C	22	690	3	11,30
50 °C	23	740	3	12,00
50 °C	24	763	3	12,30
50 °C	37	737	7,5	13,00
50 °C	36	740	7,5	13,30
50 °C	39	640	13,5	14,00
50 °C	39	395	13,5	14,30
50 °C	37	390	13,5	15,00
50 °C	36	390	13,5	15,30
50 °C	33	485	13,5	16,00
50 °C	35	426	13,5	16,30
50 °C	35	208	13,5	17,00
		Kollektörden elde edilen toplam sıcak su miktarı	13,5	

**EK AÇIKLAMALAR D.**

**16 AĞUSTOS 2011 TARİHLİ SICAKLIK KONTROLLÜ SİSTEM  
DENEY SONUÇLARI**

Çizelge EK D.1. 16 Ağustos 2011 tarihli sıcaklık kontrollü sistem deney sonuçları.

SET DEĞERİ (°C)	DEPO SUYU SICAKLIĞI (°C)	GÜNEŞ RADYASYONU (ws/m <sup>2</sup> )	SU MİKTARI (Litre)	TARİH:16.08.2011 SAAT
55 °C	19	576	3	10,00
55 °C	18	630	3	10,30
55 °C	20	690	3	11,00
55 °C	21	719	3	11,30
55 °C	22	743	3	12,00
55 °C	23	750	3	12,30
55 °C	37	727	7,5	13,00
55 °C	40	714	13,5	13,30
55 °C	40	657	13,5	14,00
55 °C	41	655	18	14,30
55 °C	41	649	18	15,00
55 °C	41	612	18	15,30
55 °C	40	525	18	16,00
55 °C	40	415	18	16,30
55 °C	40	320	18	17,00
		Kollektörden elde edilen toplam sıcak su miktarı	18	

**EK AÇIKLAMALAR E.**

**17 AĞUSTOS 2011 TARİHLİ SICAKLIK KONTROLLÜ SİSTEM  
DENEY SONUÇLARI**

Çizelge EK E.1. 17 Ağustos 2011 tarihli sıcaklık kontrollü sistem deney sonuçları.

SET DEĞERİ (°C)	DEPO SUYU SICAKLIĞI (°C)	GÜNEŞ RADYASYONU (ws/m <sup>2</sup> )	SU MİKTARI (Litre)	TARİH:17.08.2011 SAAT
60 °C	18	584	3	10,00
60 °C	20	657	3	10,30
60 °C	21	688	3	11,00
60 °C	23	705	3	11,30
60 °C	24	747	3	12,00
60 °C	24	745	3	12,30
60 °C	26	737	3	13,00
60 °C	25	755	3	13,30
60 °C	39	725	9	14,00
60 °C	38	737	9	14,30
60 °C	40	580	9	15,00
60 °C	36	552	9	15,30
60 °C	36	531	9	16,00
60 °C	37	118	9	16,30
60 °C	36	333	9	17,00
		Kollektörden elde edilen toplam sıcak su miktarı	9	