

**SICAKLIK KONTROLLÜ GÜNEŞ ENERJİLİ
KULLANMA SICAK SUYU HAZIRLAMA
SİSTEMİNİN DENEYSEL ANALİZİ**

**2011
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ**

Hüsamettin DEMİRCAN

**SICAKLIK KONTROLLÜ GÜNEŞ ENERJİLİ KULLANMA SICAK SUYU
HAZIRLAMA SİSTEMİNİN DENEYSEL ANALİZİ**

Hüsamettin DEMİRCAN

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

KARABÜK

Haziran 2011

Hüsamettin DEMİRCAN tarafından hazırlanan “SICAKLIK KONTROLLÜ GÜNEŞ ENERJİLİ KULLANMA SICAK SUYU HAZIRLAMA SİSTEMİNİN DENEYSEL ANALİZİ” 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. 29/ 06/ 2011

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

Başkan : Doç. Dr. Sezayi YILMAZ (K.B.Ü.)

Üye : Doç. Dr. Ziyaddin RECEPLİ (K.B.Ü.)

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

İmzası

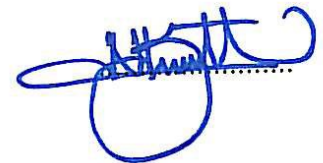


...../...../2011

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

Doç. 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.”

Hüsamettin DEMİRCAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SICAKLIK KONTROLLÜ GÜNEŞ ENERJİLİ KULLANIM SICAK SUYU HAZIRLAMA SİSTEMİNİN DENEYSEL ANALİZİ

Hüsamettin DEMİRCAN

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Yrd. Doç. Dr. İlhan CEYLAN

Haziran 2011, 58 sayfa

Bu çalışmada, sıcaklık kontrollü güneş enerjili sıcak su hazırlama sisteminin tasarımı ve imalatı yapılmıştır. Sistemin tasarlanmasının amacı; teknolojik imkanların arttığı, ekonominin ve estetiğin ön plana çıktığı günümüzde çatılarda bulunan mevcut güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerinin sıcak su depolama faktörünü değiştirmek, sistem verimini arttırmak ve çatılarda oluşan görüntü kirliliğini iyileştirmek olmuştur. Tasarımı ve imalatı yapılan sistemde; 40 °C, 45 °C, 50 °C, 55 °C ve 60 °C için su sıcaklığının kontrolü yapılarak sistem deneysel olarak analiz edilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda, ortalama aynı güneş radyasyonu değerlerinde sıcaklık kontrollü sistemin ürettiği su miktarının doğal dolaşımli sisteme göre daha fazla olduğu; ayrıca veriminin de yüksek çıktığı gözlemlenmiştir.

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

Bilim Kodu : 708.1.038

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

THE EXPERIMENTAL ANALYSIS OF TEMPERATURE CONTROLLED SOLAR WATER HEATER

Hüsamettin DEMİRCAN

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Education

Thesis Advisor:

Assist. Prof. Dr. İlhan CEYLAN

June 2011, 58 pages

In this study, temperature-controlled design and manufacture of solar hot water heating system is made. The purpose of the design of the system, increase the technological possibilities of the economy, and aesthetics are in the forefront of solar hot water heating systems are available today in the roofs of hot water storage change factor, and the roofs of improving the efficiency of the system was to improve the visual pollution. Design and manufacture of the system; 40 ° C, 45 ° C, 50 ° C, 55 ° C and 60 ° C made the water temperature control system has been analyzed experimentally.. As a result of the experiments, the average solar radiation at the same temperature-controlled system that has produced more than the amount of water is a natural circulation system, as well as high when the yield was observed.

Key Words : Solar energy, energy, collector, temperature control.

Science Code : 708.1.038

TEŞEKKÜR

Bu tez alıőmasının planlanmasında, araőtırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda her türlü ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle alıőmamı bilimsel temellere bağlı kalarak őekillendiren öncelikle danıőmanım sayın hocam Yrd. Doç. Dr. İlhan CEYLAN'a ve hocam Yrd. Doç. Dr. Emrah DENİZ'e sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Ayrıca sistemin malzeme temininde ve imalatında yardımlarını benden esirgemeyen Rize Lazer Isı Mühendislik LTD. őTİ.'ne ve Arifoęlu Reklam'a teőekkürlerimi sunarım.

Eğitim-öğretim ve bütün hayatım boyunca maddi ve manevi hiçbir yardım ve desteklerini esirgemedен yanımda oldukları için biricik annecim Hatice DEMİRCAN ve canım babam Adnan DEMİRCAN'a tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xii
BÖLÜM 1.	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	4
GÜNEŞ ENERJİSİ	4
2.1. GÜNEŞ ENERJİSİ.....	4
2.1.1. 21. Yüzyılda Güneş Enerjisinin Önemi	4
2.1.2. Türkiye'nin Güneş Enerji Potansiyeli	6
2.1.3. Türkiye'deki Çalışmaların Kısa Geçmişi	7
2.1.4. Güneş Enerjisinin Diğer Enerji Türlerine Göre Avantaj ve Dezavantajları	8
2.2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	9
BÖLÜM 3	14
GÜNEŞ ENERJİLİ SICAK SU HAZIRLAMA SİSTEMLERİ	14
3.1. GÜNEŞ ENERJİLİ SU ISITMA SİSTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI	14
3.1.1. Doğal Dolaşımli Sistemler.....	17
3.1.2. Zorlanmış Dolaşımli (Pompalı) Sistemler.....	18
3.1.3. Vakum Tüplü Sistemler.....	18

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 4.	20
GÜNEŞ ENERJİLİ SICAK SU HAZIRLAMA SİSTEMLERİNİN ENERJİ ANALİZİ.....	20
4.1. GÜNEŞ ENERJİLİ SICAK SU HAZIRLAMA SİSTEMLERİNİN ENERJİ ANALİZİ.....	20
4.2. GÜNEŞ ENERJİLİ SICAK SU HAZIRLAMA SİSTEMİNİN VERİMİ.....	21
BÖLÜM 5.	22
DENEY SİSTEMİNİN TASARIMI VE İMALATI.....	22
5.1. DENEY SİSTEMİNİN TASARIMI.....	22
5.2. DENEY SİSTEMİNİN İMALATI.....	23
5.2.1. Alüminyum Borulu Güneş Kollektörü.....	23
5.2.2. Sıcak Su Deposu.....	25
5.2.3. Ölçüm Cihazlarının Sisteme Bağlanması.....	25
5.2.3.1. Proses Kontrol Cihazı.....	27
5.2.3.2. Sıcaklık Ölçümleri.....	27
5.3. SICAKLIK KONTROLLÜ SİSTEM.....	28
BÖLÜM 6.	30
DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	30
6.1. GÜNEŞ ENERJİLİ SİSTEMLERİN DEPO SUYU SICAKLIK DEĞİŞİMLERİ VE VERİMLERİ.....	30
BÖLÜM 7.	44
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	44
KAYNAKLAR.....	45
EK AÇIKLAMALAR A. SICAKLIK KONTROLLÜ GÜNEŞ ENERJİLİ KULLANMA SICAK SUYU HAZIRLAMA SİSTEMİNİN DENEYSEL SONUÇLARI.....	47
ÖZGEÇMİŞ.....	58

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. Çatılardaki güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin oluşturduğu görüntü kirliliği	2
Şekil 2.1. Türkiye’de bölgelere göre yıllık güneşlenme süreleri (saat)	7
Şekil 2.2. Yapılan deneylerde kullanılan test sistemi	11
Şekil 2.3. Direkt ısıtmalı sistemin şeması	13
Şekil 3.1. Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin sınıflandırılması	15
Şekil 3.2. Uygulaması yapılan güneş enerjili su ısıtma sistemi şekilleri	16
Şekil 5.1. Güneş enerjili termosifon sistem.....	22
Şekil 5.2. Güneş enerjili sıcaklık kontrollü sistem (GESKS).....	23
Şekil 5.3. Kanatçıklı alüminyum borulu kollektör	24
Şekil 5.4. Alüminyum borulu bakır kanatçıklı kollektör	25
Şekil 5.5. Güneş enerjili sıcaklık kontrollü sistem ve termosifon sistem	26
Şekil 5.6. Sistem ölçümlerinin yapılması	27
Şekil 6.1. 40 °C’de depo suyu sıcaklıkları	31
Şekil 6.2. 40 °C’de doğal dolaşimli sistem ile sıcaklık kontrollü sistemin güneş radyasyon değerleri	31
Şekil 6.3. 40 °C’de sistemlerin verimleri	32
Şekil 6.4. 45 °C’de depo suyu sıcaklıkları.....	33
Şekil 6.5. 45 °C’de doğal dolaşimli sistem ile sıcaklık kontrollü sistemin güneş radyasyon değerleri	34
Şekil 6.6. 45 °C’de sistemlerin verimleri	34
Şekil 6.7. 50 °C’de depo suyu sıcaklıkları	35
Şekil 6.8. 50 °C’de doğal dolaşimli sistem ile sıcaklık kontrollü sistemin güneş radyasyon değerleri	36
Şekil 6.9. 50 °C’de sistemlerin verimleri	37
Şekil 6.10. 55 °C’de depo suyu sıcaklıkları	38
Şekil 6.11. 55 °C’de doğal dolaşimli sistem ile sıcaklık kontrollü sistemin güneş radyasyon değerleri	39

	<u>Sayfa</u>
Şekil 6.12. 55 °C’de sistemlerin verimleri	40
Şekil 6.13. 60 °C’de depo suyu sıcaklıkları	41
Şekil 6.14. 60 °C’de doğal dolaşımli sistem ile sıcaklık kontrollü sistemin güneş radyasyon değerleri	42
Şekil 6.15. 60 °C’de sistemlerin verimleri	43

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 5.1. Deney sisteminde kullanılan ölçüm ve kontrol cihazları.....	28
Çizelge EK A.1. 7 Temmuz 2010 tarihli sıcaklık kontrollü sistem deney sonuçları.....	48
Çizelge EK A.2. 8 Temmuz 2010 tarihli sıcaklık kontrollü sistem deney sonuçları.....	49
Çizelge EK A.3. 11 Temmuz 2010 tarihli sıcaklık kontrollü sistem deney sonuçları.....	50
Çizelge EK A.4. 12 Temmuz 2010 tarihli sıcaklık kontrollü sistem deney sonuçları.....	51
Çizelge EK A.5. 13 Temmuz 2010 tarihli sıcaklık kontrollü sistem deney sonuçları.....	52
Çizelge EK A.6. 14 Temmuz 2010 tarihli sıcaklık kontrollü sistem deney sonuçları.....	53
Çizelge EK A.7. 17 Temmuz 2010 tarihli sıcaklık kontrollü sistem deney sonuçları.....	54
Çizelge EK A.8. 18 Temmuz 2010 tarihli sıcaklık kontrollü sistem deney sonuçları.....	55
Çizelge EK A.9. 19 Temmuz 2010 tarihli sıcaklık kontrollü sistem deney sonuçları.....	56
Çizelge EK A.10. 20 Temmuz 2010 tarihli sıcaklık kontrollü sistem deney sonuçları.....	57

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

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

KISALTMALAR

SC	: Güneş kollektörü
GESIS	: Güneş enerjili sıcak su sistemleri
GESKS	: Güneş enerjili sıcaklık kontrollü sistem

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Nüfusun arttığı, teknolojinin hızla geliştiği ve bu gelişmelere paralel olarak da enerji tüketiminin hızla arttığı dünyamızda enerji kaynaklarının önemi bir kat daha artmaktadır. Fosil kökenli enerji kaynak rezervlerinin gün geçtikçe azalması, bu enerji kaynaklarının kullanımı ile oluşan çevre problemleri toplumları yeni ve yenilebilir enerji kaynaklarının araştırması ve değerlendirilmesi çalışmalarına itmektedir.

Günümüzde, tüm dünya ülkelerinde sosyal ve ekonomik kalkınmanın en sağlıklı temel girdisi olarak kabul edilen enerjiye gün geçtikçe daha fazla ihtiyaç duyulmaktadır. Kalkınmada, kişi başına harcanan enerji miktarının ülkelerin gelişmişlik seviyelerinin göstergesi sayıldığı dünyamızda enerjinin ve enerji hammaddelerinin yeri çok önemlidir. Günümüzde enerji ihtiyacının büyük bir bölümünün karşılandığı, birincil enerji kaynakları olan petrol, doğalgaz, kömür, odun ve hidrolik enerji tükenbilir nitelikte olup, elde edilişleri göz önüne alındığında kuruluş maliyetleri yüksektir. Ayrıca, bu enerji kaynaklarının kullanılması çevre problemlerine de sebep olur. Birincil enerji kaynakları arasında en üstünü olarak hidrolik enerji potansiyeli her yerde de bulunmaz. Bu yüzden günümüzde nükleer enerji, güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisine daha fazla önem verilmektedir [1].

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 “Güneş Kuşağı” olarak tabir edilen 45° kuzey ve güney enlemleri arasındaki ülkeler başta olmak üzere, bütün dünyanın ilgisini çekmiştir [2]. Bu nedenle insanlar için önemli bir alternatif enerji kaynağı olan güneşten mümkün olduğunca faydalanabilmek için, günümüzde pek

çok ülkede güneş enerji sistemleri ile ilgili farklı çalışmalar yapılmaktadır. Güneş enerjisinin uygulama alanları, kullanım suyu ısıtma, yüzme havuzu ısıtma, kaynatma ve pişirme, bitkisel ürünlerin kurutulması, su distilasyonu, yapıların pasif olarak ısıtılması ve iklimlendirilmesi, yapılarda aktif ısıtma ve iklimlendirme, sanayi proses ısısı üretilmesi, termodinamik çevrimli veya elektriksel çevrimli olarak sulama suyu pompajı, toplu yerleşim ünitelerinde entegre sistemlerle ısı ve elektriğin birlikte üretilmesi gibi çok çeşitlidir.

Bu çalışmaların önemli bir ayağını, basit yapıya sahip olmaları, kurulum maliyetlerinin düşük olması gibi avantajlarının çok olmasından dolayı güneş enerjisi su ısıtma sistemleri oluşturmaktadır. Ülkemizde güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin kullanımı, dünyada Çin'den sonra ikinci sıradadır. Çatı üzerlerinde kurulan sistemlerin sergilediği çarpık görüntüsüne günümüz modern çağında optimizasyona ihtiyaç duyulmaktadır. Aşağıda, Güneş Enerjili Tabii Sirkülasyonlu Su Isıtma Sistemlerinin çatı üzerindeki görüntüsünden bir kesit gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Çatılardaki güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin oluşturduğu görüntü kirliliği.

Güneş enerjisiyle su ısıtma sistemleri ile ilgili yapılan çalışmalarda farklı yapı ve özelliklere sahip birçok sistem tasarlanmıştır. Bu sistemler arasında yer alan tabii dolaşimli sıcaklık kontrollü sistemler, diğer sistemlere göre daha yüksek verim ve estetik gibi üstün özelliklere sahiptir.

Bu tez çalışmasında, doğal dolaşimli sistemlerin çatılardaki görüntülerini düzeltmek amacı ile sıcaklık kontrollü sistem tasarlanmıştır. Tasarlanan sistemin deneysel olarak kullanılabilirliği analiz edilecektir ve doğal dolaşimli sistemler ile tasarlanan sistemlerin karşılaştırılması yapılarak sıcaklık kontrollü sistemin üstünlükleri ve sakıncaları vurgulanacaktır.

BÖLÜM 2

GÜNEŞ ENERJİSİ

2.1 GÜNEŞ ENERJİSİ

Dış yüzey sıcaklığı 6000 °K olarak kabul edilen ve bilinen en büyük yıldız olan güneşin yaydığı ışınımın %70'i yeryüzüne ulaşır. Bu eksilmeler ortaya çıkmadan önce, atmosferin dışında ışınım değeri 1367 W/m²'dir ve bu değer "güneş sabiti" olarak alınır. Pratik olarak, yeryüzüne ulaşan güneş ışınımı değeri 1000 W/m² olarak kabul edilmektedir [3].

2.1.1 21. Yüzyılda Güneş Enerjisinin Önemi

Güneş enerjisinin bilinçli kullanımı, yerel, tükenmez ve çevre dostu kaynak olmasından önem kazanmaktadır. Güneş enerjisinin üstünlükleri arasında ısıl ve ışıksal öz yapıda olması, taşıma, iletim ve dağıtım sorununun olmayışı yer almaktadır. Zaman zaman Güneş enerjisi bedava kaynak olarak tanıtılmasına karşın, bedava değildir. Çünkü denetimli kullanım amacıyla toplanması için değişik sistemler gerekmekte, bu sistemlerin bir mal oluşu bulunmaktadır. Ancak, fosil yakıtların oluşturdukları çevresel zararların mal oluşunun yanında, güneş enerjisinin toplanması ve kullanılması daha çekici olabilmektedir.

Fosil yakıt kullanımının dayandığı yanma teknolojisinin kaçınılmaz ürünü olan karbondioksit salımı, bu sera gazının havaküredeki yoğunluğunu son Güneş enerjisinin en çok tanınmış uygulaması olan Güneşli su ısıtıcılar (ya da güneş şofbenleri), klasik düz yüzeyli toplaçlı, pompalı dolanımlı veya termosifon sistemli, ısı-değiştiricili (eşanjörlü) veya ısı-değiştiricisiz depolu olanlardır. Dolaplı türde ya da zorlanmış hava akımlı depolu biçimde yapılan tarımsal kurutucularda düz yüzeyli toplayıcılar kullanılır. Güneş imbicleri de denilen, deniz suyundan ya da acı sulardan

tatlı su ve tuz mineral üreten Güneşli damıtma düzenekleri, yine düz yüzeyli toplaçlı alçak sıcaklık uygulamalarıdır.

Güneşli kaynatıcılar ve yemek pişiriciler, güneşli sterilizörler ise genelde odaklı toplaçlı olup, güneş ışınlarının yoğunlaştırılmasıyla elde olunan yüksek sıcaklıklı ısıyı kullanırlar. Bu toplaçlar çoğu kez çanak biçimindedir. Ancak, pişiricilerin düz yansıtıcı plakalarla donatılmış ısı kutusu türleri de vardır.

Güneş enerjisinin depolanması, bir dönüşüm ya da çevrimle elde olunan ikincil enerjinin depolanması biçiminde gerçekleşmektedir. Depolama işlemleri ısı, mekaniksel, kimyasal, elektriksel yöntemlerle yapılır. Isıl depolamada özgül ısı sığası yüksek ve kolay bulunur ucuz malzemeler kullanılır. Su, yağ, çakıl taşı yatakları bunlar arasındadır. Isıl depolama için gizli ısı kapasiteli, parafin gibi faz değişim malzemelerinden de yararlanır. Mekaniksel depolamada güneşle çalıştırılan bir pompa ya da kompresör ile basılan yüksek basınçlı akışkan, uygun bir ortamda toplanır. Kimyasal depolamada hidrat tuzlardan yararlanır. Elektriksel depolama bataryalarla yapılır. Bu amaçla kurşun-asitli akümülatörler, nikel-kadmiyum tipi kuru bataryalar ve sodyum-sülfür bataryaları kullanılır.

Önümüzdeki 50 yıllık süreçte, bugüne göre 1,4 kat daha artırma olasılığı vardır. 1992 de yapılan RIO Konferansında, Dünyada karbondioksit salımının 1990 düzeyinin korunması üzerindeki görüşler benimsenmiştir. Bu demektir ki, fosil yakıtlar yerine temiz ve tükenmez enerji kaynaklarının kullanılmasına daha çok yer verilmesi gerekecektir. Atmosferdeki karbon-dioksitin neden olduğu sera etkisi, son yüzyıl içinde dünya ortalama sıcaklığını 0,7 °K yükseltmiştir. Bu sıcaklığın 1 °K yükselmesi dünya iklim kuşaklarında görünür kaymalara, 3 °K düzeyine varacak artışlar kutuplardaki buzulların erimesine, denizlerin yükselmesine, göllerde kurumalara ve tarımsal kuraklığa neden olabilecektir. Enerji vazgeçilemez girdi olduğuna göre, insanlık bu gidişe alışılmış kaynaklar yerine güneş gibi doğal alternatif enerjileri kullanarak dur diyecektir.

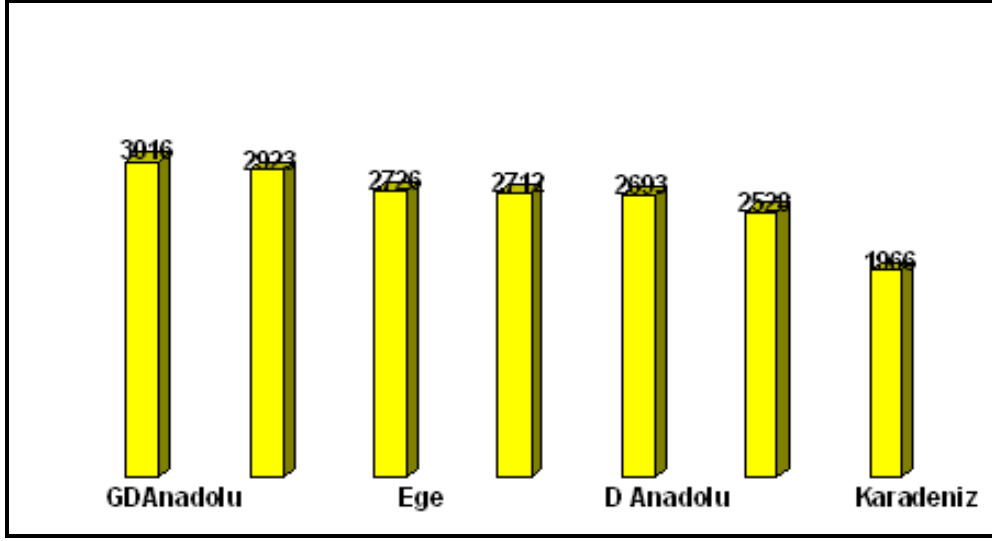
Giderek artan genel enerji tüketimi % 85–90 oranlarında tükenir fosil yakıtlara dayalıdır. Fosil yakıtların var olan rezervlerinin kullanılabilme süreleri ise sınırlıdır.

Yapılan hesaplamalarda değişik değerler verilmekle birlikte, yaygın görüş şudur: Yaklaşık yüz yıldır kullanılan petrolün üretimi 1995–2005 yılları arasında tepe değerinden geçerek azalacak, doğal gazın üretimi 2000 yılından sonra bir süre değişmez kalacak ve sonra azalacaktır. Kömür için yaklaşık 200 yıllık bir üretim süresi hesaplanmaktadır. Fosil yakıtların endüstriyel hammadde olduklarını unutmamak ve onları başboş tüketmeden gelecek kuşaklara da bırakmak gerekir. Özellikle, 45° kuzey ve güney enlemleri arasında kalan ve güneş kuşağı denilen dünya kuşağında, güneş enerjisi kullanımının geliştirilmesi, 21. yüzyılın temel gelişimlerinden biri olacaktır. Fosil yakıtların sınırlı rezervleri ve oluşturdukları çevre sorunları bu gelişimin devitici ögesidir [4].

2.1.2 Türkiye'nin Güneş Enerji Potansiyeli

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 [5]. Türkiye'nin yıllık güneşlenme süresi ortalama olarak 2640 saat civarındadır [6]. 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 [7].

Meteorolojik gözlemlere (aktinograf ölçümlerine) göre, Türkiye'de aylara göre günlük ortalama Güneş ışınım şiddetinin en yüksek değeri 21,1 MJ/m² gün ile Temmuz ayında ve en düşük değeri 5,5 MJ/ m² gün ile Aralık ayında görülmektedir. Türkiye'nin günlük ortalama Güneş ışınım şiddeti yıllık ortalaması 13,2 MJ/ m² gün kadardır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi için yıllık ortalama Güneş ışınım şiddeti 14,3 MJ/ m² gün olup, bunu Akdeniz (13,9 MJ/ m² gün), İç Anadolu (13,7 MJ/ m² gün), Ege (13,6 MJ/ m² gün), Doğu Anadolu (13,4 MJ/ m² gün), Marmara (10,9 MJ/ m² gün) bölgeleri izlemektedir. Yıllık ortalama güneş ışınım şiddetinin en düşük değeri 10,3 MJ/ m² gün ile Karadeniz bölgesinde bulunmaktadır.



Şekil 2.1. Türkiye’de bölgelere göre yıllık güneşlenme süreleri (saat).

Güneşlenme süresi yönünden en zengin bölgeyi 3016 saat ile Güneydoğu Anadolu kapsarken, buna sırasıyla Akdeniz (2923 saat), Ege (2726 saat), İç Anadolu (2712 saat), Doğu Anadolu (2693 saat), Marmara (2528 saat) bölgeleri izlemekte ve en düşük değeri 1966 saat ile Karadeniz Bölgesi göstermektedir.

Güneş ısı sistemlerinin başında güneşli su ısıtıcılar gelmektedir. Türkiye’de gelişme gösteren ve yurt dışına ihracat yapabilen güneşli su ısıtıcı sektörü bulunmaktadır. Bu sektörde düz yüzeyli klasik kollektör üreten dört büyük kuruluşun yanı sıra, yüzü aşkın orta ve küçük sanayi işletmesi vardır. Sektörde yaklaşık 2000 kişi istihdam edilmektedir. Türkiye’nin toplam kollektör üretim kapasitesi 400 000 m²/yıl düzeyinde olup, talep karşısında 500 000 m²/yıl düzeyin çıkılabileceği sanılmaktadır. Yapılan üretimin yaklaşık %20–25 kadarı ihraç olunmaktadır [8].

2.1.3 Türkiye’deki Çalışmaların Kısa Geçmişi

Ülkemizde güneş enerjisi çalışmaları 1960’lı yıllarda ve üniversitelerimizde başlamıştır. Hemen hemen aynı yıllarda, ama sırasıyla İstanbul Teknik Üniversitesi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İstanbul Üniversitesi, Ankara Üniversitesi ilk bilimsel çalışmalara girişen üniversitelerimizdir. Diğer üniversitelerin konuya el atmaları 1970’li yıllarda olmuştur. Bu dönemde İstanbul’da Saç Profil Sanayii adlı bir özel kuruluş ilk yerli yapı güneşli su ısıtıcıları üretmiştir.

1973 yılının sonunda Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı bünyesinde Güneş Enerjisi Koordinasyon Kurulu adlı bir kurul oluşturularak, bu kurul bünyesinde tüm bakanlıkların temsilcileri ve üniversite öğretim üyeleri bir araya getirilmiş, Türkiye’de güneş enerjisinin kullanımı için gerekli ön çalışmalar başlatılmıştır. Bu kurulun çalışmaları 1975 yılının ortalarına kadar sürmüştür. Güneş Enerjisi Koordinasyon Kurulunun çalışmaları durdurulduktan sonra, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından güneş enerjisi çalışmaları için Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü (MTA) görevlendirilmiştir. MTA çalışmaları ile Marmaris Güneş ve Rüzgâr Enerjisi Araştırma Merkezi (kısa adıyla MAGREAM) kurulmuştur. 1980 sonrası bu Merkez kapatılarak, 1981 yılında güneş enerjisi çalışmaları görevi Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EIE) ‘ne verilmiştir.

Amerika’da 1954 yılında kurulan, daha sonra uluslararası kimlik kazanan ve şu anda merkezi Avustralya’da bulunan International Solar Energy Society (ISES) kuruluşunun çalışmalarına katılabilmek amacıyla, EIE bünyesinde bir örgütlenme çalışması yapılarak, 1992 yılında Uluslararası Güneş Enerjisi Topluluğu Türkiye Bölümü Bakanlar Kurulu onayı ile kurulmuştur. Kısa adı UGET-TB olan bu kuruluşa, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, bakanlığa bağlı ve ilgili kuruluşlar, çeşitli kamu kuruluşları, yerel kuruluşlar, özel sektör kuruluşları, üniversiteler ve bu alanda çalışan bilim adamları üye bulunmaktadır.

Türkiye’de güneş enerjisi ile ilgili çeşitli konular üzerinde teorik ve uygulamalı bilimsel çalışmalar yapılmaktadır. TÜBİTAK tarafından desteklenmiş ve desteklenmekte olan çeşitli projeler vardır. Güneşli su ısıtıcıların kullanımı yaygınlaşmaktadır. Bu ısıtıcılarla ilgili Türk Standardı çıkarılmıştır. EIE tarafından yapılan anket çalışmalarına göre, 1994 yılında ülkemizde 1,5 milyon m² su ısıtıcı düzlemsel güneş toplacı saptanmış olup, kullanılan güneş enerjisi yılda 40 000 TEP (1760 TJ) dolayındadır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı raporlarına göre, 2010 yılında bunun 308 000 TEP (12 320 TJ) düzeyine çıkarılması hedeflenmiştir. Oysa 7. Beş Yıllık Kalkınma Planı Genel Enerji Özel İhtisas Komisyonu Raporu 2010 yılında güneşten ısı üretiminin 21 960 TJ olmasını ve ayrıca 61 100 MWh güneş elektrik üretiminin hedeflenmesini öngörüyordu. Kaldı ki, Türkiye bu hedefleri aşabilecek teknolojik ve ekonomik güce sahiptir [8].

2.1.4 Güneş Enerjisinin Diğer Enerji Türlerine Göre Avantaj ve Dezavantajları

Avantajları

- Her şeyden önce, güneş bol ve tükenmeyen enerji kaynağıdır.
- Temiz türüdür, çevreyi kirletici, duman, gaz, karbon monoksit, kükürt ve radyasyon gibi atıkları yoktur.
- Yerel uygulamalar için elverişlidir. Enerjiye ihtiyaç duyulan, hemen hemen her yerde güneş enerjisinden yararlanmak mümkündür. Bir çakmağın, bir saatin, bir hesap makinesinin veya bir deniz fenerinin, bir orman gözetleme kulesinin enerji ihtiyacı yerinde karşılanabilir.
- Dışa bağlı olmadığından, doğabilecek ekonomik bunalımdan bağımsızdır.
- Birçok uygulaması için karmaşık teknolojiye gerek duyulmamaktadır.
- İşletme masrafları çok azdır.

Dezavantajları

- Birim yüzeye gelen güneş ışınımı az olduğundan büyük yüzeylere ihtiyaç vardır.
- Güneş ışınımı sürekli olmadığından depolama gerekmektedir. Depolama imkânları ise sınırlıdır.
- Enerji ihtiyacının çok olduğu kış aylarında güneş ışınımı az ve geceleri de hiç yoktur.
- Güneş ışınımından faydalanan sistemin güneş ışığını sürekli alabilmesi için çevrenin açık olması, gölgelenmemesi gerekir.
- Güneş ışınımından yararlanan birçok tesisatın ilk yatırım maliyeti fazladır ve henüz bazıları ekonomik değildir.

2.2. İTERATÜR ARAŞTIRMASI

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

Günerhan vd., bina uygulamaları için güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerinin performans değerlendirmesini ve ekserjitik modelini yapmışlardır [9].

Bayram, kollektör ve ısı ileticileri birbirinden farklı dolaylı ve doğrudan dolaşımli olan altı adet sıcak su hazırlama sistemlerinin ısıl performanslarını karşılaştırmıştır [10].

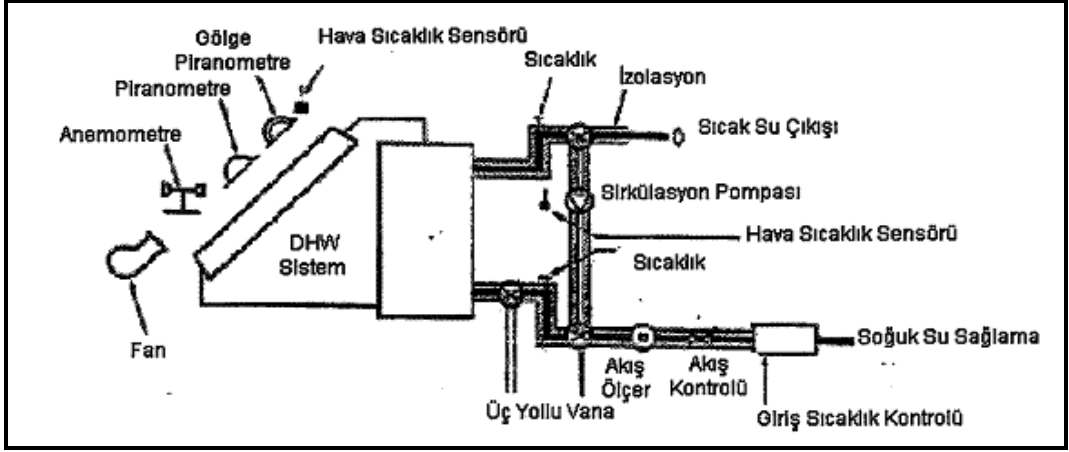
Ekmekçi vd., Kocaeli ili için bir güneş enerjili su ısıtma sistemi ve boyutlandırılması konusunda çalışmış yapılan deneyler sonucunda düzlemsel yüzeyli güneş kollektörlerinde verimi artıran en önemli parametrenin kollektör bünyesindeki yutucu yüzey kaplaması olduğunu gözlemlemiştir [11].

Altıntop, vd., güneş enerjisi tesisatı kollektör ve boru bağlantılarında yapılan hataların ısıl verime etkisini deneysel olarak incelemiştir [12].

Ertunç, güneş enerjili açık ve kapalı su ısıtma sistemlerinde karşılaşılan;

- Soğuk mevsimlerde don etkisi,
- Isıtılan suyun stabilite indeksine bağlı olarak metalin korozyonu veya kireç taşı çökmesi olayı,
- Metalik malzemenin yüksek yoğunluğu sebebiyle kollektörlerin ağırlığı,

Sorunlarının belirlenmesine yönelik yaptığı çalışmasında, kollektörlerin malzemeleri alüminyum, bakır ve polipropilen malzemedен 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. Hazırlanan deney sistemi Şekil 2.2' de verilmiştir.



Şekil 2.2. Yapılan deneylerde kullanılan test sistemi.

Deneyler sonucunda sistemlerden elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi yorumlanmıştır.

- Açık devreli sistemlerde ΔT sıcaklığı +5 ile +10 °C arasında kalırken, kapalı sistemlerde ΔT sıcaklığının +20 ile +40 °C aralığında olduğu tespit edilmiştir. Güneş kolektöründen çıkan su sıcaklığı ile kolektöre giren su sıcaklığı arasındaki farkın yüksek olması, güneş enerjisi sisteminin verimli olarak çalışmadığını ortaya koymuştur.
- Açık sistemin absorber sıcaklığı, kapalı sisteme göre daha düşük değerdedir. 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 kolektörünün absorber sıcaklığı yükselmektedir.
- Açık ve kapalı sistemlerde cam sıcaklıklarının ölçülmesi sonucu, kapalı sistemlerin cam sıcaklığının daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bunun sebebi olarak, absorber sıcaklığının yüksek olması gösterilmiştir.
- Poliprilen kolektörlerin ısı iletim katsayısı düşük olmasına rağmen verimlerinin alüminyum kolektöre göre yüksek çıkması polipropilen kolektörün petek yapısının daha geniş yüzeyli olmasından ileri gelmektedir.

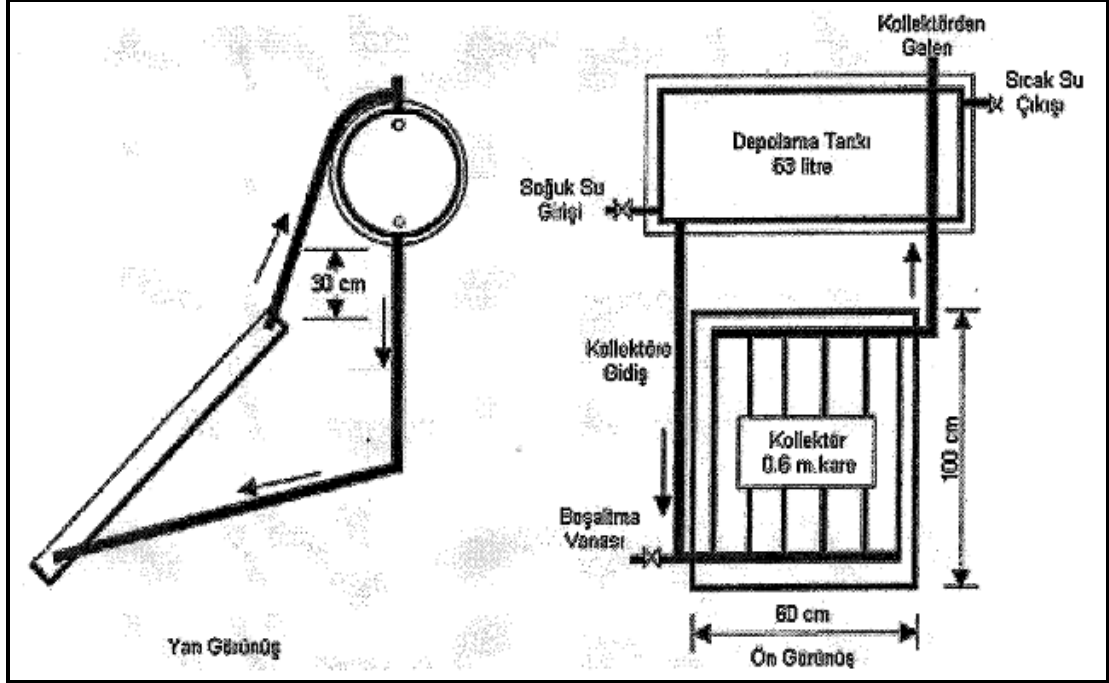
- Deneysel sonuçları, polipropilen absorberli kollektörlerin açık sistemlerde depo suyu sıcaklığının, alüminyum absorberli kollektör sisteminin depo suyu sıcaklığına göre daha yüksek olduğunu açıkça ortaya koymuştur [12].

Türkiye’de halen toplam enerji tüketiminin yaklaşık üçte biri binaların ısıtılmasında kullanılmaktadır. Enerji tasarrufu düşünülerek yapılan binalarda, özellikle ekonomik ısıtma sistemlerinin kullanılması ile binaların enerji tüketimi belirgin ölçüde azaltılabilir. Güneş enerjisi, mevcut enerji kaynaklarının ve dünya atmosferinin korunmasına yönelik önemli katkılar sağlayabilir. Kullanma suyunun ısıtılmasında güneş enerjisi kullanılması durumunda yüksek bir enerji tasarruf potansiyeli bulunmaktadır. Ülkemizin bulunduğu enlem aralığında özellikle yaz aylarında merkezi bir boiler bağlantılı güneş kollektörlerinin kullanılması alışılmadık konvansiyonel kazanlara bir alternatif oluşturmaktadır. Kullanma suyunun ısıtılması için gerekli olan enerji yıllık takvimden bağımsızdır ve özellikle yaz aylarında kullanma suyu enerji ihtiyacı ile güneş enerjisi arzı arasında zaman yönünden bir uyum söz konusudur. Bir veya iki aileli konutlarda birbirine uyumlu bileşenlerden oluşan doğru olarak tasarlanmış güneş enerjisi sistemlerinin tesisi ile kullanma suyunun ısıtılması için gerekli olan yıllık enerji ihtiyacının yaklaşık %50 ila %80’i arasında bir enerji tasarrufu sağlanabilir [13].

Güneş enerjili kullanma sıcak suyu hazırlama sistemleri dolaşım şekline göre tabii ya da cebri; devre şekline göre dolaylı ya da doğrudan olarak gruplandırılabilirler. İstenilen kullanma sıcak su miktarı fazla ise ya da sistemdeki suyun donma problemi varsa sistem dolaylı yapılır. Dolaşım soğuk ve sıcak su arasındaki yoğunluk farkından oluşmakta olup tabii dolaşımın elde edilebilmesi için sıcak su deposunun alt kısmı ile kollektör üst seviyesi arasındaki mesafe en az 35-40 cm olmalıdır. Sıcak su deposunun kollektörün üst kısmına yerleştirilmesi mümkün değilse sistem cebri yapılır [15].

Öz, Gazi Üniversitesi’nde yaptığı “Tabii Sirkülasyonlu Güneş Enerjili Sıcak Su Hazırlama Sistemlerinde Direkt ve Endirekt Sistemlerin Performanslarının Karşılaştırılması” isimli çalışmada, bütün özellikleri aynı olan direkt ve endirekt olmak üzere, iki sistemin protiplerini hazırlamış ve performanslarını deneysel olarak

incelemiştir. Şekil 2.3'te deneylerde kullanılan sistemlerin teknik özellikleri verilmiştir.



Şekil 2.3. Direkt ısıtmalı sistemin şeması.

Yapılan deneyler sonucunda direkt sistemin verimi daha yüksek çıkmıştır. Direkt sistemde kolektörlerden elde edilen ısı doğrudan kullanma suyuna iletiildiğinden 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 endirekt sistemin verim değerine düşeceği tahmin edilmektedir. Diğer taraftan endirekt 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 gelebildiğinden kolektörün ömrü daha kısa olabilecektir. Öneri olarak, güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerinin endirekt yapılması kullanıcılar için bir avantaj sağlayabilecektir [16].

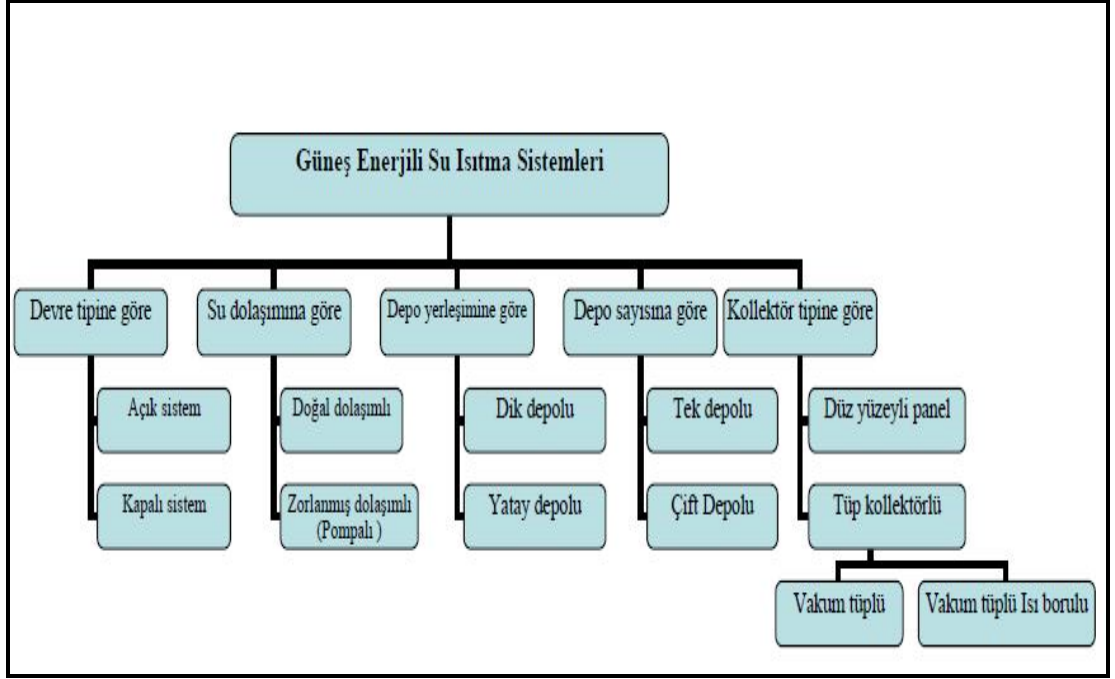
BÖLÜM 3

GÜNEŞ ENERJİLİ SICAK SU HAZIRLAMA SİSTEMLERİ

Güneş enerjisinin en çok kullanıldığı alanlardan birisi de akışkan ısıtılmasıdır. Bu akışkanların başında su ve hava gelir. Ülkemizde en yaygın kullanım alanı ise sıcak su üretimidir. Güneş enerjisi ile sıcak su hazırlama sistemleri, hazırlanacak suyun kullanılma yeri ve amacına göre değişiklikler gösterir [17]. Güneş enerjisine yönelimin ve ihtiyacı karşılama gereksinimlerinin artmasından dolayı yapılan araştırmalar sonucunda oluşturulan sistemler, yapım ve çalışma prensibine göre sınıflandırılmıştır.

3.1. GÜNEŞ ENERJİLİ SU ISITMA SİSTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Güneş enerjili su ısıtma sistemleri, güneş enerjisini toplayan kolektörler, ısınan suyun toplandığı depo ve bu iki kısım arasında bağlantıyı sağlayan yalıtımlı borular, pompa ve kontrol edici gibi sistemi tamamlayan elemanlardan oluşmaktadır [18].



Şekil 3.1. Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin sınıflandırılması [18].

Dolaşım şekillerine göre ve devre şekillerine göre GESIS'lerinden örnek kesitler aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Uygulaması yapılan güneş enerjili su ısıtma sistemi şekilleri [18].

3.1.1. Doğal Dolaşımli Sistem

Doğal dolaşımli güneş enerjisi sistemlerinde su sirkülasyonu kendiliğinden olur. Suyu harekete geçiren bir pompa veya mekanizma yoktur. Toplayıcıda ısınan su yoğunluğu azaldığı için kendiliğinden yukarı doğru hareket ederek depoya ulaşır. Deponun alt kısmından da daha soğuk olan su toplayıcının alt kısmına gider. Kendiliğinden oluşan bu hareket, aynı zamanda depo ve kolektör arasında ki ısı geçişini gerçekleştirir. Bütün gün boyunca devam eden bu süreç depodaki suyun ısınmasını sağlar.

Avantajları

- Tasarımları basittir ve pompasız çalışırlar.
- Otomatik kontrol sistemi (eğer varsa) basit bir düzenektir.
- Isı toplama devresine ısı değiştirgeci koymaya gerek yoktur.
- Maliyeti düşüktür.

Dezavantajları

- Donma tehlikesi olmayan veya çok az olan bölgelerde kullanılabilir.
- Bazı sular çökelme veya kabuklaşmaya sebep olabilir.
- Depolama tankının kollektörden daha yükseğe konması gerekir.
- Çatı veya üst katın depolama tankını taşıyabilmesi için takviye edilmesi gerekir.
- Sıcak su üretme kapasitesi azdır.
- Kollektörlerde su dolaşımı yavaş olduğundan su sıcaklığı daha yüksektir.
- Bu nedenden dolayı da verimi daha düşüktür.
- Sürtünme kayıplarının en fazla olduğu kısım kollektör olacağından kollektör boru çapı 20 mm den küçük olmamalıdır.
- Aksi halde dolaşım daha da yavaşlar ve sıcak su temininde problemler yaşanır.

3.1.2. Zorlanmış Dolaşım (Pompalı) Sistemler

Zorlanmış dolaşım sistemleri açık devreli de yapılabilmekle beraber daha çok kapalı devreli sistemlerde kullanılır. Zorlanmış dolaşım sistemlerinde toplayıcı ile depo arasında ki su dolaşımı sirkülasyon pompası ile sağlanır. Bu yüzden deponun toplayıcıdan daha yukarıda olmasına gerek yoktur. Hatta depo toplayıcıdan aşağıda, çatı arasında ya da daha alt katlarda uygun bir yere konulabilir. Sirkülasyon pompaları basınçlı pompalar olmadığından, sisteme suyun doldurulması kullanım suyu tesisatı ile gerçekleşir. Sirkülasyon pompalarının basıncı toplayıcı ile depo arasında ki bağlantı borularında ki basınç kayıplarını karşılayacak kadar olması yeterlidir. Çok sayıda kollektör kullanılan tesisatlarda mutlaka sirkülasyon pompası kullanılmalıdır.

Avantajları

- 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.

Dezavantajları

- Sistemde pompa ve otomatik kontrol ünitesi olduğu için maliyeti artar. Kapalı sistemlerde ısı değiştirgeci kullanıldığı için ısı transferi kayıplarından dolayı verim düşük olabilmektedir.

3.1.3. 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.

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.
- Yansım 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 kollektörlü 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.

BÖLÜM 4

GÜNEŞ ENERJİLİ SICAK SU HAZIRLAMA SİSTEMLERİNİN ENERJİ ANALİZİ

4.1. GÜNEŞ ENERJİLİ SICAK SU HAZIRLAMA SİSTEMLERİNİN ENERJİ ANALİZİ

Doğal sirkülasyonlu sistem (termosifon sistem) ile sıcaklık kontrollü sistem, günlük istenilen sıcaklık değerleri dikkate alınarak yapılacak hesaplamalara göre karşılaştırılabilir.

Su miktarı ve sıcaklık değişimi ile ilgili olan, sıcak su deposundaki enerji eşitlik (4.1) ile hesaplanabilir.

$$Q_w = m_w \cdot c_{p,w} \cdot (T_{f,t} - T_{i,t}) \quad (4.1)$$

Depodaki toplanmış kullanılabilir enerji eşitlik (4.2) ile hesaplanabilir.

$$Q_{DUE} = m_w \cdot c_{p,w} \cdot T_{f,t} \quad (4.2)$$

Kolektör boruları içerisinde depolanmış enerji eşitlik (4.3) ile hesaplanabilir.

$$Q_b = m_b \cdot c_b \cdot (T_{f,b} - T_{i,b}) \quad (4.3)$$

4.2. GÜNEŞ ENERJİLİ SICAK SU HAZIRLAMA SİSTEMİNİN VERİMİ

Güneş enerjili sıcak su üretim sisteminin verimi (η_{ts}), eşitlik (4.4)'ten faydalanılarak hesaplanabilir.

$$\eta_{ts} = \frac{Q_w}{A_t \cdot I_t} \quad (4.4)$$

Sıcaklık kontrollü sistemin verimi ise eşitlik (4.5) ile hesaplanabilir.

$$\eta_{ics} = \frac{Q_w}{A_t \cdot I_t + W_{pce} + W_{sv}} \quad (4.5)$$

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.

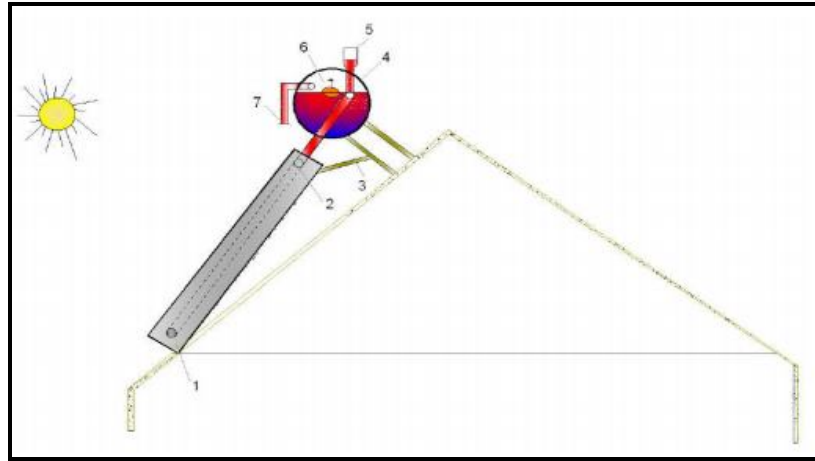
Kullanım suyu elde etme süresince depodaki su miktarının değişimi, proses cihazının ayarlandığı değere göre ve gün içindeki güneş ışınım şiddetine göre değişiklik gösterebilir.

BÖLÜM 5

DENEY SİSTEMİNİN TASARIMI VE İMALATI

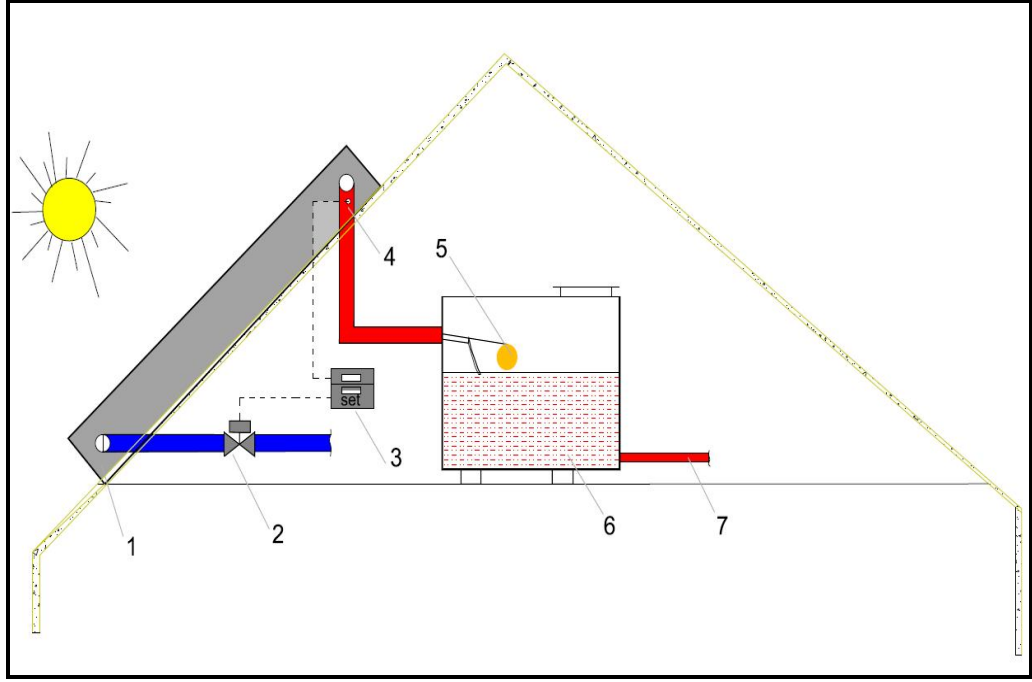
5.1. DENEY SİSTEMİNİN TASARIMI

Bu çalışmada, Karabük ili şartlarında güneş enerjili termosifon sistem ile güneş enerjili sıcaklık kontrollü sistem (şekil 5.2.) deneysel olarak incelenmiştir. Sistemde enerji kaynağı olarak güneş enerjisinden faydalanılması düşünülmüş ve bu amaçla alüminyum borulu bir kollektör tasarlanmıştır. Tasarlanan sistem Şekil 5.2.'de gösterilmiştir. Kollektör (1) içerisindeki suyun sıcaklığı set edilen değere geldiğinde, termostatın (3) kumanda ettiği selenoid valfi (2) açarak ısınan suyu depoya (6) gönderir. Depoya gönderilen suyun yerine şehir şebekesinden kolektöre su girişi olur. Kollektöre (1) bağlı olan duyarga, suyun sıcaklığını ayarlanan değer altında hissettiğinde selenoid valfi (2) kapatarak su girişini keser. Sistemin çalışabilirliği termostatla (3) kontrol edilmiş ve uygun sıcaklık değerleri bu sayede sağlanmıştır.



Şekil 5.1. Güneş enerjili termosifon sistem.

1. Alüminyum borulu kollektör, 2. Sıcak su çıkışı, 3. Platform, 4. Sıcak su deposu,
5. Genleşme deposu, 6. Şamandıra ve şehir soğuk su şebekesi, 7. Sıcak su çıkışı.



Şekil 5.2. Güneş enerjili sıcaklık kontrollü sistem (GESKS).

1. Alüminyum borulu kollektör, 2.Selonoid valf, 3.Proses kontrol cihazı, 4.Sıcaklık sensörü ve sıcak su çıkışı, 5.Şamandıralı kontrol, 6.Sıcak su deposu, 7.Sıcak su çıkışı,

5.2. DENEY SİSTEMİNİN İMALATI

Sistem temel olarak; alüminyum borulu güneş kollektörü ve sıcak su deposu olmak üzere iki ana kısımdan meydana gelmektedir.

5.2.1. Alüminyum Borulu Güneş Kollektörü

Isıtma ünitesi, kullanım sıcak suyu elde etmek için gerekli ısı enerjisinin sağlandığı ve bu enerjinin kullanım suyuna aktarıldığı sistemdir. Sistemde kullanılan alüminyum borulu kollektör, 0.5 m² absorblama alanına sahip olacak şekilde tasarlanmıştır. Kollektörde kazanılan ısı miktarını arttırmak için her bir boruya bakır kanatçıklar monte edilmiştir. İmal edilen alüminyum borulu bakır kanatçıklı kollektör Şekil 5.3'te gösterilmiştir.



Şekil 5.3. Kanatçıklı alüminyum borulu kolektör.

Kollektörde kullanılan alüminyum borulara 0,2 mm kalınlığındaki bakır kanatçıklar monte edilmiştir. Toplayıcı yüzeyinden ısı kayıplarını önlemek için saydam tabaka olarak 4 mm kalınlığında cam kullanılmıştır. Kollektör yan ve alt yüzeyleri standart (10 cm kalınlığında köpük) yalıtım malzemesiyle kaplanmıştır. Toplayıcı yüzey, mat siyah boya ile boyanmıştır. Şekil 5.4'te imal edilen ısı borulu güneş kolektörü görülmektedir.



Şekil 5.4. Alüminyum borulu bakır kanatçıklı kolektör.

5.2.2. Sıcak Su Deposu

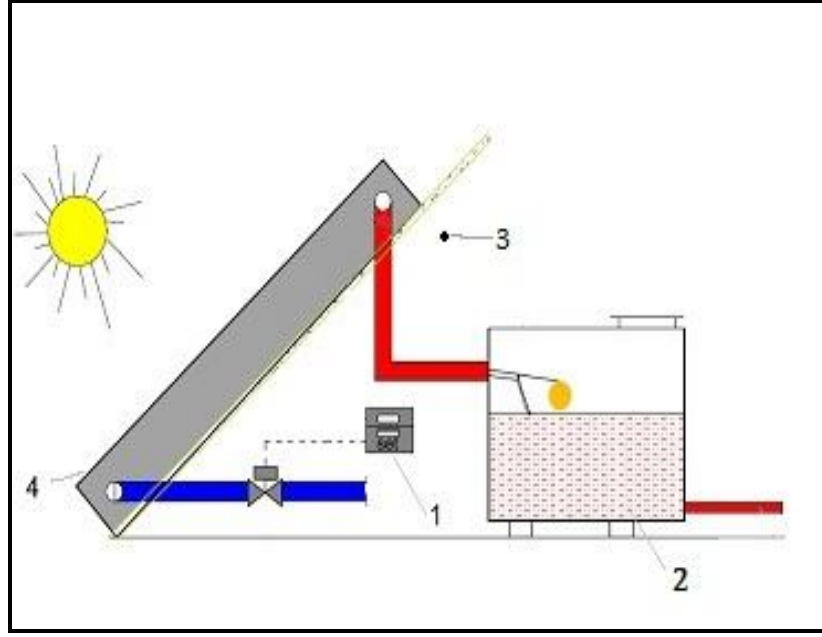
Elde edilen sıcak suyun depolanması amacıyla tasarlanan sıcak su deposu, 60 litre kapasiteli olacak şekilde tasarlanmıştır. 0,1 mm galvanizli sacdan imal edilen su deposunda, ısı kaybının önlenmesi için deponun çevresi kauçuk ile yalıtılarak üzeri alüminyum folyo bandıyla kaplanmıştır. Şekil 5.5'te yalıtımı yapılan su depoları gösterilmiştir.



Şekil 5.5. Güneş enerjili sıcaklık kontrollü sistem ve termosifon sistem.

5.2.3. Ölçüm Cihazlarının Sisteme Bağlanması

Sistemde parametrelerinin belirlenebilmesi için; şebeke giriş su sıcaklığı (1), depo suyu sıcaklığı (2), gölgede dış ortam sıcaklığı (3) ve güneş ışıyım şiddeti (4) ölçülmüştür.



Şekil 5.6. Sistem ölçümlerinin yapılması.

5.2.3.1. 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.

5.2.3.2. Sıcaklık Ölçümleri

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

Tablo 5.1. Ölçüm ve Kontrol Cihazlarının Özellikleri

Kullanılan Cihaz	Özellikleri
Sıcaklık Ölçüm Cihazı	Testo, sıcaklık -20,+70 °C, hız 0-20 m/s ölçüm hassasiyeti 0,01 m/s - 0,1°C heated wire - NTC sensör.
Solarmetre	Haenni marka -130 model, en yüksek ölçülebilecek değer 1500 W/m ² , ölçüm hassasiyeti ± % 1,5

5.3. SICAKLIK KONTROLLÜ SİSTEM

Proses kontrol cihazıyla sıcaklık kontrolünün sağlandığı, tarafımızdan tasarlanan ve imal edilen ve deneysel olarak analizi yapılan bu tez çalışmasının sağlamış olduğu avantajlarını ve sakıncalarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

Avantajları

- Montajı kolaydır çünkü deponun kolektör üzerinde bulunma zorunluluğu yoktur.
- Kollektör çatıya meyilli olarak konularak depoya çatı arasına yerleştirilebildiğinden görüntü kirliliği oluşturmaz.
- Sistemde, doğal dolaşımli sistemlerin üzerine konulan ikinci bir depoya ihtiyaç duyulmaz.
- Sistem, sadece şebeke basıncına maruz kaldığı için kalın cidarlı depoya gerek duyulmadığından maliyet düşer.
- Depo çatı dış hava iklimi şartlarından bağımsız olarak çatı arasına konulabileceğinden ısı kayıpları az olacaktır.
- Depo kapasitesinin az olabileceğinden dolayı avantaj sağlar. Daha düşük kapasiteli depo kullanılabilir.
- Depoda genelde istenilen sıcaklıkta su bulunabilecektir.

- Yüksek miktarda sıcak suya ihtiyaç olan endüstriyel alanlar için kullanımı uygun olacaktır.
- Sistemde elektrikler kesildiği zaman sistemde kullanılan proses kontrol cihazı ve selenoid valf için gerekli enerji fotovoltaic pillerden sağlanabilir.

Güneş radyasyonunun düşük olduğu bölgelerde de istenilen su sıcaklığı sağlanabilecektir. Çünkü kollektör içerisindeki su istenilen sıcaklığa ulaştıkça çatı arasındaki depoya aktarıldığında düşük radyasyonla bile kollektör içerisindeki az miktardaki suyun ısıtılması mümkün olacaktır. Termosifon sistemlerde pompalı sistemlerde depodaki su miktarı fazla olduğundan yeterli güneş ışınımı olmadığı zamanlarda bu suyun istenilen sıcaklığa kadar ısıtılması sağlanamaz.

Dezavantajları

- Sistem direkt ısıtmalı olduğundan suyu kireçli olan bölgelerde zamanla kollektörlerde kireç birikeceğinden sistem verimi düşecektir.
- Sistem direkt ısıtmalı olduğundan kış iklim şartları sert geçen bölgelerde kullanımı uygun değildir.
- Elektrik kesintilerinde kollektörde bulunan suyun kaynama riski vardır.
- Sistemde kullanılan selenoid valfler de şebeke suyuna maruz kaldığı için zamanla oluşabilecek kireçten dolayı arıza yapabilir. Buda maliyetin artmasına neden olabilir.

BÖLÜM 6

DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

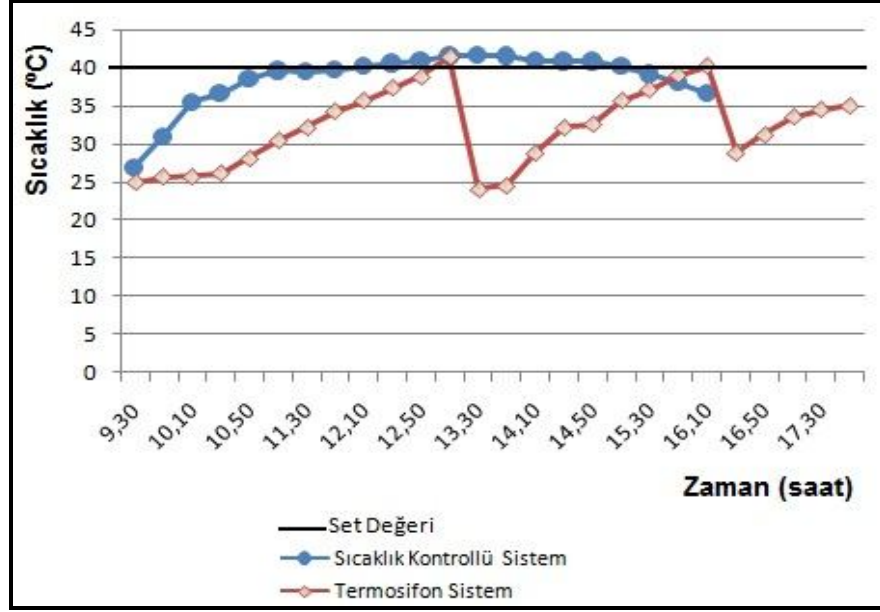
Güneş enerjili termosifon sistem ve sıcaklık kontrollü sistemde, deneyler farklı sıcaklık değerleriyle her gün farklı bir değer olmak koşuluyla beşer gün yapılarak tamamlanmıştır. Sistem, deney yapılan her sabah 09.20'de hazırlanıp, deneylerde ölçümler 09.30 ve 17.50 saatleri arasında 20 dakika ara ile alınmıştır. Deneyler neticesinde; her iki sistemde, ayarlanan değerlerdeki günlük su üretim miktarları, depo suyu sıcaklıkları gibi veriler tespit edilerek belirlenmiştir.

Sistemlerden önce sıcaklık kontrollü sistem, sonrasında termosifon sistem denenmiştir. Proses kontrol cihazı, her gün 40, 45, 50, 55, 60 °C olmak üzere farklı değerlere ayarlanarak deneyler yapılmıştır.

6.1. SICAKLIK KONTROLLÜ GÜNEŞ ENERJİLİ SU ISITMA SİSTEMLERİNİN DEPO SUYU SICAKLIĞININ DEĞİŞİMİ

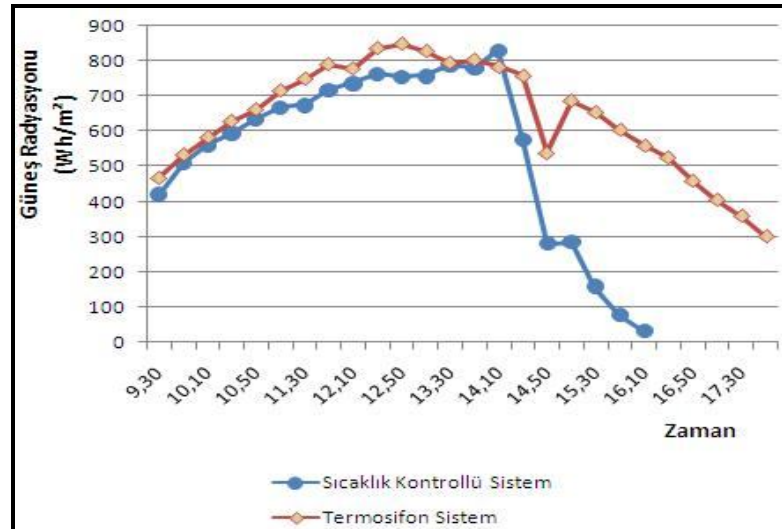
Sistemlerde oluşan depo suyu sıcaklıklarının zamana göre değişimi; güneş ışımasını, ayarlanan sıcaklık değeri gibi değişkenlerin etkisine göre farklılık göstermektedir.

Proses kontrol cihazının 40 °C'ye ayarlanıp yapılan deneyler sonucunda; sıcaklık kontrollü sistem ile gün içerisinde toplam 108,8 litre su elde edilirken, doğal sirkülasyonlu sistemden 103,52 litre sıcak su elde edilmiştir. Proses kontrol cihazının 40 °C'de set edilmesiyle elde edilen depo suyu sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi Şekil 6.1'de gösterilmiştir.



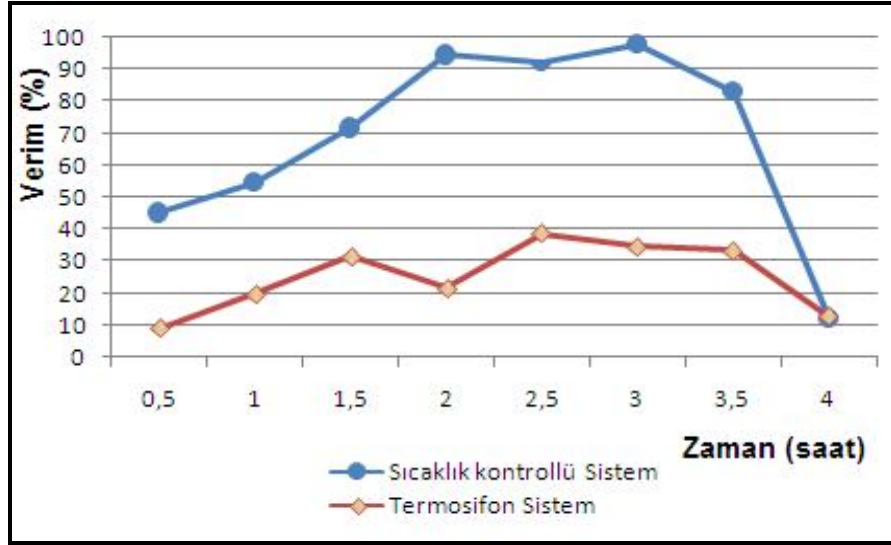
Şekil 6.1. 40 °C’de depo suyu sıcaklıkları.

Sistemlerin 40 °C’ye set edilip yapılan deneylerin günlerine ait kaydedilen güneş radyasyon değerleri Şekil 6.2’de gösterilen grafikteki gibidir. Grafikte de görüldüğü üzere, deney yapılan günlerde güneş radyasyon değerlerinin genel olarak birbirlerine yakın olduğu görülmüştür.



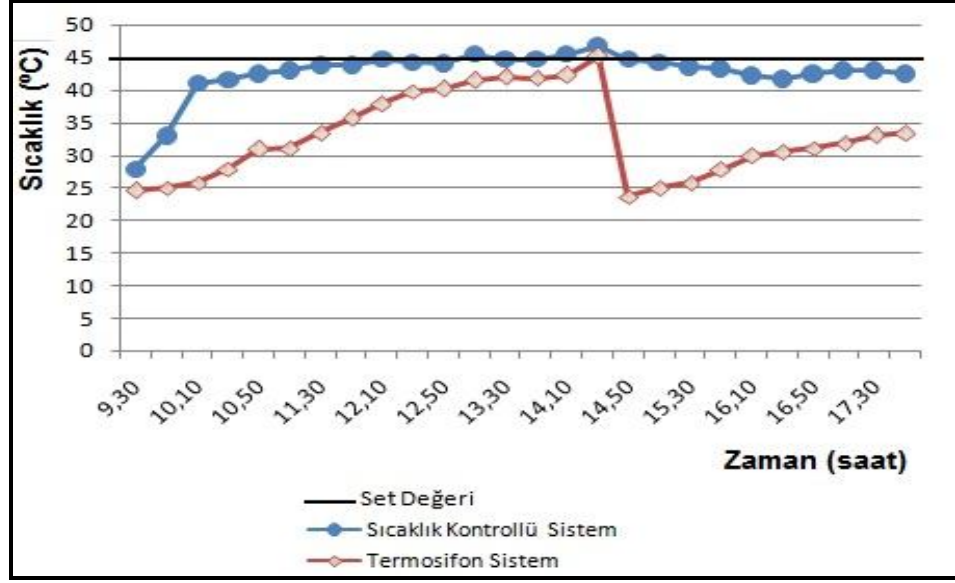
Şekil 6.2. 40 °C’de doğal dolaşımli sistem ile sıcaklık kontrollü sistemin güneş radyasyon değerleri.

Eşitlik 4.5'den her iki sistem için de verim hesaplanarak Şekil 6.3'te gösterilmiştir.



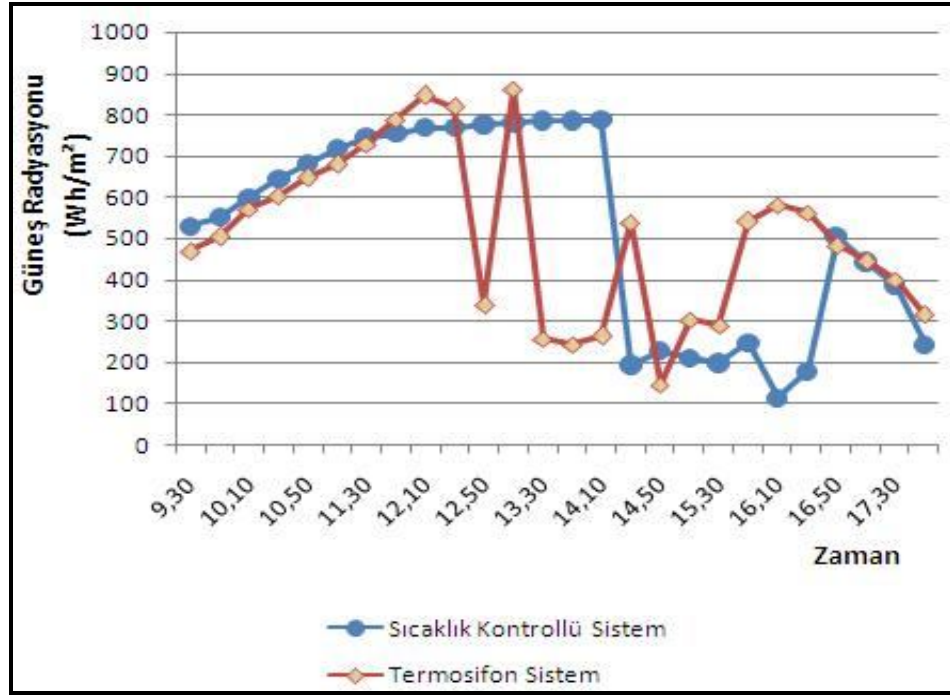
Şekil 6.3. 40 °C'de sistemlerin verimleri.

Proses kontrol cihazının 45 °C'ye ayarlanıp yapılan deneyler sonucunda; sıcaklık kontrollü sistem ile gün içerisinde toplam 83,68 litre su elde edilirken, doğal sirkülasyonlu sistemden 51,36 litre sıcak su elde edilmiştir. Proses kontrol cihazının 45 °C'ye set edilmesiyle elde edilen depo suyu sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi Şekil 6.4'teki gibidir.



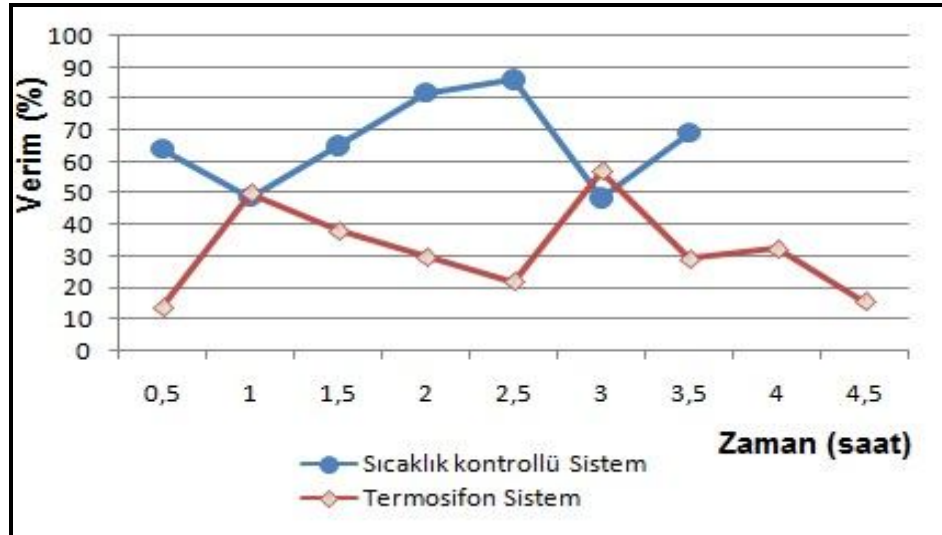
Şekil 6.4. 45 °C’de depo suyu sıcaklıkları.

Sistemlerin 45 °C’ye set edilip yapılan deneylerin günlerine ait kaydedilen güneş radyasyon değerleri Şekil 6.5’te gösterilen grafikteki gibidir.



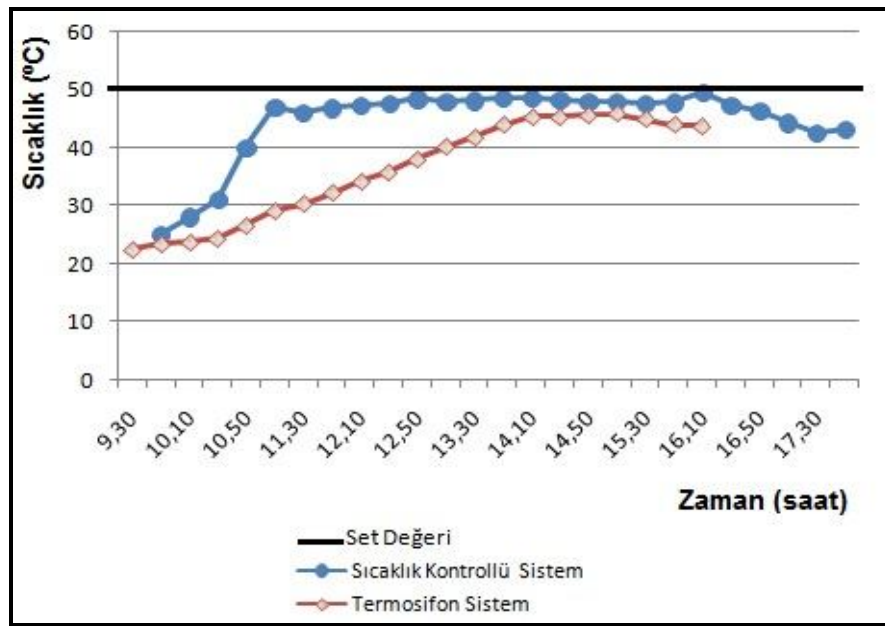
Şekil 6.5. 45 °C’de doğal dolaşimli sistem ile sıcaklık kontrollü sistemin güneş radyasyon değerleri.

Eşitlik 4.5’den her iki sistem için de verim hesaplanarak Şekil 6.6’da gösterilmiştir.



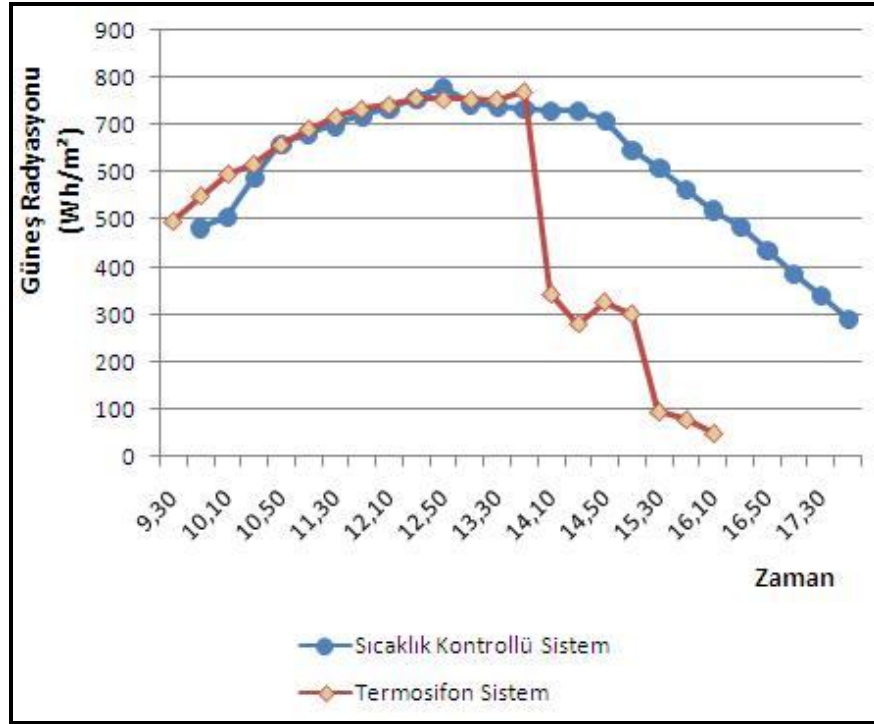
Şekil 6.6. 45 °C’de sistemlerin verimleri.

Proses kontrol cihazının 50 °C'ye ayarlanıp yapılan deneyler sonucunda; sıcaklık kontrollü sistem ile gün içerisinde toplam 67,04 litre su elde edilirken, doğal sirkülasyonlu sistemin deposunda bulunan 51,52 litre su gün içerisinde ayarlanan değere ulaşmadığı gözüküyor. Sıcaklık kontrollü sistemin deposundan kaynaklanan ısı kaybından dolayı depo suyu sıcaklığı 47 ile 48,6 °C arasında okunmuştur. Proses kontrol cihazının 50 °C'ye set edilmesiyle elde edilen depo suyu sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi Şekil 6.7'deki gibidir.



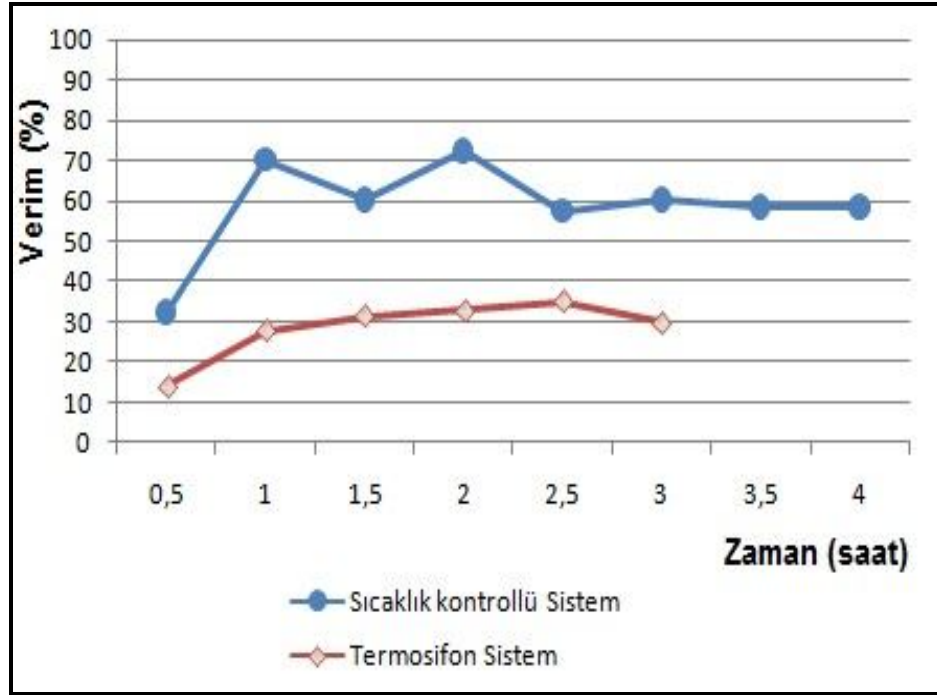
Şekil 6.7. 50 °C'de depo suyu sıcaklıkları.

Sistemlerin 50 °C'ye set edilip yapılan deneylerin günlerine ait kaydedilen güneş radyasyon değerleri Şekil 6.8'de gösterilen grafikteki gibidir. Grafikte de görüldüğü üzere, deney yapılan günlerde güneş radyasyon değerlerinin genel olarak birbirlerine yakın olduğu görülmüştür.



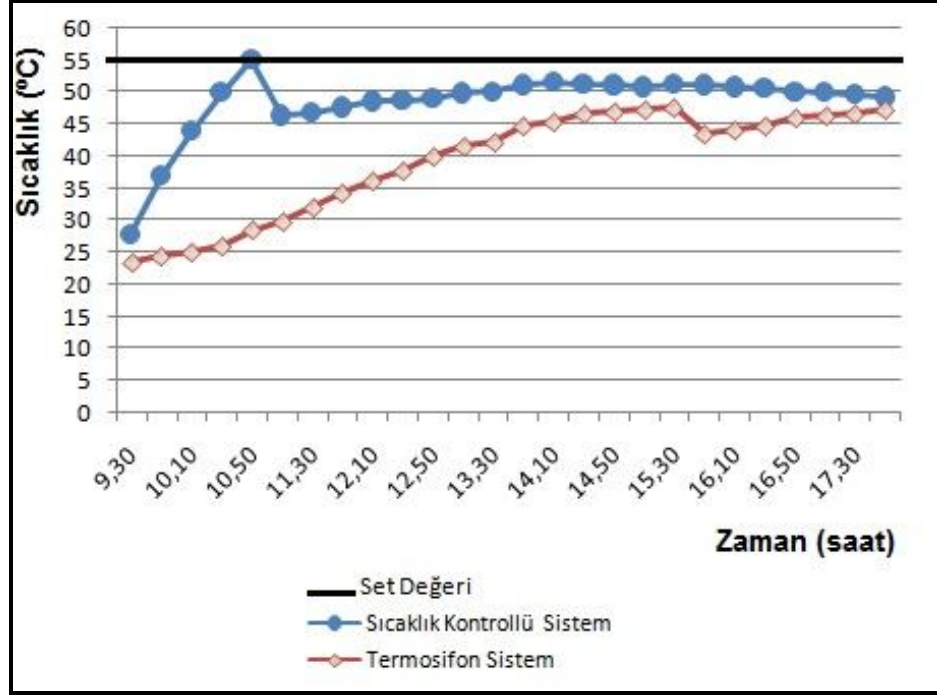
Şekil 6.8. 50 °C’de doğal dolaşimli sistem ile sıcaklık kontrollü sistemin güneş radyasyon değerleri.

Eşitlik 4.5’den her iki sistem için de verim hesaplanarak Şekil 6.9’da gösterilmiştir. Sıcaklık kontrollü sistemde, su sıcaklığı ayarlanan değere hemen ulaşmadığı için sistemin verimi saat 10.50’den itibaren hesaplanmıştır.



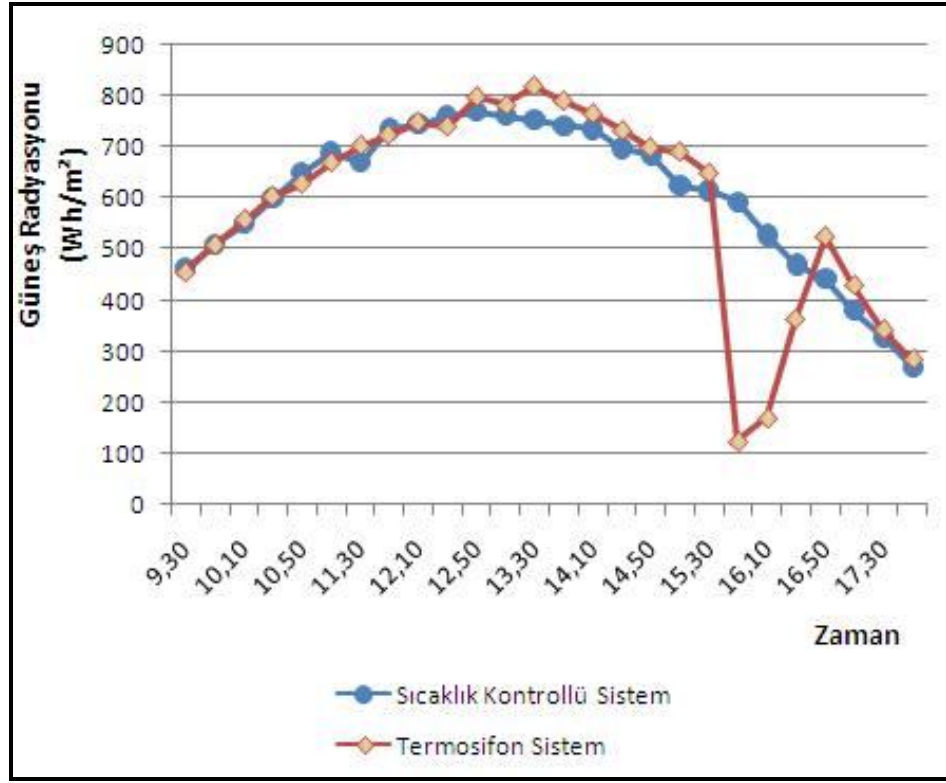
Şekil 6.9. 50 °C’de sistemlerin verimleri.

Proses kontrol cihazının 55 °C’ye ayarlanıp yapılan deneyler sonucunda; sıcaklık kontrollü sistem ile gün içerisinde toplam 47,68 litre su elde edilirken, doğal sirkülasyonlu sistemin deposunda bulunan 48,32 litre su gün içerisinde ayarlanan değere ulaşmadığı gözüküyor. Sıcaklık kontrollü sistemin deposundan kaynaklanan ısı kaybından dolayı depo suyu sıcaklığı 48 ile 51,3 °C arasında okunmuştur. Proses kontrol cihazının 55 °C’ye set edilmesiyle elde edilen depo suyu sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi Şekil 6.10’daki gibidir.



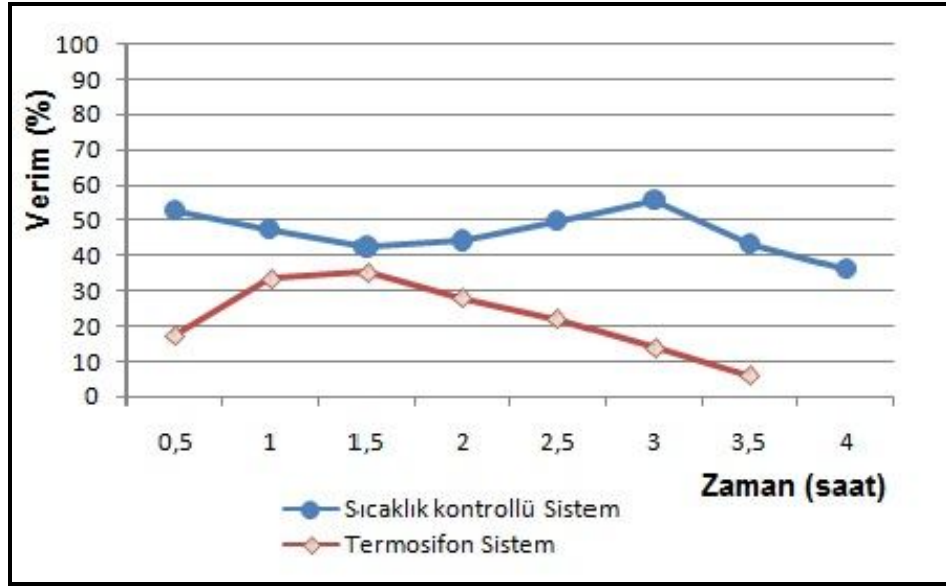
Şekil 6.10. 55 °C’de depo suyu sıcaklıkları.

Sistemlerin 55 °C’ye set edilip yapılan deneylerin günlerine ait kaydedilen güneş radyasyon değerleri Şekil 6.11’de gösterilen grafikteki gibidir. Grafikte de görüldüğü üzere, deney yapılan günlerde güneş radyasyon değerlerinin genel olarak birbirlerine yakın olduğu görülmüştür.



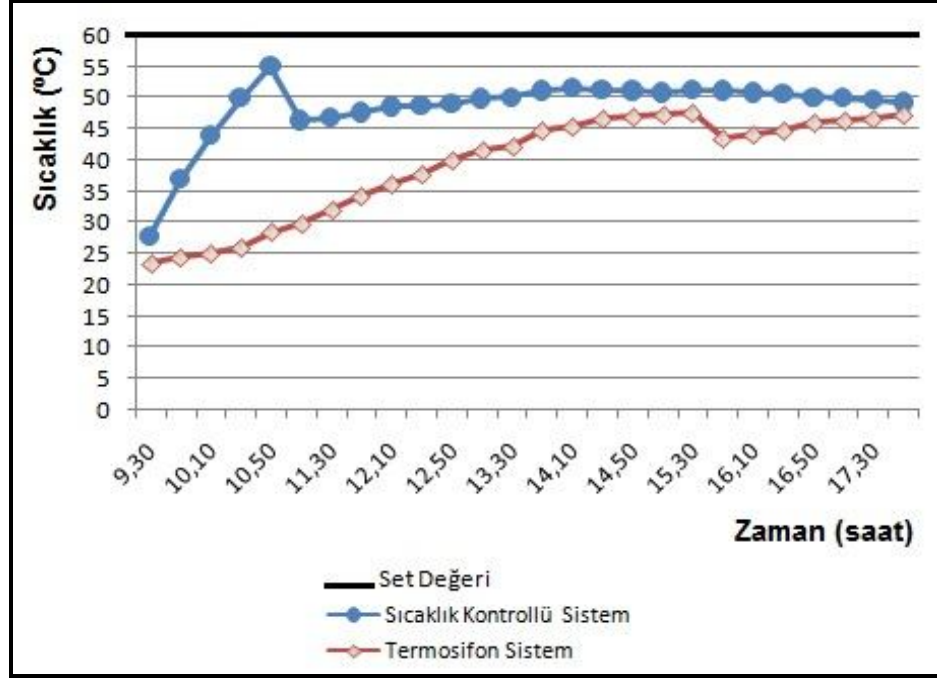
Şekil 6.11. 55 °C’de doğal dolaşımli sistem ile sıcaklık kontrollü sistemin güneş radyasyon değerleri.

Eşitlik 4.5’den her iki sistem için de verim hesaplanarak Şekil 6.12’de gösterilmiştir. Sıcaklık kontrollü sistemde, su sıcaklığı ayarlanan değere hemen ulaşmadığı için sistemin verimi saat 10.30’dan itibaren hesaplanmıştır.



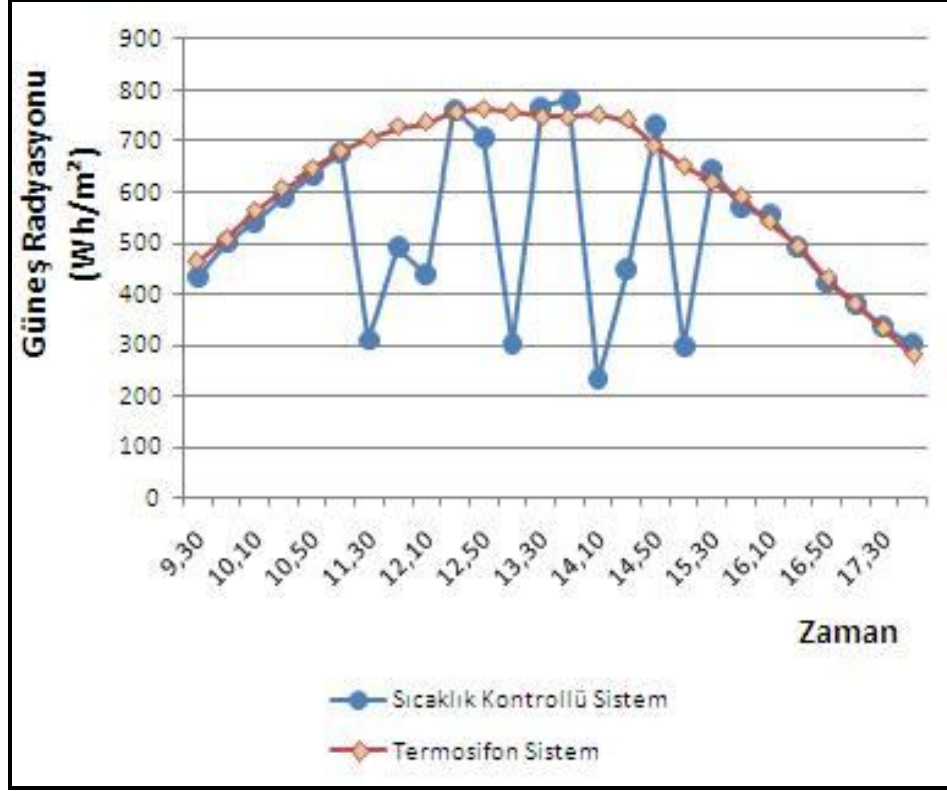
Şekil 6.12. 55 °C’de sistemlerin verimleri.

Proses kontrol cihazının 60 °C’ye ayarlanıp yapılan deneyler sonucunda; sıcaklık kontrollü sistem ile gün içerisinde toplam 19,68 litre su elde edilirken, doğal sirkülasyonlu sistemin deposunda bulunan 21 litre su gün içerisinde ayarlanan değere ulaşmadığı gözüküyor. Sıcaklık kontrollü sistem, 10.50 ile 11.10 saatlerinde set edilen değere ulaşarak kolektördeki suyu depoya göndermiştir. Fakat sıcaklık ölçüm yapıldığında 60 °C olarak giden suda ısı kaybından dolayı daha düşük sıcaklık ölçülmüştür. Gün içerisinde de genel olarak sıcaklık kontrollü sistemin deposundan kaynaklanan ısı kaybından dolayı depo suyu sıcaklığı 46 ile 51 °C arasında okunmuştur. Proses kontrol cihazının 60 °C’ye set edilmesiyle elde edilen depo suyu sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi Şekil 6.13’teki gibidir.



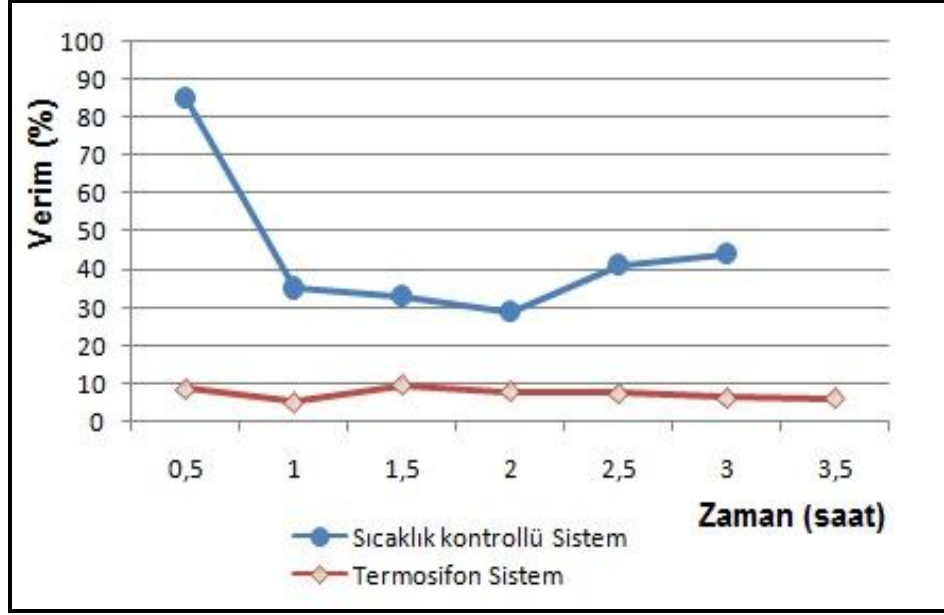
Şekil 6.13. 60 °C’de depo suyu sıcaklıkları.

Sistemlerin 60 °C’ye set edilip yapılan deneylerin günlerine ait kaydedilen güneş radyasyon değerleri Şekil 6.14’te gösterilen grafikteki gibidir.



Şekil 6.14. 60 °C’de doğal dolaşimli sistem ile sıcaklık kontrollü sistemin güneş radyasyon değerleri.

Eşitlik 4.5’den her iki sistem için de verim hesaplanarak Şekil 6.15’te gösterilmiştir. Sıcaklık kontrollü sistemde, su sıcaklığı ayarlanan değere hemen ulaşmadığı için sistemin verimi saat 11.30’dan itibaren hesaplanmıştır.



Şekil 6.15. 60 °C'de sistemlerin verimleri.

BÖLÜM 7

SONUÇ VE ÖNERİLER

Sıcaklık kontrollü sistemin en önemli özelliği suyun talep edilen ya da istenilen sıcaklıkta depolamasıdır. Bu yüzden sistemin kaç °C'de ne kadar su depoladığı önemlidir. Sıcaklık kontrol amacıyla proses cihazı 40, 45, 50, 55, 60 °C gibi farklı değerlerde ayarlanarak deneysel analizi yapılmıştır.

Konfor şartlarında, kullanım sıcak suyu 40 °C'dir. Bu nedenle 40 °C'nin altındaki sıcaklıktaki suyun depoya gitmesine proses kontrol cihazının kumanda ettiği selenoid valf izin vermemiştir. Şekil 6.1'den de görüldüğü gibi su sıcaklığı genelde 40 °C'nin üzerinde olmuştur.

Sıcaklık kontrollü sistem ile ayarlandığı değer olan 40 °C'de depoladığı su miktarı 108,8 litre olarak elde edilmiştir. Sistemin yapılan deneyler sonucunda, yüksek miktarda sıcak su ihtiyacı olan endüstriyel sistemler için de son derece uygun olduğu görülmüştür.

Sistemin kollektörlerinde, ısınan suyun yerine sürekli şebeke suyu girdiğinden kollektörlerde zamanla oluşan kireçlenmeden dolayı verim düşmesinin olacağı tahmin edilmektedir.

Güneş enerjili sıcaklık kontrollü sıcak su hazırlama sisteminin elektrik kesilmelerine karşı, proses kontrol cihazının harcadığı 14 W düşük enerji miktarını güneş panelleri ve akülerden karşılanabilir.

KAYNAKLAR

1. Uyarel, A. Y., Öz, E. S. ve Yılmaz, S., “Güneş enerjisi ile biyogaz üretiminde ısı boru uygulaması”, *DPT Araştırma Projesi Raporu*, Proje No: 91 K:120710, (1996).
2. Deniz, E., “Çift fazlı korunmuş bölgesel güneşli su ısıtıcı ile indirekt ısıtmalı güneşli su ısıtıcı verimlerinin karşılaştırılması” Bilim Uzmanlığı Tezi, *ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2-5 (2003)
3. Doğan, H., Aktaş, M. ve Menlik, T., “Güneş enerjisi sistemlerinde kanatçık yüzeyindeki sıcaklık dağılımının sonlu farklar metodu ile analizi” *ZKÜ Teknik Eğitim Fakültesi, Teknoloji Dergisi*, 7 (3): 407-414, (2004).
4. Atagündüz, G., “Güneş enerjisi temelleri ve uygulamaları”, *Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü Yayınları*, İzmir, 2 : 34-37, (1989).
5. Öz E. S., Menlik, T. ve Aktaş, M., “Güneş enerjisi sistemlerinde kanatçık kullanımının verime etkisinin deneysel incelenmesi”, *Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Politeknik Dergisi*, 7 (3) : 217-221, (2004).
6. Aktaş, M., Ceylan, İ. ve Doğan, H., “Güneş enerjili kurutma sistemlerinin fındık kurutulmasına uygulanabilirliği”, *ZKÜ Teknik Eğitim Fakültesi, Teknoloji Dergisi*, 7 (4): 557-564, (2004).
7. Ulusal Enerji Tasarrufu Merkezi, “*Sanayide Enerji Yönetimi Esasları*”, Ankara, 4: 12-18, (1997).
8. İnternet: Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, “Yenilebilir Enerji Kaynakları”, <http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/gunes/gunes.html>, (2007).
9. Bockris, J O’M., Veziroğlu, T. N. and Smith, D, “Solar hydrogen energy”, *İletişim Yayınları*, 11-14, (1993).
10. Rifkin, J., and Howard, T., “ Entropi”, *İz Yayıncılık*, İstanbul, 41-47, (1997).
11. Okuyan, C. ve Okuyan, M. A., “Türkiye’nin güneş enerjisi potansiyeli”, *Mühendis ve Makine Dergisi*, Ankara, 27 (318) : 24-29, (1986).
12. Ertunç, M., “Düzlemsel güneş kollektörlerinin performansına etki yapan parametreler”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 24-29, (1997).

13. Öz, E. S., Menlik, T. ve Aktaş, M., “Güneş enerjisi sistemlerinde kanatçık kullanımının verime etkisinin deneysel incelenmesi”, *Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Politeknik Dergisi*, 7 (3) : 217-221, (2004).
14. Aktaş, M., Ceylan, İ. ve Doğan, H., “Güneş enerjili kurutma sistemlerinin fındık kurutulmasına uygulanabilirliği”, *ZKÜ Teknik Eğitim Fakültesi, Teknoloji Dergisi*, 7 (4) : 557-564, (2004).
15. Doğan, H., Aktaş, M. ve Menlik, T., “Güneş enerjisi sistemlerinde kanatçık yüzeyindeki sıcaklık dağılımının sonlu farklar metodu ile analizi” *ZKÜ Teknik Eğitim Fakültesi, Teknoloji Dergisi*, 7 (3) : 407-414, (2004).
16. Öz, E. S., “Tabii sirkülasyonlu güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerinde direkt ve endirekt sistemlerin performanslarının karşılaştırılması”, *KBÜ Teknoloji Dergisi*, Karabük, (1) : 37-48, (2000).
17. Uyarel, A. Y. ve Öz, E. S., “Güneş enerjisi ve uygulamaları”, *Birsen Yayınevi*, İstanbul, 45-124, (1987).
18. Bulut, H., Şahin, H. ve Karadağ, R., “Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin tekno-ekonomik analizi”, *TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Tesisat Mühendisliği Dergisi*, (101) : 23-33, (2007).

EK AÇIKLAMALAR A.
SICAKLIK KONTROLLÜ GÜNEŞ ENERJİLİ KULLANMA SICAK SUYU
HAZIRLAMA SİSTEMİNİN DENEYSEL SONUÇLARI

Çizelge EK A.1. 7 Temmuz 2010 tarihli sıcaklık kontrollü sistem deney sonuçları

SET DEĞERİ (°C)	DEPO SUYU SICAKLIĞI (°C)	GÜNEŞ RADYASYONU (wh/m ²)	SU MİKTARI (Litre)	TARİH:07.07.2010 SAAT
45 °C	28	530		9,30
45 °C	33	551		9,50
45 °C	41	599		10,10
45 °C	41,6	643	3,52	10,30
45 °C	42,5	680	8	10,50
45 °C	43	717	10,88	11,10
45 °C	43,7	744	14,77	11,30
45 °C	43,7	754	19,2	11,50
45 °C	44,6	768	24,32	12,10
45 °C	44,2	768	26,24	12,30
45 °C	44	775	32,48	12,50
45 °C	45,4	780	38,56	13,10
45 °C	44,7	785	41,28	13,30
45 °C	44,7	784	51,68	13,50
45 °C	45,5	786	5,92	14,10
45 °C	46,7	195	14,4	14,30
45 °C	44,7	228	14,4	14,50
45 °C	44,2	210	16,48	15,10
45 °C	43,5	200	16,48	15,30
45 °C	43,2	247	16,48	15,50
45 °C	42,2	115	16,48	16,10
45 °C	41,7	180	16,48	16,30
45 °C	42,5	505	22,88	16,50
45 °C	43	444	26,24	17,10
45 °C	43	389	28,96	17,30
45 °C	42,5	244	32	17,50
		TOPLAM	83,68	

Çizelge EK A.2. 8 Temmuz 2010 tarihli sıcaklık kontrollü sistem deney sonuçları

SET DEĞERİ (°C)	DEPO SUYU SICAKLIĞI (°C)	GÜNEŞ RADYASYONU (wh/m ²)	SU MİKTARI (Litre)	TARİH:08.07.2010 SAAT
40 °C	27	420		9,30
40 °C	31	510		9,50
40 °C	35,5	560	4,96	10,10
40 °C	36,6	595	6,08	10,30
40 °C	38,5	636	12,16	10,50
40 °C	39,6	668	17,28	11,10
40 °C	39,5	675	22,56	11,30
40 °C	39,7	718	29,92	11,50
40 °C	40,2	737	37,28	12,10
40 °C	40,6	764	46,24	12,30
40 °C	41	757	7,84	12,50
40 °C	41,5	758	15,36	13,10
40 °C	41,6	788	28,14	13,30
40 °C	41,5	781	34,72	13,50
40 °C	41	830	45,92	14,10
40 °C	40,8	577	55,04	14,30
40 °C	40,8	280	4,48	14,50
40 °C	40,2	284	7,04	15,10
40 °C	39,2	158	7,52	15,30
40 °C	38,1	78	7,52	15,50
40 °C	36,6	32	7,52	16,10
40 °C				16,30
40 °C				16,50
40 °C				17,10
40 °C				17,30
40 °C				17,50
		TOPLAM	108,8	

Çizelge EK A.3. 11 Temmuz 2010 tarihli sıcaklık kontrollü sistem deney sonuçları

SET DEĞERİ (°C)	DEPO SUYU SICAKLIĞI (°C)	GÜNEŞ RADYASYONU (wh/m ²)	SU MİKTARI (Litre)	TARİH:11.07.2010 SAAT
50 °C				9,30
50 °C	25	483		9,50
50 °C	28	505		10,10
50 °C	31	590		10,30
50 °C	40	660		10,50
50 °C	47	680		11,10
50 °C	46,1	700	3,84	11,30
50 °C	46,8	720	7,52	11,50
50 °C	47,3	735	12,48	12,10
50 °C	47,7	755	15,52	12,30
50 °C	48,4	780	20,48	12,50
50 °C	48	745	24,32	13,10
50 °C	48,1	740	30,04	13,30
50 °C	48,6	735	31,68	13,50
50 °C	48,5	730	35,04	14,10
50 °C	48,3	730	39,04	14,30
50 °C	48	710	42,4	14,50
50 °C	47,9	648	46,4	15,10
50 °C	47,7	610	49,28	15,30
50 °C	47,8	565	52,64	15,50
50 °C	49,5	520	5,6	16,10
50 °C	47,3	485	8,16	16,30
50 °C	46,3	435	10,56	16,50
50 °C	44,3	385	10,56	17,10
50 °C	42,6	340	10,56	17,30
50 °C	43,1	290	14,4	17,50
		TOPLAM	67,04	

Çizelge EK A.4. 12 Temmuz 2010 tarihli sıcaklık kontrollü sistem deney sonuçları

SET DEĞERİ (°C)	DEPO SUYU SICAKLIĞI (°C)	GÜNEŞ RADYASYONU (wh/m ²)	SU MİKTARI (Litre)	TARİH:12.07.2010 SAAT
55 °C	28	463		9,30
55 °C	37	510		9,50
55 °C	44	550		10,10
55 °C	50	600		10,30
55 °C	55	650		10,50
55 °C	46,4	690	5,44	11,10
55 °C	46,9	670	8,96	11,30
55 °C	47,7	735	10,72	11,50
55 °C	48,6	745	13,76	12,10
55 °C	48,8	761	15,68	12,30
55 °C	49,1	770	18,88	12,50
55 °C	49,9	762	22,24	13,10
55 °C	50,1	753	24	13,30
55 °C	51,1	743	27,52	13,50
55 °C	51,5	736	30,08	14,10
55 °C	51,3	698	32,64	14,30
55 °C	51,1	685	35,68	14,50
55 °C	50,8	625	36,32	15,10
55 °C	51,3	616	39,84	15,30
55 °C	51,1	593	41,76	15,50
55 °C	50,8	528	43,04	16,10
55 °C	50,6	470	45,44	16,30
55 °C	50,1	442	45,44	16,50
55 °C	50	380	47,68	17,10
55 °C	49,7	327	47,68	17,30
55 °C	49,2	270	47,68	17,50
		TOPLAM	47,68	

Çizelge EK A.5. 13 Temmuz 2010 tarihli sıcaklık kontrollü sistem deney sonuçları

SET DEĞERİ (°C)	DEPO SUYU SICAKLIĞI (°C)	GÜNEŞ RADYASYONU (wh/m ²)	SU MİKTARI (Litre)	TARİH:13.07.2010 SAAT
60 °C	28	430		9,30
60 °C	34	500		9,50
60 °C	41	540		10,10
60 °C	47	590		10,30
60 °C	53	635		10,50
60 °C	56	675		11,10
60 °C	58	307		11,30
60 °C	56	490		11,50
60 °C	51,1	439	5,12	12,10
60 °C	47,5	760	5,12	12,30
60 °C	52,9	705	8,48	12,50
60 °C	49,7	300	8,48	13,10
60 °C	52,4	765	11,36	13,30
60 °C	50,1	780	11,36	13,50
60 °C	51,2	231	13,44	14,10
60 °C	48,7	448	13,44	14,30
60 °C	47,3	730	13,44	14,50
60 °C	46	294	13,44	15,10
60 °C	49,4	645	16,48	15,30
60 °C	47,9	570	16,48	15,50
60 °C	45,7	555	16,48	16,10
60 °C	44,3	490	16,48	16,30
60 °C	47,4	420	19,68	16,50
60 °C	45,8	380	19,68	17,10
60 °C	44,5	335	19,68	17,30
60 °C	43,6	300	19,68	17,50
		TOPLAM	19,68	

Çizelge EK A.6. 14 Temmuz 2010 tarihli sıcaklık kontrollü sistem deney sonuçları

SET DEĞERİ (°C)	DEPO SUYU SICAKLIĞI (°C)	GÜNEŞ RADYASYONU (wh/m ²)	SU MİKTARI (Litre)	TARİH:14.07.2010 SAAT
45 °C	24,6	470	51,36	9,30
45 °C	25	505	51,36	9,50
45 °C	25,8	572	51,36	10,10
45 °C	27,9	603	51,36	10,30
45 °C	30,9	648	51,36	10,50
45 °C	31	680	51,36	11,10
45 °C	33,4	730	51,36	11,30
45 °C	35,7	790	51,36	11,50
45 °C	38	847	51,36	12,10
45 °C	39,8	818	51,36	12,30
45 °C	40,2	340	51,36	12,50
45 °C	41,5	864	51,36	13,10
45 °C	42	258	51,36	13,30
45 °C	41,8	245	51,36	13,50
45 °C	42,3	265	51,36	14,10
45 °C	45,2	540	51,36	14,30
45 °C	23,7	148	31,2	14,50
45 °C	24,9	305	31,2	15,10
45 °C	25,7	290	31,2	15,30
45 °C	27,8	541	31,2	15,50
45 °C	29,9	581	31,2	16,10
45 °C	30,6	563	31,2	16,30
45 °C	31,1	483	31,2	16,50
45 °C	31,8	446	31,2	17,10
45 °C	33	402	31,2	17,30
45 °C	33,5	316	31,2	17,50
		TOPLAM	51,36	

Çizelge EK A.7. 17 Temmuz 2010 tarihli sıcaklık kontrollü sistem deney sonuçları

SET DEĞERİ (°C)	DEPO SUYU SICAKLIĞI (°C)	GÜNEŞ RADYASYONU (wh/m ²)	SU MİKTARI (Litre)	TARİH:17.07.2010 SAAT
40 °C	24,9	470	47,04	9,30
40 °C	25,6	533	47,04	9,50
40 °C	25,8	584	47,04	10,10
40 °C	26,1	630	47,04	10,30
40 °C	28,1	663	47,04	10,50
40 °C	30,4	715	47,04	11,10
40 °C	32,2	750	47,04	11,30
40 °C	34,2	790	47,04	11,50
40 °C	35,7	780	47,04	12,10
40 °C	37,4	835	47,04	12,30
40 °C	38,9	849	47,04	12,50
40 °C	41,4	827	47,04	13,10
40 °C	24,1	795	56,48	13,30
40 °C	24,5	803	56,48	13,50
40 °C	28,8	785	56,48	14,10
40 °C	32,2	760	56,48	14,30
40 °C	32,6	540	56,48	14,50
40 °C	35,7	686	56,48	15,10
40 °C	37,1	655	56,48	15,30
40 °C	39	603	56,48	15,50
40 °C	40,2	560	56,48	16,10
40 °C	28,9	525	10,88	16,30
40 °C	31,2	460	10,88	16,50
40 °C	33,5	405	10,88	17,10
40 °C	34,5	360	10,88	17,30
40 °C	35,1	300	10,88	17,50
		TOPLAM	103,52	

Çizelge EK A.8. 18 Temmuz 2010 tarihli sıcaklık kontrollü sistem deney sonuçları

SET DEĞERİ (°C)	DEPO SUYU SICAKLIĞI (°C)	GÜNEŞ RADYASYONU (wh/m ²)	SU MİKTARI (Litre)	TARİH:18.07.2010 SAAT
50 °C	22,5	498	51,52	9,30
50 °C	23,3	550	51,52	9,50
50 °C	23,8	595	51,52	10,10
50 °C	24,4	618	51,52	10,30
50 °C	26,7	660	51,52	10,50
50 °C	29,2	690	51,52	11,10
50 °C	30,3	717	51,52	11,30
50 °C	32,2	735	51,52	11,50
50 °C	34,3	742	51,52	12,10
50 °C	35,8	757	51,52	12,30
50 °C	38	755	51,52	12,50
50 °C	40,2	754	51,52	13,10
50 °C	41,9	753	51,52	13,30
50 °C	44	772	51,52	13,50
50 °C	45,4	345	51,52	14,10
50 °C	45,4	280	51,52	14,30
50 °C	45,7	325	51,52	14,50
50 °C	45,8	300	51,52	15,10
50 °C	44,9	95	51,52	15,30
50 °C	44	80	51,52	15,50
50 °C	43,8	50	51,52	16,10
50 °C				16,30
50 °C				16,50
50 °C				17,10
50 °C				17,30
50 °C				17,50
		TOPLAM		

Çizelge EK A.9. 19 Temmuz 2010 tarihli sıcaklık kontrollü sistem deney sonuçları

SET DEĞERİ (°C)	DEPO SUYU SICAKLIĞI (°C)	GÜNEŞ RADYASYONU (wh/m ²)	SU MİKTARI (Litre)	TARİH:19.07.2010 SAAT
55 °C	23,4	457	48,32	9,30
55 °C	24,3	510	48,32	9,50
55 °C	25	559	48,32	10,10
55 °C	26	605	48,32	10,30
55 °C	28,3	630	48,32	10,50
55 °C	29,8	670	48,32	11,10
55 °C	32	705	48,32	11,30
55 °C	34,2	725	48,32	11,50
55 °C	36	750	48,32	12,10
55 °C	37,7	740	48,32	12,30
55 °C	39,8	800	48,32	12,50
55 °C	41,5	785	48,32	13,10
55 °C	42,2	820	48,32	13,30
55 °C	44,6	790	48,32	13,50
55 °C	45,4	765	48,32	14,10
55 °C	46,5	735	48,32	14,30
55 °C	46,9	700	48,32	14,50
55 °C	47,3	690	48,32	15,10
55 °C	47,6	650	48,32	15,30
55 °C	43,5	125	48,32	15,50
55 °C	44,1	170	48,32	16,10
55 °C	44,7	365	48,32	16,30
55 °C	46	525	48,32	16,50
55 °C	46,4	430	48,32	17,10
55 °C	46,6	343	48,32	17,30
55 °C	47,2	285	48,32	17,50
		TOPLAM		

Çizelge EK A.10. 20 Temmuz 2010 tarihli sıcaklık kontrollü sistem deney sonuçları

SET DEĞERİ (°C)	DEPO SUYU SICAKLIĞI (°C)	GÜNEŞ RADYASYONU (wh/m ²)	SU MİKTARI (Litre)	TARİH:20.07.2010 SAAT
60 °C	24,7	462	21,44	9,30
60 °C	25,8	510	21,44	9,50
60 °C	26,5	560	21,44	10,10
60 °C	26,9	605	21,44	10,30
60 °C	27,3	645	21,44	10,50
60 °C	28,2	680	21,44	11,10
60 °C	29,5	703	21,44	11,30
60 °C	30,3	725	21,44	11,50
60 °C	31,6	735	21,44	12,10
60 °C	33,1	755	21,44	12,30
60 °C	34,2	762	21,44	12,50
60 °C	35,5	755	21,44	13,10
60 °C	36,8	748	21,44	13,30
60 °C	37,8	745	21,44	13,50
60 °C	39	750	21,44	14,10
60 °C	40,3	740	21,44	14,30
60 °C	40,8	690	21,44	14,50
60 °C	41,7	650	21,44	15,10
60 °C	42,1	620	21,44	15,30
60 °C	43,5	590	21,44	15,50
60 °C	43,5	540	21,44	16,10
60 °C	43	495	21,44	16,30
60 °C	44,1	430	21,44	16,50
60 °C	44,2	380	21,44	17,10
60 °C	44,4	330	21,44	17,30
60 °C	44,2	280	21,44	17,50
		TOPLAM		

ÖZGEÇMİŞ

Hüsamettin DEMİRCAN, 1987 yılında Rize’de doğdu. İlk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı. Rize Lisesi Fen Bölümü’nden mezun oldu. 2005 yılında Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Tesisat Öğretmenliği Bölümü’ne girdi; 2009 yılında mezun oldu. Aynı yıl, KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı’nda başladığı yüksek lisans eğitimine devam etmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres: Portakallık mah. Doğan Sok. Kale İnş.

B blok K:3 D:9

RİZE/MERKEZ

Tel: (534) 353 87 53

E-Posta: demircan5353@hotmail.com