

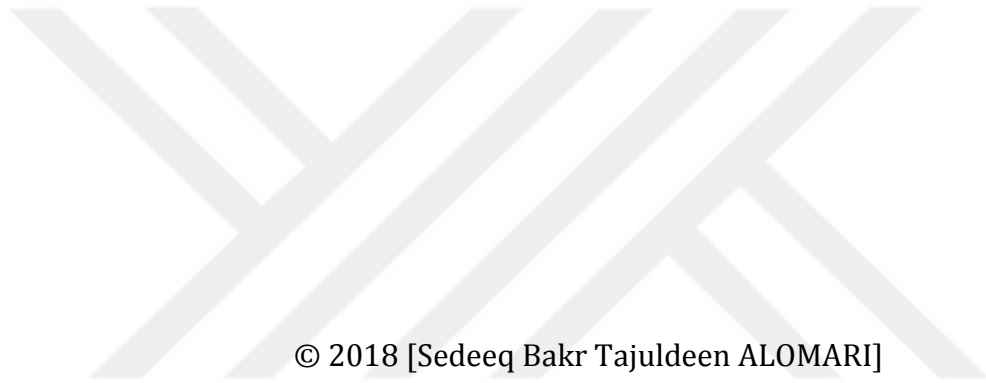
**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GÜNEŞ ENERJİSİ KAYNAKLI KOMBİNE ISITMA VE SOĞUTMA
SİSTEMİ TASARIMI VE PROTOTİP ÜRETİMİ**

Sedeeq Bakr Tajuldeen ALOMARI

Prof. Dr. Osman İPEK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA-2018**



© 2018 [Sedeeq Bakr Tajuldeen ALOMARI]

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Sedeeq Bakr Tajuldeen ALOMARI

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	3
3. ISITMA VE SOĞUTMA AMAÇLI BUHAR ABSORPSİYONLU SİSTEM.....	8
3.1. Buhar Sıkıştırılmalı Soğutma Sistemine Göre Buhar Absorpsiyonlu Sisteminin Avantajları	10
3.2. Buhar Absorpsiyonlu Sisteminin Çalışma Prensipleri ve Kullanılan Ekipmanlar.....	12
3.3. Buhar Absorpsiyonlu Sistemin Çeşitleri.....	15
3.3.1. NH ₃ -H ₂ O Buhar Absorpsiyonlu Soğutma Sistemi.....	15
3.3.2. Li-Br-H ₂ O Absorpsiyonlu Soğutma Sistemi.....	17
3.4. Güneş Enerjisi Kaynaklı Absorpsiyonlu Soğutma Sistemi için Akışkan Çifti Seçimi.....	19
3.4.1. Li-Br-H ₂ O Çözeltisi ve Avantajları	19
3.4.2. NH ₃ -H ₂ O Çözeltisi ve Avantajları	19
3.4.3. NH ₃ -H ₂ O Çözeltisinin Dezavantajları.....	20
3.5. Güneş Enerjisinin Isıtma ve Soğutma Amacıyla Isı Kaynağı Olarak Kullanılması	21
3.6. Güneş Enerjisi Kaynaklı Absorpsiyonlu Soğutma ve Isıtma Sisteminin Avantajları.....	25
3.7. Güneş Enerjisinin Isıtma ve Soğutma Amaçlı Kullanılmasına Yönelik Hesaplamalar	26
4. MATERYAL VE YÖNTEM	30
4.1. Güneş Enerjisi Kaynaklı Absorpsiyonlu Soğutma Ve Isıtma Sistem Elemanlarının İmalatı	35
4.1.1. Jeneratörün imalatı	35
4.1.2. Isı eşanjörünün imalatı	37
4.1.3. Evaporatörün imalatı.....	39
4.2. Güneş Enerjisi Kaynaklı Absorpsiyonlu Soğutma Uygulaması	41
5. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	44
5.1. Absorpsiyonlu Soğutma ve Isıtma Parametrelerindeki Değişim	44
5.2. COP _c ve COP _h Değerlerindeki Değişim	60
5.3. Q _{swc} ve Q _{swh} Değerlerindeki Değişim.....	62
5.2. Q _{ac} ve Q _{ah} Değerlerindeki Değişim	63
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	65
KAYNAKLAR	68
ÖZGEÇMİŞ.....	72

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GÜNEŞ ENERJİSİ KAYNAKLI KOMBİNE ISITMA VE SOĞUTMA SİSTEMİ TASARIMI VE PROTOTİP ÜRETİMİ

Sedeeq Bakr Tajuldeen ALOMARI

**Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Osman İPEK

Son yıllarda özellikle fosil kökenli enerji kaynaklarının hızla tükenmeye doğru gitmesi nedeniyle, güneş enerjisi gibi alternatif enerji kaynaklarının kullanımı önem kazanmıştır. Güneş enerjisinin birçok uygulama alanı bulunmaktadır. Absorpsiyonlu soğutma ve ısıtma sistemleri önemli güneş enerjisi uygulamalarıdır. Bu uygulamalarda, özellikle hem ısıtma (kış aylarında) hem de soğutma (yaz aylarında) yapılması durumunda, sistem son derece ekonomik olmaktadır. Bu sistemlerde çeşitli kaynaklardan elde edilen termal enerji doğrudan soğutma ile ısıtma amacıyla kullanılabilir. Absorpsiyonlu sistemle soğutma ile ısıtma elektrik enerjisinin kullanıldığı buhar sıkıştırımlı sistemlere daha ekonomiktir. Sunulan bu tez çalışmasında, küresel ısınmaya sebebiyet vermeyecek bir çalışma akışkanı kullanılmak, amonyak-su karışımını soğutucu akışkan olarak kullanan güneş enerjisinin absorpsiyonlu sistemle soğutma ve ısıtma yapabilen bir sisteme ait prototipin tasarım ve imalatı yapılarak sistem deneysel olarak incelenmiştir. Bu sistemde, güneş enerjisinden yararlanmak amacıyla, elektrik jeneratörü yerine, soğutucu akışkan olarak kullanılan amonyak ısıtılması güneş kolektörü kullanılmıştır. Tasarım ve imalatı yapılan absorpsiyonlu soğutma ve ısıtma sistemi üzerinde, bu çalışma kapsamında, dış ortam sıcaklığı, kolektörde dolaşan akışkanın giriş ve çıkış sıcaklıkları, buharlaştırıcının ve ısıtılmak/soğutulmak istenilen (şartlandırılan) odanın sıcaklığı ölçülerek, sistemin ısıtma COP_h ve soğutma COP_c değerleri belirlenmiştir. Ağustos 2016-Nisan 2017 zaman aralığında ortalama 80 deney yapılmıştır. Sistemin soğutma performansını görmek için, 1-31 Ağustos 2016 tarihleri arasın, ısıtma performansının görmek için de 1-31 Mart 2017 tarihleri arasında kadar deneyler yapılmıştır. Elde edilen deneysel sonuçlara göre, COP değeri ve odanın sıcaklığı belirlenmiştir. Absorpsiyonlu soğutma ve ısıtma (kombine) sistemin, ısıtma ve soğutma amacıyla çalıştırılması durumunda, şartlandırılan odanın sıcaklığı, Kollektörde dolaşan su sıcaklığının zamanla arttığı gözlemlenmiştir. Jeneratör sıcaklığı, soğutma ihtiyacının olduğu yaz aylarında 88 °C, ısıtma ihtiyacının olduğu kış aylarında ise 62 °C olarak

ölçülmüştür. Sistemin COP değeri, soğutma sistemi için $COP_c = 5,28$ ve ısıtma sistemi için ise $COP_h = 3,85$ olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisi, Güneş Enerjili kombine Isıtma ve Soğutma, Absorpsiyonlu ısıtma ve Soğutma sistem dizaynı ve analizi.

2018, 72 Sayfa



ABSTRACT

M.Sc. Thesis

DESIGN AND ANALYSIS AND PROTOTYPING OF THE COMBINED HEATING AND COOLING SYSTEM WITH THE SOLAR ENERGY

Sedeeq Bakr Tajuldeen ALOMARI

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. Osman İPEK

In recent years, the use of alternative energy sources such as solar energy has gained importance, especially as fossil-based energy resources are rapidly moving towards extinction. There are many application areas of solar energy. Absorption cooling and heating systems are important solar energy applications. In these applications, the system is extremely economical, especially if both heating (winter months) and cooling (summer months) are done. In these systems, the thermal energy obtained from various sources can be used for direct cooling and heating purposes. Absorption with cooling and Heating system is more economical than vapor compression systems in which electric energy is used. In this thesis, the system has been experimentally investigated by designing and manufacturing a prototype of a system capable of cooling and heating, the solar energy using the ammonia-water mixture as the refrigerant, in order to use a working fluid that can not cause global warming. In this system, in order to utilize solar energy, solar collector is used to heat ammonia used as refrigerant instead of electricity generator. In this study, COP_h for heating and COP_c for cooling values of the system were determined by measuring the outdoor temperature, in collector the inlet and outlet temperatures of the circulating fluid, the temperature of the evaporator and the room to be heated/cooled, respectively, on the designed and manufactured absorption cooling and heating system. An average of 80 experiments were conducted between August 2016 and April 2017. Experiments were conducted between 1-31 August 2016 to see the cooling performance of the system and between 1-31 March 2017 to see the heating performance. According to the experimental results obtained, the COP value and the temperature of the room were determined. The absorption heating-cooling system is operated for heating and cooling, It has been observed that the temperature of the water circulating in the collector increases with time. The generator temperature is

measured as 88 °C in the summer and 62 °C in the winter months when the need for cooling is required. The COP value of the system was found to be $COP_c = 5,28$ for the cooling system and $COP_h = 3,85$ for the heating system.

Keywords: Solar energy, combined heating and cooling with solar energy, Heating and cooling with absorption system design and analysis

2018, 72 pages



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam sırasında kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösterici ve destek olan değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Osman İpek'e sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım. Ayrıca bir yabancı öğrenci olarak burada eğitim görmekten, Türkçeyi öğrenmekten, buradaki dünyanın her yerinden insanlarla tanışmaktan ve Türkiye'de yaşamaktan şeref duydum.

Siz olmasaydınız bu çalışma olmazdı ayrıca çalışma sırasında da bana karşı göstermiş olduğunuz sonsuz sabır için annem, babam, kız kardeşime (Hajer ve Omareen) ve dayım Mohammed Al-raıs teşekkürü bir borç bilirim.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Basit buhar absorpsiyonlu sistemi	8
Şekil 3.2. Absorpsiyonlu sistem	9
Şekil 3.3. Buhar sıkıştırmalı (solda) ve absorpsiyonlu soğutma çevrimi (sağda) şematik olarak gösterilmesi	11
Şekil 3.4. Buhar absorpsiyonlu sistem.....	12
Şekil 3.5. Buhar Absorpsiyonlu Soğutma ve Isıtma Sistemi Ekipmanlar	13
Şekil 3.6. NH ₃ -H ₂ O absorpsiyonlu soğutma sisteminin şematik resmi.....	16
Şekil 3.7. Li-Br buharı absorpsiyonlu soğutma sistemin şematik resmi.....	18
Şekil 3.8. Bağdat'ta aylık ortalama sıcaklık ve yatay yüzeye gelen güneş radyasyonu dağılımı.....	22
Şekil 3.9. Düzlemsel ve Vakum tüplü Kollektörler.....	24
Şekil 3.10. Isparta'da aylık ortalama sıcaklık ve yatay yüzeye gelen güneş radyasyonu dağılımı.....	25
Şekil 3.11. Isı kaynaklı güç üretimi ve soğutma çevrimi uygulamasının şematik resmi.....	27
Şekil 4.1.(a). Güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu ısıtma ve soğutma sisteminin imalat resmi.....	30
Şekil 4.1.(b). Güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu ısıtma ve soğutma sisteminde kullanılan ekipmanlar	31
Şekil 4.1.(c). Güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu ısıtma ve soğutma sisteminin şematik resmi	32
Şekil 4.2. Dijital standart pyranometer	33
Şekil 4.3. Absorpsiyonlu soğutma ve ısıtma sisteminde kullanılan güneş kollektörünün kurulum işlemleri	36
Şekil 4.4. Absorpsiyonlu soğutma ve ısıtma sisteminde kullanılan ısı eşanjörünün tasarım ve imalat aşamaları	38
Şekil 4.5. Absorpsiyonlu soğutma ve ısıtma sisteminde kullanılan evaporatörün tasarım ve imalat aşamaları	40
Şekil 4.6. Tasarımı yapılan güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu soğutma sisteminin şematik gösterimi	42
Şekil 4.7. Güneş enerjisi kaynaklı ısıtma sisteminin şematik gösterilmesi	43
Şekil 5.1. COP _c 'nin zamana bağlı olarak değişimi.....	49
Şekil 5.2. Soğutma uygulaması için I _s 'nin zamana bağlı olarak değişimi.	50
Şekil 5.3. COP _h 'nin zamana bağlı olarak değişimi.	51
Şekil 5.4. Isıtma uygulaması için I _s 'nin zamana bağlı olarak değişimi.	52
Şekil 5.5.(a). Maksimum COP _c ve T _a 'nın zamana ve dış ortamın güneşlenme durumuna bağlı olarak değişimi	53
Şekil 5.5.(b). Maksimum COP _c ve T _g 'nin zamana ve dış ortamın güneşlenme durumuna bağlı olarak değişimi	54
Şekil 5.5.(c). Maksimum COP _c ve T _e 'nin zamana ve dış ortamın güneşlenme durumuna bağlı olarak değişimi	55
Şekil 5.6.(a). Maksimum COP _h ve T _a 'nın zamana ve dış ortamın güneşlenme durumuna bağlı olarak değişimi	56

Şekil 5.6.(b). Maksimum COP_h ve T_g 'nin zamana ve dış ortamın güneşlenme durumuna bağlı olarak değişimi	58
Şekil 5.6.(c). Maksimum COP_h ve T_e 'nin zamana ve dış ortamın güneşlenme durumuna bağlı olarak değişimi	59
Şekil 5.7. Absorpsiyonlu soğutma ve ısıtma uygulamaları için COP değerinin zamana bağlı değişimi	61
Şekil 5.8. Güneş kolektöründe toplanan güneş enerjisi Q_{swc} ve Q_{swh} miktarının zaman göre değişimi	62
Şekil 5.9. Soğutma ve Isıtma yüklerinin zamana göre değişimi.....	63



ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 5.1.(a). Soğutma uygulaması için 01-30 Ağustos 2016 tarihleri arasında Bağdat/İrak'a ait T_a 'nın değişimi.	45
Çizelge 5.1.(b). Isıtma uygulaması için 01-30 Mart 2017 tarihleri arasında Isparta/Türkiye'ye ait T_a 'nın değişimi.	46
Çizelge 5.2.(a). Soğutma uygulaması için 01-30 Ağustos 2016 tarihleri arasında Bağdat/ Irak'a ait I_s değerindeki değişim.	47
Çizelge 5.2.(b). Isıtma uygulaması için 01-30 Mart 2017 tarihleri arasında Isparta/ Türkiye'ye ait I_s değerindeki değişim.	48



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A_d	Alan (m^2)
A_s	Kollektör yüzeyi (m^2)
COP	Performans katsayısı
COP_h	Isıtma performans katsayısı
COP_c	Soğutma performans katsayısı
D_s	Tüpün çapı (m)
Li-Br	Lityum bromür
I_s	Güneş radyasyonu (W/m^2)
L_s	Tüpün uzunluğu (m)
L	Kanal uzunluğu (m)
N_{tb}	Kollektör tüp sayısı
NH_3	Amonyak
TG	Tamamen güneşli bir gün
KG	Kısmen güneşli bir gün
K	Kapalı bir gün
T_a	Dış ortam sıcaklığı ($^{\circ}C$)
T_{aoe}	Evaporatör çıkış sıcaklığı ($^{\circ}C$)
T_{aoi}	Evaporatör giriş sıcaklığı ($^{\circ}C$)
T_e	Evaporatör sıcaklığı ($^{\circ}C$)
T_o	Oda sıcaklığı ($^{\circ}C$)
T_g	Jeneratör sıcaklığı ($^{\circ}C$)
T_{wgi}	kollektör içindeki su sıcaklığı ($^{\circ}C$)
T_{wgo}	kollektör dışındaki su sıcaklığı ($^{\circ}C$)
u_a	Hava hızı (m/s)
Q	Isı miktarı (kJ/s)
Q_a	Absorbe edilen ısı miktarı (kJ/s = kW)
Q_c	Kondenser (yoğunlaştırıcı)'atılanısı miktarı (kW)
Q_{ac}	Soğutma yükü (W)
Q_{ah}	Isıtma yükü (W)
Q_e	Evaporatör (buharlaştırıcı)'de çekilen ısı miktarı (kW)
Q_s	Güneşten kollektöre aktarılan ısı miktarı (kW)
Q_{sw}	Güneşten suya aktarılan ısı miktarı (kW)
Q_{swc}	Kollektörde güneş enerjisi miktarının(soğutma uygulaması) W
Q_{swh}	Kollektörde güneş enerjisi miktarının(ısıtma uygulaması) W
Q_R	Radiatörde edilen ısı miktarı (kW)
$Q_{ısd}$	Isı eşanjörü ısı miktarı (kW)
t	Zaman
s	Kanal genişliği (m)
cp_a	Hava özgül ısısı (kJ/kg K)

1. GİRİŞ

Günümüzde, ülkeler için sosyal ve politik hedeflerini gerçekleştirebilmeleri amacı ile uygun enerji kaynağının elde edilmesi en önemli hedeflerden bir haline gelmiştir.

21. yy'da artan nüfus oranı ile birlikte endüstriyel gelişme ve bunun sonucunda mevcut ve geleneksel enerji kaynaklarının azalması, enerji-çevre ilişkisindeki olumsuzlukların giderilmesine yönelik çabalar dikkate alındığında, yeni enerji ve temiz enerji kaynaklarının kullanılması ve buna uygun teknolojilerin geliştirilmesi ulusların istenilen uygarlık seviyesine ulaşmaları için çok daha önemli hale gelmiştir (Bonus.A., 2001). Bu nedenle, yeni ve temiz enerji kaynaklarının insanlığın hizmetine sunulması ve bu kaynaklardan daha fazla yararlanmasına yönelik yöntem ve teknikler üzerinde yürüten bilimsel çalışmaların ve bu çalışmaları yapan araştırmacıların desteklenmesi gerektiği ortadadır. Bu çabaların kısmi bir sonucu olarak, güneş enerjisinin, özel bir sistemle, evsel ihtiyaçlar için kullanılan sıcak suyun temin edilmesi yanı sıra, konut ve işletmelerdeki soğutma ve ısıtma ihtiyacı için kullanılması üzerinde çalışmalar yapıldığı görülmektedir. Güneş enerjisinin güncel sistem ve teknolojilerle insanlığın hizmetine daha fazla sunulmasına gerekçe olarak, bu amaca yönelik sistemlerin, hızla tükenen ve çevresel anlamda da önemli riskleri barındıran bu geleneksel kaynakların kullanımının azaltılması ve çevrenin korunmasının teşvik etmesinden söz edilmektedir (Umberto.D. vd, 2009). Realite olarak bakıldığında, insanoğlu güneşin önemini uzun zamandır bilmekte, güneşi ısıtma ve soğutma amacıyla kullanmaktadır. Araştırmacılar tarafından yapılan bilimsel çalışmalarla, mevcut durumda güneş enerjisinden yararlanma potansiyelinin daha ileriye bir noktaya taşınmasıyla binalar, hastaneler ve endüstriyel tesisler gibi geniş bir alanda, ısıtma ve soğutma için de kullanılması hedeflenmektedir. Büyük ısıtma ve soğutma sistemlerine ihtiyaç duyan yerlerin yazın soğutulması ve kışın ise ısıtmasına yönelik ihtiyaçlar için kullanılan güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu sistemlerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar sürdürülmektedir.

Absorpsiyon sistemi, ilk olarak Faraday tarafından, 1824 yılında sıvı amonyağı buharlaştırarak ve kapalı sistemde gümüş klorürler elde edilen buharın emerek absorbe edilmesiyle keşfedilmiştir. Amerikan iç savaşı sırasında kuzeyden gelen doğal buzun kesilmesi ile birlikte soğutma ihtiyacı zorunlu hale geldiğinden 1860 yılında Ferdinand tarafından ilk absorpsiyonlu soğutma sistemi geliştirilmiştir. Absorpsiyon sistemleri elektrik enerjisi yerine güneş enerjisi kaynaklarının kullanılması açısından buhar sıkıştırma soğutma sistemlerinden farklıdır (Denny.J., 2015). Bu sistemlerde iki önemli akışkan soğutmada absorber madde olarak kullanılmaktadır. En çok kullanılan akışkanlardan amonyak soğutucu-su karışımı ($\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$) ve su-soğutucu lityum absorberlerdir ($\text{H}_2\text{O-Li-Br}$) (Ajay.S. ve Dr. S. Sankar, 2015). Absorpsiyon sistemin gelişimine paralel olarak, güneş enerjisi kaynaklı soğutma ve ısıtma (kombine) sisteminin, mevcut durumda insanlığın kullanmakta olduğu geleneksel sistemlere etkin ve verimli bir alternatif olarak dűřünülmektedir. Buna gerekçe olarak, bu sistemin daha az elektrik tüketmesi, basınç içermemesi yanı sıra absorpsiyon sistemi için gerekli ısı enerjisini sağlamak için güneş enerjisinin kullanılması olarak ifade edilmektedir. Bunun yanı sıra, bu sistemin gürültü seviyesinin dűřük olması, büyük mekanların ısıtılıp ve soğutulabildiği, 1000*12000 BTU gibi yüksek kapasiteye sahip olduğu da görölmektedir (Levy.A. ve Kosloff.R., 2012).

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Literatürde güneş enerjisi ile çalışan havalandırma sistemleri üzerine çok sayıda deneysel ve teorik çalışma bulunmaktadır. Günümüzde de bu çalışmalara devam edilmektedir. Bu çalışmalardan bazıları özet olarak aşağıda verilmiştir:

Balghouthi, ve ark. (2008), tek kademeli absorpsiyon sistemi için kullanılacak kollektörü optimize etmek için TRNSYS ve EES yazılımı kullanılarak, Tunus'ta bulunan 150 m²'lik bir mahal üzerinde deneysel çalışmalar yapmışlardır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, 35°'lik eğim, 30 m²'lik yüzey alanına sahip düz plakalı kollektör ve 0,8 m³ 'lük sıcak su depolama tankı bulunan sistemin 11 kW Li-Br-H₂O soğutucu akışkan kullanılarak çalıştırması durumunda optimum şartların sağlandığı belirlenmiştir.

Pongtornkulpanich, ve ark. (2008), Phitsanulok, Tayland'daki Yenilenebilir Enerji Enstitüsünde 35 kW'lik tek kademeli Li-Br-H₂O güneş absorpsiyon sistemi tasarlanmış ve kurmuşlardır. Sistem 2005 yılında kurulmuş veriler ise 2006 yılında elde edilmiştir. Sistem soğutma durumunda 5 saatten daha fazla devamlı bir şekilde çalıştırılmıştır. Araştırmada 72 m²'lik tahliye edilmiş tüp solar kollektörünün ortalama % 81 oranında bir güneş enerjisinden yararlanma oranı sağladığı bulunmuştur. Ayrıca, sistemin kurulum maliyetlerinin yüksek olduğu fakat çalıştırma maliyetlerinin düşük olduğu sonucuna varılmıştır.

Rosiek ve Batlles, (2009), tarafından yapılan çalışmada İspanya'daki Almeria Üniversitesi kampüsündeki 160 m² düz plakalı kollektörlü 70 kW'lik tek kademeli güneş absorpsiyon sistemi analiz edilmiştir. Kollektörlere 30 °C'lik bir açı ile yatay eksende eğim verilmiştir. Jeneratör giriş sıcaklığı aralığı 70–95 °C ve soğutma suyu giriş sıcaklığı ise 24–31 °C'dir. Sistem 2009 yılında test edilmiş ve ortalama verim katsayısı ve soğutma kapasitesi sırası ile 0,6 ve 40 kW olarak bulunmuştur.

Agyenim, ve ark. (2010), 16 m² tahliye edilmiş tüp kollektör ve 4,5 kW'lık tek kademeli Li-Br-H₂O güneş absorpsiyon sistemi içeren yerel ölçekte bir absorpsiyon sistemi geliştirmişler ve sistemi 2007 yaz mevsimi boyunca Cardiff Üniversitesi, İngiltere'de çalıştırmışlardır. Sistemin ortalama verim katsayısı ve soğutma kapasitesi sırasıyla 0,58 ve 4,07 kW olarak bulunmuştur.

Nasiaf, (2010), doğrudan güneş enerji ve iki sistem, sulu amonyak (amonyak-su) ve sulu metanol (metanol-su) kullanarak güneş absorpsiyon soğutma uygulama verim katsayısı üzerinde çalışmıştır. Deneyler güneş absorpsiyon sisteminde yürütülmüştür. Sistem güneş kollektör generatörü (0,25 m X 0,25 m X 0,04 m) ve sıvı alıcı ve buharlaştırıcı ile takip edilen su soğutmalı kondensörden oluşmaktadır. Amonyaklı su ve toplam kütle 1 kg olmak kaydıyla 5 deney yürütülmüştür. Sonuçlar maksimum generatör sıcaklığının Haziran ve Temmuz 2009 için 85-97 °C olduğunu göstermiştir. Sulu amonyak sistemi için minimum buharlaştırıcı sıcaklığı 5-10 °C ve metanol sistemi için minimum buharlaştırıcı sıcaklığı 19-22 °C olarak elde edilmiştir. Sulu amonyak sistemi için performans verim katsayısı 0,1096-0,2396 ve metanol sistemi için performans verim katsayısı 0,0993-0,116 olarak bulunmuştur.

Engin.D, (2010), bu çalışmada tasarlanan güneş enerjili absorpsiyonlu soğutma sistemleri gibi uygulamalar tüm bu olumsuz etkileri önemli oranda azaltacaktır. Bu tasarım Muğla Üniversitesi şartlarına göre yapılmış olup, Muğla ilinin güneş geliş açıları, Muğla Üniversitesi Mediko binasının soğutma yükü ve bu yükün karşılanması için gerekli toplayıcı alanı hesaplanmıştır. Ayrıca kullanılacak kollektörlerin kış aylarında ısıtmaya katkısı ve tüm sistemin sağlayacağı tasarruf miktarı da hesaplanmıştır.

Ortiz, ve ark. (2010), yapmış oldukları çalışmalarında New Mexico Üniversitesinde bulunan, 25 °'lik eğim açısı ile tahliye edilmiş tüp kollektörler ve düz plakalı kollektörden oluşan hibrit güneş kollektörü kullanmışlardır. Absorpsiyon sistemi sıcaklık aralığı 70 °C ila 95 °C arasında değişen sıcak su tedariki bulunan ve 70 kW'lık Yazaki tek kademeli Li-Br-H₂O sistemidir. TRNSYS

modülü absorpsiyon döngüsü, solar döngü ve bina modelleme için kullanılmıştır. Güneş enerjisi sağlayan tertibatın çıkış sıcaklığının 85'den 95 °C'ye yükseltilmesi ile hem performans verim katsayısı hem de soğutma kapasitesinin düştüğü gözlemlenmiştir.

XU, ve ark. (2011), çalışmalarında sistem Çin'de subtropikal güneşle çalışan absorpsiyon sistemi tasarlamıştır. Sulu lityum bromür, sistemdeki çalışma sıvısı olarak kullanılmıştır. Toplam kapasite 166,1 kW, soğutma yükü 15,1 kW'dır. Sistemin COP'u 0,7525-0,7555'tir.

Praene, ve ark. (2011), çalışmalarında Fransa, Saint Pierre Üniversitesi Teknoloji Enstitüsünde 30 kW'lik absorpsiyon sistemi kurmuşlardır. Sistem 90 m²'lik düz plakalı kollektör ve soğutma kulesinden oluşmaktadır. 2007 yılı yaz mevsimi boyunca maksimum soğutma kapasitesinin 17 kW olduğu saptanmıştır.

A. Al-Alili. ve ark. (2012), Abu Dabi hava koşulları altında güneş enerjili absorpsiyon döngüsünün fizibilitesini araştırmışlardır. 10 kW amonyak-su absorpsiyon çalıştırmak için tahliye edilmiş tüp kollektörler kullanmışlardır. Farklı sistem bileşenlerini seçmek ve boyutlandırmak için bütün sistemin kısa süreli ve geçici simülasyonu uygulanmıştır.

Termal analiz sonuçlarına dayanılarak, solar havalandırma sistemi 6 m²/kW'lik belirli bir kollektör alanına ve 0,1 m³/kW'lik belirli bir depo hacmine sahip olduğu söylenilmektedir. Seçilen sistem boyutu, aynı soğutma kapasitesinin yayılmış buhar sıkıştırma çevrimlerinden yaklaşık % 47 daha az elektrik enerjisi gerektirmektedir. Buna ek olarak, üç farklı elektrik maliyeti için ekonomi analizi yapılmıştır. Kollektör alanının başlangıç yatırımın geri dönüş süresinin azaltılmasında kilit parametre olduğu tespit edilmiştir.

Bajpai, (2012), sıvı olarak NH₃-H₂O'yu kullanarak birim kapasiteli çevre dostu bir buhar absorpsiyon soğutma sistemini tasarlamış ve araştırmıştır. Sistem, ısı

kaynağı olarak sıcak su ve döz güneş kollektör kullanılarak, çeşitli çalışma koşulları için tasarlanmış ve test edilmiştir. Sistem için üretilen performans verim katsayısı COP 0,58 bulunmuştur.

Yukarıdaki araştırmalar, soğutma amaçlı kullanılan güneş enerjisinin bazılarıdır. En iyi soğutucu-absorpsiyon madde kombinasyonunu ve güneş enerjisinin maksimum toplama verimini bulmak ve sistemi diğer çeşit soğutma sistemleri ile ticari olarak rekabet edebilir kılmak için birçok araştırma ve çalışma halen daha devam etmektedir.

Bilsay P, (2012), binalarda güneş absorpsiyon sistemleri ısıtma ve soğutmasını deneysel ve sayısal olarak araştırmıştır, sistemi Bursa'daki Uludağ Üniversitesi'nde bulunan alanda test etmiştir. Termal enerji bir güneş kollektörü sistemi ile sağlanmışır. Bu sistem absorpsiyon sistemini çalıştırmak için düz plakalı güneş kollektörlerinden oluşmaktadır. Güneş enerjisi yetersiz kaldığında yardımcı sistemler olarak bir elektrikli ısıtıcı ve bir hava kaynağı ısı pompası kullanılmışır. Eysel sıcak su için enerji talebi de güneş enerjisi tarafından karşılanmışır. Deneysel çalışmalarda tipik günler için sistem performansı ve sistem performansını etkileyen parametreler araştırılmışır. Sayısal analizde TRNSYS simülasyon programlayıcısı kullanılmışır. Deneysel ve sayısal sonuçlar karşılaştırılmışır. Deneysel tertibatın yıllık simülasyon sonuçları bu çalışmada sunulmuştur.

Meza, ve ark. (2013), soğurucu madde kütle akışının etkisi, soğurucu sıcaklığı, generatör sıcaklığı ve emici ısı akışı üzerindeki generatör sıcaklığı farkı ile birlikte generatör sıcaklığı ve verim katsayısı üzerinde generatör sıcaklığı değişimlerinin etkilerini araştırmışlardır. Uygun sıcaklık ve kütleli debisine sahip absorpsiyonlu sistem belirlendi. En uygun COP değerı elde edildi. Maksimum COP değerı 0,391 bulunmuştur. Maksimum kütleli debi 0,014 kg/s, en yüksek ısı transferi değerı de 635 W elde edilmiştir.

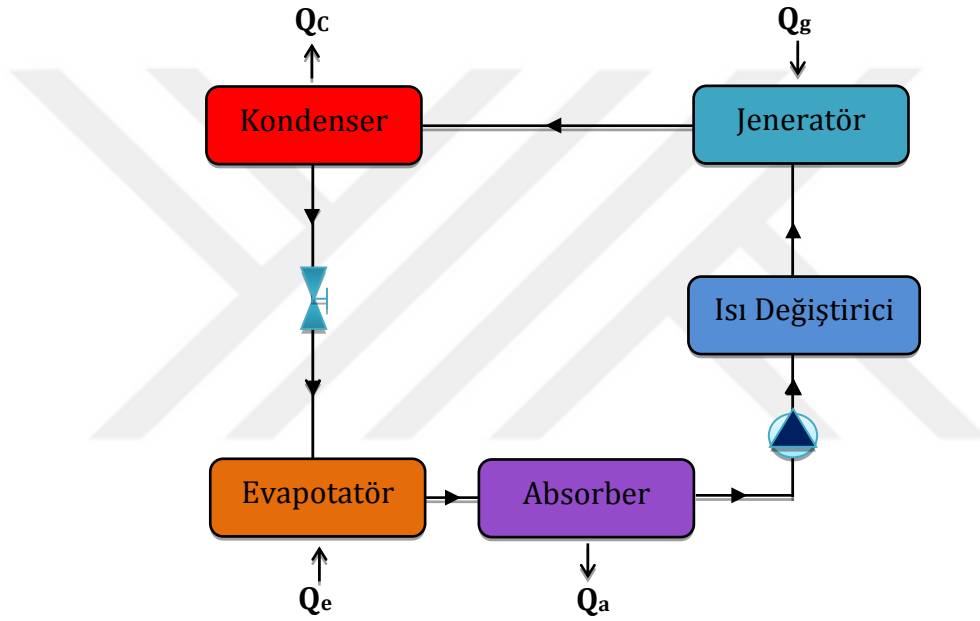
Ajay ve Sankar, (2015), çalışmalarında bir havalandırma sistemi için solar termal enerjisini kullanarak bir buhar absorpsiyon havalandırma sisteminde soğutucu akışkanın ısıtılması için elektrik generatörü yerine solar termal kollektör kullanmışlardır. Sistemin performans verim katsayısını bulmak için atmosfer sıcaklığı, kollektördeki sıvı sıcaklığı ve mahal sıcaklığı ölçülmüştür. Deney sonuçları kuru termometre sıcaklığının dış kuru termometre sıcaklığına kıyasla önemli ölçüde düştüğünü göstermektedir.

Mohadaseh.M, (2015), çalışmasında yerden ısıtma ve soğutma sistemi için ve sıcak su tüketimini karşılamak amacıyla güneş enerjisini kullanılmıştır. Güneş adsorpsiyon soğutma sisteminde, lityum bromür kullanılmıştır. Absorpsiyon sistemi, düz bir plaka toplayıcı ve bir depolama tankı veya doğrusal veya parabolik olarak ayrı simüle edilebilir. Sistem için bir ofis binasının çalışma saatleri arasında (07:00-18:00) soğutulması düşünülmüştür. Temmuz ayında yaklaşık 7 kW'lık pik yüklenmiştir.

3. ISITMA VE SOĞUTMA AMAÇLI BUHAR ABSORPSİYONLU SİSTEM

Buhar absorpsiyonlu sistemde, soğutma ve ısıtma için gerekli enerji kaynağı olarak güneş enerjisi, fosil yakıtlar, fabrikalar ve bölge ısıtma sistemlerinin atık ısısı kullanılmaktadır.

Basit bir buhar absorpsiyonlu sistemin yapısı Şekil 3.1'de şematik olarak gösterilmiştir. Buna göre sistem, birer adet absorber, pompa, jeneratör, kondenser, genişleme valfi ve evapotatör oluşur (Gemi.I. ve Gemi.M., 2010).



Şekil 3.1. Basit buhar absorpsiyonlu sistemi (Gemi.I. ve Gemi.M., 2010)

Absorpsiyonlu soğutma ve ısıtma işlemi, araçlarda gıda depolaması için sıklıkla kullanılmaktadır. Bu sistem, bir gaz türbininden veya su ısıtıcısından gelen atık ısıyı kullanarak binaların iklimlendirmesi amacıyla da kullanılabilir (Ahemd.S., 2013).

Soğutma çevriminde, gerekli soğutucu akışkan koşullarının sağlanabilmesi için, buhar absorpsiyonlu sistem, buhar sıkıştırma sistemindeki mekanik enerji yerine ısı enerjisini kullanmaktadır. Buhar absorpsiyonlu sistemde, kompresör yerine birer absorber, pompa ve jeneratör kullanılmaktadır. Şekil 3.2(a)'de ve

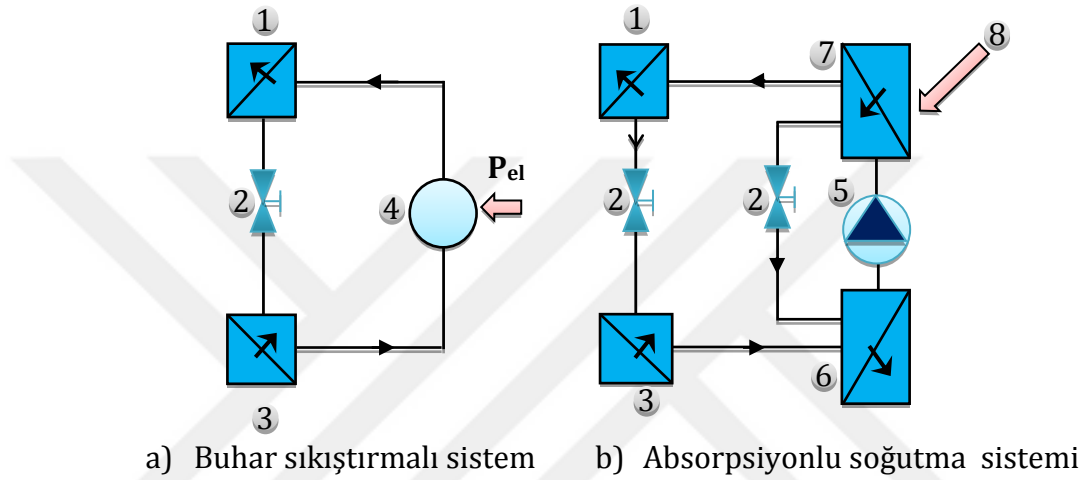
3.1. Buhar Sıkıştırılmalı Soğutma Sistemine Göre Buhar Absorpsiyonlu Sisteminin Avantajları

Buhar sıkıştırılmalı sisteme göre buhar absorpsiyonlu sisteminin avantajları aşağıda verilmiştir.

- Buhar absorpsiyonlu soğutma ve ısıtma sisteminde, sistemin tek hareketli kısmı pompadır. Bu nedenle, sistem daha az arızalanmaktadır. Aynı kapasitedeki buhar sıkıştırılmalı sistemde, kompresörün de hareketli olması nedeniyle sistemde daha fazla yıpranma, aşınma ve gürültü problemi ortaya çıkmaktadır.
- Buhar absorpsiyonlu soğutma ve ısıtma sisteminde, soğutucu akışkanın buharlaştırıcıdaki durumunu değiştirmek için ısı enerjisini kullanılmaktadır. Buhar sıkıştırılmalı sistemde ise soğutucu akışkanın buharlaştırıcıdaki durumunu değiştirmek için mekanik enerji kullanılmaktadır.
- Buhar absorpsiyonlu soğutma ve ısıtma sistemi genellikle yüksek basınçlı veya düşük basınçlı buhar kullanımına göre tasarlanmıştır. Atık ısı durumundaki egzoz gazları veya güneş enerjisi ısı kaynağı olarak kullanılabilir. Bu nedenle, bu sistem elektrik enerjisinin elde edilmesinin zor veya çok pahalı olduğu durumlarda kullanılmaktadır.
- Buhar absorpsiyonlu soğutma ve ısıtma sistemi, kısmi kapasite azalması ile birlikte generatöre gelen buhar basıncını arttırarak düşük buharlaştırıcı basınç ve sıcaklığında da çalışabilmektedir.
- Yük değişimi buhar absorpsiyonlu sistemin performansını etkilememektedir. Yük değişimleri, çevrimdeki su miktarı ve jeneratöre verilen buhar miktarı kontrol edilmek suretiyle sağlanmaktadır.
- Buhar absorpsiyonlu soğutma ve ısıtma sisteminde, buharlaştırıcıdan çıkan sıvı fazdaki soğutucu akışkanın sisteme olumsuz bir etkisi bulunmamaktadır. Buhar sıkıştırılmalı sistemde ise buharlaştırıcıdan çıkan soğutucu akışkanın aşırı ısıtılması gerekmektedir. Bunun amacı,

kompresöre sıvı girmesini önleyerek sistemin zarar görmemesini sağlamaktır.

- Buhar absorpsiyonlu soğutma ve ısıtma sistemi , tek kompresör için en büyük kapasite olan 1000*12000 BTU üzerindeki kapasitelerde inşa edilebilmektedir (Denny,J., 2015). Şekil 3.3'te buhar sıkıştırırmalı ve absorpsiyonlu soğutma çevriminin çalışma prensibi şematik olarak gösterilmiştir.

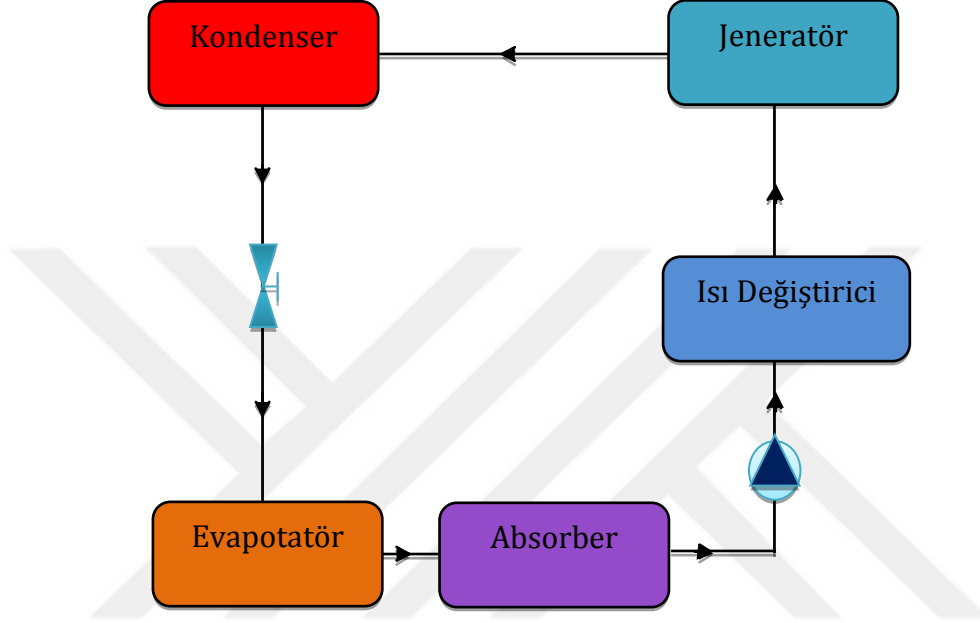


1: Kondenser, 2: Genleşme vanası, 3: Evaporatör, 4: Kompresör P_{el} , 5: Pompa P_{cp} , 6: Absorber, 7: Jeneratör, 8: Isı enerjisi.

Şekil 3.3. Buhar sıkıştırırmalı (solda) ve absorpsiyonlu soğutma çevrimi (sağda) şematik olarak gösterilmesi (Nusret.O., 2009)

3.2. Buhar Absorpsiyonlu Sisteminin Çalışma Prensibi ve Kullanılan Ekipmanlar

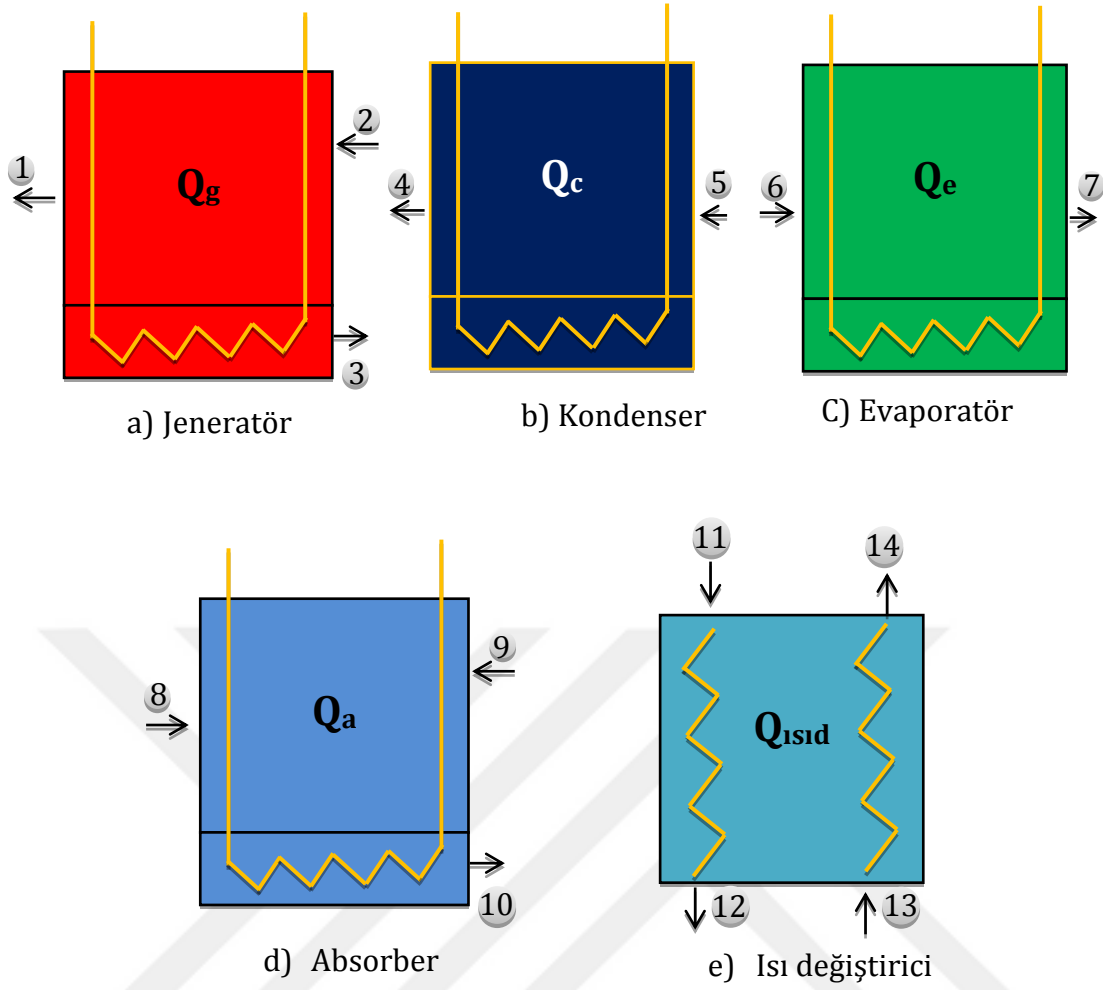
Bu bölümde Şekil 3.4'te gösterilen döngüye dayanılarak buhar absorpsiyonlu sistemi oluşturan ekipmanlardan bahsedilmiştir.



Şekil 3.4. Buhar absorpsiyonlu sistem

- **Jeneratör**

Jeneratör veya konsantratör bir buhar kazanı olarak görev yapmaktadır. Li-Br veya NH_3 çözeltileri, güneş kolektöründen veya depolama tankından elde edilen sıcak su ile ısıtılmaktadır. Burada gerekli ısı, buhar veya sıcak su, diğer kaynaklardan da alınabilmektedir. Zayıf Li-Br veya NH_3 çözeltisi, belli bir çalışma sıcaklığı ve basıncında Şekil 3.5(a)'da görüldüğü gibi kaynama noktasına getirilerek, elde edilen buhar doğrudan kondensere gönderilmektedir (Shaizal.S.A., 2006).



1: Yoğuşturucu, 2: Isı Değiştirici, 3: Yoğun Çözelti, 4: NH₃ –sıvı, 5: NH₃–buhar (Üreteçten), 6: NH₃–sıvı, 7: NH₃–buhar (Absorbere), 8: NH₃–buhar (Evaporatörden), 9: Isı değiştiriciden, 10: Pompaya, 11: Jeneratörden, 12: Absorbere, 13: Pompadan, 14: Jeneratöre.

Şekil 3.5. Buhar Absorpsiyonlu Soğutma ve Isıtma Sistemi Ekipmanlar (Engin.D.Y., 2010)

- **Kondenser**

Soğutucu akışkanın bulunduğu sisteminin bir parçası olan kondenser, 32 cm uzunluğunda, 1,4 cm çapında 9 çift çelik borudan oluşmaktadır. Şekil 3.5(b)'de gösterildiği gibi, kondenserde, jeneratörden gelen buhar, yüksek basınçta yoğuşturulmaktadır. Isının, yüksek sıcaklıklı bölgeden düşük sıcaklıklı bölgeye doru akması nedeniyle buhar, jeneratörden kondensere doğru akmaktadır. Burada kondenser, içinde soğuk suyun aktığı bir boru demetinden oluşmaktadır (Shaizal.S.A., 2006).

- **Evaporatör**

Şekil 3.5(c)'de verildiği gibi, absorpsiyonlu soğutma sisteminin düşük basınç tarafını oluşturan evaporatörün fonksiyonu, soğutucu sıvıdan buhar üretmektir. Bu soğutucu akışkan, soğutma çevriminin absorbe kısmı olarak işlev gören absorbere akmaktadır.

Kondenserden sıvı fazda gelen akışkan, evaporatör borularında gerçekleşen ısı transferi nedeniyle düşük sıcaklıkta buhara fazına dönüşüncüye kadar evaporatör içerisinde dolaşmaktadır.

Evaporatörde soğutucu akışkana transfer olan bu ısı, suyun buharlaşma gizli ısıdır. Diğer yandan, evaporatördeki basınç, kondenser ve jeneratördeki basınçtan yaklaşık 10 kat daha küçüktür. Kondenser ve evaporatör arasında, kondenserin yüksek basınç tarafındaki basınç farkından dolayı soğutma akışkanı ölçme ağzı boyunca akışkan aşağı doğru akışa zorlanmaktadır. Bu durum, sıvı fazdaki soğutucu akışkanın, kondenser tarafındaki ölçme ağzı boyunca görünüp hızla kaybolmasına ve ayrıca sıcaklığının azalmasına neden olmaktadır. İşlem, soğutucu akışkanın buharlaşma basıncı ve doyma sıcaklığına ulaşınca kadar devam etmektedir (Shaizal.S.A., 2006).

- **Absorber**

Absorber, soğutucu akışkan içeren 12,5 cm uzunluğunda ve çapı 5,8 cm olan çelik malzemedен imal edilmiş bir borudur. Absorber 2 adet giriş içermektedir. Bu girişlerden birincisi buharlaştırıcıya bağlanırken, değeri eşanjöre bağlantı için kullanılmaktadır. Şekil 3.5(d)'de gösterildiği gibi, absorber, buhar absorpsiyonlu soğutma ve ısıtma sisteminin en düşük basınç tarafını oluşturmaktadır. Görevi, evaporatörden gelen amonyağın, jeneratöre geri gönderilmek üzere absorbe edilmesidir. Evaporatörde meydana gelen buharlaşma, soğutucu akışkanın absorbere akmasına neden olmaktadır. Soğutucu, düşük konsantrasyonlu tuz çözeltisi ile emilmektedir. Bu süreçte, Li-Br-H₂O veya NH₃-H₂O çözeltisi seyreltilmektedir. Çalışma akışkanı absorberde

soğutma suyu tarafından absorbe edilerek sıvı fazdaki su ile çözelti oluşumu sağlanmaktadır (Shaizal.S.A., 2006).

- **Isı değiştiricisi**

şekil 3.5(e)'de verildiği gibi, ısı değiştiriciler, kollektore dđnen sıcak ve konsantre çözelti ile jeneratđre pompalanan soğuk ve seyreltik çözelti arasında ısı alış verişi için kullanılmaktadır. Isı değiştiricileri, seyreltik çözeltinin sıcaklığını kaynama noktasına yükseltmek için jeneratörde gerekli olan ısı enerjisini azaltmak amacıyla kullanılmaktadır. Isı değiştiricileri aynı zamanda absorberdeki soğutma yükünü de azaltmaktadır (Shaizal.S.A., 2006).

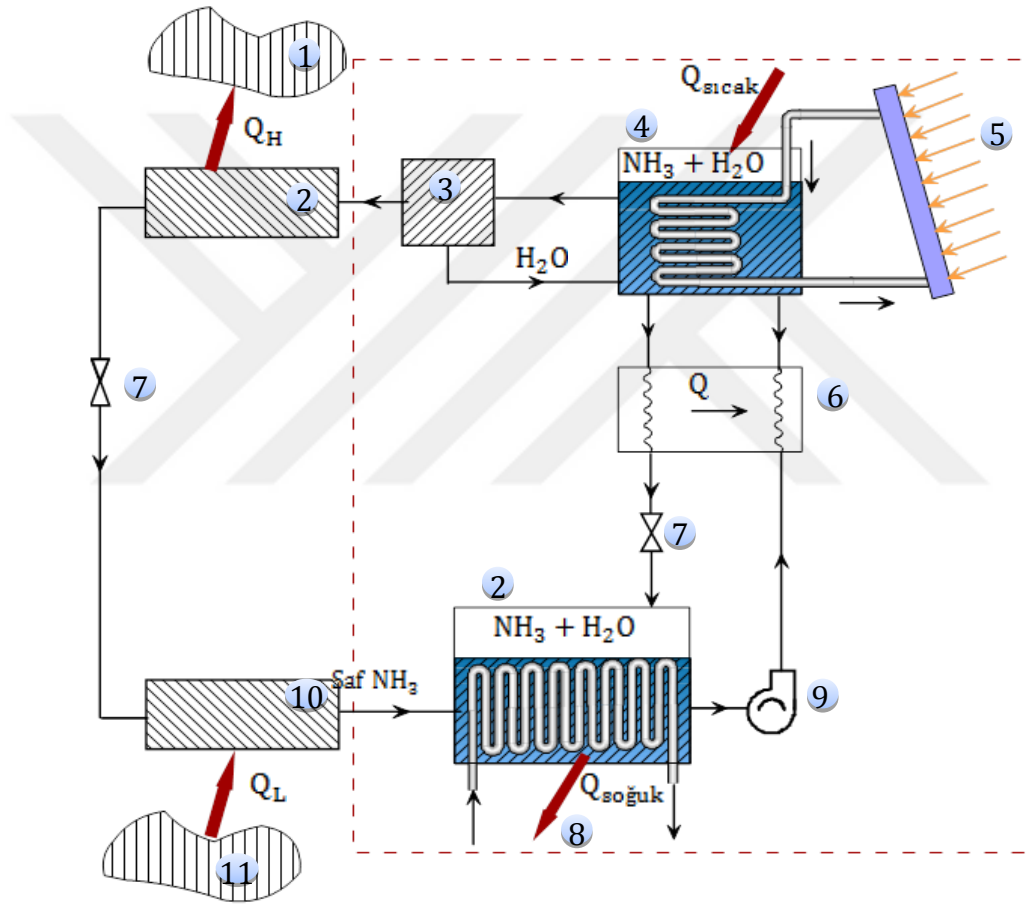
3.3. Buhar Absorpsiyonlu Sistemin Çeşitleri

Sunulan bu tez çalışmasında, $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ absorpsiyonlu soğutma sistemi ve $\text{Li-Br-H}_2\text{O}$ absorpsiyonlu soğutma sistemi teorik olarak araştırılırken, $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ absorpsiyonlu soğutma sistemi deneysel olarak da incelenmiştir.

3.3.1. $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ Buharı Absorpsiyonlu Soğutma Sistemi

Bu sistemde, evaporatörden gelen düşük basınçlı NH_3 buharı, absorbere girerek, soğuk su ile çözelti oluşturmaktadır. Bu proste su, büyük oranda amonyak buharını absorbe etmektedir. Bu şekilde oluşan çözelti sulu- NH_3 olarak tanımlanmaktadır. Suda NH_3 buharının absorbe edilmesi, absorber içindeki basıncı düşürmekte ve bunun sonucu olarak evaporatörden daha fazla NH_3 buharı çekilerek, çözelti sıcaklığı artmaktadır. Absorberde çıkan çözeltilen açığa ısısının çekilmesi için soğutucu akışkan olarak genellikle su kullanılmaktadır. Yüksek sıcaklıklarda, suyun NH_3 buharını absorbe etme yeteneği azaldığı için ilave soğutma suyuna gerek duyulmaktadır. Bu şekilde absorberde oluşan güçlü çözelti, pompa ile jeneratđre beslenmektedir. Jeneratördeki yüksek konsantrasyonlu NH_3 çözeltisi, bir ısı kaynağı tarafından (güneş enerjisi) ısıtılmaktadır. şekil 3.6'de $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ karışımına ait absorpsiyonlu soğutma çevriminin çalışma prensibi şematik olarak gösterilmiştir.

Absorpsiyonlu sistemle ısıtma işlemi sırasında, amonyak buharı, jeneratördeki sıcak NH_3 çözeltisinde çözünerek yüksek basınçtaki çözeltiden ayrılmaktadır. Geriye düşük konsantrasyonlu çözelti kalmaktadır. Bu çözelti, kısma vanasından geçirilerek düşük basınçta absorbere geri gönderilmektedir. Jeneratörden çıkan yüksek basınçtaki NH_3 buharı yoğuşturucuda sıvı faza dönüştürülmektedir. Sıvı fazdaki NH_3 , kısılma vanasına ve daha sonra buharlaştırıcıya iletilmektedir. Basit bir $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ karışımı absorpsiyonlu soğutma sistemine ait döngüsü bu şekilde tamamlanmaktadır (Denny,J., 2015).



1: Ilık ortam, 2: Kondenser, 3:Ayırıcı, 4: ısıtıcı, 5:Güneş enerjisi, 6: Isı değıştirici, 7: Kısılma vanası, 8: Soğutma suyu, 9: Pompa, 10: Evaporatör, 11: Soğutulan ortam.

Şekil 3.6. $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ absorpsiyonlu soğutma sisteminin şematik resmi

3.3.2. Li-Br-H₂O Absorbsiyonlu Soğutma Sistemi

Li-Br absorpsiyonlu soğutma sisteminde, Li-Br-H₂O çözeltisi kullanılmaktadır. Li-Br çözeltisi, buhar basıncının çok düşük olması nedeniyle su buharı ile çok iyi çözelti oluşturmaktadır. Bu sistem, düşük soğutma sıcaklığındaki iklimlendirme uygulamaları için tercih edilmektedir. Bu sistemde absorber ve buharlaştırıcı, aynı düşük basınçta çalışan bir gövde içerisinde bulunmaktadır. Jeneratör ve kondanserde, aynı yüksek basınçta çalışan bir başka gövde içerisinde yer almaktadır (Denny.J. 2015). Buharlaştırıcı içindeki basınç, suyun o sıcaklıktaki buharlaşma basıncından düşük olduğu için su buharlaşmaktadır. Bu şekilde oluşan su buharı, absorbere püskürtülen güçlü LiBr çözeltisi tarafından absorbe edilmektedir. Su buharı emilirken, Li-Br çözeltisi, buharlaştırıcıda ihtiyaç duyulan düşük basıncın (vakum) korunmasına yardımcı olmakta, çözelti bir pompa ile jeneratöre beslenmektedir. Çözelti burada bulunan ısıtma rezistansı içerisindeki sıcak su veya buharın ısısı kullanılarak ısıtılmaktadır. Suyun bir kısmı elde edilen bu ısı ile buharlaştırılırken, çözelti daha yüksek konsantrasyonlu hale gelmektedir. Bu çözelti, ısı değiştiricisinden geçirildikten sonra absorbere püskürtülmektedir. Absorberden çıkan düşük konsantrasyonlu LiBr çözeltisi ısı eşanjöründen geçirilerek jeneratöre gönderilmektedir. Bu çözelti, ısı eşanjöründeki yüksek konsantrasyonlu çözülden ısı çekerek jeneratörde gerekli buhar miktarının azaltılmasına katkı sağlanmaktadır (Mohd A. Et al., 2014).

Çözeltinin ısıtılması onucunda jeneratörde oluşan soğutucu akışkan-su buharı kondensere beslenerek burada yoğuşturucudan geçen soğutma suyu ile yoğuşturulmaktadır. Yoğuşturma için gereken soğutma suyu, soğutma suyu için oluşturulan havuzlardan veya soğutma kulesinden temin edilmektedir. Bu soğutma suyu öncelikle absorbere girmekte, burada yoğuşma ve seyreltme ısısını çekmektedir. Kondensere gelen su buharı yoğuşturulduktan sonra kısılma vanası üzerinden evaporatöre gönderilmektedir. Kısılma vanası, su buharı basıncını buharlaşma basıncına indirmektedir. Kondenserde soğutulan

3.4. Güneş Enerjisi Kaynaklı Absorpsiyonlu Soğutma Sistemi için Akışkan Çifti Seçimi

3.4.1. Li-Br-H₂O Çözeltisi ve Avantajları

Nasir,I et al, 2017, havalandırma sistemi için absorpsiyonlu ısıtma ve soğutma sisteminin performans katsayısı (COP) değerinin değişimini farklı akışkanlar kullanarak incelemişlerdir. Yapılan araştırmalara göre, absorpsiyonlu ısıtma ve soğutma sistemleri için Li-Br-H₂O ve NH₃-H₂O karışımlarının, en yaygın olarak kullanılan akışkan çiftleri olduğu ifade edilmektedir. Li-Br-H₂O çiftinin diğer çalışma akışkanı çiftlerinden daha yüksek performans katsayısına sahip olduğu gözlemlenmiştir (Mittal.V. ve Kasana.K.S., 2005). Li-Br-H₂O çözeltisinin absorber içine gönderilmesi sırasında kristalleşmenin başlaması ve cihaz boyunca çözelti akışının durması nedeniyle kısıtlı bir kullanım oranına sahip olmasına rağmen, düşük maliyetli ve yüksek performanslı olması nedeniyle, güneş enerjisi kaynaklı soğutma sistemi için akışkan çifti olarak Li-Br-H₂O çözeltisi, avantajlı bir alternatif olarak değerlendirilmektedir (Mittal.V. ve Kasana.K.S., 2005)

3.4.2. NH₃-H₂O Çözeltisi ve Avantajları

NH₃-H₂O çözeltili absorpsiyonlu ısıtma ve soğutma sistemlerinin avantajları aşağıda verilmiştir. Buna göre;

- Birçok endüstriyel soğutma sistemi amonyak soğutucu kullanır. Soğutma için NH₃'a yönelik soğutma uygulamaları yeni değildir. Geçmiş 19. yüzyıla kadar uzanmaktadır. Bununla birlikte, soğutma amaçlı büyük ticari ve endüstriyel uygulamalarda NH₃ hala önemli bir araç olmaya devam etmektedir.
- NH₃ soğutma kapasitesi diğer soğutuculardan daha büyüktür. Diğer bir deyişle, işin yapılması için hidrokarbon soğutucu akışkanlardan daha az amonyak gerektirmektedir. Bu nedenle sistemin çok sıkı çalışması

gerekmez. Yüksek kapasiteli uygulamalarda, kullanabilecek en verimli soğutuculardan biridir.

- NH_3 soğutma için çok verimli olduğu için, endüstriyel soğutma uygulamalarında çok daha fazla enerji tasarrufu sağlayabilmektedir. Tasarruf bazı durumlarda % 15 veya daha fazla olabilmektedir. soğutucu olarak NH_3 'ın kullanımı kolay ve ucuzdur. Bu da soğutma maliyetine olumlu yönde katkıda sağlamaktadır.
- NH_3 etrafa gaz salınımı yapmasına rağmen, bu gaz çevreye zararlı değildir. NH_3 havadan daha hafiftir olduğu için atmosfere salındığı zaman hızla yükselir. NH_3 kısa bir süre içinde ayrışır ve azot salgılanır. Bazı soğutucuların aksine, NH_3 ozon tabakasına zarar vermez.
- Renksiz, boğucu, keskin ve nüfuz edebilen kokusu nedeniyle bir sistemde NH_3 sızıntısı olduğunda, bunu fark etmek kolaydır. Bu durumda ortam yeterli şekilde havalandırılmalıdır. Farklı soğutucu akışkanlar ile karşılaştırıldığında, amonyağın 2,5 kat daha fazla sızıntı eğiliminde olduğunu gözlemlenmiştir (Smai, L. vd., 2015). NH_3 , belirli koşullar haricinde, patlama açısından nispeten daha güvenlidir. Ancak NH_3 kullanımı, eğitim ve güvenlik önlemleri gerektirir. Her zaman güvenilir endüstriyel soğutma hizmetlerinde kullanılmalıdır.
- NH_3 , soğutucu akışkan olarak kullanıldığında, sıvılaştırmak için sıkıştırılmaktadır. NH_3 bileşiklerinin aksine, hem gaz hem de sıvı fazdaki saf amonyak, insan sağlığı açısından tehlikeli bir maddedir. Saf amonyak ile çalışılırken önlemler alınmadığı takdirde, ciddi yaralanma veya ölümlerle sonuçlanan durumlar meydana gelebilmektedir.

3.4.3. $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ Çözeltisinin Dezavantajları

$\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ çözelti absorpsiyonlu ısıtma ve soğutma sistemlerinin dezavantajları aşağıda verilmiştir. Buna göre;

- $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ sisteminin performans katsayısı Li-Br- H_2O sisteminden daha düşüktür. Genellikle, güneş enerjisinden yararlanma oranı, $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ çözelti sistemde, Li-Br- H_2O çözelti sistemden % 10-15 daha düşüktür.

- NH₃-H₂O çözeltilisi daha yüksek jeneratör giriş sıcaklığı gerektirmektedir. Li-Br-H₂O çözeltili sistemde 70-88 °C arasında bir jeneratör giriş sıcaklığına gereksinim duyulurken, NH₃-H₂O çözeltili sistemde 90-180 °C arasında değişen bir jeneratör giriş sıcaklığına ihtiyaç duymaktadır. Bu durum NH₃-H₂O çözeltili sistemin performans katsayısının daha düşük olmasına neden olmaktadır.
- NH₃-H₂O çözeltili sistemin daha yüksek basınçta çalışması nedeniyle daha yüksek pompalama gücüne gereksinim duyulmaktadır.
- NH₃-H₂O çözeltili sistemde, jeneratör çıkışında amonyak ve su buharını ayırmak için ilave olarak bir ayırıcıya ihtiyaç duyulması sistemin daha karmaşık hale gelmesine neden olmaktadır. (V.Mittal, vd., 2005).

3.5. Güneş Enerjisinin Isıtma ve Soğutma Amacıyla Isı Kaynağı Olarak Kullanılması

Güneş, temiz bir enerji kaynağıdır. Soğutma makineleri için, özellikle elektrik enerjisinin mevcut olmadığı durumlarda, ısı kaynağı olarak elektrik, yağ veya gaz kullanılması yerine, güneş enerjisinin kullanılması cazip bir alternatif olarak gözükmektedir. Güneş enerjisinden ısı elde etmek daha kolaydır. Bu ısı, sabit açılı veya odaklayıcı araçlar vasıtasıyla depo edilebilmektedir (Yasser.D., 2012).

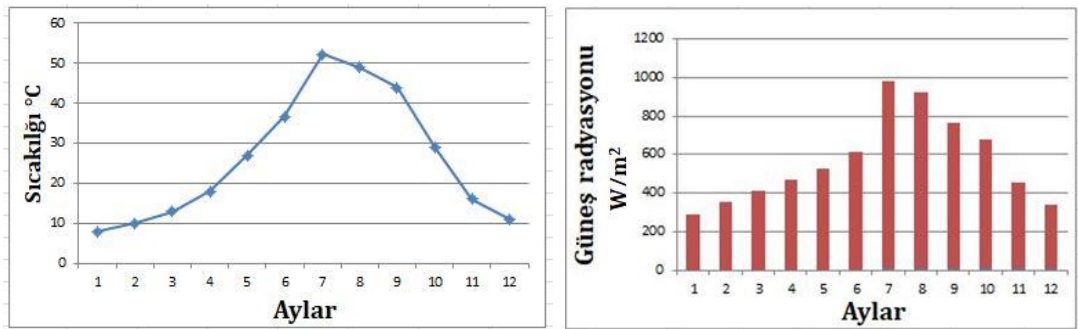
Güneş enerjisi termal radyasyon olayına dayanmaktadır. Termal radyasyon, yüksek sıcaklıktaki bir kaynaktan yayılan elektromanyetik ışımaya veya radyasyon olarak tanımlanmaktadır.

Güneş ışınımı veya solar radyasyon, belirli bir dalga boyunda, gerçekleşen ışınımlardır. Bu radyasyonun yoğunluğu, atmosferik duruma, zaman ve güneş ışınlarının Dünya yüzeyine geliş açısına bağlı olarak değişmektedir. Atmosferin dış yüzeyine güneşten gelen ortalama ışımaya şiddetinin 1370 W/m² olduğu ifade edilmektedir. Bu değer, güneş sabiti olarak adlandırılmaktadır. Deneysel verilere bağlı olarak bu değer değişiklik gösterebilir (Ursula.E., 2001).

Bu ışınlar, atmosferdeki karbondioksit ve su buharı tarafından güçlü bir şekilde absorbe edildiğinden, güneş tarafından yayılan ve güneş sabiti olarak ifade edilen bu enerjinin tamamı Dünya yüzeyine erişemez. Dünya yüzeyine ulaşabilen güneş radyasyonu toz ve diğer kirletici maddelerin atmosferdeki durumuna bağlı olarak değişmektedir. Güneş ışınları herhangi bir yüzeye dik olarak ulaştığında ışınım şiddeti de maksimum değere ulaşmaktadır. Bunun nedeni olarak;

- Işınların ulaştığı yüzey alanı büyüdüğü için gelen güneş ışın şiddeti de büyür
- Güneş ışınları, atmosfer boyunca daha küçük bir mesafe kat ettiği için belli eğimli bir açıyla gelen ışınlar göre daha az absorbe edilmektedir (Benka.S.G ve Holman.G.D., 1992).

Güneş enerjisi kaynaklı soğutma uygulaması için, rakımı 40 m, koordinatları kuzey enlem $30^{\circ} 20' 38''$ ve doğu enlem $44^{\circ} 23' 38''$ olan Bağdat/İrak şehri dikkate alınmıştır. Şekil 3.8'da, Bağdat'ta sırasıyla bir yıl boyunca aylık ortalama sıcaklık ve yatay yüzeye gelen güneş radyasyonu miktarları verilmiştir. Buna göre, Temmuz ayında, Bağdat'ta aylık ortalama sıcaklık $52,5^{\circ}\text{C}$, güneş radyasyonu ise 970 W/m^2 ile maksimum değere ulaşmaktadır (Tadros.M.T.Y. vd., 2014).



(a) Sıcaklık

(b) Güneş radyasyonu

Şekil 3.8. Bağdat'ta aylık ortalama sıcaklık ve yatay yüzeye gelen güneş radyasyonu dağılımı (Tadros.M.T.Y. vd., 2014)

Solar soğutma olarak da bilinen güneş enerjisiyle soğutma, konvansiyonel güç sistemini besleyen bir elektrik kaynağının olmadığı durumlarda, dünyanın çeşitli bölgelerinde, güneş enerjisinden yararlanma uygulamasıdır. Güneş soğutmanın en yaygın kullanım alanlarından biri, buz üretimidir. Bunun gerekçesi olarak, buzun içerisinde çok fazla gizli ısı depolanması gösterilmektedir. Güneş enerjisini kullanarak buz üretiminde verimli olabilecek uygulama, basit çalışma sistemli ve düşük enerjiyi kullanan katı_absorpsiyonlu soğutma yönteminin olduğu vurgulanmaktadır (Ursula.E., 2001).

Güneş enerjisi kaynaklı soğutma uygulamasında, güneş kolektörü, güneş enerjisini ısı kaynağı olarak kullanan özel bir ısı değiştiricidir. Bir güneş kolektörü, kullanım amacına göre hem ısıtma sistemleri hem de soğutma sistemlerinde kullanılabilir. Isıtma sistemlerinde, güneş kolektörleri güneş ışınlarının enerjisini alarak ısı kaynağının oluşmasını sağlamaktadır. Soğutma sistemlerinde, yüksek sıcaklığa sahip ortamdan soğutucular vasıtasıyla ısı çekilerek soğutma yapılmaktadır.

Güneş enerjisi ile çalışan bir soğutma sistemi, güneş enerjisi ünitesi ve soğutma ünitesi olmak üzere iki ana bileşenden oluşmaktadır. Güneş soğutma sistemi, büyük oranda kolektörlerle toplanan güneş enerjisi miktarına bağlıdır. Aşağıda geniş bir kullanım alanına sahip olan güneş kolektör tipleri verilmiştir (Dr.Ir.R.Versluy., 2011).

Düzlemsel kolektörler piyasada özellikle sıcak su üretiminde en çok kullanılan kolektörlerdir. Şekil 3.9(a)'da düzlemsel kolektörler gösterilmiştir (Dr.Ir.R.Versluy., 2011). Düzlemsel kolektörler basit bir destek yapısı üzerine veya eğimli bir çatıya yerleştirilebilmektedir. Güneş kolektörlerinde güneş enerjisini absorbe edici tüplerin kullanımı kolektör performansını arttırmaktadır. Piyasada farklı üretim ve imalat teknolojileri mevcuttur. Uzun ömürlü ağırlıkça hafif olan bu kolektörlerin verimleri daha iyidir. Ayrıca bu kolektör yapıları düşük sıcaklıklarda zarar görmeyen ve korozyona dayanıklı sistemlerdir.



Şekil 3.9. Düzlemsel ve Vakum tüplü Kollektörler (Dr.Ir.R.Versluy., 2011)

Düzlemsel kolektörler doğrudan ve saçılımlı güneş radyasyonunu absorbe etmek için siyah renkli bir yüzeye sahiptir. Plakadan ısı kaybını azaltmak için şeffaf kaplama ve arka kısmına yalıtım uygulaması yapılmaktadır. Absorbe edilen güneş enerjisi sıcak su veya sıcak hava elde etmek için kullanılmaktadır. Düzlemsel kolektörler genellikle sabit açıda kullanım için uygundur. Bu kolektörlerin iki tipi vardır. Bunlar, hava sistemli ve su sistemli kolektörlerdir (Kalogirou.S.A., 2014).

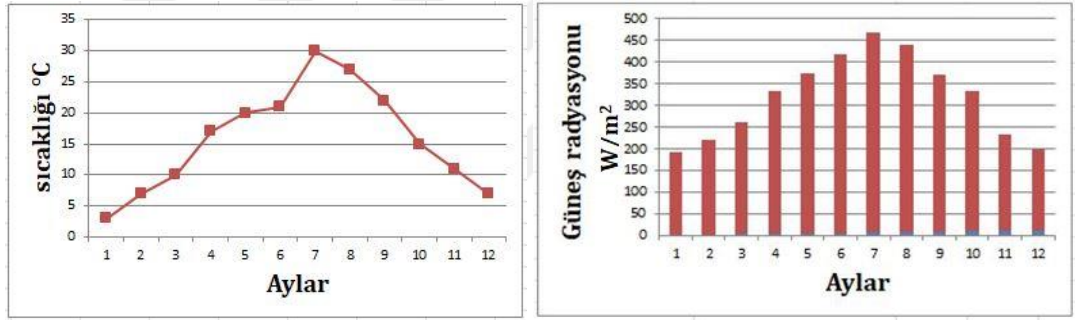
Şekil 9(b)'de verildiği gibi, vakum tüplü kolektörler genellikle absorber ünitesi içerisine bir başlık borusuyla bağlanan paralel saydam ve vakumlanmış cam tüp sıralarından oluşmaktadır. Bu sistem soğutma veya endüstriyel uygulamalar için daha uygundur. Boruların sıcak tarafındaki ve güneşten gelen ısı enerjisi, evsel sıcak su elde etmek veya ortamı ısıtmak için kullanılmaktadır.

Farklı geometrik yapılarının yanında kolektörlerde her zaman sıcak akışkan bulunması, ayrıca absorber borusunda akışkanı sirküle için belli bir eğim açısı gerektiği göz önünde bulundurulmalıdır. Her bir boru, iki cam tüpten oluşur. Dış boru son derece mukavemetli ve şeffaf camdan yapılmıştır. İç boru normal camdan yapılmış olup, çok iyi güneş ısı emilimi ve minimum ısı yansıtma

özelliğindedir. Isı yalıtım özellikleri yüksek olan özel bir kaplama ile kaplandıklarında sıcaklıkları 170-350 °C arasında olabilmektedir.

Bu kolektörlerin dezavantajı ise oldukça pahalı olmalarıdır (Kalogirou.S.A., 2014).

Güneş enerjisi kaynaklı ısıtma uygulaması için ise, rakımı 997 m, koordinatları kuzey enlem 37° 45' 0" ve doğu boylam 30° 33' 0" olan Isparta/Türkiye şehri dikkate alınmıştır. Şekil 3.10'de, bir yıl boyunca Isparta'daki aylık ortalama sıcaklık ve güneş radyasyonunu dağılımı verilmiştir. Buna göre, Temmuz ayında Isparta'da aylık ortalama sıcaklık 30 °C, güneş radyasyonu ise 459 W/m² ile maksimum değerlere ulaşmaktadır (Betül.B.E., 2015).



(a) Sıcaklık

(b) Güneş radyasyonu

Şekil 3.10. Isparta'da aylık ortalama sıcaklık ve yatay yüzeye gelen güneş radyasyonu dağılımı (Betül.B.E., 2015)

3.6. Güneş Enerjisi Kaynaklı Absorpsiyonlu Soğutma ve Isıtma Sisteminin Avantajları

Güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu soğutma ve ısıtma sisteminin avantajları aşağıdaki gibidir.

- Güneş enerjisi kullanılarak enerji tasarrufu sağlanmaktadır.
- H₂O, metanol ve CO₂ gibi çevre dostu, doğal soğutucular kullanılmaktadır.

- Bakım maliyeti düşüktür. .
- Kurulum ve imalat kolaydır (Kalogirou.S.A., 2014).

Güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu sistemle daha iyi sonuçlar elde edebilmek için tasarım aşamasında gerekli ayarlamaların yapılması gerekmektedir. Sistem sıcak ve soğuk bölgelerde kullanılabilir. Bu çalışmada soğutma için Bağdat/İrak, ısıtma için ise Isparta/Türkiye seçilmiştir.

Sistemin hem soğutma hem de ısıtma amacıyla kullanılmasını sağlamak amacıyla, sistem üzerinde tekrarlanan tasarımlar ve ön deneyler yapılarak sadelik, uzun kullanım ömürlü müşteri beklentilerini karşılayacak en uygun sistemin oluşturulması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, hem malzeme kullanımında artış hem de zaman bakımında gecikmeler yaşanmıştır. Verimliliğinin artırılması amacıyla, sistemi üzerinde ilave yalıtım uygulaması için sistem revizyonu yapılmıştır. Soğutma uygulaması için ilk deney Irak'ta yapılmış, ısıtma uygulaması için ise deney Türkiye'de yapılmıştır.

3.7. Güneş Enerjisinin Isıtma ve Soğutma Amaçlı Kullanılmasına Yönelik Hesaplamalar

Güneşten elde edilen ve jeneratörde absorbe edilen ısı bir tanktaki suya transfer edilmektedir. Güneş enerjisi ile ısıtma ve soğutma uygulamalarında, jeneratörü oluşturan sıcak su tankı ve güneş kolektörü için gerekli kolektör yüzeyi A_s (m^2), Denklem 3.1'de verilen bağıntıdan hesaplanmaktadır.

$$A_s = N_{tb} L_s D_s \quad (3.1)$$

Burada N_{tb} , kolektördeki tüp sayısını, $L_s = 1.8$ mm, kullanılan tüpün uzunluğunu $D_s = 0.058$ m olarak alınmıştır. Bu bağıntıdan elde edilen A_s değeri kullanılarak, güneşten kolektöre aktarılan ısı miktarı Q_s (W) Denklem 3.2' de verilen eşitlikten hesaplanmaktadır.

$$Q_s = A_s I_s \quad (3.2)$$

Burada, I_s güneş radyasyonu yoğunluğunu (W/m^2) ifade etmektedir. Diğer yandan, jeneratör sıcaklığı T_g ($^{\circ}C$), kolektöre giren suyun sıcaklığı T_{wgi} ($^{\circ}C$), kolektörden çıkan suyun sıcaklığı T_{wgo} $^{\circ}C$ 'ye bağlı olarak Denklem 3.3'de verilen eşitlikten hesaplanmaktadır.

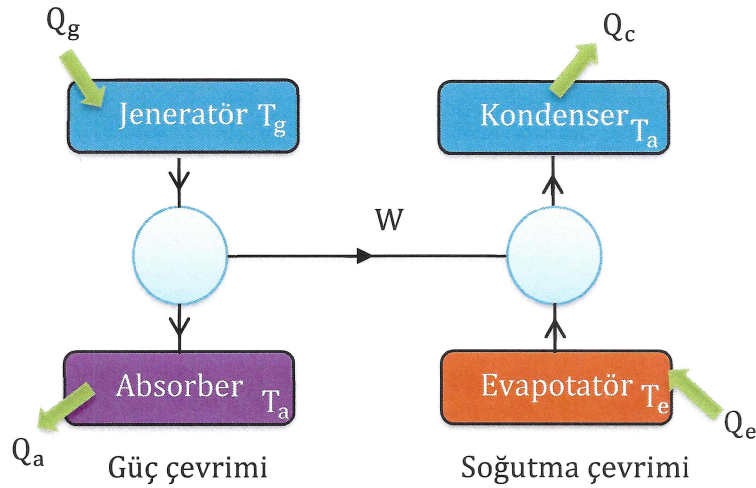
$$T_g = \frac{T_{wgo} + T_{wgi}}{2} \quad (3.3)$$

Güneşten suya aktarılan ısı enerjisinin miktarı Q_{sw} (W) Denklem 3.4'de verilen bağıntıdan hesaplanmaktadır.

$$Q_{sw} = \dot{m}_w \cdot c_{pw} (T_{wgo} - T_{wgi}) 1000 \quad (3.4)$$

Denklem 3.4'de \dot{m}_w (kg/s), kolektörde dolaşan suyun kütleli debisini c_{pw} (kJ/kg K), ise özgül ısıyı ifade etmektedir. Güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu soğutma uygulamasına ait sistemin soğutma performans katsayısı, COP_{absc} , aşağıda verilen eşitlikle tanımlanmaktadır.

$$COP_{absc} = \frac{\text{Soğutma Oranı}}{\text{İş Girişi}} = \frac{\text{Evaporatörün Isı Yüğü}}{\text{Jeneratörün Isı Yüğü}} = \frac{Q_e}{W_{net,g}}$$



Şekil 3.11. Isı kaynaklı güç üretimi ve soğutma çevrimi uygulamasının şematik resmi

Buna göre; güç çevrimi için,

$$\frac{q_g}{W} = \frac{T_g}{T_g - T_a} \quad (3.5)$$

soğutma için ise;

$$\frac{q_e}{W} = \frac{T_e}{T_a - T_e} \quad (3.6)$$

bağıntıları kullanılarak, sistemin COP değeri,

$$COP = \frac{q_e}{q_g} = \frac{w T_e}{T_a - T_e} \cdot \frac{T_g - T_a}{W T_g} \quad (3.7)$$

$$COP = \frac{T_e}{(T_a - T_e)} \cdot \frac{(T_g - T_a)}{T_g} \quad (3.8)$$

$$COP = \left(\frac{T_g}{T_g} - \frac{T_a}{T_g} \right) \cdot \left(\frac{T_e}{(T_a - T_e)} \right) \quad (3.9)$$

Güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu soğutma ve ısıtma uygulamasına ait sistemin performans katsayıları COP sırasıyla, denklem 3.10 ve 3.11'de verilen eşitliklerden hesaplanmaktadır.

$$COP_c = \left(1 - \frac{T_a}{T_g} \right) \cdot \left(\frac{T_e}{(T_a - T_e)} \right) \quad (3.10)$$

$$COP_h = \left(1 - \frac{T_a}{T_g} \right) \cdot \left(\frac{T_e}{(T_e - T_a)} \right) \quad (3.11)$$

Burada T_a dış ortam ve T_e evaporatör sıcaklığını ($^{\circ}C$) ifade etmektedir. Güneş enerjisi kaynaklı soğutma ve ısıtma sisteminde evaporator ısısı Q_e Denklem 3.12 ve 3.13'de verilen bağıntıdan hesaplanmaktadır.

$$Q_{ec} = COP_c \cdot Q_{sw} \quad (3.12)$$

$$Q_{eh} = COP_h \cdot Q_{sw} \quad (3.13)$$

Benzer şekilde, Denklem 3.14'de verilen eşitlikten A_d alanı (m^2) hesaplanmaktadır.

$$A_d = L s \quad (3.14)$$

Burada, $L=0.022$ m kanal uzunluğunu, $s=0.027$ m kanal genişliğini göstermektedir. Denklem 3.15'de \dot{m}_a hava debisi (kg/s) hesaplanmıştır.

$$\dot{m}_a = u_a \rho_a A_d \quad (3.15)$$

Burada u_a hava hızını ρ_a ise yoğunluğunu (kg/m^3) göstermektedir. Soğutma ısı yükü Q_{ac} ve ısıtma ısı yükü Q_{ah} sırasıyla Denklem 3.16 ve Denklem 3.17'den hesaplanmıştır.

$$Q_{ac} = \dot{m}_a \cdot c_{pa} (T_{aie} - T_{aoe}) \quad (3.16)$$

$$Q_{ah} = \dot{m}_a \cdot c_{pa} (T_{aie} - T_{aoe}) \quad (3.17)$$

Burada, c_{pa} havanın özgül ısısı, T_{aie} evaporatör giriş sıcaklığını, T_{aoe} evaporatör çıkış sıcaklığını.

Radyatör ısı Q_R Denklem 3.18'den hesaplanmıştır.

$$Q_R = \dot{m}_a \cdot c_{pa} (T_{ir} - T_{or}) \quad (3.18)$$

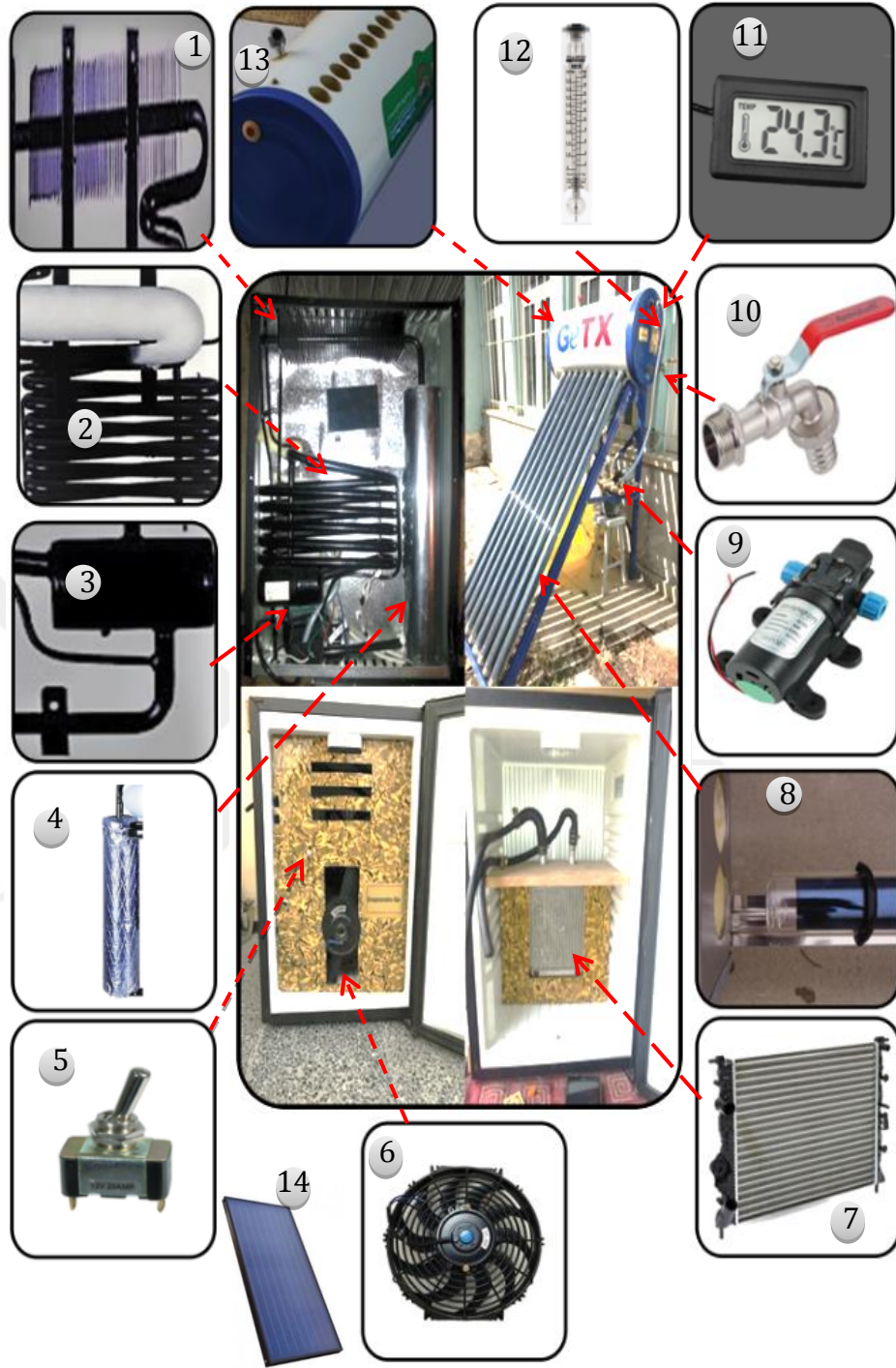
T_{ir} radyatör giriş sıcaklığını, T_{or} radyatör çıkış sıcaklığını (Stoecker, W.F., ve Jones, J.W., 1982) ifade etmektedir.

4. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde, güneş enerjisi ile ısıtma ve soğutma sisteminin tasarımı ve sistem performansının sayısal ve deneysel olarak araştırılması değerlendirilmiştir. Sunulan bu çalışma kapsamında, absorpsiyonlu soğutma ve ısıtma sisteminin tasarım parametreleri Bağdat/İrak ve Isparta/Türkiye için dikkate alınmıştır. Sistemde piyasada bulunan buharlaştırıcı ve yoğuşturucu üniteler kullanılmıştır. Absorber ve jeneratör ise imal edilmiştir. Mevcut sistemin eksikliklerinden yola çıkılarak güneş enerjili absorpsiyonlu soğutma ve ısıtma sistemi tasarlanmıştır. Bu sistemde soğutucu akışkan olarak $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ karışımı kullanılmıştır. Amonyak-su çözeltisi maksimum jeneratör sıcaklığı 85-90 °C ve minimum 60-65 °C ile çalışır. Deneyler, başlangıçtaki soğutma konsantrasyonu ile ilgili yaklaşık 24 kg $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ çözeltisi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Su oranı 18 kg ve amonyak gazı oranı 6 kg 'dır. Tasarımı ve üretimi yapılan absorpsiyonlu ısıtma ve soğutma sisteminin imalat resmi ve şematik gösterimi Şekil 4.1(a), (b) ve (c)'de verilmiştir.

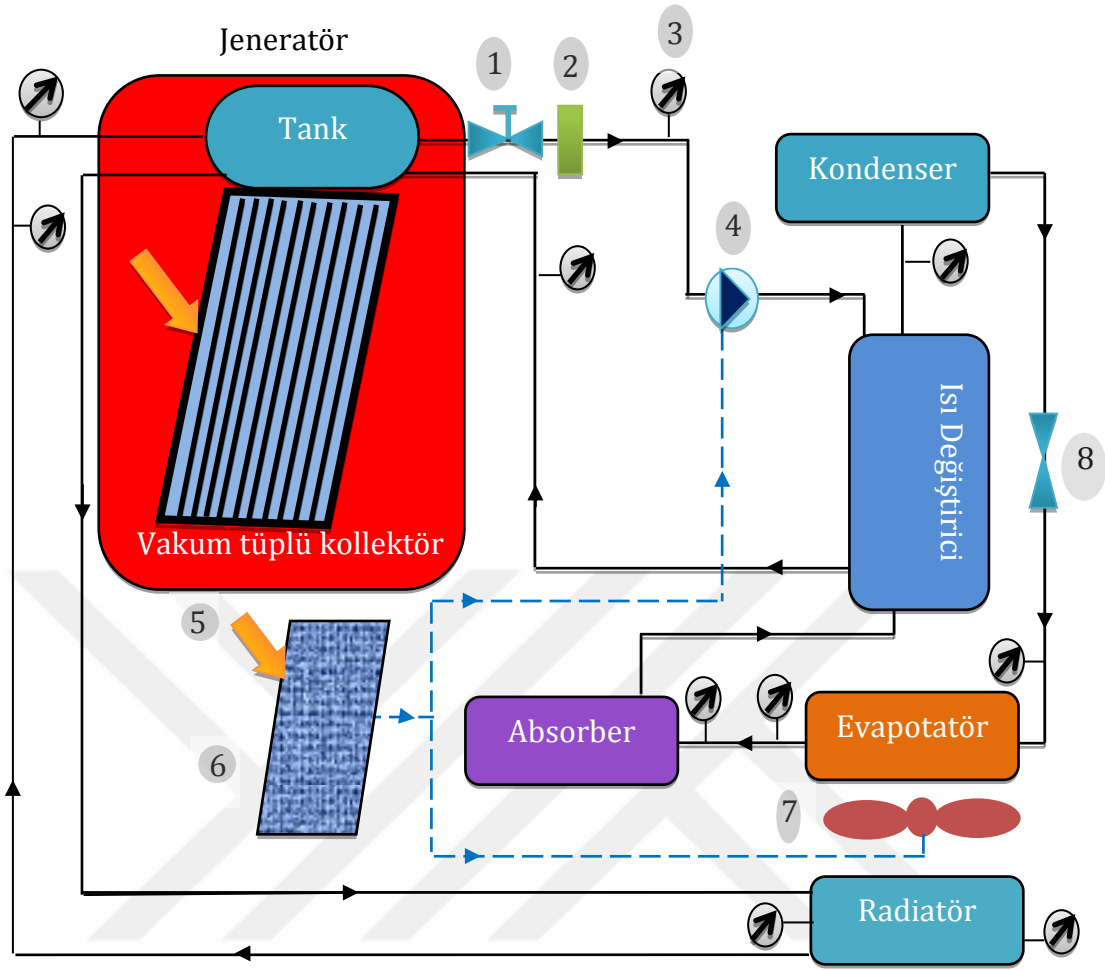


Şekil 4.1.(a). Güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu ısıtma ve soğutma sisteminin imalat resmi



1: kondenser, 2: Buharlaştırıcı, 3: Absorber, 4: Isı eşanjörü, 5: Elektronik anahtar 6: Fan, 7: Radyatör, 8: Cam boru, 9: Su pompası, 10: Su vanası, 11: Termometre, 12: Debi ölçer, 13: Su tankı ve 14: Güneş paneli.

Şekil 4.1.(b). Güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu ısıtma ve soğutma sisteminde kullanılan ekipmanlar



1: Vana, 2: Debi ölçer, 3: Termometre, 4: Pompa, 5: Fan 6: Güneş paneli, 7: Fan 8: Genleşme valfi.

Şekil 4.1.(c). Güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu ısıtma ve soğutma sisteminin şematik resmi

Tasarımı ve imalatı yapılan absorpsiyonlu ısıtma ve soğutma sisteminde, soğutucu akışkan olarak kullanılan $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ karışımındaki NH_3 'ın molar kütle $17,031 \text{ g/mol}$, $C_{p\text{NH}_3} 2,175 \text{ kJ/kg}$, yoğunluğu $0,86 \text{ kg/m}^3$, erime noktası $-77,73 \text{ }^\circ\text{C}$, kaynama noktası $-33,34 \text{ }^\circ\text{C}$ 'dir (C.E.Housecroft ve A.G.Sharp. ,2000).

İmalat malzemesi olarak paslanmaz çelik levhalar kullanılmıştır. Kullanılan paslanmaz çelik levhalar solar kollektör etkililiğini artırmak için siyaha boyanmış ve $0,5 \text{ mm}$ kalınlıkta, $1,50 \times 1,50 \text{ m}$ boyutlarında imal edilmiştir. Eşanjör ile güneş kollektörünü birbirine bağlamak için

½” plastik borular kullanılmıştır. Kullanılan plastik boruların dış çapı 4,7 mm, iç çapı ise 3,95 mm dir. Sistemin belirlenen kritik noktalarındaki sıcaklık ölçümleri için Şekil 4.1(b)’de verilen, dijital ve mini problu, ölçüm aralığı -50 °C ve +110 °C olan sıcaklık ölçerler kullanılmıştır. Diğer yandan Şekil 4.1(b)’de görüldüğü gibi, jeneratörden ısı eşanjörüne akan NH₃-H₂O akışının debisini ölçmek için maksimum 20 L/dk ölçüm limitine sahip, 1–20 L/dk aralığında ölçüm yapabilen, ½” boru çapına uygun bir debi ölçer kullanılmıştır.

Şekil 4.1(b)’de görüldüğü gibi, sistemde, su pompası kullanılmıştır. Bu pompa çözeltinin depodan ısı eşanjörüne pompalanması için kullanılırken. Kullanılan pompa, 2,2 kg ağırlığında, 12–24 V gerilim aralığında çalışabilen, yüksek basınçta çalışabilen pompalardır.

Sistemde kullanılan pompa ve fanın elektrik ihtiyacının karşılanması için bir güneş paneli kullanılmıştır. Şekil 4.1(b)’de verilen güneş paneli, CWT 250-60P model olup, ağırlığı 21 kg, 1640 x 990 x 40 mm boyutlarında, 1000 V gerilim üretebilen, 60 ve PCS, 156 x 156 hücre yapısına sahip bir paneldir.

Şekil 4.2’de görüldüğü gibi, sistemde, pyranometer kullanılmıştır. bu pyranometer güneş radyasyon miktarının ölçülmesini kullanılmıştır. SR20-D2 model olup, ölçüm aralığı 0 W/m² ve 1500 W/m² olan ölçerler kullanılmıştır.



Şekil 4.2. Dijital standart pyranometer

Sunulan tez kapsamında, basit bir elektrik tüketimine dayalı soğutma sistemi, güneş enerjisine dayalı karmaşık bir absorpsiyonlu soğutma ve ısıtma sistemine dönüştürülmüştür. Bu aşamada ortaya çıkan temel problem, içerisinde NH_3 gazı bulunan bir cihazın kullanılması ve bu gaz miktarının proses boyunca sistemde muhafaza edilmesidir.

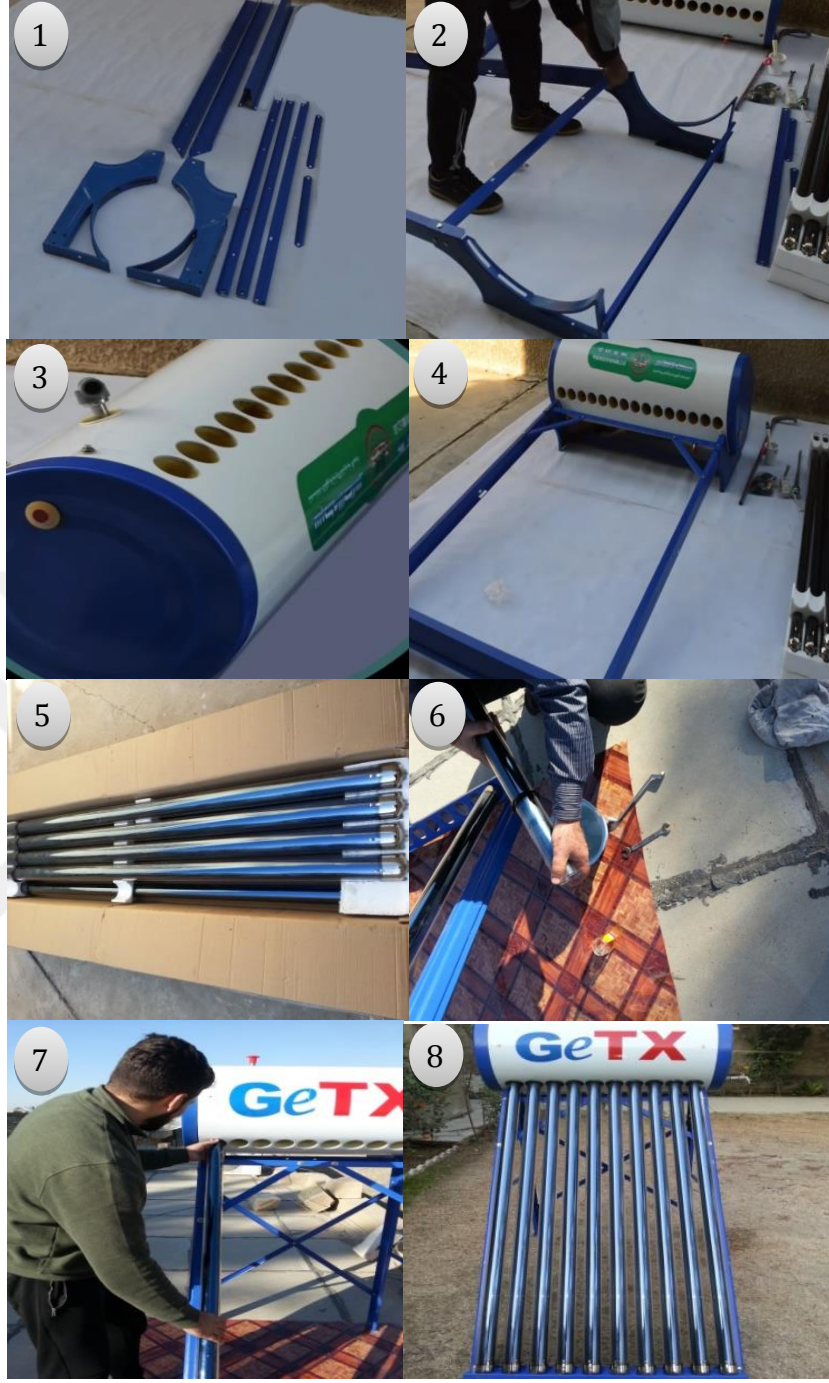
Çalışmada, soğutma ve ısıtma amacıyla $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ karışımı kullanarak Isparta/Türkiye ve Bağdat/İrak şartlarında çalışan, bir güneş enerjisi kaynaklı sistemin prototip üretimi gerçekleştirildiği ifade edilmiştir. Sistem ekipmanlarından, jeneratör, kondenser, absorber, pompa ve evaporatörün üretimi yapılarak, bu ekipmanların birbirlerine bağlantıları yapılmıştır. Bu kapsamda, basit bir absorpsiyonlu bir soğutma sistemi, güneş enerjisine dayalı karmaşık bir absorpsiyon soğutma ve ısıtma sistemine dönüştürülmüştür. Elektrik enerjisi kullanılarak yapılan normal bir soğutma uygulamasında, 40,2 x 45,5 x 58,7 cm boyutlarında bir cihaz kullanılırken, bunun kapasitesi 40 L, elektrik tüketimi 65 W, ağırlığı 75 kg ve soğutucu akışkan olarak NH_3 kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, elektrik enerjisinin yerini, enerji kaynağı olarak güneş enerjisini kullanan, düzlemsel ve vakum tüplü kollektörler (Evacuated-tube kollektörler) almıştır. Burada soğutucu akışkan olarak kullanılan NH_3 , ısı eşanjörü içerisinde bulunan boru boyunca akarken, kollektörler içerisinde geçen su güneş enerjisi ile ısıtılmakta, elde edilen sıcak suyun ısı NH_3 'ın ısıtılmasında kullanılmaktadır. Bu uygulama elde edilen NH_3 buharının sistemde dolaşımı doğal sirkülasyon ve pompalı olmak üzere iki şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Sistem bağlantıları ve çalışma prensibi Şekil 4.1(a), (b) ve (c)'de detaylı olarak verilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde, cebri sirkülasyon durumunda (pompa kullanımı) daha iyi değerler elde edildiği görülmektedir. Güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu soğutma ve ısıtma uygulamasında sistem, iki farklı şekilde dizayn edilerek deneyler gerçekleştirilmiştir.

4.1. Güneş Enerjisi Kaynaklı Absorpsiyonlu Soğutma Ve Isıtma Sistem Elemanlarının İmalatı

4.1.1. Jeneratörün imalatı

Jeneratör 10 adet cam ve bir tanktan oluşan vakum tüplü güneş kollektöründen oluşmaktadır. Bu tüplerin her biri arasında vakumlanmış iki iç içe cam borulardan oluşmaktadır. Vakum tüpünün dış katmanı içerisinde demir oranı çok düşük olan ve ışık enerjisinin %98'inin geçmesine izin veren bor silikat camdan oluşmaktadır. İçteki tüpün üzerine çok özel kaplama uygulanmıştır. Tüpün iç çapı 47 mm ve dış çapı 58 mm'dir. Bu ölçüler içteki tüpün kolayca yerleşmesine imkan tanımaktadır. Tüplerin uzunluğu 180 cm'dir. Bor silikat cam piyasada bulunan en güçlü ve dayanıklı cam türlerindedir. Her iklim koşulunda kolayca kullanılabilen dayanıklı bir malzemedir. Bor silikat cam için "Sun maxx" marka vakum tüpleri seçilmiştir. Jeneratörün, güneşe bakan yönünü kontrol etmek için bir metal çerçeve üzerine yerleştirilmiştir. Jeneratör düzleminin eğimi yatay olarak 35 - 45 °C arasında değişebilmektedir. Jeneratör tankının biri üstte ve diğeri ise altta olmak üzere iki kapağı mevcuttur. Üst kapak jeneratörü ısı eşanjörü ve ısıtıcıya bağlarken alt kapak ise ısı eşanjörünü ve ısıtıcıyı depoya bağlamaktadır. Jeneratörün iç kısmına, debimetre, sıcaklık ölçer ve kısılma vanası yerleştirilirken, dış kısmına sıcaklık ölçer ve vana yerleştirilmiştir. Güneş ışınlarına yansıtma ve absorpsiyonlu soğutma sisteminin verimini artırmak için cam tüplerin altına çelik plaka yerleştirilmiştir. Şekil 4.3'de absorpsiyonlu ısıtma ve soğutma sisteminde kullanılan güneş kollektörü gösterilmektedir.



1: Malzemeler, 2: Malzemelerin bağlanması, 3: Su tankı, 4: Tank bağlantısı, 5: Vakum tüpleri, 6-8: Vakum tüplerinin sisteme bağlanması

Şekil 4.3. Absorpsiyonlu soğutma ve ısıtma sisteminde kullanılan güneş kolektörünün kurulum işlemleri

4.1.2. Isı eşanjörünün imalatı

Isı eşanjörü, sıcak ve soğuk çözeltiliyi içeren boru tipi zıt akışlı bir ısı değiştiricileridir. Isı eşanjörünün gövdesi 2 mm kalınlığında, 50 mm çapında ve 48 cm uzunluğundaki çelik malzemeden oluşmaktadır. İçerisindeki borular ise 20 mm çapında ve 55 cm uzunluğundaki çelik malzemeden imal edilmiştir. Isı eşanjörünün iki adet girişi bulunmaktadır. Bunlardan birinci jeneratörden gelen giriş borusuna diğerisi ise jeneratör girişine bağlanmaktadır. Bu giriş ve çıkışlara sıcaklık ölçerler yerleştirilmiştir. Çevreyle olabilecek ısı transferini önlemek için ısı eşanjörüne yalıtılmıştır. Şekil 4.4'de absorpsiyonlu soğutma ve ısıtma sisteminde kullanılan ısı eşanjörüne ait tasarım imalat aşamaları gösterilmiştir.



1-5: Isı değiştirci malzemeleri, tasarımı ve kurulması, 6-7: Isı değiştircinin sisteme bağlanması, 8-9: Isı değiştircinin ızalasyonu

şekil 4.4. Absorpsiyonlu soğutma ve ısıtma sisteminde kullanılan ısı eşanjörünün tasarım ve imalat aşamaları

4.1.3. Evaporatörün imalatı

Şekil 4.5'de görüldüğü gibi, evaporatör soğutucu akışkanın dolaştığı çevrimde kullanılmaktadır. Isıtma uygulaması için bir aracın kabininin ısıtılmasında kullanılan radyatör benzeri bir ünedir. Jeneratörden gelen sıcak su, soğutucu ve kabin havası arasındaki ısı değiştirici görevi gören ve bir çekirdek üzerine yerleştirilmiş serpantin şeklindeki boru demetinden geçirilmektedir. Serpantin üzerine eklenmiş kanatçıklar ile ısı transfer yüzeyi arttırmaktadır. Soğutma uygulaması için ise bir buzdolabı evaporatörü kullanılmıştır. Havayı iletme için ise fan kullanılmıştır. Fanın kullandığı elektriğin gerilimi 12 V, kapasitesi 65 W'dır.

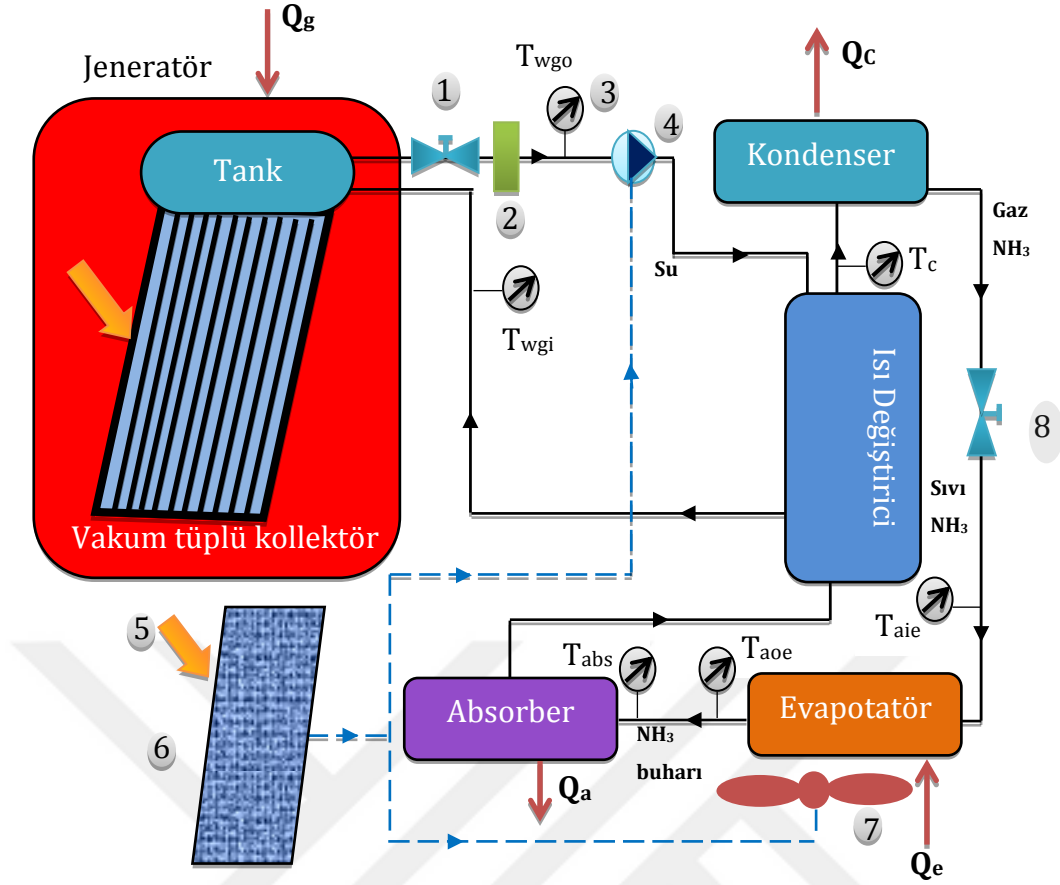


1:Evaporatör odası, 2-5: Radyatör malzemeleri, kurulması ve sisteme bağlanması, 6-8 :Fan malzemeleri, kurulması ve sisteme bağlanması, 9-12 : Fanın elektrik bağlantısı.

Şekil 4.5. Absorpsiyonlu soğutma ve ısıtma sisteminde kullanılan evaporatörün tasarım ve imalat aşamaları

4.2. Güneş Enerjisi Kaynaklı Absorpsiyonlu Soğutma Uygulaması

Güneş enerjisi kaynaklı soğutma sisteminde, jeneratör olarak kullanılan su tankı ve vakum borulu kollektörler (evacuated-tube kollektörler) ile birlikte $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ çözeltisi kullanılmaktadır. Vakum borulu kollektör, güneş ışığından gelen enerjiyi almakta ve depolama tankı içerisindeki suya aktararak güneş enerjisi depolanmaktadır. Bu işlemde, suyun sıcaklığı $70\text{ }^\circ\text{C}$ 'ye ulaşmaya kadar beklenmektedir. Elde edilen sıcak su, absorpsiyonlu sisteme aktarılacak üzere, sistemdeki ısı eşanjörüne beslenmektedir. Bu uygulama ile $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ karışımındaki su buharını, NH_3 solüsyonundan ayrılmaktadır. NH_3 buharı ısının çekilmesi ve sıvı NH_3 faza dönüşmesi için soğutulmak üzere yoğuşturucuya gönderilmektedir. Sıvı fazdaki ve yüksek basınçlı NH_3 solüsyonu, evaporatöre gönderilerek düşük basınçta buharlaştırılmaktadır. Bu proses sonucunda, ortamın soğutulması sağlanmaktadır. Bu aşamanın ardından, NH_3 buharı, evaporatörden absorbere aktarılmaktadır. Aynı zamanda, jeneratörden soğutucuya geçen yüksek konsantrasyonlu solüsyonun sıcaklığını artırmak için ısı eşanjöründen geçirilmektedir. Şekil 4.6'de güneş absorpsiyonlu soğutma sistemin şematik resmi verilmiştir. Güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu soğutma sisteminin COP değeri klasik elektrikli sistemin COP değerinden daha düşüktür. Ancak, ısı ve elektrik tüketimini azaltması nedeniyle soğutma uygulamaları için önemli bir alternatiftir. Bu tür uygulamalar ve çalışmalar, sürdürülebilir bir enerji politikasının benimsenmesine yönelik olarak, doğal kaynakların korunması üzerine bir farkındalık oluşturulması da sağlanmaktadır.



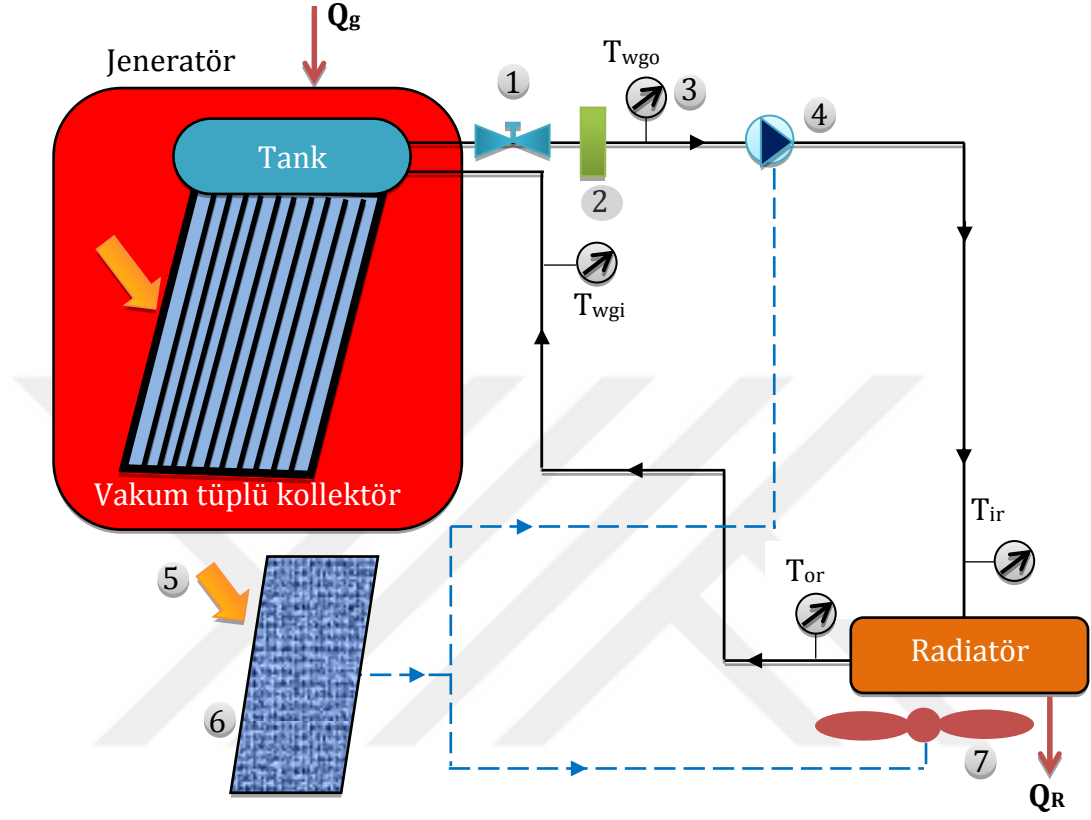
1: Vana, 2: Debi ölçer, 3: Termometre, 4: Pompa, 5: Güneş enerjisi, 6: Güneş paneli, 7: Fan, 8: Genleşme valfi.

Şekil 4.6. Tasarımı yapılan güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu soğutma sisteminin şematik gösterimi

4.3. Güneş Enerjisi Kaynaklı Isıtma Uygulaması

Güneş enerjisi kaynaklı ısıtma sisteminde, vakum borulu kollektörlerle (Evacuated-tube kollektörler) güneş enerjisinden alınan ısı tank içerisindeki suya aktarılmaktadır. Elde edilen sıcak su bir radyatörden geçirilmektedir. Isıtma uygulaması için, sistemde güneş enerjisiyle ısıtılmış sıcak su kullanılmaktadır. Radyatörden geçen sıcak suyun ısını ortama vermesi için bir fan kullanılmaktadır. Isıtma sisteminin çalışması için güneş kollektöründen gelen suyun sıcaklığının, 35 °C'ye ulaşması gerekmektedir. Şekil 4.7'de güneş absorpsiyon ısıtma sistemi şematik olarak verilmiştir. Güneşin yeterli olmadığı yağmurlu veya bulutlu hava şartlarında istenilen sıcaklığa ulaşmak için sistem

içerisinde bulunan elektrikli ısıtıcı kullanılabilir. Tasarımı yapılan sistemin en önemli özelliklerinden biri de tasarım esnekliği ve enerji tasarrufu sağlaması olarak ifade edilebilir.



1: Vana, 2: Debi ölçer, 3: Termometre, 4: Pompa, 5: Güneş enerjisi, 6: Güneş paneli, 7: Fan.

Şekil 4.7. Güneş enerjisi kaynaklı ısıtma sisteminin şematik gösterilmesi

5. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Sunulan bu tez çalışmasında, güneş enerji kaynaklı bir absorpsiyon soğutma ve ısıtma sisteminde çalışma akışkanı olarak NH₃-H₂O karışımından oluşan bir çözelti kullanılarak deneysel bir çalışma yürütülmüştür. 01 Ağustos 2016-30 Nisan 2017 tarihleri arasında, oluşturulan sistem üzerinde 80'den fazla veri alınmıştır. Sistem verimliliğini gözlemek amacıyla, sistemin kurulması da dikkate alınarak, soğutma uygulaması için 01-30 Ağustos 2016 tarihleri seçilirken, ısıtma uygulaması için ise 01-30 Mart 2017 tarihleri dikkate alınmıştır.

5.1. Absorpsiyonlu Soğutma ve Isıtma Parametrelerindeki Değişim

Soğutma ve ısıtma yükü ve COP değerindeki değişimlerinin belirlenmesi amacıyla, ölçümlerde gün içindeki ortam sıcaklığı T_a 'nın değişimi, güneş radyasyonu I_s ve bunun neticesi olarak kollektörden gelen güneş enerjisi miktarına ait veriler alınmıştır. Absorpsiyonlu soğutma ve ısıtma uygulaması için yapılan ölçümler ısıtma için ve soğutma için iki ayrı aşamada gerçekleştirilmiştir. Soğutma uygulaması için 01-30 Ağustos 2016 tarihleri arasında Bağdat/İrak'da yapılan ölçümlerde, elde edilen T_a verileri Çizelge 5.1(a)'de verilmiştir. Ölçümler gün içinde 9:00-16:00 saatleri arasında (t) yapılmıştır.

Diğer yanda, ısıtma uygulaması için, 01-30 Mart 2017 tarihleri arasında Isparta/Türkiye'de gerçekleştirilen ölçüm sonucunda T_a ya ait sonuçlar Çizelge 5.1(b)'de verilmiştir. Ölçümler, soğutmada olduğu gibi aynı zaman diliminde yapılmıştır.

Çizelge 5.1.(a). Soğutma uygulaması için 01-30 Ağustos 2016 tarihleri arasında Bağdat/Irak'a ait T_a 'nın değişimi.

Saat → Gün↓	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
Dış Ortam Sıcaklığı T_a (°C)								
(1) 1.	37	39	42	44	45	45	45	45
(3) 2.	31	31	33	36	38	39	41	41
(2) 3.	34	37	39	41	44	45	44	44
(3) 4.	39	42	43	45	45	46	45	45
(3) 5.	35	38	40	38	38	39	39	39
(2) 6.	36	38	39	40	41	46	42	41
(3) 7.	33	34	36	38	40	41	41	41
(3) 8.	30	32	35	37	38	39	40	40
(3) 9.	37	39	41	41	42	42	42	41
(1) 10.	31	34	38	38	38	40	41	42
(1) 11.	38	37	39	41	44	45	44	44
(2) 12.	34	36	39	39	40	40	40	39
(1) 13.	35	36	38	39	41	43	43	43
(2) 14.	34	37	39	41	44	45	44	44
(2) 15.	33	35	37	38	38	38	38	38
(2) 16.	35	39	40	41	40	40	40	38
(1) 17.	33	35	37	38	38	39	39	39
(2) 18.	30	32	34	35	37	38	38	38
(2) 19.	30	32	34	35	37	38	38	38
(1) 20.	33	34	36	37	39	40	40	40
(2) 21.	32	34	36	38	39	40	40	40
(3) 22.	35	35	37	39	40	40	40	41
(3) 23.	32	37	37	38	39	41	40	39
(3) 24.	30	34	36	38	38	38	39	40
(3) 25.	31	34	38	38	38	40	41	42
(3) 26.	33	36	38	41	43	43	41	42
(1) 27.	34	37	39	40	42	43	42	42
(3) 28.	30	32	34	36	38	39	40	40
(2) 29.	35	37	39	39	40	40	41	40
(2) 30.	34	37	39	41	44	45	44	44

(1) TG: Tam Güneşli, (2) KG: Kısmen Güneşli (3) K: Kapalı

Çizelge 5.1.(b). Isıtma uygulaması için 01-30 Mart 2017 tarihleri arasında Isparta/Türkiye'ye ait T_a 'nın değişimi.

Saat → Gün ↓	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
	T_a							
(1) 1.	11	13	13	12	12	12	11	11
(2) 2.	9	10	13	16	16	16	15	15
(1) 3.	10	10	11	14	11	10	16	15
(2) 4.	11	12	13	14	9	12	16	16
(2) 5.	7	8	9	12	14	15	15	15
(1) 6.	10	12	15	15	17	14	13	13
(1) 7.	17	19	19	19	19	19	18	18
(1) 8.	17	19	20	19	18	20	21	20
(2) 9.	11	14	15	16	16	18	18	17
(2) 10.	12	14	15	17	18	19	17	15
(2) 11.	11	13	13	15	15	15	13	13
(2) 12.	7	9	9	10	9	9	7	6
(3) 13.	2	4	5	7	10	10	11	12
(3) 14.	5	6	8	9	11	9	10	8
(3) 15.	4	7	8	10	11	11	10	10
(3) 16.	9	10	11	11	13	13	13	12
(3) 17.	7	9	10	11	12	13	14	13
(3) 18.	11	11	11	11	10	10	10	9
(2) 19.	9	10	11	12	12	11	9	8
(2) 20.	13	14	15	18	16	17	16	16
(2) 21.	14	14	10	13	13	12	10	7
(2) 22.	8	10	8	9	10	11	10	8
(3) 23.	9	10	11	11	11	10	8	4
(3) 24.	10	10	11	11	11	10	8	4
(3) 25.	8	8	11	10	10	9	9	8
(3) 26.	10	10	11	10	9	8	8	7
(2) 27.	7	8	8	9	10	11	10	10
(1) 28.	11	12	13	12	13	12	10	9
(2) 29.	10	13	12	12	11	11	9	8
(2) 30.	13	10	15	18	16	17	16	16

(1) **TG**: Tam Güneşli, (2) **KG**: Kısmen Güneşli (3) **K**: Kapalı

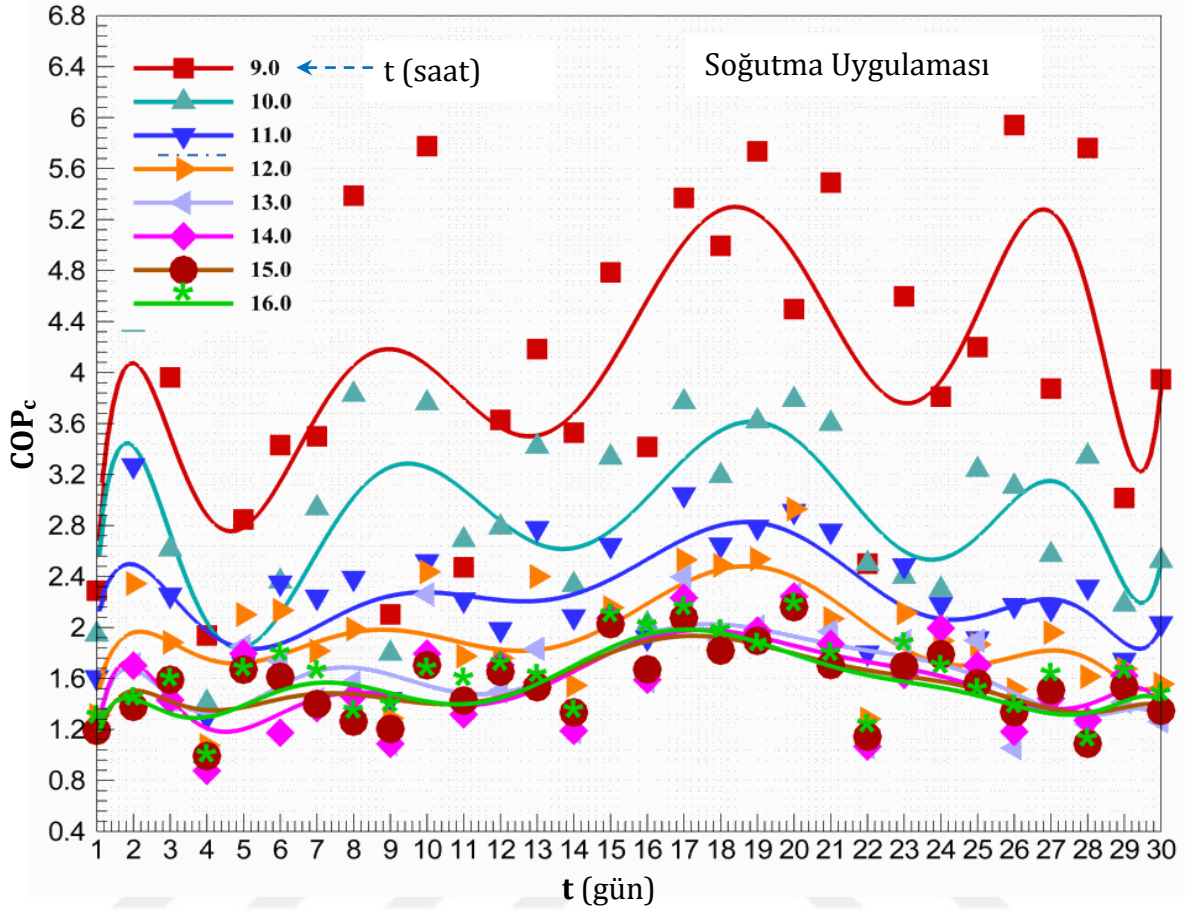
01-30 Ağustos 2016 tarihleri arasında yapılan ölçümlerde, sistemin soğutma uygulaması olarak çalıştırılmasına ait elde edilen I_s verileri Çizelge 5.2(a)'da verilmiştir. Absorpsiyonlu soğutma sistemi için bir gün boyunca meydana gelen güneş radyasyonu gözlemlenmiş, ölçümler kaydedilmiştir. Isıtma uygulaması için ise, 01-30 Mart 2017 tarihleri arasında yapılan ölçümler sonucunda elde edilen güneş radyasyonu verileri Çizelge 5.2(b)'de verilmiştir.

Çizelge 5.2.(a). Soğutma uygulaması için 01-30 Ağustos 2016 tarihleri arasında Bağdat/ Irak'a ait I_s değerindeki değişim.

Saat→ Gün↓	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
	Güneş Radyasyonu I_s (W/m ²)							
(1) 1.	344	505	605	688	722	710	681	575
(3) 2.	109	203	376	530	618	695	534	435
(2) 3.	317	472	580	649	675	665	612	492
(3) 4.	377	558	626	686	714	671	590	448
(3) 5.	187	248	268	249	125	125	122	106
(2) 6.	334	496	567	632	649	632	593	470
(3) 7.	115	173	324	489	582	377	283	270
(3) 8.	224	376	555	610	672	650	614	467
(3) 9.	363	530	597	667	698	677	624	476
(1) 10.	403	519	675	761	790	769	670	547
(1) 11.	413	579	693	736	747	705	580	404
(2) 12.	345	508	638	693	695	653	459	396
(1) 13.	397	547	645	690	706	686	601	423
(2) 14.	348	510	600	627	641	598	482	417
(2) 15.	348	510	623	667	671	698	582	417
(2) 16.	338	501	625	691	737	733	626	468
(1) 17.	330	438	618	678	700	682	604	452
(2) 18.	353	514	652	695	618	583	572	390
(2) 19.	510	607	648	676	665	574	422	273
(1) 20.	337	484	419	668	708	675	614	456
(2) 21.	330	482	679	740	751	706	681	453
(3) 22.	340	490	608	695	719	702	664	476
(3) 23.	121	283	307	401	342	303	222	170
(3) 24.	129	208	311	491	336	305	238	171
(3) 25.	162	259	343	408	409	351	336	256
(3) 26.	124	281	301	370	445	373	282	122
(1) 27.	228	485	636	646	721	621	595	434
(3) 28.	328	382	400	468	406	365	270	192
(2) 29.	327	470	614	687	726	695	638	501
(2) 30.	343	513	684	752	765	726	632	474

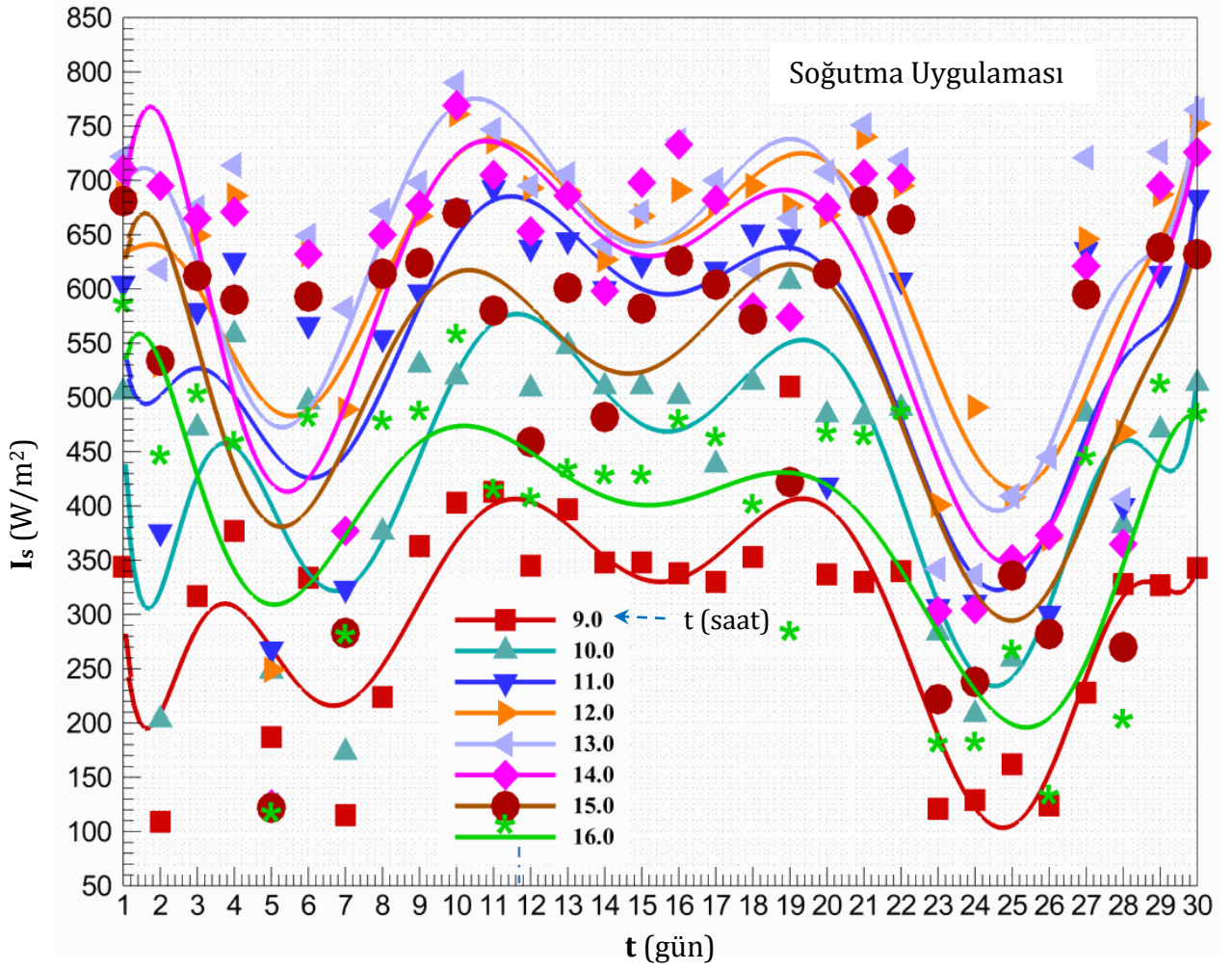
Çizelge 5.2.(b). Isıtma uygulaması için 01-30 Mart 2017 tarihleri arasında Isparta/ Türkiye'ye ait I_s değerindeki değişim.

Saat → Gün↓	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
	I_s							
(1) 1.	149	325	317	436	419	346	255	89
(2) 2.	99	323	336	108	238	223	185	31
(1) 3.	240	152	223	180	285	196	49	22
(2) 4.	218	414	116	644	189	315	254	123
(2) 5.	272	408	541	659	98	85	41	98
(1) 6.	249	390	410	547	659	434	276	233
(1) 7.	239	439	518	344	518	426	237	122
(1) 8.	226	414	503	539	481	425	206	122
(2) 9.	376	416	519	424	524	419	276	123
(2) 10.	286	422	516	550	480	424	294	132
(2) 11.	216	213	380	349	161	381	125	52
(2) 12.	239	369	465	481	154	386	272	106
(3) 13.	55	112	234	247	274	290	171	98
(3) 14.	87	170	214	245	310	224	176	49
(3) 15.	25	66	123	75	117	211	77	16
(3) 16.	26	67	98	259	285	180	120	85
(3) 17.	266	370	510	533	500	366	255	80
(3) 18.	230	410	499	525	480	393	243	79
(2) 19.	244	438	540	585	531	477	340	164
(2) 20.	289	428	527	558	540	433	334	153
(2) 21.	238	437	521	569	524	449	210	47
(2) 22.	365	137	262	141	46	8	15	17
(3) 23.	16	47	79	79	149	55	144	42
(3) 24.	170	100	90	28	14	14	19	49
(3) 25.	30	24	38	58	18	37	60	95
(3) 26.	159	103	127	113	175	188	161	179
(2) 27.	254	408	513	563	499	451	318	195
(1) 28.	276	316	594	578	498	399	194	59
(2) 29.	296	109	165	129	23	58	38	51
(2) 30.	181	264	595	578	227	509	330	203



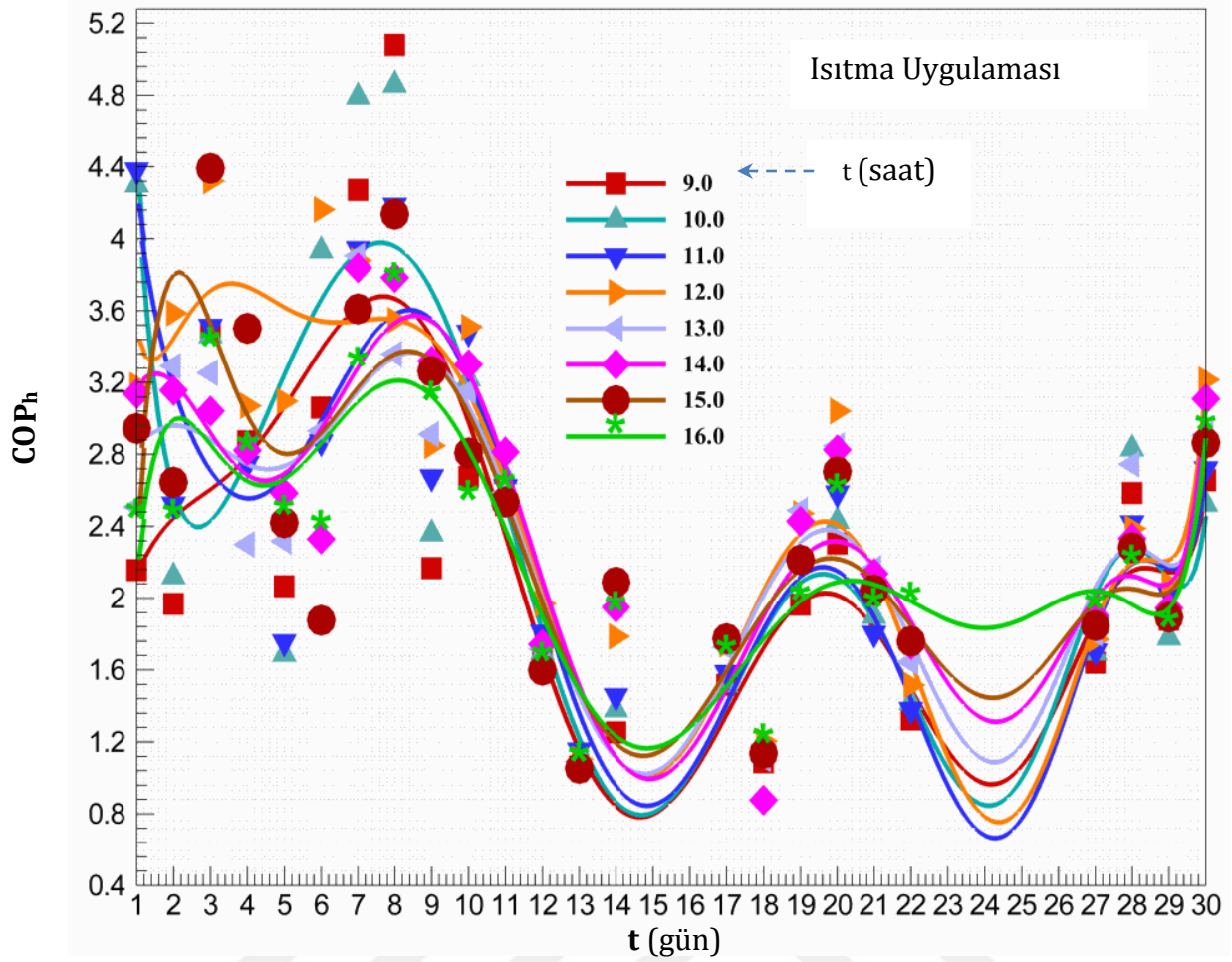
Şekil 5.1. COP_c'nin zamana bağlı olarak değişimi.

Şekil 5.1'den de görüleceği gibi, t (gün) değişime bağlı olarak, COP_c, 10, 18 ve 27 Ağustos tarihlerinde maksimum, 5, 14, 24 ve 29 Ağustos tarihlerinde ise minimum değerleri almaktadır. Sistemin geneli için ise maksimum COP_c = 5,28 değeri, 18 Ağustos günü ve saat 09:00'da elde edilmiştir. 18 Ağustos'dan sonra, COP_c'nin değerlerinde genel olarak düşme eğilimi görülmüştür.



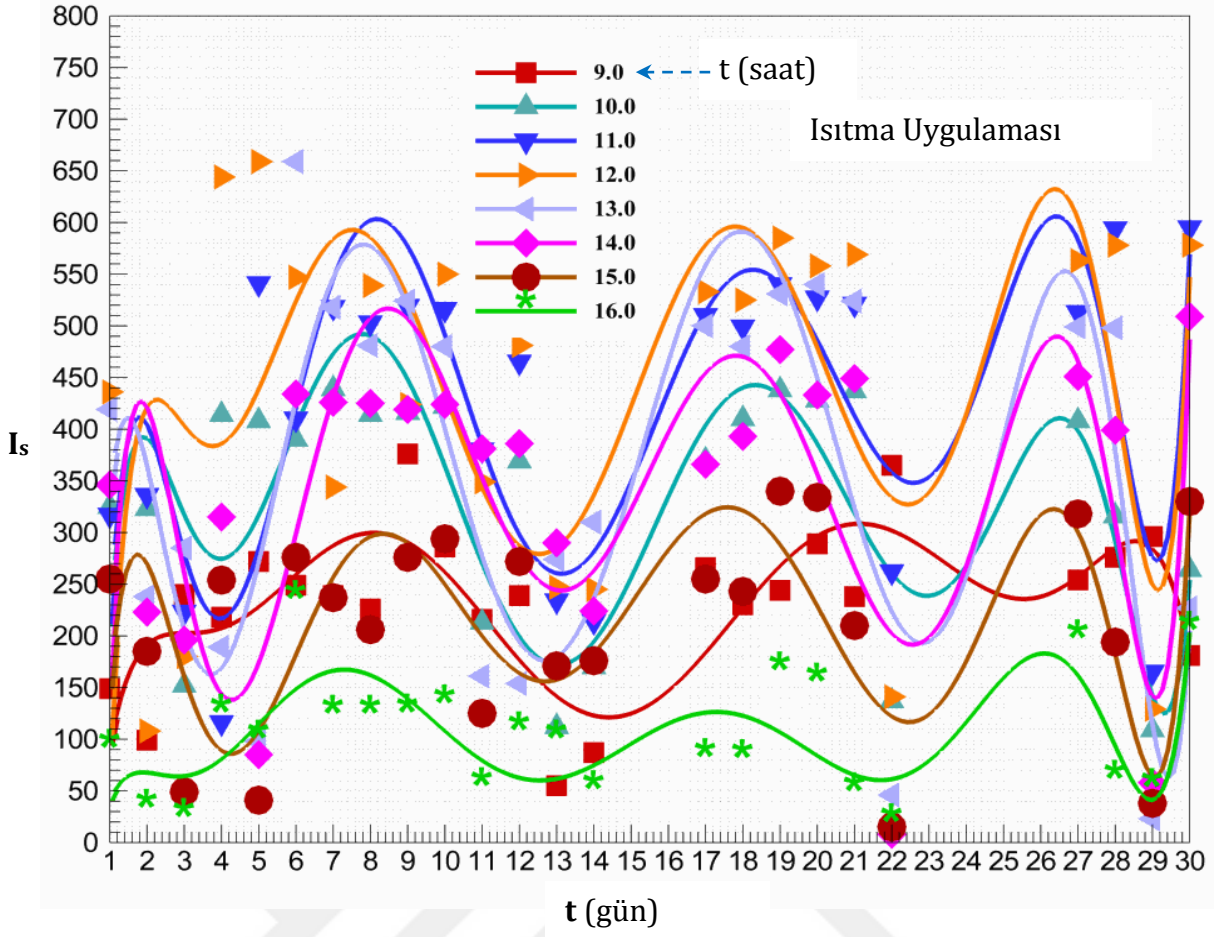
Şekil 5.2. Soğutma uygulaması için I_s 'nin zamana bağlı olarak değişimi.

Şekil 5.2'den de görüleceği gibi, t değişime bağlı olarak, I_s , 2, 10, 11 ve 20 Ağustos tarihlerinde maksimum, 4, 6, 24 ve 26 Ağustos tarihlerinde ise minimum değerleri almaktadır. Sistemin geneli için, 11 Ağustos ve saat 13:00'de $I_s = 780 \text{ W/m}^2$ ile maksimum değere ulaşmıştır. 25 Ağustos'dan sonra, I_s 'nin değerleri artarken 2, 6 ve 25 Ağustos tarihleri arasında düştüğü görülmüştür.



Şekil 5.3. COP_h'nin zamana bağlı olarak değişimi.

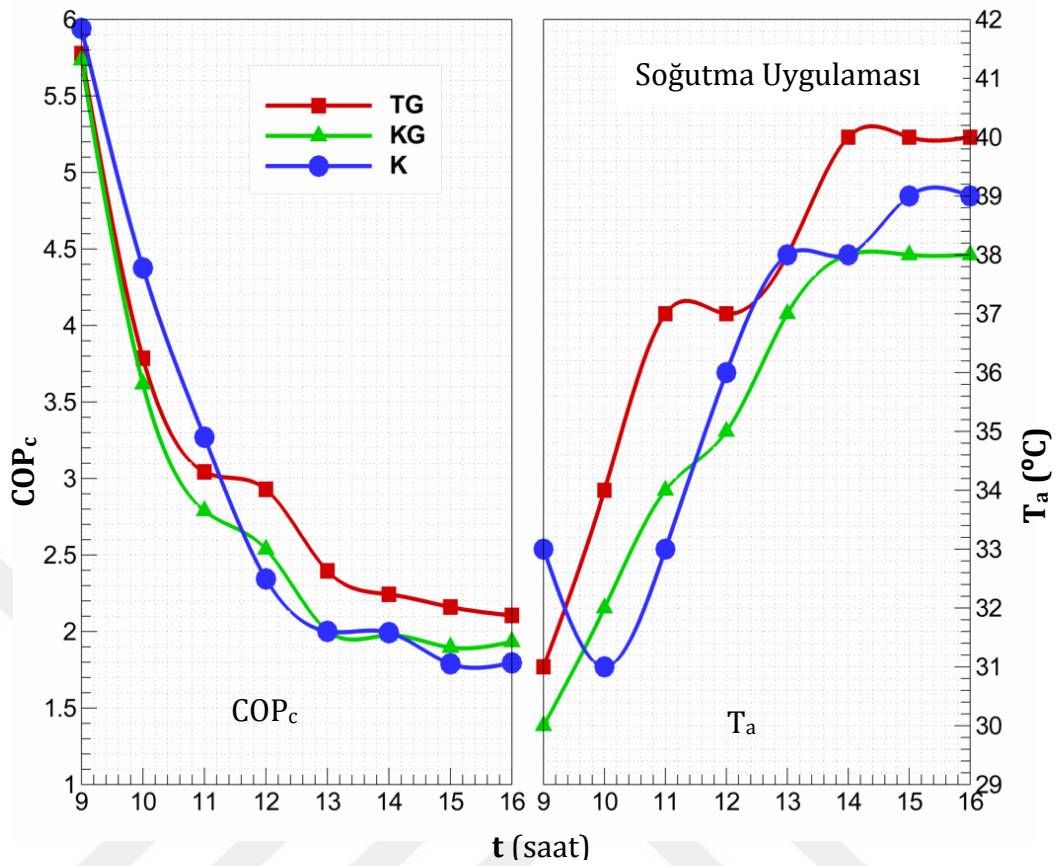
Şekil 5.3'ten de görüleceği gibi, zaman bağlı olarak, COP_h, 8 Mart'da maksimum, 15 ve 25 Mart'ta ise minimum değerleri almaktadır. Sistemin geneli için ise maksimum COP_h = 3,85 değeriyle 8 Mart saat 10:00'da elde edilmiştir. 25 Martan sonra COP_h'nin değerlerinde dalgalanmalar görülmüştür.



Şekil 5.4. Isıtma uygulaması için I_s 'nin zamana bağlı olarak değişimi.

Şekil 5.4'den de görüleceği gibi, ısıtma uygulaması için, t değişimine bağlı olarak, I_s , 8, 18 ve 26 Mart günlerinde maksimum 4, 13, 23 ve 29 Mart günlerinde ise minimum değerleri almaktadır. Sistemin geneli için ise maksimum $I_s = 650 \text{ W/m}^2$, $t = 20$ Mart'ta ve saat: 12:00'de elde edilmiştir. $t = 25$ Mart'tan sonra, saat ilerledikçe I_s 'nin değerlerinde dalgalanmalar görülmüştür.

Şekil 5.5(a)'da verildiği gibi, soğutma uygulaması için, güneşlenme durumuna bağlı olarak, sabah saatlerinde COP_c değerlerinin maksimum değerlere ulaştığı, T_a 'nın değerlerinin ise öğleden sonra yüksek değerlere ulaştığı görülmüştür. Bu sonuçlardan görüldüğü gibi, T_a 'nin artması COP_c 'nin düşmesine neden olmaktadır.



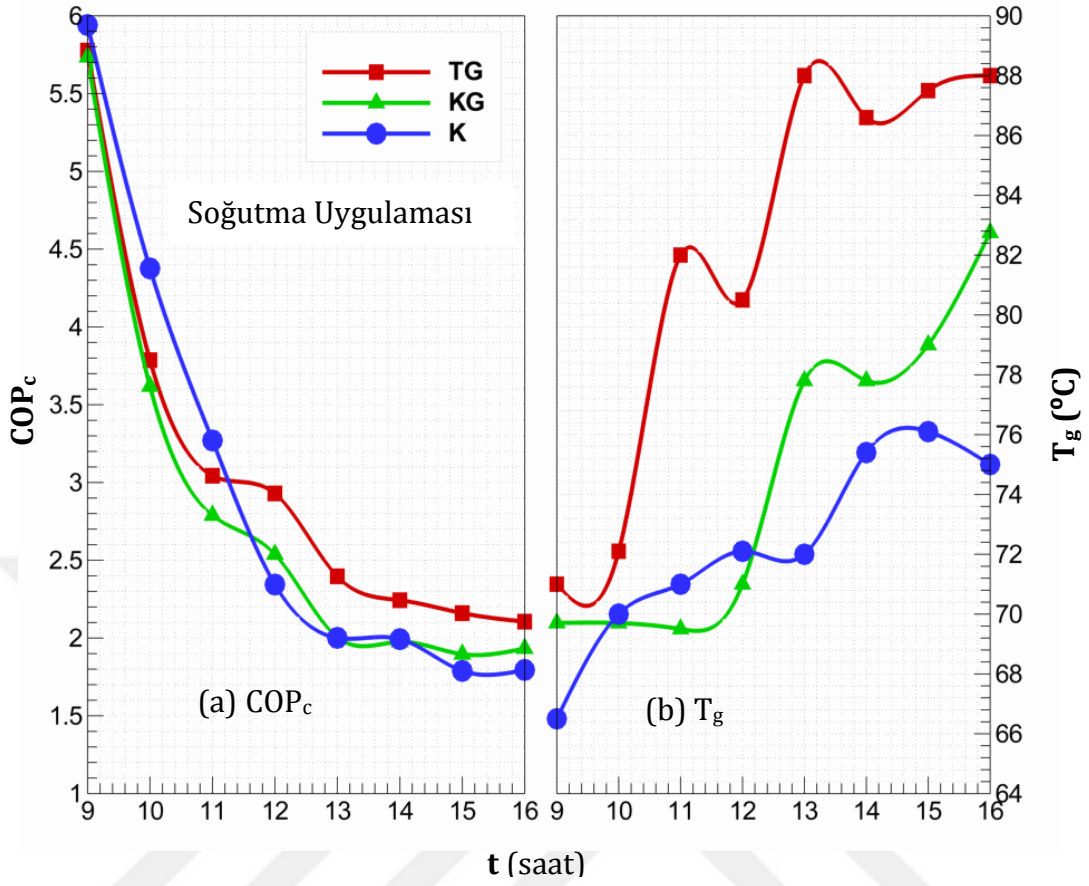
Şekil 5.5.(a). Maksimum COP_c ve T_a'nın zamana ve dış ortamın güneşlenme durumuna bağlı olarak değişimi

TG bir günde, COP_c'nin en yüksek değeri 5,8, en düşük değeri ise 2,3 olarak , T_a'nin en yüksek değeri 40 °C, en düşük değeri ise 31 °C olarak belirlenmiştir.

Diğer yanda, KG bir günde, COP_c'nin en yüksek değeri yine 5,8, en düşük değeri ise 2 olarak , T_a'nin en yüksek değeri 38 °C, en düşük değeri ise 30 °C olarak belirlenmiştir.

K bir günde ise, COP_c'nin en yüksek değeri 6, en düşük değeri ise 1,8 olarak , T_a'nin en yüksek değeri 39 °C, en düşük değeri ise 32,7 °C olarak belirlenmiştir.

Şekil 5.5(b)'dan da görüldüğü gibi, soğutma uygulaması için, sabah saatlerinde COP_c değerleri maksimum değerlere ulaşırken, T_g'nin değerleri öğleden sonra maksimum değerlere ulaşmaktadır .



Şekil 5.5.(b). Maksimum COP_c ve T_g'nin zamana ve dış ortamın güneşlenme durumuna bağlı olarak değişimi

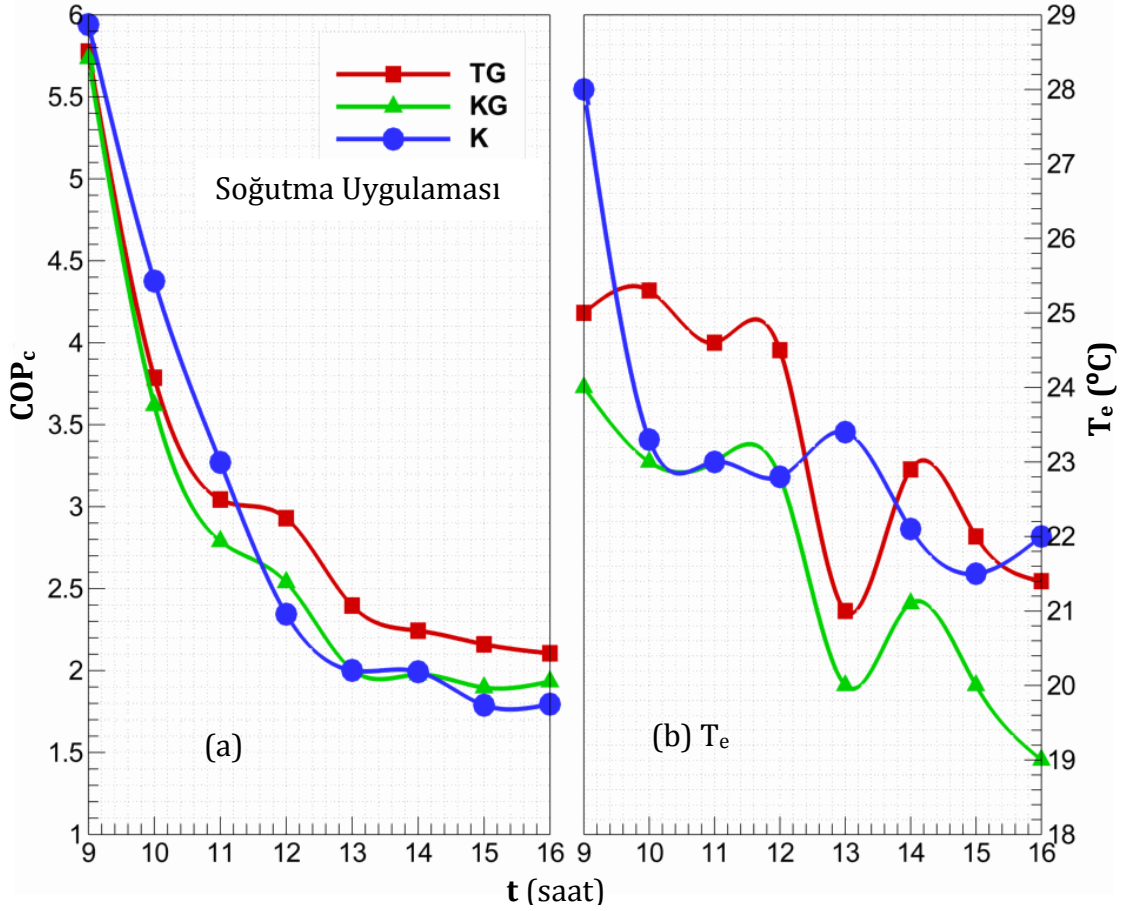
TG bir günde, T_g'nin en yüksek değeri 88 °C, en düşük değeri ise 71 °C olarak belirlenmiştir.

KG bir günde, T_g'nin en yüksek değeri 83 °C, en düşük değeri ise 69 °C olarak belirlenmiştir.

K bir günde, T_g'nin en yüksek değeri 75 °C, en düşük değeri ise 66 °C olarak belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre T_g arttıkça COP düşmektedir. Bu düşüş, jeneratörde NH₃-H₂O buharlaşmasındaki artıştan kaynaklanmaktadır. Bu durumda T_g'nin soğutmadaki etkisine bağlıdır. Aynı sıcaklık için, jeneratöre yüklenen akışkanın sıcaklığındaki artışından fazla artış ortaya çıkmaktadır.

Şekil 5.5(c)'da verildiği gibi, soğutma uygulaması için, sabah saatlerinde T_e maksimum değerlere ulaşırken, öğleden sonra ise minimum değerlere düşmektedir.



Şekil 5.5.(c). Maksimum COP_c ve T_e 'nin zamana ve dış ortamın güneşlenme durumuna bağlı olarak değişimi

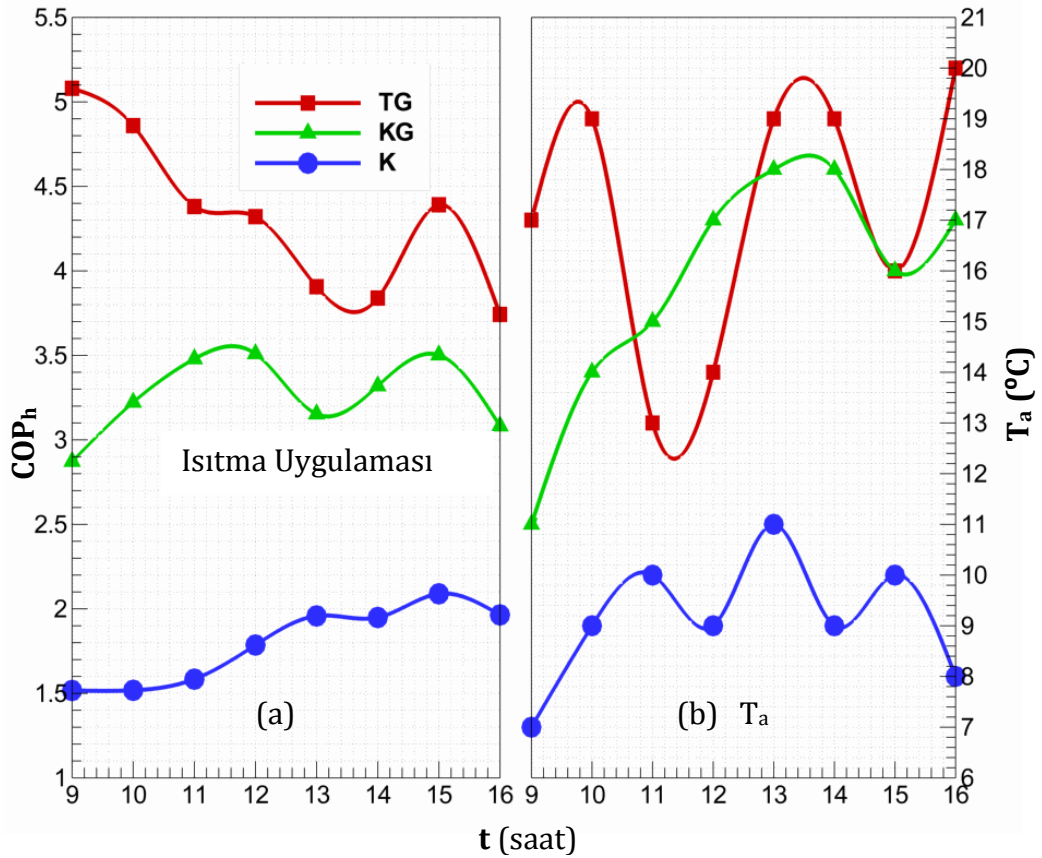
TG bir günde, T_e 'nin en yüksek değeri 24,7 °C, en düşük değeri ise 20,5 °C olarak belirlenirken,

KG bir günde, en yüksek değeri 23,5 °C, en düşük değeri ise 19 °C olarak belirlenmiştir.

K bir günde, T_e 'nin en yüksek değeri 28 °C, en düşük değeri ise 20,5 °C olarak belirlenmiştir.

Generatör sıcaklığındaki artış, sistemin soğutma etkisinin artmasına sebep olmaktadır. Bu durum evaporatör sıcaklığının minimum seviyeye düşürülmesi anlamına gelmektedir. Başka bir deyişle, minimum evaporatör sıcaklığı, generatör sıcaklığının artmasıyla düşmektedir. Bunun sebebi, artan miktarda $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ 'nun buharlaşması ve soğutucu akışkanın sirkülasyonunu sağlayan pompa basıncının artmasıdır.

Şekil 5.6(a)'da verildiği gibi, ısıtma uygulaması için, sabah saatlerinde COP_h değerleri maksimum değerlere ulaştığı görülmüştür. T_a 'nın değerleri öğleden sonra maksimum değerlere ulaştığı görülmüştür. Bu sonuçlardan görüldüğü gibi, T_a 'nin artması COP_c 'nin düşür neden olmaktadır.



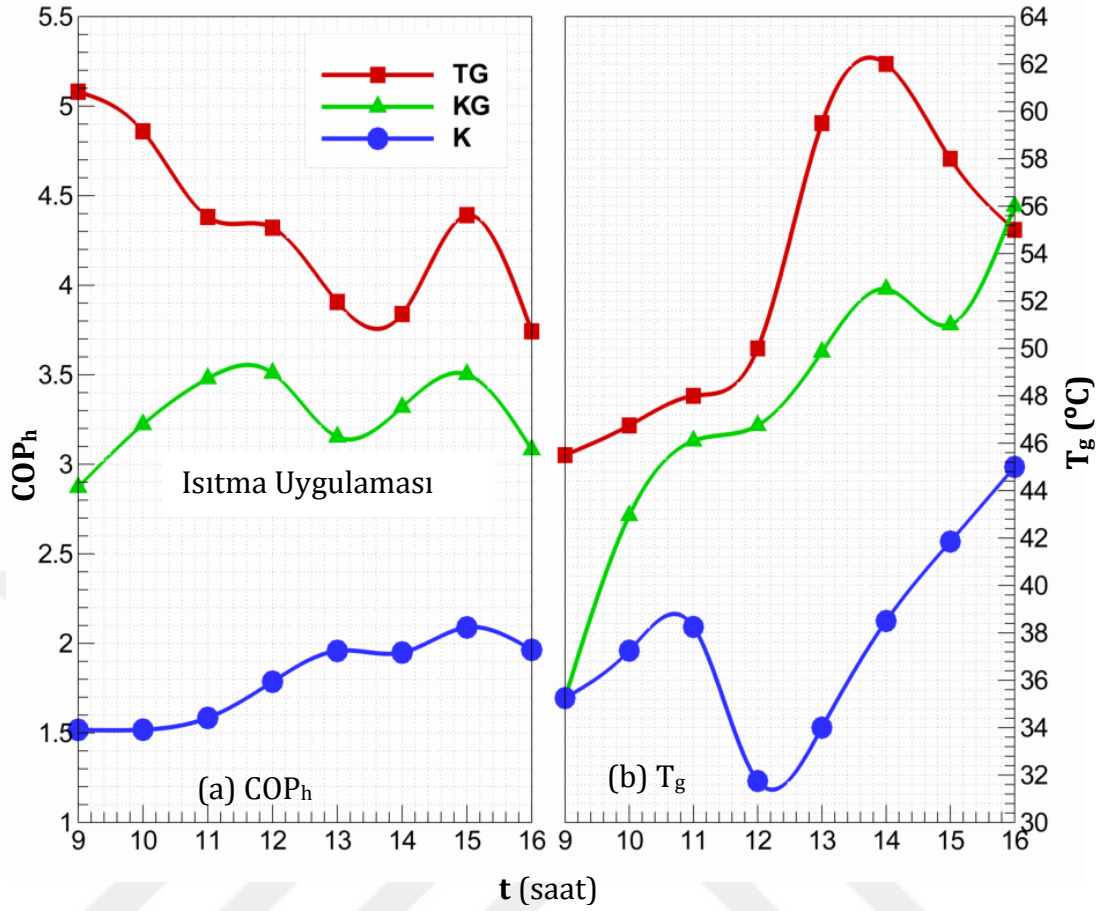
Şekil 5.6.(a). Maksimum COP_h ve T_a 'nın zamana ve dış ortamın güneşlenme durumuna bağlı olarak değişimi

TG bir günde, COP_h 'nin en yüksek değeri 5,1, en düşük değeri ise 3,8 olarak belirlenmiştir. T_a 'nin en yüksek değeri 20 °C, en düşük değeri ise 12,5 °C olarak belirlenmiştir.

KG bir günde, COP_h 'nin en yüksek değeri 3,5, en düşük değeri ise 2,8 olarak belirlenmiştir. T_a 'nin en yüksek değeri 18 °C, en düşük değeri ise 11 °C olarak belirlenmiştir.

K bir günde, COP_h 'nin en yüksek değeri 2,1, en düşük değeri ise 1,5 olarak belirlenmiştir. T_a 'nin en yüksek değeri 11 °C, en düşük değeri ise 7 °C olarak belirlenmiştir.

Şekil 5.6(b)'da verildiği gibi, ısıtma uygulaması için, sabah saatlerinde COP_h değerleri maksimum değerlere ulaştığı görülmüştür. T_g 'nin değerleri öğleden sonra maksimum değerlere ulaştığı görülmüştür. Bunun nedeni olarak, NH_3-H_2O buharındaki zamana bağlı değişimin T_g ve T_c 'da artışa sebep olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 5.6.(b). Maksimum COP_h ve T_g'nin zamana ve dış ortamın güneşlenme durumuna bağlı olarak değişimi

TG bir günde, T_g'nin en yüksek değeri 62 °C, en düşük değeri ise 48 °C olarak belirlenmiştir.

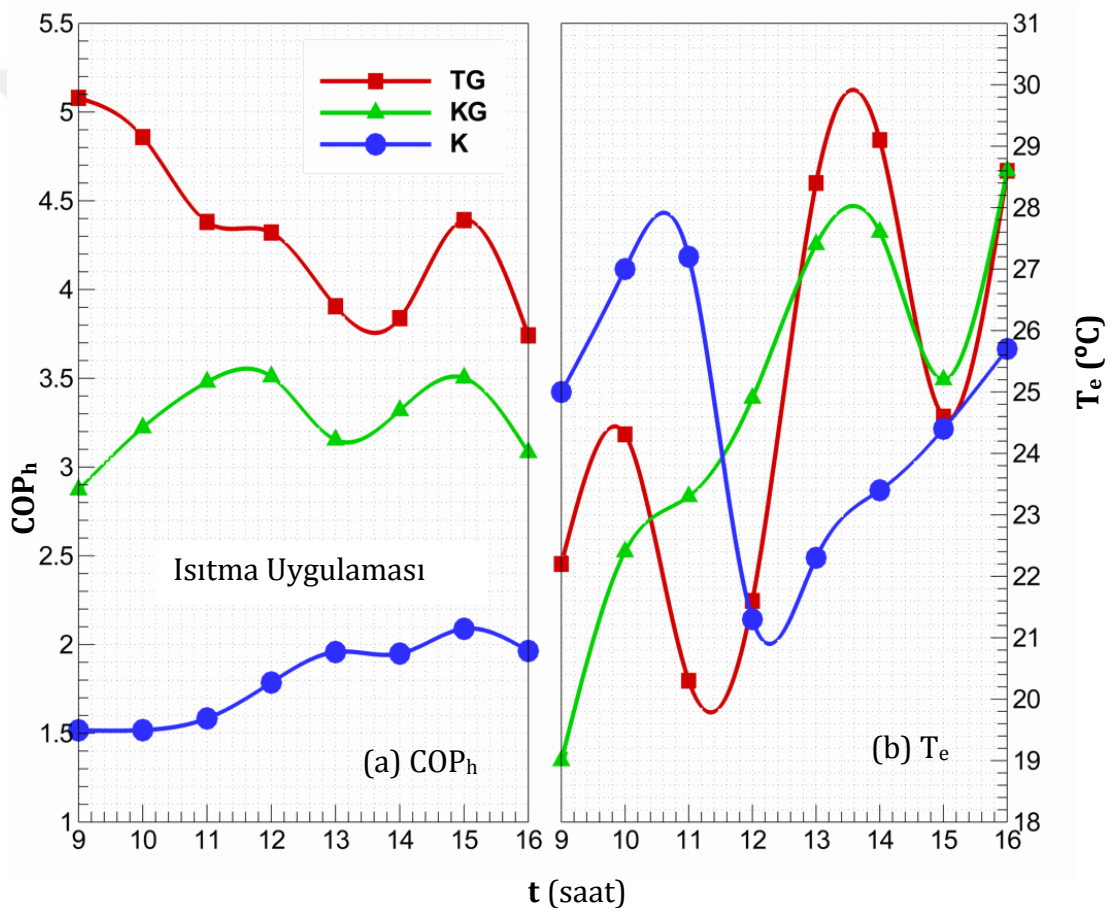
KG bir günde, T_g'nin en yüksek değeri 56 °C, en düşük değeri ise 36 °C olarak belirlenmiştir.

K bir günde, T_g'nin en yüksek değeri 45 °C, en düşük değeri ise 32 °C olarak belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre T_g arttıkça COP düşmektedir. Bu düşüş, jeneratörde H₂O buharlaşmasındaki artıştan kaynaklanmaktadır. Bütün bu düşüşlerin sebebi de, belirtilen T_g'a ilişkin soğutma etkisine bağlıdır. Aynı sıcaklık için,

jeneratöre yüklenen akışkanın sıcaklığındaki artışından fazla artış göstermektedir.

Şekil 5.6(c)'da verildiği gibi, ısıtma uygulaması için, sabah saatlerinde COP_h değerleri maksimum değerlere ulaştığı görülmüştür. T_e 'nin değerleri öğleden sonra maksimum değerlere ulaştığı görülmüştür. Bunun nedeni olarak, H_2O buharındaki zamana bağlı değişimin T_g ve T_c 'da artışa sebep olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 5.6.(c). Maksimum COP_h ve T_e 'nin zamana ve dış ortamın güneşlenme durumuna bağlı olarak değişimi

TG bir günde, T_e 'nin en yüksek değeri 30 °C, en düşük değeri ise 20 °C olarak belirlenmiştir.

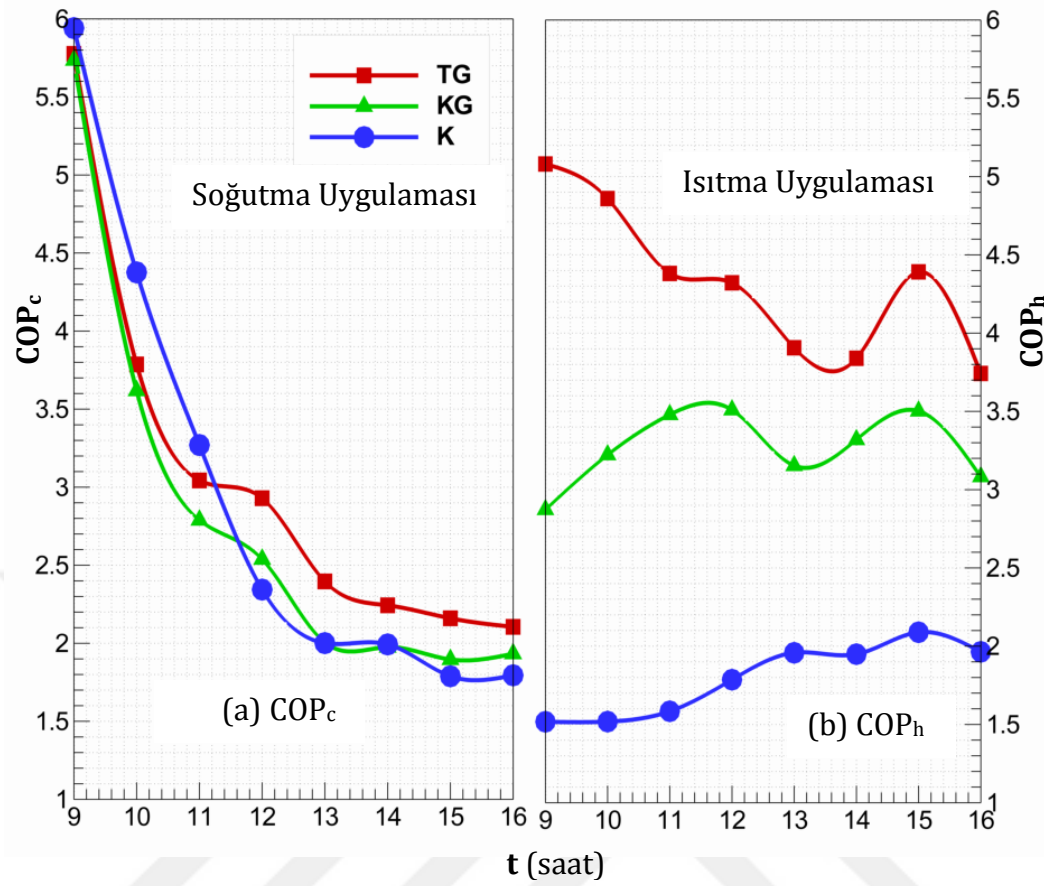
KG bir günde, T_e 'nin en yüksek değeri 29 °C, en düşük değeri ise 19 °C olarak belirlenmiştir.

K bir günde, T_e 'nin en yüksek değeri 27,5 °C, en düşük değeri ise 21 °C olarak belirlenmiştir.

Generatör sıcaklığındaki atış, sistemin ısıtma etkisinin artmasına sebep olmaktadır ve bu da evaporatör sıcaklığının asgari seviyeye düşürülmesi anlamına gelmektedir. Başka bir deyişle, asgari evaporatör sıcaklığı, maksimum generatör sıcaklığının artmasıyla düşer de denilebilir.

5.2. COP_c ve COP_h Değerlerindeki Değişim

Şekil 5.7'de COP_c ve COP_h arasında değişimi verilmiştir. COP_c ve COP_h'nin ölçmeleri 9:00-16:00 saatleri arasında alınmıştır. COP_c'nin ölçmeleri Ağustos ayında COP_h ölçmeleri ise Mart ayında alınmıştır.



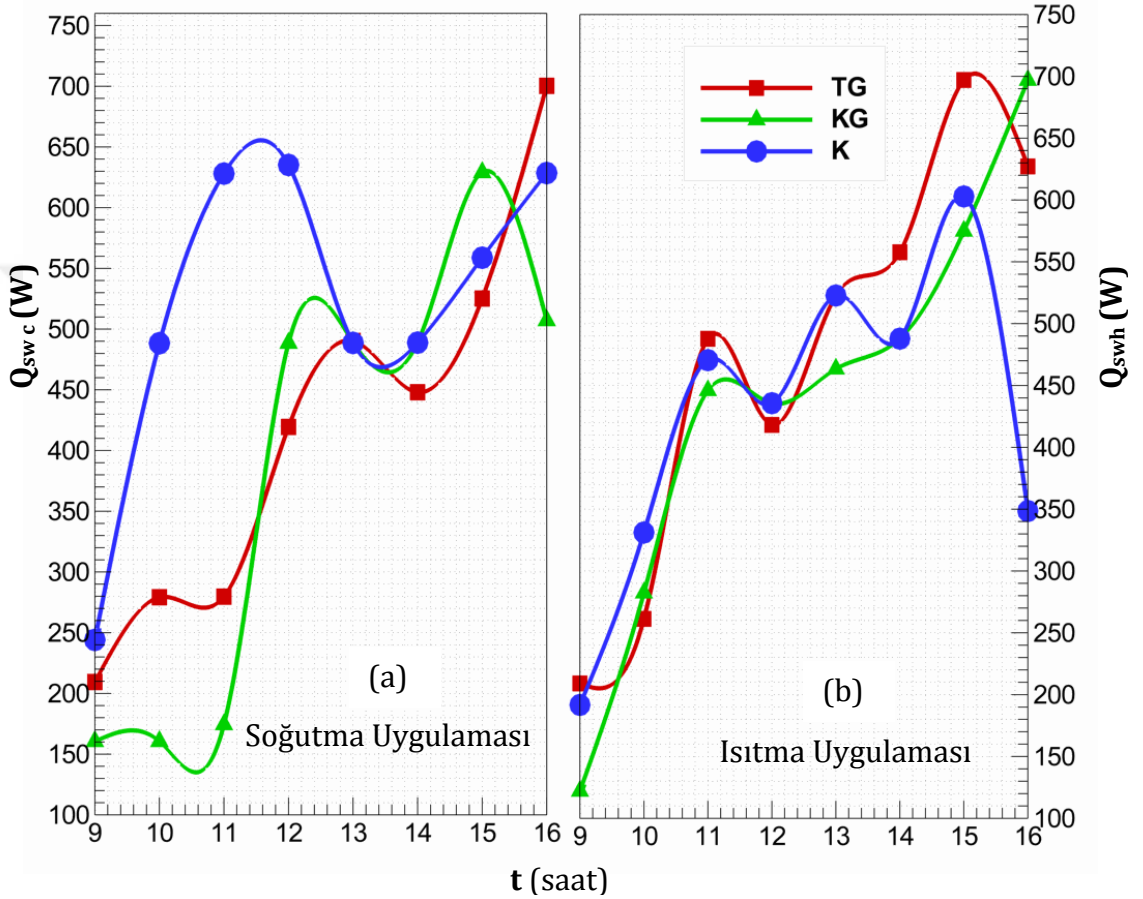
Şekil 5.7. Absorpsiyonlu soğutma ve ısıtma uygulamaları için COP değerinin zamana bağlı değişimi.

TG bir günde, COP_c'nin en yüksek değeri 5,8, en düşük değeri ise 2,3 olarak belirlenmiştir. TG bir günde, COP_h'nin en yüksek değeri 5,1, en düşük değeri ise 3,8 olarak belirlenmiştir. KG bir günde, COP_c'nin en yüksek değeri 5,8, en düşük değeri ise 2,0 olarak belirlenmiştir. KG bir günde, COP_h'nin en yüksek değeri 3,5, en düşük değeri ise 2,8 olarak belirlenmiştir. K bir günde, COP_c'nin en yüksek değeri 6, en düşük değeri ise 1,8 olarak belirlenmiştir. K bir günde, COP_h'nin en yüksek değeri 2,1, en düşük değeri ise 1,5 olarak belirlenmiştir.

Şekilden 5.7'den görüldüğü üzere, hem soğutma hem de ısıtma uygulamasında, T_g'nin artmasıyla birlikte, ısıtma etkisinin, jeneratörün ısı yükündeki artıştan daha fazla artması nedeniyle COP'da düşme meydana gelmiştir.

5.3. Q_{swc} ve Q_{swh} Değerlerindeki Değişim

Şekil 5.8'de Q_{swc} ve Q_{swh} arasında değişimi verilmiştir. Q_{swc} ve Q_{swh} 'nin ölçümleri 9:00-16:00 saatleri arasında alınmıştır. Q_{swc} 'nin ölçümleri Ağustos ayında Q_{swh} ölçümleri ise Mart ayında alınmıştır



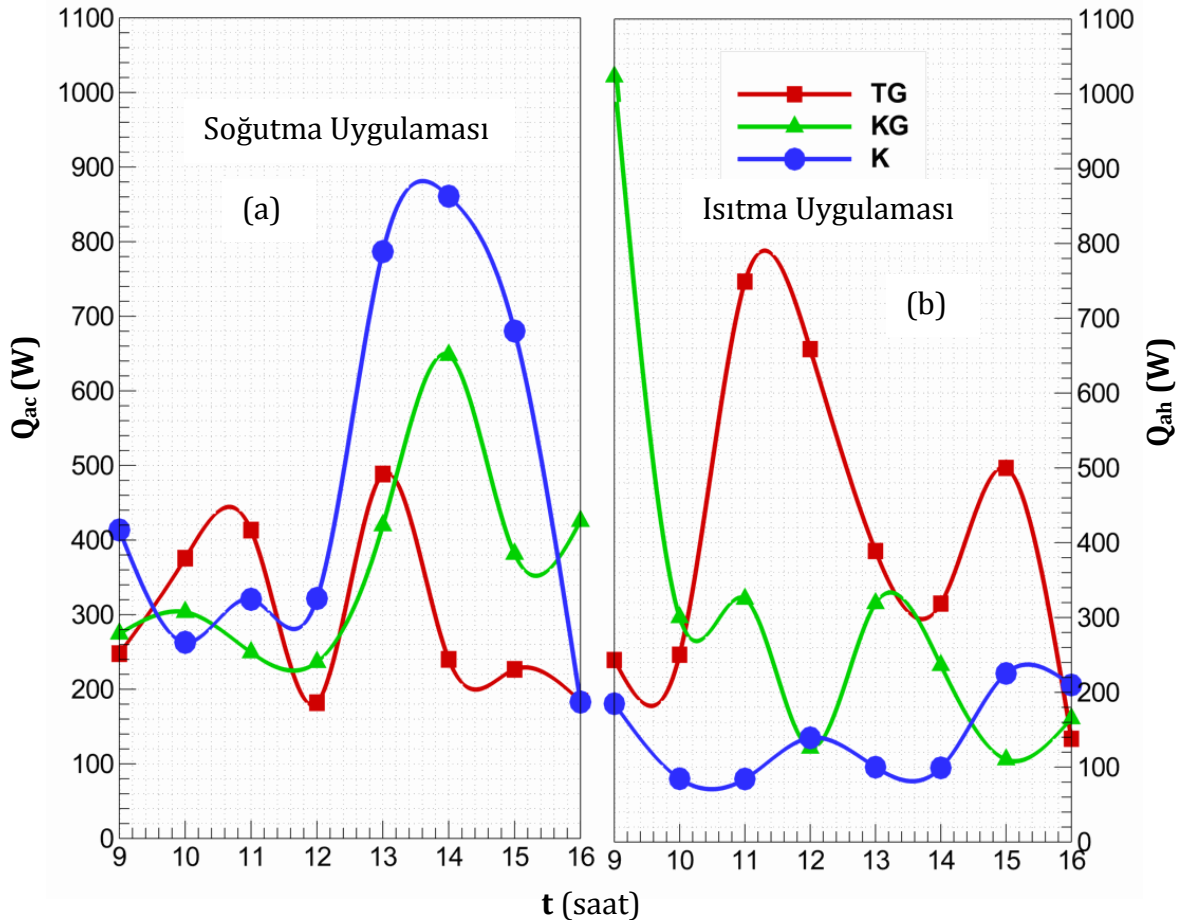
Şekil 5.8. Güneş kolektöründe toplanan güneş enerjisi Q_{swc} ve Q_{swh} miktarının zaman göre değişimi.

TG bir günde, Q_{swc} 'nin en yüksek değeri 700 W, en düşük değeri ise 200 W olarak belirlenmiştir. TG bir günde, Q_{swh} 'nin en yüksek değeri 700 W, en düşük değeri ise 210 W olarak belirlenmiştir. KG bir günde, Q_{swc} 'nin en yüksek değeri 650 W, en düşük değeri ise 150 W olarak belirlenmiştir. KG bir günde, Q_{swh} 'nin en yüksek 700 W, en düşük değeri ise 125 W olarak belirlenmiştir. K bir günde, Q_{swc} 'nin en yüksek değeri 650 W, en düşük değeri ise 250 W olarak belirlenmiştir. K bir günde, Q_{swh} 'nin en yüksek değeri 600 W, en düşük değeri ise 200 W olarak belirlenmiştir.

Güneş kolektöründe toplanan güneş enerjisi Q_{swc} ve Q_{swh} miktarının zamanla arttığını görüldüğü gibi, ortam sıcaklığı ve güneş radyasyonunun artması Güneş kolektöründe toplanan güneş enerjisi miktarında artmasına neden olmaktadır.

5.2. Q_{ac} ve Q_{ah} Değerlerindeki Değişim

Şekil 5.9'de Q_{ac} ve Q_{ah} arasında değişimi verilmiştir. Q_{ac} ve Q_{ah} 'nin ölçmeleri 9:00-16:00 saatleri arasında alınmıştır. Q_{ac} 'nin ölçmeleri Ağustos ayında Q_{ah} ölçmeleri ise Mart ayında alınmıştır.



Şekil 5.9. Soğutma ve Isıtma yüklerinin zamana göre değişimi.

TG bir günde, Q_{ac} 'nin en yüksek değeri 500 W, en düşük değeri ise 200 W olarak belirlenmiştir. TG bir günde, Q_{ah} 'nin en yüksek değeri 760 W, en düşük değeri

ise 150 W olarak belirlenmiştir. KG bir günde, Q_{ac} 'nin en yüksek değeri 650 W, en düşük değeri ise 250 W olarak belirlenmiştir. KG bir günde, Q_{ah} 'nin en yüksek 1000 W, en düşük değeri ise 120 W olarak belirlenmiştir. K bir günde, Q_{ac} 'nin en yüksek değeri 900 W, en düşük değeri ise 200 W olarak belirlenmiştir. K bir günde, Q_{ah} 'nin en yüksek değeri 200 W, en düşük değeri ise 90 W olarak belirlenmiştir.

Sistemin soğutma ve ısıtma yükü, artan T_g ile artış göstermektedir. Soğutma yükündeki bu artış, buharlaşan NH_3-H_2O miktarı ve sistem basıncındaki artıştan kaynaklanmaktadır. Bu durum, kondenser sıcaklığının, bir jeneratör için üretilen sıcaklıkla karşılaştırıldığında düşük olmasından ve jeneratör sıcaklığı artış gösterdiğinde, soğutma ve ısıtmanın da artmasını sağlamaktadır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Artan çevresel problemlerin azaltılması için, enerji ihtiyacının karşılanmasında fosil kökenli yakıtlara olan ihtiyacın azaltılması oldukça önemlidir. Bu amaçla alternatif enerji kaynaklarına yönelinmesi gerektiği gün geçtikçe daha fazla hissedilmektedir. Alternatif enerji kaynakları enerji kaynağı olarak değerlendirilebilecek güneş gibi yenilenebilir enerji kaynakları ve bununla ilgili sistemlerin verimliliği düşük ve ilk yatırım maliyeti kısmen yüksek olmakla birlikte, temiz, sonsuz ve işletimi ucuz bir kaynak olarak değerlendirilmektedir. Türkiye ve Irak konum itibarıyla güneş enerjisi kaynağı açısından ekvator ve Avrupa ülkeleri kadar avantajlı durumdadırlar.

Güneş enerjisi kullanılarak soğutma ve ısıtma işleminin gerçekleştirilebileceğine dair farklı çalışmalar yapılmıştır. Sunulan bu tez çalışmada, hem soğutma hem de ısıtma yapılabilecek güneş enerjisi kaynaklı iklimlendirme sisteminde, güneş enerjisi doğrudan kullanılmıştır. Bu uygulamada %85 verimlilikte oldukça önemli bir sonuç elde edilebilmiştir.

Bu uygulamada, güneş enerjisiyle ısıtılan su, soğutma ve ısıtma için kullanılmıştır. Soğutma ve ısıtma ihtiyacını karşılaması konveksiyonel soğutma sistemlerindeki elektrik tüketiminin büyük ölçüde azaltmak için Güneş enerjisinden faydalanılması önemli bir yöntem olarak değerlendirilmektedir. Absorpsiyonlu soğutma ve ısıtma uygulamaları için Güneş enerjisi uygun bir ısı enerji kaynağıdır.

Bu sistemlerin ilk yatırım maliyeti kısmen yüksek olmakla birlikte, yakıt maliyetinin olmaması nedeniyle işletme maliyeti çok düşüktür. Enerji tüketimi ve zararlı emisyonların azaltılmasına katkı sağlaması nedeniyle güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu soğutma ve ısıtma sistemi, giderek artan bir ilgi görmektedir.

Güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu ısıtma ve soğutma sisteminin; uzun ömürlü olması, kurulum ve bakım maliyetlerinin azaltılması için tasarımı ve

kurulması sürecinde gaz ve güneş kolektörünün özelliklerine dikkat etmek gerekir. Bu amaçla, güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu ısıtma ve soğutma sisteminin kurulumundan önce, farklı derinliklerdeki suyun sıcaklığı dikkate alınarak güneş kolektörünün özellikleri test edilmelidir. Güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu ısıtma ve soğutma sisteminde kullanılan ekipmanlarının enerji verimliliği açısından seçimi önemlidir. Minimum enerji tüketimini ve düşük maliyetler sağlayacak en iyi sistem parametrelerinin belirlenmesi için güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu ısıtma ve soğutma sisteminin ekipmanları ve sistemin tamamı için bir ön tasarım çalışmaları yapılmalıdır. Tasarım çalışmalarında sonra analizler ile süreç takip edilmelidir.

Sonuç olarak yerli teknolojiyle güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu ısıtma ve soğutma sisteminin üretilmesi ve uygulanması durumunda, enerji üretimi veya enerjinin geri kazanımı elde edilerek, ulusal bazda ekonomik ve çevresel açıdan önemli katkılar sağlayacağı gözlenlenmiştir.

Oda ya da ofis ortamının ısıtılmasını ve soğutulmasını sağlamak için gerekli ölçümler gerçekleştirilmiş ve yeterli sonuçlar elde edilmiştir. Oda ya da ofis boyutları 2.5 X 3 X 3m'dir. Tüm deneyler, güneş enerjisinden yararlanan soğutma ve ısıtma sistemi ile, NH₃-H₂O soğutma sıvısı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sistemden elde edilen sonuçlar ise, soğutma sistemi için 2016 yılının Ağustos döneminde ve ısıtma sistemi için de 2017 yılının Mart döneminde alınmıştır. Deneyler, sabah 9.00 ile öğleden sonra 16.00 saatleri arasında gerçekleştirilmiş ve deneylerden elde edilen bulgular kaydedilmiştir. Gerçekleştirilen deneyler sonucunda, soğutma sistemi için oda sıcaklığının 23 °C'ye ulaştığı tespit edilmiştir. Maksimum COP_c 5,28, güneş radyasyonu maksimum 780 W/m², ortam sıcaklığı maksimum 40 °C, ortam sıcaklığı minimum 31 °C, jeneratör sıcaklığı maksimum 88 °C jeneratör sıcaklığı minimum 71 °C ve ısıtma sistemi için oda sıcaklığının 28.3 °C'ye ulaştığı gözlemlenmiştir. Maksimum COP_h 3,85, güneş radyasyonu maksimum 650 W/m², ortam sıcaklığı maksimum 20 °C, ortam sıcaklığı minimum 12,5 °C,

jeneratör sıcaklığı maksimum 62 °C jeneratör sıcaklığı minimum 48 °C olarak gözlemlenmiştir.

İleride yapılacak çalışmalarda yardımcı enerji kaynağı olarak elektrikli ısıtıcı kullanılabilir. Bu çalışmada kullanılan soğutucu akışkan olarak amonyak kullanılmıştır. İleri yapılacak çalışmalarda CH₃OH metanol ya da Li-Br diğer soğutucu akışkanların da kullanılarak daha iyi sonuçlar elde edilebilir.

İleride yapılacak çalışmalarda etilen glikol antifriz yerine su kullanılabilir, çünkü etilen glikol antifriz kışın boruların içindeki dolaşan akışkanın donmasını önler. Bu çalışmada kullanılan düz plakalı ve vakum tüpler olarak kullanılmıştır. Ancak ileride yapılacak çalışmalarda odaklamalı kollektörler kullanılabilir. Güneş kollektörlerini kullanmakta amaç, üzerine düşen Güneş ışınımının mümkün olduğu kadar büyük bir kısımdan faydalanabilmektir ve edilen ısı enerjisinin sıcaklık seviyesini arttırmak, ısı kayıpları olan yüzeyi küçülterek toplayıcının verimini yükseltmektir. Ayrıca, daha ucuz- ve kullanışlı bir toplayıcı meydana getirmek için güneş kollektörleri kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- Agyenim, F., et al., 2010. Design and experimental testing of the performance of an outdoor LIBR/H₂O solar thermal absorption cooling system with a cold store, *Solar Energy* 84 (5): 735-744
- Ahemd, S., 2013. Ammonia\water-absorption refrigeration system. <http://absorptionchiller4u.blogspot.com.tr/3\12\2016>
- Ajay, S., Dr.Sankar, S., 2015. Design and performance analysis of a solar thermal assisted vapour absorption air conditioning system. *Ijirset*, Vol.4, Issue.5, April\2015.
- Al-Alil, A., et al, 2012. Modeling of solar powered absorption cycle for ABU Dhabi, *applied energy* 93:160-7
- Balghouthi, M., et al., 2008. Feasibility of solar absorption air conditioning in Tunisia, *Build Environ* 43 (9):1459-1470
- Bajpai, V.K., 2012. Design of solar powered vapour absorption system proceedings of the world congress on engineering, Vol 3 London, U.K.
- Bilsay, P., 2012. Experimental analysis of a solar absorption system with interior energy storage, *Journal of Energy in Southern Africa*. Vol 23 No 2.
- Benka, S.G., Holman, G.D., 1992. Model for solar microwave bursts, *Astrophysical journal*, Vol.391, No.2.
- Betül, B.E., 2015. Evaluation of Ts 825 thermal insulation requirements in buildings in Turkey in terms of solar radiation, *Megaron* No.1, Vol 10.
- Bonus, A., 2001. Solar hot water\home power magazine. Date: 23\12\2016. www.solarhost.com
- Christy, V.V., Trijo, T., Nagarajan, A.P., 2013. Modeling and experimental analysis of generator in vapour absorption refrigeration system, *Journal of Engineering Research and Application*, Vol: 3, Issue: 5.
- Duffie, J.A., Beckman, W.A., 1991. *Solar engineering of thermal process*, university of Wisconsin. Madison. Pages 3-8, 236-240.
- Dr. Ir.R.Versluy., 2011, solar collector, *Technological design engineering*

- Denny, J., 2015.Vapour absorption refrigeration system. www.slideshare.com Date 24\2\2017. Pages 65-80.
- Engin, D.Y., 2010. güneş enerjili absorpsiyonlu soğutma sistem tasarımı, Muğla ünversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi. Sayfa 8-12.
- Fathi, R., Quaskit, S., 2001.Performance of solar Libr- water absorption refrigeration system, Rev.Energ.Ren:Journess de Thermique. www.cder.dz\download\jithlo 12/12/2016
- Flpride, G.A., Kalogirous, S.a, 2002. modeling and simulation of an absorption solar cooling system for Cyprus, Solar Energy, Vol: 72, Issue: 1.
- Fatih, I.Ö., 2008.NH3/H2O absorpsiyon soğutma sisteminin güneş enerjisi ile çalıştırılması ve verimlilik analizi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi, Isparta. Sayfa 8-12.
- Gabsi, S., Chaouachi, B.C, 2007. Design and simulation of an absorption diffusion solar refrigeration unit, American journal of Applied Sciences.
- Gemi, I., Gemi, M., 2010. Güneş enerjisi ile çalışan absorpsiyonlu soğutma sistemlerinin termodinamik incelemesi sistem simülasyonu ve analizi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi, İstanbul. Sayfa 10-25.
- Housecroft, C.E., Sharp, A.G.S, 2000. Inorganic chemistry, New York: prntice hall. < ISBN 978-0582310803. <https://www.slideshare.net/laurenztack/solar-collector-presentation-for-dummies>. 23/12/1016
- Hareshü, K., 2010. Simple vapor absorption refrigeration system. www.brightengineering.com . Date 3\11\2016
- Jasim, M.A., Kamrauzzman, S., Alghoul, M.A., Mohd, Y.S., Azami, Z., Ibrahim, A., 2008. Solar absorption refrigerant system using new working fluid pairs. www.researchgate.net Date 5\1\2017.
- Kalogirou, S.A., 2014. Solar energy engineering processes and system "second edition" kidling, Oxford, USA. Sayfa 45-70.
- Levy, A., ve Kosloff, R., 2012. Quantum absorption refrigeration. Date 5\1\2017. www.en.wikipedia.org.

- Mittal, V., Kasana, K.S., Thakur, N.S., 2005. The study of solar absorption air-conditioning system India, Journal of Energy in Southern Africa, vol.17, no.3.
- Meza et al, 2013. Experimental study of an absorption heat transformer heat recycling to the generator, International Journal of Engineering Technology and Advanced Engineering, volume 5, Issue 6.
- Mohd, A.Ur.R., Md, A.R.J., Naveed, A., 2014. Design and fabrication for vapour absorption refrigeration system (libr-H₂O), Journal of Modern Engineering Research Ijmer, Vol: 4 Issue: 9. www.ijmer.com 8/1/2017
- Mohadaseh, M., 2015. simulating single effect absorption cooling lithium bromide a solar system with flat plate collector and contribute to an office building, Science Journal Vol 36, No4, Issue 1300-1949.
- Nusert, O., 2009. Güneş enerji kaynaklı çift etkili absorpsiyonlu soğutucu ile soğutma işleminin verimliliğinin hesaplanması, Gebze Yüksek Teknoloji, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi. Sayfa 23-30.
- Nasir, I et al, 2017. Solar absorption system with integrated absorption energy storage. www.elsevier.com/locate/rses
- Nasir, A., ve Adel, A., 2010. The use of direct solar energy in absorption refrigeration employing NH₃-H₂O system, Iraq Journal of Chemical and Petroleum Engineering, Vol 11, NO 4, Issue: 12010-4884.
- Ortiz, M., et al, 2010. Modeling of a solar-assisted HVAC system with thermal storage, Energy Build.
- Pongtornkulpanich, M., 2008. Experience with fully operational solar-driven LIBR\H₂O single effect absorption cooling system in Thailand, Renewable Energy.
- Preene, et al., 2011. simulation and experimental investigation of solar absorption cooling system in Reunion Island, Applied Energy 88 Pages 831-839.
- Rosiek, S., ve Batiles, F.j., 2009. Integration of solar thermal energy in the construction: analysis of the solar-assisted air-conditioning system installed in siesol building, Renewable Energy Vol 34, Issue 6. Pages 1423-1431.

- Sayigh. A.A.M., 1977. Solar energy engineering. Riyadh University- Saudi Arabia. Pages 465-480.
- Stoecker, W.F., ve Jones, J.W., 1982. Refrigeration and air conditioning. Second edition, New york, McGraw-Hill, Sayfa 330-360.
- Shaizal, S.A., 2006. Integrated solar energy and absorption cooling model for HVAC (heating, ventilating, and air conditioning) application in buildings, Michigan Technological University, for doctor. pages 70-82.
- Soteris, A.K., 2014. Solar energy engineering processes and system "second edition", Killington, Oxford, USA. Pages 19-23.
- Smai, L., Risto, L., Kimmo, V., 2015. Safety guide of ammonia refrigerating system.<http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2015/Safety-guide-of-ammonia.pdf> 22/12/2016
- Tadros, M.T.Y.T, 2014. Estimation of the global horizontal solar radiation in Iraq, International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. Vol.4, issue8 www.ijetae.com 22/12/2016
- Umberto, D., Stefania, P., Paolo, S., 2009. Solar-powered cooling system: Technical and economic analysis on industrial refrigeration and air-condition application. Elsevier\Applied Energy, Vol86, Issue9.
- Ursula, E., 2001. Solar technologies for buildings, University of Applied Sciences, Stuttgart. Germany. Pages 177-181
- XU, S.M., Huang, X.D., DU, R., 2011. An investigation of solar power absorption refrigeration system with advanced energy storage technology, Solar Energy 85(2011) 1794-1804.
- Yasar, D., 2012. Energy production, conversion, storage, conservation and coupling, University of Nebraska Lincoln. USA. Pages 40-58

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Sedeeq Bakr Tajuldeen Alomari

Doğum yeri ve yılı : Bağdat /1990

Medeni Hali : Bekar

E-Post : Sedeeq.alomari@yahoo.com



Eğitim Durumu

Lise : Almarkazaya Lisesi 2005-2008

Lisans : Al Rafidain Unviersity College 2009-2013

Yayımları

Sedeeq Alomari, O.Ipek, 2017. **Solar Energy Based Combined Cooling and Heating System Design and Prototype Production**, 6 Interntional Conference on Engineering, Science, Technology and Industrial Application (ESTA-2017) 145p, Istanbul / Turkey 8-10, Sept, 2017

Osman İpek, Sedeeq Alomari, Barış Gürel, Mehmet Kan and Mohammed Alkhalidi. 2018. **Güneş Enerjisi Kaynaklı Kombine Isıtma ve Soğutma Sistemi Tasarımı ve Prototip Üretim**, 1 st International Symposium on Innovative Approaches in Scientific Studies 195, Antalya / Turkey. April 11-13, 2018.

Osman İpek, Mohammed Alkhalidi, Mehmet Kan, Barış Gürel and Sedeeq Alomari. 2018. **Toprak Kaynaklı Isı Pompası ile Isparta Şartlarında Bir Isıtma Uygulaması**, 1 st International Symposium on Innovative Approaches in Scientific Studies 194, Antalya / Turkey. April 11-13, 2018.