

**T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SICAK SU KOLLEKTÖRÜ İLE BİRLEŞİRİLMİŞ DAMITMA SİSTEMİ
TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Emin EL

(092120109)

**Anabilim Dalı: Makina Mühendisliği
Programı: Termodinamik**

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Cengiz YILDIZ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 10.06.2013

HAZİRAN-2013

**T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SICAK SU KOLLEKTÖRÜ İLE BİRLEŞİRİLMİŞ DAMITMA
SİSTEMİ TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Emin EL

(092120109)

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 10 Haziran 2013
Tezin Savunulduğu Tarih : 27 Haziran 2013**

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Cengiz YILDIZ (F.Ü)
Diğer Jüri Üyeleri: Prof. Dr. Yaşar BİÇER (F.Ü)
Doç. Dr. Nevin ÇELİK (F.Ü)



HAZİRAN-2013

ÖNSÖZ

Hazırladığım bu çalışmada, beni her zaman büyük özveriyle destekleyen ve çalışmamın bütün aşamalarında her türlü yardımı gösteren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Cengiz YILDIZ' a teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmamın gerçekleşmesinde önemli katkıları olan F.Ü Mühendislik Fakültesi Bölüm Başkanı Doç. Dr. Haydar EREN' e, Prof. Dr. Yaşar BİÇER' e, Yrd. Doç. Dr. Gülşah ÇAKMAK' a, Yrd. Doç. Dr. Halit Lütfi YÜCEL' e, Yrd. Doç. Dr. Mustafa GÜR' e Makine Mühendisi Sinem KILIÇKAP' a teşekkür ederim.

Ayrıca, bu çalışma süresince manevi desteklerini benden esirgemeyen aileme ve sevdiklerime teşekkür ederim.

Bu çalışma, Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi, Proje No: MF.11.10 kapsamında desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı FÜBAP Koordinasyon Birim Yönetimi'ne teşekkürlerimi sunarım.

Saygılarımla.

Emin EL
ELAZIĞ - 2013

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	V
ABSTRACT	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ	VII
TABLolar LİSTESİ	XI
SEMBOLLER LİSTESİ	XII
1. GİRİŞ	1
1.1. Literatür Araştırması.....	3
1.2. Güneş Enerjisi.....	9
1.2.1. Türkiye’de güneş enerjisinin durumu:.....	10
1.2.2. Güneş enerjili su ısıtma sistemleri:.....	11
1.3. Su ve Önemi	19
1.3.1. Dünya su kaynakları	20
1.3.2. Türkiye’nin su kaynakları.....	21
1.4. Su Arıtma Yöntemleri.....	23
1.4.1. Membran prosesler	24
1.4.2. Kimyasal prosesler.....	26
1.4.3. Damıtma prosesleri	26
1.5. Güneş Enerjili Damıtma	27
1.5.1. Fitilli tip damıtıcılar	28
1.5.2. Asimetrik sera tipi damıtıcılar	29
1.5.3. Havuz tipi damıtıcılar	30
2. MATERYAL VE METOT.....	35
2.1. Deney Düzeneği.....	35
2.1.1. Deneylerde kullanılan ölçme cihazları	42
2.1.2. Ölçülen değerlerin hata analizi	44
2.2. Sistem Tasarımı ve Verim Deneyleri	47
2.2.1. Doğal ve cebri taşınımli sıcak su kollektörlerinin verim deneyleri.....	47

2.2.2. Havuz tipi damıtıcıdaki su seviyesinin verim üzerindeki etkisi deneyleri	48
2.2.3. Sıcak su kollektörüyle birleştirilmiş havuz tipi damıtıcı sistem tasarımı ve deneyleri	49
2.2.4. Depo tipi damıtıcı tasarımı ve deneyleri.....	54
2.2.5. Sıcak su kollektörü ile birleştirilmiş damıtıcı sistemi tasarımı ve deneyleri	56
3. BULGULAR.....	58
3.1. Kollektör Verim Deneyleri	58
3.2. Havuz Tipi Damıtıcıda Bulunan Su Seviyesine Göre Verim Deneyleri	60
3.3. Sıcak Su Kollektörüyle Birleştirilmiş Havuz Tipi Damıtıcı Deneyleri	61
3.4. Depo Tipi Damıtıcı Deneyleri	74
3.5. Sıcak Su Kollektörüyle Birleştirilmiş Damıtıcı Sistem Deneyleri	79
4. TARTIŞMA VE SONUÇ	84
5. ÖNERİLER.....	87
6. KAYNAKLAR	88
ÖZGEÇMİŞ	94

ÖZET

Bu çalışmada, güneş enerjili su ısıtma sistemlerinde verim artışının sağlanması ve aynı anda damıtık su üretimi hedeflemiştir. Bu amaçla hazırlanan çalışmada sıcak su kollektörü ile birleştirilmiş damıtma sistemi tasarlanmış, deneyler yapılarak sonuçlar yorumlanmıştır.

Yapılan çalışmada, doğal ve cebri taşınım ile çalışan güneş kollektörlerinde verim incelenmiş ve birbirleriyle karşılaştırılması yapılmıştır. Ayrıca, tasarımı yapılan geleneksel damıtıcı ile geliştirilen damıtıcılarda günlük üretilen su miktarları belirlenmiştir. Daha sonra güneş enerjili sıcak su kollektörü ile birleştirilmiş damıtıcıların deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar sunulmuştur. Işınım, sıcaklıklar, verim, damıtık su miktarları gibi değişik parametreler Temmuz-Ekim 2012 tarihleri içinde belirtilen günler için değerlendirilmiştir.

Çalışma sonucunda en yüksek verim değerinin cebri taşınımlı kollektörler ile elde edildiği, özellikle Ekim ayında öğle saatlerinde verim değerinin %77.98' lere ulaştığı belirlenmiştir. Ayrıca, damıtık su miktarı en fazla güneş kollektörü ile birleştirilmiş havuz tipi ve depo tipi damıtıcıda 7.92 lt/gün olarak belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: : Güneş Enerjisi, Kollektör, Damıtma, Verim.

ABSTRACT

Design of a Solar still integrated with the hot water collector

In this study, it was to increase the efficiency of solar water heating systems and to enhance the production of distilled water at the same time. For this aim; a distillation system combined with hot water collector was designed. Some experiments were done and finally the results were discussed.

The efficiency in natural and forced solar collectors was found out and compared to each other. In addition, the amount of daily-produced-water in the conventional type distillers and new-designed distillations. Then experiments were made on distillers combined with solar-energy water and the obtained results are presented. Various parameters such as radiation, temperatures, efficiency, and volume of distilled water are evaluated for the days indicated between July and October 2012.

As a result of this study, it has been found out that the highest efficiency is obtained by using forced convection collectors and that the level of efficiency reached up to 77.98 % at noon in October. In addition, the highest volume of distilled water has been obtained as 7.92 liters per day in pool-type and store-type distillers combined with a solar collector.

Keywords: Solar energy, collector, distillation, efficiency

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin çeşitli yönlerden sınıflandırılması	11
Şekil 1.2. (a) Açık devreli sistem (b) Kapalı devreli sistem.....	12
Şekil 1.3. (a) Doğal taşınımlı sistem (b) Cebri taşınımlı sistem.....	13
Şekil 1.4. Düz yüzeyli güneş kollektörü.....	14
Şekil 1.5. Kollektör boru ve yutucu plaka bağlantı şekilleri.....	15
Şekil 1.6. Kollektör borularının dolaştırılma şekilleri.....	15
Şekil 1.7. Düz yüzeyli güneş kollektörü ısı akış şeması	15
Şekil 1.8. Düz yüzeyli kollektörlerde ısı geçişinin elektrik benzeşimi	17
Şekil 1.9. Dünya liderlerinin öncelikli konuları ve konuya verdikleri önem	19
Şekil 1.10. Dünyadaki suyun dağılımı	20
Şekil 1.11. Türkiye’de yıllara göre kişi başına düşen su kullanım miktarı	23
Şekil 1.12. Ters ozmos tesisi planının basit bileşenleri.....	24
Şekil 1.13. Elektrodializ prosesinin şematik diyagramı	25
Şekil 1.14. Güneş damıtma ünitesinin şematik şekli.....	27
Şekil 1.15. Eğimli güneş enerjili su damıtma sisteminin şematik gösterimi.....	29
Şekil 1.16. Asimetrik sera tipi güneş enerjili damıtıcı	30
Şekil 1.17. Havuz tipi damıtıcı.....	30
Şekil 1.18. Güneş enerjili damıtıcıda ısı geçiş durumları.....	31
Şekil 2.1. Sıcak su kollektörü ile birleştirilmiş damıtma sistemi	35
Şekil 2.2. Sıcak su kollektörü.....	36
Şekil 2.3. Depo	36
Şekil 2.4. Kollektör sehpası.....	37
Şekil 2.5. Havuz tipi damıtıcı boyutları	37
Şekil 2.6. Havuz tipi damıtıcı imalatı.....	38
Şekil 2.7. (a). Borulu ısı değiştirgeci (b). Geliştirilmiş levhalı ısı değiştirgeci.....	39
Şekil 2.8. Isı değiştirgeçlerinin havuz tipi damıtıcı içerisine yerleştirilişi	39
Şekil 2.9. Depo tipi damıtıcı ölçüleri	40
Şekil 2.10. Depo tipi damıtıcı.....	40
Şekil 2.11. Sirkülasyon pompası	41

Şekil 2.12. Fotovoltaik pil	41
Şekil 2.13. Datalogger	42
Şekil 2.14. Piranometre	43
Şekil 2.15. Deneylerde kullanılan rotametre	43
Şekil 2.16. Hassas su sayacı	43
Şekil 2.17. Tasarımı yapılan doğal taşınım ve cebri taşınım sistemleri.....	47
Şekil 2.18. Doğal ve cebri dolaşım sistemi	48
Şekil 2.19. Havuz tipi damıtıcıdaki su seviyesinin verim üzerindeki etkisi deneyleri.....	49
Şekil 2.20. Sıcak su kollektörüyle birleştirilmiş konvensiyonel havuz tipi damıtıcı	49
Şekil 2.21. Sıcak su kollektörüyle birleştirilmiş konvensiyonel havuz tipi damıtıcının çalışma prensibi	50
Şekil 2.22. Sıcak su kollektörüyle birleştirilmiş boru tip ısı değiştirgeçli havuz tipi damıtıcı	51
Şekil 2.23. Sıcak su kollektörüyle birleştirilmiş boru tip ısı değiştirgeçli havuz tipi damıtıcı çalışma prensibi	51
Şekil 2.24. Sıcak su kollektörüyle birleştirilmiş levha tip ısı değiştirgeçli havuz tipi damıtıcı	52
Şekil 2.25. Cebri taşınım sıcak su kollektörüyle birleştirilmiş levhalı ısı değiştirgeçli havuz tipi damıtıcı şematik resmi	53
Şekil 2.26. Sıcak su kollektörüyle birleştirilmiş damıtıcı sistem deneyleri	53
Şekil 2.27. Depo tipi damıtıcı tasarımı.....	54
Şekil 2.28. Depo tipi damıtıcı şematik resmi	55
Şekil 2.29. Depo tipi damıtıcı sistemi	55
Şekil 2.30. Güneş kollektörüyle birleştirilmiş çift etkili damıtıcı sistemi şematik resmi ..	56
Şekil 2.31. Sıcak su kollektörüyle birleştirilmiş damıtıcı sistemi	57
Şekil 3.1. Doğal taşınım kollektörde elde edilen sıcaklık değerleri.....	58
Şekil 3.2. Cebri taşınım (30 kg/h) kollektörde elde edilen sıcaklık değerleri.....	58
Şekil 3.3. Cebri taşınım (50 kg/h) kollektörde elde edilen sıcaklık değerleri.....	59
Şekil 3.4. Hesaplanan anlık verim değerleri.....	59
Şekil 3.5. Havuz tipi damıtıcıda su derinliğine bağlı olarak anlık üretilen damıtık su miktarları	60

Şekil 3.6. Havuz tipi damıtıcıda su derinliğine bağlı olarak anlık verim değerleri.....	60
Şekil 3.7. Su seviyesinin damıtılmış su miktarı üzerindeki etkisi.....	61
Şekil 3.8. Klasik havuz tipi damıtıcıda sıcaklıkların zamana göre değişimi.....	62
Şekil 3.9. Klasik havuz tipi damıtıcı için saatte ve toplam üretilen su miktarı	63
Şekil 3.10. Klasik havuz tipi damıtıcı için gündüz, gece ve toplam üretilen su miktarları.....	63
Şekil 3.11. Sıcak su kollektörü ile birleştirilmiş klasik havuz tipi damıtıcıda sıcaklıkların zamana göre değişimi	64
Şekil 3.12. Sıcak su kollektörü ile birleştirilmiş klasik havuz tipi damıtıcıda saatte ve toplam üretilen su miktarı.....	65
Şekil 3.13. Sıcak su kollektörü ile birleştirilmiş klasik havuz tipi damıtıcıda için gündüz, gece ve toplam üretilen su miktarları.....	65
Şekil 3.14. İçerisine borulu ısı değiştirgeci yerleştirilmiş havuz tipi damıtıcıda sıcaklıkların zamana göre değişimi	66
Şekil 3.15. İçerisine borulu ısı değiştirgeci yerleştirilmiş havuz tipi damıtıcı için saatte ve toplam üretilen damıtık su miktarı.....	67
Şekil 3.16. İçerisine borulu ısı değiştirgeci yerleştirilmiş havuz tipi damıtıcı için gündüz, gece ve toplam üretilen su miktarları.....	67
Şekil 3.17. İçerisine levhalı ısı değiştirgeci yerleştirilmiş havuz tipi damıtıcıda sıcaklıkların zamana göre değişimi	68
Şekil 3.18. İçerisine levha tip ısı değiştirgeci yerleştirilmiş havuz tipi damıtıcı saatte ve toplam üretilen damıtık su miktarı	69
Şekil 3.19. İçerisine levha tip ısı değiştirgeci yerleştirilmiş havuz tipi damıtıcı için gündüz, gece ve toplam üretilen su miktarları.....	69
Şekil 3.20. Sistem verimlerinin değişimi	70
Şekil 3.21. İçerisine levha tip ısı değiştirgeci yerleştirilmiş havuz tipi damıtıcıda sıcaklıkların zamana göre değişimi (cebri taşınım).....	71
Şekil 3.22. İçerisine levha tip ısı değiştirgeci yerleştirilmiş havuz tipi damıtıcı için saatte ve toplam üretilen damıtık su miktarı (cebri taşınım)	72
Şekil 3.23. İçerisine levha tip ısı değiştirgeci yerleştirilmiş havuz tipi damıtıcı için gündüz, gece ve toplam üretilen su miktarları.....	72

Şekil 3.24. Doğal taşınım (η_4) ve cebri taşınım (η_5) deney düzeneklerinin verimlerinin karşılaştırılması.....	73
Şekil 3.25. Doğal taşınımlı depo tipi damıtıcıdaki sıcaklık değişimi ve damıtılan su miktarı.....	74
Şekil 3.26. Doğal taşınımlı depo tipi damıtıcıda üretilen damıtık su miktarı	75
Şekil 3.27. Doğal taşınımlı depo tipi damıtıcıda üretilen bir günlük damıtık su miktarı ...	75
Şekil 3.28. Cebri taşınımlı (30 kg/h) depo tipi damıtıcıdaki sıcaklık değişimi.....	76
Şekil 3.29. Cebri taşınımlı (30 kg/h) depo tipi damıtıcıda üretilen damıtık su miktarı	76
Şekil 3.30. Cebri taşınımlı (30 kg/h) depo tipi damıtıcıda üretilen günlük damıtık su miktarı.....	77
Şekil 3.31. Cebri taşınımlı (50 kg/h) depo tipi damıtıcıdaki sıcaklık değişimi.....	77
Şekil 3.32. Cebri taşınımlı (50 kg/h) depo tipi damıtıcıda üretilen damıtık su miktarı	78
Şekil 3.33. Cebri taşınımlı (50 kg/h) depo tipi damıtıcıda üretilen günlük damıtık su miktarı.....	78
Şekil 3.34. Doğal taşınımlı ve cebri taşınımlı depo tipi damıtıcı verimleri	79
Şekil 3.35. Sıcak su kollektörüyle birleştirilmiş damıtıcı sisteminde havuz tipi damıtıcıda sıcaklıkların zamana göre değişimi	80
Şekil 3.36. Sıcak su kollektörüyle birleştirilmiş damıtıcı sisteminde saatte üretilen ve toplam üretilen damıtık su miktarı	80
Şekil 3.37. Sıcak su kollektörüyle birleştirilmiş damıtıcı sisteminde havuz tipi damıtıcı ve depo tipi damıtıcıda üretilen damıtık su miktarları.....	81
Şekil 3.38. Sıcak su kollektörüyle birleştirilmiş damıtıcı sisteminde üretilen bir günlük damıtık su miktarı.....	82
Şekil 3.39. Sıcak su kollektörüyle birleştirilmiş damıtıcı verimi	82

TABLÖLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. Türkiye aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süreleri.....	10
Tablo 1.2. Kıtalarda su dengesi	21
Tablo 1.3. Türkiye’de sektörler tarafından kullanılan su miktarı.....	22
Tablo 1.4. Su varlığına göre ülkelerin sınıflandırılması.....	22
Tablo 2.1. Damıtma deneyleri sırasında meydana gelen toplam hata miktarları	46
Tablo 3.1. Şebeke suyu ve damıtık suyunun fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik analiz sonuçları	83

SEMBOLLER LİSTESİ

A_t	: Kollektör yüzey alanı (m^2)
C_p	: Suyun özgül ısısı (kJ/kgK)
h_b	: Taban ve duvarlardan çevreye taşınım ile ısı transfer katsayısı (W/m^2K)
h_{cw}	: Su yüzeyinden örtüye taşınım ile ısı transfer katsayısı (W/m^2K)
h_{ca}	: Saydam örtüden dış ortama taşınım ile ısı transfer katsayısı (W/m^2K)
h_{ew}	: Su yüzeyinden cam kapağa buharlaşma ile ısı transfer katsayısı (W/m^2K)
h_{ra}	: Saydam örtüden dış ortama ışıyım ile ısı transfer katsayısı (W/m^2K)
h_{rw}	: Su yüzeyinden örtüye ışıyım ile ısı transfer katsayısı (W/m^2K)
h_w	: Emici yüzeyden havuz suyuna ısı transfer katsayısı (W/m^2K)
h_{lg}	: Cam kapaktan çevreye toplam ısı transfer katsayısı (W/m^2K)
h_{lw}	: Su yüzeyinden cam kapağa toplam ısı transfer katsayısı (W/m^2K)
I	: Işıyım (W/m^2)
K	: Yutucu plaka ve çevre arasındaki toplam ısı kayıp katsayısı (W/m^2K)
m	: Birim alan başına düşen damıtık su miktarı (kg/m^2)
L	: Buharlaşma kayıp ısısı (W/m^2K)
L_y	: Yalıtım kalınlığı (m)
P_g	: Cam sıcaklığındaki kısmi buhar basıncı (N/m^2)
P_w	: Su sıcaklığındaki kısmi buhar basıncı (N/m^2)
Q_b	: Damıtıcı duvarları ve tabanından taşınım ile geçen toplam ısı miktarı (W/m^2)
Q_{ca}	: Saydam örtüden dış ortama taşınım ile geçen ısı miktarı (W/m^2)
Q_{cw}	: Su yüzeyinden örtüye taşınım ile geçen ısı miktarı (W/m^2)
Q_d	: Kollektörün ısı ataletine bağlı olarak depolanan ısı miktarı (W/m^2)
Q_{ew}	: Su yüzeyinden buharlaşma ile geçen ısı miktarı (W/m^2)
Q_f	: Kollektörden akışkana aktarılan faydalı ısı miktarı (W/m^2)
Q_g	: Kollektör yüzeyine gelen ısı miktarı (W/m^2)
Q_k	: Kollektörde meydana gelen ısı kayıpları (W/m^2)

Q_{ra}	: Saydam örtüden dış ortama ışıınım ile geçen ısı miktarı (W/m^2)
Q_{rw}	: Su yüzeyinden örtüye ışıınım ile geçen ısı miktarı (W/m^2)
Q_w	: Havuzun iç enerji değişimi miktarı (W/m^2)
Q_{wb}	: Emici yüzeyden havuz suyuna ısı geçiş miktarı (W/m^2)
T_a	: Çevre sıcaklığı ($^{\circ}C$)
T_b	: Emici yüzey sıcaklığı ($^{\circ}C$)
T_g	: Cam kapak yüzey sıcaklığı ($^{\circ}C$)
$T_{kç}$	: Kollektörden çıkan akışkan sıcaklığı ($^{\circ}C$)
T_{kg}	: Kollektöre giren akışkan sıcaklığı ($^{\circ}C$)
T_w	: Su sıcaklığı ($^{\circ}C$)
$\dot{m}$	: Kütlesel debi (kg/h)
$\dot{V}$	: Hacimsel debi (m^3/h)
ρ	: Suyun özkütlesi (kg/m^3)
α	: Absorbtivite
σ	: Steafan Boltzman sabiti ($5.67 \times 10^{-8} W/m^2K$)
η	: Verim

1. GİRİŞ

Nüfus artışı, sanayileşme ve etkin tarım faaliyetleri, dünyanın kısıtlı yeraltı ve yerüstü kaynaklarının tükenmesine yol açmakta ve çevre sorunlarını arttırmaktadır. Bu bağlamda sanayileşme ve gelişmelere paralel olarak ülkemizde de kaynak tüketimi hızla artmaktadır. Dünyada ve ülkemizde enerji ve su kaynaklarının giderek tükenmesi ve mevcut kaynaklarının kullanılamayacak duruma gelmesi, enerji ve su temini konusunu ön plana çıkarmaktadır.

Hızla artan nüfusu ve gelişen ekonomisi ile Türkiye'nin enerji ihtiyaçlarını karşılamak, başa çıkılması gereken en önemli sorunlardan biridir. Türkiye dünyanın en çok doğalgaz ithal eden ülkeleri arasında yedinci sırada yer almaktadır. Petrol ithalatı açısından ise Meksika, Endonezya ve Vietnam ile aynı sırayı paylaşmaktadır. Gittikçe azalan fosil kaynakları düşünüldüğünde, Türkiye'nin ilerleyen yıllarda enerji alanında sıkıntılar yaşaması kaçınılmaz bir hal almaktadır. Özellikle, Türkiye'nin sürdürülebilir bir ekonomik gelişme elde edebilmesi için, enerji kaynaklarını daha verimli kullanması ve yenilenebilir enerji kaynakları ve bunu sağlayabilecek teknolojilerin oluşturulması önem kazanmaktadır [1].

Yenilenebilir enerji; uygun teknolojilerin kullanılması halinde kirlетici etkisi olmayan, sürdürülebilir, yerli ve çevre dostu özellikleri ile öne çıkan bir enerji türü konumundadır ve Türkiye yenilenebilir enerji kaynak potansiyeli oldukça yüksek bir ülkedir [2].

Yenilenebilir enerji bakımından önemli bir potansiyele sahip olan Türkiye, jeotermal potansiyeli ile Dünyada 7., Avrupa'da ise 1. sırada yer almaktadır. Buna ilaveten, hidroelektrik kaynakları, rüzgar ve güneş enerjisi açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Türkiye üzerine bir yılda düşen güneş enerjisi 3.517×10^{15} MJ kadardır. Bu değer yıl boyunca Türkiye'nin elektrik santralleri kurulu gücünün 500 katını aşmaktadır. 2023 yılına kadar Türkiye'nin toplam enerji talebinin % 30'unun yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması öngörülmektedir [3].

Enerji, insanoğlunun gelişiminde önemli bir unsur olmakla beraber bütünün yalnızca bir parçasıdır. Su ise kesintisiz karşılanması gereken yaşamsal bir maddedir.

En hayati ihtiyacımız olan su, bütün toplumsal faaliyetlerimizi yürütmemiz açısından kritik bir öneme sahiptir. Türkiye, su kaynakları açısından zengin bir ülke olmadığı gibi, mevcut su kaynaklarının ülke geneline dağılımı da eşit değildir. DSİ'nin çalışmalarına göre ülkemizde mevcut durumda toplam 234 milyar m³ 'lük kullanılabilir su kaynağı olmasına rağmen ekonomik ve teknik sebeplerle bu miktarın 112 milyar m³ 'lük kısmı kullanılabilir. DSİ ayrıca 2030 yılında ülkemizdeki su tüketiminin yaklaşık 112 milyar m³ olacağını öngörmektedir. Bu veriler ve tahminlerden yola çıkıldığında gerek su kaynaklarının temini gerekse de kullanılmış suyun arıtımına yönelik Ar-Ge ve yenilik çalışmaları yapılmasının son derece gerekli olduğu görülmektedir [4].

Yeni su kaynakları ararken dünyanın su varlığının %97,5'ini oluşturan tuzlu su önemli bir kaynak olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle deniz suyunun arıtılması su açığını karşılamak üzere önemli seçeneklerden biridir.

Kirli suyun arıtılması sürecinde birçok yöntem kullanılmakta olup, bu yöntemlerde önemli bir enerji kaynağına ihtiyaç bulunmaktadır. Arıtma sürecinde kullanılacak petrol, doğal gaz, elektrik gibi enerji kaynakları hem yüksek maliyete hem de çevre kirliliğine neden olmaktadır. Son yıllarda bu alanda yapılan çalışmalar enerji kaynağı olarak yenilenebilir enerjilerin kullanımını artırmaya yönelik olmuştur. Deniz suyunun bulunduğu birçok bölge aynı zamanda güneş enerjisinden de maksimum olarak faydalanılabilecek bölgeleri oluşturmaktadır. Bu nedenle buralarda kullanılacak güneş enerjili damıtıcı sistemlerin hem verimi daha yüksek hem de işletme maliyeti çok düşük olacaktır. Ayrıca güneş enerjili damıtıcı sistemlerinin çalışma prensibi diğer damıtıcı sistemlerden daha basit olup, bu sistemlerin kullanımı sırasında ara bir proses gerekli değildir [5].

Bu çalışmada Türkiye'nin enerji ve su kaynaklarının daha verimli kullanılması ve yeni teknolojilerin geliştirilmesi ile ilgili olarak sıcak sulu kollektör ve damıtma sistemlerinde verim artırma çalışmaları yapılarak iki sistemin birlikte kullanılması durumunda tasarlanan sıcak su kollektörüyle birleştirilmiş damıtıcı sisteminin verimleri deneysel olarak araştırılmıştır.

1.1. Literatür Araştırması

Güneş enerjisi teknolojisini kullanarak uygulanan sistemler içerisinde sıcak su üretimi ve su damıtma sistemlerinin elemanları üzerinde verimi yükseltmek ve kayıplarını en aza indirmek için birçok bilimsel çalışma yapılmış ve yapılmaktadır. Bu bağlamda literatürde yapılan bilimsel çalışmaların bir bölümü aşağıda verilmiştir.

Nahar ve Gupta [6] yaptıkları araştırmada, örtü malzemesi ile absorban plaka arasında 25, 50 ve 150 mm boşluk bırakarak kollektörlerin verimini ölçmüşlerdir. 25, 50 ve 150 mm boşluk için kollektör verimlerinin sırasıyla % 52.5, % 57.8 ve % 54.1 olduğunu bulmuşlardır.

Das ve Chakraverty [7] tek cam, çift cam ve Polimetil metrakrikat (PMMA) gibi üç farklı örtü malzemesi kullanarak kollektör üretmişlerdir. Yaptıkları testler sonucunda çift camlı, tek camlı ve PMMA örtü malzemeli kollektörlerin verimlerinin sırasıyla % 46, % 42 ve % 36.5 olduğunu saptanmışlardır.

Hammad [8] bir güneş kollektörlerinin verimine ilişkin yaptığı çalışmada verimin; güneşlenme süresine, güneş radyasyonun yoğunluğuna, çevre sıcaklığına ve yutucu plakanın ortalama sıcaklığına bağlı olduğunu belirlemiştir.

Riffat ve arkadaşları [9] dört farklı su ısıtmada kullanılan düz yüzeyli kollektörü test ederek verimlerini karşılaştırmışlardır. Klips kanatlı kollektör veriminin % 86'ya ulaştığını belirlemişlerdir.

Kundu [10] Temmuz ayında yapmış olduğu çalışmada çeşitli geometrik şekillerdeki kollektörler üzerinde karşılaştırmalar yapmıştır. En iyi sonuç ikizkenar yamuk şeklindeki kollektörden elde edilmiştir.

Abene ve arkadaşları [11] düz yüzeyli havalı kollektörde, akışkan ile yutucu plaka arasında yeterli miktarda ısı değişiminin olmamasının düşük verime neden olduğunu dikkate alınarak, yaptıkları çalışmada güneş enerji toplayıcıya yerleştirilen engeller ile hava sıcaklığında artış gerçekleştirilmeye çalışmışlardır.

Ceylan ve arkadaşları [12] 3 farklı güneş enerjisi dönüşüm sistem imal etmişlerdir. Depo ve ısı değiştiricisi tipi aynı olan 3 adet farklı prizmatik yüzeyleri olan kolektörler ile düz yüzeyli güneş kolektörlerinin bulunduğu sistemleri deneysel olarak karşılaştırmışlardır. Deneyler sonucunda en verimli sistemin yüzeyleri arasındaki mesafenin 2 mm olduğu çelik sac malzemeden yapılmış prizmatik tip kolektörlü güneş enerjisi sistemi olduğu görülmüştür.

Özgür ve Özsoy [13] Isparta şartlarında kullanılan bir düzlemsel güneş enerjisi kolektörünün üst yüzeyinden olan ısı kayıpların azaltılmasında çift cam uygulamasının önemini incelemişlerdir. Çift cam uygulaması ile güneş kolektörünün üst yüzeyinden olan ısı kayıpların azaltılmasının kolektör verimine etkisinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Özellikle soğuk iklim bölgelerinde bu uygulamanın yapılması gerektiği görülmüştür.

Hazami ve arkadaşları [14] güneş enerjisinin değişken karakterde olması ve süreklilik göstermemesi gibi dezavantajları bulunduğunu, bu enerji kaynağının sürekli olarak herhangi bir zamandaki ihtiyacı karşılayamadığını bu nedenle, herhangi bir zamandaki ihtiyacın karşılanabilmesi için depolanması gerektiğini ortaya koymuşlardır. Ayrıca, sistemin toplam verimini yükseltmek amacıyla, kolektörlerde siyah emici yüzeylerin yararlı olduğunu yaptıkları çalışmada ortaya koymuşlardır.

Aktaş ve arkadaşları [15] güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerinin ısı analizini yapmışlardır. Çalışmalarında tabii dolaşimli sıcak su hazırlama sistemi tasarlamış ve imal etmişlerdir. Deney sonuçlarına göre, sistemin ısı verimini ve ısı taşınım katsayısını belirlemişlerdir. Daha iyi bir yalıtım ve etken bir ısı değiştirici kullanılmasının ısı verim bakımından daha faydalı olduğu sonucuna varmışlardır.

Kalogirou ve arkadaşları [16] farklı renklere sahip yutucu plakaları bulunan düz yüzeyli güneş kolektörlerinin verimlerini siyah yutucu plakalı kolektörlerle karşılaştırmışlardır. Sonuçta, siyah boyayla boyanmış yutucu plakalı kolektör verimlerinin daha yüksek olduğunu saptamışlardır. Farklı renklerin ancak mimari maksatlarla kullanılabileceğini açıklamışlardır.

Öz ve arkadaşları [17] vakumlu termosifon tip güneşli su ısıtma sistemlerinde çalışma akışkanı olarak antifriz-su karışımı kullanımının kollektör performansına etkilerini araştırmışlardır. Yapılan çalışmada vakumlu termosifon tip ve doğal dolaşimli güneşli su ısıtma sistemlerinden birer prototip hazırlayarak aynı koşullarda denemişlerdir. Deneylerden elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında vakumlu sistemin doğal dolaşimli sisteme göre daha verimli olduğu ve sıcak su ihtiyacını daha etkin bir şekilde karşılayabileceği sonucuna ulaşmışlardır.

Çolak ve Durmaz [18] güneş kollektörü uygulamalarının ekonomik analizleri incelemiştir. Analizlerde doğrusal amortisman yöntemi uygulanarak, sürekli yük koşulları ve yüksek verimli kollektör özellikleri dikkate alınarak, iyileştirilen yıllık ortalama yük faktörünün sistemin ekonomisine etkisi irdelenmiştir.

Çakmak ve Yıldız [19] yaptıkları çalışmada yeni geliştirilen güneş kollektörlerinin verimini araştırmışlardır. Bu amaçla türbülans etkisi artırılmış genişletilmiş yüzeyli kollektör dizayn ederek akış hızına ve zaman bağlı olarak verimleri tespit etmişlerdir. Elde edilen veriler ile aynı boyuttaki klasik düz yüzeyli güneş kollektörüyle yapılan deneylerdeki kollektör verimlerini karşılaştırmışlardır. Kollektör giriş çıkış sıcaklıkları, ısıtım şiddeti ve verim değerlerinin grafiklere aktarmış ve geliştirilen kollektör ısı veriminin düz yüzeyli kollektöre göre %15 daha iyileştiği tespit edilmiştir.

Acar ve arkadaşları [20] sıcak su elde etmede kullanılan güneş kollektörlerinde, ısı borulu sistemlerin kollektör verimine etkisinin belirlenmesini amaçlamışlardır. Bu amaca yönelik birleşik ısı borulu ve ayrık ısı borulu olmak üzere iki farklı kollektör tipi imal etmişlerdir. İmalatı yapılan kollektörler ile Karabük şartlarında deneysel çalışmalar yapılmıştır. Deneyler sırasında her iki kollektördeki depo su sıcaklıkları, ortam sıcaklığı, ısıtım şiddeti değerleri ölçülerek kollektörlerin verimleri hesaplanmıştır. Sonuç olarak birleşik ısı borulu güneş kollektörünün ortalama verimi %57.6 olurken, ayrık ısı borulu güneş kollektörünün ortalama verimi %48.5 olmuştur.

Aktaş [21] güneş enerjili doğal dolaşimli ve indirekt kullanma sıcak suyu hazırlama sistemlerinde ısı değiştiricilerde genişletilmiş yüzeyin ısı verim bakımından etkisini deneysel olarak incelemiştir. Bu amaç için, iki sistem tasarlanıp imal etmiştir. Deney

sonuçlarına göre, genişletilmiş yüzeyli sistemin klasik sisteme göre ortalama olarak %4 daha verimli olduğu görülmüştür. Ayrıca, akışın hızlı olduğu zamanlarda ısı veriminin artışı gözlemlenmiştir.

Ersöz [22] sulu düzlemsel güneş kolektörlerinde değişik yansıtıcı yüzeye sahip iki modelin deneysel karşılaştırılması amacıyla imal edilen düzlemsel kolektörde ilk önce “V” yansıtıcı, ikinci olarak ise yarım silindirik yansıtıcı kullanmıştır. Yapılan deneyler sonucunda, V yansıtıcılı kolektörün verimi % 36,4 ve silindirik yansıtıcılı kolektörün verimi % 38,6 olarak bulunmuştur.

El-sabah [23] dikey bir güneş enerjili damıtıcıyı incelemiş ve sonuçta en ve boy uzunluklarının artmasıyla üretimin arttığını belirlemiş ve yapılan çalışma için optimum alanı tespit etmiştir. Rüzgâr hızının da artmasıyla üretimde bir artış sağladığını göstermişlerdir.

Mamlook ve arkadaşları [24] farklı güneş sistemleri uygulamalarının performanslarını birbirleriyle mukayese etmişlerdir. Güneş enerjili damıtma, güneş ile ısıtma, fotovoltaiik ve güneşle elektrik üretimi ile ilgili bulanık mantık metodolojilerinin kullanıldığı bir çalışma yapmışlardır. Kullanılan sistemler verimlerine ve maliyetlerine göre karşılaştırılmıştır. Maliyetlerine göre güneş enerjili damıtmanın en iyi yöntem olduğu tespit edilmiştir.

Voropoulos ve arkadaşları [25] depolama tankı ile birleştirilmiş güneş enerjili damıtıcıyı; farklı su seviyelerinde tanktaki su sıcaklığını sabit tutarak gerçek şartlar altında deneysel olarak incelemişlerdir. Damıtma sistemi asimetrik havuz tipi damıtıcı ve alt kısmında depolama tankından oluşmaktadır. Bu tasarımda 24 saat boyunca elde edilen su miktarının sıcak su depolama tankından dolayı klasik havuz tipi damıtıcı sisteminden daha yüksek çıktığı rapor edilmiştir.

Al-Hayek ve Badran [26] iki farklı tip güneş enerjili damıtma sistemini deneysel olarak incelemişler ve damıtma ile su elde etmede üretimine etki eden parametreleri vermişlerdir. Kullandıkları iki sistemden biri iç cidarlarında aynalara sahip asimetrik sera tipi damıtma sistemi, diğeri ise simetrik sera tipi damıtma sistemidir. Yaptıkları deneysel çalışmalar sonunda asimetrik sera tipi damıtma sisteminde simetrik olana göre %20 daha

fazla su elde ettiklerini rapor etmişlerdir. Çalışmalarının sonunda aynı zamanda iki damıtma sistemi içinde su yüzeyindeki sıcaklığa ışıının etkisi olduğu ve damıtıcıda elde edilen su miktarının su derinliğinin azalmasıyla arttığını göstermişlerdir.

Mirza ve arkadaşları [27] tek havuz tipi güneş damıtıcısının tasarımını ve performansını araştırmışlardır. Tuzlu suyu içme suyu olarak dönüştürmede güneş damıtıcı sistemi kullanmışlardır.

Ben-Amara ve arkadaşları [28] damıtma işlemi için yeni tip bir güneş kollektörü tasarlamışlardır. Güneş ışıını, rüzgar hızı, çevre sıcaklığı kütleli debi hava giriş nemi ve sıcaklığı gibi farklı parametrelerin kollektör verimi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Sonuç olarak yeni güneş enerjili damıtma sistemi için kollektörü optimize etmişlerdir.

Dayem [29] çok etkili yoğunlaşma ve buharlaşma çevrimine dayalı klasik güneş enerjili damıtıcıların sayısal ve deneysel performansını incelemiştir. Damıtma odası nemlendirici ve nem alıcı ünitelerden oluşmuştur. Bu iki kısımdaki hava sirkülasyonu doğal konveksiyonla sağlanmıştır. Soğuk su önceden içeride ısıtılmış ve daha sonra güneş kollektör çerçevesinde ısı değişimine maruz bırakılmıştır. Bu sistemde yılda 241 gün su üretildiği tespit edilmiştir.

Tripathi ve Tiwari [30] aktif ve pasif güneş havuzları için farklı su derinliklerinde deneyler yapmışlardır. Aktif damıtma işleminde cam ve su yüzeyinin sıcaklık farkını artırmak için kollektörden gelen sıcak suyu, havuzun tabanına pompalamışlardır. Pasif damıtma sisteminde ise pompa kullanılmamıştır. Kullanılan bu sistemler için su, iç cam, dış cam sıcaklıkları, buhar, ısı, ışıınım ve elde edilen su gibi parametrelerde, değişik derinlik ve modlarda karşılaştırma yapılmıştır.

Jiang ve arkadaşları [31] direkt ısıtmalı güneş enerjili tuzlu su damıtma sisteminin performansını belirlemişlerdir. Deney sonuçlarının teorik analizlerle uyum içinde olduğunu saptamışlardır.

Zamen ve arkadaşları [32] tuzdan arındırma işlemi için güneş enerjili sistemi optimize etmişlerdir. Bu optimize çalışmasının amacı ise temiz su üretim maliyetinin azaltılmasıdır.

Maliyet amaç fonksiyonu ile elde edilen çözümlere göre alınan sonuçların diğer amaç fonksiyonlarına göre maliyetin daha düşük olduğunu belirlemişlerdir.

Esfahani ve arkadaşları [33] taşınabilir bir güneş enerjili damıtıcının imalatı için girişimde bulunmuşlardır. Yaz ve kış sonuçları birbirleri arasında karşılaştırılarak, yaz mevsimindeki verimin kış mevsimindekine göre daha etkili olduğu sonucuna varmışlardır.

Tsilingiris [34] güneş enerjili damıtma sistemlerinde kütle taşınımını tahmin etmek için yeni teorik bir model geliştirmiştir. Kullandığı model Prandtl ve Schmidt boyutsuz sayılarının geniş aralığı için uygulanabilen Chilton-Colburn benzetimine dayanmaktadır. Karşılaştırmalı doğrulama işlemini yapmak için daha yüksek işlem sıcaklık şartlarında değerlendirme amacıyla yaz boyunca uygun iklim şartları altında pasif güneş enerjili damıtma sisteminde elde edilen bir dizi deneysel sonuçları kullanmıştır.

Zhao ve arkadaşları [35] 400 °C'nin üzerindeki erime noktası ile yüksek sıcaklıktaki faz değişim malzemelerinde güneş enerjisi depolamayı incelemişlerdir. Bunun için iki tür kapsül ve iki tür faz değişim maddesi kullanmışlardır. Bunlardan ilki nikel kapsüllere sahip çinko, ikincisi ise paslanmaz çelik kapsüllere sahip ötektik tuz karışımlarıdır(%57 mol NaCl ve %43 mol MgCl₂). Şarj işlemi boyunca ısınma ve erime için vedeşarj işlemi boyunca soğuma ve katılaşma için zamana bağlı olarak değişimi incelemişlerdir. Küçük kapsüllerde daha kısa zamanda ısı transferinin gerçekleştiğini göstermişlerdir.

Esakkimuthu ve arkadaşları [36] güneş enerjisini depolamak ve güneşin yetersiz olduğu zamanlarda kullanmak için inorganik bir tuz olan faz değişim maddesi HS 58'i gizli ısı depolama kullanarak uygulanabilirliğini araştırmışlardır. Depolama biriminin şarj vedeşarj karakteristiklerini değerlendirmek için deneyler yapmışlardır. Şarj vedeşarj işlemi boyunca giren akışkan debisinin etkisini incelemişlerdir. Yapılan incelemede dikkate alınan FDM kütlesi ve depolama tankı düzenlemesi için şarj vedeşarj işlemleri boyunca 200 kg/h kütleli debi için üniform hıza ulaşılmıştır. Ayrıca, düşük kütle akış hızının depolama sisteminden maksimum kapasitede yararlanmak ve daha uzun bir süre için ısı temin edebilmek için kullanılacağını göstermişlerdir.

Benli ve Durmuş [37] bir serada ısıtma gereksinimleri karşılayacak güneş havalı güneş kolektörlerinin ve faz değiştirici malzemelerin performansları araştırmışlardır. Yapılan çalışmada sera içerisinde bulunan gizli ısı depolama tankı, faz değiştirici malzeme ile doldurulmuş, gün ışıının olduğu saatlerde havalı güneş kolektörleri yardımıyla sera ısıtılmış ve kimyasal madde şarj edilmiştir. Isı gereksiniminin daha çok olduğu gece saatlerinde ve soğuk hava durumlarında kimyasal madde deşarj edilerek depolanan ısıdan faydalanılmıştır. Deneyler, seraların ısıtma ihtiyacının olduğu Eylül ve Kasım ayları boyunca yapılmıştır. Isı depolama verimi ve kolektör verimi, kolektör basınç kaybı, kimyasal madde erime ve donma ısı yükleri bulunmuştur. Bu bölgede sera ısıtılmasında gündüz havalı güneş kolektörlerinin kullanımıyla sera ısıtılması gayet elverişli ve uygun olduğu belirlenmiştir.

1.2. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, güneşteki hidrojen gazının helyuma dönüşmesi şeklindeki füzyon sürecinden açığa çıkan ışıma enerjisidir. Termonükleer bir reaktör olan güneşten çeşitli dalga boylarında (62 MW/m^2) enerji yayılmakta ve güneşin bütün yüzeyinden yayılan enerjinin sadece iki milyarda biri yeryüzüne gelmektedir. Dünya'ya güneşten, 150 milyon km kat ederek gelen enerji, Dünya 'da bir yılda kullanılan enerjinin yaklaşık 15 bin katıdır.

Güneş'in çeşitli yöntemler ile ölçülen sıcaklığı 5.800 santigrat derecedir. Böylesine sıcak bir cismin gücü, yani bir saniyede yaydığı ışıma enerjisi, yaklaşık $4 \times 10^{23} \text{ kW}$ tır. Bu 100 Watt'lık 400 trilyon çarpı bir trilyon ampul gücüne denktir.

Güneşi bir küre olarak düşünürsek, enerjisini tüm yönlerde homojen olarak yayar. Güneş enerjisinin atmosfer dışındaki ışıma değeri yaklaşık 1.370 W/m^2 'dir. Atmosferde soğurulduktan sonra yeryüzünün her metre karesine düşen güç ortalama yaklaşık 1.000 Watt/m^2 'dir [38].

1.2.1. Türkiye’de güneş enerjisinin durumu:

Türkiye, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Güneşten dünyaya saniyede yaklaşık olarak 170 milyon MW enerji gelmektedir. Türkiye'nin yıllık enerji üretiminin 100 milyon MW olduğu düşünülürse bir saniyede dünyaya gelen güneş enerjisi, Türkiye'nin enerji üretiminin 1.700 katıdır [39].

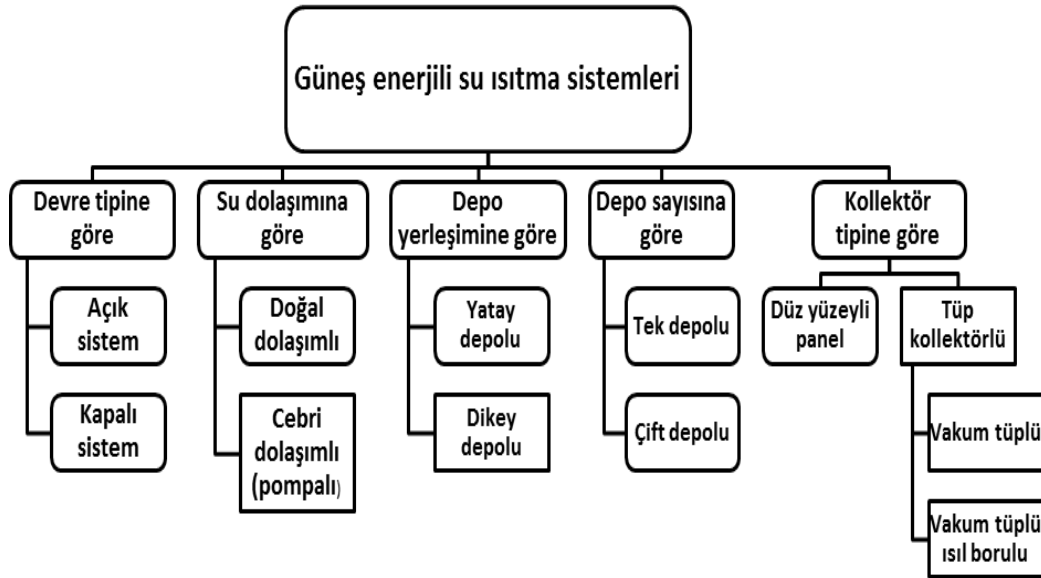
Coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli yüksek olan Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2.640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışıyım şiddeti 1.311 kWh/m²-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir. Türkiye’nin güneş enerjisi potansiyeli 380 milyar kWh/yıl olarak hesaplanmıştır (Tablo 1.1).

Tablo 1.1. Türkiye aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süreleri

AYLAR	AYLIK TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ		GÜNEŞLENME SÜRESİ (Saat/Ay)
	(Kcal/cm ² -ay) ¹	(KWh/m ² -ay) ²	
OCAK	4.45	51.75	103
ŞUBAT	5.44	63.27	115
MART	8.31	96.65	165
NİSAN	10.51	122.23	197
MAYIS	13.23	153.86	273
HAZİRAN	14.51	168.75	325
TEMMUZ	15.08	175.38	365
AĞUSTOS	13.62	158.4	343
EYLÜL	10.6	123.28	280
EKİM	7.73	89.9	214
KASIM	5.23	60.82	157
ARALIK	4.03	46.87	103
TOPLAM	112.74	1311	2640
ORTALAMA	308.0 cal/cm ² -gün	3.6 kWh/m ² -gün	7.2 saat/gün

1.2.2. Güneş enerjili su ısıtma sistemleri:

Güneş enerjisinin en çok kullanıldığı alanlardan birisi suyun ısıtılmasıdır. Güneş enerjisi ile sıcak su hazırlama sistemleri, hazırlanacak suyun kullanılma yeri ve amacına göre değişiklikler gösterir. Güneş enerjili su ısıtma sistemleri, güneş enerjisini toplayan kollektörler, ısınan suyun toplandığı depo ve bu iki kısım arasında bağlantıyı sağlayan yalıtımlı borular, pompa ve kontrol edici gibi sistemi tamamlayan elemanlardan oluşmaktadır. Şekil 1.1’de güneş enerjili su ısıtma sistemleri çeşitli yönlerden sınıflandırılmıştır.



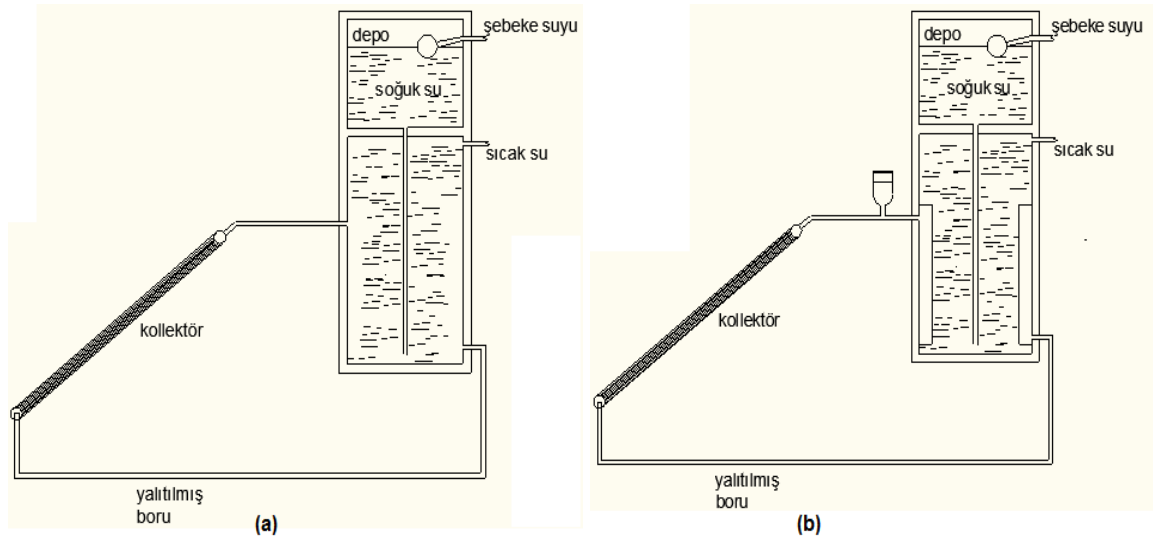
Şekil 1.1 Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin çeşitli yönlerden sınıflandırılması

Ülkemizde kurulu olan güneş kollektörü miktarı yaklaşık 12 milyon m² ve teknik güneş enerjisi potansiyeli 76 TEP olup, yıllık üretim hacmi 750.000 m²'dir ve bu üretimin bir miktarı da ihraç edilmektedir. Bu kullanım miktarı, kişi başına 0,15 m² güneş kollektörü kullanıldığı anlamına gelmektedir. Güneş enerjisinden ısı enerjisi yıllık üretimi 420.000 TEP civarındadır. Bu haliyle ülkemiz dünyada kayda değer bir güneş kollektörü üreticisi ve kullanıcısı durumundadır [40].

1.2.2.1. Devre Tipine Göre Güneş Enerjili Isıtma Sistemleri:

a) Açık devreli sistemler: Açık devreli sistemlerde kullanım suyu kollektör içerisinde dolaşarak doğrudan ısınır (Şekil 1.2.a). İlave bir ısıtıcı akışkanına ihtiyaç yoktur. Bu tür sistemlerde kapalı sistemlere nazaran daha yüksek sıcaklıklara ulaşır. Fakat bu sistemlerin mahzurlarından biri dış ortam sıcaklığı 0 °C'nin altına düşen bölgelerde donma tehlikesidir. Kış aylarında sistemdeki suyun mutlaka boşaltılması gerekir.

b) Kapalı devreli sistemler: Kapalı devreli sistemlerde; birbirinden bağımsız çalışan iki ayrı devre bulunmaktadır (Şekil 1.2.b). Kollektör devresinde bulunan akışkan, güneşten aldığı enerjiyi, şehir şebekesinden gelen kullanım suyuna transfer eder. Kollektör devresinde bulunan akışkan, kış aylarında donma riskinin bulunduğu bölgelerin sıcaklığına bağlı olarak, uygun oranda antifriz ile su karışımından oluşur.



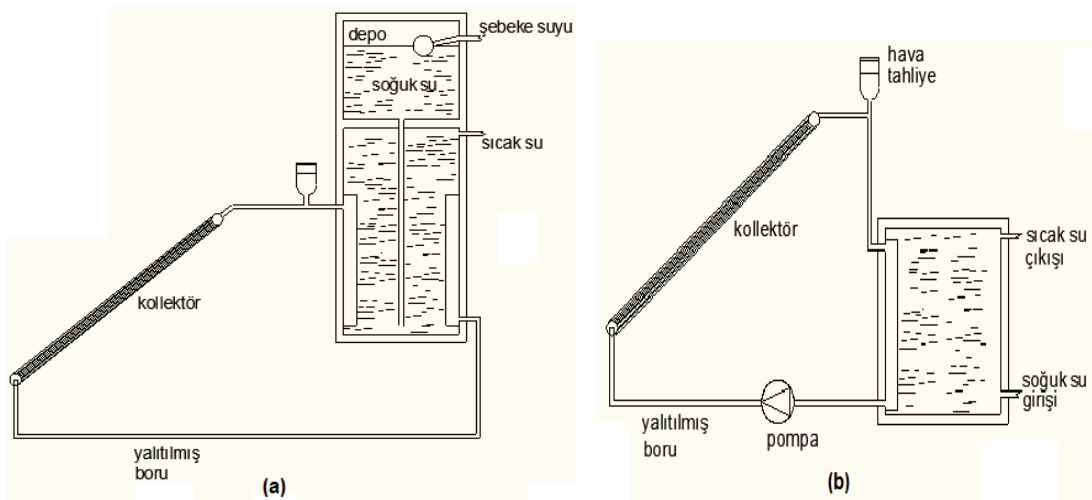
Şekil 1.2 (a) Açık devreli sistem (b) Kapalı devreli sistem

1.2.2.2. Su Dolaşımına Göre Güneş Enerjili Isıtma Sistemleri:

a) Doğal Taşınımli Sistemler: Doğal dolaşımli bir güneşli su ısıtıcısında depo daima kollektör üst seviyesine yerleştirilmek zorundadır (Şekil 1.3.a). Bu zorunluluk sistemin genel çalışma prensibi olan ısınan suyun yükselmesi kuralında, gece ve güneşin yetersiz olduğu günlerde sistemin ters çalışmasını engellemek içindir. Kollektör, güneşi görmeye

başlayıp güneş radyasyonlarını almaya başladığı andan itibaren, kollektördeki su ısınmaya başlar. Kollektörde ısınmaya başlayan suyun yoğunluğu düşeceğinden su kollektörün üst seviyesindeki depoya doğru yükselir. Su yükselirken arasında bir vakum oluşturacağından ve atmosfer basıncından dolayı doğal bir çevrim, dolaşım oluşur. Bu dolaşım; sistemden su kullanımı olduğu sürece ve kollektörle depo suyu sıcaklığı eşitleninceye kadar devam eder. Su sıcaklıklarında bir eşitlik olduğunda, gece veya güneş olmayan günlerde dolaşım durur, sistem çalışmaz.

b) Cebri Dolaşımlı Sistemler: Bu sistemlerde; kollektör devresindeki akışkan, bir pompa ile hareket ettirilir. Bu sayede doğal dolaşımda olduğu gibi deponun kollektörden daha yüksek bir noktada olması gerekmez. Depo Şekil 1.3.b’de görüldüğü gibi istenilen yükseklikte ve kollektörden daha aşağıda olabilir. Cebri dolaşımli sistemler doğal dolaşımli sisteme göre daha verimlidirler. Kollektörde dolaşan akışkan miktarı ve hızı kontrol edilebildiğinden, kollektör ve sistem verimleri yüksektir [41].



Şekil 1.3 (a) Doğal taşınımli sistem (b) Cebri taşınımli sistem

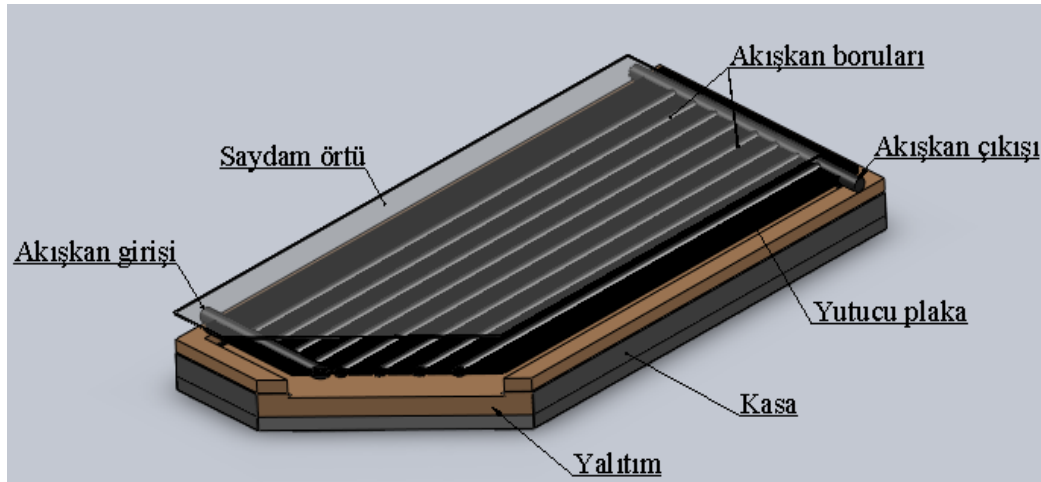
1.2.2.3. Kollektör tipine göre güneş enerjili ısıtma sistemleri:

Kollektör tipine göre güneş enerjili ısıtma sistemleri düz yüzeyli ve tüp kollektörlü şeklindedir. Bu çalışmada düz yüzeyli kollektörler kullanılmaktadır.

Güneş enerjisinden faydalanma, en yaygın, düz kolektörlerle olmaktadır. Tipik bir düz güneş kolektörü şeması Şekil 1.4'te gösterilmiştir. Düz güneş kolektörleri, küçük ısı yüklerinde basit ısı uygulamalarda kullanılan ekonomik, çevreye zararsız, pratik ve basit ısı değiştiricileridir. Yapımları için karmaşık teknolojiye gerek yoktur. Konutların sıcak su ve ısıtma sistemleri, soğutma sistemleri, tarımsal ürünlerin kurutulması, yüzme havuzlarının ısıtılması ve sera ısıtılması gibi birçok uygulamada düz güneş kolektörleri kullanılırlar.

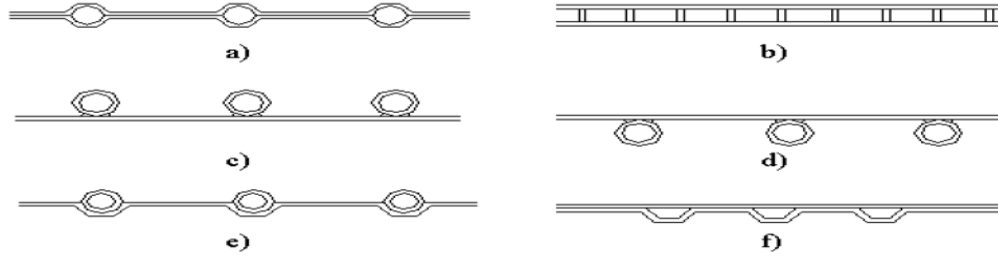
Düz güneş kolektörlerinde, güneş enerjisinin ısı enerjisine dönüştürülmesi, güneş radyasyonunun siyah yüzeylerde yutulması ve sıcaklığı artan siyah yüzeyden ısıнын bir akışkana aktarılması ile olur.

Basit ve kullanışlı olması sebebiyle geniş kullanım alanına sahip düz kolektörler Şekil 1.4'te gösterildiği gibi 5 temel parçadan oluşmaktadır. Bunlar: saydam örtü, yutucu plaka, akışkanın dolaştığı boru, yalıtım ve kasa.



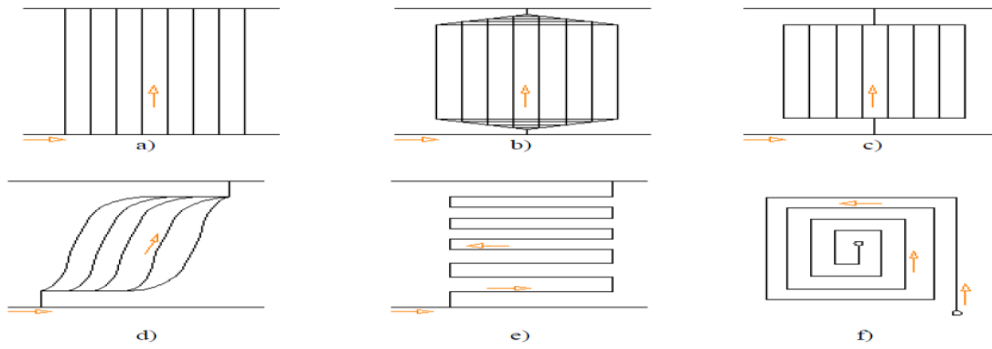
Şekil 1.4. Düz yüzeyli güneş kolektörü

Düz yüzeyli güneş kolektörleri tasarımında, Şekil 1.5'te gösterilen boru-yutucu plaka bağlantı şekilleri kullanılmaktadır. En yaygın kullanılan bağlantı Şekil 1.5'teki düzenlemelerdir. Bu bağlantı şekilleri daha çok kaynaklı birleşim şeklinde olup, kenetleme yöntemi de kullanılmaktadır. Ayrıca, ekstrüzyon imalat yöntemleri de özellikle alüminyum malzeme için uygulanmaktadır.



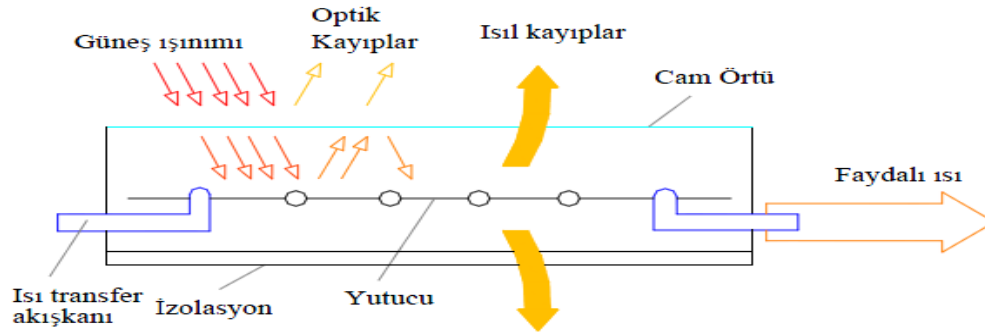
Şekil 1.5. Kollektör boru ve yutucu plaka bağlantı şekilleri

Bunun yanısıra, boruların kollektör alanında dolaştırılma şekilleri de Şekil 1.6'da gösterilmiştir. En çok kullanılan dolaşım yöntemi ise Şekil 1.6.a durumunda olduğu gibi dikey paralel boruların kullanılmasıdır. Bu durumun imalat kolaylığının yanında tabi dolaşım kolaylığı da vardır. Şekil 1.6.e,f durumlarında akışkanın kollektörden çıkış sıcaklığı daha yüksektir.



Şekil 1.6. Kollektör borularının dolaştırılma şekilleri

Düz Yüzeyli Güneş Kollektörlerinin Isıl Analizi; Düz yüzeyli güneş kollektörü, Şekil 1.7' de ısı akış şeması gösterildiği üzere, prensipte üzerine düşen güneş ışıınım enerjisini, akışkana faydalı ısı enerjisi şeklinde aktaran bir ısı değıştiricisidir.



Şekil 1.7. Düz yüzeyli güneş kollektörü ısı akış şeması

Kollektör, bir kontrol hacmi olarak ele alınırsa, öncelikle, kollektör üzerine gelen güneş ışınımının bir kısmı saydam örtüde yansır ve saydam örtüyü geçen kısmı yutucu plakaya ulaşır.

Yutucu plakaya gelen ışınlm enerjisi, siyah plaka yüzeyi tarafından yutulur ve plakanın sıcaklığı artar. Yüksek sıcaklıktaki plakadan ısı, iletim yoluyla borulara ve boru iç yüzeyinden taşınım ile akışkana faydalı ısı enerjisi (Q_f) olarak aktarılır. Bu esnada, sıcaklığı artan yutucu plakadan düşük sıcaklıktaki çevreye ışınlm ve taşınım yolu ile ısı kayıpları (Q_k) olmaktadır. Eğer, ısı olarak sürekli rejime ulaşılmamış ise, kollektör ısı ataletine bağlı olarak kollektörün ısınması veya soğuması şeklinde bir miktar depolama da (Q_d) olabilecektir. O halde, kollektör üzerine gelen güneş ışınlm enerjisi sürekli rejimde ya suya aktarılmakta ya da çevreye kaybolmaktadır. Bu durumda, Şekil 1.7' ye göre kollektör bir kontrol hacmi olarak değerlendirilip, kollektörün tamamı için anlık enerji korunumu uygulanarak aşağıdaki denklem elde edilir [42].

$$Q_g = A_t I_g = Q_f + Q_k + Q_d \quad (1.1)$$

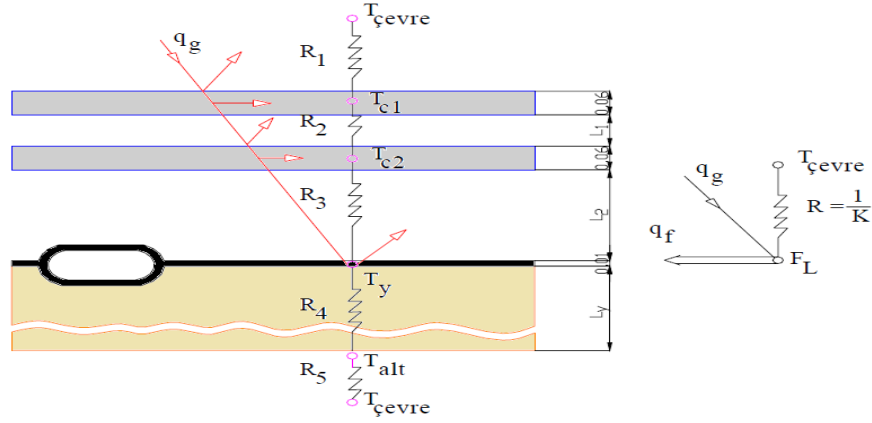
Denklemdaki kollektör üzerine gelen anlık güneş ışınlm değeri (I_g), birçok astronomik, geometrik ve coğrafik parametrenin fonksiyonudur ve yılın her günü ve günün her anı için farklıdır.

Kollektörden akışkana aktarılan faydalı enerji miktarı (Q_f), suyun kollektöre giriş (T_{kg}) ve çıkış sıcaklığı ($T_{kç}$) ile debisinin ($\dot{m}$) deneysel olarak belirlenmesi durumunda aşağıdaki denklem ile hesaplanabilir.

$$Q_f = \dot{m} c_p (T_{kç} - T_{kg}) = \rho \dot{V} c_p (T_{kç} - T_{kg}) \quad (1.2)$$

Depolanan enerji (Q_d), kollektör sürekli rejimde değilken kollektörün ısınması ve soğuması esnasındaki ısı ataletinden kaynaklanmaktadır ve miktarı, kayıp ve faydalı enerjiye göre genellikle ihmal edilebilecek seviyelerdedir.

Kollektörde meydana gelen ısı kayıpları (Q_k), kollektör geometrisinin yanı sıra, çevre sıcaklığı, rüzgâr hızı, saydam örtü sayısı ve özellikleri, yalıtım şekli ve yalıtım malzemesi özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Çift saydam örtülü bir kollektör için ısı kaybının elektrik benzeşimi Şekil 1.8’ de görülmektedir.



Şekil 1.8. Düz yüzeyli kollektörlerde ısı geçişinin elektrik benzeşimi

Düz yüzeyli kollektörlerde, çevreye olan ısı kaybı, kollektörlerin üst, alt ve yan yüzeylerinden olur. Kollektör yan yüzey alanları küçük olduğundan genelde kayıp hesaplarına katılmaz. Yutucu plaka ile çevre arasındaki toplam ısı kayıp katsayısı (K), kollektör alt yüzeyinden (K_{alt}) ve üst yüzeyden ($K_{üst}$) olan ısı kayıp katsayılarının toplamıdır ve aşağıdaki denklemle ifade edilir.

$$K = K_{alt} + K_{üst} \quad (1.3)$$

Kollektörlerin alt yüzeyinden olan ısı kaybı, yalıtım malzemesinin kalınlığı ile ısı iletim katsayısına ve çevreye taşınım ile olan ısı geçişine bağlıdır. Şekil 1.8’deki ısı dirençleri (R) cinsinden, kollektörün alt yüzeyinden gerçekleşen toplam ısı katsayısı,

$$K_{alt} = \frac{1}{R_4 + R_5} \quad (1.4)$$

şeklindedir. Burada (R_4) ısı direnci; yalıtım kalınlığı (L_y) ve ısı iletim katsayısı (k_y) cinsinden

$$R_4 = \frac{L_y}{k_y} \quad (1.5)$$

denklemleriyle hesaplanır.

Yatılım malzemesinin alt yüzey sıcaklığı ile çevre sıcaklığı arasındaki fark çok küçük olduğundan ($R_5=0$) alınabilir. Bu durumda kollektör alt yüzeyinden olan ısı kayıp katsayısı için

$$K_{alt} = \frac{k_y}{L_y} \quad (1.6)$$

denklemleri elde edilir.

Kollektör üst yüzeyinden olan ısı kaybı ($K_{üst}$) hesabı; iletim, taşınım ve ışıının dahil olduğu oldukça detaylı ısı analiz yapılmasını gerektirir. Benzer şekilde, ($K_{üst}$) ısı dirençleri cinsinden kapalı formda aşağıdaki denklemle ifade edilir.

$$\frac{1}{K_{üst}} = R_1 + R_2 + R_3 = \frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2} + \frac{1}{K_3} \quad (1.7)$$

Kollektörün üst kısmındaki ısı kayıp katsayısı; levha, saydam örtü ve çevre sıcaklıkları, saydam örtü sayısı, yutucu plaka ile saydam örtü arasındaki mesafe, yutucu plakanın ışıının neşretme katsayısı, rüzgar hızı vb. gibi birçok parametreye bağlıdır.

Anlık kollektör verimi, yüzeye gelen güneş ışıınının, faydalı enerji olarak akışkana aktarılma oranı olarak tanımlanır ve aşağıdaki formülle ifade edilir [42].

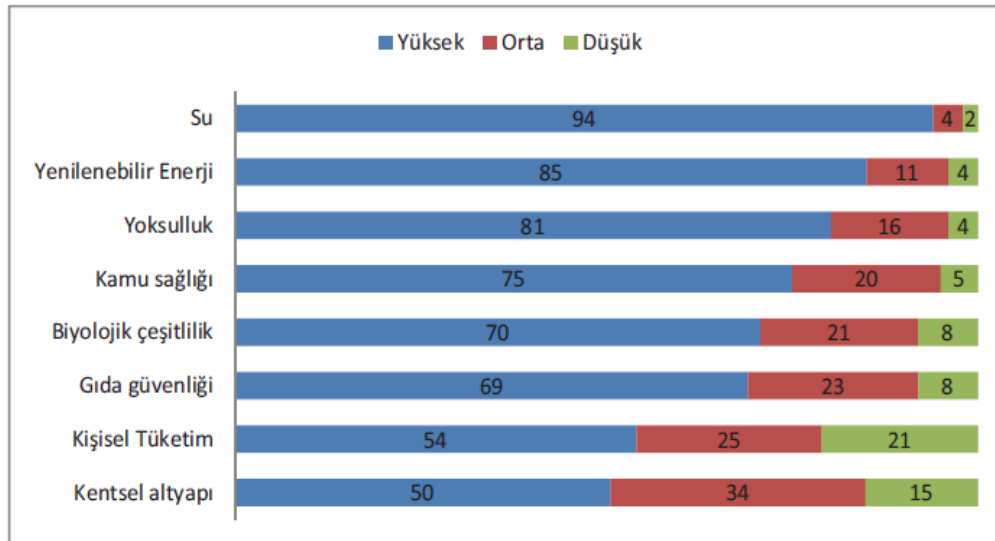
$$\eta = \frac{\dot{m}c_p(T_{kç}-T_{kğ})}{A_t I_e} = \frac{\rho \dot{V}c_p(T_{kç}-T_{kğ})}{A_t I_e} \quad (1.8)$$

1.3. Su ve Önemi

Dünyanın oluşumuyla birlikte ortaya çıkan ve insanlık tarihinden daha eskiye dayanan, aynı zamanda normal sıcaklık ve basınç altında sıvı halde bulunan su; her molekülü bir oksijen ile iki hidrojen atomundan oluşan renksiz, kokusuz ve tatsız bir maddedir. Su özellikleri itibariyle yalnız canlı çevre üzerinde değil, cansız çevre üzerinde de oldukça etkili bir maddedir. “Yaşam suda başlamıştır” önermesi suyun yeryüzünde sahip olduğu önemin göstergesidir.

Yaşamın her alanında sahip olduğu önem itibariyle su, en çok gereksinim duyulan temel bir unsurdur. Kullanım alanlarının yaygınlığı ve ikame edilememesi suyun önemini daha da arttırmaktadır. Ancak su kaynakları coğrafi dağılımındaki eşitsizliğin yanı sıra, her geçen gün ihtiyaçlara cevap veremeyecek derecede azalmaktadır. Sahip olduğu yaşamsal, ekonomik ve stratejik önem nedeniyle su, günümüzün ve yakın geleceğin en çok tartışılan konusu olma potansiyelini arz etmektedir [43].

Enerji, çeşitli gelişme amacının anahtarı olmakla beraber, bütünün sadece bir parçasıdır. Su ise, yaşamsal bir maddedir ve su yapıları projeleri ile yaşamsal ihtiyaçların kesintisiz karşılanması sağlanabilir.

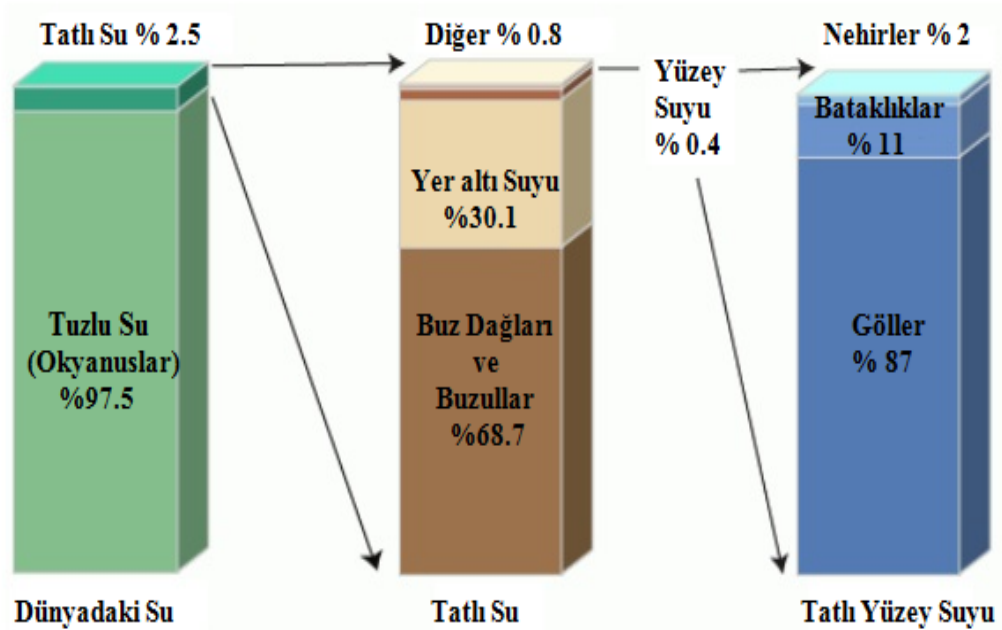


Şekil 1.9 Dünya liderlerinin öncelikli konuları ve konuya verdikleri önem

Şekil 1.9’da görüldüğü gibi dünya liderlerinin en önemli konular olarak belirttikleri konuların ilk iki sırasında su ve yenilenebilir enerji konuları yer almaktadır. Aynı grafikte belirtilen diğer tüm konuların ortadan kaldırılması veya iyileştirilmesi, bugünün ve gelecek kuşakların ihtiyaçlarının bir arada gözetilerek korunabilmesi ve devamının sağlanması için olmazsa olmaz koşullardır [38].

1.3.1. Dünya su kaynakları

Dünya’daki toplam su miktarı 1400 milyon km^3 ’tür. Bu suyun %97.5’i denizlerde ve okyanuslardaki tuzlu sulardan oluşmaktadır. Geriye kalan %2.5’luk pay, yani 35 milyon km^3 , tatlı su kaynağı olup, çeşitli amaçlar için kullanılabilir olduğu belirlenmiştir. Ancak tatlı su miktarının %68.7’si kutuplarda (Antartika ve Greenland) buzul kütle, %0.8’i yeraltında fosil, %30.1’i yeraltı suyu ve %0.4’ü yerüstü suyu ve atmosferik buharlardan oluşmaktadır (Şekil 1.10). Öte yandan bu kaynakların tümüne ulaşmakta kolay değildir. Nehirler ve göllerdeki su miktarından kat kat fazla su potansiyeline sahip yeraltı sular çoğu kez ulaşılması imkansız derinliklerde bulunmakta, yüzey sularının çoğu ise ya insanların ihtiyaç duyduğu yerlerden çok uzaklarda, ya da kontrol altına alınamayan taşkınlar nedeniyle faydalanmadan denizlere boşalmaktadır.



Şekil 1.10. Dünyadaki suyun dağılımı

Su, hidrolojik çevrim içerisinde; kıta, okyanus ve atmosfer ortamlar arasında devamlı bir dönüşüm halindedir. Dünya yüzeyine yaklaşık düşen su miktarı yılda ortalama 800 mm, ya da yaklaşık 119000 km³ olup, bunun 72000 km³'ü buharlaşarak atmosfere geri dönmekte ve 47000 km³'ü akışa geçerek nehirler vasıtasıyla denizlere ve kapalı havzalardaki göllere ulaşmaktadır (Tablo 1.2) [38].

Tablo 1.2. Kıtalarda su dengesi [38].

Kıta	Yağış		Buharlaşma		Fark	Akış
	(mm)	(km ³)	(mm)	(km ³)	(mm)	(km ³)
Avrupa	790	8290	507	5320	283	2970
Asya	740	32200	416	18100	324	14100
Afrika	740	22300	587	17700	153	4600
Kuzey Amerika	756	18300	418	10100	339	8180
Güney Amerika	1600	28400	910	16200	685	12200
Okyanusya	791	7080	511	4570	280	2510
Antartika	165	2310	0	0	165	2310
DÜNYA	800	119000	485	72000	315	47000

1.3.2. Türkiye'nin su kaynakları

Türkiye orta iklim kuşağındadır. Türkiye'de yer yer üç ayrı iklim tipine rastlanır; Akdeniz iklimi, her mevsim yağışlı orta kuşak iklimi ve bozkır iklimi. Bu iklim çeşitliliği, yağışlarında bölgelere ve mevsimlere göre çok büyük farklılık göstermesine neden olur.

Yılda ortalama m² başına 643 mm olan yağış miktarı Güneydoğu ve İç Anadolu'da 250-300 mm'ye kadar düşerken Karadeniz'in Kuzeydoğu kıyılarında 2500-3000 mm'ye kadar yükselmektedir. Bu yağışlarla birlikte Türkiye'nin tüketilebilir yerüstü ve yer altı su potansiyeli yılda yaklaşık 112 milyar m³ olmaktadır [38].

Tablo 1.3'te belirtilen verilere göre; Türkiye'de, sulama sektöründe 34 milyar m³ içme suyu sektöründe 7 milyar m³ ve sanayi sektöründe ise 5 milyar m³ olmak üzere toplam 46

milyar m³ suyun tüketildiği hesaplanmıştır. Bu durum, Türkiye'nin mevcut su potansiyeli olan 112 milyar m³ suyun ancak %41'ini geliştirebildiğimizi göstermektedir. Kişi başına düşen yıllık su miktarına göre Türkiye su azlığı yaşayan bir ülke konumundadır. Kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 1600 m³ civarındadır (Tablo 1.4).

Tablo 1.3. Türkiye’de sektörler tarafından kullanılan su miktarı[44].

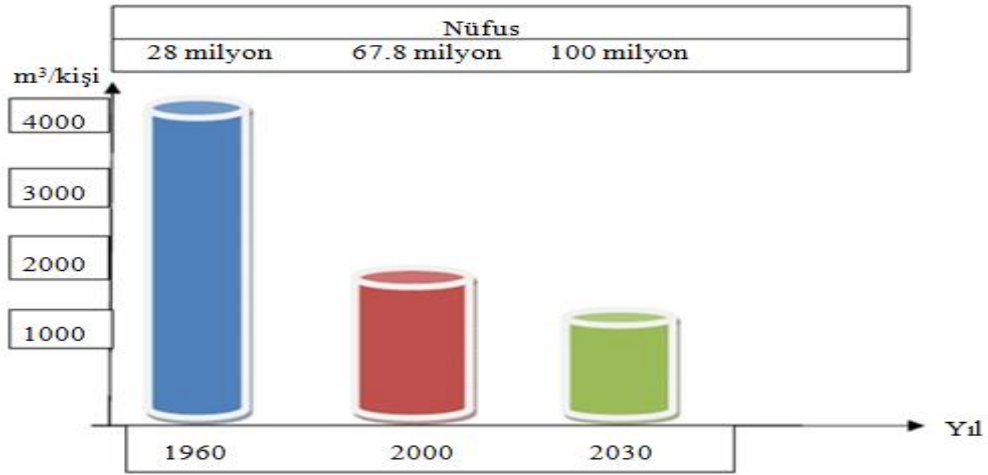
Y I L	Toplam Su Tüketimi		Sektörler					
			Sulama		İçme- Kullanma		Sanayi	
	km ³	%	km ³	%	km ³	%	km ³	%
1990	30.6	28	22.0	72	5.1	17	3.4	11
2004	40.1	36	29.6	74	6.2	15	4.3	11
2008	46	41	34	74	7	15	5	11
2023	112	100	72	64	18	16	22	20

Tablo 1.4. Su varlığına göre ülkelerin sınıflandırılması[44].

Kişi Başı Su Tüketimi (m ³)	Ülkenin Durumu
>10000	Su zengini
3000-10000	Kendi ihtiyaçlarını karşılayabilen
1000-3000	Su sıkıntısı bulunan
< 1000	Su fakiri

Türkiye İstatistik Kurumu Başkanlığı (TÜİK) 2030 yılı için nüfusumuzun 100 milyon olacağını öngörmüştür. Bu durumda 2030 yılı için kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının 1.000 m³/yıl civarında olacağı söylenebilir. Mevcut büyüme hızı, su tüketim alışkanlıklarının değişmesi gibi faktörlerin etkisi ile su kaynakları üzerine olabilecek baskıları tahmin etmek mümkündür [44].

Buna göre ülkemizdeki su tüketiminin kişi başına düşen su tüketim miktarının yıllara göre değişimini Şekil 1.11’de görülmektedir.



Şekil 1.11. Türkiye’de yıllara göre kişi başına düşen su kullanım miktarı

Bu grafikte nüfusun hızla artması ile su ihtiyacında da buna paralel olarak artış gözlenmektedir. Üstelik bu artış sanayileşme ile birlikte daha da artmaktadır. Artan su ihtiyacını karşılayabilmek için yeni su kaynaklarına ihtiyaç duyulmakta, bunun için her geçen gün daha uzak mesafelerden su temini sağlanmaya çalışılmaktadır. Mesafe arttıkça su temini için maliyet de artmakta, ayrıca kullanılan suların kirlenmesi ve su kaynaklarının kirliliğe maruz kalması ile içilebilir ve kullanılabilir kalitedeki su kaynaklarının sayısı da giderek azalmaktadır [45]. Bu sebeple mevcut su kaynaklarının korunması, yeni su kaynaklarının bulunması, ekonomik olarak suyun artırılması ve su yönetiminin iyi bir şekilde yapılması gerekir.

1.4. Su Arıtma Yöntemleri

Suyun arıtılması, tuzların ve biyolojik materyallerin tatlı su elde etmek için kirli sudan uzaklaştırılmasını kapsamaktadır. Dünya suyu, arıtım olmaksızın insanlığın tüketimi için yararsız yaklaşık %97’si 35000 mg/L tuz içerikleriyle okyanuslardan meydana gelmektedir. Bu yüzden, suyun ekonomik bir şekilde arıtılması şimdi sadece kurak alanlarda değil aynı zamanda dünya çapında da kamu özeni ve geniş idareye dikkat çekilen uluslararası bir hedef haline gelmiştir.

Suyun arıtılmasıyla ilgili başlıca problemler yatırım ve işletim maliyetlerinin çok yüksek olmasıdır. Suyu ayırmak için membran, kimyasal ve damıtma prosesleri olmak üzere üç temel proses bulunmaktadır. İçilebilir su sağlamak amacıyla uygulanan su arıtma

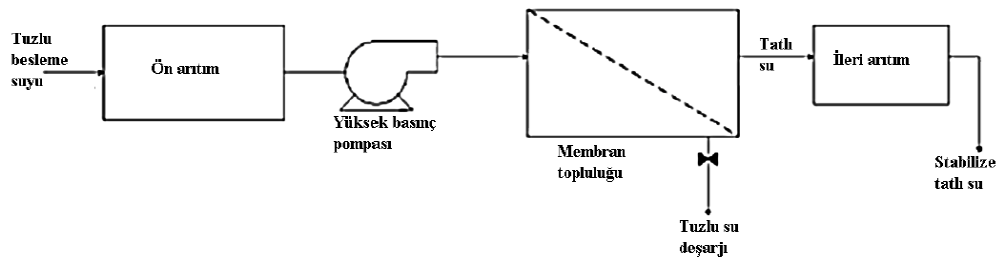
teknolojileri gün geçtikçe dünya çapında artmaktadır. Bu teknolojiler ile küresel olarak üretilen toplam su miktarı 1994 yılında 17.3 milyon m³/gün iken 2009 yılında 68 milyon m³/gün kapasitelerine ulaşmış, 2016 yılında ise 130 milyon m³/gün olması planlanmıştır [46].

1.4.1. Membran prosesler

Membran prosesler, fiziksel olarak bileşenlerin ayrılmasında membran sisteminin kullanıldığı proseslerdir. Genellikle deniz suyu arıtımında kullanılan iki membran prosesi ters ozmos ve elektrodiyalizdir [46].

1.4.1.1. Ters ozmos

Ters ozmos membranları uzun zamandan beri acı su ve deniz suyu arıtımında geniş ölçekte kullanılan ve gelişen bir teknolojidir. Deniz suyu ters ozmos sistemleri için işletim parametreleri esas itibariyle sıcaklık ve besleme suyu tuzluluğunun bir fonksiyonudur. Ters ozmos basınçlandırılmış tuzlu çözeltiden suyu çözünenlerden ayıran bir membran ayırma prosesidir. Uygulamada tuzlu su membran'a karşı basınçlandırılan kapalı bir kanal içine pompalanır. Suyun bir kısmı membran boyunca geçerken kalan besleme suyunun tuz içeriğinde artış gözlenir. Aynı zamanda besleme suyunun bir kısmı membran boyunca geçmeksizin deşarj edilir. Bu deşarjın kontrolü olmadan aşırı doymuş tuzların çökmesi gibi problemler yaratan tuz konsantrasyonundaki artış devam eder ve membranların geçiş sırasında osmotik basınç artar. Bu tuzlu suda atık olarak deşarj edilen besleme suyunun miktarı besleme suyunun tuz konsantrasyonuna bağlı olarak besleme akışı %20-70 arasında değişir. Şekil 1.12'te ters ozmos tesisi planının basit bileşenlerini göstermektedir [46].



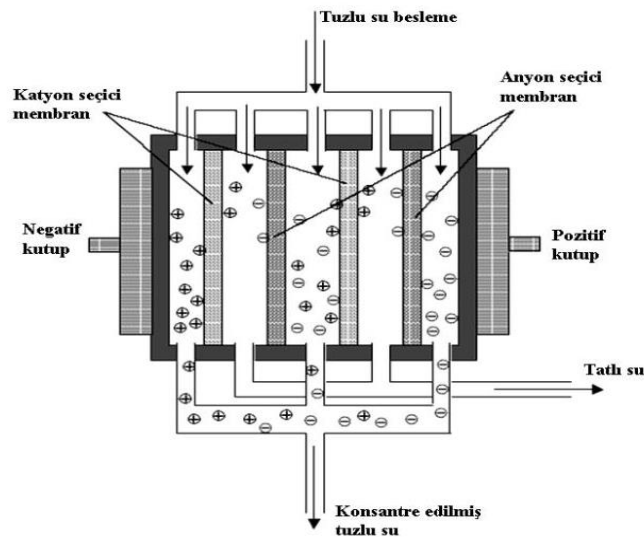
Şekil 1.12. Ters ozmos tesisi planının basit bileşenleri [46].

Bir ters ozmos sistemi aşağıdaki ana bileşenlere sahiptir:

- Ön arıtma
- Yüksek basınç pompası
- Membran topluluğu ve
- Son arıtmadır.

1.4.1.2. Elektrodializ

Elektrodializ özel inorganik kirleticilerin giderimi ve tuzsuzlaştırma için ters ozmos ile beraber deniz suyu arıtımında uygulanan membran proseslerindendir. Bir elektriksel alan altında iyon değiştirebilen membranlar boyunca iyonların seçici geçirgenliğini içeren elektrodializ prosesleri deniz suyundan içilebilir su üretimi gibi konsantre edilmiş tuzlu su ve tuzu tükenmiş su üreten tuzlu çözeltilerin tuzsuzlaştırılması için kullanılmaktadır. Temel elektrodializ ünitesi dış tarafı elektrotlarla birlikte sınırlanan birkaç hücre çiftinden meydana gelmektedir ve bir membran destesini içermektedir. Besleme suyu aynı zamanda tuzsuzlaştırılmış üretim suyunun akışının devamını sağlamak için hücrelerin tamamı boyunca paralel yollar içinden geçmektedir. Şekil 1.13'te elektrodializ prosesi şematik olarak verilmiştir.



Şekil 1.13. Elektrodializ prosenin şematik diyagramı [46].

Şekil 1.13'te de görüldüğü gibi tipik bir Elektrodializ hücresinde, bir anot ve bir katot arasında birbirini izleyecek şekilde anyon ve katyon değiştirebilen membranlar serisi

dizilmiştir. İki elektrot arasına elektrik potansiyeli uygulandığında pozitif yüklü iyonlar katyon değiştirici membrana, negatif yüklü iyonlar ise anyon değiştirici membrana doğru hareket ederler. Sonunda iyon konsatrasyonu yüksek olan konsantre edilmiş deniz suyu ile iyonlarından ayrılmış tatlı su ayrı ayrı bölmelerden toplanır [46].

1.4.2. Kimyasal prosesler

Bu kategori damıtma ve membran proseslerinden daha değişkendir ve iyon değiştirme, sıvı-sıvı ekstraksiyonu veya diğer arıtım tasarımlarını kapsamaktadır. Tuzsuzlaştırma için damıtmanın ve membran proseslerinin verilen süresi kimyasal prosesler veya kimyasal ve diğer proseslerle birlikte bir hibrit sistem tanımıyla hemen hemen alışılmışın dışındadır. Genel olarak, kimyasal prosesleri tatlı suyun üretimi için uygulamak oldukça pahalı bulunmuştur. Ancak kimyasal proseslerden biri olan iyon değiştirme özel uygulamalar için yüksek saflıkta de-iyonize su üretmek için kullanan özel bir prosestir. Bunun yanı sıra, iyon değiştirme çözünmüş katı madde miktarı yüksek olan sular için de pratik olmayan bir prosestir. Ancak deniz suyundan bor uzaklaştırmak için kullanılan en uygun teknoloji olduğu yapılan çalışmalarla desteklenmiştir. Aynı zamanda içme suyu kalitesinde deniz suyunun tuzluluğunu azaltmak için gerekli olan ters ozmos proses ile de birleştirilebilmektedir [46].

1.4.3. Damıtma prosesleri

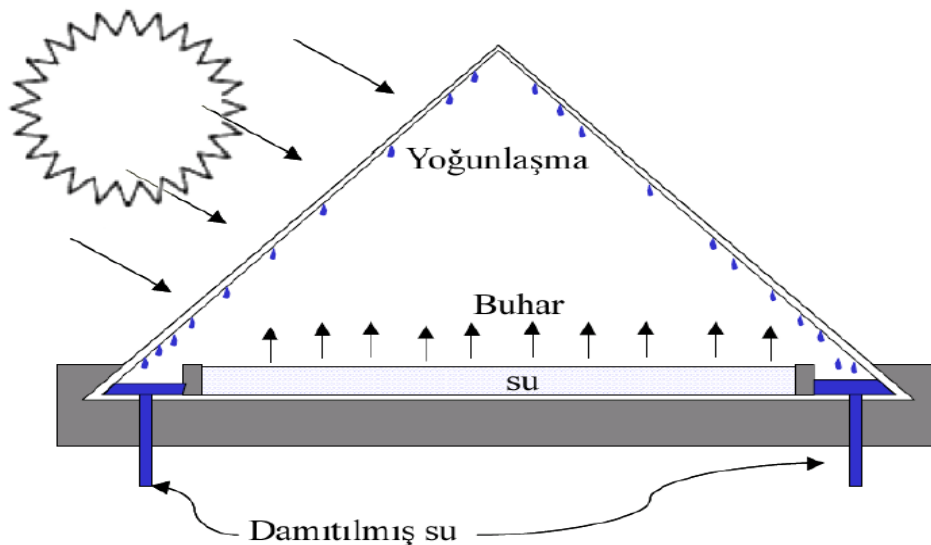
Suyun (gaz ya da katı) hal değişimi özelliğini kullanarak değişen fazını ayırmak için termal araç kullanılan proseslerdir. Amaç, fiziksel olarak tuz çözeltisinden suyu buharlaştırarak ayırmak ve daha sonra tekrar sıvı forma dönüştürerek toplamaktır. Bu sistemler için termal enerji ya da güneş enerjisi kullanılmaktadır. Su arıtımında uygulanan damıtma prosesleri [46]:

- i. Çok kademeli şok damıtma
- ii. Çok işlemlili damıtma
- iii. Mekanik buhar sıkıştırma
- iv. Güneşle damıtma

Çok kademeli damıtma suyun buharlaştırılması ve yoğunlaştırılması esasına dayanan bir damıtma prosesidir. Buharlaştırma ve yoğunlaştırma adımları çok kademeli damıtmada birbirleriyle bağlantılıdır.

Buhar sıkıştırırmalı damıtma prosesleri buharlaştırmayı devam ettirmek için basınç azaltılması esasına dayanmaktadır. Genel olarak küçük ya da orta ölçekli tuzsuzlaştırma birimleri için kullanılmaktadır. Buhar ya mekanik ya da termal enerji ile sıkıştırılır [46].

1.5. Güneş Enerjili Damıtma



Güneş enerjisi eğimli cam ya da plastik malzemeden oluşan saydam örtüden geçerek siyah yüzeyli derin olmayan bir havzada bulunan suyun sıcaklığını artırır. Sıcaklığı artan deniz suyu buharlaşır. Buharlaşan deniz suyu kendisinden daha düşük sıcaklıktaki saydam örtüye temas ederek yoğunlaşır. Yoğuşan su damlacıkları toplama kanalları vasıtasıyla sistemden alınır.

Güneş enerjili damıtma sistemleri esas itibarıyla pasif güneşli damıtıcı ve aktif güneşli damıtıcı olarak sınıflandırılmaktadır. Pasif güneşli damıtma sistemlerinde, güneş ışınımı direk olarak alan suyu ile alınmaktadır ve sadece su sıcaklığını yükseltmek için enerji kaynağıdır, dolayısıyla daha düşük seviyelerde buharlaşma meydana gelmektedir. Bu nedenle aktif güneşli damıtma sistemleri geliştirilmiştir. Burada buharlaşma oranını arttırmak ve verimliliği geliştirmek için harici şekilde alan boyunca ekstra termal enerji temin edilmektedir.

Aktif çalışma yönteminde, ilave enerjinin havzaya girmesi doğal dolaşım veya zorlanmış dolaşım ile olur. Doğal dolaşım, sıcak su, havuz suyu ve sıcak besleme suyu arasındaki basınç farkından dolayı kendiliğinden hareket eder. Zorlanmış dolaşım ise, su pompası kullanılarak dolaşım sağlanır.

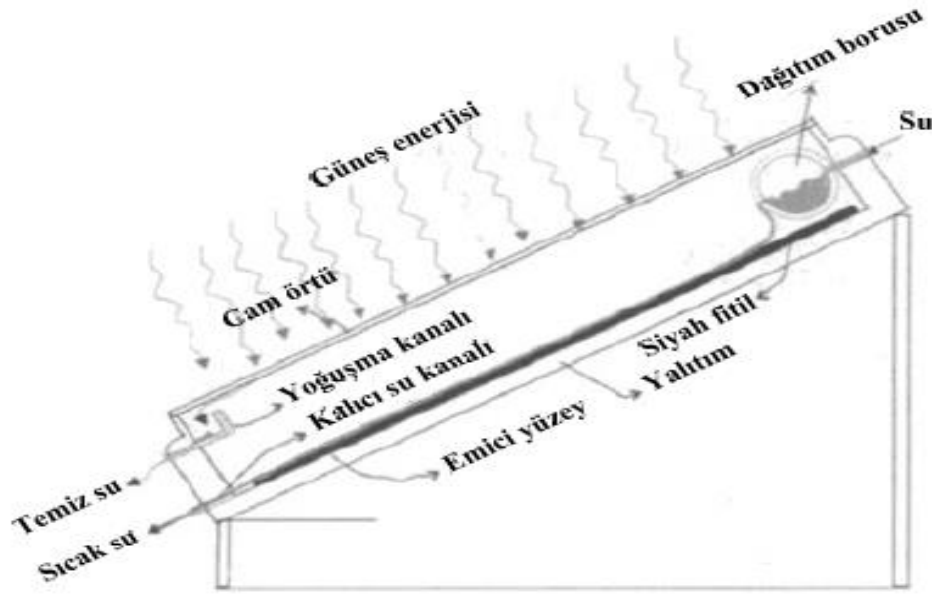
Bahsedilen tüm su arıtma yöntemleri su arıtma proseslerinde gereken termal enerjiyi sağlamak için yüksek maliyet gerektirirler. Buna karşın, güneş enerjili damıtma gerekli olan termal enerjiyi güneş ısısından toplandığı için enerji maliyeti yoktur.

Güneş enerjili damıtma teknolojilerini tatlı su ihtiyacının miktarına göre ve bölgenin varolan güneş ışınım yoğunluğuna göre çeşitlendirmek mümkündür [46].

1.5.1. Fitilli tip damıtıcılar

Bu tip damıtıcılarda, havuz yerine su emici fitiller kullanılmaktadır (Şekil 1.15). Sistem güneş kollektörlerine benzetilebilir. Fitilin uçları, damıtılması düşünülen suyun içerisine daldırılır. Besleme suyu yavaş yavaş güneş ısınımı sayesinde fitil tarafından emilir. Bu damıtma sisteminin iki büyük avantajı vardır: İlki, fitil veya keçeyle istenilen eğimin verilmesidir. Böylece besleme suyu, güneş ışınlamından daha uygun açıyla

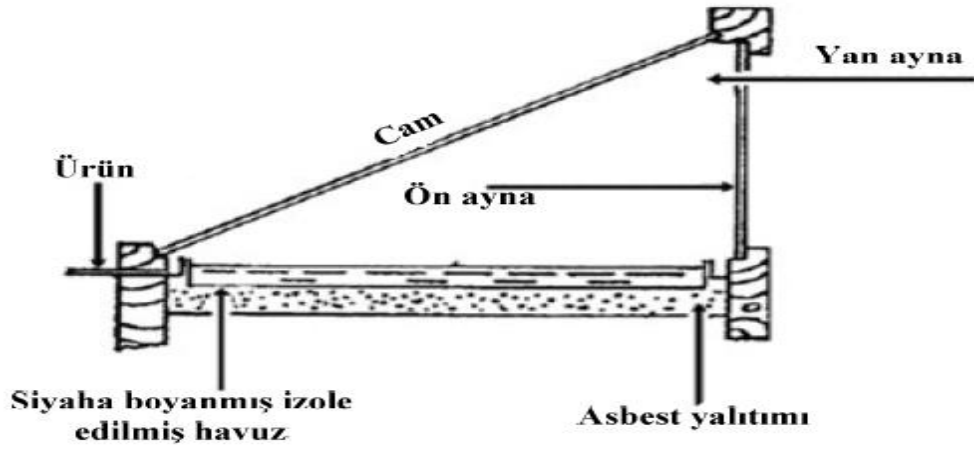
yararlanabilir. İkincisi ise, damıtıcıda daha az miktarda besleme suyu bulunacağından, su daha kısa sürede ısınır ve buharlaşır. Yoğuşma olayı üst cam örtüde olur. Ayrıca damıtıcıya belli bir eğim verildiği takdirde suyun damlaması hızlanır. Su eğimden dolayı siyah emici yüzeye ve siyah renkli fitile gelir. Siyah emici yüzeydeki su seviyesi artar. Güneş enerjisi, emici yüzeyi ısıtır. Isınan su, cam yüzeyde yoğunlaşır. Geride kalan besleme suyu ise ki bu da sıcaktır, ayrı bir kanalla dışarı alınır. Temiz su ve sıcak su ayrı tanklarda toplanır. Bu sistemin dezavantajları ise fitillerin kirlenmesi ve zararlı bakterileri barındırmasıdır [47].



Şekil 1.15. Eğimli güneş enerjili su damıtma sisteminin şematik gösterimi [47].

1.5.2. Asimetrik sera tipi damıtıcılar

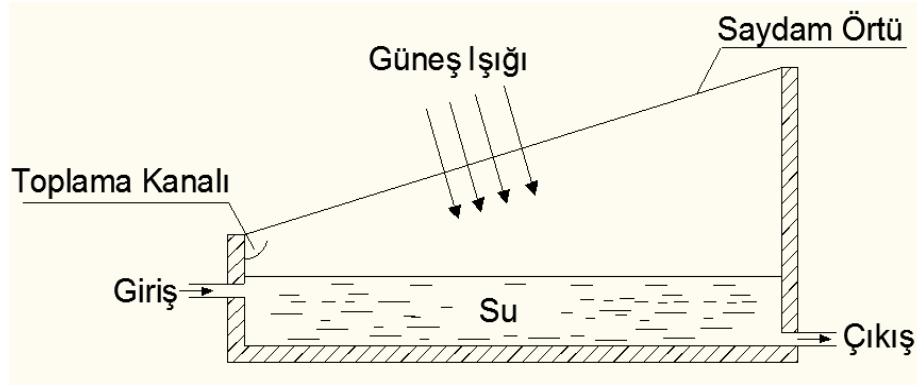
Bu tip damıtıcıların dizaynı havuz tipi damıtıcılara çok benzemektedir (Şekil 1.16). Bu dizaynda üst yoğuşma örtüsü olarak cam kullanılmaktadır. Havuzun tabanı güneş ışınlımından en üst seviyede faydalanmak için siyaha boyanır. Havuz, ısı ve su kaybına karşı izole edilir. Yoğuşma örtüsü damıtıcının üzerine belirli eğimle yerleştirilir. İç kısımdaki kenarlara, yansıma için aynalar yerleştirilir. Cam örtüden güneş içeri girmekte ve siyah havuz tabanı tarafından absorbe edilmektedir. Böylece, içerideki su ısınarak buharlaşır ve cam örtüde yoğuşur. Yoğuşan bu su daha sonra da örtüdeki eğim sayesinde aşağı doğru akarak toplama kaplarında biriktirilir. Elde edilen günlük damıtılmış su miktarı 3 -5,5 litre/gün olarak değişmektedir [48].



Şekil 1.16. Asimetrik sera tipi güneş enerjili damıtıcı[48].

1.5.3. Havuz tipi damıtıcılar

Güneş enerjili havuz tipi damıtıcı temiz su eldesinde kullanılabilecek en pratik çözüm yoludur. Konvansiyonel bir güneş enerjili havuz tipi damıtıcıda saydam örtü, havuz, temiz su toplama kanalları gibi bölümler bulunmaktadır.



Şekil 1.17. Havuz tipi damıtıcı

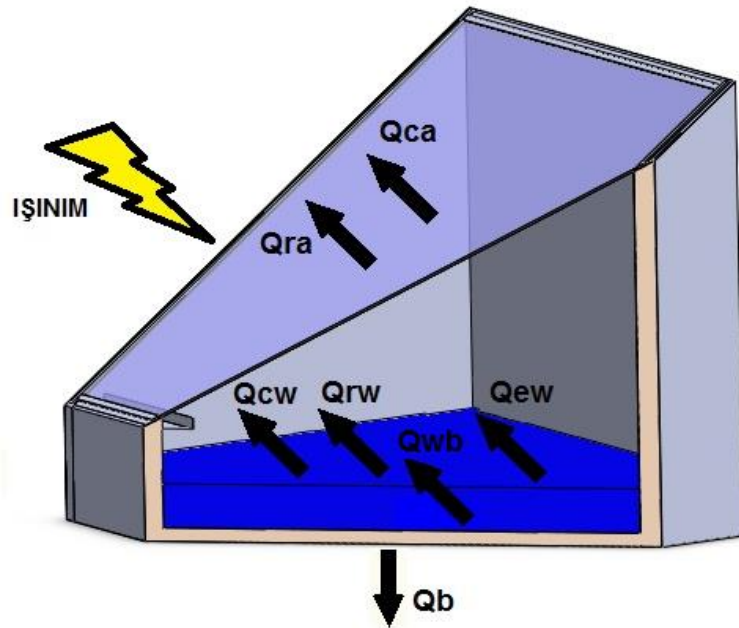
Şekil 1.17’da belirtilen havuz tipi damıtıcı sistemlerinde güneş ışığı saydam örtüden geçerek absorbe edilir. Absorbe edilen güneş ışığı havuz tabanını ve içindeki suyu ısıtır ve ısınan su buhar haline geçer. Buhar haline geçen su içerisindeki tuz veya atıkları havuzda bırakır. Buhar kendisinden daha soğuk olan saydam örtüye temas ederek yoğunlaşarak sıvı hale geçer. Saydam örtü üzerinde bulunan su damlaları eğim yardımıyla toplama kanalında toplanır ve toplama kanalı vasıtasıyla sistemden alınır.

Damıtma havuzu suyun buharlaştırılmak üzere toplandığı ve damıtıcıya gelen güneş ışınımının absorbe edildiği bölümdür. Bu nedenle damıtma havuzunun iç yüzeyleri güneş ışınımını mümkün olduğunca fazla absorbe edilebilmesi için mat siyah renge boyanmalıdır. Ayrıca damıtma havuzu imalatında kullanılan malzeme yüksek sıcaklıklara ve korozyona karşı dayanıklı, maliyeti düşük ve temini kolay olmalıdır. İnsan sağlığını bozacak kimyasal maddelerde oluşturmamalıdır. Damıtma havuzunda bulunan tüm birleşim yerleri su kaçaklarına ve özellikle buhar kaçaklarına karşı sızdırmaz hale getirilmelidir. Isı kayıplarının azaltılması açısından izole edilmelidir.

Sitemde bulunan toplama kanalı saydam örtü üzerinde yoğunlaşan suyun dışarı alınmasını sağlamaktadır. Bu nedenle toplama kanallarına uygun bir eğim verilmelidir. Ayrıca kanal içerisinde bulunan suyun tekrar buharlaşmasını engellemek için güneş ışınımından uzak tutulmalıdır.

1.5.3.1. Havuz Tipi Damıtıcının Isıl Analizi

Havuz tipi damıtıcı ısı analiz için şekil 1.18’ de gösterilen klasik tip güneş enerjili bir damıtıcı sistem dikkate alınmıştır. Buna göre ısı geçiş miktarları hesaplanmıştır.



Şekil 1.18. Güneş enerjili damıtıcıda ısı geçiş durumları

Su yüzeyinden saydam örtüye ısı geçişi taşınım ve ışınlımla olmaktadır. Ayrıca su yüzeyinden buharlaşmaya bağlı olarak bir ısı geçişi vardır. Su yüzeyinden örtüye ışınlımla geçen ısı miktarı (Q_{rw}) aşağıdaki denklemle hesaplanabilir.

$$Q_{rw}=h_{rw} (T_w-T_g) \quad (1.9)$$

Bu denklemdeki h_{rw} su yüzeyinden örtüye ışınlım ile ısı geçiş katsayısı olarak tanımlanmakta olup,

$$h_{rw} = \epsilon_{eff}\sigma[(T_w+273)^4-(T_g+273)^4]/(T_w-T_g) \quad (1.10)$$

şeklinde hesaplanır. Su yüzeyinden örtüye taşınım ile geçen ısı miktarı (Q_{cw}) ;

$$Q_{cw}=h_{cw} (T_w-T_g) \quad (1.11)$$

denklemle hesaplanır. Bu denklemdeki h_{cw} su yüzeyinden örtüye taşınım ile ısı geçiş katsayısı olarak tanımlanmakta olup,

$$h_{cw}=0.884[(T_w-T_g)+(P_w-P_g) (T_w+273)/(268.9\times10^3-P_w)]^{1/3} \quad (1.12)$$

şeklinde hesaplanır. Su yüzeyinden buharlaşma ve yoğuşma ısı geçişi (Q_{ew}),

$$Q_{ew}=h_{ew} (T_w-T_g) \quad (1.13)$$

denklemle hesaplanır. Burada buharlaşma ile ısı transfer katsayısı h_{ew} ;

$$h_{ew}= 16.273\times10^{-3} h_{cw} (P_w-P_g)/(T_w-T_g) \quad (1.14)$$

şeklinde hesaplanır. Sırdam örtüden dış ortama ısı geçişi taşınım ve ışınlım olmak üzere iki şekilde olmaktadır. Sırdam örtüden dış ortama taşınım ile ısı geçiş miktarı (Q_{ca}),

$$Q_{ca}=h_{ca}(T_g-T_a) \quad (1.15)$$

denkleminde elde edilir. Saydam örtüden dış ortama ısıtım ile ısı geçiş miktarı (Q_{ra}),

$$Q_{ra}=h_{ra} (T_g-T_a) \quad (1.16)$$

şeklinde hesaplanır.

Emici yüzeyden havuz suyuna ısı geçiş miktarı (Q_{wb}),

$$Q_{wb}=h_w (T_b-T_w) \quad (1.17)$$

denkleminde hesaplanır.

Damıtıcı duvarlarından ve tabandan olan toplam ısı kaybı miktarı (Q_b),

$$Q_b=h_b (T_w-T_a) \quad (1.18)$$

denkleminde elde edilir.

Havuzun iç enerji değışimi miktarı ise (Q_w) aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$Q_w=(mC)_w dT_w/dt \quad (1.19)$$

Yukarıdaki denklemler esas alınarak damıtıcının ısıl denge durumu için cam yüzeyindeki, su kütlesindeki ve havuz çizgisindeki denge durumları ayrı ayrı incelenmelidir.

Cam yüzeyindeki denge durumu:

$$\alpha_g I+Q_{ew}+Q_{cw}+Q_{rw} = Q_{ca}+Q_{ra} \quad (1.20)$$

$$\alpha_g I+[(h_{rw}+h_{cw}+h_{ew}) (T_w-T_g)] = [(h_{ca}+h_{ra}) (T_g-T_a)] \quad (1.21)$$

denklemleriyle ifade edilir. Bu denklemlerde su yüzeyinden örtüye toplam ısı geçiş katsayılarını aşağıdaki gibi kısaltılabilir.

$$h_{1w}=h_{rw}+h_{cw}+h_{ew} \quad (1.22)$$

cam yüzeyden çevreye toplam ısı geçiş katsayılarını aşağıdaki gibi kısaltırsa,

$$h_{1g}= h_{ca}+h_{ra} \quad (1.23)$$

denklemini elde ederiz. (1.22) ve (1.23) denklemlerini (1.21) denkleminde yerine yazılırsa

$$\alpha_g I+[h_{1w} (T_w-T_g)] = [h_{1g} (T_g-T_a)] \quad (1.24)$$

denklemini elde edilir. Su kütlesindeki ısı denge;

$$\alpha_w I + Q_{wb}= Q_w+ Q_{ew}+Q_{cw}+Q_{rw} \quad (1.25)$$

denkleminde gösterilir.

Havuz çizgisindeki ısı denge durumu ise aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$\alpha_b I = Q_{wb}+Q_b \quad (1.26)$$

$$\alpha_b I = h_w(T_b-T_w)+h_b(T_b-T_a) \quad (1.27)$$

Saatlik olarak konvensiyonel damıtıcıda elde edilen damıtılmış su miktarı aşağıdaki denklemle hesaplanır.

$$m_{ew}=\frac{h_{ew}(T_w-T_g)3600}{L} \quad (1.28)$$

Sistem verimi ise;

$$\eta=\frac{m_{ew}.L}{I.A.3600} \quad (1.29)$$

denkleminde elde edilir.

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, Şekil 2.1’de gösterilen sıcak su kollektörü ile birleştirilmiş damıtma sistemi tasarlanmış ve imal edilmiştir. Tasarlanan deney düzeneği Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Isı Tekniği Laboratuvarı terasında tesisatı gölgelenmeye maruz kalmayacak şekilde güneye dönük monte edilmiştir. Deneyler 2012 yılının Temmuz-Ekim ayları arasında Elazığ iklim koşullarında yapılmıştır.



Şekil 2.1. Sıcak su kollektörü ile birleştirilmiş damıtma sistemi

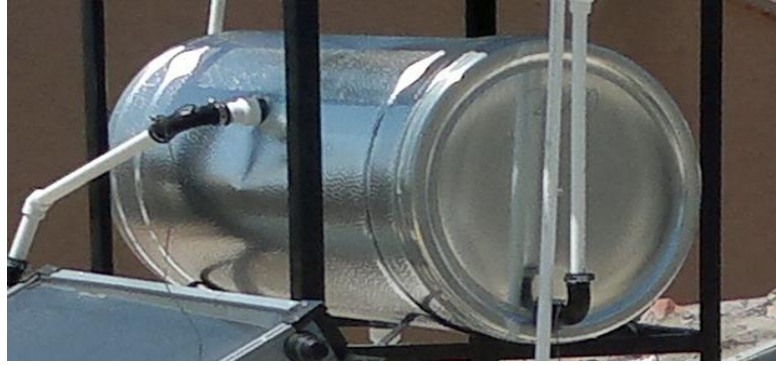
2.1. Deney Düzeneği

Kollektörler: Deneyler için 930x1930x87.5 mm ölçülerinde brüt 1.8 m² net 1.6 m² yüzey alanına sahip alüminyum oval borulu, kanatlı siyah boyalı, düz yüzeyli güneş enerjili standart sıcak su kollektörü kullanılmıştır (Şekil 2.2).



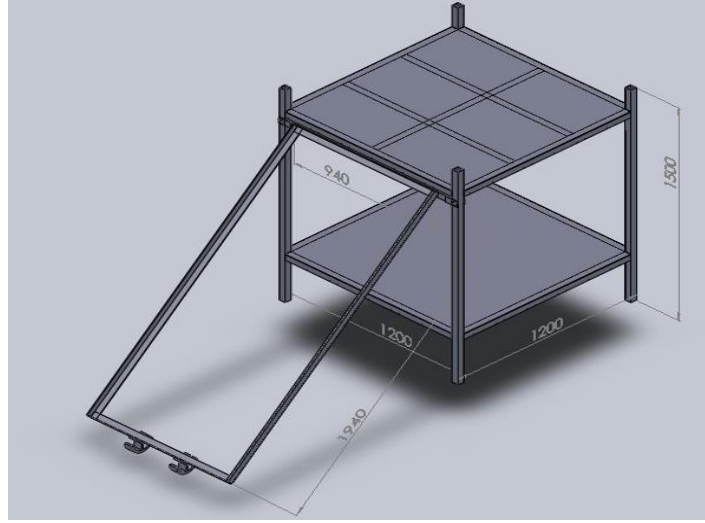
Şekil 2.2. Sıcak su kollektörü

Depo: Kollektör verim deneylerinde kullanılmak üzere 50 cm çapında 100 cm uzunluğunda silindirik depo kullanılmıştır. Depoda ısı kayıplarını engellemek için 5 cm cam yünü ile yalıtım yapılmıştır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Depo

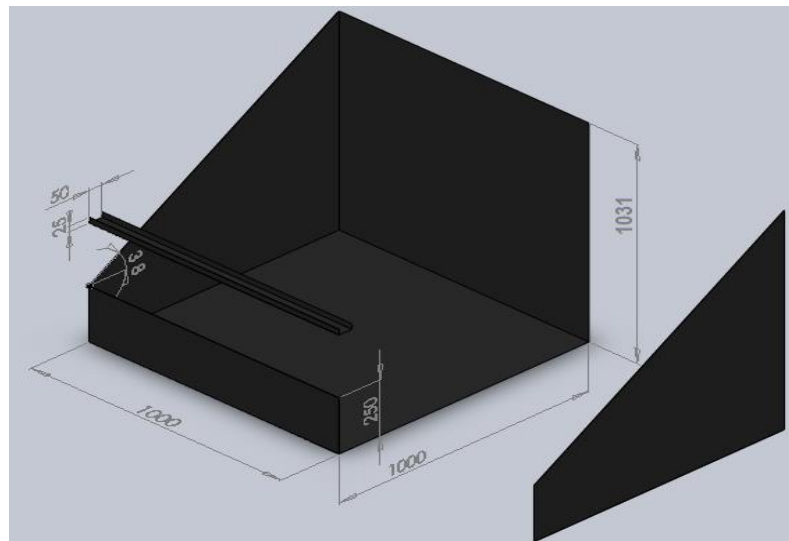
Kollektör sehpa: Kollektör sehpaı için 40 x 40 x 1.5 ebatlarındaki kare profil ve 40x40x2 mm ebatlarındaki L profil kullanılmıştır. Kollektör sehpaı eğim açısı ayarlanabilecek şekilde imal edilmiştir. Sehpa görünüşü ve ölçüleri Şekil 2.4'te verilmiştir.



Şekil 2.4. Kollektör sehpa

Havuz tipi damıtıcı: Deneylerde kullanılan havuz tipi damıtıcı sistemi genel olarak damıtma havuzu, damıtık su toplama kabı, saydam örtü, yalıtım malzemeleri ve damıtıcı içine yerleştirilen ısı değıştirgecinden oluşmaktadır.

Damıtma havuzu; 1000x1000x250 mm ölçülerinde paslanmaz sac malzemeden imal edilmiştir (Şekil 2.5). Taban alanı 1 m^2 , kapak eğim açısı 38° dir. Taban ve iç kısımlar; epoksi astar ve siyah mat boya ile boyanmıştır. Damıtıcının çevresine 4 cm kalınlığında poliüretan malzeme ile ısı yalıtımı yapılmıştır. Kapaktan oluşabilecek sızıntıları önlemek amacıyla güneşe, ısıya ve neme dayanaklı olan sızdırmazlık elemanları kullanılmıştır.



Şekil 2.5. Havuz tipi damıtıcı boyutları



Şekil 2.6. Havuz tipi damıtıcı imalatı

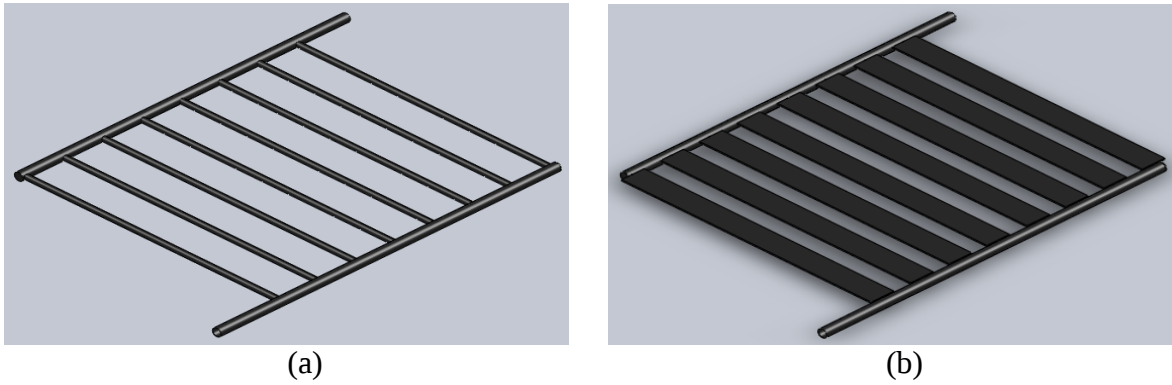
Damıtık su toplama kanalı; Damıtma havuzunun iç kısmına monte edilecek şekilde paslanmaz malzemeden yapılmıştır. 7 derece eğimli 50 mm genişliğinde ve 25 mm yüksekliğinde olacak şekilde damıtıcının iç kısmına birleştirilmiştir (Şekil 2.5). Damıtıcının üst yoğunlaşma örtüsünde yoğunlaşan sular, bu kanala akmaktadır. Eğimli kanallar aracılığıyla yoğunlaşan suların doğal akışla damıtıcının dışındaki bir depoda birikmesi sağlanmıştır.

Saydam örtü; Güneş ışınımını geçiren ve üstten ısı kaybını önlemek için damıtıcıda kullanılan saydam örtü ayrıca yutucu yüzeyi yağmur, dolu veya toz gibi dış etkilere korumaktadır. Sistemde bu amaçla saydam örtü olarak 4 mm kalınlığında tek cam kullanılmıştır.

Yalıtım malzemesi; Damıtıcıda güneş ışınımı almayan alt, yan ve arka kısımlardan olan ısı kayıplarının azaltılması için 4 cm kalınlığında poliüretan malzeme kullanılmıştır.

Damıtıcı ısı değiştirgeci; Damıtıcıda üretilen, damıtık su üretim miktarı ve damıtıcının verimini artırmak amacıyla iki farklı ısı değiştirgeci tasarlanmış ve havuz tipi

damıtıcı içerisine yerleştirilmiştir. Tasarlanan ısı değıştirgeçlerinden birincisi düz borulu, ikincisi ise geliştirilmiş levhalı borulardan oluşturulmuştur. Böylece konvensiyonel havuz tipi damıtıcı, içerisine düz borulu ve geliştirilmiş levhalı ısı değıştirgeçleri yerleştirilmiş havuz tipi damıtıcıların aynı koşullarda ürettikleri su miktarları ve verim değierlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Bu amaçla kullanılan ısı değıştirgeci boru ve levha malzemesi bakır, boyutları 900x900 mm, boru sayısı 8 adet, manifold malzemesi bakır, manifold çapı 25 mm, kaynak tipi ultrasonik kaynak olacak şekilde imal edilmiş ve bakır borular ve levha tamamen mat siyah boya ile boyanmıştır (Şekil 2.7).



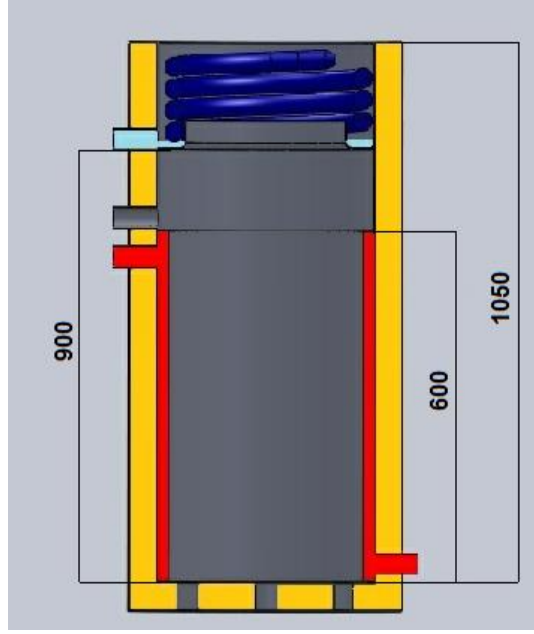
Şekil 2.7. (a). Borulu ısı değıştirgeci (b). Geliştirilmiş levhalı ısı değıştirgeci

Şekil 2.8’ de tasarlanan ısı değıştirgeçlerinin havuz tipi damıtıcı içerisine yerleştirilen yerleşirilişı görölmektedir.



Şekil 2.8. Isı değıştirgeçlerinin havuz tipi damıtıcı içerisine yerleşirilişı

Depo tipi damıtıcı: Depo tipi damıtıcı 400 mm çapında 1050 mm yüksekliğinde 0.8 mm kalınlığında krom-nikel malzemeden silindirik olarak imal edilmiştir (Şekil 2.9). Depo tipi damıtıcının çevresinde 40 mm kalınlığında poliüretan malzeme ile ısı yalıtımı yapılmıştır. Depo tipi damıtıcının içinde iki adet serpantin bulunmaktadır (Şekil 2.10).



Şekil 2.9. Depo tipi damıtıcı ölçüleri



Şekil 2.10. Depo tipi damıtıcı

Sirkülasyon pompası: Sistemde suyun dolaşımını sağlamak amacıyla WELKO marka LRS40 4S/130 tip sirkülasyon pompası kullanılmıştır (Şekil 2.11). Kullanılan pompa -10 °C ile +100 °C arası su sıcaklıklarında ve 10 bar işletme basınçlarına kadar kullanılabilmekte, ayarlanabilen üç hız kademesi bulunmakta olup, maksimum debi 150 lt/h, maksimum basma yüksekliği 4 m'dir.



Şekil 2.11. Sirkülasyon pompası

Fotovoltaik pil: Sistemde kullanılan sirkülasyon pompasının enerjisini sağlamak amacıyla BLUESUN marka BSV-80m tip fotovoltaik pil kullanılmıştır (Şekil 2.12). 1206x556x35 mm ölçülerindeki bir panelden 80 W enerji elde edilmektedir.



Şekil 2.12. Fotovoltaik pil

2.1.1. Deneylerde kullanılan ölçme cihazları

Datalogger: Hioki marka 8402-20 model datalogger kullanılmıştır (Şekil 2.13). 30 kanal analog 30 kanal PT100 ile sıcaklık ölçümü ve direnç girişi olmak üzere toplam 60 kanaldan oluşmaktadır. Otomatik termokupl tanıma özelliği olan datalogger sayesinde K, J, E, T, N, R, S, B,W, PT100 ile sıcaklık ölçümleri yapılabilmektedir. USB ve LAN bağlantıları yapılabilen bu datalogger ile hem datalogger hem de bilgisayar yazılımı üzerinden datalar grafiksel olarak incelenebilmektedir.



Şekil 2.13. Datalogger

Deneylerde damıtık su üretim miktarı ve verim hesabını yapabilmek için ısınım şiddeti, sıcaklıklar, rüzgar hızı ve debi ölçümü datalogger yardımı ile yapılmıştır. Ayrıca kullanılan diğer ölçme aletleri ve özellikleri aşağıda verilmiştir.

Piranometre: Yapılan deneylerde ısınım şiddetinin ölçümünde Kipp and Zonen marka (CC12) piranometre kullanılmıştır. Kullanılan piranometre sistemin çalışma açısına uygun bir eğimle yerleştirilmiş ve 30 dakikalık zaman dilimleri arasında ölçümler yapılmıştır (Şekil 2.14).



Şekil 2.14. Piranometre

Rotametre: Cebri taşınımli sistemlerde sistemde dolaşan akışkanın debisini tespit etmek amacıyla kullanılmıştır. Kullanılan rotametre yüksek sıcaklıklarda kullanılabilir ve 0-200 lt/h aralıklarında ölçüm yapabilmektedir (Şekil 2.15).



Şekil 2.15. Deneylerde kullanılan rotametre

Hassas su sayacı: Doğal taşınımli sistemde debi değişimini gözlemlemek amacıyla Baylan marka sıcak su sayacı kullanılmıştır (Şekil 2.16). Sayaç m^3 değerinde ölçüm yapmaktadır ve 1/10000 hassasiyetindedir.



Şekil 2.16. Hassas su sayacı

2.1.2. Ölçülen değerlerin hata analizi

Genel olarak deneysel hataları üç grupta toplamak mümkündür. Bunlardan birinci gruptakiler dikkatsizlik ve tecrübesizlikten olabilen hatalardır. Ölçme cihazlarının yanlış seçiminden ve ölçme sistemlerinin yanlış dizaynından ortaya çıkan hatalar bu grup içinde düşünülür. Bu hatalar genellikle ölçülen diğer bulgulardan farklı karakterde olduğundan, tecrübeli bir deneyci tarafından bunlar kolaylıkla tespit edilerek, değerlendirme dışı bırakılabilir.

İkinci grup hatalar sabit ve sistematik olarak adlandırılan hatalardır. Bunlarda genel olarak tekrar edilen okumalarda görülen ve nedenleri çoğunlukla bilinmeyen hatalardır.

Üçüncü grup hatalar ise rastgele hatalardır. Bunlar ise deneyi yapan elemanların değişmesinden, deneyi yapanların dikkatlerinin zamanla azalmasından, elektrik geriliminin değişmesinden, cihazların ısınmasından ortaya çıkan elektronik ölçme aletlerindeki salınımlardan veya ölçme aletlerindeki histerizis olaylarından kaynaklanabilir.

Ölçü aletinin imalatının doğru yapıldığı kabul edilirse, hata analizi; sabit ve rasgele hataları belirleyerek bunların deneysel sonuçlar üzerindeki etkilerinin ortaya konulmasıdır. Bu bölümde yapılan deneyler için hata analizi yapılmıştır. Ölçümler: Hioki marka 8402-20 model çok noktadan ölçüm alabilen datalogger yardımıyla yapıldığından hata analizi yapılırken katalog değerlerinden de yararlanılmıştır.

Sıcaklık ölçümünden kaynaklı hata

- (a₁) Termokouple çiftlerinden kaynaklanan hata = ± 0.1 °C
- (b₁) Dataloggerden kaynaklanan hata = $\pm 0,1$ °C
- (c₁) Bağlantı elemanları ve noktalardan kaynaklanan hata = $\pm 0,1$ °C
- (d₁) Kollektör girişinde sıcaklığın ölçülmesinde yapılabilecek ortalama hata= ± 0.1 °C,
- (e₁) Kollektör yüzey sıcaklığının ölçülmesinde yapılabilecek ortalama hata= ± 0.1 °C,
- (f₁) Kollektör çıkışında sıcaklığın ölçülmesinde yapılabilecek ortalama hata= ± 0.1 °C,
- (g₁) Depo sıcaklığının ölçülmesinde yapılabilecek hata= ± 0.1 °C
- (h₁) Tabandaki sıcaklık ölçülmesinde yapılabilecek ortalama hata = ± 0.1 °C
- (k₁) Havuzdaki sıcaklık ölçülmesinde yapılabilecek ortalama hata = $\pm \pm 0.1$ °C
- (l₁) Cam altındaki sıcaklık ölçülmesinde yapılabilecek ortalama hata = ± 0.1 °C
- (m₁) Cam üstündeki sıcaklık ölçülmesinde yapılabilecek ortalama hata = ± 0.1 °C

- (n₁) İç buhardaki sıcaklık ölçülmesinde yapılabilecek ortalama hata = ±0.1 °C
- (o₁) Sağ duvardaki sıcaklık ölçülmesinde yapılabilecek ortalama hata = ±0.1 °C
- (p₁) Sol duvardaki sıcaklık ölçülmesinde yapılabilecek ortalama hata = ±0.1 °C
- (r₁) Ön duvardaki sıcaklık ölçülmesinde yapılabilecek ortalama hata = ±0.1 °C
- (s₁) Arka duvardaki sıcaklık ölçülmesinde yapılabilecek ortalama hata = ±0.1 °C
- (t₁) Çevre sıcaklık ölçülmesinde yapılabilecek ortalama hata = ±0.1 °C

Zaman ölçümünden kaynaklanan hatalar:

- (a₂) Zaman ölçerden kaynaklanan hata= ±0.0003 dakika
- (b₂) Periyodik olarak üretim miktarının ölçümünde yapılabilecek ortalama hata= ±0.10 dakika
- (c₂) Periyodik olarak sıcaklık değerlerinin okunmasında yapılabilecek hata= ±0.10 dakika
- (d₂) Periyodik olarak hava hızının ölçümünden yapılabilecek ortalama hata = ± 0,10 dakika
- (e₂) Periyodik olarak ışıyım ölçümünden yapılabilecek ortalama hata = ± 0,10 dakika

Üretilen tatlı su miktarının ölçümünden kaynaklanan hatalar

- (a₃) Mezurdan kaynaklanan hata = ± 2,5ml
- (b₃) Okumadan kaynaklanan hata = ± 2ml
- (c₃) Mezura toplama kanalı arasındaki mesafeden kaynaklanan hata = ± 2,5ml

Debi ölçümlerinde ortaya çıkabilecek hata

- (a₄) Debimetre okuma belirsizliği = ± 0.5-1
- (b₄) Sistem kaçaklarıyla ilgili belirsizlik= ± 0.5-1
- (c₄) Sıcaklık farklarından kaynaklanan belirsizlik= ± 0.5-1

Herhangi bir parametredeki toplam hatanın belirlenmesi için sabit hataların, imalat hatalarının ve rasgele hataların dikkate alınmasıyla toplam hata değeri,

$$W_{th} = \left[(x_1)^2 + (x_2)^2 + \dots (x_n)^2 \right]^{1/2} \quad (2.1)$$

denklemleri ile hesaplanabilir.

Bu denkleme göre yukarıda belirlenen hata miktarları kullanılarak Tablo 2.1’ de görülen kurutma deneyleri sırasında meydana gelen toplam hata miktarları hesaplanmıştır.

Tablo 2.1. Damıtma deneyleri sırasında meydana gelen toplam hata miktarları

Hata Oluşturan Parametreler	Kullanılan denklem	Toplam hata
Kollektör girişinde sıcaklığın ölçülmesinde yapılabilecek toplam hata (W_{Tkg})	$W_{Tkg} = [(a_1)^2 + (b_1)^2 + (d_1)^2]^{1/2}$	$\pm 0.173^\circ\text{C}$
Kollektör yüzey sıcaklığının ölçülmesinde yapılabilecek toplam hata (W_{Tky})	$W_{Ty} = [(a_1)^2 + (b_1)^2 + (e_1)^2]^{1/2}$	$\pm 0.173^\circ\text{C}$
Kollektör çıkışında sıcaklığın ölçülmesinde yapılabilecek toplam hata ($W_{Tkç}$)	$W_{Tkç} = [(a_1)^2 + (b_1)^2 + (f_1)^2]^{1/2}$	$\pm 0.173^\circ\text{C}$
Depo sıcaklığının ölçülmesinde yapılabilecek toplam hata (W_{Td})	$W_{Td} = [(a_1)^2 + (b_1)^2 + (g_1)^2]^{1/2}$	$\pm 0.173^\circ\text{C}$
Tabandaki sıcaklık ölçülmesinde yapılabilecek ortalama hata (W_{Tta})	$W_{Tta} = [(a_2)^2 + (b_2)^2 + (h_2)^2]^{1/2}$	$\pm 0.173^\circ\text{C}$
Havuzdaki sıcaklık ölçülmesinde yapılabilecek ortalama hata (W_{TH})	$W_{TH} = [(a_1)^2 + (b_1)^2 + (k_1)^2]^{1/2}$	$\pm 0.173^\circ\text{C}$
Cam altındaki sıcaklık ölçülmesinde yapılabilecek ortalama hata (W_{Tca})	$W_{Tca} = [(a_1)^2 + (b_1)^2 + (l_1)^2]^{1/2}$	$\pm 0.173^\circ\text{C}$
Cam üstündeki sıcaklık ölçülmesinde yapılabilecek ortalama hata (W_{Tcu})	$W_{Tcu} = [(a_1)^2 + (b_1)^2 + (m_1)^2]^{1/2}$	$\pm 0.173^\circ\text{C}$
İç buhardaki sıcaklık ölçülmesinde yapılabilecek ortalama hata (W_{Tb})	$W_{Tb} = [(a_1)^2 + (b_1)^2 + (n_1)^2]^{1/2}$	$\pm 0.173^\circ\text{C}$
Sağ duvardaki sıcaklık ölçülmesinde yapılabilecek ortalama hata (W_{Tsad})	$W_{Tsad} = [(a_1)^2 + (b_1)^2 + (o_1)^2]^{1/2}$	$\pm 0.173^\circ\text{C}$
Sol duvardaki sıcaklık ölçülmesinde yapılabilecek ortalama hata (W_{Tsod})	$W_{Tsod} = [(a_1)^2 + (b_1)^2 + (p_1)^2]^{1/2}$	$\pm 0.173^\circ\text{C}$
Ön duvardaki sıcaklık ölçülmesinde yapılabilecek ortalama hata (W_{Tod})	$W_{Tod} = [(a_1)^2 + (b_1)^2 + (r_1)^2]^{1/2}$	$\pm 0.173^\circ\text{C}$
Arka duvardaki sıcaklık ölçülmesinde yapılabilecek ortalama hata (W_{Tad})	$W_{Tad} = [(a_1)^2 + (b_1)^2 + (s_1)^2]^{1/2}$	$\pm 0.173^\circ\text{C}$
Çevre sıcaklık ölçülmesinde yapılabilecek ortalama hata ($W_{Tç}$)	$W_{Tç} = [(a_1)^2 + (b_1)^2 + (t_1)^2]^{1/2}$	$\pm 0.173^\circ\text{C}$
Periyodik olarak üretim miktarının ölçümünde yapılabilecek ortalama hata (W_m)	$W_m = [(a_2)^2 + (b_2)^2]^{1/2}$	± 0.1 dakika
Periyodik olarak sıcaklık değerlerinin okunmasında ortaya çıkabilecek toplam hata (W_{ts})	$W_{ts} = [(a_2)^2 + (c_2)^2]^{1/2}$	± 0.1 dakika
Periyodik olarak hava hızının ölçümünden yapılabilecek ortalama hata (W_{tv})	$W_{tv} = [(a_2)^2 + (d_2)^2]^{1/2}$	± 0.1 dakika
Periyodik olarak ışıyım ölçümünden yapılabilecek ortalama hata (W_{t1})	$W_{t1} = [(a_2)^2 + (e_2)^2]^{1/2}$	± 0.1 dakika
Üretilen tatlı su miktarının ölçümünden kaynaklanan hatalar (W_m)	$Wm = [(a_3)^2 + (b_3)^2 + (c_3)^2]^{1/2}$	± 4.062 ml
Debi ölçümünden kaynaklanabilecek toplam hata (W_{de})	$W_{de} = [(a_4)^2 + (b_4)^2 + (c_4)^2]^{1/2}$	± 0.86 kg/h

2.2. Sistem Tasarımı ve Verim Deneyleri

2.2.1. Doğal ve cebri taşınımli sıcak su kollektörlerinin verim deneyleri

Sıcak su kollektörüyle birleştirilmiş damıtıcı sisteminde öncelikle sistemde kullanılacak kollektörlerin verimleri tespit edilmiştir. Sistemde kullanılacak olan düzlemsel yüzey tip doğal taşınımli kollektör ile farklı debilerde çalıştırılan cebri taşınımli güneş kollektörlerinin verimleri tespit edilmiş ve birbirleriyle kıyaslanmıştır. Aynı zamanda, cebri taşınımli düzlemsel sıcak su kollektörlerinde, su dolaşım miktarının depo suyu sıcaklıklarına ve verime olan etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Cebri taşınımli sıcak su kollektörlerinde su dolaşım miktarları sırasıyla 30 ve 50 kg/h olarak seçilmiştir.

Şekil 2.17 ve Şekil 2.18’te görüldüğü gibi sistem sıcak su deposu, düz sıcak su kollektörleri, sirkülasyon pompası, kollektör sehпасından oluşmaktadır. Kullanılan kollektör sehпасı kollektörlere 38° eğim verecek şekilde ayarlanmıştır.



Şekil 2.17. Tasarımı yapılan doğal taşınımli ve cebri taşınımli sistemler

Bu tasarımda aynı şartlar altında doğal taşınımli kollektör ile cebri taşınımli kollektörler birlikte çalıştırılmıştır. Cebri taşınım için sisteme farklı devirlerde çalışan pompa montajı sağlanmıştır. Sistemlerin su doldurma, boşaltma ağızları ve kollektör giriş ve çıkışları aynı şekilde ve aynı yerlerden yapılmıştır.



Şekil 2.18. Doğal ve cebri dolaşımli sistem

Tasarlanan deney düzeneği kurulduktan sonra kollektörlerin giriş ve çıkış sıcaklıklarını, depoların giriş ve çıkış sıcaklıklarını, depoların iç sıcaklıklarını ve çevre sıcaklığını ölçmek için gerekli noktalara J tipi termokupllar yerleştirilmiştir. Sisteme gerekli olan su ilavesi yapıldıktan sonra datalogger yardımıyla termokupl yerleştirilen bölgelerin 8.30-17.00 saatleri arasında otuzar dakikalık aralıklarla sıcaklık ölçümü yapılmıştır. Ölçülen sıcaklık, ve ısıtım değerleri dikkate alınarak günün saatlerine bağlı olarak verimler tespit edilmiştir. Deney yapılan her gün için deney sistemine şebeke suyu konulmuş ve her gün deney sonunda bu su boşaltılmıştır. Yapılan çalışmada; cebri taşınımlı kollektörden farklı debilerde geçirilen su debileri rotametre ile ölçülmüştür. Günlük deney süresince bu debi değerleri sabit tutulmuştur. Pompa için gerekli enerji fotovoltaiik pil yardımıyla sağlanmıştır.

2.2.2. Havuz tipi damıtıcıdaki su seviyesinin verim üzerindeki etkisi deneyleri

Havuz tipi damıtıcı yardımıyla damıtık su elde etmek için damıtıcı boyutlandırılması, tasarımı ve imalatı gerçekleştirilmiştir. Elde edilen damıtıcıya 4, 6, 8, 10 ve 12 cm yüksekliğinde su konularak verim değerleri ve elde edilen damıtık su miktarları belirlenmiştir (Şekil 2.19). Bu sayede havuzdaki su derinliğinin sistemin verimine ve üretilen su miktarına olan etkisi incelenmiştir.

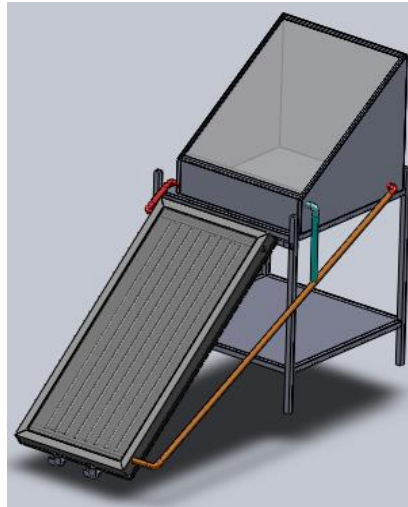


Şekil 2.19. Havuz tipi damıtıcıdaki su seviyesinin verim üzerindeki etkisi deneyleri

2.2.3. Sıcak su kollektörüyle birleştirilmiş havuz tipi damıtıcı sistem tasarımı ve deneyleri

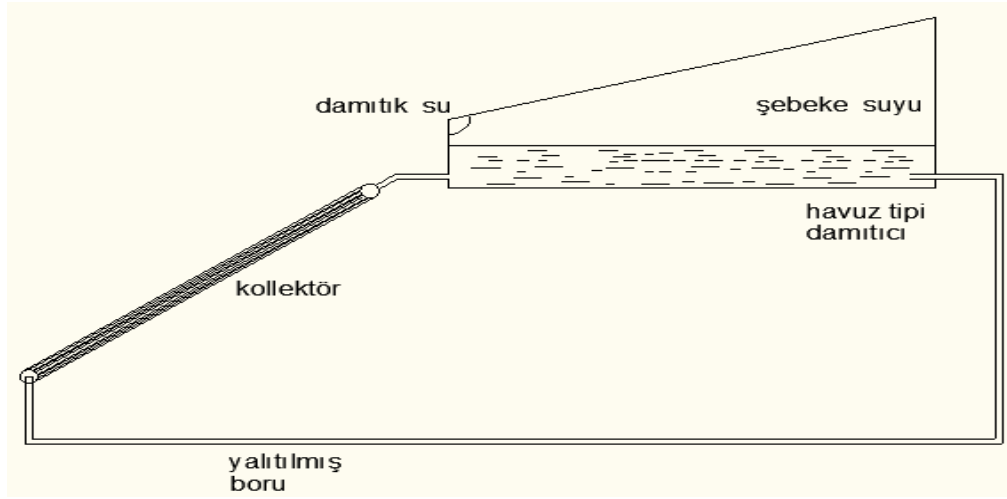
Bu kısımda yapılan deneylerde havuz tipi damıtıcı sıcak su kollektörüyle birleştirilmiş ve damıtıcı içerisine borulu ve levhalı ısı değiştirgeçleri döşenmiştir ve deneyler yapılmıştır. Yapılan deneylerde Elazığ ili koşullarında düzlemsel güneş kollektör ile birleştirilmiş havuz tipi damıtıcının performansını etkileyen parametreler incelenmiştir. Bu kapsamda yapılan 4 farklı deney düzeneği, bu deney düzeneklerinde kullanılan ekipmanlar ve deney düzeneklerinin çalışma prensipleri aşağıda belirtilmiştir.

Şekil 2.20’ de belirtilen ilk deney düzeneği bir adet düzlemsel sıcak su kollektörü, bir adet havuz tipi damıtıcı, sehpa ve bağlantı parçalarından oluşmaktadır.



Şekil 2.20. Sıcak su kollektörüyle birleştirilmiş konvensiyonel havuz tipi damıtıcı

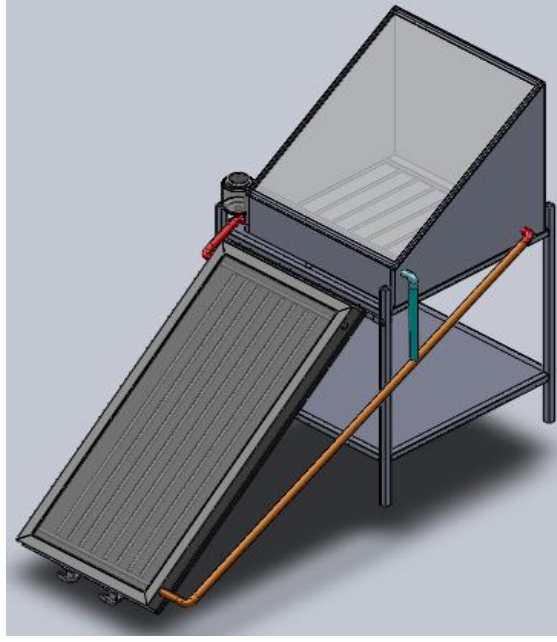
Bu sistemde havuz tipi damıtıcıda bulunan şebeke suyunun sıcaklığı güneş enerjisi vasıtasıyla arttırılmıştır. Sıcaklığının artması sonucunda buharlaşan şebeke suyu kendisinden daha soğuk olan üstteki cam örtüye temas ederek yoğuşmuştur. Daha sonra üst yoğuşma örtüsündeki eğimden dolayı yoğuşan su, damlacıklar halinde aşağı doğru akmakta ve damıtma havuzunun içinde, ön bölgeye yerleştirilmiş bulunan toplama kanalına alınmaktadır. Toplama kanalında biriken damıtık su kanala verilen eğim yardımıyla dışarı taşınarak damıtık su deposunda biriktirilmektedir. Ayrıca havuz tipi damıtıcının içerisinde bulunan su, doğal taşınım ile düzlemsel tip sıcak su kollektörden geçirilerek artan su sıcaklığının buharlaşma ve yoğuşmaya etkisi gözlemlenmiştir (Şekil 2.21).



Şekil 2.21. Sıcak su kollektörüyle birleştirilmiş konvensiyonel havuz tipi damıtıcının çalışma prensibi

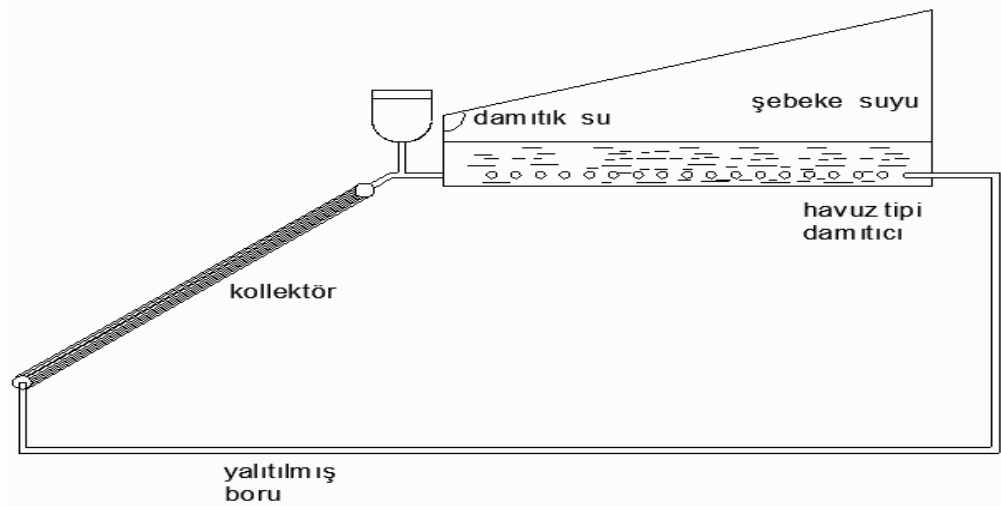
Tasarlanan deney düzeneği kurulduktan sonra havuz tipi damıtıcının içerisine 100 kg su ilave edilerek sistemde bulunan düzlemsel sıcak su kollektörünün açısı 38° olacak şekilde ayarlanmıştır. Daha sonra düzlemsel sıcak su kollektörünün giriş ve çıkış sıcaklıklarını, damıtıcının iç sıcaklıklarını, çevre sıcaklığını ölçmek için gerekli noktalara J tipi termokupllar yerleştirilmiştir. Datalogger yardımıyla termokupl yerleştirilen bölgelerin 8.00-16.00 saatleri arasında otuzar dakikalık aralıklarla sıcaklık ölçümü yapılmış ve damıtılan su miktarı belirlenmiştir. Elde edilen veriler yardımıyla sistemin verim hesabı yapılmıştır.

Şekil 2.22' da belirtilen ikinci deney düzeneği bir adet düzlemsel sıcak su kollektörü, bir adet havuz tipi damıtıcı, havuz tipi damıtıcının içerisine yerleştirilen bir adet borulu tip ısı değiştirgeci, sehpa ve bağlantı parçalarından oluşmaktadır.



Şekil 2.22. Sıcak su kollektörüyle birleştirilmiş boru tip ısı değıştirgeçli havuz tipi damıtıcı

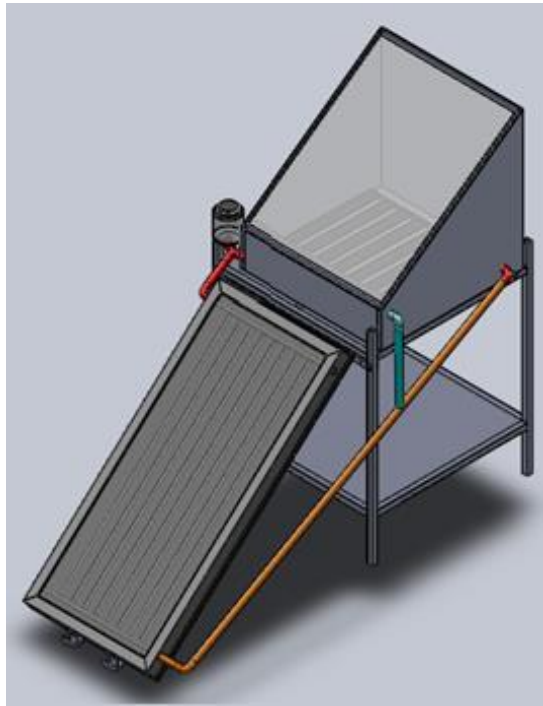
Doğal taşınımlı kapalı sistem olarak tasarlanan bu deney düzeneğinde birinci deney düzeneğinden farklı olarak havuz tipi damıtıcının içerisine yerleştirilen bir adet borulu tip ısı değıştirgeci bulunmaktadır ve düzlemsel sıcak su kollektöründen gelen sıcak su damıtıcının içerisindeki suyla karışmadan bu borulu tip ısı değıştirgecinin içerisinden geçip tekrar geri dönmektedir. (Şekil 2.23)



Şekil 2.23. Sıcak su kollektörüyle birleştirilmiş boru tip ısı değıştirgeçli havuz tipi damıtıcı çalışma prensibi

Bu sistemde düzlemsel sıcak su kollektöründe ısınarak sıcaklığını arttıran su havuz tipi damıtıcının içerisindeki borulu ısı değiştirgecinden geçerek ısısını havuz tipi damıtıcıda bulunan şebeke suyuna aktarmaktadır. Bu sayede sıcaklığı artan suyun buharlaşma ve yoğunlaşmaya etkisi belirlenmiş ve diğer deney düzenekleriyle karşılaştırılmıştır.

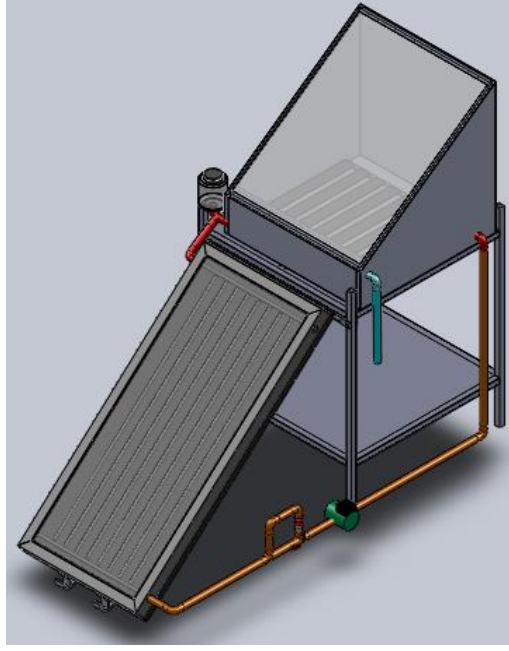
Şekil 2.24’ de belirtilen üçüncü deney düzeneğinde havuz tipi damıtıcının içerisine bir adet levhali ısı değiştirgeci yerleştirilmiştir. Levhali ısı değiştirgeci kullanarak hem ısı transferi yüzey alanının hem de yutucu yüzey alanının artırılması amaçlanmıştır.



Şekil 2.24. Sıcak su kollektörüyle birleştirilmiş levha tip ısı değiştirgeçli havuz tipi damıtıcı

Bu sistemde kullanılan levhali ısı değiştirgeci yardımıyla düzlemsel sıcak su kollektöründen gelen yüksek sıcaklıktaki akışkan ile damıtıcı içerisindeki su sıcaklığı arttırılmıştır.

Şekil 2.25’ de belirtilen dördüncü deney düzeneğinde ise levha tip ısı değiştirgeçli damıtıcı sisteminde sıcak su kollektörüne pompa ilave edilerek sistem cebri olarak çalıştırılmıştır.



Şekil 2.25. Cebri taşınımlı sıcak su kollektörüyle birleştirilmiş levhalı ısı değıştirgeçli havuz tipi damıtıcı şematik resmi

Bu sayede kollektörlerde dolaştırılan akışkanın debisinin sistem sıcaklıkları, damıtılan su miktarı ve sistem verimi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Şekil 2.26’de havuz tipi damıtıcı, sıcak su kollektörüyle birleştirilmiş havuz tipi damıtıcılarla ve bunların içerisine yerleştirilen ısı değıştirgeçleri ile yapılan deneyler gösterilmektedir.

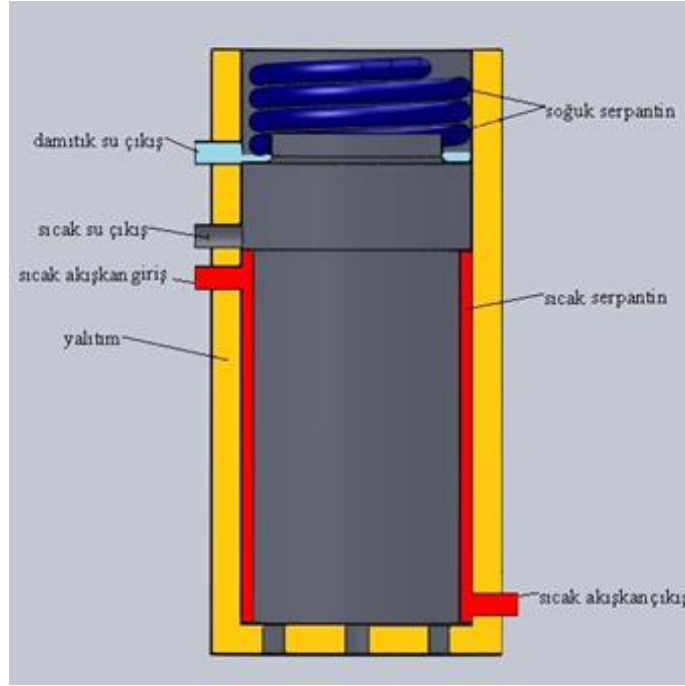


Şekil 2.26. Sıcak su kollektörüyle birleştirilmiş damıtıcı sistem deneyleri

Yapılan bu deneyler sonunda yukarıdaki sistemlerden üretilen damıtık su miktarları ve sistemlerin verimleri hesaplanmış ve birbirleriyle kıyaslanmıştır.

2.2.4. Depo tipi damıtıcı tasarımı ve deneyleri

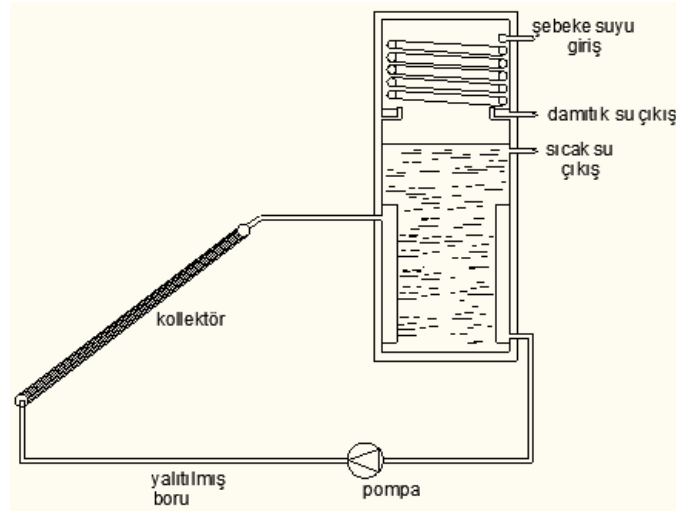
Bu sistem genel olarak bir adet kollektör, depo tipi damıtıcı ve pompadan oluşmaktadır. Deponun, üst serpantininde şebekeden gelen soğuk su, alt serpantininde ise kollektörden gelen sıcak su bulunmaktadır (Şekil 2.27). Üst serpantinden gelen şebeke suyu serpantinden geçtikten sonra depoda birirmektedir. Kollektörden gelen ve alt serpantinden dolaşan sıcak akışkan depoda biriken şebeke suyunu ısıtarak buharlaştırılmaktadır. Buharlaştıran şebeke suyu soğuk olan üst serpantinle temas ederek yoğunlaştırılmakta ve damıtılmış su elde edilmektedir. Daha sonra elde edilen damıtılmış su boru tesisatıyla damıtık su deposuna taşınmaktadır.



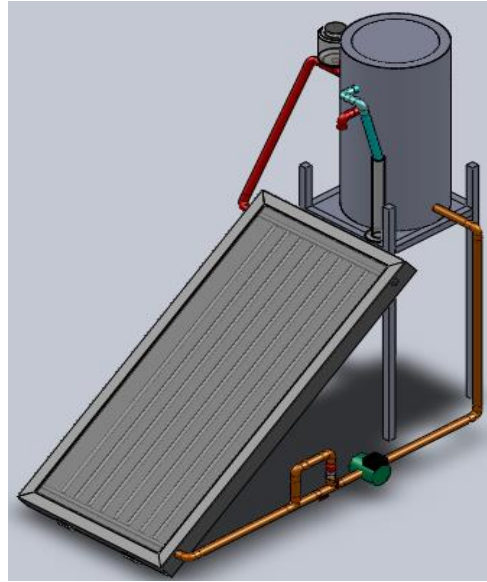
Şekil 2.27. Depo tipi damıtıcı tasarımı

Şebekeden gelen soğuk su kollektörden önce deponun içindeki yoğunlaştırıcıdan geçerek depo içerisinde birirmektedir. Deponun içerisine ısı olarak buharlaşan su, yoğunlaştırıcıda şebekeden gelen soğuk suya ısını vererek yoğunlaşmaktadır. Bu şekilde hem ısıнын bir kısmı geri kazanılmış olmakta, hem de damıtık su elde edilmiş olmaktadır. Sistem hem doğal taşınımli hem de cebra taşınımli olarak tasarlanmış ve deneyler yapılmıştır. (Şekil 2.28-Şekil 2.29)

Tasarlanan deney düzeneği kurulduktan sonra kollektörlerin giriş ve çıkış sıcaklıklarını, depoların iç sıcaklıklarını, çevre sıcaklığını ve soğuk serpantin sıcaklığını ölçmek için gerekli noktalara J tipi termokupllar yerleştirilmiştir. Sisteme gerekli olan su ilavesi yapıldıktan sonra datalogger yardımıyla termokupl yerleştirilen bölgelerin 8.30-17.00 saatleri arasında otuzar dakikalık aralıklarla sıcaklık ölçümü yapılmıştır.



Şekil 2.28. Depo tipi damıtıcı şematik resmi



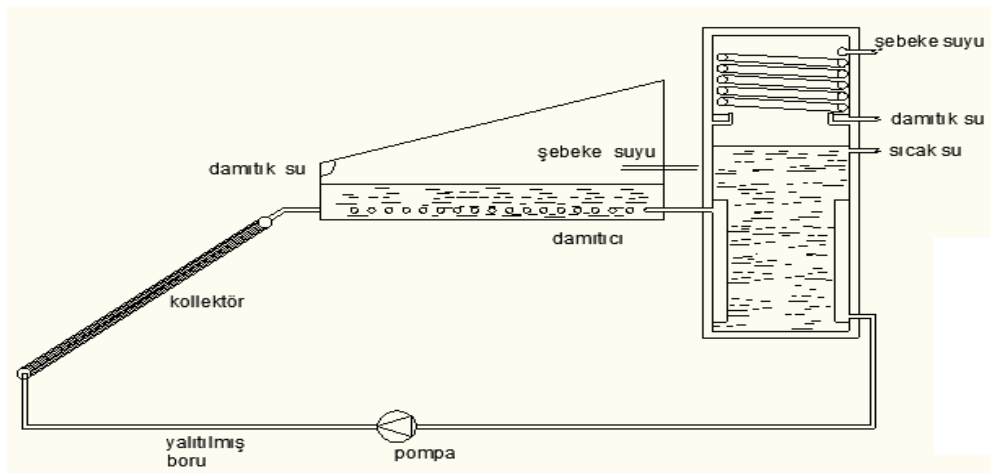
Şekil 2.29. Depo tipi damıtıcı sistemi

Ayrıca, gerçek çalışma şartlarına uygun olması ve üst serpantinindeki su sıcaklığının damıtma miktarına olan etkisinin gözlemlenmesi açısından sistemden belli saat aralıklarında ve belirli miktarda sıcak su alınarak deneyler tekrarlanmıştır.

Yapılan deneylerde öncelikle doğal ve cebri taşınımlı sistemlerde üretilen damıtık su miktarları karşılaştırılmıştır.

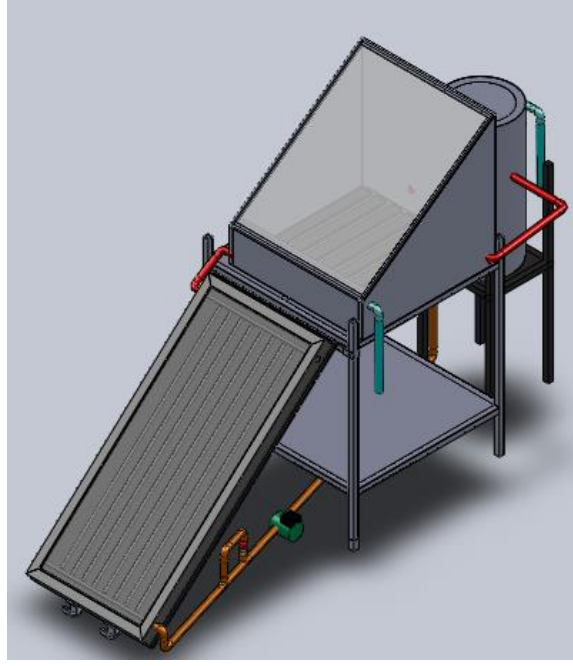
2.2.5. Sıcak su kollektörü ile birleştirilmiş damıtıcı sistemi tasarımı ve deneyleri

Bu sistem deneyleri yapılan cebri dolaşımlı sıcak su kollektörü, içerisine levhalı ısı değiştirgeci yerleştirilmiş havuz tipi damıtıcı ve depo tipi damıtıcının birleştirilmesiyle oluşturulmuştur (Şekil 2.30).



Şekil 2.30. Güneş kollektörüyle birleştirilmiş çift etkili damıtıcı sistemi şematik resmi

Cebri taşınımlı kapalı sistem olarak tasarlanan bu deney düzeneğinde, pompa yardımıyla 50 kg/h debiye sahip su düzlemsel tip sıcak su kollektöründen geçirilerek sıcaklığı arttırılmakta ve ilk olarak damıtıcının içerisindeki levhalı ısı değiştirgecinden geçirilmektedir. Yüzey alanı arttırılarak geliştirilen bu ısı değiştirgeci sayesinde üzerindeki ısıнын bir kısmını damıtıcı içerisindeki suya aktararak damıtıcıdaki suyun sıcaklığını arttırmaktadır. Akışkan daha sonra depo tipi damıtıcının içerisinde bulunan sıcak su serpantinine gelmektedir. Burada ısınıni depoda bulunan soğuk şebeke suyuna aktararak tekrar düzlemsel kollektöre geri dönmektedir (Şekil 2.31).



Şekil 2.31. Sıcak su kollektörüyle birleştirilmiş damıtıcı sistemi

Havuz tipi damıtıcı içerisinde bulunan şebeke suyunun sıcaklığı hem güneş enerjisi yardımıyla hem de düzlemsel kollektörden gelen sıcak akışkan yardımıyla arttırmaktadır. Damıtıcıdaki suyun sıcaklığı arttıkça buharlaşma artmaktadır. Buhar kendisinden daha soğuk olan üstteki cam örtüye temas ederek yoğuşmaktadır ve damıtma havuzunun içindeki ön kısımlarına yerleştirilmiş toplama kanalına akmaktadır. Toplama kanallarında biriken damıtılmış su kanala verilen eğim yardımıyla dışarı taşınarak damıtık su deposunda biriktirilmektedir.

Ayrıca depo tipi damıtıcı içerisinde üst serpantinden gelen şebeke suyu serpantinden geçtikten sonra depoda birikmektedir. Düzlemsel kollektörden ve havuz tipi damıtıcıdan geçerek gelen sıcak akışkan, alt serpantinden geçerek depoda biriken şebeke suyunu ısıtarak buharlaştırmaktadır. Buharlaşan şebeke suyu soğuk olan üst serpantinle temas ederek yoğuşmakta ve damıtılmış su elde edilmektedir. Daha sonra elde edilen damıtılmış su boru vasıtasıyla damıtık su deposuna taşınmaktadır (Şekil 2.31).

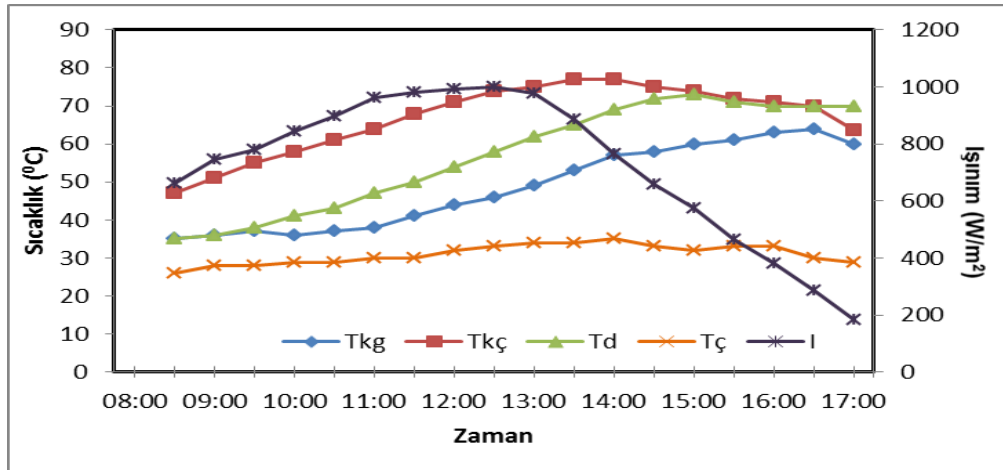
Böylece birleştirilmiş sistem yardımıyla aynı anda hem verimli sıcak su hemde damıtık su elde edilmiştir.

3. BULGULAR

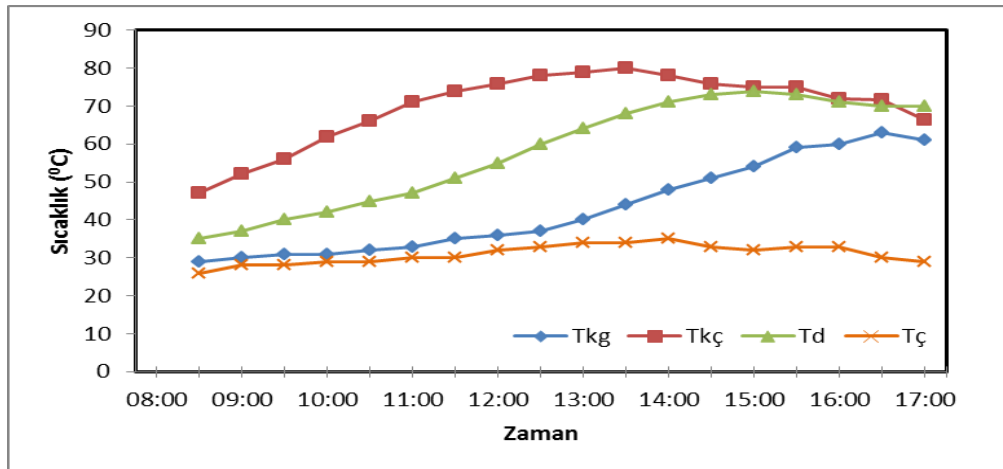
3.1. Kollektör Verim Deneyleri

Doğal ve cebri taşınimli sıcak su kollektör deneyleri kapsamında; kollektör verim deneyleri Temmuz-Ekim 2012’de yapılmıştır. Cebri taşınimli sistemlerde su debisinin verim üzerindeki etkisi araştırılmış ve doğal taşınimli sistemle karşılaştırılmıştır.

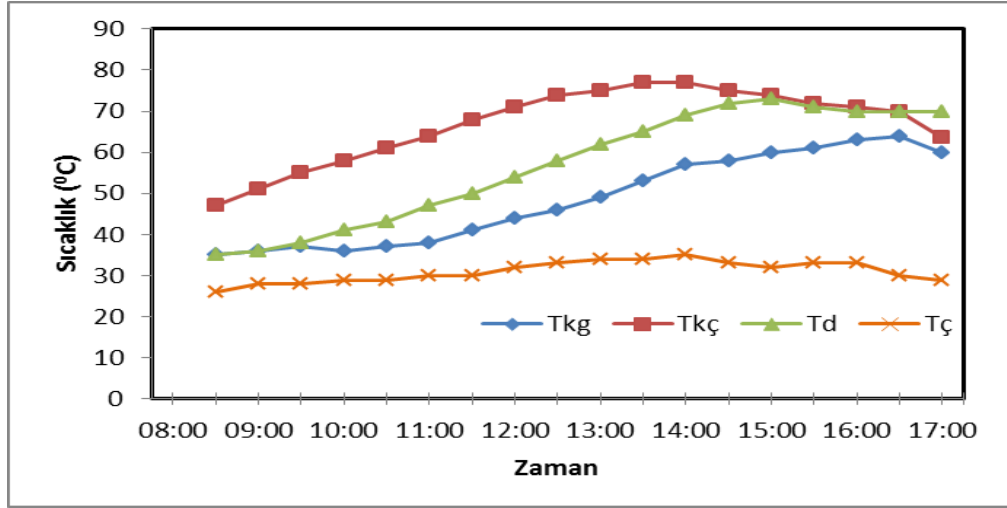
Yapılan doğal taşınimli ve cebri taşınimli kollektör deneylerinde, depo suyu sıcaklığı (T_d), kollektör giriş (T_{kg}) çıkış sıcaklıkları ($T_{kç}$), çevre sıcaklığı, güneş ışınım değerleri ölçülmüştür. 08.08.2012 tarihinde 38° kollektör açısıyla yapılan ölçüm ve hesaplanan verim değerleri aşağıdaki grafiklerde gösterilmiştir (Şekil 3.1-Şekil 3.4).



Şekil 3.1 Doğal taşınimli kollektörde elde edilen sıcaklık değerleri



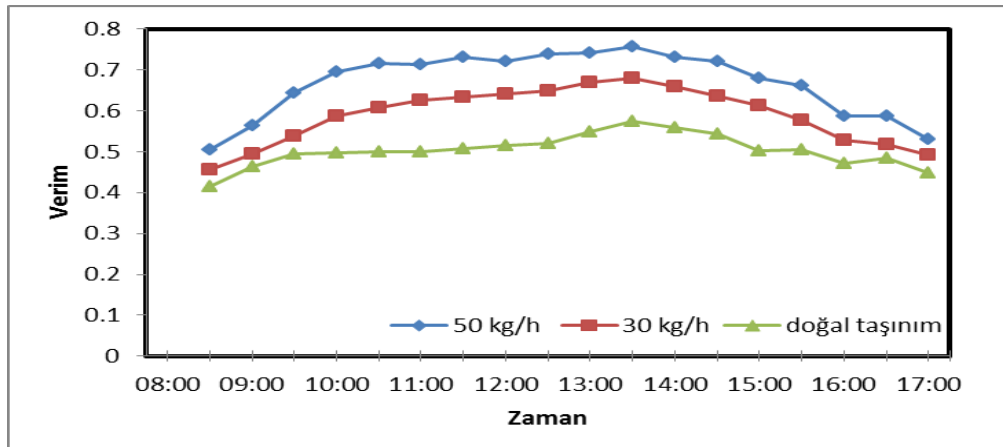
Şekil 3.2. Cebri taşınimli (30 kg/h) kollektörde elde edilen sıcaklık değerleri



Şekil 3.3. Cebri taşınımlı (50 kg/h) kollektörde elde edilen sıcaklık değerleri

Doğal taşınımında yapılan deneylerde, kollektör su çıkış sıcaklıklarının güneş radyasyonu ile değiştiği, gün boyunca kollektör giriş su sıcaklıklarının saat 16.30'a kadar, çıkış sıcaklıklarının saat 13.30'a kadar ve depo suyu sıcaklıklarının ise saat 15.00'e kadar arttığı daha sonra azaldığı görülmüştür. Zorlanmış taşınımlı sistemlerde de 30 kg/h ve 50 kg/h'lik debilerde doğal taşınıma benzer olarak sıcaklıkların yükseldiği ve düştüğü tespit edilmiştir.

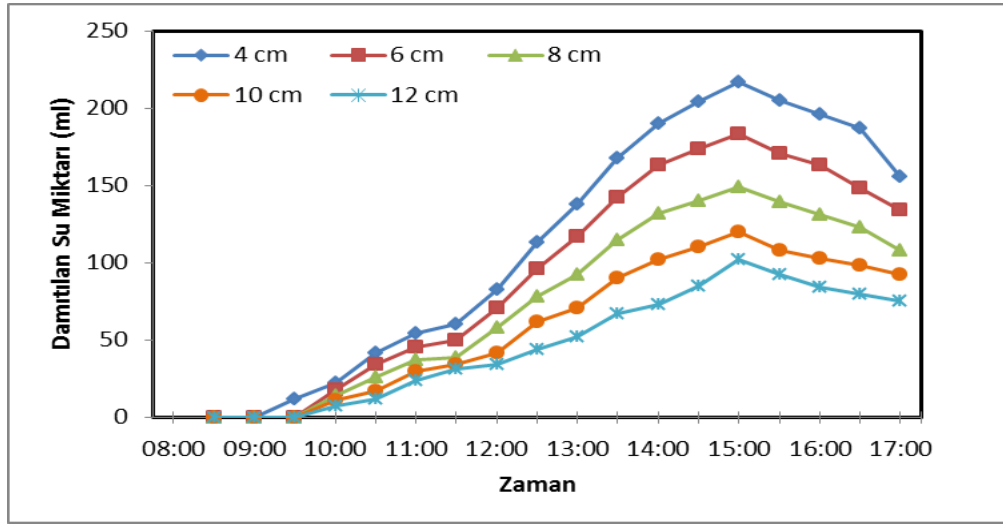
Anlık kollektör verimlerinin hesaplanması sonucunda elde edilen değerler Şekil 3.4'de gösterilmiştir. Buna göre doğal taşınımlı ve zorlanmış taşınımlı kollektör verimi 08.08.2012 günü için doğal taşınımında maksimum % 57.47 ve zorlanmış taşınımlı kollektörlerde ise debi artışına bağlı olarak % 68.02 ve % 75.57 olarak belirlenmiştir.



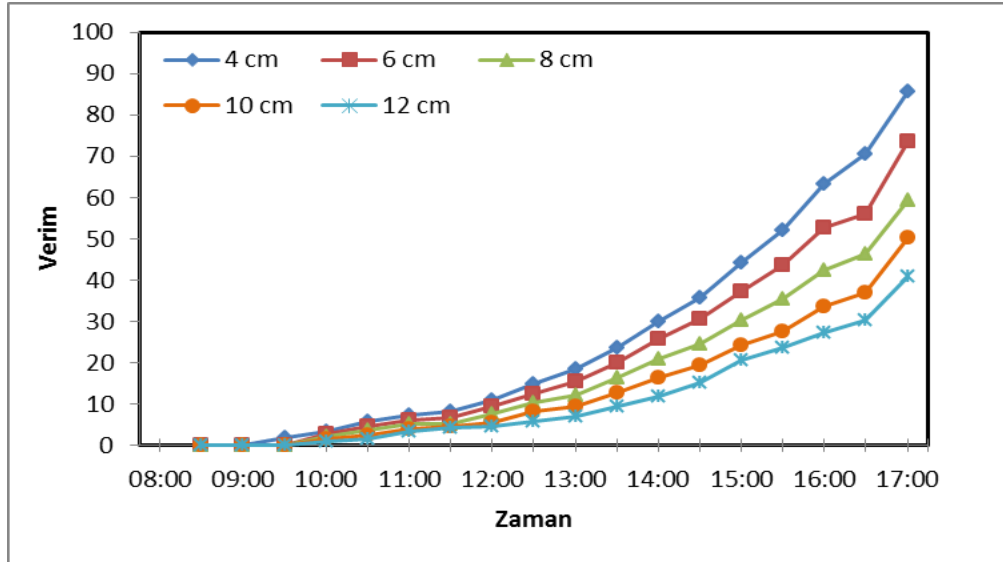
Şekil 3.4. Hesaplanan anlık verim değerleri

3.2. Havuz Tipi Damıtıcıda Bulunan Su Seviyesine Göre Verim Deneyleri

13-14.08.2012 tarihinde yapılan deneyler sonucunda havuz tipi damıtıcıdaki su derinliğine bağlı olarak üretilen damıtık su miktarı Şekil 3.5’ te gösterilmiştir. Deneylerde damıtılan su miktarları saat 15.00’a kadar artmakta ve daha sonra düşmektedir. Su derinliği azaldıkça damıtılan su miktarının arttığı tespit edilmiştir.



Şekil 3.5. Havuz tipi damıtıcıda su derinliğine bağlı olarak anlık üretilen damıtık su miktarları

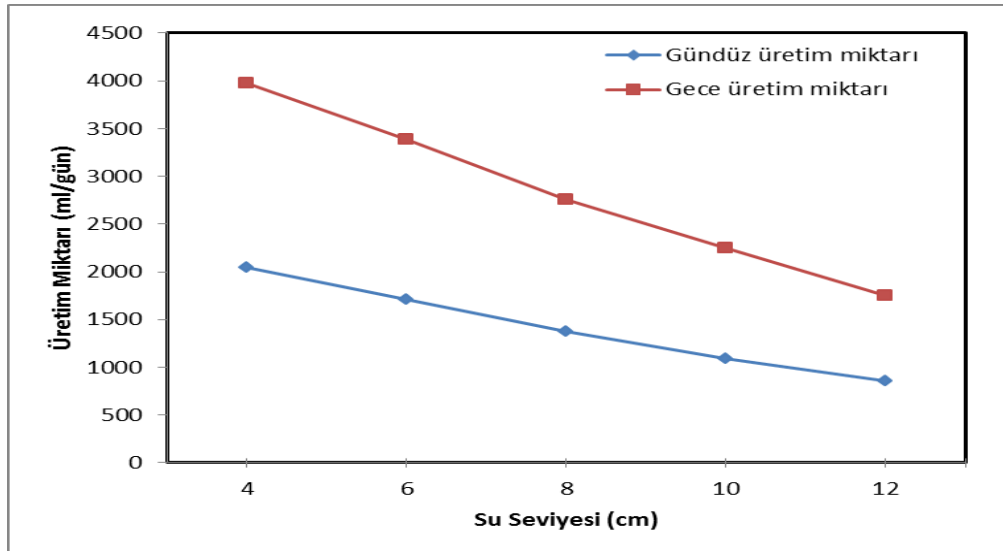


Şekil 3.6. Havuz tipi damıtıcıda su derinliğine bağlı olarak anlık verim değerleri

Şekil 3.6’de ise havuz tipi damıtıcıdaki su derinliğine bağlı olarak verimdeki değişim verilmiştir. Su derinliğine bağlı olarak havuz tipi damıtıcıların verimlerinin gün içerisinde

sürekli arttığı ve damıtıcıdaki su derinliği arttıkça verimin azaldığı tespit edilmiştir. Gün içerisinde yapılan ölçümler sonucunda hesaplanan maksimum verim değerlerinin; 4 cm derinlikte % 85.61, 6 cm derinlikte % 73.54, 8 cm derinlikte % 59.27, 10 cm derinlikte % 50.32, 12 cm derinlikte % 41.02 olduğu belirlenmiştir.

Şekil 3.7’ de su seviyesinin günlük üretilen damıtık su miktarı üzerindeki etkisi gösterilmiştir. Havuz tipi damıtıcıda gündüz üretilen su miktarı sırasıyla 4, 6, 8, 10, 12 cm derinliklerde 2047, 1709, 1381, 1090, 862 ml olarak tespit edilmiştir. Gece üretilen damıtık su miktarları ise sırasıyla 3974, 3385, 2762, 2249, 1752 ml olarak tespit edilmiştir.



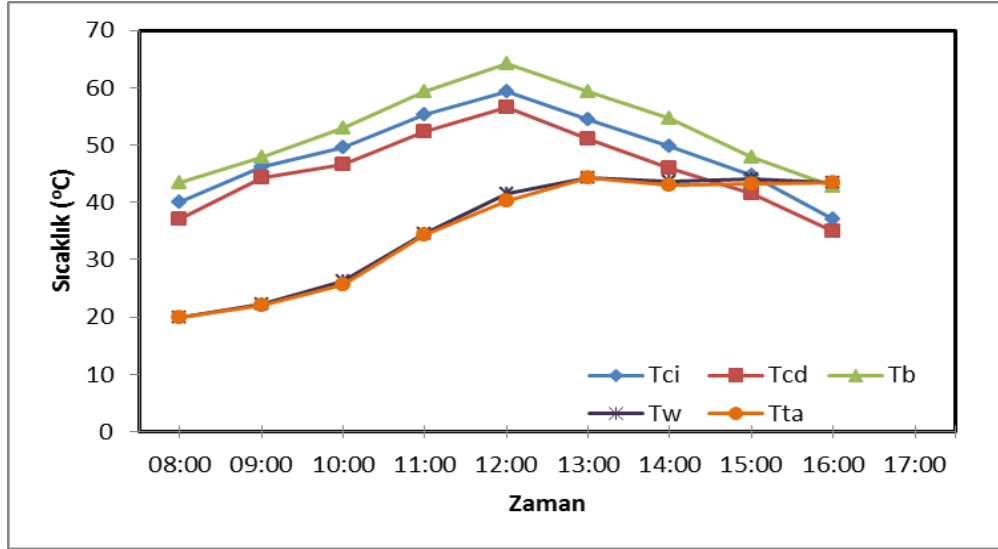
Şekil 3.7. Su seviyesinin damıtılmış su miktarı üzerindeki etkisi

3.3. Sıcak Su Kollektörüyle Birleştirilmiş Havuz Tipi Damıtıcı Deneyleri

Sıcak su kollektörüyle birleştirilmiş havuz tipi damıtıcı deneyleri Ekim 2012 tarihinde yapılmıştır. Bu deneylerde konvensiyonel havuz tipi damıtıcı ve daha önceden belirtilen birbirinden farklı 5 düzeneğe ilgili deneyler yapılmıştır. Deneylerde yoğunlaştırıcı cam iç yüzey ve cam dış yüzey sıcaklıkları, dört duvar ve taban sıcaklığı, su sıcaklığı, buhar sıcaklığı, olmak üzere her bir damıtıcı için belirtilen noktalardan sıcaklık ölçümü yapılmıştır. Bu sıcaklıklarla birlikte çevre sıcaklığı ve kullanılan kollektörlerin giriş çıkış sıcaklıklarının yanısıra damıtıcılarda üretilen su miktarlarının zamana bağlı olarak değişimi de grafiklere aktarılmıştır. Bu deneyler sonucunda elde edilen veriler aşağıdaki grafiklerde belirtilmiştir.

i) Klasik havuz tipi damıtıcı:

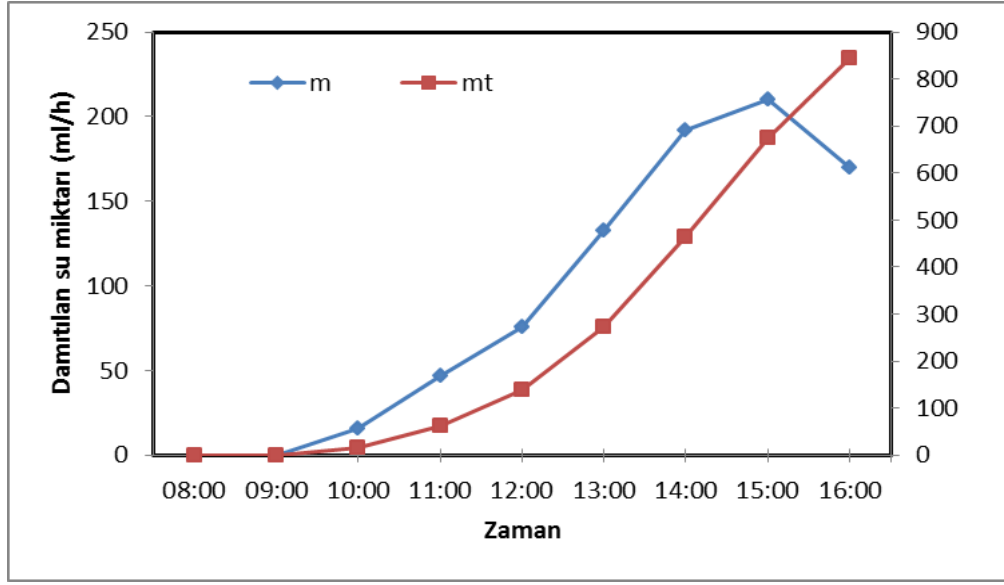
Klasik havuz tipi damıtıcıda 01.10.2012 tarihinde yapılan deneylerde ölçülen taban sıcaklığı, (T_{ta}), su sıcaklığı (T_w), buhar sıcaklığı (T_b), cam iç yüzey (T_{ci}), cam dış yüzey (T_{cd}), sıcaklıkları Şekil 3.8’ de gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Klasik havuz tipi damıtıcıda sıcaklıkların zamana göre değişimi

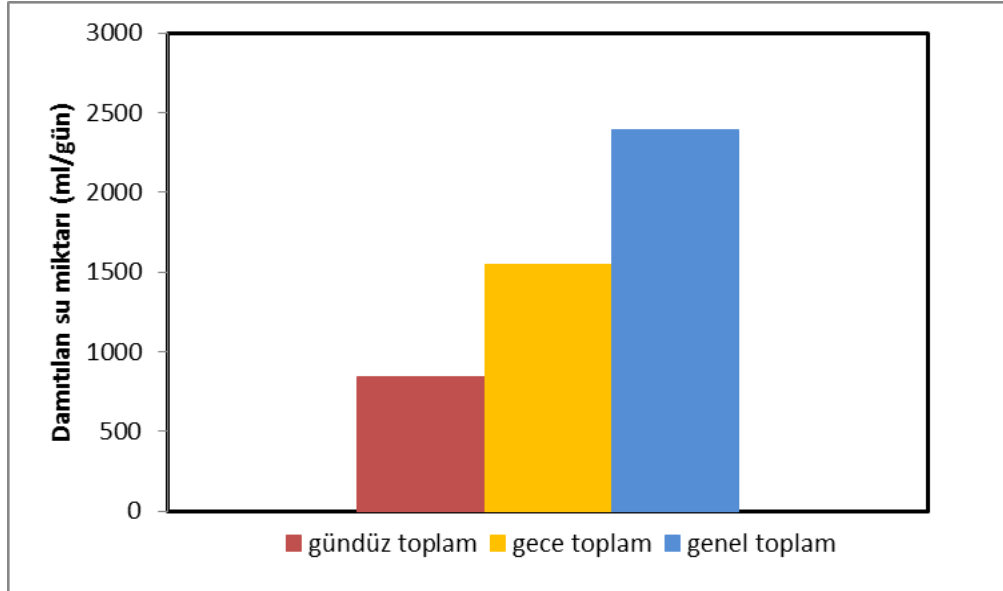
Şekil ’de görüldüğü gibi cam sıcaklıkları saat 12.00’a kadar artış göstermekte daha sonra düşmektedir. Cam sıcaklıklarının en yüksek olduğu saat olan 12.00’da cam iç yüzey sıcaklığı 59.3 °C, cam dış yüzey sıcaklığı ise 56.6 °C olarak ölçülmüştür. Damıtıcı sistemlerde cam sıcaklıkları düştükçe damıtık su üretimin miktarında artış gözlemlenmiştir. Taban ve su sıcaklıkları gün içerisinde sürekli artış göstermekte olup buhar sıcaklığı 12.00’a kadar artış göstermekte daha sonra düşmektedir. Buhar sıcaklığı en yüksek olduğu saat olan 12.00’da 64.1°C olarak ölçülmüştür. Yapılan ölçümlerde taban sıcaklıkları ile su sıcaklıklarının yakın olduğu gözlemlenmiştir.

Şekil 3.9’ da klasik havuz tipi damıtıcı için saatlik aralıklarla üretilen su miktarları m toplam üretilen su miktarı ise mt olarak gösterilmiştir. Yapılan ölçümlerde damıtılan su miktarının 15.00’a kadar sürekli arttığı ve daha sonra düştüğü gözlenmiştir. Saatlik periyotlarda alınan ölçümler sonucunda en fazla su üretimi 14.00-15.00 saatleri arasında 210 ml olarak ölçülmüştür. Gün sonunda toplam 844 ml damıtık su üretilmiştir.



Şekil 3.9. Klasik havuz tipi damıtıcı için saatte ve toplam üretilen su miktarı

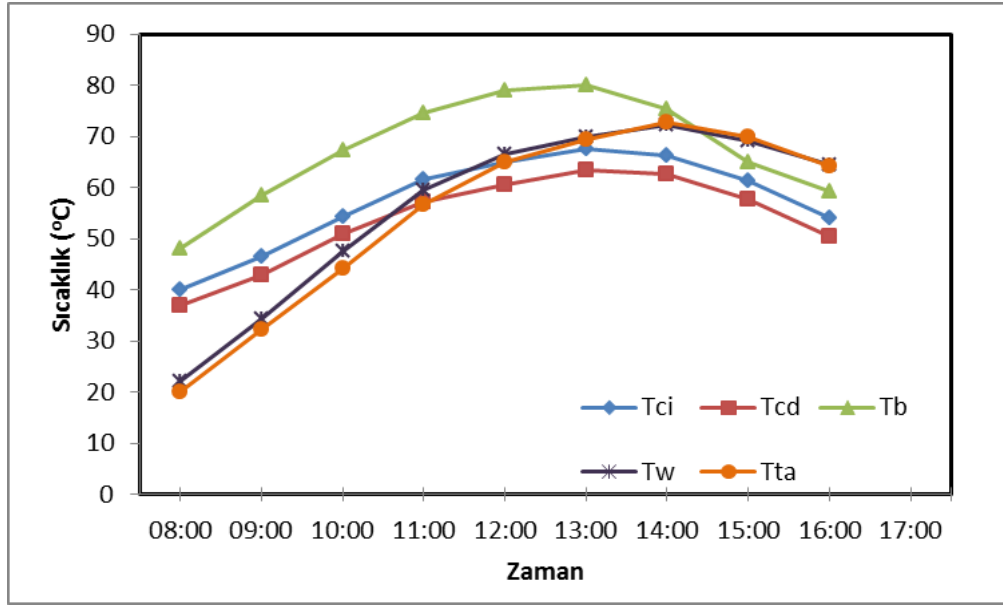
Klasik havuz tipi damıtıcı için gündüz, gece ve toplam üretilen su miktarları ise Şekil 3.10’ da gösterilmiştir. Buna göre gündüz üretilen toplam damıtık su miktarı 844 ml, gece üretilen damıtık su miktarı ise 1545 ml olarak ölçülmüştür. Bu sistemde bir günde üretilen toplam damıtık su miktarı 2389 ml olarak tespit edilmiştir.



Şekil 3.10. Klasik havuz tipi damıtıcı için gündüz, gece ve toplam üretilen su miktarları

ii) Sıcak su kollektörüyle bileştirilmiş klasik havuz tipi damıtıcı:

Bu sistemde klasik havuz tipi damıtıcı sıcak su kollektörüyle birleştirilmiştir. Damıtıcı içerisindeki su doğal taşınım ile sıcak su kollektöründen geçerek sıcaklığı arttırılmıştır. 02.10.2012 tarihinde yapılan deneylerde ölçülen taban sıcaklığı, (T_{ta}), su sıcaklığı (T_w), buhar sıcaklığı (T_b), cam iç yüzey (T_{ci}), cam dış yüzey (T_{cd}), sıcaklıkları Şekil 3.12’ te gösterilmiştir.

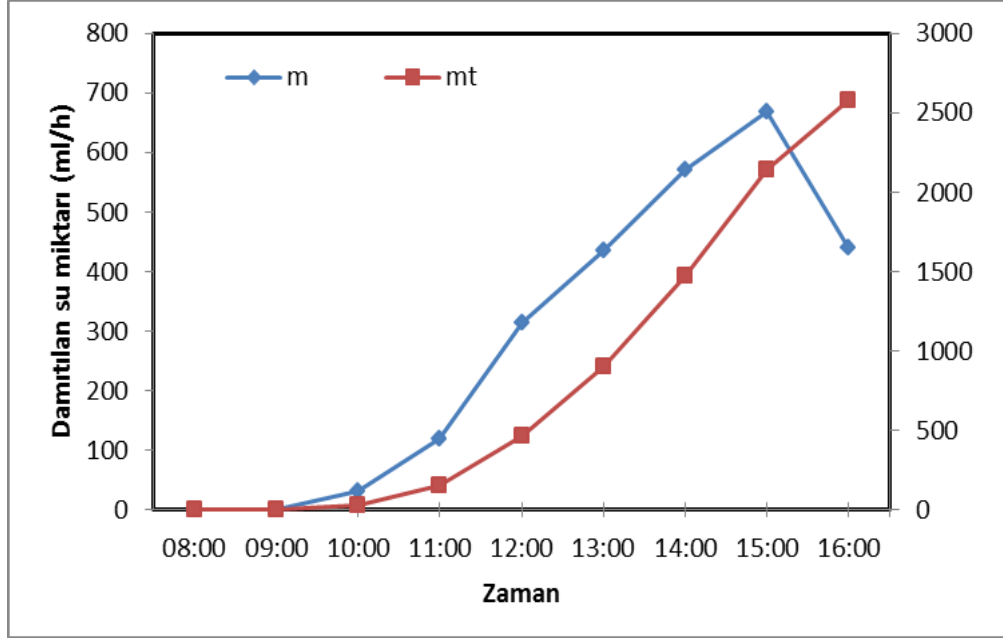


Şekil 3.11. Sıcak su kollektörü ile birleştirilmiş klasik havuz tipi damıtıcıda sıcaklıkların zamana göre değişimi

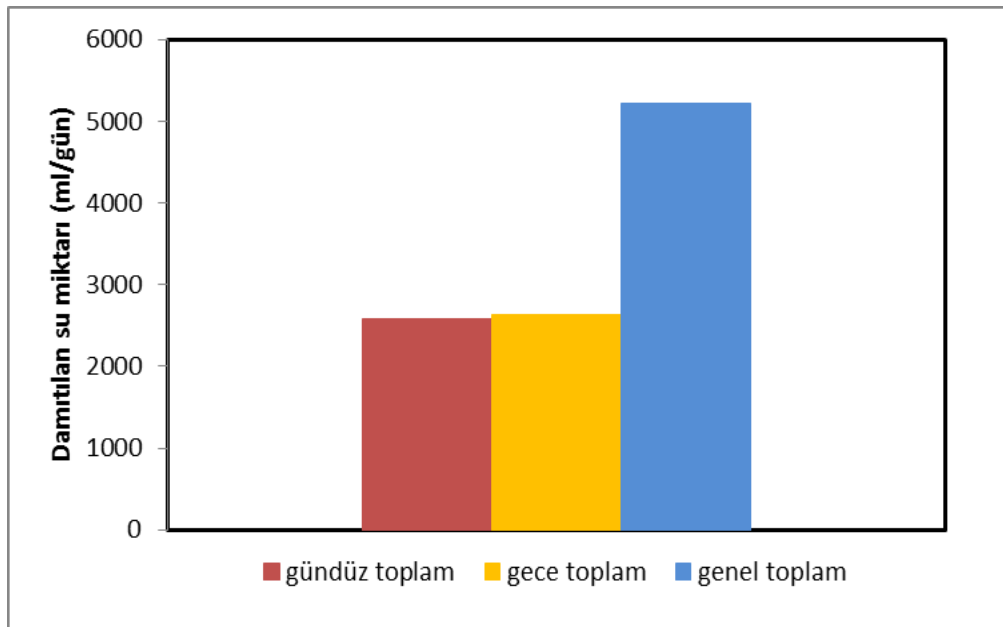
Şekil 3.11’ de görüldüğü gibi cam sıcaklıkları saat 13.00’a kadar artış göstermekte daha sonra düşmektedir. Cam sıcaklıklarının en yüksek olduğu saat olan 13.00’da cam iç yüzey sıcaklığı 67.6 °C, cam dış yüzey sıcaklığı ise 63.5 °C olarak ölçülmüştür. Taban ve su sıcaklıkları gün içerisinde 14.00’a kadar, buhar sıcaklığı ise 13.00’a kadar artış göstermekte daha sonra düşmektedir. Buhar sıcaklığı en yüksek olduğu saat olan 13.00’da 80.0 °C olarak ölçülmüştür. Yapılan ölçümlerde klasik havuz tipi damıtıcıya göre ölçülen sıcaklıklarda artış gözlemlenmiştir.

Saatlik periyotlarda alınan ölçümler sonucunda en fazla su üretimi 14.00-15.00 saatleri arasında 688 ml olarak ölçülmüştür. Gün sonunda toplam 2582 ml damıtık su üretilmiştir (Şekil 3.12). Gece üretilen damıtık su miktarı 2630 ml olarak tespit edilmiştir.

Bu sistemde bir günde üretilen toplam damıtık su miktarı 5212 ml olarak belirlenmiştir (Şekil 3.13).



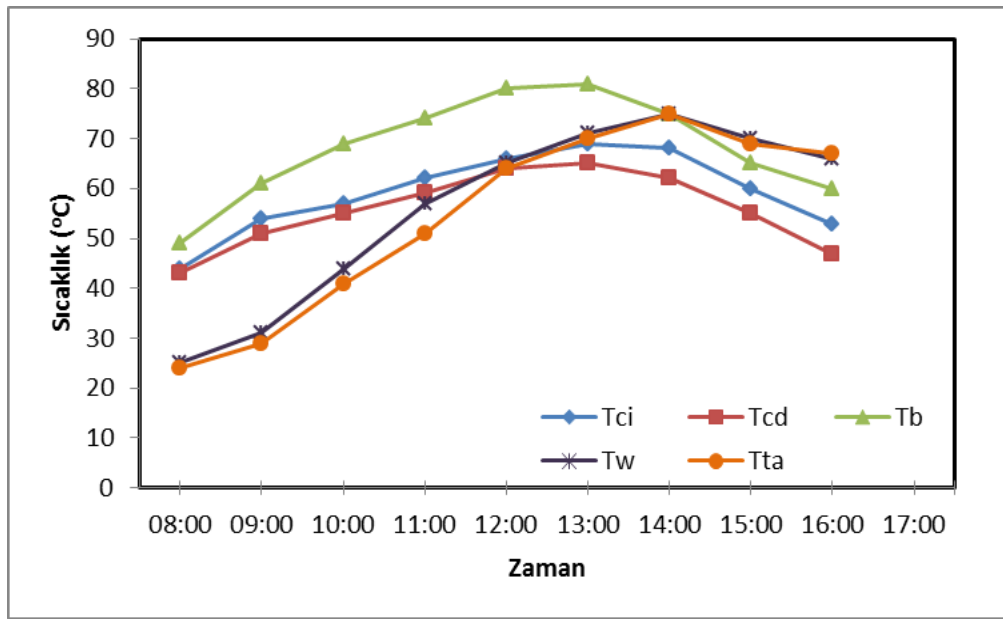
Şekil 3.12. Sıcak su kolektörü ile birleştirilmiş klasik havuz tipi damıtıcıda saatte ve toplam üretilen su miktarı



Şekil 3.13. Sıcak su kolektörü ile birleştirilmiş klasik havuz tipi damıtıcıda için gündüz, gece ve toplam üretilen su miktarları

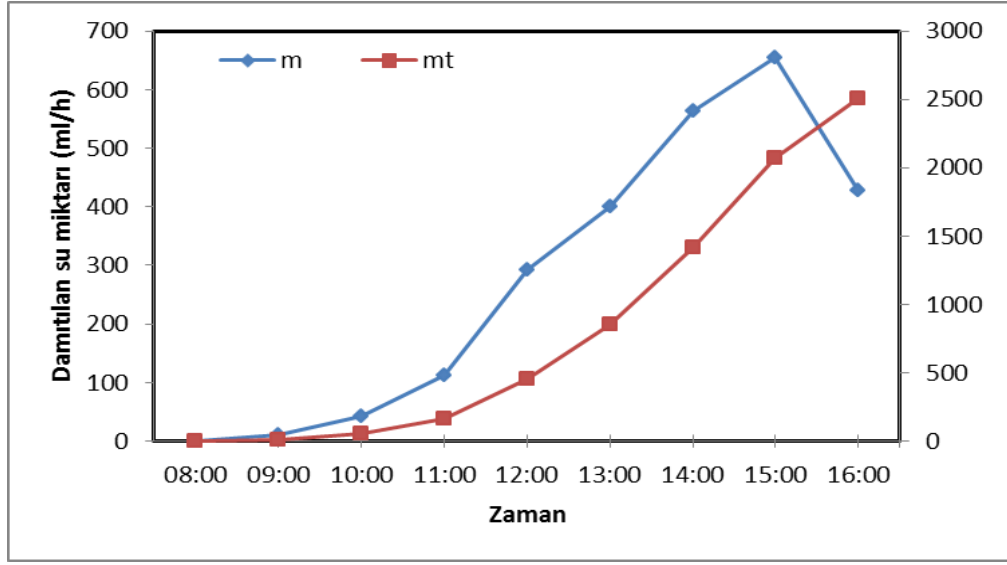
iii) İçerisine borulu ısı değıştirgeci yerleştirilmiş havuz tipi damıtıcı:

Bu sistemde sıcak su kollektörü ile birleştirilen klasik havuz tipi damıtıcı içerisine borulu ısı değıştirgeci yerleştirilmiştir. Doğal taşınımla sıcak su kollektöründe ısınan su havuz tipi damıtıcı içerisinde bulunan borulun ısı değıştirgecinden geçirilerek damıtıcı içerisindeki suyun sıcaklığı arttırılmıştır. 01.10.2012 tarihinde yapılan deneylerde ölçülen taban sıcaklığı, (T_{ta}), su sıcaklığı (T_w), buhar sıcaklığı (T_b), cam iç yüzey (T_{ci}), cam dış yüzey (T_{cd}), sıcaklıkları şekil 3.14' te gösterilmiştir.



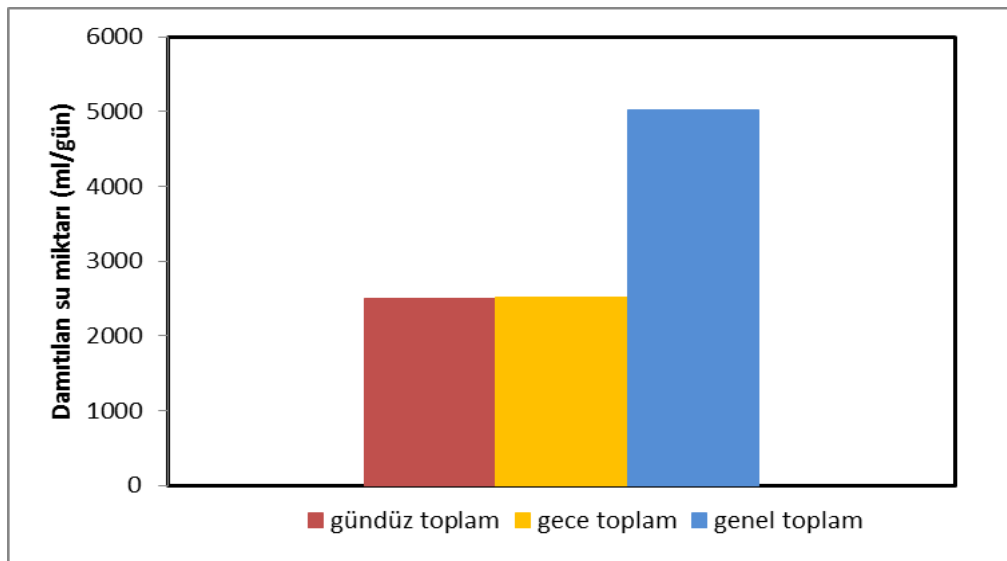
şekil 3.14. İçerisine borulu ısı değıştirgeci yerleştirilmiş havuz tipi damıtıcıda sıcaklıkların zamana göre değışimi

şekil 3.14' de görüldüğü gibi cam sıcaklıkları saat 13.00'a kadar artış göstermekte daha sonra düşmektedir. Cam sıcaklıklarının en yüksek olduğu saat olan 13.00'da cam iç yüzey sıcaklığı 69.0 °C, cam dış yüzey sıcaklığı ise 65.0 °C olarak ölçülmüştür. Taban ve su sıcaklıkları gün içerisinde 14.00'a kadar, buhar sıcaklığı ise 13.00'a kadar artış göstermekte daha sonra düşmektedir. Buhar sıcaklığı en yüksek olduğu saat olan 13.00'da 81.0 °C olarak ölçülmüştür.



Şekil 3.15. İçerisine borulu ısı değıştirgeci yerleştirilmiş havuz tipi damıtıcı için saatte ve toplam üretilen damıtık su miktarı

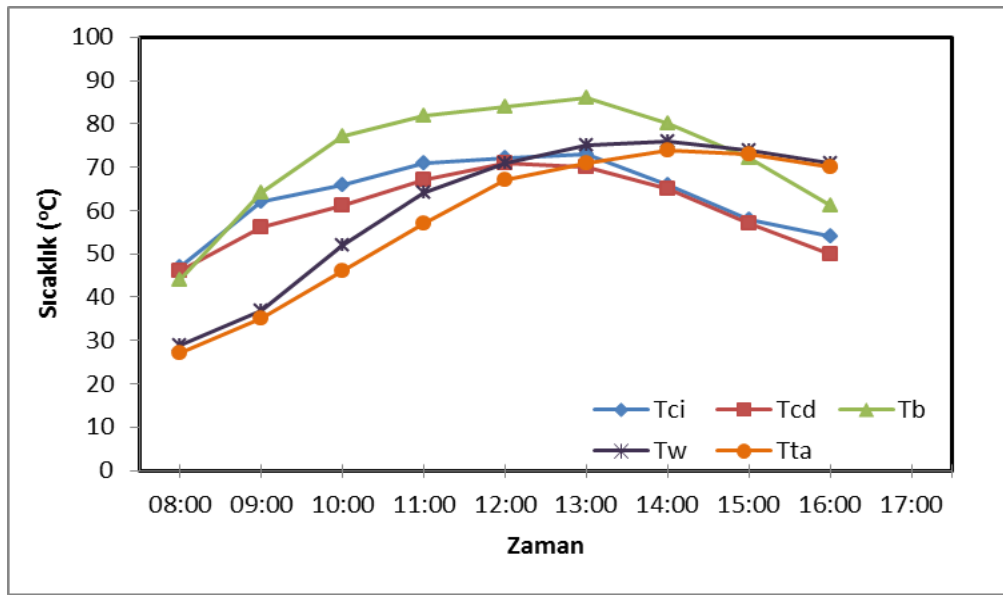
İçerisine borulu ısı değıştirgeci yerleştirilmiş havuz tipi damıtıcı için saatlik aralıklarla üretilen su miktarları (m) 15.00'a kadar sürekli arttığı ve daha sonra düştüğü gözlemlenmektedir. Saatlik periyotlarda alınan ölçümler sonucunda en fazla su üretimi 14.00-15.00 saatleri arasında 654 ml olarak ölçülmüştür. Gün sonunda toplam 2502 ml damıtık su üretilmiştir (Şekil 3.15). Gece üretilen damıtık su miktarı 2520 ml olarak tespit edilmiştir. Bu sistemde bir günde üretilen toplam damıtık su miktarı 5022 ml olarak belirlenmiştir(Şekil 3.16).



Şekil 3.16 İçerisine borulu ısı değıştirgeci yerleştirilmiş havuz tipi damıtıcı için gündüz, gece ve toplam üretilen su miktarları

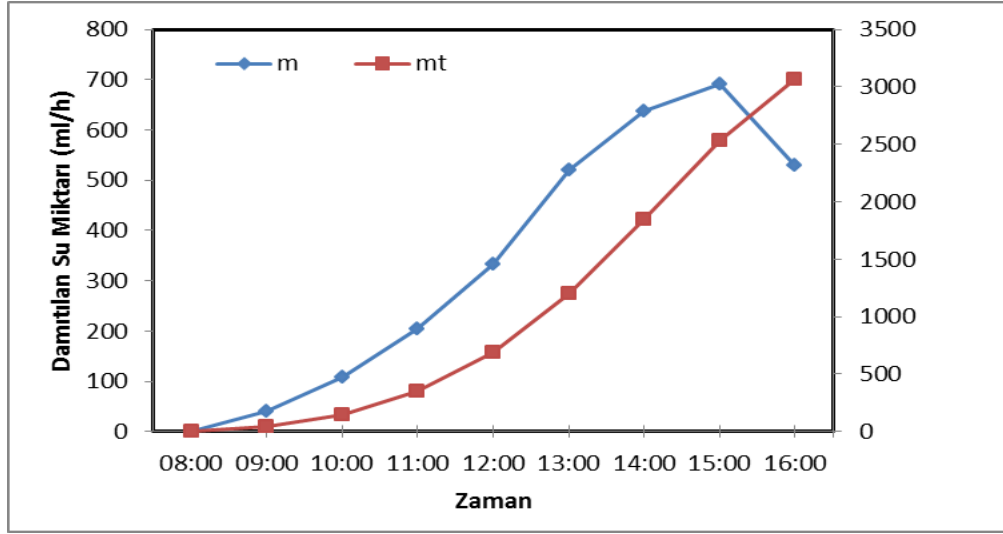
iv) İçerisine levha tip ısı değıştirgeci yerleştirilmiş havuz tipi damıtıcı:

Bu sistemde sıcak su kollektörü ile birleştirilen klasik havuz tipi damıtıcı içerisine levhalı ısı değıştirgeci yerleştirilmiştir. Doğal taşınımla sıcak su kollektöründe ısınan su havuz tipi damıtıcı içerisinde bulunan boru tip ısı değıştirgecinden geçirilerek damıtıcı içerisindeki suyun sıcaklığı arttırılmıştır. 01.10.2012 tarihinde yapılan deneylerde ölçülen taban sıcaklığı, (T_{ta}), su sıcaklığı (T_w), buhar sıcaklığı (T_b), cam iç yüzey (T_{ci}), cam dış yüzey (T_{cd}), sıcaklıkları şekil 3.17' de gösterilmiştir.



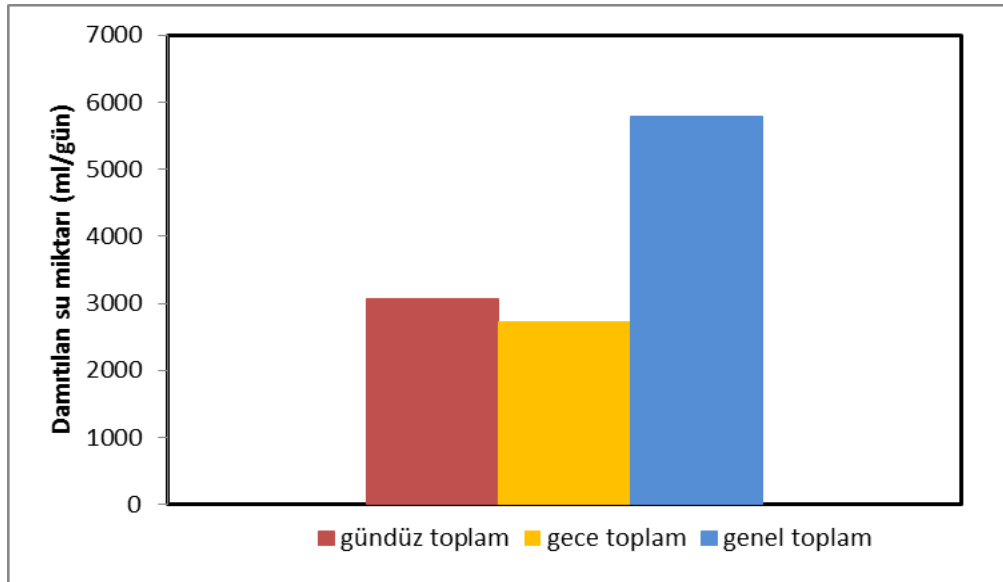
şekil 3.17. İçerisine levhalı ısı değıştirgeci yerleştirilmiş havuz tipi damıtıcıda sıcaklıkların zamana göre değışimi

şekil 3.17' de görüldüğü gibi cam sıcaklıkları saat 13.00'a kadar artış göstermekte daha sonra düşmektedir. Cam sıcaklıklarının en yüksek olduğu saat olan 13.00'da cam iç yüzey sıcaklığı 73.2 °C, cam dış yüzey sıcaklığı ise 70.1 °C olarak ölçülmüştür. Taban ve su sıcaklıkları gün içerisinde 14.00'a kadar, buhar sıcaklığı ise 13.00'a kadar artış göstermekte daha sonra düşmektedir. Buhar sıcaklığı en yüksek olduğu saat olan 13.00'da 85.8 °C olarak ölçülmüştür. Bu sistemdeki sıcaklıklar içerisine borulu ısı değıştirgeci yerleştirilmiş havuz tipi damıtıcıdan daha yüksek olduğu görülmüştür.



Şekil 3.18. İçerisine levha tip ısı değiştirgeci yerleştirilmiş havuz tipi damıtıcı saatte ve toplam üretilen damıtık su miktarı

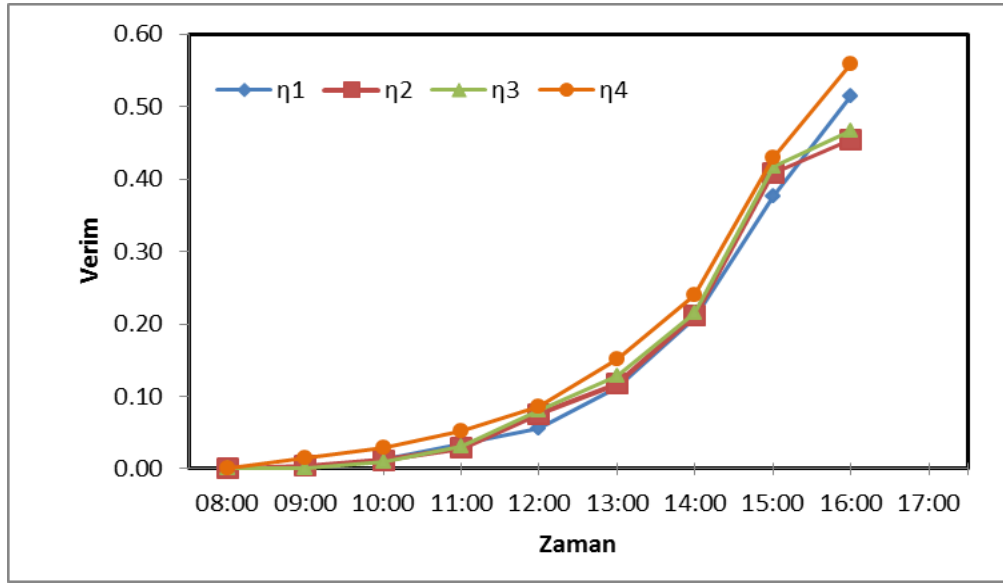
İçerisine levha tipi ısı değiştirgeci yerleştirilmiş havuz tipi damıtıcı için saatlik aralıklarla üretilen su miktarları (m) 15.00'a kadar sürekli arttığı ve daha sonra düştüğü gözlemlenmektedir. Saatlik periyotlarda alınan ölçümler sonucunda en fazla su üretimi 14.00-15.00 saatleri arasında 692 ml olarak ölçülmüştür. Gün sonunda toplam 3066 ml damıtık su üretilmiştir (Şekil 3.18). Gece üretilen damıtık su miktarı 2722 ml ve bir günde üretilen toplam damıtık su miktarı 5788 ml olmuştur (Şekil 3.19).



Şekil 3.19. İçerisine levha tip ısı değiştirgeci yerleştirilmiş havuz tipi damıtıcı için gündüz, gece ve toplam üretilen su miktarları

Verim değerleri:

Doğal taşınım ile yapılan deneyler sonucu elde edilen verim değerleri Şekil 3.20’ de gösterilmiştir. Şekilde klasik havuz tipi damıtıcı verimi η_1 , sıcak su kollektörü ile birleştirilmiş klasik havuz tipi damıtıcı verimi η_2 , içerisine borulu ısı değiştirgeci yerleştirilmiş havuz tipi damıtıcı verimi η_3 , içerisine levhali ısı değiştirgeci yerleştirilmiş havuz tipi damıtıcı verimi η_4 ile gösterilmiştir.

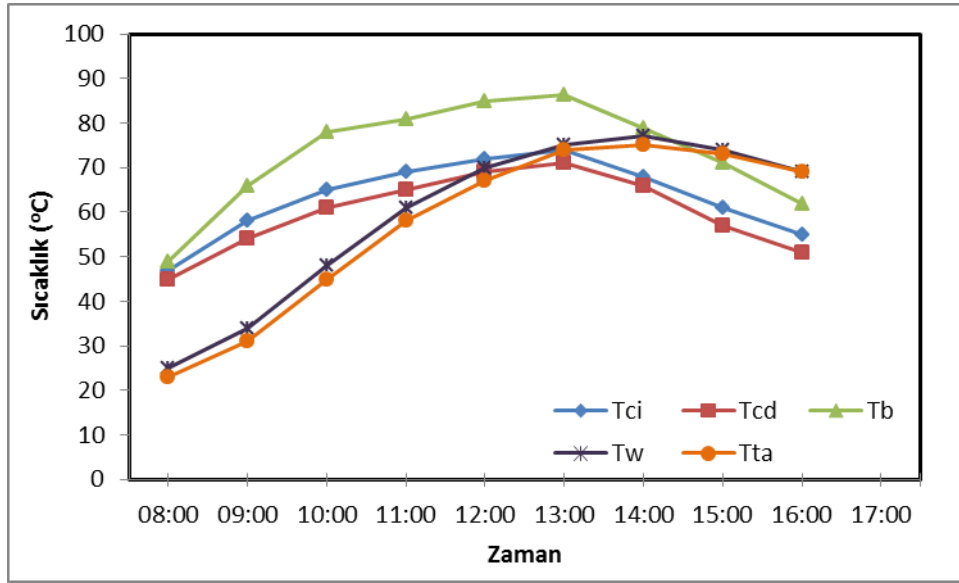


Şekil 3.20. Sistem verimlerinin değişimi

Şekil 3.20’ de görüldüğü gibi içerisine levha tip ısı değiştirgeci yerleştirilmiş havuz tipi damıtıcı sisteminin en yüksek verim değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Doğal taşınımlı sistemlerde verimlerin genel olarak gün içerisinde sürekli arttığı gün sonuna doğru en yüksek değerlerine ulaştığı gözlemlenmiştir. Gün içerisinde yapılan ölçümler sonucunda hesaplanan maksimum verim değerleri; klasik havuz tipi damıtıcı verimi % 51.47, sıcak su kollektörü ile birleştirilmiş klasik havuz tipi damıtıcı verimi % 46.73, içerisine borulu ısı değiştirgeci yerleştirilmiş havuz tipi damıtıcı verimi % 45.38, içerisine levhali ısı değiştirgeci yerleştirilmiş havuz tipi damıtıcı verimi % 55.91 olarak belirlenmiştir.

v) İçerisine levha tip ısı değıştirgeci yerleştirilmiş havuz tipi damıtıcı cebri taşınım:

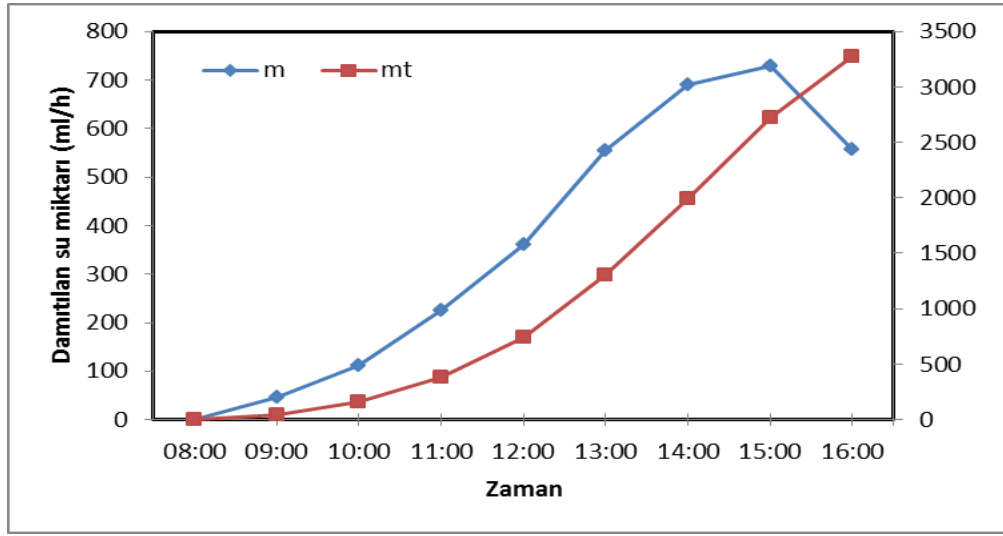
Bu deneyde, sıcak su kollektörü ile birleştirilen havuz tipi damıtıcı içerisine levhalı ısı değıştirgeci yerleştirilen sistem cebri taşınım ile çalıştırılmıştır. 02.10.2012 tarihinde yapılan deneylerde ölçülen taban sıcaklığı, (T_{ta}), su sıcaklığı (T_w), buhar sıcaklığı (T_b), cam iç yüzey (T_{ci}), cam dış yüzey (T_{cd}), sıcaklıkları şekil 3.21’ de gösterilmiştir.



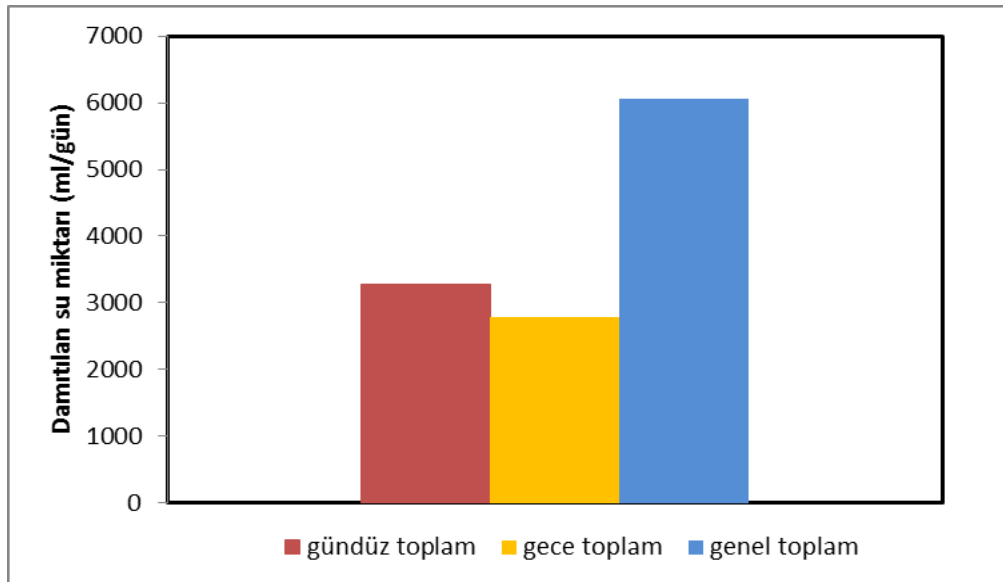
şekil 3.21. İçerisine levha tip ısı değıştirgeci yerleştirilmiş havuz tipi damıtıcıda sıcaklıkların zamana göre değışimi (cebri taşınım)

şekil 3.21’ de görüldüğü gibi cam sıcaklıkları saat 13.00’a kadar artış göstermekte daha sonra düşmektedir. Cam sıcaklıklarının en yüksek olduğu saat olan 13.00’da cam iç yüzey sıcaklığı 74.2 °C, cam dış yüzey sıcaklığı ise 71.0 °C olarak ölçülmüştür. Taban ve su sıcaklıkları gün içerisinde 14.00’a kadar, buhar sıcaklığı ise 13.00’a kadar artış göstermekte daha sonra düşmektedir. Buhar sıcaklığı en yüksek olduğu saat olan 13.00’da 86.3 °C olarak ölçülmüştür. Yapılan ölçümlerde içerisine levhalı ısı değıştirgeci yerleştirilmiş havuz tipi damıtıcıda ölçülen sıcaklıkların, içerisine borulu ısı değıştirgeci yerleştirilmiş havuz tipi damıtıcıya göre artış gösterdiği belirlenmiştir.

İçerisine levha tipi ısı değıştirgeci yerleştirilmiş havuz tipi damıtıcı için saatlik aralıklarla üretilen su miktarları (m) 15.00'a kadar sürekli arttığı ve daha sonra düştüğü görölmüştür. Saatlik periyotlarda alınan ölçümler sonucunda en fazla su üretimi 14.00-15.00 saatleri arasında 692 ml olarak ölçölmüştür. Gün sonunda toplam 3066 ml damıtık su üretilmiştir (şekil 3.22).Gece üretilen damıtık su miktarı 2722 ml ve bir günde üretilen toplam damıtık su miktarı 5788 ml olarak ölçölmüştür (şekil 3.23).



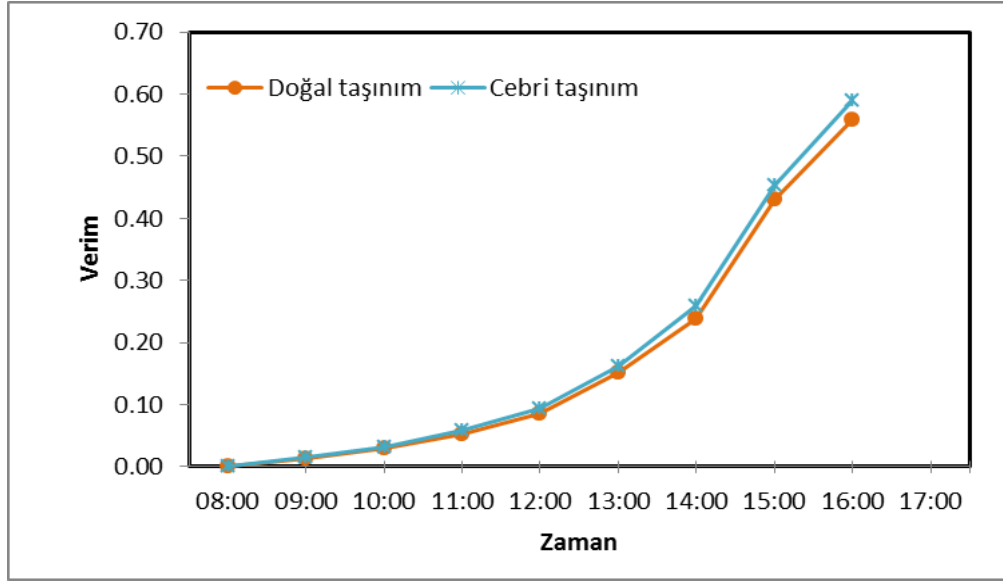
şekil 3.22. İçerisine levha tip ısı değıştirgeci yerleştirilmiş havuz tipi damıtıcı için saatte ve toplam üretilen damıtık su miktarı (cebri taşınım)



şekil 3.23. İçerisine levha tip ısı değıştirgeci yerleştirilmiş havuz tipi damıtıcı için gündüz, gece ve toplam üretilen su miktarları

Verim değerleri:

İçerisine levhalı ısı değiştirgeci yerleştirilmiş havuz tipi damıtıcıda doğal taşınım ve cebri taşınım ile yapılan deneyler sonucu elde edilen verim değerleri şekil 3.24'te gösterilmiştir.



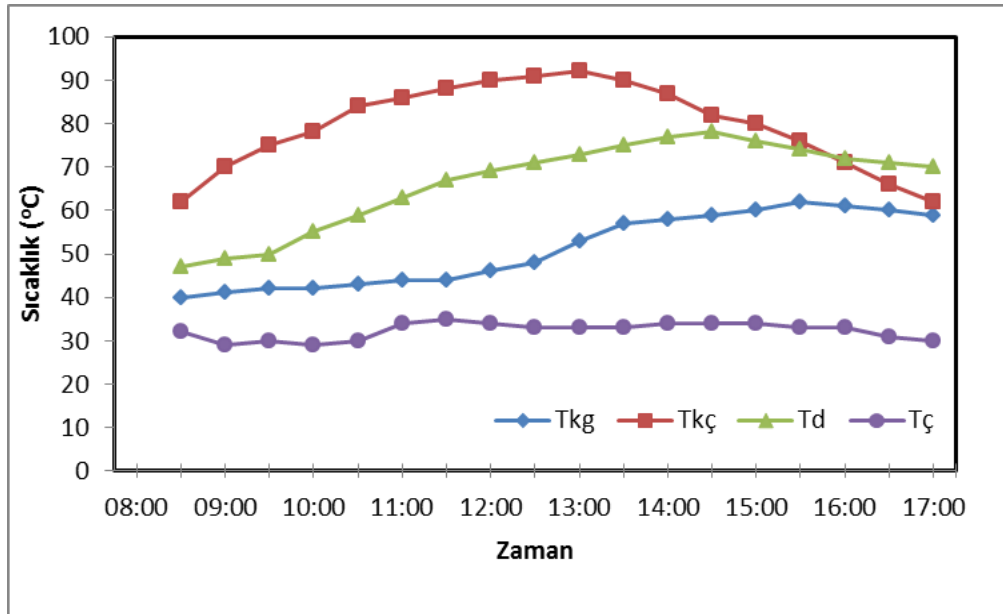
şekil 3.24. Doğal taşınım ve cebri taşınım deney sistemi verimleri

şekilde 3.24'te doğal taşınımlı ve cebri taşınımlı sistemlerin verimlerin genel olarak gőn içerisinde sőrekli arttığı gőn sonuna doğru en yőksek değerlerine ulaştığı gőrőlmőřtir. Gőn içinde yapılan őlőmler ve hesaplamalar sonucunda 50 kg/h debide cebri taşınımlı sistemin verimi % 58.99, doğal taşınımlı sistemin verimi % 55.91 olarak belirlenmiştir. Buna göre cebri taşınımlı sistem veriminin daha yőksek olduğu tespit edilmiştir.

3.4. Depo Tipi Damıtıcı Deneyleri

Depo tipi damıtıcı deneyleri Eylül 2012 tarihinde yapılmıştır. Deneylerde doğal taşınimli sistem ve cebri taşınimli sistemlerde üretilen damıtık su miktarları ve sistem verimleri birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Cebri taşınimli sistemdeki deneyler 30 kg/h ve 50 kg/h olmak üzere iki farklı debide yapılmıştır. 38° kollektör eğim açısıyla yapılan deneylerde sistemden yarım saat aralıklarla 5 lt sıcak su alınmıştır.

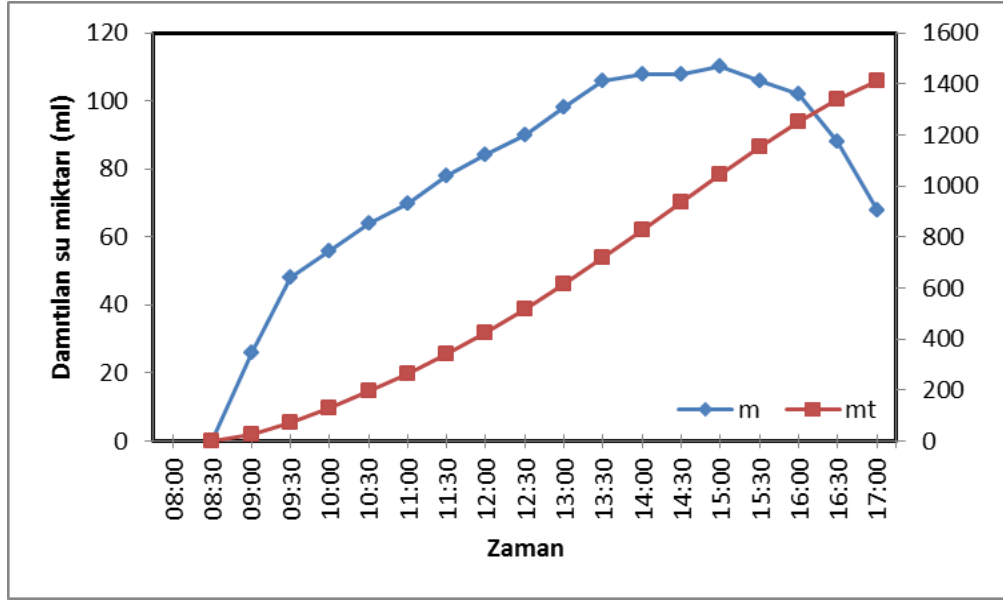
Şekil 3.25'te doğal taşınım depo tipi damıtıcının kollektör giriş (T_{kg}) kollektör çıkış ($T_{kç}$), depo suyu sıcaklığı (T_d) ve çevre sıcaklığı ($T_ç$) gösterilmiştir.



Şekil 3.25. Doğal taşınimli depo tipi damıtıcıdaki sıcaklık değişimi

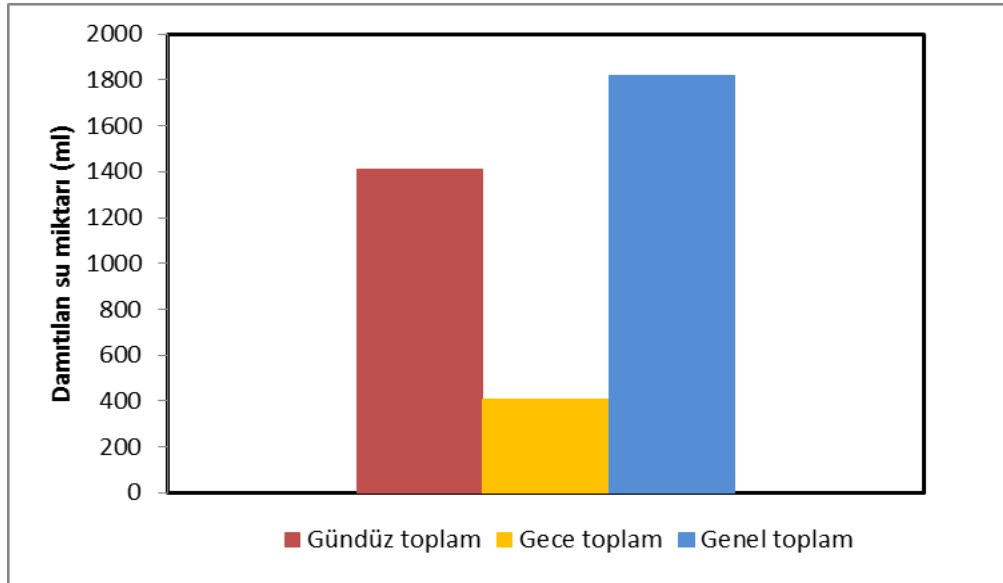
Buna göre sistemde ölçülen noktaların ulaştığı en yüksek sıcaklık değerleri; kollektör çıkış sıcaklığı saat 13.00'da 92 °C, kollektör giriş sıcaklığı saat 15.30'da 62 °C, depo sıcaklığı ise saat 14.30'da 78 °C derece olarak ölçülmüştür.

Sistemde gündüz üretilen toplam damıtık su miktarı 1410 ml'dir. Yarım saat aralıklarla alınan ölçümler sonucunda gün içerisinde en fazla damıtık su 15.00'da 110 ml olarak elde edilmiştir (Şekil 3.26).



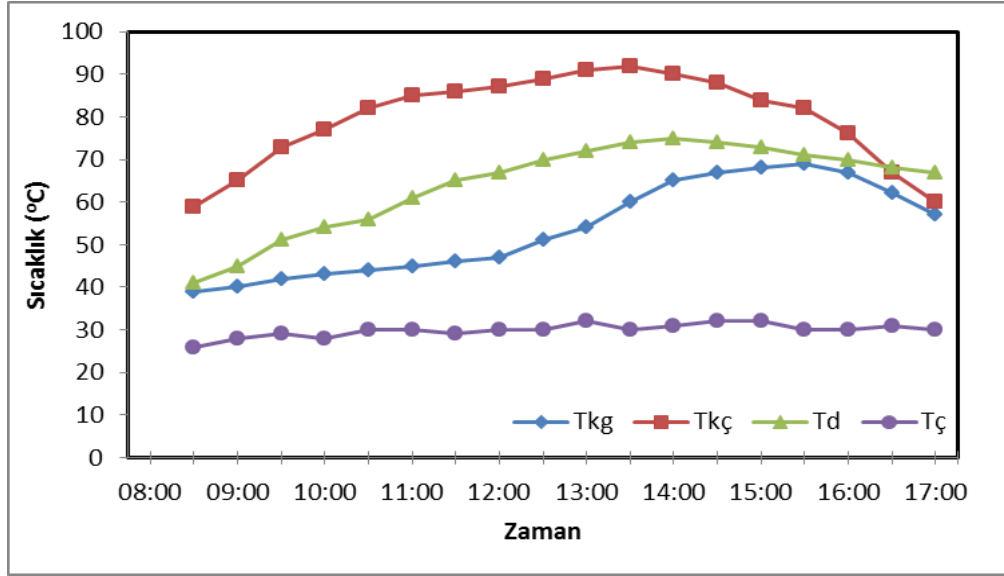
Şekil 3.26. Doğal taşınımlı depo tipi damıtıcıda üretilen damıtık su miktarı

Sistemde gece üretilen damıtık su miktarı ise 410 ml'dir. Sistemden bir günde üretilen toplam damıtık su miktarı ise 1820 ml'dir (Şekil 3.27).



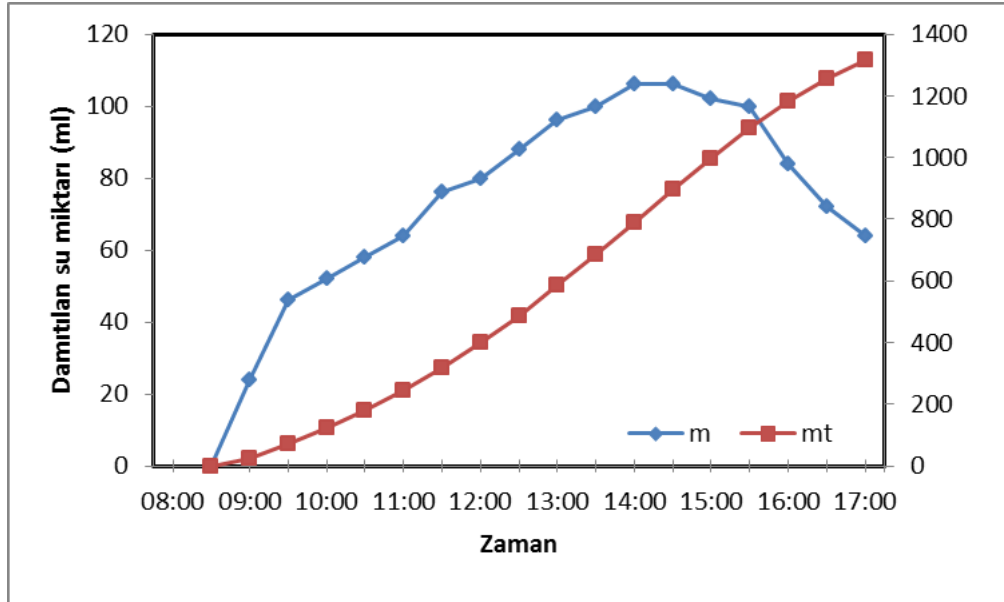
Şekil 3.27. Doğal taşınımlı depo tipi damıtıcıda üretilen bir günlük damıtık su miktarı

Şekil 3.28'da cebri taşınımlı (30 kg/h) depo tipi damıtıcının gün içi sıcaklık değişimi verilmiştir.



Şekil 3.28 Cebri taşınımlı (30 kg/h) depo tipi damıtıcıdaki sıcaklık değişimi

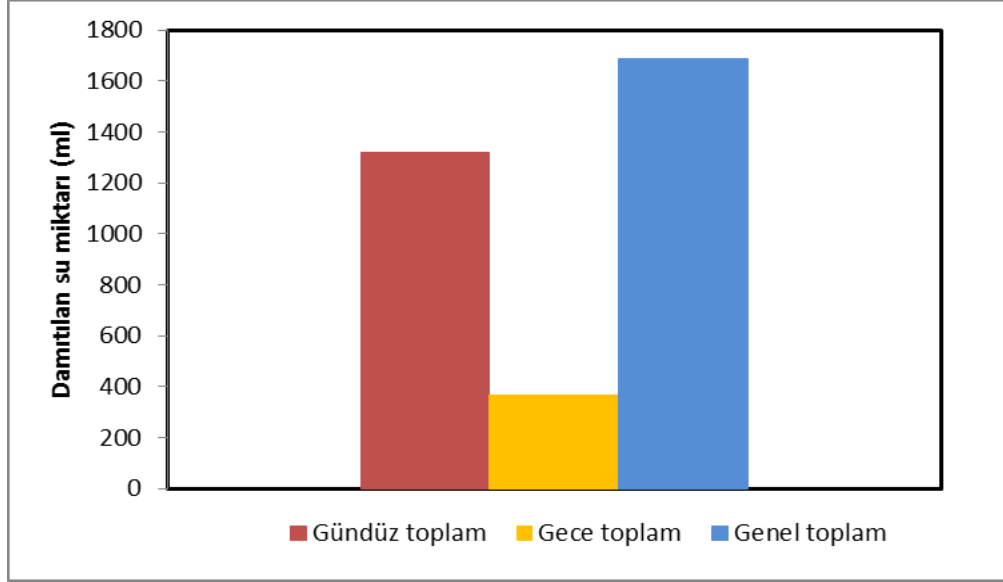
Buna göre sistemde ölçülen noktaların ulaştığı en yüksek sıcaklık değerleri; kolektör çıkış sıcaklığı saat 13.30'da 92 °C, kolektör giriş sıcaklığı saat 15.30'da 69 °C, depo sıcaklığı ise saat 14.00'de 74 °C derece olarak ölçülmüştür.



Şekil 3.29. Cebri taşınımlı (30 kg/h) depo tipi damıtıcıda üretilen damıtık su miktarı

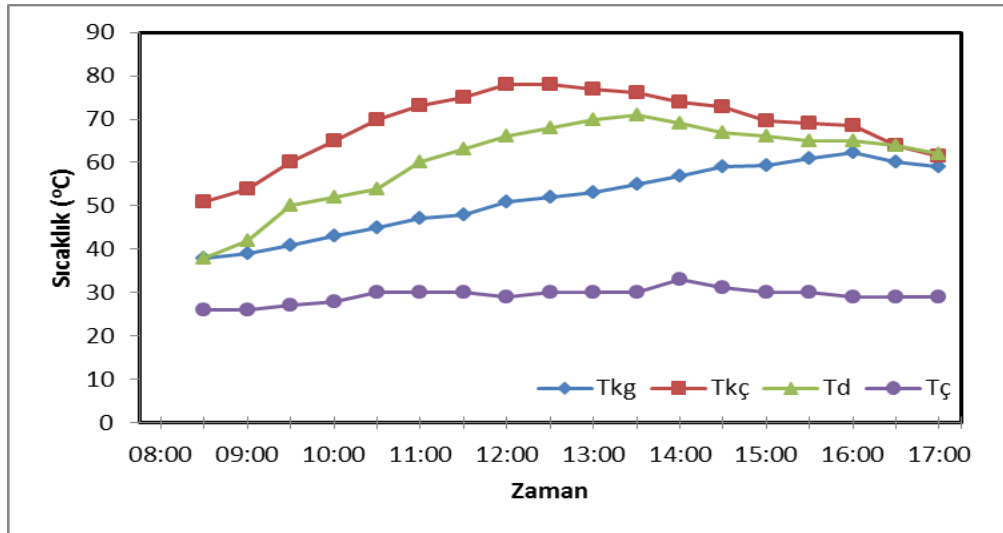
Sistemde gündüz üretilen toplam damıtık su miktarı 1318 ml'dir. Yarım saat aralıklarla alınan ölçümler sonucunda gün içerisinde en fazla damıtık su 14.00 ve 14.30 saatleri arasında 106 ml olarak elde edilmiştir (Şekil 3.29).

Sistemde gece üretilen damıtık su miktarı ise 368 ml’dir (Şekil 3.30). Sistemden bir günde üretilen toplam damıtık su miktarı ise 1686 ml’dir.



Şekil 3.30. Cebri taşınımlı (30 kg/h) depo tipi damıtıcıda üretilen günlük damıtık su miktarı

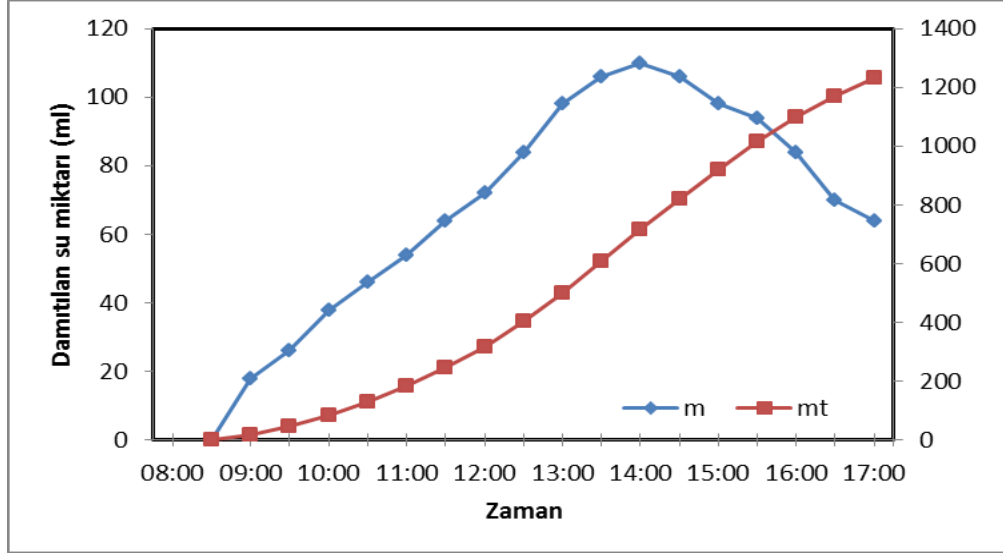
Şekil 3.31’de cebri taşınımlı (50 kg/h) depo tipi damıtıcının gün içi sıcaklık değişimi belirtilmiştir.



Şekil 3.31. Cebri taşınımlı (50 kg/h) depo tipi damıtıcıdaki sıcaklık değişimi

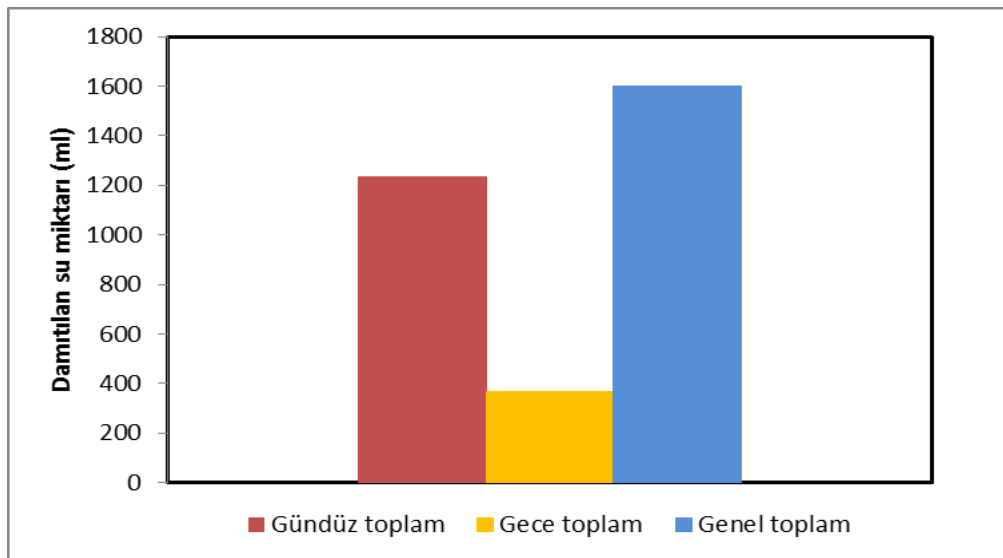
Şekil 3.31’de kollektör çıkış sıcaklıklarının 12.30’a kadar yükseldiği ve daha sonra düştüğü, kollektör giriş sıcaklıklarının ise 16.00’a kadar yükseldiği ve daha sonra düştüğü

görülmektedir. Kollektör giriş sıcaklığı 12.30'da 78.3 °C olarak, kollektör giriş sıcaklığının ise 16.00'da 62.3 °C olarak ölçülmüştür.



Şekil 3.32. Cebri taşınımlı (50 kg/h) depo tipi damıtıcıda üretilen damıtık su miktarı

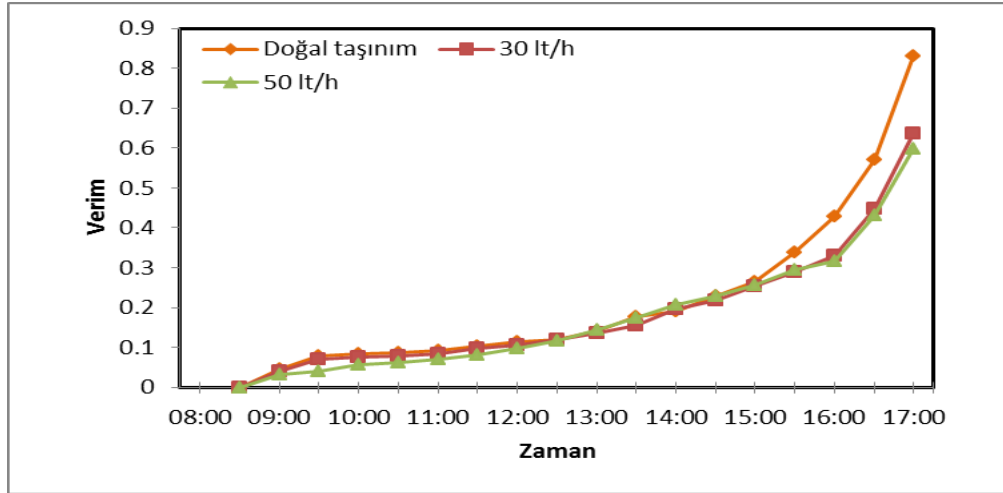
Şekil 3.32'de ise depo tipi damıtıcıda yarım saat aralıklarla üretilen damıtık su miktarları belirtilmiştir. Buna göre gün içerisinde üretilen damıtık su miktarı 14.00'a kadar sürekli artış göstermekte daha sonra düşmektedir. Gün içerisinde elde edilen en fazla damıtık su miktarı 14.00'da 110 ml olarak ölçülmüştür. Gün sonunda üretilen damıtık su miktarı 1232 ml olarak ölçülmüştür.



Şekil 3.33. Cebri taşınımlı (50 kg/h) depo tipi damıtıcıda üretilen günlük damıtık su miktarı

Bu damıtıcıda gündüz üretilen damıtık su miktarı 1232 ml, gece üretilen damıtık su miktarı 336 ml olup toplam üretilen damıtık su miktarı 1598 ml'dir (Şekil 3.33).

Doğal ve cebri taşınımlı depo tipi damıtıcı sistemlerinin verimleri Şekil 3.34'te verilmiştir.



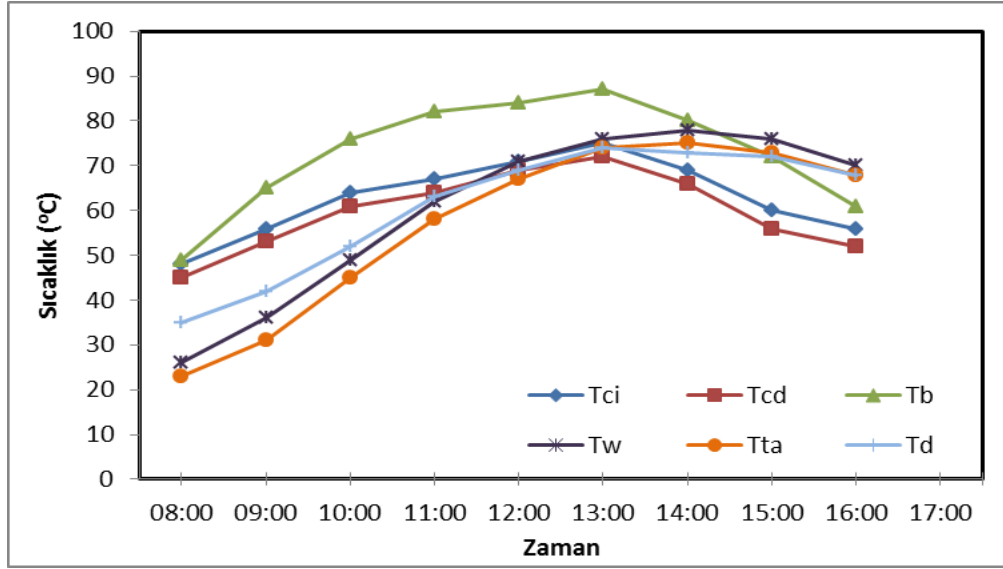
Şekil 3.34. Doğal taşınımlı ve cebri taşınımlı depo tipi damıtıcı verimleri

Buna göre sistemlerin verimleri gün boyu artış göstermektedir. 17.00'da cebri taşınımlı sistemlerde sırası ile 50 kg/h debide % 59.76, 30 kg/h debide % 63.54 olduğu doğal taşınımlı sistemde ise verimin % 83.15 olduğu belirlenmiştir. Doğal taşınımlı sistemde verimin yüksek olmasının nedeni depo suyu sıcaklığının diğer sistemlere göre daha yüksek olmasıdır.

3.5. Sıcak Su Kollektörüyle Birleştirilmiş Damıtıcı Sistem Deneyleri

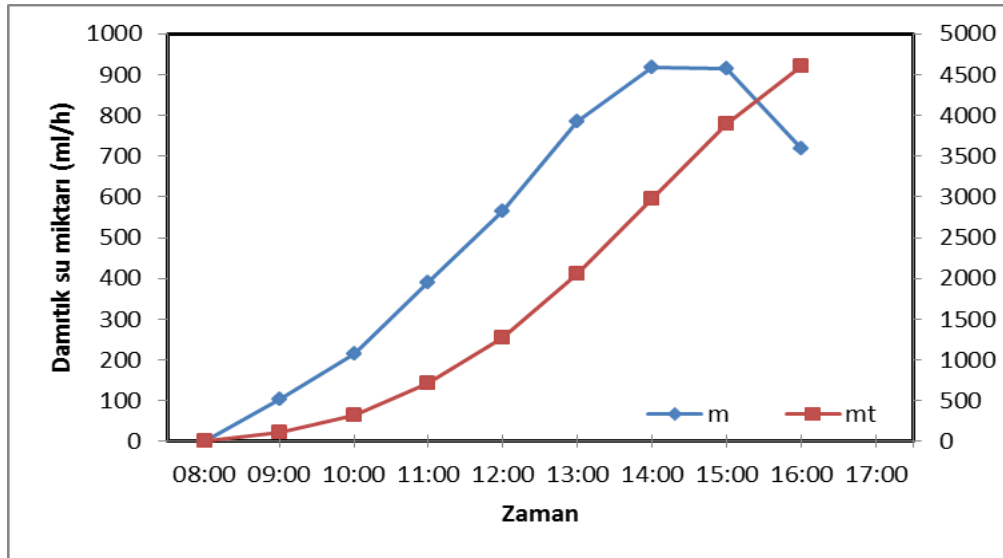
Bu sistem sıcak su kollektörü, içerisine levha tipi ısı değiştirgeci yerleştirilmiş havuz tipi damıtıcı ve depo tipi damıtıcıdan oluşmaktadır. 03.10.2013 tarihinde yapılan deneyler cebri taşınım olarak 50 kg/h debide, 38° kollektör eğim açısında kapalı sistem olarak yapılmıştır.

Sıcak su kollektörüyle birleştirilmiş damıtıcı sisteminde havuz tipi damıtıcıda bulunan taban sıcaklığı, (T_{ta}), su sıcaklığı (T_w), buhar sıcaklığı (T_b), cam iç yüzey (T_{ci}), cam dış yüzey (T_{cd}), sıcaklıkları, depo tipi damıtıcı su sıcaklığı (T_d) Şekil 3.35' te gösterilmiştir.



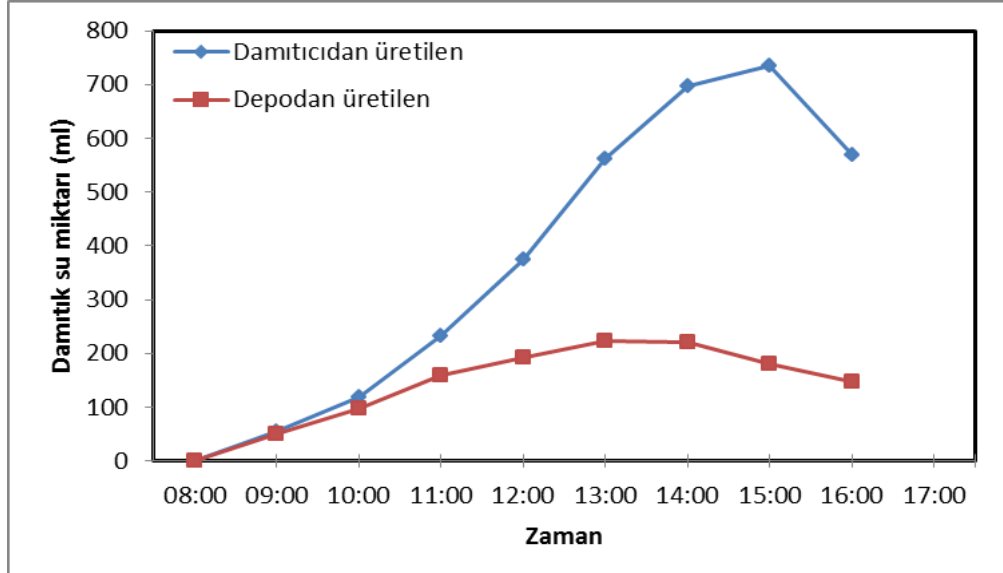
Şekil 3.35. Sıcak su kollektörüyle birleştirilmiş damıtıcı sisteminde havuz tipi damıtıcıda sıcaklıkların zamana göre değişimi

Şekil 3.35’ te görüldüğü gibi cam sıcaklıkları saat 13.00’a kadar artış göstermekte daha sonra düşmektedir. Cam sıcaklıklarının en yüksek olduğu saat olan 13.00’da cam iç yüzey sıcaklığı 74.7 °C, cam dış yüzey sıcaklığı ise 71.5 °C olarak ölçülmüştür. Taban ve su sıcaklıkları gün içerisinde 14.00’a kadar, buhar sıcaklığı ise 13.00’a kadar artış göstermekte daha sonra düşmektedir. Buhar sıcaklığı en yüksek olduğu saat olan 13.00’da 87.0 °C olarak ölçülmüştür.



Şekil 3.36. Sıcak su kollektörüyle birleştirilmiş damıtıcı sisteminde saatte üretilen ve toplam üretilen damıtık su miktarı

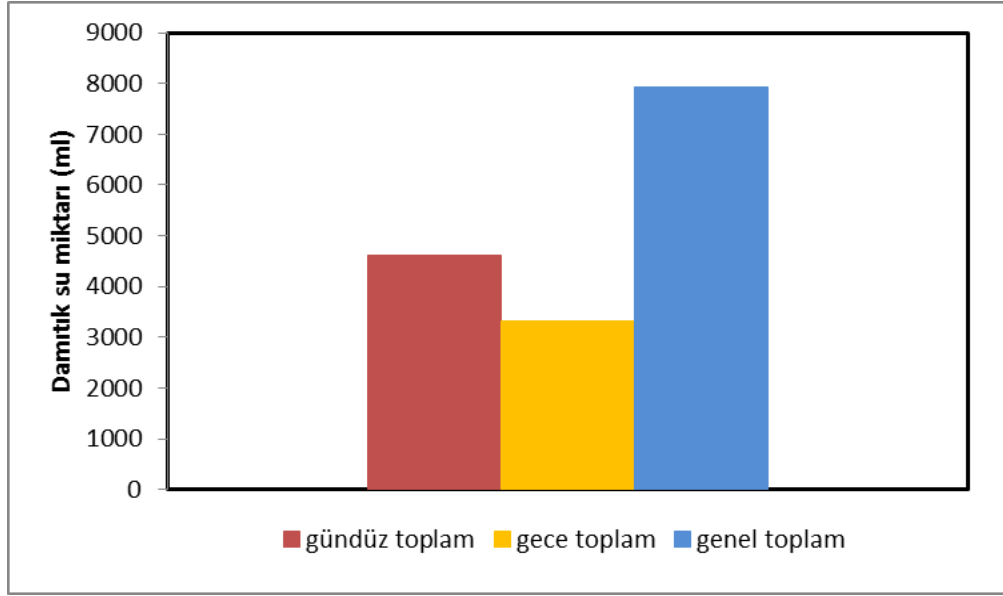
Şekil 3.36’da sıcak su kollektörüyle birleştirilmiş damıtıcı sisteminde saatte üretilen damıtık su miktarları ve toplam üretilen su miktarı gösterilmiştir. Buna göre gün içerisinde 14.00’a kadar üretilen damıtık su miktarı sürekli artmakta daha sonra azalmaktadır. Gün içerisinde elde edilen en fazla damıtık su miktarı 14.00’da 918 ml olarak ölçülmüştür.



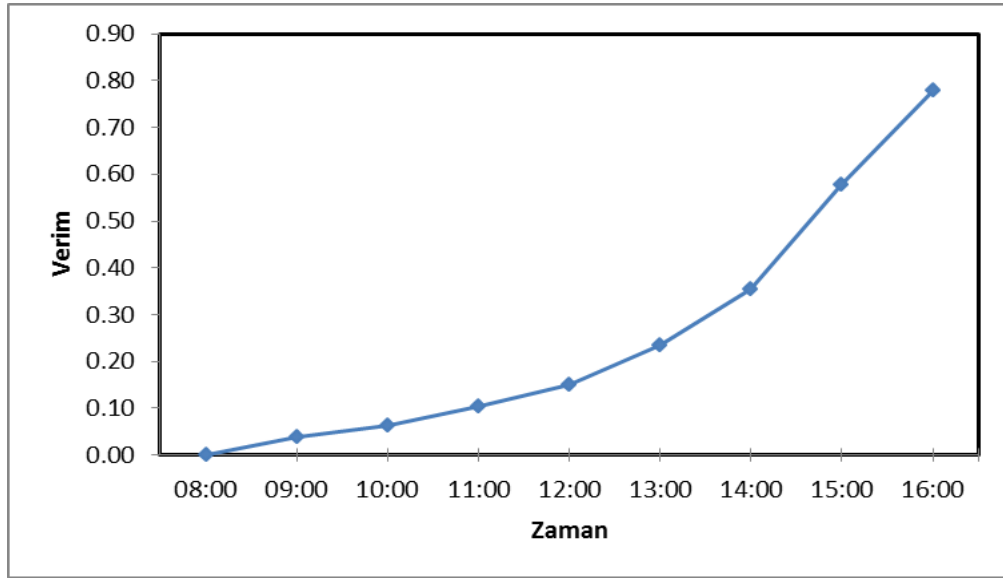
Şekil 3.37. Sıcak su kollektörüyle birleştirilmiş damıtıcı sisteminde havuz tipi damıtıcı ve depo tipi damıtıcıda üretilen damıtık su miktarları

Birleşik sistemi oluşturan; havuz tipi ve depo tipi damıtıcılarda günün saatlerine göre üretilen damıtık su miktarları gösterilmiştir. Bu grafikte havuz tipi damıtıcıda üretilen damıtık su miktarının depo tipi damıtıcıya göre çok daha fazla olduğu görülmüştür. Birleşik sistemde üretimin en fazla olduğu zaman 14.00-15.00 arasındır. Şekil 3.37’de göre saat 14.00 da birleşik sistemi oluşturan damıtıcılarda üretilen damıtık su miktarları; havuz tipi damıtıcıda 698 ml, depo tipi damıtıcıdan ise 220 ml’dir. Saat 15.00’da ise havuz tipi damıtıcıdan üretilen su miktarı 734 ml’dir depo tipi damıtıcıdan ise 180 ml’dir.

Şekil 3.38’ de gündüz, gece ve toplam üretilen damıtık su miktarları belirtilmektedir. Buna göre sistemden gündüz üretilen toplam damıtık su miktarı 4610 ml, gece üretilen damıtık toplam su miktarı 2790 ml olup günde toplam 7924 ml damıtık su elde edilmiştir.



Şekil 3.38. Sıcak su kolektörüyle birleştirilmiş damıtıcı sisteminde üretilen bir günlük damıtık su miktarı



Şekil 3.39. Sıcak su kolektörüyle birleştirilmiş damıtıcı verimi

Sıcak su kolektörüyle birleştirilmiş damıtıcı sisteminde verim değerleri ise Şekil 3.39'da gösterilmiştir. Buna göre sistem verimi gün içerisinde sürekli artmakta olup gün sonunda % 77.98 değerine ulaşmaktadır.

Yapılan deneyler esnasında sıcak su kolektörüyle birleştirilmiş damıtıcı sisteminden damıtılan suyun içilebilirliğinin tespit etmek amacıyla şebeke suyundan ve damıtılan

sudan steril şartlarda alınan su numunesi, laboratuvarında hemen analiz edilmiş ve sonuçlar Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1. Şebeke suyu ve damıtık suyunun fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik analiz sonuçları

Parametreler	Şebeke Suyu	Damıtık Su	İçme Suyu Standartları, TSE 266
pH	7.2	7.0	6.5-9.2
Renk	Renksiz	Renksiz	Renksiz
Bulanıklık, NTU	20	16	25
Amonyum Azotu, mg/L	0.4	0.2	0.05-0.5
Demir, mg/L	Yok	Yok	0.2
Sertlik, mg/L CaCO ₃	80	70	500

İçme suları TSE 266’ya göre berrak, renksiz, amonyak gibi kötü kokular içermemelidir. Alınan su numuneleri, fiziksel ve kimyasal parametreler yönünden standart değerlerin altında kalmaktadır. Sular mevcut durumu ile fiziksel ve kimyasal olarak içilebilir ve kullanılabilir özelliklere sahiptir.

Sertlik, su içinde çözülmüş iyonların varlığının sonucu oluşmaktadır. Suların sertliği, Fransa’da geliştirilen ve uluslararası kabul gören standarda göre ölçülmektedir. Fransız sertliği (Fr) veya mg/lt CaCo₃ ülkemizde yaygın olarak sertlik sınıflandırmasında kullanılan birimlerdir.

Türk standardına göre içme sularındaki pH değeri 4.5-9.5 arasında olmalıdır. İnsan vücudu doğal olarak kanın pH’ının sürekli 7.35-7.45 aralığında kalmasına çalışır. Vücudun tüm metabolik işlemleri dengeli bir pH’a bağlı olduğundan pH’ı 7 ve 7’den büyük suların tüketilmesi sağlığa yaralı sayılır.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada; sıcak su kollektörüyle birleştirilmiş damıtıcı sistemi tasarlanmış ve sistemde kullanılan kollektör, havuz tipi damıtıcı, depo tipi damıtıcı verimleri ile birlikte birleştirilmiş sistemin verimi deneysel olarak belirlenmiştir. Yapılan deneyler kapsamında düzlemsel yüzeyli güneş kollektörlerinin farklı debilerde cebri taşınımı ve doğal taşınımı sistemlerin sıcaklık ve verim değerleri tespit edilmiştir. Havuz tipi damıtıcılarda ise damıtıcı içerisinde bulunan su seviyesinin damıtıcının verimine etkisi incelenmiştir. Bunun yanında havuz tipi damıtıcı sıcak su kollektörüyle birleştirilerek kollektörün damıtıcıdan elde edilen damıtık su miktarına, sıcaklık ve verim değerlerine etkisi araştırılmıştır. Ayrıca güneş kollektörüyle birleştirilmiş damıtıcı içerisine farklı tiplerde ısı değiştirgeçleri yerleştirilerek bu ısı değiştirgeçlerinin sistem üzerindeki etkisi belirlenmiştir. Sıcak su kollektörüyle birleştirilmiş bir depo tipi bir damıtıcı tasarlanarak sıcaklık verim ve damıtılan su miktarları tespit edilmiştir. Daha sonra bu sistemler en iyi verim alınacak şekilde birleştirilerek güneş kollektörüyle birleştirilmiş damıtıcı sistemi oluşturulmuştur.

Yapılan deneyler sonucunda elde edilen verilerin genel olarak değerlendirilmesiyle elde edilen sonuçlar aşağıdaki maddelerle özetlenmiştir.

- 8 Ağustos 2012 tarihinde yapılan düzlemsel yüzeyli güneş kollektör deneylerinde doğal taşınımında maksimum verim % 57.47 ve zorlanmış taşınımı kollektörlerde ise debi artışına bağlı olarak maksimum verim değerleri % 68.02 ve % 75.54 olarak belirlenmiştir.
- Su derinliğine bağlı olarak havuz tipi damıtıcıların verimlerinin gün içerisinde sürekli arttığı ve damıtıcıdaki su derinliği arttıkça verim azaldığı tespit edilmiştir. Gün içerisinde yapılan ölçümler sonucunda hesaplanan maksimum verim değerleri yüzdelik oranlarının; 4 cm derinlikte % 85.61, 6 cm derinlikte % 73.54, 8 cm derinlikte % 59.27, 10 cm derinlikte % 50.32, 12 cm derinlikte % 41.02 olduğu belirlenmiştir.
- Klasik havuz tipi damıtıcıda 10 cm derinlik için gündüz üretilen toplam damıtık su miktarı 844 ml, gece üretilen damıtık su miktarı ise 1545 ml olarak ölçülmüştür. Bu

sistemde bir günde üretilen toplam damıtık su miktarının 2389 ml olduğu belirlenmiştir.

- Sıcak su kollektörüyle birleştirilmiş klasik havuz tipi damıtıcı da saatlik en fazla damıtık su üretimi 14.00-15.00 saatleri arasında 688 ml olarak ölçülmüştür. Gün sonunda toplam 2582 ml damıtık su üretilmiştir. Gece üretilen damıtık su miktarı 2630 ml olarak tespit edilmiş ve bir günde üretilen toplam damıtık su miktarı 5212 ml olarak belirlenmiştir.
- İçerisine boru tip ısı değiştirgeci yerleştirilmiş havuz tipi damıtıcı da saatlik en fazla damıtık su üretimi 14.00-15.00 saatleri arasında 654 ml olarak ölçülmüştür. Gündüz 2502 ml ve gece 2520 ml olarak bir günde 5022 ml damıtık su üretilmiştir.
- İçerisine levhalı tip ısı değiştirgeci yerleştirilmiş havuz tipi damıtıcı da saatlik en fazla damıtık su üretimi 14.00-15.00 saatleri arasında 692 ml olarak ölçülmüştür. Bu sistemde gündüz 3066 ml, gece 2722 ml damıtık su üretilmiştir. Bir günde üretilen toplam damıtık su miktarı ise 5788 ml olarak belirlenmiştir.
- Gün içerisinde yapılan ölçümler sonucunda hesaplanan verim değerleri klasik havuz tipi damıtıcı verimi % 51.47 olduğu tespit edilmiştir. Doğal taşınımlı sistemlerde; sıcak su kollektörü ile birleştirilmiş klasik havuz tipi damıtıcı verimi % 46.73, içerisine borulu ısı değiştirgeci yerleştirilmiş havuz tipi damıtıcı verimi % 45.38, içerisine levhalı ısı değiştirgeci yerleştirilmiş havuz tipi damıtıcı verimi % 55.91 olarak belirlenmiştir.
- Sıcak su kollektörüyle birleştirilmiş havuz tipi damıtıcı sistemlerinde içerisine levha tipi ısı değiştirgeci yerleştirilen damıtıcının verim değerlerinin konvensiyonel tip ve boru tipi ısı değiştirgeci yerleştirilen damıtıcılara göre daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca sistemin cebri taşınımlı olması durumunda verim değerlerinin artarak % 58.99'a ulaştığı görülmüştür.

- Sıcak su kollektörüyle birleştirilmiş depo tipi damıtıcı deneylerinde depo tipi damıtıcı veriminin gün içerisinde sürekli arttığı tespit edilmiştir. Cebri taşınımli sistemlerde verim değerlerinin sırası ile 50 kg/h debide % 59.76, 30 kg/h debide % 63.54 olduğu, doğal taşınımli sistemde ise verimin % 83.15 olduğu belirlenmiştir. Doğal taşınımli sistem veriminin depo suyu sıcaklıklarına bağılı olarak cebri taşınımli sistemlere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.
- Sıcak su kollektörüyle birleştirilmiş damıtıcı sisteminde ise bir günlük damıtık su miktarının gündüz 4610 ml, gece 2790 ml ve toplamda 7924 ml olduğu tespit edilmiştir.
- Sıcak su kollektörüyle birleştirilmiş damıtıcı sistemin verimi gün içerisinde sürekli artmakta olup gün sonunda % 77. 98 değerine ulaştığı belirlenmiştir.
- İçme suları TSE 266'ya göre berrak, renksiz, amonyak gibi kötü kokular içermemelidir. Alınan damıtık su numuneleri, fiziksel ve kimyasal parametreler yönünden standart değerlerin altında kalmaktadır. Damıtılan su mevcut durumu ile fiziksel ve kimyasal olarak içilebilir ve kullanılabilir özelliklere sahiptir.

5. ÖNERİLER

Hazırlanan sistemin sıcak su üretiminde optimum boyut değerlerinin bulunması için çalışmalar yapılmalı sistemin daha verimli çalışma koşulları incelenmelidir. Kollektör üzerinde düşen güneş ışınlımından maksimum yararlanmak için yutuculuğu yüksek seçici yüzey ile ilgili çalışmalar yapılarak sistemin verimini arttırmak mümkün olabilecektir.

Isıya dönüştürülen enerjinin kaybının azaltılması ve daha uzun süreli kullanımın sağlanması için gizli ısı depolamalı sistemlerin mevcut sistemlerle birlikte kullanılacak şekilde çalışmalar yapılmalıdır. Mevcut sıcak su hazırlama sistemlerinin birlikte çalışması ve görüntü kirliliğinin önlenmesi açısından pompalı sistemler haline getirilmelidir. Pompa için ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi güneş pili ile desteklenerek sağlanmalıdır.

Küresel ısınma veya iklim değişikliği, kirlilik, kuraklık, nüfus artışı, kentleşme, sanayileşme, aşırı tüketim ve savurganlık, sulak alanların kurutulması, tarımsal sulama yanlışlıkları kullanılabilir su kaynaklarının azalmasına neden olmaktadır. Bu nedenle doğal kaynakların ve özellikle su kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılması gerekir. Türkiye’de kişi başına düşen yıllık su miktarı 1600 m^3 civarındadır. Buna göre ülkemiz su azlığı yaşayan bir ülke konumundadır. Bu sebeple ülkemizde mevcut su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir bir şekilde kullanımı için gerekli tedbirler alınmalıdır.

Ülkemizde küçük çaplı ve bölgesel damıtma tesislerin, üretilen suyun fiyatının normal su fiyatından çok yüksek olmaması şartı ile işletilme sunulması için gerekli çalışmalar yapılmalıdır.

Sıcak su ve arıtma sistemlerinde kullanılacak petrol, doğalgaz, elektrik gibi enerji kaynakları yüksek maliyet ve çevre kirliliğine neden olmaktadır. Bu nedenle bu sistemlerde enerji kaynağı olarak yenilenebilir enerjilerin kullanılması ve yaygınlaştırılması sağlanmalıdır.

Güneş enerjisi teknolojisini kullanan enerji sistemlerin verimlerini yükseltecek ve çevre kirliliğini azaltacak Ar-Ge ve yenilik çalışmaları yapılmalıdır.

6. KAYNAKLAR

- [1] **Türkay, M., Yılmaz, Ş.**, 2012. Türkiye'nin enerji verimliliği haritası ve hedefler, Koç Üniversitesi.
- [2] **Yılmaz, Ö., Kösem, L.**, 2011. Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli, kullanımı ve dışa bağımlılığı, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi İktisadi ve İdari Birimler Fakültesi İktisat Bölümü, İzmir.
- [3] http://www.mfa.gov.tr/turkiye_nin-enerji-stratejisi.tr.mfa Dış İşleri Bakanlığı, Türkiye'nin Enerji Stratejisi, Eylül 2012.
- [4] TÜBİTAK Bilim, Teknoloji ve Yenilik Politikaları Daire Başkanlığı, Ulusal Su Ar-Ge ve Yenilik Stratejisi, Ankara, Aralık 2011.
- [5] **Bilgiç, Y.** , 2008. Güneş enerjili su damıtma sistemlerinde genişletilmiş yüzeylerin ısı ve kütle transferi üzerindeki etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [6] **Nahar, N. M. and Gupta, j. P.**, 1989. Studies on Gap Spacing Between Absorber and Cover Glazing in Flat Plate Solar Collectors, *Int. J. Energy Res*, **13**, 727-732.
- [7] **Das, S. K. and Chakraverty, A.**, 1991. Performance of a Solar Collector with Different Glazing Materials and Their Degradation under the Condition Prevailing in a Solar Collector, *Energy Conversion and Management*, **31**, 205-307.
- [8] **Hammad, M.**, 1995. Experimental Study of the Performance of a Solar Collector Cooled by Heat Pipes, *Renewable Energy*, **6 (1)**, 11-15.

- [9] **Riffat, S. B., Doherty, P. S., and Abdel Aziz El.,** 2000. Performance Testing of Different Types of Liquid Flat Plate Collectors, *Int. J. Energy Res*, **24**, 1203-1215.
- [10] **Kundu, B.,** 2002. Performance analysis and optimization of absorber plates of different geometry for a flat-plate solar collector a comparative study , *Applied ThermalEngineering*, **22**, 9, 999.
- [11] **Abene, V., Dubois, M., Le R. and A. Ouagued.,** 2002. “Thermodynamic method for designing dryers operated by flat-plate solar collectors”, *Renewable Energy*, **26**, 4.
- [12] **Ceylan, İ., Doğan, H., Yalçın, K.,** 2004. Tabii Dolaşımli, Endirekt Isıtmalı Prizmatik Tip Kollektörlü Güneş Enerjisi Sistemlerinin Deneysel İncelenmesi *Teknoloji*, Cilt 7, Sayı 3, 395-400.
- [13] **Özgür, A.E., Özsoy, A.,** 2005. Düzlemsel Güneş Kollektörlerinde Üst Yüzeyden Olan Isıl Kayıpların Azaltılmasında Çift Cam Uygulamasının Önemi, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, **3**, 59-63.
- [14] **Hazami M., Koli, S., Laazar, M., Farhat, A., and Belghith, A.,** 2005. Performance of a Solar Storage Collector. *Desalination*, **183**, 167-172.
- [15] **Aktaş, M., Ceylan, İ., Doğan, H.,** 2005. Güneş enerjili su hazırlama sistemlerinin ısı analizi, *Politeknik Dergisi* Cilt: 8 Say: 3 s.263-269, 2005
- [16] **Kalogirou S. and Papamarcou C.,** 2000. Modelling of a Thermosyphon Solar Water Heating System and Simple Model Validation, *Renewable Energy*, **21**, 471-493.
- [17] **Öz, E.S., Deniz, E., Özbaş, E.,** 2006. Vakumlu Termosifon Tip Güneşli Su Isıtma Sistemlerinde Antifriz-Su Karışımı Kullanımının Sistem Performansına Etkileri, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, **94**, 41-48.

- [18] **Çolak, L., Durmaz, A.,** 2006. Güneş Kollektörü Uygulamaları ile İlgili Ekonomik Analizler, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, **94**, 17-23.
- [19] **Çakmak, G., Yıldız, C.,** 2008. Türbülans etkisi arttırılmış genişletilmiş yüzeyli havalı güneş kollektörlerinde verim analizi, *F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20 (4), 641-648.
- [20] **Acar, B., Öz, E.S., Gedik, E.,** 2008. Ayrık ve birleşik ısı borulu kollektör verimlerinin deneysel olarak incelenmesi, *Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi*, Cilt 23, No 2, 425-429.
- [21] **Aktaş, M.,** 2009. Güneş enerjili sistemlerde ısı değiştirici yüzeyin ve akışın ısı performans üzerindeki etkileri, *Politeknik Dergisi* Cilt:12 Sayı: 4 s.243-246.
- [22] **Ersöz, M. A.,** 2011. Su Isıtmalı Düzlemsel Güneş Kollektörlerinde Doğrusal Odaklamalı İki Modelin İncelenmesi, *6 th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11)*, 16-18 May 2011, Elazığ, Turkey.
- [23] **El-Sebah, A.A.,** 1998, Parametric study of a vertical solar still, *Energy Conversion & Management*, Vol.39, No.13, pp.1303-1315.
- [24] **Mamlook, R., Akash, B.A. and Nijmeh, S.** (2001) Fuzzy Sets Programming to Perform Evaloation of Solar Systems in Jordan, *Energy Conversion and Management*, **42**, 1717-1726.
- [25] **Voropoulos, K., Mathioulakis, E., Belessiotis, V.,** 2003. Experimental investigation of the behavior of a solar still coupled with hot water storage tank, *Desalination*, 156, 3, 15-322.
- [26] **A1-Hayek, I. , Badran, O.O.,** 2004. The effect of using different designs of solar stills on water, Distillation, *Desalination*, **169**, 121-127.

- [27] **Samee, M.A., Mirza, U. K., Majeed, T., Ahmad N.,** 2005. Design and performance of a simple single basin solar still, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* , 1–8.

- [28] **Ben-Amara, M., Houcine, I., Guizani, A.A., Maalej, M.,** 2005. Efficiency investigation of a new-design air solar plate collector used in a humidification–dehumidification desalination process, *Renewable Energy*, **30**, 1309–1327.

- [29] **Abdel Dayem, A.M.,** 2006. Experimental and numerical Performance of A Multi-Effect Condensation-Evaporation Solar Water Distillation Sytem. *Energy*, **31**, 2710-2727.

- [30] **Tripathi, R. and Tiwari, G. N.,** 2006. Thermal Modelling of Passive and Solar Stills For Different Depths of Water by Using The Concept of Solar Fraction, *Solar Energy*, **80**, 956-967.

- [31] **Jiang, J., HeTian, Cui, M., Liu L.,** 2009. Proof-of-concept study of an integrated solar desalination system, *Renewable Energy*, **34**, 2798–2802.

- [32] **Zamen, M., Amidpour, M., Soufari, S.M.,** 2009. Cost optimization of a solar humidification–dehumidification desalination unit using mathematical programming, *Desalination*, **239**, 92–99.

- [33] **Esfahani A.J., Rahbar, N., Lavvaf, M.,** 2010. Utilization of thermoelectric cooling in a portable active solar still, An experimental study on winter days, *Desalination*, 10313, 8.

- [34] **P.T. Tsilingiris.,** 2013. The application and experimental validation of a heat and mass transfer analogy model for the prediction of mass transfer in solar distillation systems, *Applied Thermal Engineering*, **50**, 422-428.

- [35] **Zhao, W., Neti, S., Oztekin, A.**, 2013. Heat transfer analysis of encapsulated phase change materials, *Applied Thermal Engineering*, **50**, 143-151.
- [36] **Esakkimuthu, S., Hassabou, A.H., Palaniappan, C., Spinnler, M., Blumenberg, J., Velraj, R.**, 2013. Experimental investigation on phase change material based thermal storage system for solar air heating applications, *Solar Energy*, **88**, 144–153.
- [37] **Benli, H., Durmuş, A.**, 2007. Havalı güneş kolektörleri ve gizli ısı depolama yöntemleri kullanılarak sera ısıtılması *Mühendis ve Makina* Cilt : 48 Sayı: 569 syf16-25.
- [38] Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Enerji Raporu, Yayın No: 0019/2011 Ankara, 2011.
- [39] **Varıca, K. B. ve Gönüllü, M.T.**, 2006. Türkiye’de güneş enerjisi potansiyeli ve bu potansiyelin kullanım derecesi, yöntemi ve yaygınlığı üzerine bir araştırma, *Ughek’2006: I. Ulusal Güneş Ve Hidrojen Enerjisi Kongresi*, Eskişehir, Türkiye, Haziran 21-23.
- [40] <http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=gunes&bn=233&hn=&nm=384&id=40695>. Enerji Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Güneş, Eylül 2012.
- [41] **Değirmenci, H.**, 2006. Düzlemsel güneş kolektörlerinde su dolaşım miktarının kolektör verimine etkisini deneysel olarak incelenmesi , Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- [42] **Taze G.**, 2010. Düz güneş kolektörü verimini etkileyen bazı parametrelerin deneysel incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale.
- [43] **Özsoy S.**, 2009. Su ve yaşam: suyun toplumsal önemi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- [44] TC Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Raporu, Yayın No: 11, Ankara, 2011.
- [45] **Varınca K. B.**, 2008. İklim değişikliği özelinde su kaynakları üzerindeki baskılar, TC Çevre ve Orman Bakanlığı DSİ XXVI. Bölge Müdürlüğü, 5. Dünya su formu bölgesel hazırlık süreci Türkiye bölgesel su toplantıları, 29-30.
- [46] **Aydın, F., Ardalı, Y.**, 2012. Deniz suyu arıtım teknolojileri, *Sigma*, **30**, 156-178.
- [47] **Aybar, H.S., Egelioglu, F. ve Atikol, U.**, 2005. An Experimental Study on an Inclined Solar Water Distillation Sytem. *Desalination*, **180**, 285-289.
- [48] **Al-Hayek, I. and Badran, O.O.** 2004. The Effect of Using Different Designs of Solar Stills on Water Distillation. *Desalination*, **169**, 121-127.

ÖZGEÇMİŞ

Emin EL, 11.09.1985 yılında Diyarbakır’da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Diyarbakır’da tamamladı. 2002 yılında Diyarbakır Yunus Emre Lisesinden mezun oldu. 2004 yılında eğitime başladığı Dicle Üniversitesi Mühendislik - Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü’nü 2008 yılında bitirdi. 2010 yılında Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Bölümü Termodinamik Ana Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans programına başladı.