

**PARABOLİK OLUK TİPİ GÜNEŞ TOPLAYICISI  
TASARIMI VE DENEYSEL İNCELENMESİ**

**GANİME TUĞBA ERCOŞKUN**

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MAKİNE EĞİTİMİ  
ANA BİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MERSİN  
HAZİRAN – 2013**

**PARABOLİK OLUK TİPİ GÜNEŞ TOPLAYICISI  
TASARIMI VE DENEYSEL İNCELENMESİ**

**GANİME TUĞBA ERCOŞKUN**

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MAKİNE EĞİTİMİ  
ANA BİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Danışman  
Doç. Dr. Ali KESKİN**

**MERSİN  
HAZİRAN – 2013**

Ganime Tuğba ERCOŞKUN tarafından Doç. Dr. Ali KESKİN danışmanlığında ve hazırlanan “ Parabolik Oluk Tipi Güneş Toplayıcısı Tasarımı ve Deneysel İncelenmesi” başlıklı bu çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

İmza

Prof. Dr. Mustafa Kemal KÜLEKÇİ

Doç. Dr. Ali KESKİN

Yrd.Doç.Dr. Hüseyin MUTLU



Yukarıdaki Jüri kararı Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 20.../08/2013 tarih ve 2013-15/445... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

  
Doç. Dr. Melmet KÜÇÜKASLAN  
Enstitü Müdürü



## **PARABOLİK OLUK TİPİ GÜNEŞ TOPLAYICISI TASARIMI VE DENEYSEL İNCELENMESİ**

**Ganime Tuğba ERÇOŞKUN**

### **ÖZ**

Parabolik oluk tipi güneş kollektörü kullanarak güneş ışınlarını toplamak, güneş enerjisinden faydalanmanın etkili yöntemlerinden birisidir. Parabolik oluk kollektörlerde kullanılan yansıtıcı yüzeyler vasıtası ile güneş ışınları kollektörün odağında bulunan doğrusal konumlandırılmış boruda yoğunlaştırılır. Bu yöntem özellikle yüksek sıcaklık uygulamaları için çok uygundur. Parabolik kollektörlerde alıcı boru üzerinde seçici yüzey oluşturan kaplamalar, yansıtıcı yüzey malzemesi ve vakumlu vakumsuz uygulamalar verimi etkileyen önemli özelliklerdir. Parabolik oluk kollektörler; güneş ile buhar üretimi için tercih edilmekte, ayrıca sıcak su elde etmek, mekânların ısıtılması, iklimlendirme-soğutma uygulamaları, endüstriyel işlemler ve elektrik üretimi gibi alanlarda verimli bir şekilde kullanılmaktadır. Yapılan çalışmada, çift parabolik oluktan oluşan, 90cm ağız açıklığı ve 83° kenar açısına (Qr) sahip, parabolik güneş kollektörü tasarlanmıştır. Sistemdeki ısı kayıplarını azaltmak için; alıcı boru ile eş merkezli olarak cam bir boru yerleştirilmiş ayrıca iki boru arasında kalan hava vakumlanarak tahliye edilmiştir. Tasarlanan parabolik kollektör iki eksenli güneş takip sistemine sahiptir. Isı transfer akışkanı olarak suyun kullanıldığı performans testleri; Tarsus iklim şartlarında gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmalar ile güneş ışınım şiddeti, çevre sıcaklığı, rüzgâr ve nem etkenlerine bağlı olarak kollektörlerden elde edilen sıcaklıklar ve verim değerlerinde değişim gözlenmiştir. Sonuç olarak; araştırma bulguları grafiklerle değerlendirilmiş ve ne kadar ısı kazancı olduğu incelenmiştir. Kollektör üzerine düşen güneş ışınımının mümkün olduğu kadar büyük bir kısmından faydalanabildiği ve sistemin kullanılabilir özellikte olduğu gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Güneş Enerjisi, Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi, Parabolik Oluk Tipi Güneş Kollektörü, Güneş Enerjisi Verimi

**Danışman:** Doç. Dr. Ali KESKİN, Mersin Üniversitesi, Makine Eğitimi Ana Bilim Dalı

## **DESIGN AND EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE PARABOLIC TROUGH SOLAR COLLECTOR**

**Ganime Tuğba ERCOŞKUN**

### **ABSTRACT**

Parabolic trough-type solar collector to collect the sun's rays, and for utilization of solar energy is one of the effective methods. Through the reflective surfaces used in parabolic trough collectors, the sun's rays is concentrated to linear pipe, at the collector's focus. This method is especially suited for high temperature applications. Selective surface forms coverings on the receiver pipe, reflective surface materials and vacuum/non-vacuum has important features affecting the yield applications at parabolic collectors. Parabolic trough collectors generation is preferred for solar and steam. Also to get hot water, heating spaces, air-conditioning and cooling applications industrial processes and is efficiently utilized in the production of electricity. In this experimental study, consisting of double parabolic trough, 90cm collector aperture and 83° rim angle (Qr), with parabolic solar collector designed. In order to reduce heat losses in the system, receiver pipe and glass tube is placed coaxially, also air between the two pipes vacuum were evacuated. In the designed parabolic collector, two-axis solar tracking system is used. Water is used as the heat transfer fluid and performance tests are conducted in the climatic conditions of Tarsus. As a result, the research findings were evaluated graphically and investigated heat gain. Collector of solar radiation falling on the observed benefits from a large part as much as possible and the system observed that usable.

**Key Words:** Solar Energy, Concentrated Solar Energy, Parabolic Trough Solar Collector, Solar Energy Efficiency

**Advisor:** Assoc. Prof. Dr. Ali KESKİN, Department of Mechanical Education, University of Mersin

## **TEŞEKKÜR**

Bu tez çalışmasının yapılmasında yardımlarını esirgemeyen, çalışmalarında bana daima yol gösteren engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, değerli danışmanım Sayın Doç. Dr. Ali KESKİN'e ve üzerimde emeği bulunan tüm kıymetli hocalarıma;

Tez çalışmasını ortaya çıkarmamda ve deneyler esnasında yardımlarını esirgemeyen Tarsus Teknik Eğitim Fakültesi çalışanlarına teşekkür ediyorum.

Desteklerini hiçbir zaman esirgemeyip beni bu yaşa getiren ve eğitimimin bu safhaya kadar gelmesini sağlayan, haklarını asla ödeyemeyeceğim, annem Sadiye ERCOŞKUN'a ablalarım Banu ve Bilge ERCOŞKUN, ağabeylerim Hakan ve Kasım ERCOŞKUN'a teşekkürü bir borç bilerek minnetlerimi sunuyorum.

Hayatımın her aşamasında yanımda olan, fakat ne yazık ki tez çalışmama başladığım dönemde toprağa verdiğim, bu tez dâhil olmak üzere, hayatımın tamamına azmi ve kararlılığı ile ışık tutan, başarı ve sahip olduğu erdemleriyle ben dâhil herkeste iz bırakan, canım babam Ünver ERCOŞKUN'a sonsuz minnetimi sunuyor, onu saygı ve rahmetle anıyorum.

## İÇİNDEKİLER DİZİNİ

|   | <b>Sayfa</b> |
|---|--------------|
| <b>ÖZ</b> .....   | i            |
| <b>ABSTRACT</b> .....   | ii           |
| <b>TEŞEKKÜR</b> .....   | iii          |
| <b>İÇİNDEKİLER DİZİNİ</b> .....   | iv           |
| <b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....  | vi           |
| <b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....  | vii          |
| <b>SİMGE VE KISALTMALAR</b> .....   | xii          |
| <b>1. GİRİŞ</b> .....   | 1            |
| <b>2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI</b> .....  | 3            |
| 2.1. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....   | 3            |
| 2.2. TÜRKİYE’DE ENERJİ DURUMU.....  | 10           |
| 2.3. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI.....                                       | 11           |
| 2.4. GÜNEŞ ENERJİSİ.....  | 11           |
| 2.4.1. Güneş Enerjisinin Avantajları .....                                      | 13           |
| 2.4.2. Güneş Enerjisinin Dezavantajları.....                                    | 14           |
| 2.5. GÜNEŞ ENERJİSİNDEN FAYDALANMA ŞEKİLLERİ.....                               | 14           |
| 2.5.1. Fotovoltaik Yöntemler .....  | 14           |
| 2.5.2. Isıl Yöntemler.....  | 16           |
| 2.6. PARABOLİK OLUK TİPİ KOLLEKTÖRLER .....                                     | 22           |
| 2.6.1. Parabolik Oluk Tipi Güneş Yoğunlaştırıcılarda Optik Kayıp .....          | 27           |
| 2.6.2. Parabolik Oluk Tipi Güneş Yoğunlaştırıcıda Isıl Kayıp .....              | 28           |
| 2.6.3. Parabolik Oluk Tipi Güneş Kollektörünün Kullanıldığı Endüstriyel Alanlar | 29           |
| <b>3. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....  | 38           |
| 3.1. PARABOLİK OLUK TİPİ GÜNEŞ KOLLEKTÖRÜNÜN.....                               | 38           |
| TASARIMI VE İMALATI .....   | 38           |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.2. TASARIM VE İMALATTA KULLANILAN MALZEMELER VE ÖZELLİKLERİ ..... | 45        |
| 3.2.1. Alıcı Boru ve Cam Örtü .....                                 | 45        |
| 3.2.2. Yansıtıcı Malzeme.....                                       | 45        |
| 3.2.3. Taşıyıcı İskelet Sistemi .....                               | 46        |
| 3.2.4. Sirkülasyon Pompası .....                                    | 47        |
| 3.2.5. Veri Kayıt Cihazı ve Sıcaklık Algılayıcı Proplar .....       | 48        |
| 3.2.6. Depo .....   | 50        |
| 3.2.7. Thermo Flex Boru .....                                       | 51        |
| 3.2.8. Vakum Cihazı ve Servis Manifoldu .....                       | 51        |
| 3.2.9. Taşıyıcı Sistem ve Ayaklar .....                             | 54        |
| <b>4.BULGULAR VE TARTIŞMA</b> .....                                 | <b>55</b> |
| <b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER</b> .....                                | <b>81</b> |
| <b>KAYNAKLAR</b> .....  | <b>83</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....   | <b>93</b> |



## **ÇİZELGELER DİZİNİ**

### **SAYFA**

|   |    |
|---|----|
| Çizelge 2.1. Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı..... | 13 |
| Çizelge 2.2. Seçici Yüzeyler .....  | 25 |
| Çizelge 2.3. Sanayi ısı talebi ve sıcaklık aralıkları .....                                       | 30 |
| Çizelge 3.1. Parabol koordinatları .....  | 39 |
| Çizelge 3.2. Parabolik oluk kollektör sistem özellikleri .....                                    | 43 |
| Çizelge 3.3. Pompanın teknik özellikleri .....  | 48 |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### SAYFA

|   |    |
|---|----|
| Şekil 2. 1. Türkiye birincil enerji tüketiminin kaynaklar bazında gelişimi .....                                    | 10 |
| Şekil 2. 2. Türkiye'nin ekvatora yakınlığı .....  | 12 |
| Şekil 2. 3. Güneş pili .....  | 14 |
| Şekil 2. 4. AC ve DC akımın eldesi .....  | 15 |
| Şekil 2. 5. Düzlemsel güneş kollektörü .....  | 17 |
| Şekil 2. 6. Vakumlu güneş kollektörü .....  | 19 |
| Şekil 2. 7. Güneş havuz sistemi .....   | 20 |
| Şekil 2. 8. Güneş ocağı .....   | 21 |
| Şekil 2. 9. Parabolik kollektöre gelen güneş ışınlarının<br>alıcı boruda odaklanması .....                          | 23 |
| Şekil 2.10.Parabolik oluk tipi yoğunlaştırıcı bileşenleri .....   | 23 |
| Şekil 2.11. Enerjinin emilimi için kaplama ve yüzey uygulamaları .....  | 25 |
| Şekil 2.12. Parabolik oluk tipi güneş yoğunlaştırıcıdaki<br>ışın transfer şeması .....                              | 28 |
| Şekil 2.13. Isı transfer akışkanından çevreye olan ısı transfer şeması.....   | 29 |
| Şekil 2.14. Parabolik oluk tipi kollektör ve sıcak su eldesi .....  | 32 |
| Şekil 2.15. Parabolik oluk tipi kollektör ile buhar üretimi.....  | 34 |
| Şekil 2.16. Parabolik oluk tipi kollektör ile iklimlendirme uygulaması.....   | 35 |
| Şekil 2.17. Parabolik oluk tipi kollektörler ile soğutma .....  | 36 |
| Şekil 2.18. Parabolik oluk tipi kollektörler ile elektrik üretimi .....   | 37 |
| Şekil 3.1. İmalatı yapılan parabolik oluk tipi kollektörünün ölçüleri .....   | 38 |
| Şekil 3.2. Parabolik oluk tipi kollektörün odak noktası .....   | 39 |
| Şekil 3 3. Parabolik oluk kollektör açıları ve kollektöre gelen<br>güneş ışınlarının alıcı boruda odaklanması ..... | 41 |
| Şekil 3.4. Ayna destek sistemi ve montajının görüntüsü .....  | 41 |
| Şekil 3.5. Alıcı boru detayı .....  | 42 |
| Şekil 3 6. Silikon conta .....  | 42 |
| Şekil 3.7. İmalatı yapılan parabolik oluk tipi<br>güneş kollektörünün görünüşü .....                                | 43 |

|   |    |
|---|----|
| Şekil 3.8. İmal edilen kollektörün kuzey- güney doğrultusunda hareket kabiliyeti.....                     | 44 |
| Şekil 3.9. İmal edilen kollektörün doğu-batı doğrultusunda hareket kabiliyeti .....                       | 44 |
| Şekil 3.10. Alıcı boru ebatları .....   | 45 |
| Şekil 3.11. İskelet Sistemi .....   | 46 |
| Şekil 3.12. Taşıyıcı sistem üzerine yerleştirilen parabolik oluk kollektörlerin ön ve arka görünüşü ..... | 47 |
| Şekil 3.13. Sirkülasyon pompası ve bağlantı yönü .....  | 48 |
| Şekil 3.14. Veri kayıt cihazı .....   | 49 |
| Şekil 3.15. Probun sistem üzerinde bağlantısı .....   | 49 |
| Şekil 3.16. Depo .....  | 50 |
| Şekil 3.17. Deponun Sisteme bağlantısı .....  | 50 |
| Şekil 3.18. Thermo flex boru .....  | 51 |
| Şekil 3.19. Vakum pompası ve servis manifoldu .....   | 52 |
| Şekil 3.20. Manifold vanaları .....   | 52 |
| Şekil 3.21. Manifold bağlantısı .....   | 52 |
| Şekil 3.22. Vakum göstergesi .....  | 53 |
| Şekil 3.23. Taşıyıcı sistem ve ayaklar .....  | 54 |
| Şekil 4.1. Güneş ışınımı ve faydalı enerji miktarının zamana bağlı değişimi .....                         | 56 |
| Şekil 4.2. 24 Ağustos 2012 güneş ışınımı ve faydalı enerji miktarının zamana bağlı değişimi .....         | 56 |
| Şekil 4.3. 30 Ağustos 2012 güneş ışınımı ve faydalı enerji miktarının zamana bağlı değişimi .....         | 57 |
| Şekil 4.4. 31 Ağustos 2012 güneş ışınımı ve faydalı enerji miktarının zamana bağlı değişimi .....         | 57 |
| Şekil 4.5. 2 Şubat 2013 güneş ışınımı ve faydalı enerji miktarının zamana bağlı değişimi .....            | 58 |
| Şekil 4.6. 5 Şubat 2013 güneş ışınımı ve faydalı enerji miktarının zamana bağlı değişimi .....            | 58 |
| Şekil 4.7. 12 Şubat 2013 güneş ışınımı ve faydalı enerji miktarının zamana bağlı değişimi .....           | 59 |

|   |    |
|---|----|
| Şekil 4.8. 3 Mart 2013 güneş ışınımı ve faydalı enerji miktarının zamana bağlı değişimi .....                         | 59 |
| Şekil 4.9. 5 Mart 2013 güneş ışınımı ve faydalı enerji miktarının zamana bağlı değişimi .....                         | 60 |
| Şekil 4.10. 24 Ağustos 2012 parabolik kollektör ile elde edilen sıcaklıkların ve ışınımın zamana bağlı değişimi ..... | 61 |
| Şekil 4.11. 30 Ağustos 2012 parabolik kollektör ile elde edilen sıcaklıkların ve ışınımın zamana bağlı değişimi ..... | 61 |
| Şekil 4.12. 31 Ağustos 2012 parabolik kollektör ile elde edilen sıcaklıkların ve ışınımın zamana bağlı değişimi ..... | 62 |
| Şekil 4.13. 2 Şubat 2013 parabolik kollektör ile elde edilen sıcaklıkların ve ışınımın zamana bağlı değişimi .....    | 62 |
| Şekil 4.14. 5 Şubat 2013 parabolik kollektör ile elde edilen sıcaklıkların ve ışınımın zamana bağlı değişimi .....    | 63 |
| Şekil 4.15. 12 Şubat 2013 parabolik kollektör ile elde edilen sıcaklıkların ve ışınımın zamana bağlı değişimi .....   | 63 |
| Şekil 4.16. 03 Mart 2013 parabolik kollektör ile elde edilen sıcaklıkların ve ışınımın zamana bağlı değişimi .....    | 64 |
| Şekil 4.17. 05 Mart 2013 parabolik kollektör ile elde edilen sıcaklıkların ve ışınımın zamana bağlı değişimi .....    | 64 |
| Şekil 4.18. 09 Mart 2013 parabolik kollektör ile elde edilen sıcaklıkların ve ışınımın zamana bağlı değişimi .....    | 65 |
| Şekil 4.19. 24 Ağustos 2012 verimin çevre sıcaklığı ile değişimi .....  | 66 |
| Şekil 4.20. 30 Ağustos 2012 verimin çevre sıcaklığı ile değişimi .....  | 66 |
| Şekil 4.21. 31 Ağustos 2012 verimin çevre sıcaklığı ile değişimi .....  | 67 |
| Şekil 4.22. 2 Şubat 2013 verimin çevre sıcaklığı ile değişimi .....   | 67 |
| Şekil 4.23. 5 Şubat 2013 verimin çevre sıcaklığı ile değişimi .....   | 68 |
| Şekil 4.24. 12 Şubat 2013 verimin çevre sıcaklığı ile değişimi .....  | 68 |
| Şekil 4.25. 3 Mart 2013 verimin çevre sıcaklığı ile değişimi .....  | 69 |
| Şekil 4.26. 5 Mart 2013 verimin çevre sıcaklığı ile değişimi .....  | 69 |
| Şekil 4.27. 9 Mart 2013 verimin çevre sıcaklığı ile değişimi .....  | 70 |
| Şekil 4.28. 24 Ağustos 2012 verim, nem ve rüzgâr hızının  |    |

|   |    |
|---|----|
| zamana bağlı değişimi .....   | 71 |
| Şekil 4.29. 30Ağustos 2012 verim, nem ve rüzgâr hızının<br>zamana bağlı değişimi .....              | 71 |
| Şekil 4.30. 31 Ağustos 2012 verim, nem ve rüzgâr hızının<br>zamana bağlı değişimi .....             | 72 |
| Şekil 4.31. 2 Şubat 2013 verim, nem ve rüzgâr hızının<br>zamana bağlı değişimi .....                | 72 |
| Şekil 4.32. 5 Şubat 2013 verim, nem ve rüzgâr hızının<br>zamana bağlı değişimi .....                | 73 |
| Şekil 4.33. 12 Şubat 2013 verim, nem ve rüzgâr hızının<br>zamana bağlı değişimi .....               | 73 |
| Şekil 4.34. 3 Mart 2013 verim, nem ve rüzgâr hızının<br>zamana bağlı değişimi .....                 | 74 |
| Şekil 4.35. 5 Mart 2013 verim, nem ve rüzgâr hızının<br>zamana bağlı değişimi .....                 | 74 |
| Şekil 4.36. 9 Mart 2013 verim, nem ve rüzgâr hızının<br>zamana bağlı değişimi .....                 | 75 |
| Şekil 4.37. 24 Ağustos 2012 parabolik kollektör ile elde edilen<br>depo sıcaklığının değişimi ..... | 76 |
| Şekil 4.38. 30 Ağustos 2012 parabolik kollektör ile elde edilen<br>depo sıcaklığının değişimi ..... | 76 |
| Şekil 4.39. 31 Ağustos 2012 parabolik kollektör ile elde edilen<br>depo sıcaklığının değişimi ..... | 77 |
| Şekil 4.40. 2 Şubat 2013 parabolik kollektör ile elde edilen<br>depo sıcaklığının değişimi .....    | 77 |
| Şekil 4.41. 5 Şubat 2013 parabolik kollektör ile elde edilen<br>depo sıcaklığının değişimi .....    | 78 |
| Şekil 4.42. 12 Şubat 2013 parabolik kollektör ile elde edilen<br>depo sıcaklığının değişimi .....   | 78 |
| Şekil 4.43. 3 Mart 2013 parabolik kollektör ile elde edilen<br>depo sıcaklığının değişimi .....     | 79 |
| Şekil 4.44. 5 Mart 2013 parabolik kollektör ile elde edilen   |    |

|  |    |
|--|----|
| depo sıcaklığının değişimi .....                           | 79 |
| Şekil 4.45. 9 Mart 2013 parabolik kolektör ile elde edilen |    |
| depo sıcaklığının değişimi .....                           | 80 |

## SİMGE VE KISALTMALAR

|                         |  |
|-------------------------|--|
| $T_{\text{ç}}$          | Akışkanın çıkış sıcaklığı [ $^{\circ}\text{C}$ ]                   |
| $I$                     | Anlık direkt ışınım [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]                      |
| $T_{\text{g}}$          | Akışkanın giriş sıcaklığı [ $^{\circ}\text{C}$ ]                   |
| $\dot{m}$               | Akışkanın kütleli debisi [ $\text{kg}/\text{s}$ ]                  |
| $C_p$                   | Akışkanın özgül ısı [ $\text{kJ}/\text{kg } ^{\circ}\text{C}$ ]    |
| $Q_r$                   | Kenar Açısı [ $^{\circ}\text{C}$ ]                                 |
| $A_a$                   | Kollektör açıklık alanı [ $\text{m}^2$ ]                           |
| $\eta$                  | Kollektör verimi   |
| $Q_u$                   | Kullanılabilir ısı kazancı   |
| $f$                     | Odak noktası   |
| $T_1$                   | 1. Parabolik oluk kollektör giriş sıcaklığı [ $^{\circ}\text{C}$ ] |
| $T_2$                   | 1. Parabolik oluk kollektör çıkış sıcaklığı [ $^{\circ}\text{C}$ ] |
| $T_3$                   | 2. Parabolik oluk kollektör çıkış sıcaklığı [ $^{\circ}\text{C}$ ] |
| $T_4$                   | Parabolik oluk kollektör depo sıcaklığı [ $^{\circ}\text{C}$ ]     |
| $x$                     | $x$ eksenine olan uzaklık [ $\text{cm}$ ]                          |
| $y$                     | $y$ eksenine olan uzaklık [ $\text{cm}$ ]                          |
| $\varepsilon$           | Isıl yayınım ( Termal emitans)                                     |
| $\alpha$                | Güneş emiciliği  |
| $\lambda$               | Dalga boyu   |
| $\rho$                  | Paralel ve dağınık yansıtıcılığın toplamı                          |
| $\text{Al}_2\text{O}_3$ | Alüminyum oksit  |
| $\text{AlN}$            | Alüminyum nitrid   |
| $\text{Cr}_2\text{O}_3$ | Krom oksit   |
| $\text{CuCl}$           | Bakır (I) klorür   |
| $\text{CuCl}_2$         | Bakır(II) klorür   |
| $\text{HAuCl}_4$        | Kloraurik asit   |
| $\text{PU}$             | Poliüretan   |
| Sermet                  | Seramik-metal  |
| $\text{SiO}_2$          | Silisyum oksit   |
| SS                      | Paslanmaz Çelik  |
| W                       | Metal  |

## 1. GİRİŞ

Dünya’da sürekli artan enerji talebi ve buna paralel olarak mevcut enerji kaynaklarının hızlı tüketimi; dünya ülkelerini yeni enerji kaynakları aramaya zorlamıştır [1]. Fosil enerji kaynaklarının atmosfere zehirli gaz salınımının olması, çevresel açıdan ciddi bir problem teşkil etmektedir [2, 3, 4]. Günümüzde fosil yakıtların enerji tüketimindeki baskın payı sürmekte ancak özellikle kalkınmakta olan ülkelerde, fosil yakıtların tüketiminin azaltılması adına çeşitli yöntemler denenmektedir [5]. Bu kaynakların fiyatlarındaki artışlar ve teminindeki problemler de göz önüne alındığında, alternatif enerji kaynakları alanındaki çalışmalar yoğunlaşmıştır [6, 7, 8].

Fosil kaynaklar yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi son on yıl içerisinde dikkate alınan bir konu olmuştur. Yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının her geçen gün artması, fosil yakıtlara olan talebi oransal olarak düşürmektedir. Yükselen petrol fiyatları, küresel düzeyde yaşanan krizler ve dönemseller olarak yaşanan ekonomik dalgalanmalar, bu azalmanın diğer nedenleri olarak sayılabilir. Örneğin; dünya petrol üretimi 2009’da 2008’e göre % 2,6 düşüşle 3,8 milyar ton, doğal gaz üretimi % 2,5 düşüşle 2,9 trilyon m<sup>3</sup> olarak gerçekleşmiştir. Elektrik enerjisi üretiminde hidrolik enerji dışındaki yenilenebilir enerji kaynaklarının payı 2009 yılında % 3,2 iken, mevcut politikaların sürmesi durumunda 2035 yılında bu payın % 10,2’ye yükseleceği öngörülmektedir [9]. Güneş enerjisi, günümüzde en önemli alternatif enerji kaynağıdır. Kullanılabilir, ucuz ve çevre dostu bir alternatif kaynak olarak Güneş enerjisi birçok teorik ve deneysel çalışmaya konu olmuştur [10]. 1980’li yıllarda başlayan ve son yıllarda oluşan yüksek sıcaklıklar, küresel ısınmanın beklendiği ve öngörüldüğü biçimde sürdüğünü; küresel ısınmayı önlemek için alınması gereken ulusal, bölgesel ve küresel önlemlerin ve politikaların hiç gecikmeksizin uygulanması gerektiğini göstermektedir. Küresel ısınmayı önlemeye yönelik çevre dostu politikalar ve önlemler; tüm sektörlerde enerji verimliliğinin ve tasarrufunun artmasını, yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının (hidrolik, güneş, rüzgâr, jeotermal, biyokütle, vb.) birincil enerji kaynakları içindeki payının artırılmasını; fosil yakıt yakma teknolojilerinin iyileştirilmesi ile birleşik ısı



ve güç santrallerinin yaygınlaştırılmasını ayrıca daha az CO<sub>2</sub> salınımına neden olan yakıtlara geçişi sağlayacaktır [3].

Türkiye'nin küresel ölçekteki enerji vizyonuna uyum sağlaması ve enerji ihtiyacının yenilenebilir kaynaklardan sağlandığı bir geleceğe doğru ilerleyebilmesi için atılması gereken birçok adım bulunmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının eşzamanlı büyümesi, finansal rekabet gücünün artırılması, kaynakların şebekeye bağlanması hususundaki idari süreçlerin kolaylaştırılması ve teknik zorlukların kaldırılması bu adımların içerisinde yer almaktadır [11]. Yerli, yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı enerji politikaları ciddi bir ulusal planlama eşliğinde çok temel bir ulusal politika olarak benimsenmelidir. Enerjideki dışa bağımlılığı azaltabilecek ve giderek ortadan kaldıracak planlama, üretim ve denetim aşamalarında ulusal çıkarları gözetilen enerji politikaları ve stratejileri uygulanmalı, ülkemizi uluslararası alanlarda bağımsız ve güçlü kılabileceğimiz bir "Enerji Yönetimi" anlayışı benimsenmelidir [12]. Güneş enerjisi uygulamalarından daha fazla fayda sağlamak ve yüksek sıcaklıklara ulaşmak amacıyla kullanılan sistemlerden birisi yoğunlaştırıcı güneş enerjisi sistemleridir. Yoğunlaştırıcı güneş enerjisi santralleri, küresel iklim değişikliği sorunları ile uğraşan dünyamız için önemli bir enerji üretim aracıdır [13]. Bu sistemlerin teknik olarak yeterliliği kanıtlanmıştır. Hem ısı kaybının meydana geldiği alanın küçülmesi ile hem de absorbe edilen ışınım miktarının artması ile daha yüksek sıcaklıklara ulaşabilmektedir [14]. Parabolik oluk tipi kollektörler, güneş enerjisi uygulamalarından çizgisel odaklama yapabilen orta (100–350 °C ) ve yüksek (>350 °C) sıcaklık grubunda yer alan yoğunlaştırıcı sistemlerdir [7, 15, 16].

Bu çalışmada, ısıl güneş enerjisinden verimli faydalanmak için; çift parabolik oluktan oluşan, 90 cm ağız açıklığı ve 83° kenar açısına (Qr) sahip parabolik güneş kollektörü tasarlanıp imal edilmiştir. Kollektörün, tasarımı ve imalatında ekonomiklik, kollektör malzemelerinin kolay temin edilmesi, imalat imkânları gibi temel parametreler göz önüne alınmıştır. Tasarlanan sistemin prototipi Tarsus Teknik Eğitim Fakültesi atölyesinde gerçekleştirilmiş ve ısıl performansı deneysel olarak incelenmiştir.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI

### 2.1. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Yılmaz [17], parabolik yansıtıcı kollektör imal edip incelemiŐtir. Yapılan çalışmada cihazın parabol eksenini boyunca odaklanmasının verimli olacağı, parabol yüzeyi ağız geniŐliđi ve parabol eksenini ayarlanarak yoğunlaŐma faktörü oranının artırılabilceği, ağız geniŐliđi daraltılırsa borular arası mesafenin küçölüp boru sayısının ise artırılabilceği böylelikle yutucu yüzey alanının artırılmıŐ olacağı, yansıtıcı yüzeydeki bozuklukların sistemi olumsuz etkileyeceği, alüminyum folyo yerine metal sac ya da ayna kullanımının yansıtma oranını artırabilceği ortaya konulmuştur.

Taktakoğlu [18], vakumlu güneş kollektörünün verimi ile ilgili bir inceleme yaparak; vakum sayesinde ısıl kayıpların minimuma indirgeendiği hesaplanmış, rüzgâr hızına ve sıcaklığa bağlı olarak verimi deđerlendirmiŐtir.

Nostell vd. [19], güneş yansıtıcı malzemelerin yaŐlanmasını incelemiş; çıplak alüminyum yüzey çabuk bozulurken, paslanmaz çeliğin düşük yansıtma ile dayanıklı bir yüzeye sahip olduğunu, geleneksel olarak anotlanmıŐ alüminyum plaka yavaŐ yavaŐ bozulmuŐ ama 5 yıl sonra da düşük yansıtma gerçekteŐirmiŐir. PVF2 kaplı alüminyum ve PVF2 kaplı anotlanmıŐ alüminyum kabul edilebilir uzun vadede istikrar göstermiŐ, yüzeyin yansıtıcı bileŐenini azaltan ciladan önce kimyasal aŐındırma yapın ve temizlemek modifikasyon öncesi yansıtıcılığı artıracadı belirlenmiştir. Çalışma sonunda yüksek parlaklığın uzun zaman sabit kalabilmesi için 3M 5400 alüminyum folyo, foto- termal uygulamalar için uygun maliyetli A PVF2 lake alüminyum yüzey önerilmiştir.

Rönnelid ve Karlsson [20], güneş kollektörü üzerindeki radyasyon etkisini artırmak için kollektörün önünde güçlendirici reflektör sistemi kurmuŐlar; v oluklu reflektörlerden farklı olarak reflektör sistemi ile kuvvetlendirilmıŐ kollektörün yıllık optik performans hesaplayan bir ışın izleme programı gerçekteŐirmiŐler. Çalışmada ışın izleme hesaplamaları tek v şekilli reflektörün karakteristik yansımalarının

ölçümleri ile karşılaştırılmış, düz güçlendirici reflektörler yerine dik oluklu güçlendiricili yansıtıcılarla radyasyon miktarı artırılacağı ortaya konulmuştur.

Mwamburi ve Wackelgardi [21], alüminyum üzerine kalay oksit katkılı kaplamalı selektif reflektör yüzeyleri üzerine deneysel bir çalışma yaparak; alüminyum üzerine pyrolycallye yatırılan florin katkılı kalay oksit katmanının iyi bir seçicilik sunduğunu ve iyi bir spektral olduğunu ortaya koymuşlardır.

Cao ve Hu [22], güneş enerjisi uygulamalarında seçici yüzey için, metal üzerine emici film tabakalarını araştırmışlar; absorber yüzeyin optik gereksinimlerini irdelemişler, metal üzerine emici plaka için film tabakası ve karmaşık kırılma indisinin sıfır yansıma koşulları elde edilmişlerdir. Metal üzerinde film tabaka ne kadar ince olursa o kadar mükemmel uyum olacağı sonucuna varmışlardır.

Ekechukwu ve Ugwuoke [23], düz reflektörler ile desteklenen kutu tipi güneş fırınının performansında iyileştirmeler sağlanmıştır. Pişirme fırınları küçük modifikasyonlarla kurutucu haline getirilebileceği yapılan çalışmada görülmüştür. Kullanılan sistem düz alüminyum alıcılar ve çift camlı kapağa sahiptir. Fırın cam yünü ile izole edilmiştir. Düz reflektör kullanılarak ulaşılan sıcaklık 119 C dan 138 C olmuştur ayrıca reflektör kullanımı ile 1 kg suyun kaynama süresi 70 dakikadan 60 dakikaya düşürülmüştür.

Konttinen vd. [24], seçici güneş yutucu yüzeylerin mekanik imalatı üzerine yaptıkları çalışmada; mekanik yöntemlerle üretilen seçici bir yüzey ve temel karakterizasyonu için imalat işlemlerinin geliştirilmesini açıklamışlardır. Ağırlıklı olarak  $Al_2O_3$ 'dan oluşan, sadece taşlama işleminde yüzeyinde karbon emdirilen yüzeylerin mikro yapılarını elektron mikroskobu ile analiz ederek mekanik yöntemlerle üretilen emici yüzeylere sahip güneş kollektörlerinde tatmin edici sonuçlara ulaşmışlardır. Geliştirilen yüzey son aşamada 0.90 emiciliğe ve 0.25 emitansa ulaşmıştır.

Kalogiriou [7], termal güneş kolektörleri ve çeşitli uygulamaları hakkında araştırma sunduğu çalışmasında; öncelikle geleneksel kaynakların kullanımı ile ilgili çevresel sorunların bir analizi verilmiş ve yenilenebilir enerji sistemleri tarafından sunulan faydalar özetlenmiştir. Bu çalışma tipik uygulamaların geniş bir alanda uygulanabilir olduğunu ve kullanımının yaygınlaşması açısından önemini vurgular. Ayrıca termal uygulamalar içerisinde parabolik oluk kolektörlerin yapısı hakkında açıklayıcı bilgiler sunmaktadır.

Tripanagnostopoulos ve Souliotis [25], asimetric CPC reflektörlü Entegre güneş kolektörü depolama sistemleri oluşturmuş, deneysel modeller ile testler gerçekleştirmişlerdir. Entegre kolektör depolama sistemleri ile tek yatay silindirik depo tankları ve asimetric kesilmiş sabit CPC reflektörleri tasarlanmış, imal ve test edilmiştir. ICS sistemi ile simetric CPC reflektör ve düz plaka termosifonik bir ünite ile karşılaştırılmış. Sonuçlara göre asimetric CPC reflektörlerin kullanımı simetric CPC reflektör sistemlerine göre gece boyunca daha iyi su ısı korumada katkı sağladığı, ayrıca alüminyum folyo kaplı simetric CPC reflektörler ile ICS sistemi hemen hemen FPTU ile aynı günlük verimliliğe sahip olduğu ortaya konulmuştur.

Hoshi vd. [26], yoğunlaştırılmalı güneş enerjisi teknolojisinde, yüksek erime noktasında malzemelerin faz değişimi incelemiş; büyük ölçekli güneş termik elektrik santrallerinde kullanılmak üzere yüksek erime noktası, faz değişim malzemelerinin uygunluğu araştırılmıştır. Çeşitli yüksek erime noktası, iletkenliği yüksek malzemelerin için uygun ve avantajlı olduğu gösterilmiştir.

Atıcı [27], değişik yüzey profillerine sahip güneş kolektörlerinde ısı transferi ve basınç kayıplarının deneysel olarak hesaplanması üzerine bir çalışma yapmıştır. Tasarlanan üç farklı tip yüzey profili olan düz, oluklu ve trapez yüzey kolektöre ayrı ayrı yerleştirerek havanın akım yolu artırılarak bunun kolektör verimi üzerindeki etkisi araştırılmış, elde edilen sonuçlara göre; oluklu profilin hem basınç kaybı yönünden hem de kolektör verimi yönünden en elverişli profili meydana getirdiğini vurgulamıştır. Deneyler hava akımının tek geçişi için yapılmış; trapez yüzey profilin keskin köşelerinde basınç kayıplarını artırmakta olduğu ve

köşelerde ölü hacimler oluşturduğu gözlenmiştir. Keskin köşeler nedeni ile basınç kayıpları artmış ölü hacimler nedeniyle ısı transferinde oluklu yüzeye göre de düşüşler meydana getirmiştir. Fakat düz yüzeye göre de akım yolunu uzattığı için ısı transferinde artışlar meydana getirmiştir.

Demirpolat [28], çalışmasında parabol eğrisinin yapılmasında oluşan hatalar yoğunlaştırma oranlarını ve aktarılan ısı miktarını olumsuz etkilediğini, istenilen parabol eğrisine birebir uygun eğriler üretilmesinin verimi doğrudan etkileyeceğini vurgulamıştır. Vakum borulu parabolik oluk tip güneş toplayıcıları direkt güneş ışınımından faydalanmaktadır. Uygulamada odaklama el ile kontrol edilmiş, otomasyon kullanılmadığından odaklamadan kaynaklı kayıplar yaşanmıştır. Hassas bir güneş takip mekanizması kullanılması durumunda verim artacağı önerilmiştir. İki ucu açık vakum boru kullanılarak veya dolaşım ve değişken debi kontrolü ile ısı transfer miktarları artırılabilir, parabol yüzeyinin kaplamasında kullanılan krom yansıtıcı malzeme yerine, daha yüksek yansıtıcılık özelliği olan, ısıl genleşmeleri daha az, özel malzemeler kullanılması halinde verimin artabileceği ortaya konmuştur.

Üçgül vd. [29], parabolik kollektörlerin optik, enerjetik ve eksertejik verimliliklerinin analizini gerçekleştirmiş; parabolik oluk tipi yansıtıcının geometrisi ile yansıtıcı yüzeye gelen radyasyonun özellikleri inceleyerek, alıcıda toplanan toplam enerjiyi hesaplamışlardır. Tüm parabolik oluk tipi kollektörlere uygulanabilecek olan alıcı yüzeye gelen toplam enerji miktarının formülasyonunu açıklamışlardır.

Üçgül vd. [30], çalışmasında alıcı sistemler için malzeme seçiminde, genellikle süper alaşımların tercih sebebi olduğu, bu malzemelerin 1100 °C'ye kadar emniyetle kullanılabilecekleri tespit etmiştir. Konstrüktif özelliklere ve tasarım esasları göz önünde bulundurularak, yüksek sıcaklıklı güneş enerjisi alıcı sistemlerinde sıcağa dayanıklı ostenitik çeliklerin de 700 °C' ye kadar kullanım sıcaklıklarında tercih edilebileceği görülmektedir.

Berger vd. [31], ince-film güneş hücreleri için arka yüzeyindeki yansıtıcı olarak ticari beyaz boyayı incelemişlerdir. TiO<sub>2</sub> parçacıklar ekleyerek beyaz boyanın alüminyum, hava, saydam iletken oksit / alüminyum yığınının daha iyi bir arka yüzey yansıtıcısı olduğunu deneysel olarak göstermişlerdir. Bu çalışmaya göre 2 mm'den daha az bir silikon film kalınlığı ile, ince film C-Si güneş pillerinde pigmentli malzemeler ışık yakalayıcı için mükemmel bir seçenektir.

Arasu ve Sornakumar [32], Yapılan çalışmada 90 derece ağız açıklığı olan fiberglas takviyeli parabolik oluk 34 m / s ile bir üfleme rüzgâr tarafından tatbik edilen kuvvet ile karşılık gelen bir yük altında test etmiştir. Yeni geliştirilen fiberglas takviyeli parabolik toplayıcı ısıl performansı ASHRAE Standard 93 (1986) 'e göre belirlenmiştir. Ayarlaması elle yapılan kollektörlerin her boyut için düşük maliyetli üretiminin yapılabileceği ortaya konmuştur.

Kartal [33], noktasal odaklı iç bükey yoğunlaştırıcı güneş kollektörlerinde endüstriyel proses ısının üretildiği odak noktasının sıcaklığı, çizgisel odaklamalı kollektörlere kıyasla çok daha yüksektir. Noktasal odaklı güneş kollektörlerinin özgül yatırım maliyetleri çizgisel odaklamalıları oranla çok daha yüksek olduğu, güneş ışınlarını odaklayan sistemlerin optik verimi parabolik yansıtıcı yüzeyin biçimlendirilmesine, pürüzlülük durumuna, emici borunun konumuna gibi tasarımsal faktörlerin yanı sıra; yüzey kirliliği, yüzey bozunumu, ısıl deformasyon işletme etkilerine de bağlı olduğu ortaya konulmuştur.

Öz vd. [34], deneyler esnasında vakum tüplü kollektör ve cam kasalı kollektörler güneş radyasyonuna hemen cevap verirken, ahşap kasalı kollektör ataletle uğradığını, aynı zamanda, cam kasalı kollektör ortam sıcaklığından hemen etkilenirken ahşap kasalı kollektör gecikmeye uğradığını belirlemiştir. Dolayısıyla cam kasalı kollektör hemen ısınır hemen soğurken, ahşap kasalı kollektör geç ısınır geç soğumuştur. Vakum tüplü kollektör ise oluşturulan vakumdan dolayı ortam sıcaklığına bağlı olarak ısı kaybına uğramamıştır.

Krüger vd. [35], Akdeniz ülkeleri için kendine yeten yenilenebilir enerji hava iyileştirme projesi çerçevesi içinde So literm PTC 1800 isimli dört tane parabolik yoğunlaştırıcı test etmişlerdir. Özellikle 150-190 °C arasındaki sistemin verimlilikleriyle ilgilenmişlerdir. Test sonuçlarında iç sıcaklığın dalgalanmasını +/- 0,1 K, iç sıcaklık ile dış sıcaklık arasındaki farkın 0,05 K'den daha az olduğunu görmüşlerdir. Sistemlerinde ısıl kayıplar az olmasına karşın optik kayıpların fazla olduğunu fark etmişlerdir.

Fadar vd. [36], parabolik yoğunlaştırıcı ve paslanmaz bir çelik ısı borusuyla birleşmiş yeni bir emici güneş soğutma sistemini etkinleştirilmiş karbonamonyak çiftliyle incelenmişlerdir. Sistemin termodinamik bir modelini oluşturarak simülasyonunu yapmışlardır. 0 °C buharlaşma sıcaklığı, 28 °C yoğuşma sıcaklığı ve 24 °C emme sıcaklığında kollektör açıklığı 0,7 m, emici yatak dış radiusü 0,145 m, reaktör uzunluğu 0,5 m işletme şartlarında güneş performans katsayısını 0,18 bulmuşlar ve her kollektör açıklığı için optimum bir emici yatak radiusü olduğunu görmüşlerdir.

Delamora vd. [37], tarafından güneş toplama sistemlerinde ikincil reflektör gibi kullanılan gözenekli silikonik foton aynaların verimliliği rapor edilmiştir. Silikonik foton aynalar yüksek radyasyona maruz bırakılmış, termal bozulmasını önlemek için sıcaklık kontrolü kullanarak güneş toplama cihazları için seçici ikincil ayna olarak silikonik foton aynaların kullanımını önermişlerdir.

Çetiner vd. [38], ikiz silindirik oluk tipli güneş enerjisi yoğunlaştırıcısında kızgın su üretiminin deneysel ve teorik incelemesini yaparak; saat 9:00 ile 17:00 saatleri arasında gerçekleştirdikleri deneylerde değişik debi ve basınçlarda 110–120 °C sıcaklıklarında kızgın su üretmişlerdir. Sistem verimini 0,30 ile 0,38 aralığında değiştiğini gözlemlemişlerdir.

Mekhilef vd. [39], güneş enerjisinin endüstride kullanımını araştırmışlar; güneş enerjisi uygulamalarından bahsederek endüstriyel prosesler için güneş enerjisi sınıflandırmasını sunmuşlardır. 2050 yılına kadar güneş panel tesislerinin dünya

enerji talebinin % 45'lere kadar sağlayabileceğini vurgulamışlardır. Ayrıca endüstriyel sistemlerde güneş enerjisi entegrasyonundan bahsetmişlerdir.

Solangi vd. [40], hemen hemen tüm ülkelerin elektrik üretimi için güneş enerjisi adına kendilerine özgü politikaları olduğunu ve bu politikaların teşvik edilmesi önemli bir motivasyon sağlayarak yenilenebilir enerji kullanımı ve kalkınmaya ilgi çektiğini ortaya koymuştur.

Pinel vd [41], evsel uygulamalar için güneş enerjisinin mevsimlik depolanmasının uygunluğunu araştırarak; kimyasal ve gizli depolama sistemlerinin malzeme belirlenmesi için ayrıntılı simülasyon teknikleri geliştirilmesini, duyulur sistemler için, toprak tabanlı sistemin simülasyon tekniklerinin iyileştirilmesinin önemine dikkat çekmişlerdir.

Saidur vd. [10], ekserji analizinin çeşitli çalışmalar için farklı türden güneş enerjisi uygulamalarına görüş sağladığını savunarak bu çalışmalarında çeşitli güneş enerjisi sistemlerinin ekserji analizi üzerine kapsamlı bir literatür çalışması yapmışlardır. Sonuç olarak sistemlerin ısı verimlilikleri ve ekserji verimliliklerini karşılaştırarak ısı termal veriminin istenilen sistemi seçmek için yeterli olmadığını ve güneş sistemlerinin verimliliğinin günlük radyasyona ve radyasyon şiddetine yüksek oranda bağlı olduğunu bulmuşlardır.

Huang vd. [42], çalışmalarında güneş yoğunlaştırıcı optik verimini hesaplamak için yeni bir analitik yöntem sunmuştur. Yansıtıcının her noktasının optik verimliliğinin hesaplamak için yansıtılan noktadan etkili bir ışık dağılımı esas alınmaktadır. Yoğunlaştırıcı güneş enerjisi sisteminin optik verimliliğinin alıcı emiliminden, alıcı vakum tüpü ve aynanın yansıtıcılığının yanı sıra optik parametre ve optik hatadan etkilendiği gözlemlenmiştir.

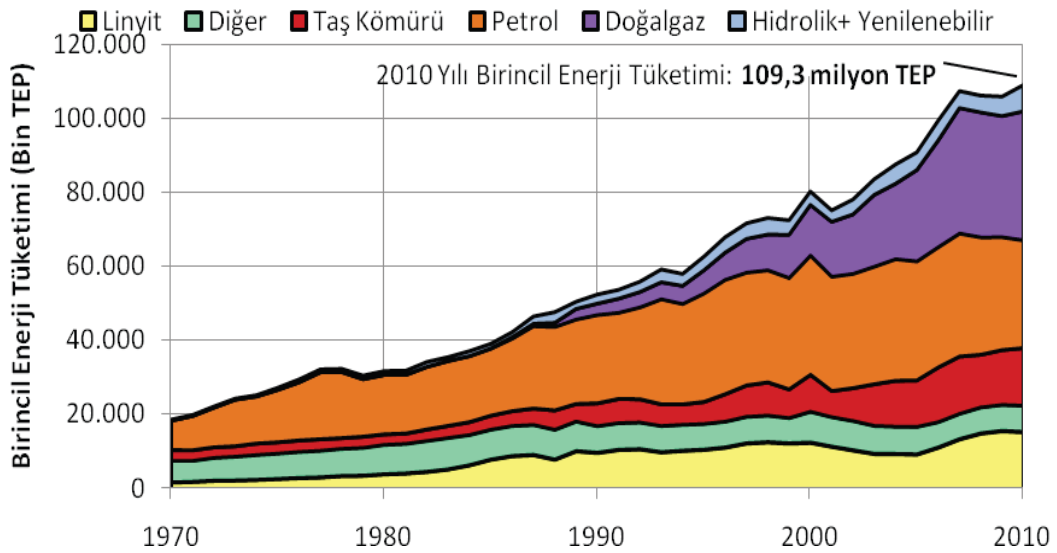
Kalogirou [43], çalışmasında parabolik oluk kollektör alıcısı için kullanılabilir bir analiz sunmaktadır. Model, kollektör performansının analizini gerçekleştirmek için kullanılmakta ve ısı transferinin tüm durumlarını dikkate alarak



çalışmaktadır. Modelin performansı son derece tatmin edici sonuçlar verdiği bu yazıda ortaya konmuştur.

## 2.2. TÜRKİYE’DE ENERJİ DURUMU

Türkiye’de birincil enerji tüketiminin kaynaklar bazında son yıllardaki gelişimi Şekil 2.1’de görülmektedir. 1970’li yıllarda birincil enerji talebindeki payı %50’ye ulaşan petrol, günümüzde de %26,7’lik önemli bir paya sahiptir. 1990 yılında 3,1 milyon TEP olan doğal gaz talebi son yirmi yılda 11 kat artmış, 2010 yılında 34,9 milyon TEP’e ulaşmıştır [9].



Şekil 2. 19. Türkiye birincil enerji tüketiminin kaynaklar bazında gelişimi (1970–2010) [9]

Türkiye’de bugüne kadar enerji açığını kapatmak için tek çare yeni enerji yatırımları olarak görülmüş, özellikle son 20–25 yılda yeni yatırım denince de ithal kaynaklara ve fosil yakıtlara (petrol, doğal gaz, ithal kömür vb) başvurulmuştur. Bu durum dışa bağımlılığımızı artmıştır. Hâlbuki üretim, iletim/dağıtım ve kullanımdaki kayıplar azaltılarak, ilave bir enerji kaynağına ihtiyaç duyulmadan, kısa dönemde oluşacak talebin büyük bir bölümü karşılanabilir. Son yıllarda gündemde olan yenilenebilir enerji kaynakları, her ne kadar temiz enerji olsa da (özellikle rüzgâr ve güneş) büyük ölçüde ithal malzemeye dayalı olarak dışa bağımlılığı arttırmaktadır. Yerli kaynakların bu sektörlerde kullanılabilir duruma gelmesi, oldukça fazla önem

teşkil etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının bu yönü dikkate alındığında, enerji açığının öncelikle yerli ve bedava enerji olan enerji verimliliği ile karşılanması önem kazanmaktadır [9].

### 2.3. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Yenilenebilir enerji kaynaklarını, güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, biyokütle enerjisi, hidrojen enerjisi ve hidrolik enerji, jeotermal enerji olmak üzere sınıflandırabiliriz. Yenilenebilir enerji kaynakları, güneşten gelen enerjinin doğrudan ya da dolaylı olarak kullanımı sonucu elde edilmektedirler. Yenilenebilir enerji kaynakları, miktarları sınırlı olmadığı için, çevreye daha az zarar verdiği ve güvenli olması sebebiyle fosil yakıtlardan daha avantajlıdır. Alternatif enerji kaynaklarının kurulum aşamasında ihtiyaç duyulan yüksek sermaye yatırımları, bu enerji kaynaklarının önündeki en önemli engeldir ancak yenilenebilir enerji kaynaklarının başlangıç yatırımları, diğer kaynaklara göre pahalı olsa da uzun vadede ulusal ekonomi açısından kazanç sağlayan kaynaklardır. İlk adım maliyetleri devlet desteği ile azaltılabilir. Diğer yandan, yerli ve yabancı yatırımcılar için destekleyici ve cazip imkânlar sunan teşvikler zaman içerisinde ülke çıkarlarını koruyan, değişen koşullara uyum sağlayıcı nitelikte olabilir [44].

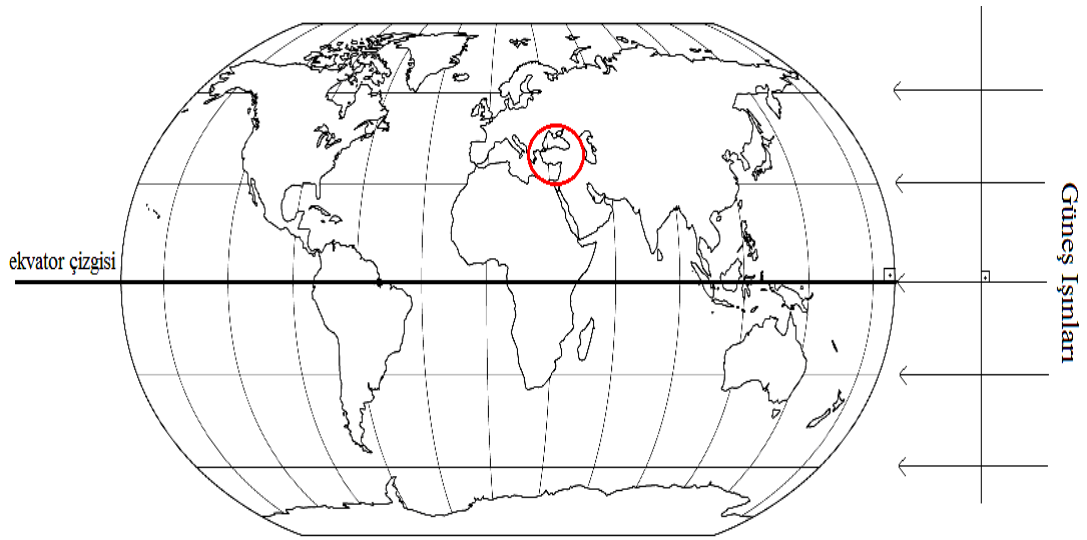
Diğer bir taraftan; atmosferdeki sera gazı birikimi sonucunda küresel iklim değişikliği artarken, bu durum yenilenebilir enerji teknolojilerine olan ilginin artması ile sonuçlanacaktır. Dünyada CO<sub>2</sub> vergisinin uygulanması ile de muhtemelen parabolik oluk teknolojisinin pazarda yayılması hızlanacaktır [45, 46].

### 2.4. GÜNEŞ ENERJİSİ

Dünyanın en önemli enerji kaynağı güneş, yer ve atmosfer sistemindeki fiziksel oluşumları etkileyen başlıca enerji kaynağıdır. Bilinen yenilenebilir enerji kaynaklarının çoğu araştırılmış ve sonuç olarak güneş enerjisinin, yenilenebilir enerjiler içerisinde en pratik düzeyde olduğu ve en fazla enerjiyi sağladığı sonucuna ulaşılmıştır [47].

Güneş enerjisinden en fazla faydalanan dünya ülkeleri sıralamasına baktığımızda; ilk sıralarda yer alan ülkelere Almanya 24.800 MW, İtalya 12.750 MW, Japonya 4.700 MW kurulu güce sahiptir; Türkiye’de ise 2012 itibariyle solar panellerden üretilen elektrik sadece 7MW’tır[48]. Türkiye’nin güneş enerjisi potansiyeline baktığımızda ise; güneş enerjisinden faydalanmak için iyi bir konumda olduğunu görürüz. Bunun en önemli sebebi coğrafi konumu nedeni ile ekvatora yakınlığıdır (Şekil2.2). Bu sayede güneş ışınlarını dik almaktadır ve uzun güneşlenme süresine sahiptir (Çizelge2.1).

Bu durum göstermektedir ki; Türkiye kurulu gücünü arttırdığı takdirde, coğrafi konumu dolayısıyla, söz konusu ülkelere daha fazla güneş enerjisinden faydalanabilecektir [47].



Şekil 2.20. Türkiye'nin ekvatora yakınlığı

Çizelge 2.1. Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı [49].

| <b><u>Bölge</u></b> | <b><u>Toplam Güneş Enerjisi</u></b><br><b>(kWh/m<sup>2</sup>-yıl)</b> | <b><u>Güneşlenme Süresi</u></b><br><b>(Saat/yıl)</b> |
|---------------------|---|--|
| G.Doğu Anadolu      | 1460  | 2993   |
| Akdeniz             | 1390  | 2956   |
| Doğu Anadolu        | 1365  | 2664   |
| İç Anadolu          | 1314  | 2628   |
| Ege                 | 1304  | 2738   |
| Marmara             | 1168  | 2409   |
| Karadeniz           | 1120  | 1971   |

#### 2.4.1. Güneş Enerjisinin Avantajları

- Güneş enerjisi tükenmeyen bir enerji kaynağıdır.
- CO<sub>2</sub> artışına bağlı olarak sera gazı etkisi ve küresel ısınmaya neden olmaz.
- Güneş, tüm dünya ülkelerinin yararlanabileceği bir enerji kaynağıdır. Bu sayede ülkelerin enerji açısından bağımlılıkları ortadan kalkacaktır.
- Son kullanıcıların yakınına kuruldukları için iletim ve dağıtım cihaz gereksinimi azalır ve yerel elektrik hizmetinin güvenilirliği artar.
- Güneşi az veya çok gören yerlerde verim farkı olmakla birlikte, dağların tepelerinde vadiler ya da ovalarda da bu enerjiden yararlanmak mümkündür.
- Modülerdir, taşınabilir. İhtiyaç halinde sisteme ilaveler yapılabilir.
- Lokal çözümlerde bakır kablo kullanımı engellenir, enerji kayıpları en aza indirilir.
- İşletme ve bakım maliyetleri diğer sistemlere göre yok denecek kadar azdır.
- Aydınlatma ve haberleşme sistemleri başta olmak üzere her alanda kullanılabilir.

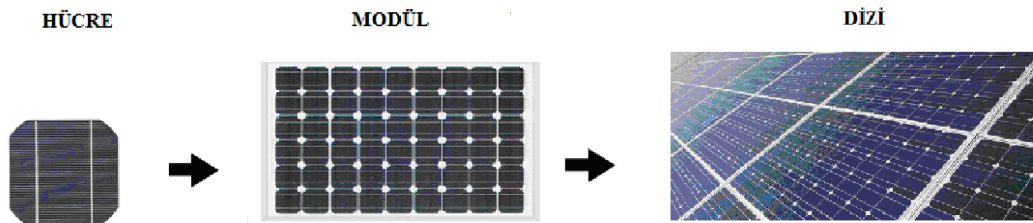
#### 2.4.2. Güneş Enerjisinin Dezavantajları

- Güneş enerjisinin yoğunluğu azdır ve sürekli değildir. İstenilen anda istenilen yoğunlukta bulunamayabilir.
- Güneş enerjisinden yararlanmak için yapılması gereken düzeneklerin yatırım giderleri bugünkü teknolojik aşamada yüksektir.
- Güneşten gelen enerji miktarı bizim isteğimize bağlı değildir ve kontrol edilemez.
- Birçok kullanım alanının, enerji arzı ile talebi arasında zaman zaman fark oluşmaktadır. Güneş enerjisinden elde edilen ışıının talebinin yoğun olduğu zamanlarda kullanılmak üzere depolanmasını gerektirir. Enerji depolaması ise birçok sorun yaratmaktadır.

#### 2.5. GÜNEŞ ENERJİSİNDEN FAYDALANMA ŞEKİLLERİ

Güneş enerjisinden ısı, ışık ve elektrik enerjisi üretiminde faydalanılmaktadır. Güneş enerjisi teknolojileri yöntem, malzeme ve teknolojik düzey açısından çok çeşitlilik göstermekle birlikte iki ana gruba ayrılabilir: Fotovoltaik güneş teknolojisi, fotovoltaik hücreler denen yarı-iletken malzemeler güneş ışığını doğrudan elektriğe çevirirler; ısıl güneş teknolojileri, güneş enerjisinden öncelikli olarak ısı elde ederler. Bu ısı doğrudan kullanılabilen gibi elektrik üretiminde de kullanılabilir [50].

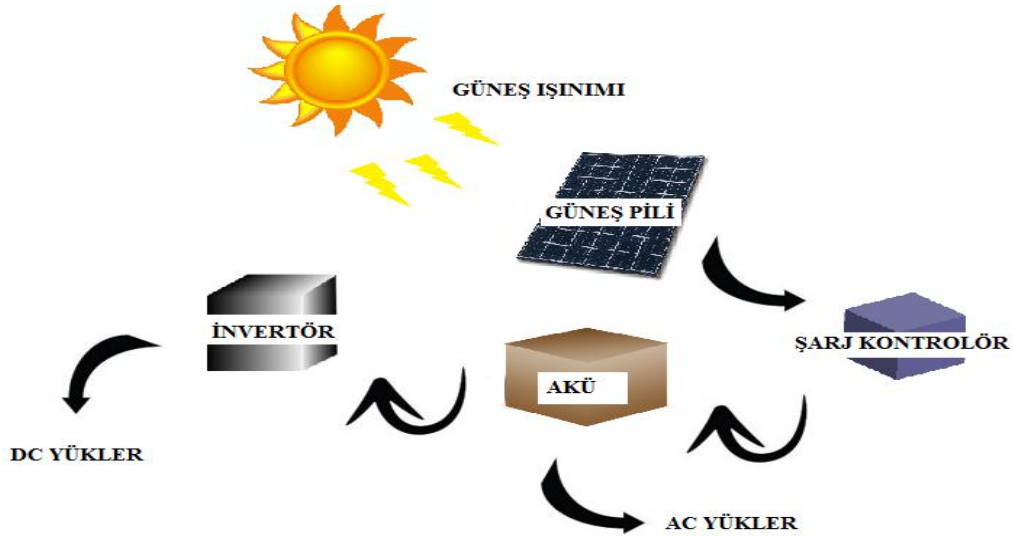
##### 2.5.1. Fotovoltaik Yöntemler



Şekil 2.21. Güneş pili

Yüzeylerine gelen güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürme kabiliyetinde, yarı iletken maddelere “fotovoltaik piller” veya “güneş pilleri” adı

verilir. Güneş pilleri fotovoltaik ilkeye dayalı olarak çalışırlar, yani üzerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Pillerin ürettiği elektrik enerjisinin kaynağı, yüzeyine gelen güneş enerjisidir. Güneş pilleri tükenmeyen enerji kaynağı olan güneşten, çevreye zarar vermeden elektrik üretirler. Güç çıkışını artırmak amacıyla çok sayıda güneş pili birbirine seri yada paralel bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilir (Şekil 2.3), bu yapıya güneş pili modülü ya da fotovoltaik modül adı verilir [51].



Şekil 2.22. AC ve DC akımın eldesi

Şehir şebekesinde alternatif akım (AC) bulunur. Güneş pilleri tarafından üretilen enerji ise doğru akımdır. Şekil 2.4’de gösterildiği gibi inverter (çevirici)’in görevi doğru akımı (DC) alternatif akıma çevirmektir. İnverter solar panelden gelen enerjinin küçük bir bölümünü kendini şarj etmek için kullanır. Böylece kendi kendine pili azaldığı zaman şarj olur ve kullanım açısından büyük bir kolaylık sağlar. İnverterler iki temel başlık altında incelenebilir. 1) Şehir şebekesine bağlı solar sistemler için senkronize inverterler; bu inverterler solar panellerden aldıkları enerjiyi evin şehir şebekesinden gelen dağıtım kutusuna iletirler. Böylece bu enerji normal olarak ev içinde kullanılabilir. Yeterli enerji üretilmediğinde şebekeden satın alır, aynı zamanda üretilen fazla enerjinin şehir şebekesine satılmasını da sağlar. Kanunlara göre üretilen enerji kadar para elektrik masraflarından düşülür. Böyle bir sistemde enerji depolamasına gerek yoktur. Üretilen DC gerilimin AC’ye çevrilmesi ve şebeke ile uyumlu olması yeterlidir. 2) Şehir şebekesine bağlı olmayan solar

sistemler için bağımsız inverterler; şehir şebekesinin olmadığı veya şehir şebekesinin kullanılmak istenmediği durumlarda güneş panellerinden alınan enerjiyi doğrudan evdeki prizlere ileten inverter çeşididir. Güneşin yetersiz olduğu zamanlarda; özellikle gece süresince kullanılmak üzere sistemde akü bulundurulur. Üretilen enerji aküde depolanır. Gerekli olan enerji aküden kullanılır. Akünün şarj-deşarj durumlarından zarar görmesini engellemek için sistemde iki taraflı akımı dengeleyen regülatör bulunur. Şebeke uyumuna gerek duyulan bu sistemlerde inverter de bulunur. İklimlendirme ve soğutma sistemleri için gereken elektrik ihtiyacı sağlandıktan sonra direkt sisteme bağlantı yapılarak kullanılmaktadırlar [51].

Güneş enerjisine dayalı elektrik üretimi son beş yılda artan bir hızla gelişmektedir. Güneş enerjisi fotovoltaik kurulu gücü 2010 yılında 17 GW artarak dünya genelinde 40 GW'a ulaşmıştır. Güneş enerjisi fotovoltaik kurulu gücünün %44'üne Almanya sahiptir (17,3 GW). Almanya'yı İspanya (3,8 GW), Japonya (3,6 GW) ve İtalya (3,5 GW) izlemektedir [9].

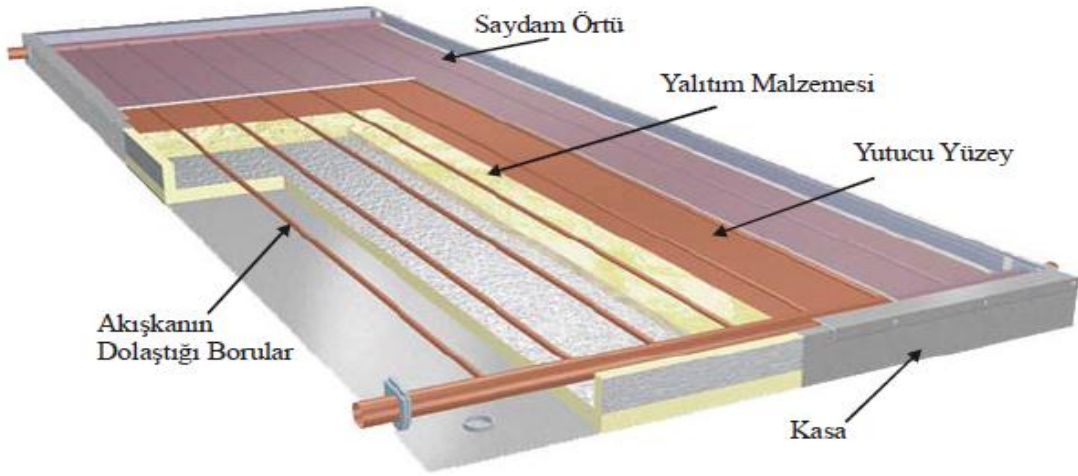
### 2.5.2. Isıl Yöntemler

Isıl güneş sistemlerinde amaç; öncelikle ısı elde etmektir. Bu ısı doğrudan kullanılabilceği gibi gereken dönüştürücüler ile elektrik üretiminde de kullanılabilir. Kollektörler yani güneş enerjisini toplamaya yarayan yüzeyler vasıtası ile elde edilen sıcaklıkları düşük, orta ve yüksek olarak sınıflandıracak olursak, gerçekleştirilmiş uygulamaların bazıları şu şekilde olacaktır;

- Düşük sıcaklık uygulamaları ( $20 < T < 100$  °C); düzlemsel güneş kollektörleri, vakumlu güneş kollektörleri, güneş havuzları, güneş bacaları, ürün kurutma ve seralar, güneş ocakları ve fırınları, sera ısıtması.
- Orta sıcaklık uygulamaları ( $100 < T < 300$  °C); vakumlu güneş kollektörleri, parabolik oluk kollektörler.
- Yüksek sıcaklık uygulamaları ( $T > 300$  °C); parabolik oluk kollektörler, parabolik çanak kollektörler, merkezi alıcı sistemler.

### 2.5.2.1. Düzlemsel kollektörler

Düşük sıcaklık uygulamasında en çok kullanılan sistem düz kollektörlerdir. Sistemin çalışma prensibi güneş enerjisinin su, hava veya herhangi bir akışkana iletilmesidir. Düzlemsel kollektörün üzerine camdan geçen güneş ısınımı düşer, kollektörün yutucu yüzeyi tarafından yutulan ısı enerjisi yutucu yüzey sıcaklığını artırır. Yutucu yüzeyin sıcaklığının artması sebebiyle bünyesinde ısı depolanır ve malzeme bünyesinde kondüksiyonla ısı iletimi meydana gelir. Sonuç olarak yutucu yüzeye ulaşan ısı enerjisi, ısı taşıyıcı akışkana aktarılmış olur. Düzlemsel güneş kollektörleri genel olarak; saydam örtü, güneş ışınımını toplayan yutucu yüzey, yüzeye bulunan taşıyıcı borular, yalıtım malzemesi ve gövdeden oluşur. Sistemin en önemli parçası güneş ışınlarını ısı enerjisine dönüştüren ve bu ısıyı akışkana aktaran yutucu yüzeydir (Şekil 2.4) [52].



Şekil 2.23. Düzlemsel güneş kollektörü [52]

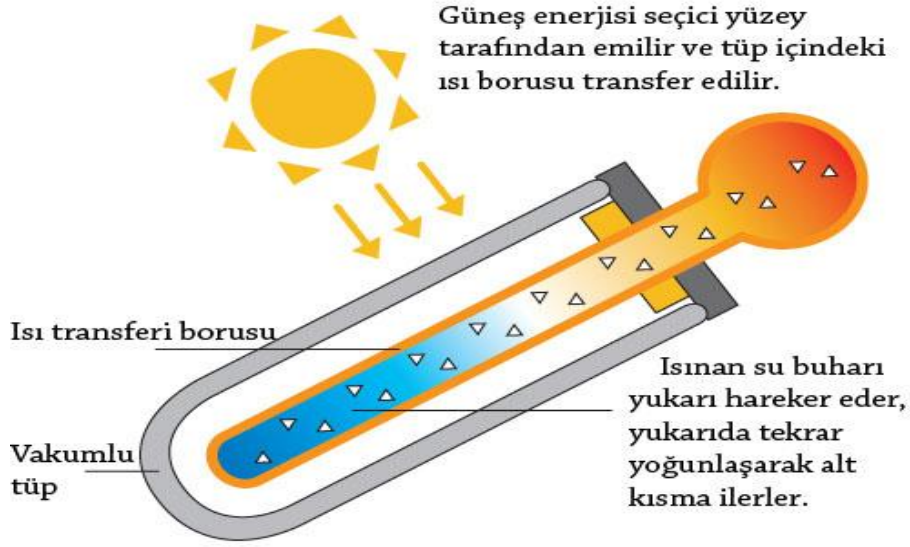
Düzlemsel kollektörler, güneş ışınımını ısı enerjisine dönüştüren en basit ve en yaygın olarak kullanılan araçlardan birisidir. Toplayıcı verimi; yutucu yüzey kaplamasına, geometrisine ve yüzey için seçilen malzemenin özelliğine bağlı olarak değişir. Yutucu yüzeyin üzeri selektif malzemeyle kaplanarak toplayıcı veriminde önemli artışlar sağlanmaktadır. Yutucu yüzey kaplamalarının başlıca görevi güneş



ışınımını mümkün olduğu kadar yutması ve ısıya dönüştürmesidir. Selektif malzemeyle kaplamanın temel amacı, kısa dalga boylu ışınımın tamamına yakın kısmının yutulması buna karşılık uzun dalga boylu ışınım yayıcılığının en aza indirilmesidir. Böylece plaka sıcaklığı daha da yükseltilerek akışkana aktarılan ısı arttırılmış olur. Genellikle bu sistemin çalışma sıcaklıkları 70-100 °C arasındadır. En çok kullanıldığı alanlar otellerin ve konutların ısıtılması ve sıcak su teminidir [52].

#### 2.5.2.2. Vakumlu güneş kolektörleri

Çalışma sıcaklıkları 100°C civarında olan bu sistemler, eş eksenli iç içe bulunan iki tüpten oluşmaktadır. Vakum tüplü kolektörler iç içe geçmiş iki cam borunun arasındaki havanın vakumlanmasıyla elde edilir. Dıştaki cam boru güneşten gelen ışınları toplayarak içteki boruya iletmekte içteki boru ise yüzeyinin selektif bir malzemeyle kaplı olmasından dolayı ışınların büyük çoğunluğunu absorbe ederek akışkanı ısıtmaktadır. Borular arası vakumlu olduğundan borular arasında iletimle, kolektör dışında taşınma, kaplama malzemesinden dolayı ise ışınımla olan ısı kayıpları yok denecek kadar azdır. Isınan akışkanın yer değiştirmesi prensibiyle, ısınan akışkan depoya doğru hareket eder. Bunun yerini ise depodaki soğuk su kaplar. Dıştaki boru silindirik olmasından dolayı güneşi tüm açılardan 90° olarak alır (Şekil 2.6) [34].



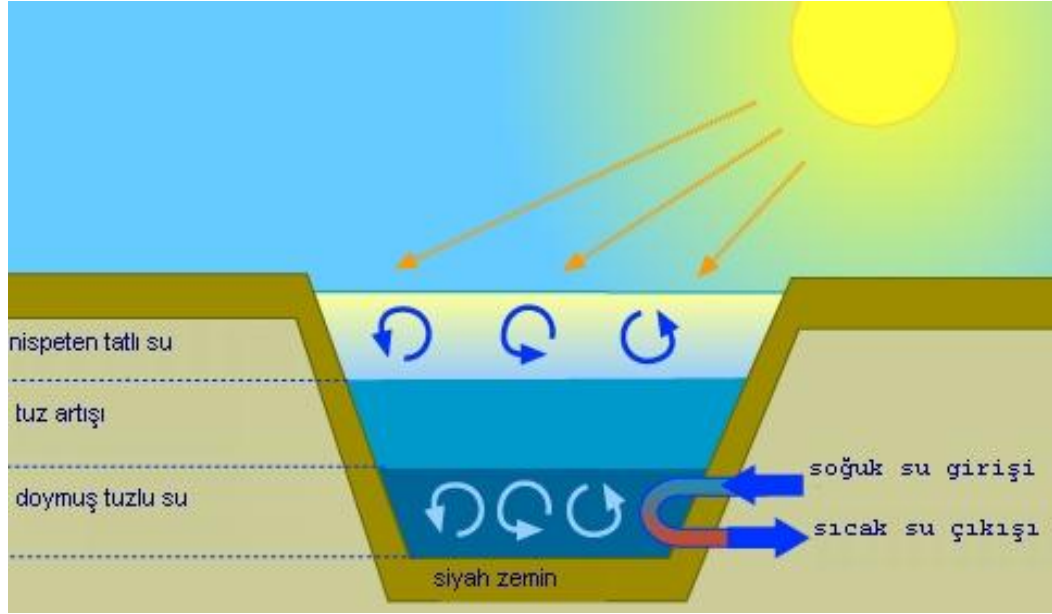
Şekil 2.24. Vakumlu güneş kollektörü [53]

### 2.5.2.3. Güneş havuzları

Güneş havuzları, tuzlu suyun kaynama noktasının altındaki sıcaklıklarda güneş enerjisinin toplanmasını ve depolanmasını sağlar. Suyla kaplı havuzun zemini siyah renkli olup güneş ışınlarını yakalar (Şekil 2.7). Havuzdaki ısı dağılımı, suya eklenen tuz konsantrasyonu ile ayarlanır. Güneş havuzlarında genellikle kullanılan tuzlar, sodyum klorür ve magnezyum klorürdür. Bu sistem kullanılmasıyla havuz suyu 90-95°C sıcaklığa çıkabilmektedir. Güneş havuzlarıyla sıcak su elde edilebildiği gibi elektrik üretimi de yapılmaktadır. Havuzdaki ısının dağılımı suya eklenen tuz konsantrasyonu ile düzenlenir, tuz konsantrasyonu en üstten alta doğru artar. Böylece en üstte soğuk su yüzeyi bulursa bile, havuzun alt kısmında doymuş tuz konsantrasyonu bulunan bölgede sıcaklık yüksek olur. Bu sıcak su bir eşanjöre pompalanarak ısı olarak kullanılabilir.

Havuz tabanındaki suyun tuzluluk oranı havuzun üst kısmındaki sudan daima daha fazla olduğundan havuzun içinde termik sirkülasyon gerçekleşmez ve güneş ısı havuz tabanındaki suyu ısıtır. Havuzun tabanındaki sıcak su bir ısı transfer kazanına pompalanarak, burada kaynama derecesi daha düşük olan bir sıvıyı

buharlaştırır ve bu buhar elektrik üretiminde kullanılır. Güneş havuzlarından uzun vadede enerji depolama potansiyelinin avantajlarından faydalanarak, endüstrinin ihtiyaç duyduğu değişik sıcaklıklardaki suyun sağlanmasında veya yüzey ısıtılması konularında yararlanılabilir [54].



Şekil 2.25. Güneş havuz sistemi [54]

#### 2.5.2.4. Güneş ocağı

Güneş enerjisinin kullanıldığı uygulamalardan birisi de yemek pişirilmesidir. Daha çok, gelişmekte olan ülkeler tarafından çeşitli tipleri ticari olarak da kullanım potansiyeli bulmuştur. Ayrıca kamp ve pikniklerde kullanılmak üzere katlanılabilir, kolay taşınabilir yapıda güneş ocakları geliştirilmiştir. Çin, Hindistan ve Pakistan'da yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapı olarak üç farklı tip güneş ocağı vardır. a) Isı kutulu tip, b) Parabolik tip, c) Katlanabilir levhalı tip ( Şekil 2.8) [55].



a)

b)

c)

Şekil 2.26. Güneş ocağı (a,b,c) [55]

#### 2.5.2.5. Güneş yoğunlaştırıcı sistemler

Güneş yoğunlaştırıcıları, güneş ışınlarını belirli bir bölgeye yoğunlaştıran sistemlerdir. Bu sayede yoğunlaştırma yapılan bölgenin sıcaklığı yükseltilmiş olur. Güneş yoğunlaştırıcı sistemler noktasal ve doğrusal yoğunlaştırma yapabilmekte ve yüksek sıcaklıklara çıkılabilmektedir. Güneş yoğunlaştırıcıları, güneş ışınlarını yoğunlaştırma işini yansıtıcı yüzeylerle yapmaktadır. Yansıtıcı yüzey üzerine düşen güneş ışınlarının bir kısmı yüzey tarafından soğurulur. Dolayısıyla güneş ışınları belirli bir kayıpla yoğunlaştırılmış olur. Yoğunlaştırma yapılan yüzeyin sıcaklığı yükselmektedir. Yüzeyden ısı transfer akışkanına iletim ya da taşınım ile ısı geçişi olmaktadır. Dış yüzeyin sıcaklığı belirli bir süreden sonra çevre ortamın sıcaklığından yüksek olacağından dış yüzeyden çevre ortama taşınım ile ısı geçişi olur. Bu durum sistem için ısı kayıptır [56].

Güneş yoğunlaştırma sistemleri; Parabolik oluk tipi güneş yoğunlaştırıcılar, birleşik parabolik yoğunlaştırıcılar, doğrusal frenal yoğunlaştırıcılar, parabolik çanak tipi yoğunlaştırıcılar, merkezi tip yoğunlaştırıcılar şeklinde çeşitlere ayrılırlar. Bu sınıflandırma yoğunlaştırma işinin çizgisel ya da noktasal olarak yapılmasına göre oluşturulmuştur. Burada parabolik oluk tipi güneş yoğunlaştırıcıları, doğrusal frenal yoğunlaştırıcılar ve birleşik parabolik yoğunlaştırıcı çizgisel odaklamalı, parabolik çanak tipi yoğunlaştırıcılar ve merkezi tip yoğunlaştırıcılar noktasal odaklamalıdır [56].

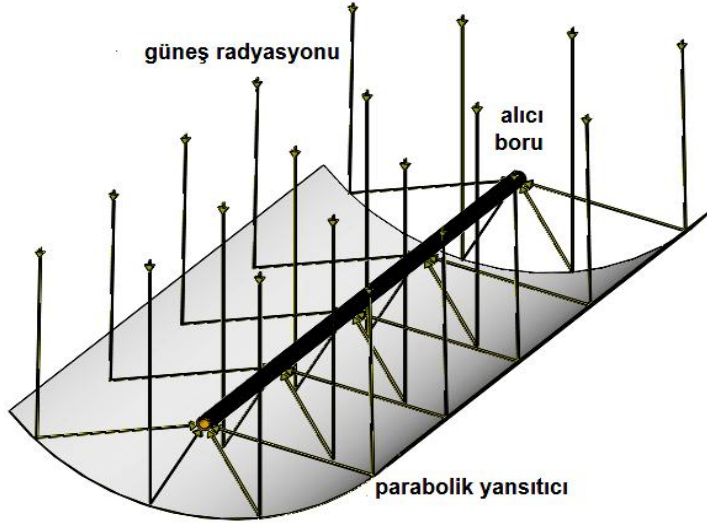
#### 2.5.2.6. Parabolik oluk tipi güneş yoğunlaştırıcıları

Yüksek verim ve yüksek toplayıcı performansına sahiptirler. Güneş enerjisi ile elektrik üretme sistemleri için parabolik oluk tip toplayıcı sistemler ısı uygulama yöntemlerinde 400 °C’de ısı üretmek için en ileri güneş enerjisi teknolojisidir. Üretimde sağlanan gelişmelerden dolayı parabolik oluk toplayıcılar, güneş enerjisi teknolojilerinin en gelişmişidir. Parabolik oluk tipi toplayıcılar kullanılarak düşük iskelet ve teknoloji maliyetleri ile 50~400 °C arası sıcaklıklar elde edilebilir [7, 57, 58]. Yoğunlaştırıcı sistemlerle direkt güneş ışınımından yararlanarak yüksek sıcaklıkta buhar üretilmekte ve elektrik üretiminde veya yüksek sıcaklık ihtiyacı duyulan sistemlerde kullanılabilir.

Yoğunlaştırma sistemi ile çalışan diğer sistemlerle karşılaştırıldığında, küçük ve büyük tüm uygulamalarda kullanılabilir. Parabolik oluk tipi kolektörler takip sistemleri açısından ucuz ve basit sistemlere ihtiyaç duyarlar. Kullanılan ısı toplama borusu ve aynaların imalatı özel teknolojiler gerektirmesine rağmen kullanımı esnasında ayna temizliği dışında bir bakım gerektirmemektedir.

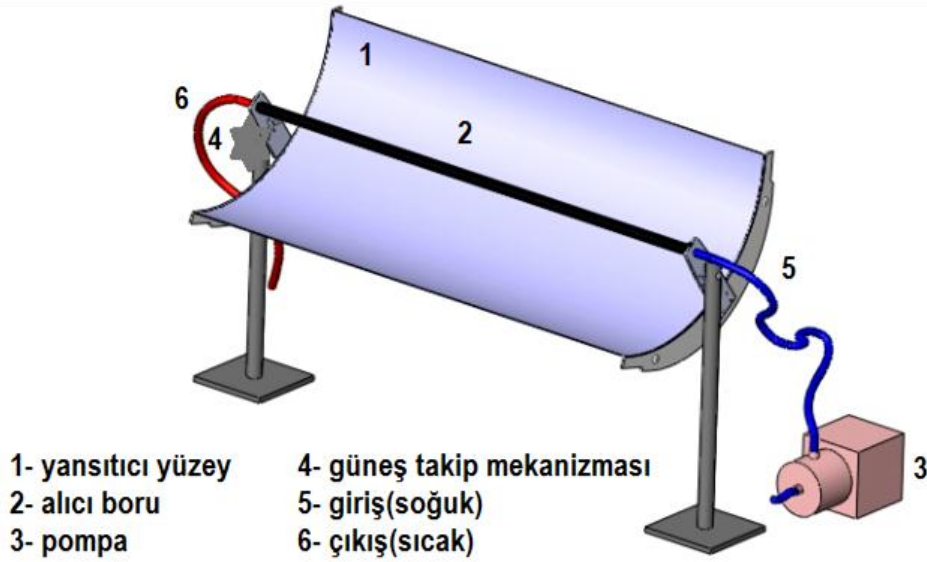
#### 2.6. PARABOLİK OLUK TİPİ KOLLEKTÖRLER

Parabolik oluk teknolojisi en gelişmiş yoğunlaştırıcı güneş enerjisi tasarımıdır ve teknik olarak yeterliliği kanıtlanmış sistemlerdir [42]. Çizgisel odaklama yapan, orta ve yüksek sıcaklık grubunda yer alırlar. Hem ısı kaybının meydana geldiği alanın küçülmesi, hem de emilen ışınım miktarının artması ile daha yüksek sıcaklıklara ulaşılabilir [57, 14]. Şekil 2,9’da, güneş ışınlarının, parabolik oluk tipi kolektörün yansıtıcı yüzeyi üzerine düşerek ve alıcı boru üzerinde odaklanması şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 2.27. Parabolik kollektöre gelen güneş ışınlarının alıcı boruda odaklanması

Parabolik oluk tipi kollektör tasarımında; sağlamlık, az malzeme kullanımı, düşük işçilik maliyeti imalat işlemleri için temel kriterleri oluşturur. Bu sistemlerin hafif olması, güneş takip sisteminin rahat çalışabilmesi açısından önemli iken; rüzgâr yüklerine karşı dayanabilmesi de göz önünde bulundurulmalıdır [32]. Şekil 2.10'da parabolik oluk tipi güneş kollektörünü oluşturan temel bileşenler gösterilmektedir. Sistemin en önemli kısmı ise; yansıtıcı yüzeyleri ve alıcı boru kısmıdır [59, 60].

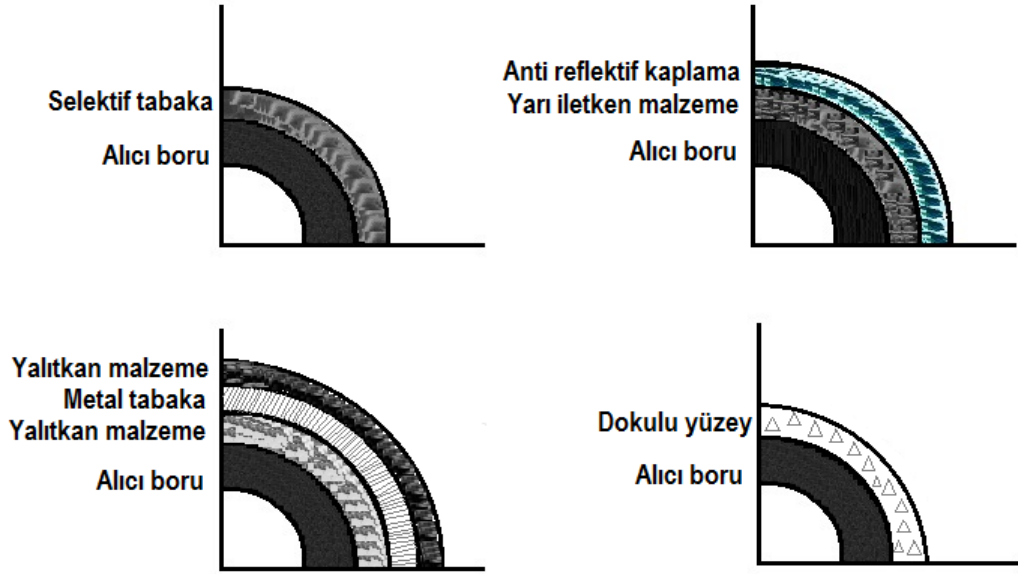


Şekil 2.28. Parabolik oluk tipi yoğunlaştırıcı bileşenleri

Parabolik oluk kolektörler, yansıtıcı malzemenin parabolik bir şekilde bükülmesiyle elde edilmektedirler. Güneş ışınları, kolektörün odak eksenini boyunca konumlandırılarak, alıcı boru üzerinde yoğunlaştırılır [43]. Enerjiyi transfer edebilmek için; alıcı boru içerisinde bir çalışma akışkanı dolaştırılır [7]. En iyi performanslı ısı transfer akışkanı olarak; sentetik yağ kullanılmaktadır [61]. Sentetik yağ dışında umut veren iki kavram eriyik tuz ve sudur. Günümüzde, alternatif ısı transfer akışkanları geliştirilmeye çalışılmaktadır [62, 63, 64]. Uygun ısı transfer akışkanının seçimi, sistemin verimli çalışması için önemlidir. Isı transfer akışkanından beklenen özellikler şunlardır:

- Yüksek parlama noktası ve yüksek yoğunluk,
- Düşük buharlaşma basıncı
- Düşük sıcaklıklarda yüksek akışkanlık ve yüksek sıcaklıklarda sürekli çalışabilme.

Güneş enerjisinin üzerinde yoğunlaştırıldığı alıcı boru olarak genellikle; alüminyum, bakır ve paslanmaz çelik kullanılmaktadır [21]. Alıcı borunun üzeri güneş emiciliği yüksek, ısı yayılımı düşük olan (düşük termal emitasyon) selektif malzeme ile kaplanarak; parabolik toplayıcının verimi artırılmaktadır [46, 22, 65, 66]. Bu demektir ki; Alıcı borunun performansı, güneş emiciliği ve termal emitansı ile karakterize edilebilir [58]. Selektif (seçici) malzemeler, kısa dalga boylu ışınların tamamına yakını emen, buna karşın uzun dalga boylu ışınları olabildiğince az yayan yüzeyler olarak da tanımlanabilir. Verimli foto termal dönüşüm için, güneş emici yüzeylerde 2'den küçük dalga boylarında ( $\lambda \leq 2 \mu\text{m}$ ) düşük yansıtma ( $\rho \approx 0$ ); 2'den büyük dalga boyları için ( $\lambda \geq 2 \mu\text{m}$ ) yüksek yansıtma ( $\rho \approx 1$ ) olması gerekmektedir. Limitler çalışma sıcaklığına bağlı olarak değişebilir. Parabolik oluklu uygulamalar için spektral seçici yüzey, ideal havada 500 °C'nin üzerinde termal olarak kararlı olması ve 400 °C'de ısı yayılımı ( $\epsilon$ ) 0,07'nin altında ve güneş emiciliği ( $\alpha$ ) 0,96'dan fazla olması beklenir [58].



Şekil 2.29. Enerjinin emilimi için kaplama ve yüzey uygulamaları

Parabolik kollektörlerde yüksek sıcaklıklara ulaşmak için, gelişmiş özelliklerin sağlanması çok önemlidir. Bu gelişmiş özelliklerden birisi olan; seçici soğurucu yüzey kaplamalarına ait uygulama örnekleri Şekil 2.11’de yer almaktadır. Uygulamalar, alıcı boru üzerine düşen güneş enerjisinin emilimini ve ısı transferini artırmak amacı ile dokulu, siyah renkli, anti-reflektif kaplamalı, yarı iletken ya da yalıtkan tabakalar gibi farklı kalınlık ve malzemelerden oluşmaktadır. Selektif yüzey kaplama malzemelerinden bazıları ise Çizelge 2.2’de yer almaktadır.

Çizelge 2.2. Seçici Yüzeyler[67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 24]

| Malzeme  | Alt Tabaka                | Emicilik ( $\alpha$ ) | Yayınım ( $\epsilon$ ) |
|--|---------------------------|-----------------------|------------------------|
| Çok katmanlı sermetler;<br>$Al_2O_3$ , $SiO_2$ | Au,Cu,SS                  | 0,91-0,97             | 0,02-0,07              |
| $Cr-Cr_2O_3$ , $Mo-Al_2O_3$                    | Cr,Mo                     | 0,88-0,94             | 0,15-0,04              |
|  | SS                        | 0,91-0,93             | 0,19-0,27              |
| $Al_xO_y/Pt/Al_xO_y$                           | Cu,Si                     | 0,93-0,95             | 0,05-0,07              |
| PU/HAuCl <sub>4</sub>                          | CuCl-Au,CuCl <sub>2</sub> | 0,846                 | 0,09                   |
| $Al_2O_3$                                      | C                         | 0,90                  | 0,25                   |



|  |       |           |           |
|--|-------|-----------|-----------|
| SS-N   | SS    | 0,91      | 0,06      |
| W-AIN  | Al    | 0,955     | 0,056     |
| Ti <sub>0.5</sub> Al <sub>0.5</sub> N ,<br>Ti <sub>0.25</sub> Al <sub>0.75</sub> N,<br>AIN | Si,Cu | 0,945     | 0,04      |
| Mo, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | SS    | 0.91–0.93 | 0.19–0.27 |

Bu uygulamalar ile yoğunlaştırılmış enerjinin çoğunun boru tarafından soğurulması amaçlanır. Bununla birlikte ısınan emici borudan çevreye, sıcaklık farkından dolayı, ısı kaybı gerçekleşmektedir. Bu durum emici boru sıcaklığını ve dolayısı ile sistem verimini düşürür. Bu nedenle emici borunun çevresi cam kılıf ile kaplanmaktadır [43]. Cam kılıf ile emici boru arası ise vakumlanmakta, iki yüzey arasındaki hava tahliye edilmektedir. Bu sayede ortamdan daha sıcak olan emici borudan, çevreye taşınım ve iletim ile olan ısı kayıplarının azaltılması ve böylece kollektör performansının artırılması sağlanmaktadır [46, 66]. Cam kılıfa genellikle geçirgenliği artırmak amacıyla yansıtma (antireflekte) bir kaplama yapılmaktadır [7].

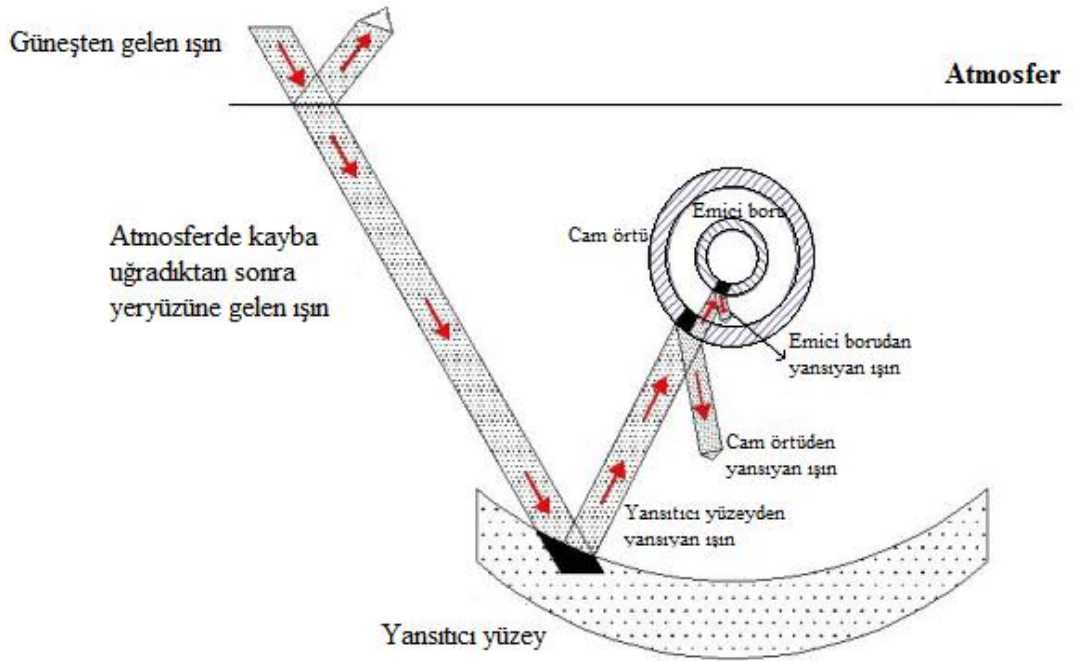
Güneş enerjisi sitemlerinden daha fazla faydalanabilmek ve enerji üretim kapasitesini artırmak için önemli bir diğer unsur; güneşin görünür hareketinin izlenmesidir [75, 76, 77, 78]. Parabolik oluk tipi kollektörler, kuzey-güney veya doğu-batı doğrultusunda konumlandırılabilir. Yön seçilirken, maksimum güneş enerjisinin hangi doğrultuda alındığı göz önünde bulundurularak yerleştirme yapılır. Genellikle kuzey-güney doğrultusunda yerleştirme en iyi sonucu verir. Her durumda, iki eksenli takip sistemi daha fazla enerji elde edilmesini sağlamaktadır [43, 79, 80]. Güneş takip sistemleri güneşi belirli bir doğruluk derecesi ile takip edebilmeli ve güvenilir olmalıdır. Günün sonunda kollektör orijinal konumuna geri dönmeli, ayrıca havanın bulutlu veya kapalı olduğu dönemler süresince takip sistemi çalışabilmelidir. İzleme mekanizmalarının bir diğer avantajı kollektörü koruma görevini de üstlenmesidir. Örneğin ısı transfer akışkanın akış mekanizması yetersiz olduğunda, aşırı ısınmaya karşı koruma amaçlı kollektörü odak dışına çevirmeli, rüzgâr ve bora gibi çevresel çalışma koşullarında sistemi koruma altına almalıdır [7, 81, 82].

Alıcı boru üzerine çizgisel olarak odaklamasının neticesinde; çalışma akışkanı güç üretimindeki ısı kaynağı durumuna gelir. Çalışma akışkanı üzerindeki ısı doğrudan proses ısısı veya elektrik temini amacıyla kullanılabilir [7, 83]. Enerji tasarrufu politikasında, güneş enerjisinin farklı türdeki sistemlerle entegrasyonu önemli bir rol oynar. Fotovoltaik (elektriksel) ve güneş termal sistemleri birleştirildiğinde, hem ısı hem de elektrik aynı sistemde elde edilebilir [84, 10].

#### 2.6.1. Parabolik Oluk Tipi Güneş Yoğunlaştırıcılarda Optik Kayıp

Güneşten gelen ışınlar, ısı transfer akışkanına aynı şiddetle ulaşmaz. Belirli kayıplara uğradıktan sonra iş akışkanına ulaşırlar. Güneşten çıkan ışınlar atmosferde kayıplara uğrayarak dünyaya gelir. Atmosferi geçen ışınlar ısı transfer akışkanına gelene kadar sırasıyla, yansıtıcı yüzey, cam örtü ve emici boruda optik kayıplara uğrarlar.

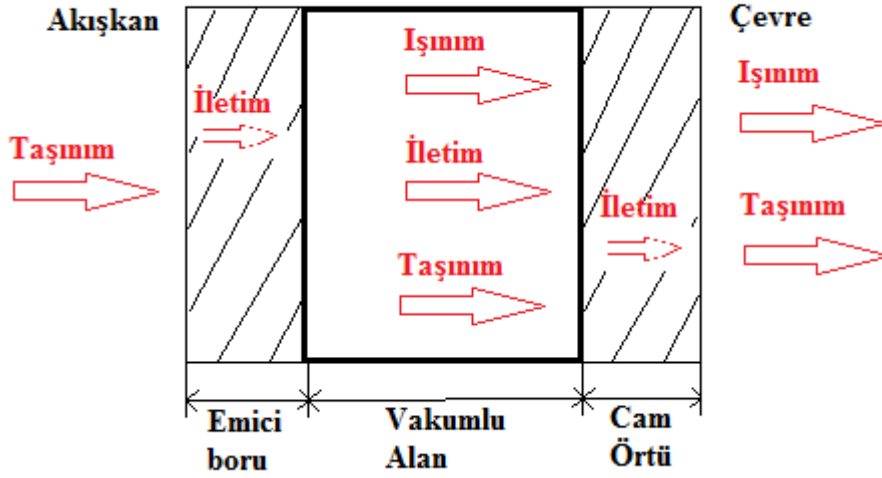
Şekil 2.12’de görüldüğü gibi güneşten çıkan ışınlar ilk önce atmosferde belirli bir kayba uğradıktan sonra yeryüzüne ulaşırlar. Parabol şeklindeki yansıtıcı yüzeye gelen güneş ışınlar, yansıtıcı yüzey malzemesinin soğurma katsayısına bağlı olarak yansıtıcı yüzey tarafından bir kısmı soğurularak yansıtılır. Yansıtıcı yüzeyden yoğunlaştırılan ışınlar toplayıcı kısımda ilk önce cam örtüye gelir. Cam örtü malzemesinin yansıtma katsayı ve soğurma katsayısına göre bu yüzey gelen ışınların bir kısmı geri yansıtılır, bir kısmı soğurularak geçirilir. Cam örtüden geçen güneş ışınları emici boruya gelir. Emici boru yansıtma ve soğurma katsayısına bağlı olarak güneş ışınlarının bir kısmı yansıtılıp bir kısmı emici boru tarafında soğurularak ısı transfer akışkanına geçirilir [56].



Şekil 2.30. Parabolik oluk tipi güneş yoğunlaştırıcıdaki ışın transfer şeması [56]

### 2.6.2. Parabolik Oluk Tipi Güneş Yoğunlaştırıcıda Isıl Kayıp

Sistemde optik kayıpların yanı sıra ısıl kayıplarda meydana gelmektedir. Yansıtıcı yüzeyden odak da yer alan emici boruya yansıtılan güneş ışınlarının büyük bir bölümü emici boru tarafından yutulur. Bu işlem sonunda emici boru içinde geçen akışkanın sıcaklığı yükselir. Dolayısıyla akışkan ve çevre arasında sıcaklık farkı oluşur. Bunun sonucunda da akışkandan çevreye ısı transferi meydana gelir. Akışkandan çevreye olan ısı transferi; akışkanla emici boru yüzeyi arasında taşınım, emici boru iç yüzeyi ve dış yüzeyi arasında iletim, emici boru dış yüzeyiyle cam örtünün iç yüzeyi arasında iletim- taşınım- ışınlama (eğer vakumlu alan içindeki hava tam olarak alınmışsa iletim- ışınlama, alınmamışsa taşınım- ışınlama), cam örtü iç yüzeyi ile dış yüzeyi arasında iletim, cam örtü dış yüzeyiyle çevre arasında taşınım- ışınlama şeklinde olmaktadır. Literatürde cam örtünün et kalınlığı diğer boyutlara oranla çok küçük kabul edildiğinden cam örtü iç yüzeyiyle dış yüzeyi arasında iletimle olan ısı kayıpları ihmal edilebilir. Şekil 2.13’de ısı transfer akışkanından çevreye olan ısı transfer şeması gösterilmiştir.



Şekil 2.31. Isı transfer akışkanından çevreye olan ısı transfer şeması [56]

Parabolik oluk tipi yoğunlaştırıcılarda meydana gelen ısı kayıpları,

- Çevre sıcaklığı
- Rüzgâr hızı
- Akışkan özellikleri (sıcaklık, basınç, viskozite...)
- Kollektöre gelen direkt güneş ışınım şiddeti
- Kollektör boyutları
- Cam örtünün boyutu ve özellikleri
- Emici boru (selektif malzemeyle kaplanmış) boyutu ve özellikleri (ısı iletim katsayısı, kalınlığı, Işın yutma ve yayma oranı) ısı kayıpları etkileyen faktörlerdir.

Görüldüğü gibi ısı kayıplar daha çok sistemin emici boru-cam örtü kısmında olmaktadır [56].

### 2.6.3. Parabolik Oluk Tipi Güneş Kollektörünün Kullanıldığı Endüstriyel Alanlar

Dünya enerji tüketiminin % 50'den fazlasına endüstri hakim olmuştur [39]. Endüstride kullanılan enerjinin büyük bir kısmı; ısı ve buhar şeklindedir [85]. Tüm endüstriler için yapılan değerlendirmede, ısı ihtiyacının %57'sinin, 400 °C altındaki

sıcaklıklar oluşu görülmektedir [86, 87]. Birçok endüstriyel prosesde ihtiyaç duyulan sıcaklık 80-240°C arasındadır [39, 85, 81, 88]. Endüstriyel sektörler için, gerekli sıcaklık aralıkları ve işlemlere göre dağılımı Çizelge 2.3’de gösterilmektedir [39, 81, 88].

Çizelge2. 3. Sanayi ısı talebi ve sıcaklık aralıkları [39, 81, 88].

| Endüstriyel sektör | İşlem adı           | Sıcaklık(°C) |
|--------------------|---------------------|--------------|
| Mandıra            | Pastörizasyon       | 60-80        |
|                    | Sterilizasyon       | 100-120      |
|                    | Kurutma             | 120-180      |
|                    | Konsantratlar       | 60-80        |
|                    | Kazan besleme suyu  | 60-90        |
| Konserve yiyecek   | Sterilizasyon       | 110-120      |
|                    | Pastörizasyon       | 60-80        |
|                    | Piştirme            | 60-90        |
|                    | Ağartma             | 60-90        |
| Tekstil            | Ağartma, Boyama     | 60-90        |
|                    | Kurutma, yağ arıtma | 100-130      |
|                    | Boyama              | 70-90        |
|                    | Sabitleme           | 160-180      |
|                    | Baskı               | 80-100       |
| Kâğıt              | Piştirme, kurutma   | 60-80        |
|                    | Kazan besleme suyu  | 60-90        |
|                    | Ağartma             | 130-150      |
| Kimya              | Sabunlar            | 200-260      |
|                    | Sentetik kauçuk     | 150-200      |
|                    | İşleme ısı          | 120-180      |
|                    | Ön ısıtma suyu      | 60-90        |

Çizelge2. 3.ün devamı

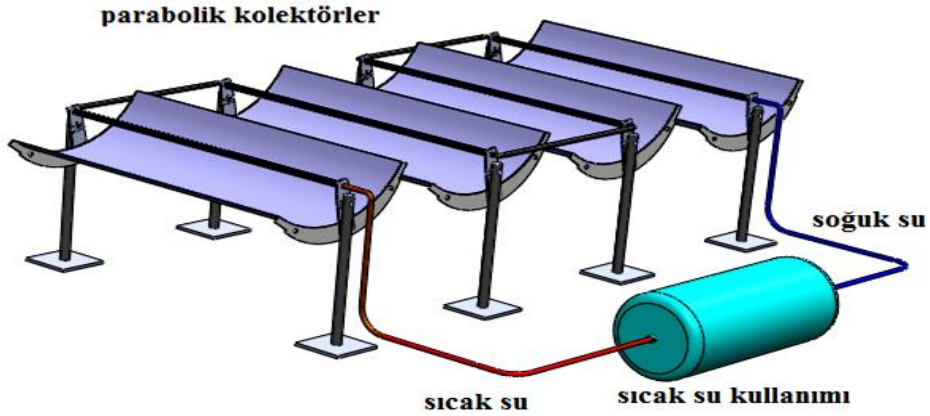
| Endüstriyel sektör       | İşlem adı             | Sıcaklık(°C) |
|--------------------------|-----------------------|--------------|
| Et                       | Yıkama, sterilizasyon | 60-90        |
|                          | Piştirme              | 90-100       |
| İçkiler                  | Yıkma, sterilizasyon  | 60-80        |
|                          | Pastörizasyon         | 60-70        |
| Un ve yan ürünleri       | Sterilizasyon         | 60-80        |
| Ahşap ürünleri           | Isı difüzyon ışınlar  | 80-100       |
|                          | Kurutma               | 60-100       |
|                          | Ön ısıtma suyu        | 60-90        |
|                          | Hazırlık hamuru       | 120-170      |
| Tuğla ve Kuruma blokları | Kuruma                | 60-140       |
| Plastik                  | Hazırlık              | 120-140      |
|                          | Distilasyon           | 140-150      |
|                          | Ayırma                | 200-220      |
|                          | Uzatma                | 140-160      |
|                          | Kurutma               | 180-200      |
|                          | Karıştırma            | 120-140      |

Ülkemiz koşullarında, 400°C ve altındaki sıcaklık gereksinimleri parabolik oluk tipi kollektörler vasıtası ile sorunsuzca elde edilebilmektedir [89]. Parabolik oluk tipi kollektörler ile sıcak su, doymuş buhar ve kızgın buhar elde etmek mümkün olduğu gibi, elektrik elde etmek de mümkündür. Ancak bazen, özellikle kış sezonunda; yetersiz ısı kazancı olabilir [75, 90]. Bu durum göz önüne alınarak, güneş enerjisinden istenen verimin elde edilemediği zaman aralıklarında; elektrik, doğalgaz, petrol ürünleri vb. ile çalışan yedek sistemlerin devreye girmesi sağlanmalıdır. Güneş enerjisi toplama sisteminin doğru seçimi ile güneş sistemleri, endüstriyel bir işlem tarafından gerekli olan herhangi bir sıcaklık seviyesini karşılamak için inşa edilebilir [91]. Güneş enerjisi ile çalışan sistemlerin

kurulumundaki amaç genellikle, tüm enerji ihtiyacının karşılanması değil, güneşten elde edilebilecek maksimum yararın sağlanmasıdır [86].

### 2.6.3.1. Sıcak su eldesi ve mekân ısıtma

Güneş enerjisini su ısıtmakta kullanılan parabolik oluk kolektörde; gün boyunca, alıcı boru güneş ışınlarını emer ve ısıya dönüştürür. Bu ısı daha sonra alıcı boru içinden geçen soğuk su tarafından emilir [7]. Elde edilen ısı doğrudan kullanılabilir gibi aynı zamanda depolanabilir [92, 38]. Şekil 2.14'te, parabolik oluk tipi kolektörler vasıtasıyla sıcak su eldesinin şematik bir gösterimi bulunmaktadır. Parabolik oluk kolektörler, geleneksel sistemlerden daha küçük alıcı yüzeye sahip olması nedeniyle daha düşük ısı kayıplarına sahiptir. Bu nedenle daha yüksek verime ve sıcaklık derecelerine rahatlıkla ulaşabilmektedir [85].



Şekil 2.32. Parabolik oluk tipi kolektör ve sıcak su eldesi

Güneş radyasyonu tarafından ısıtılan sıcak suyun birçok uygulaması vardır. Evsel amaçlı kullanılabildiği gibi endüstriyel uygulamalarda da kullanılabilir [75, 38]. Güneş enerjili su ısıtma sanayisi yurt içinde ve endüstriyel sektörlerde güneş ısıl uygulamalarının çoğunluğunu oluşturmaktadır. Bunlar, günümüzde mevcut olan tüm güneş ısıl teknolojileri arasında en düşük maliyetli seçenekler olarak kabul edilmektedir. Uygulamaların çoğu; mutfak, duş, çamaşırhane, temizlik işleri ve mekân ısıtma içindir. Bu uygulamalarda gerekli olan sıcaklık değeri 100°C'nin altındadır. Sıcak suya, büyük miktarda ihtiyaç duyulduğunda, büyük bir toplama alanı kurulmalıdır. Bu durumda, parabolik kolektörler ilgi çekici olabilmektedir.

Ancak, ihtiyaçtan daha yüksek sıcaklıklarda termal enerji sağlayabilirler ve bu durumda yüksek ısıyı başka bir soğutucu akışkan ile karıştırmak gerekir. Bu sistemler yüzme havuzlarının ısıtılmasında ve büyük miktardaki kullanım sularının temininde kullanıldığı gibi, endüstriyel binalar, fabrikalar, hastaneler, eğitim merkezleri, spor tesisleri, hükümet binaları, hapishaneler, havaalanları, otobüs ve tren istasyonları, v.b. binalar gibi büyük binalar için mekân ısıtmada kullanılabilir.

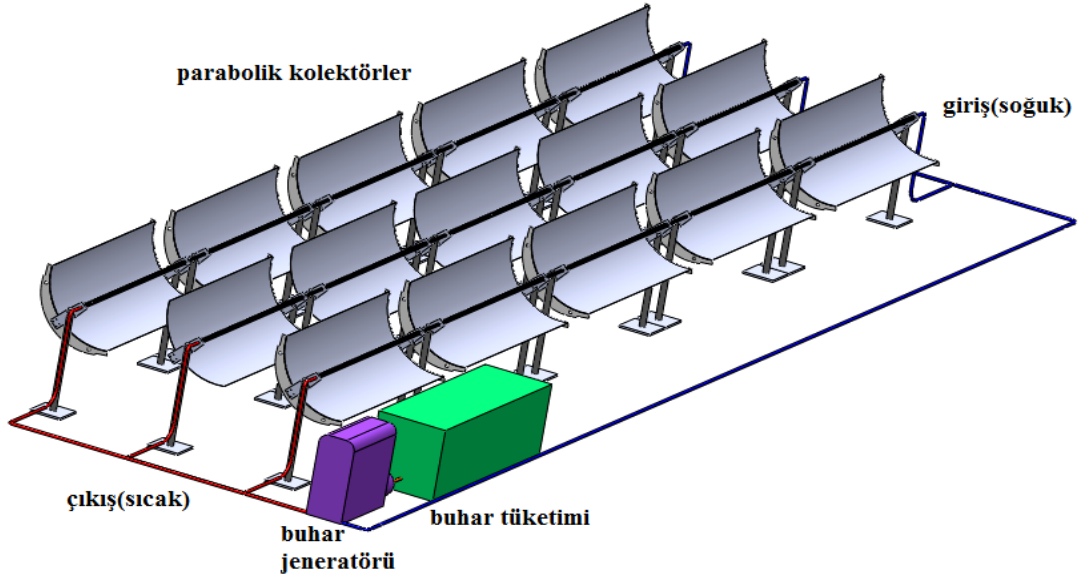
#### 2.6.3.2. Buhar elde etme

Parabolik oluk tipi kollektörler, çoğunlukla buhar üretmek için, yüksek sıcaklık uygulamalarında tercih edilir. Çünkü kollektör verimlilikleri iyidir ve verimliliğinde ciddi bir bozunma olmadan yüksek sıcaklıklar elde edilebilir [93, 94]. Elde edilen enerji; yüksek sıcaklıklar gerektiren proses uygulamalarında kullanılabilir [29]. Güneş enerjisi ile proses buhar üretimi uygulamaları;

- Tekstil sektöründeki boyahanelerin kurutma fırınlarında ve benzer uygulamalarda,
- Kâğıt, tekstil, çamaşırhaneler ve gıda endüstrisi gibi tüketiciler için
- Endüstriyel mutfak ve çamaşırhanelerde, turistik tesislerin mutfak ve çamaşırhanelerindeki buhar ihtiyacının sağlanması,
- Endüstriyel tesisler için yüksek kalite ve sıcaklıktaki proses buharının temini
- Kurutulmuş gıda üretiminde ve gıdaların temizlenmesinde,
- Metalürji ve kimyasal işlemlerde,
- Büyük et kombinaları ve pişirilmiş gıda üretim tesislerinde, gıdaların ön pişirilmesinde,
- Tuğla ve gaz beton yapı malzemelerinin fırınlanması ve kurutulmasında kullanılabilir [89, 95].

Şekil 2.15'teki tekli sistem olarak adlandırılan, parabolik oluk tipi güneş kollektör sistemi sadece güneş enerjisi kullanarak buhar üreten buhar jeneratörleri ile çalışılmaktadır. Bu sistemde 7 barlık doymuş buhar kullanılmaktadır. Sistem çamaşırhaneler, kâğıt, tekstil ve gıda endüstrisi için bir kaynaktır [96].



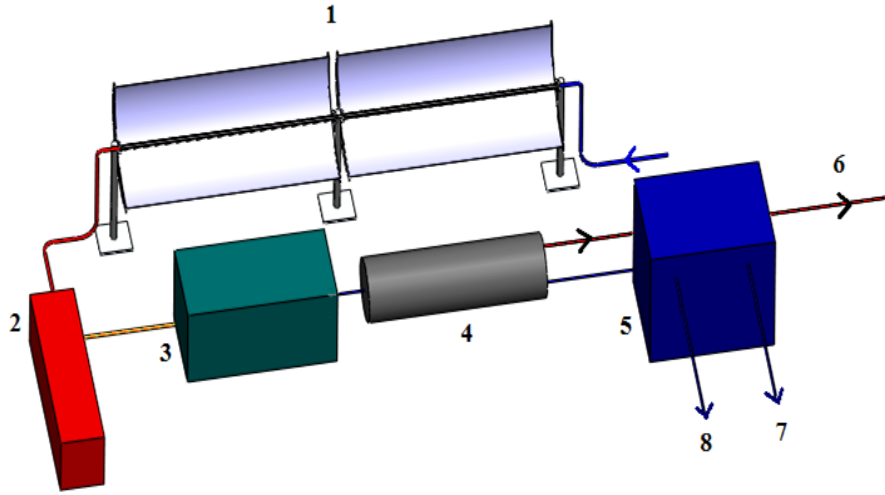


Şekil 2.33. Parabolik oluk tipi kolektör ile buhar üretimi

#### 2.6.3.3. İklimlendirme ve soğutma

Sanayileşmiş ülkelerin çoğundaki iklimlendirme ile ilişkili enerji ihtiyacı, son yıllarda belirgin olarak artmaktadır. Artan iklimlendirme talebi daha fazla elektriğe ihtiyaç duyar. Bu durum, sıcak havalarda elektrik tüketiminin pik yapmasına neden olmaktadır. Bu yüzden özellikle sıcak günlerde pik yük talebinin karşılanması gerekir. Güneş enerjisi sistemleri, yenilenebilir kaynaklarının tipik avantajlarının yanı sıra, iklimlendirme ve soğutma talepleri için çok uygundur. Çünkü güneş radyasyonunun durumu ve soğutma gereksinimleri genellikle mevsimsel ve coğrafik olarak örtüşmektedir [85, 39].

Enerji ihtiyaçlarının artmasının başlıca nedenleri; ısıl yüklerdeki artış, iyileşen yaşam standartları, dikkat çeken kentleşme oranı, konfor taleplerinin fazlaşması ve gelişen mimari özelliklerdir. Gıda işleme endüstrisindeki soğutma gereksinimleri ve eczacılık ürünlerinin belirli bir sıcaklıkla korunması ihtiyacı; yenilenebilir enerjiler tarafından desteklenen, iklimlendirme ve soğutma sistemlerine olan ilgiyi artırmıştır.

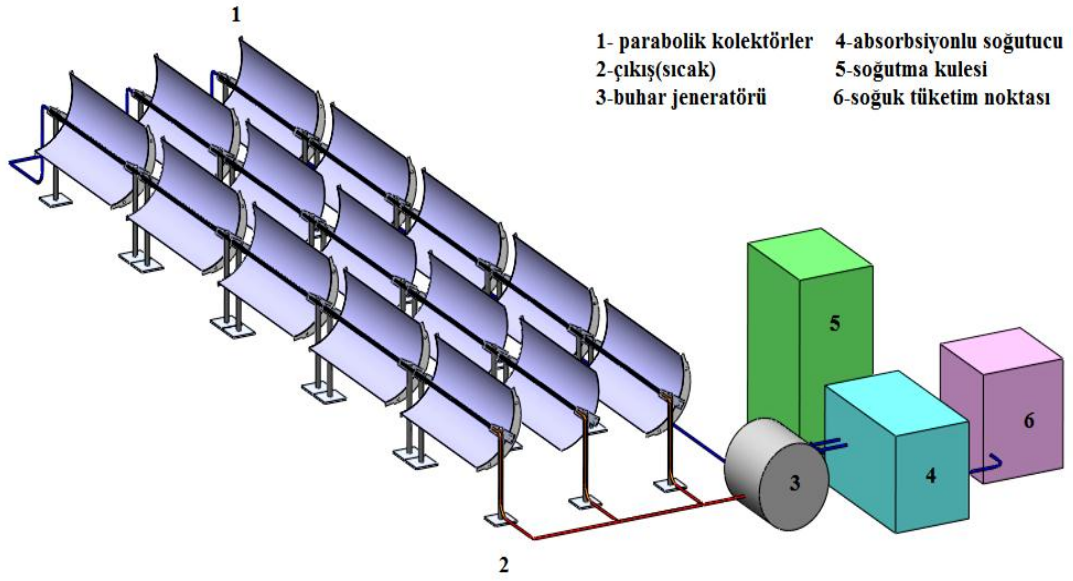


1-parabolik kolektör 3-buhar jeneratörü 5-absorbsiyonlu soğutma 7- soğutma sistemlerine  
 2-ısı depolama tankı 4-buhar kolektörü 6-ısıtma sistemlerine 8-buhar kazanına

Şekil 2.34. Parabolik oluk tipi kolektör ile iklimlendirme uygulaması

Şekil 2.16’da parabolik oluk tipi kolektör kullanarak, güneş enerjisiyle soğutma yapan bir sistemin şeması gösterilmektedir. Üretilen sıcak su; kızgın buhara dönüşmekte, bu buhar doğrudan ısıtma amaçlı kullanılabileceği gibi absorpsiyon aşamalarından geçerek soğutma amaçlı da kullanılabilir. Güneş enerjisiyle soğutma sistemlerinde gece güneşlenme olmayacağı için soğuk su ve sıcak su depolarının bulunması gerekmektedir. Bu soğutma modeli çevreye uyumlu olması, doğayı kirletme miktarının az olması nedeniyle oldukça faydalı gözükmektedir. Güneş enerjisiyle ısıtma sistemleri özellikle yüksek oranda soğutma giderleri bulunan otel, iş yeri, turistik tesis, tatil köyü ve sanayi kuruluşlarında, elektriğe oranla çok daha ekonomik bir çözüm yoludur [97].

Aşağıda yer alan şekil 2.17’de, güneş enerjisiyle soğutma yapan, mevcut bir sistemle kombine kullanımda da olumlu sonuçlar veren parabolik güneş kolektörleri yer almaktadır. Bu sistemde çatı tipi uygulama ile tüm otel, tatil köyü, turistik ve sanayi tesislerinde güneş enerjisi destekli soğutma ve buhar üretimi uygulamalarını mümkün hale getirmiştir [96].

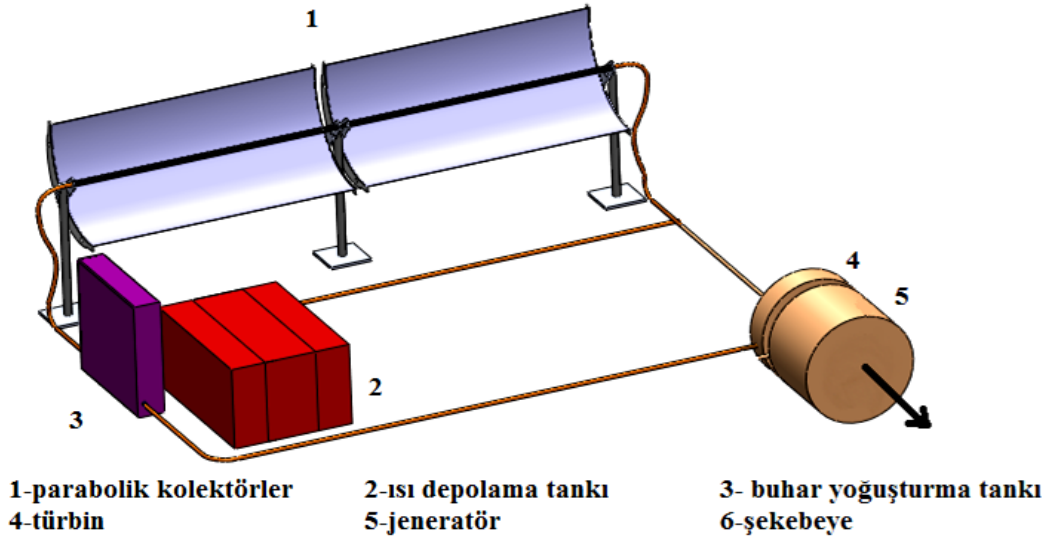


Şekil 2.35. Parabolik oluk tipi kollektörler ile soğutma

#### 2.6.3.4. Elektrik üretimi

Elektrik üretimi, dünya genelinde hızla büyüyen güneş enerjisi teknolojilerinden en yaygın olanıdır. Yüksek güneşlenme bölgelerinde, güneş enerjisi santrallerinin uygulanması; çevreyle uyumlu bir elektrik tedarik stratejisi için umut verici bir seçenektir [98].

Parabolik oluk tipi güneş santrallerinde; doğrusal yoğunlaştırma yapılarak, yansıtıcı yüzeyler vasıtası ile güneş ışınları alıcı boruda odaklanır. Bir sonraki işlemde; ısının, alıcı boru içinde devir daim eden akışkana aktarması söz konusudur. Şekil 2.18’de şematik olarak gösterildiği gibi; parabolik oluk tipi kollektörler ile elektrik üretimi yapan bir tesiste ise; parabolik kollektörler ile elde edilen buhar; türbini döndürmektedir. Sonrasında ise, jeneratör vasıtası ile mekanik enerji, elektrik enerjisine çevrilir [99]. Parabolik oluk kollektörler güneş tarlası üzerinde paralel ve seri bağlı sıralar halinde yerleştirilir ve böylece geniş bir alan üzerine düşen güneş enerjisi güç merkezinde toplanarak elektriğe dönüştürülür. Parabolik oluk santralleri, yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretimi için umut verici bir seçenektir.

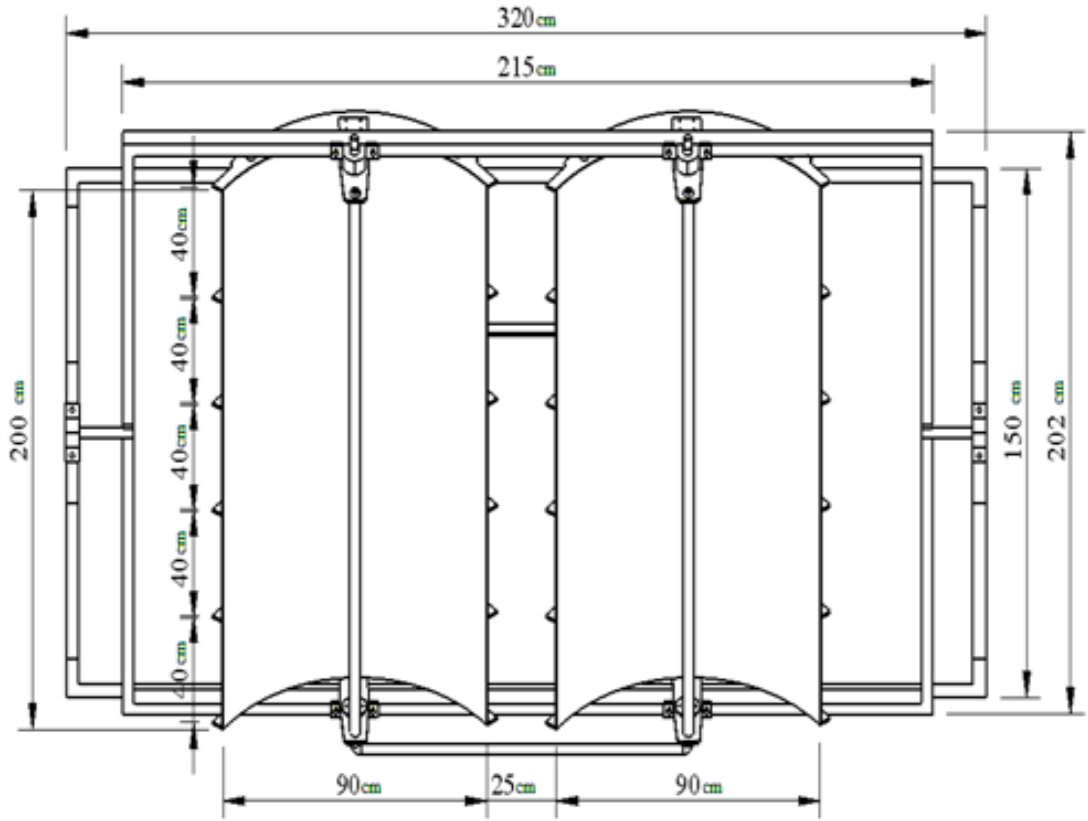


Şekil 2.36. Parabolik oluk tipi kolektörler ile elektrik üretimi

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. PARABOLİK OLUK TİPİ GÜNEŞ KOLLEKTÖRÜNÜN TASARIMI VE İMALATI

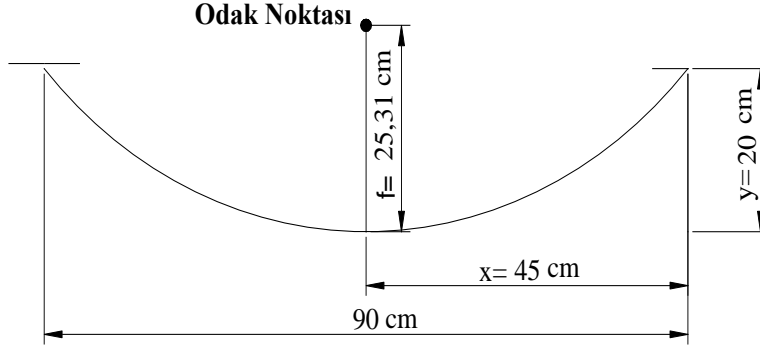
Parabolik yoğunlaştırıcının performans hesapları yapılmadan önce sistemin boyutlandırılması gerekmektedir. Parabolik yoğunlaştırıcının iki boyutlu görünümü ve önemli değerleri Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Ölçüleri verilen parabolik oluk tipi güneş kollektörü iki adet parabolik oluğa sahiptir. Yansıtıcı yüzey olarak; 103x200 cm<sup>2</sup> yüzey alanına sahip 3 mm kalınlığında esnek akrilik yansıtıcı, parabolik şekilde kullanılmıştır.



Şekil 3.24. İmalatı yapılan parabolik oluk tipi kollektörünün ölçüleri

Parabolik oluk tipi güneş yoğunlaştırıcının genel parabolik yüzey denklemi aşağıda eşitlik (1)'de verilmiştir. Bu denklemde x ve y, eksenlere olan uzaklık olmakla beraber, odak noktası (f) hesaplanmış [33, 100], bu değer  $f = 25,31$  cm olarak bulunmuştur (Şekil 3.2). Bu eşitlik ile yansıtıcı yüzeyin her noktasına gelen ışınların, alıcı boru üzerine odaklanması amaçlanmıştır.

$$y = \frac{x^2}{4f} \quad (1)$$



Şekil 3.25. Parabolik oluk tipi kollektörün odak noktası

Yansıtıcının odak noktası hesaplamalarından sonra; delrin malzeme üzerinde koordinat noktaları işaretlenerek aynanın (yansıtıcı yüzeyin) yerleştirileceği iskelet parçaları oluşturulmuştur (Çizelge3.1).

Çizelge 3.1. Parabol koordinatları

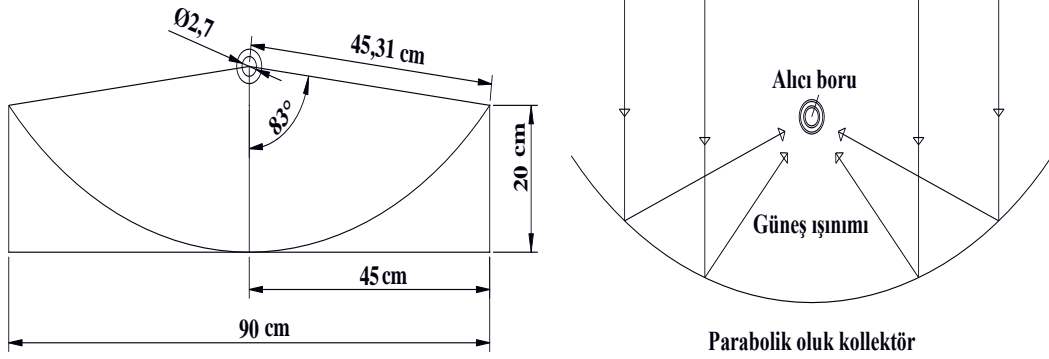
| x      |       | y     |      |
|--------|-------|-------|------|
| -45,00 | 0,00  | 20,00 | 0,00 |
| -43,50 | 1,50  | 18,69 | 0,02 |
| -42,00 | 3,00  | 17,42 | 0,09 |
| -40,50 | 4,50  | 16,20 | 0,20 |
| -39,00 | 6,00  | 15,02 | 0,36 |
| -37,50 | 7,50  | 13,89 | 0,56 |
| -36,00 | 9,00  | 12,80 | 0,80 |
| -34,50 | 10,50 | 11,76 | 1,09 |
| -33,00 | 12,00 | 10,76 | 1,42 |
| -30,00 | 15,00 | 8,89  | 2,22 |

Çizelge 3.1. ün devamı

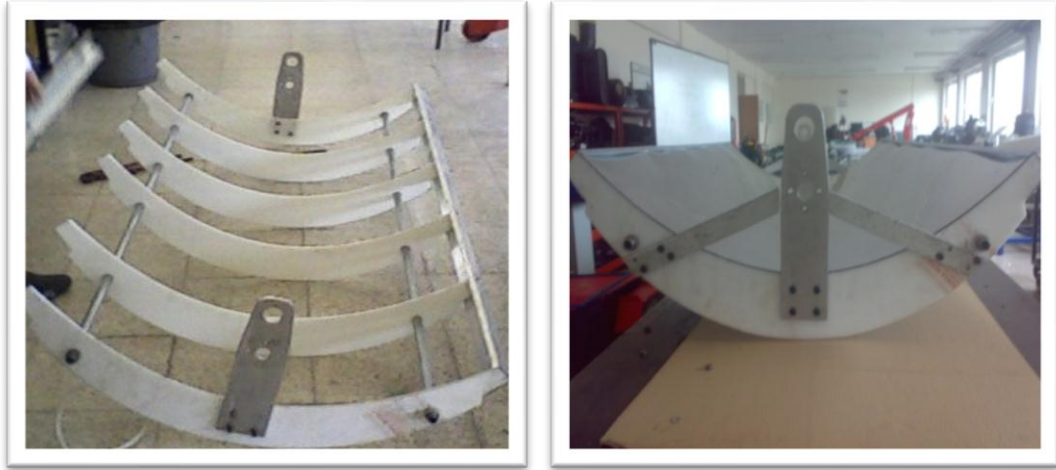
| x      |       | y    |       |
|--------|-------|------|-------|
| -28,50 | 16,50 | 8,02 | 2,69  |
| -27,00 | 18,00 | 7,20 | 3,20  |
| -25,50 | 19,50 | 6,42 | 3,76  |
| -24,00 | 21,00 | 5,69 | 4,36  |
| -22,50 | 22,50 | 5,00 | 5,00  |
| -21,00 | 24,00 | 4,36 | 5,69  |
| -19,50 | 25,50 | 3,76 | 6,42  |
| -18,00 | 27,00 | 3,20 | 7,20  |
| -16,50 | 28,50 | 2,69 | 8,02  |
| -15,00 | 30,00 | 2,22 | 8,89  |
| -13,50 | 33,00 | 1,80 | 10,76 |
| -12,00 | 34,50 | 1,42 | 11,76 |
| -10,50 | 36,00 | 1,09 | 12,80 |
| -9,00  | 37,50 | 0,80 | 13,89 |
| -7,50  | 39,00 | 0,56 | 15,02 |
| -6,00  | 40,50 | 0,36 | 16,20 |
| -4,50  | 42,00 | 0,20 | 17,42 |
| -3,00  | 43,50 | 0,09 | 18,69 |
| -1,50  | 45,00 | 0,02 | 20,00 |

Yansıtıcı tutucusu olarak 1,5 mm'lik galvanizli sac kullanılmıştır. Yansıtıcı yüzey, galvanizli sac ve delrin malzemeye cıvata ile rijit bir şekilde monte edilmiştir (Şekil 3.4). Kesiti parabolik olan oluk kollektörün iç kısmındaki yansıtıcı yüzey,

güneş ışınlarını kollektörün odak eksenini üstünde konumlandırılmış alıcı boruda yoğunlaştırmaktadır (Şekil 3.3).



Şekil 3.26. Parabolik oluk kollektör açıları ve kollektöre gelen güneş ışınlarının alıcı boruda odaklanması

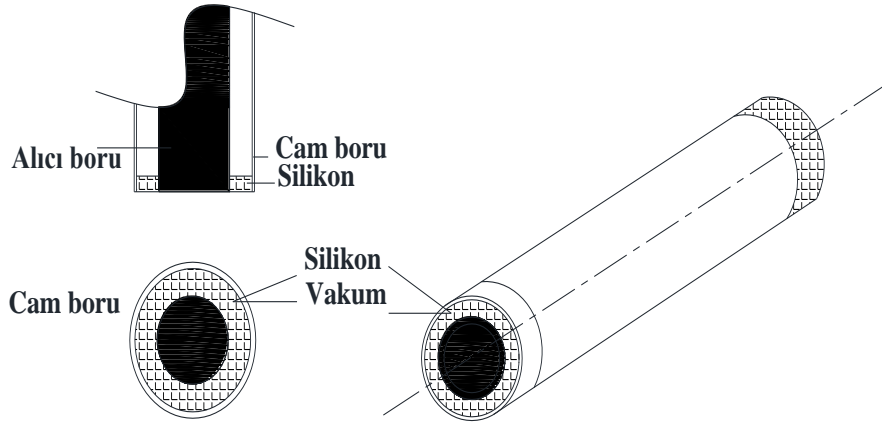


Şekil 3.27. Ayna destek sistemi ve montajının görüntüsü

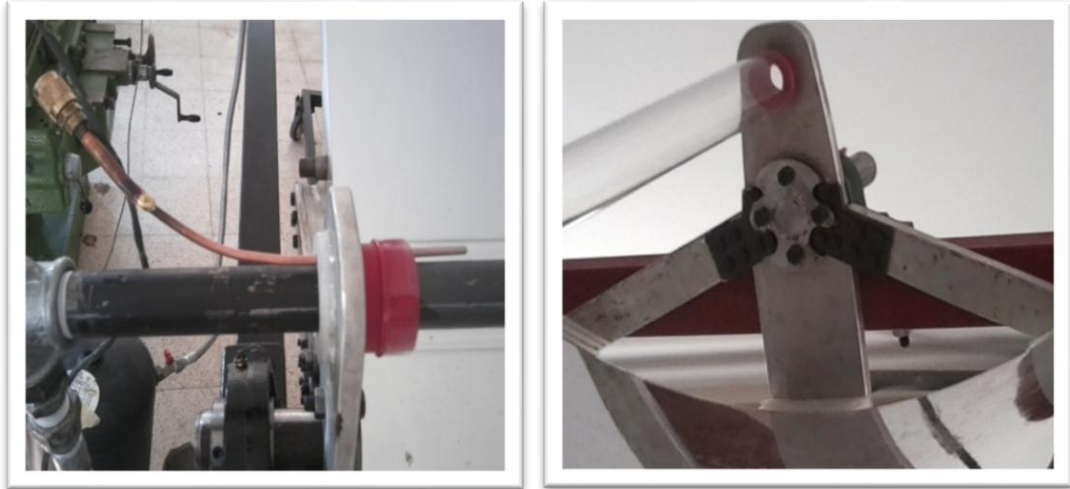
Güneş alıcısını; çelik boru, cam kılıf ve silikon conta oluşturmaktadır (Şekil 3.5). 3/4" çapındaki çelik boru, alıcı boru olarak kullanılmıştır. Çelik boru, kumlama işleminden sonra güneş enerjisi sistemlerinde kullanılan; sıcaklığa dayanıklı, siyah mat boya ile boyanmıştır. 4,7cm çapında cam boru, 2,7cm çapındaki alıcı boru ile eş merkezli olarak yerleştirilmiştir. Bu sayede çevreye olan ısı kayıpları azaltılmıştır. Cam boru ile alıcı boru arasındaki hava, vakum pompası vasıtasıyla tahliye edilmiştir. Eş merkezli boruların arasında, bağlantı noktasında; cam kılıfın zarar görmemesi ve iki boru arasındaki vakumun kaybedilmemesi için silikon conta kullanılmıştır (Şekil3.6). Bağlantı boruları 3/4"tir ve bağlantı ara elemanları olarak,



rekor, redüksiyon, kör tapa kullanılmıştır. Kollektörlerin doğu batı yönünde hareket edebilmesi için 30 mm çapındaki yataklar kullanılmıştır. Depo 16 cm çapında dairesel profillerden yapılan taşıyıcı üzerine yerleştirilmiştir. Aynı şekilde ikinci parabolik oluk tipi kollektör imal edilerek, kollektörlerin ve deponun tesisat bağlantıları gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.28. Alıcı boru detayı



Şekil 3.29. Silikon conta

Depolama tankında bulunan su, alıcı boruya pompalanıp, kollektör sayesinde ısıtılarak depolama tankına geri dönmektedir. Hazırlanan parabolik oluk güneş kollektör sisteminin özellikleri çizelge 3.2’de; sistemin genel görünümü ise Şekil 3.7’de gösterilmiştir.

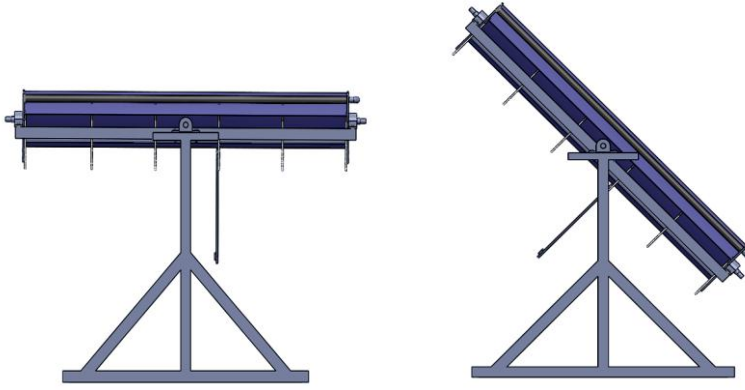
Çizelge 3.2. Parabolik oluk kollektör sistem özellikleri

| Parça                     | Değer     |
|---------------------------|-----------|
| Kollektör Açıklığı        | 0,9 m     |
| Kollektör Uzunluğu        | 2 m       |
| Kenar Açısı (Qr)          | 83°       |
| Odak Mesafesi             | 25,313 cm |
| Alıcı Boru Çapı           | 2,7 cm    |
| Cam Kılıf Çapı            | 4,7 cm    |
| Yoğunlaştırma Oranı       | 10,61     |
| Su Akış Değeri            | 80l/h     |
| Depolama Tankı Kapasitesi | 30 lt     |

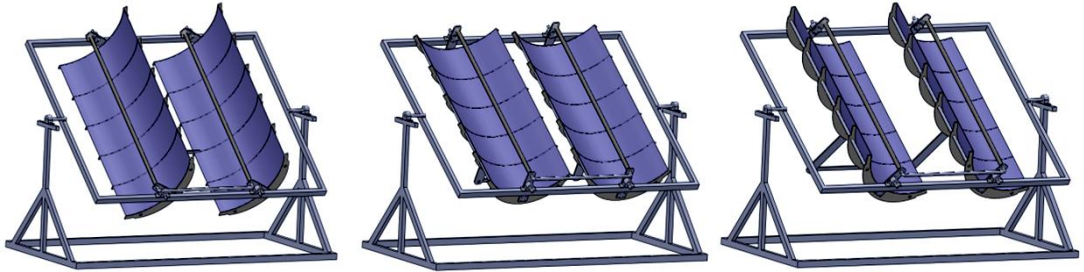


Şekil 3.30. İmalatı yapılan parabolik oluk tipi güneş kollektörünün görünüşü

Kollektörlerin hareket sistemi kuzey/güney yönünde, yüksekliği ayarlanabilen bir mekanizma sayesinde sağlanırken (Şekil 3.8); doğu/batı yönündeki güneş takibi kollektörlerin iskelet sistemine yataklarıldığı noktalarda manuel olarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.9). İki kollektör arasında, gölgeleme faktörü göz önüne alınarak; gölgeleme yapmasına engel olmak için gereken boşluk bırakılmıştır. Deneyler saat 09:00-16:00 arasında gerçekleştirilmiştir ve bu saat aralığında kollektörlerde gölgeleme meydana gelmemiştir.



Şekil 3.31. İmal edilen kollektörün kuzey- güney doğrultusunda hareket kabiliyeti



Şekil 3.32. İmal edilen kollektörün doğu-batı doğrultusunda hareket kabiliyeti

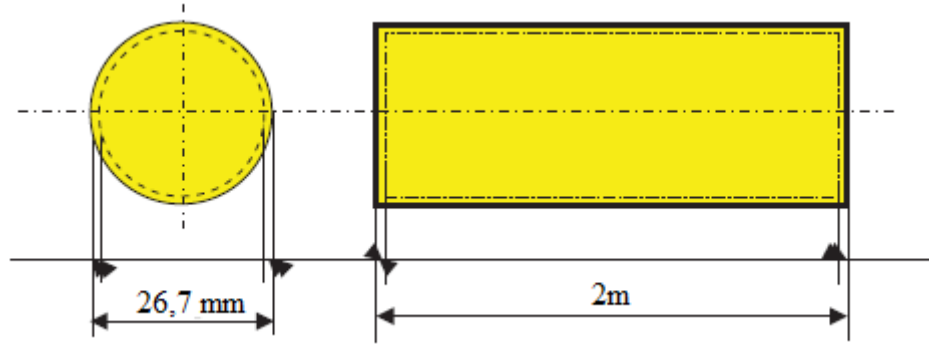
Sistem, 30 lt hacminde bir depo ve bir sirkülasyon pompası içermektedir. İmal edilen parabolik oluk kollektörlerin giriş - çıkış sıcaklıkları ile depo sıcaklığı deney boyunca ölçülmüştür. Sıcaklığın okunmasında testo marka 176 T4- 4 kanallı sıcaklık veri kayıt cihazı kullanılmış, Cu-CuNi termokupl proplarla 4 farklı noktadan paralel sıcaklık ölçümü gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, kollektör giriş ve çıkış sıcaklıkları ile depo sıcaklığını ölçmek için kullanılan daldırma tip su geçirmez propların ölçüm aralığı  $-200...+400^{\circ}\text{C}$ ; hassasiyeti, ölçüm aralığı  $-200...-100,1^{\circ}\text{C}$  ise  $\pm 1\%$ ,  $-100...+70^{\circ}\text{C}$  ise  $\pm 0,3$ ,  $+70,1...+1000^{\circ}\text{C}$  ise  $\pm 0,5\%$ , 'dir.

Çevre sıcaklığı, güneş ışınım şiddeti, rüzgâr hızı, günlük toplam güneşlenme süresi ve nem parametreleri meteoroloji istasyonundan elde edilmiştir. Deneyin gerçekleştirildiği Tarsus ilçesi,  $36^{\circ} 54'$  Kuzey enlemi ve  $34^{\circ} 58'$  Doğu boylamı arasında yer almaktadır.

## 3.2. TASARIM VE İMALATTA KULLANILAN MALZEMELER VE ÖZELLİKLERİ

### 3.2.1. Alıcı Boru ve Cam Örtü

İçerisinden çalışma akışkanının geçtiği alıcı boru olarak, dış çapı 3/4" (26,7 mm) olan TS 6047-1 EN 10208-1 standartlarında doğalgaz borusu kullanılmıştır (Şekil 3.10). Çelik çekme boru olarak da adlandırılan boru, standart spesifikasyonlarına uygun sürekli döküm metodu ile üretilmiş yüksek kaliteli çelikten üretilmiştir. Firmadan bu formda alınan boru, güneş enerjisi üretimi yapılan bir firmada kumlama işlemine tabi tutulduktan sonra siyah mat boy aile boyanmıştır. Çelikten yapılmış bir nesneye uygulanacak en ideal temizleme yüzey yöntemi kumlama yapmaktır. Çelik kumlandıktan sonra boyama işlemine tabi tutulur. Bu işlem aynı zamanda yüzeyin daha iyi boya tutmasına da yardımcı olmaktadır. Tasarlanan parabolik oluk tipi güneş yoğunlaştırıcısında kullanılacak cam örtü Lara Solar firmasının ürettiği borosilikat malzemeli cam tüplerden seçilmiştir.



Şekil 3.33. Alıcı boru ebatları

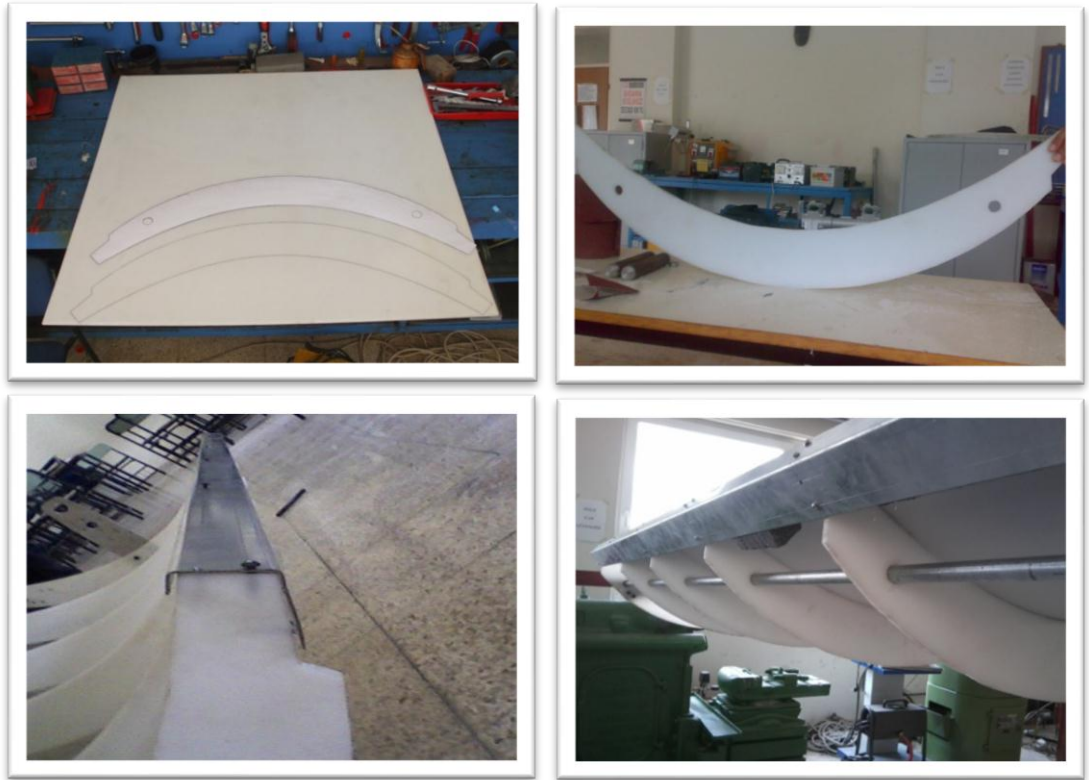
### 3.2.2. Yansıtıcı Malzeme

3mm kalınlığında 103 x 200 cm ebatlarında gümüş pleksiglas akrilik ayna, yansıtıcı malzeme olarak kullanılmıştır. Pleksi Akrilik Levha, polimetilakrilat esaslı termoplastik bir malzemedir. Normal cama oranla darbelere 6 kat daha dayanıklıdır,

kırılan parçaları keskin kenarlı değildir, yaralanmalara sebep olmaz. Pleksinin kendi kendine yanma sıcaklığı 400°C'dir.

### 3.2.3. Taşıyıcı İskelet Sistemi

İskelet sistemi delrin malzemeden üretilmiştir. Delrin, metallerin sahip olmadığı özellik ve avantajlara sahiptir ( Şekil 3.11) Elastikiyet, sertlik, boyutsal kararlılık ve üstün dayanıklılık bunlardan bazılarıdır. Ayrıca mükemmel mekanik dayanım özellikleri vardır [101]. Şekil 3.12'de Taşıyıcı sistem üzerine yerleştirilen parabolik oluk kollektörlerin ön ve arka görünüşü yer almaktadır.



Şekil 3.34. İskelet Sistemi



Şekil 3.35. Taşıyıcı sistem üzerine yerleştirilen parabolik oluk kollektörlerin ön ve arka görünüşü

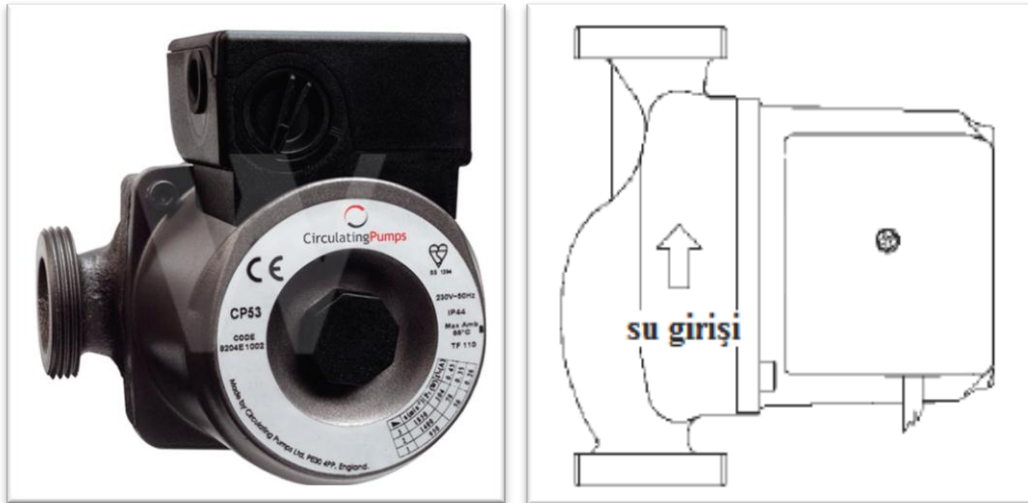
#### 3.2.4. Sirkülasyon Pompası

Çalışma akışkanı olan suyun kullanıldığı sistemde, depo çıkışı ile kollektör girişi arasına suyu sistemde sürekli çevirebilmek amacıyla, CP 53 kademeli

sirkülasyon pompası kullanılmıştır. Kullanılan sirkülasyon pompasının ağız çapı 1 1/2", bağlantı uzunluğu 130 mm'dir. Önerilen minimum debi 5 lt/dk'dır. Pompa elle ayarlanabilen değişken hız ayarına sahiptir. Pompaya ait hız ve akım bilgileri Çizelge 3.3'de verilmiştir. Şekil 3.13'de gösterildiği gibi pompa akış ile aynı pozisyonda ve dik olarak depoya bağlanmıştır.

Çizelge 3.3. Pompanın teknik özellikleri [102]

|      | Hız             | Hız RPM | Watt | Amper |
|------|-----------------|---------|------|-------|
| CP53 | 3. hız kademesi | 1850    | 104  | 0,45  |
|      | 2. hız kademesi | 1400    | 78   | 0,35  |
|      | 1. hız kademesi | 950     | 56   | 0,26  |



Şekil 3.36. Sirkülasyon pompası ve bağlantı yönü [102]

### 3.2.5. Veri Kayıt Cihazı ve Sıcaklık Algılayıcı Proplar

103 x 63 x 33 mm ebatlarında, testo marka 176 T4- 4 kanallı sıcaklık veri kayıt cihazı, termokupl proplarla 4 farklı noktaya kadar paralel sıcaklık ölçümü yapmaktadır. Veri kayıt cihazının üzerinden anlık olarak sıcaklıkları okumak mümkün olduğu gibi, bilgisayar bağlantısı ile verileri okumak da mümkündür.



Şekil 3.37. Veri kayıt cihazı

Çalışmada, kollektör giriş ve çıkış sıcaklıkları ile depo sıcaklığını ölçmek için kullanılan daldırma tip su geçirmez probun ölçüm aralığı  $-60... +1000$  °C'dir (Şekil 3.14.). Şekil 3.15'de probun sistem üzerindeki durumu yer almaktadır.



Şekil 3.38. Probun sistem üzerinde bağlantısı



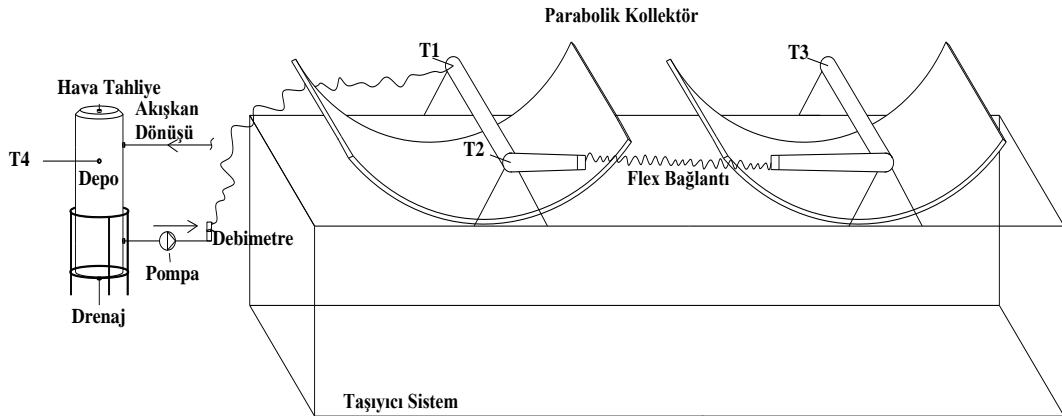
### 3.2.6. Depo

Şekil 3.16'da yer alan, 30 lt hacminde kapalı bir hazne depo olarak kullanılmıştır. Depo üzerinde su giriş çıkışı, deponun orta noktasından sıcaklık algılayıcının yerleştirilebileceği 3/4" lik çıkış noktaları mevcuttur.



Şekil 3.39. Depo

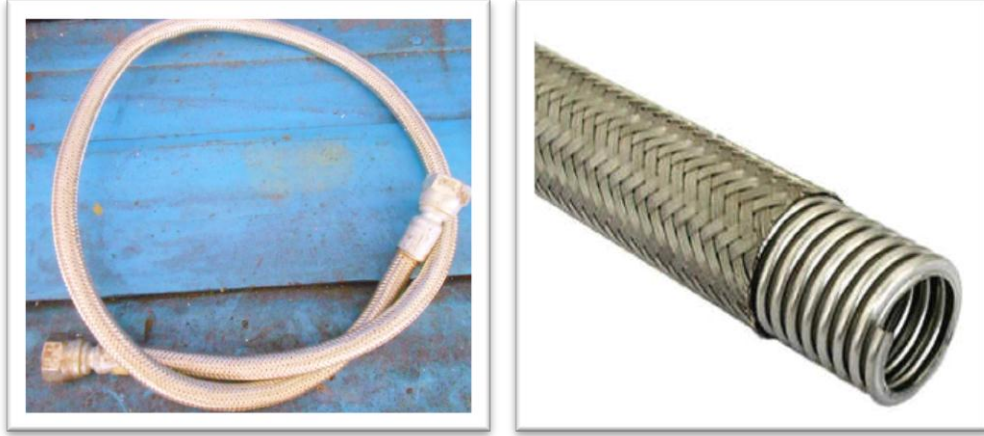
Ayrıca deponun üst kısmında hava tahliye etmek için, alt kısmında ise içerisindeki sıvıyı boşaltabilmek için çıkış noktaları mevcuttur. Şekil 3.17'de ise deponun sisteme olan bağlantısının şeması yer almaktadır.



Şekil 3.40. Deponun Sisteme bağlantısı

### 3.2.7. Thermo Flex Boru

Kollektörler ve 2. kollektör-depo arasında yapılan bağlantılarda yüksek sıcaklığa dayanıklı (-200°C- 816°C) thermo flex boru kullanılmıştır ( Şekil 3.18). Çalışma akışkanının içerisinden geçtiği bu paslanmaz çelik hortum, kollektörlerin güneşi takip ederken yaptığı hareketten etkilenecek kırılmaması için esnek özelliktedir.



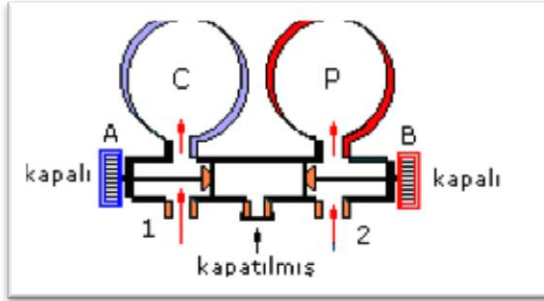
Şekil 3.41. Thermo flex boru

### 3.2.8. Vakum Cihazı ve Servis Manifoldu

Vakum pompası bir çeşit hava emen kompresördür. Emici boru ve cam örtü birleştirildikten sonra arasındaki boş alanın, ısıl kayıpları azaltmak, ayrıca ortamı hava, rutubet ve diğer kirleticilerden arındırmak için vakumlanması önemlidir. Pompa taşınabilir tarzda elektrikli bir derin vakum pompasıdır. Düşük emme basınçlarında derin vakum yöntemi kullanıldığı için sistemimizde derin vakum pompası ve üzerinde emme-şarj basınç göstergelerinin bulunduğu bir servis manifoldu kullanılmıştır (Şekil 3.19).



Şekil 3.42. Vakum pompası ve servis manifoldu



Şekil 3.43. Manifold vanaları

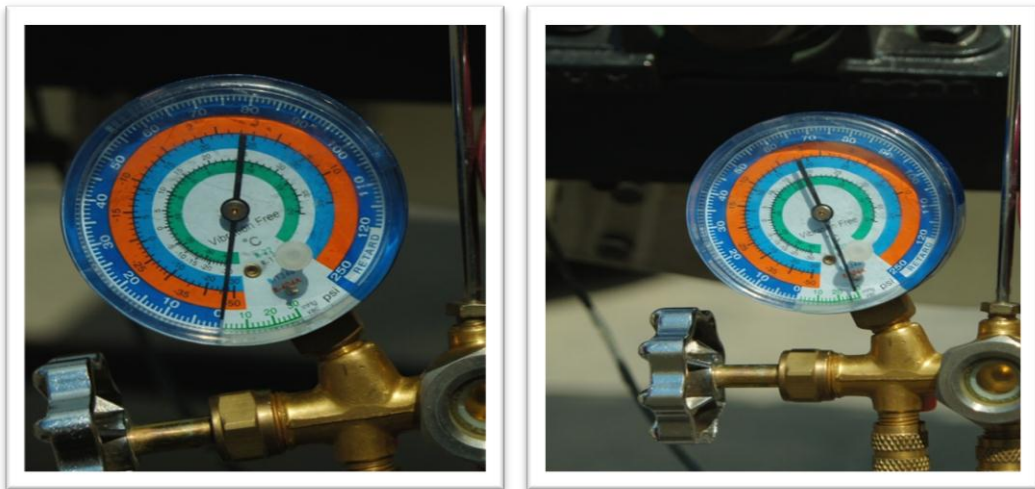
Şekil 3.20’de, “C” vakum ve basınç göstergesini (kombine gösterge), “P” basınç göstergesini ifade etmektedir. Manifoldun alt kısmında sol taraf (1) emme tarafı servis valfine, ortadaki ağız servis silindirine bağlantıyı göstermektedir (Şekil 3.21). Vakum değeri, göstergenin 0 ile 30” lik kısmından okunur. Bu teçhizatı asmak için manifold üzerinde kanca yer almaktadır.



Şekil 3.44. Manifold bağlantısı

Sistemin iyice vakuma alınması (50 – 100 mikron Hg) ve yoğuşmayan gazların kalmaması sağlanmalıdır. Vakum manometresinin hassas, doğru ve hakiki sistem basıncını göstermesi çok önemlidir. Vakum pompasına bağlantı borusundaki basınç düşmesinin de dikkate alınması ve bunun mümkün mertebe az olması sağlanmalıdır. Derin vakum yöntemi, bir sistemin hava ve rutubetten uzak olmasını sağlayan en geçerli yöntemdir. Uzun zaman alır; ancak alınan sonuçlar çok daha olumludur. Bu yöntemde izlenen yol sırası ile [103];

- Orta ucu (hortumu) vakum manifoldu donanımına, diğer ucu vakum pompasını bağlanır.
- Pompaya ve gösteregeye giden uç açılır.
- Gösterge manifoldu üzerindeki her iki valf de sonuna kadar açılır ve servis valfi yarım ayar yapılır.
- Vakum pompasını çalıştırılır ve 0 ile 30" inç cıva sütunu ile gösterilen skalada son noktaya erişinceye kadar pompa çalıştırılır.
- Pompa valfini kapatılır ve sistemden ayrılır. Vakum pompasını 5 dakika kadar durdurunuz ve sistemde vakumun gerçekten 50"e eriştiğini ve orada kaldığını görmek üzere vakum göstergesi gözlenir (Şekil 3.22).
- Eğer sistem bu değerde kalmazsa, tüm bağlantıları kontrol edilir ve sistem bu değerde kalana dek vakumlamayı tekrar edilir.
- Göstergeye giden valf kapatılır.



Şekil 3.45. Vakum göstergesi

### 3.2.9. Taşıyıcı Sistem ve Ayaklar

40 x 60 mm demir profilden kaynakla birleştirilerek, kolektörleri taşıyıcı sistem imal edilmiştir. Güneş kolektörünün atölye içinden deney yapılacak noktaya rahatça taşınmasını sağlamak amacıyla taşıyıcı sisteme tekerlekler monte edilmiştir (Şekil 3.23).



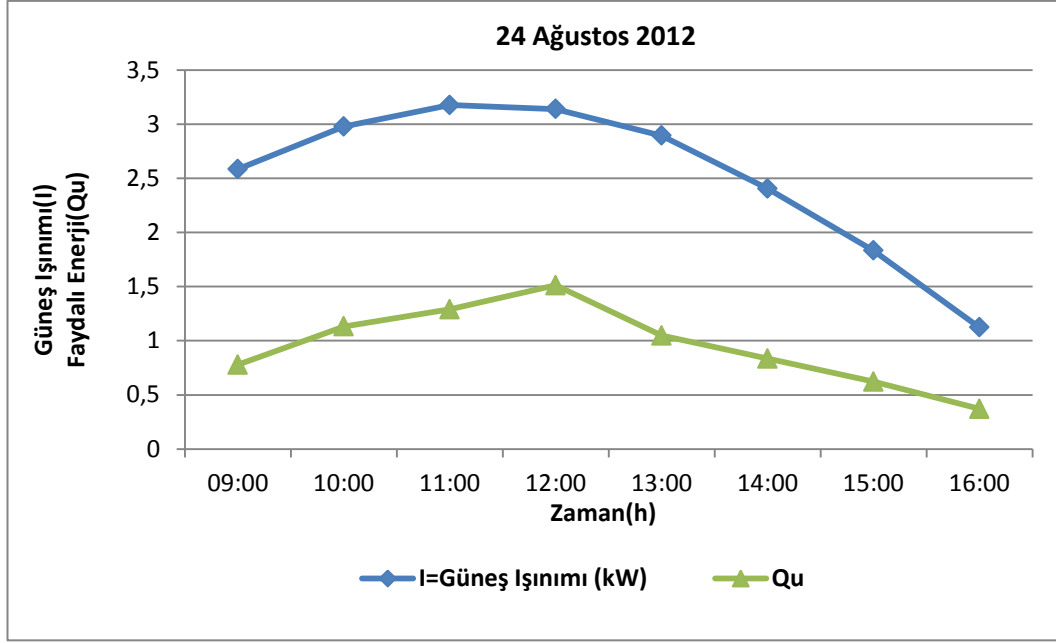
Şekil 3.46. Taşıyıcı sistem ve ayaklar

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

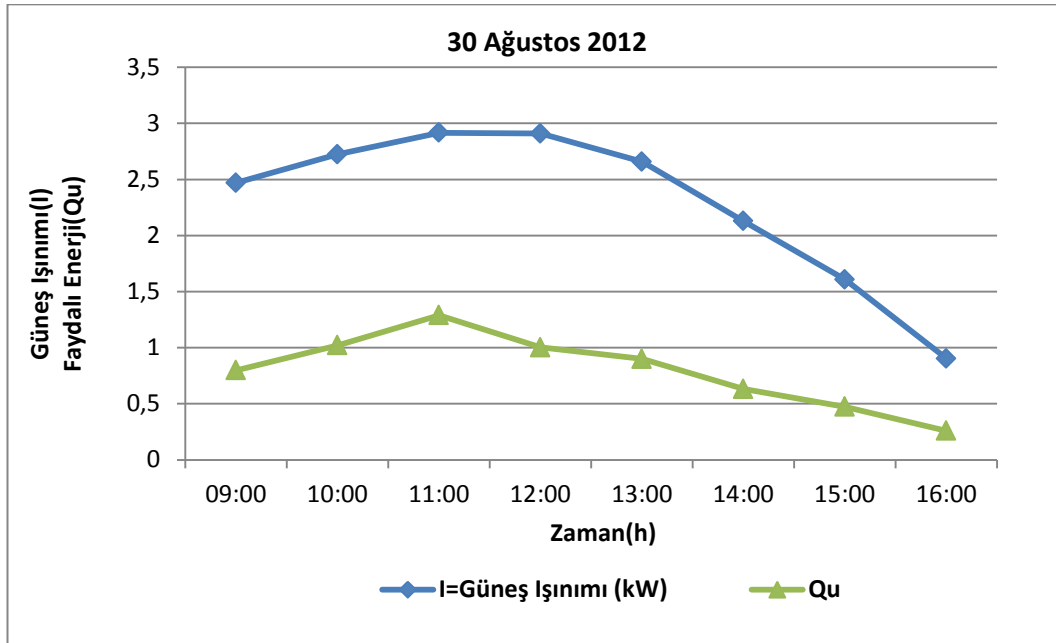
Tasarımı ve imalatı yapılan kollektörün ısı performansını, Tarsus iklim şartlarında deneysel olarak incelenmiştir. Sistem performansı ve kollektör verimliliği, ortam sıcaklığı ve su giriş-çıkış sıcaklıkları kullanılarak güneş ışınımının farklı değerleri için belirlenmiştir. Kollektör giriş ve çıkış sıcaklıkları ile depo suyu sıcaklığı; sıcaklık algılayıcı proplar sayesinde ölçülmüş ve veri kayıt cihazı (data-logger) ile okunması gerçekleştirilmiştir. Su debisi ölçümü debimetre ile sağlanmıştır. Cam tüplü paslanmaz çelik şamandıralı debimetre sıvı için 25-250 ml/dk ölçüm aralığına ve %1 hassasiyete sahiptir. Kollektör veriminin hesaplanmasında eşitlik (2) kullanılmıştır.

$$\eta = \frac{Q_u}{I \times A_a} = \frac{m \times C_p \times (T_{\text{ç}} - T_g)}{I \times A_a} \quad (2)$$

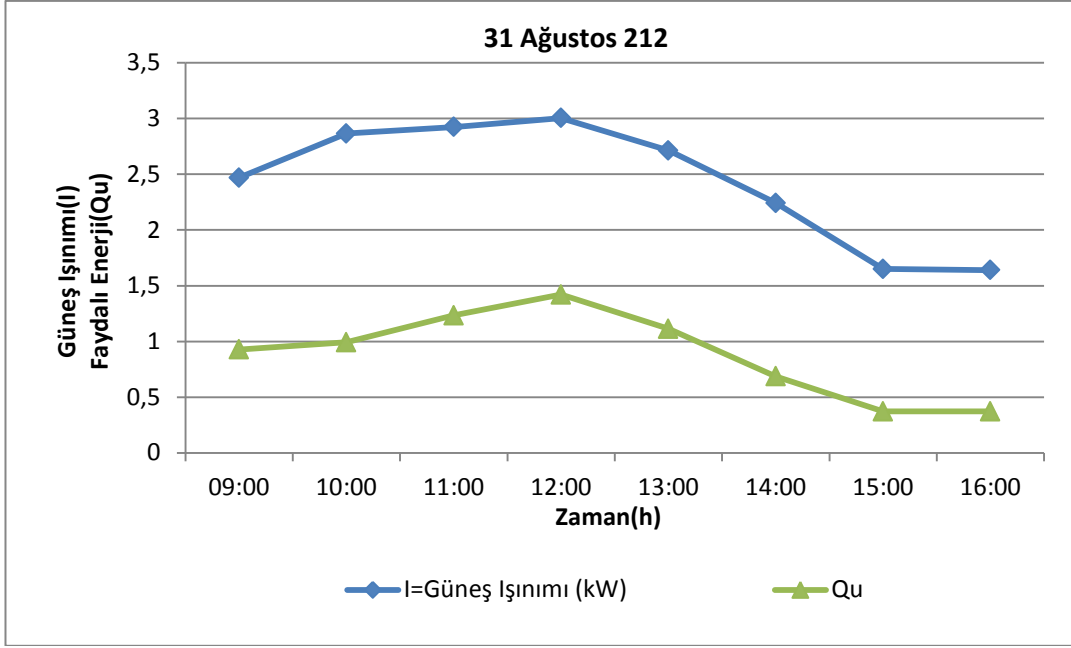
Deneyler 09:00- 16:00 saatleri arasında gerçekleştirilmiştir. Başlangıç anında depo suyu sıcaklığı ölçülmüş, bir saat aralıkla sıcaklıklar kaydedilmiştir. Şekil 4.1- Şekil 4.9 'da yer alan grafikler güneşten elde edilen ışınım miktarı ve toplamda 3,6 m<sup>2</sup>'lik kollektör açıklık alanına sahip sistemde bu ışınım değerinin ne kadarının faydalı enerji olarak kullanılabilirdiği (Qu) gösterilmektedir. Faydalı enerji eğrisi güneş ışınımı değerleri ile yakın iniş çıkış değerleri sergilemiştir. Güneş ışınımının en yüksek olduğu saatlerde elde edilen faydalı enerji de maksimum değerlere erişmiş, benzer şekilde de düşüşe geçmiştir. Bu durum göstermektedir ki kullanılabilir ısı kazancı güneş ışınımından etkilenmektedir.



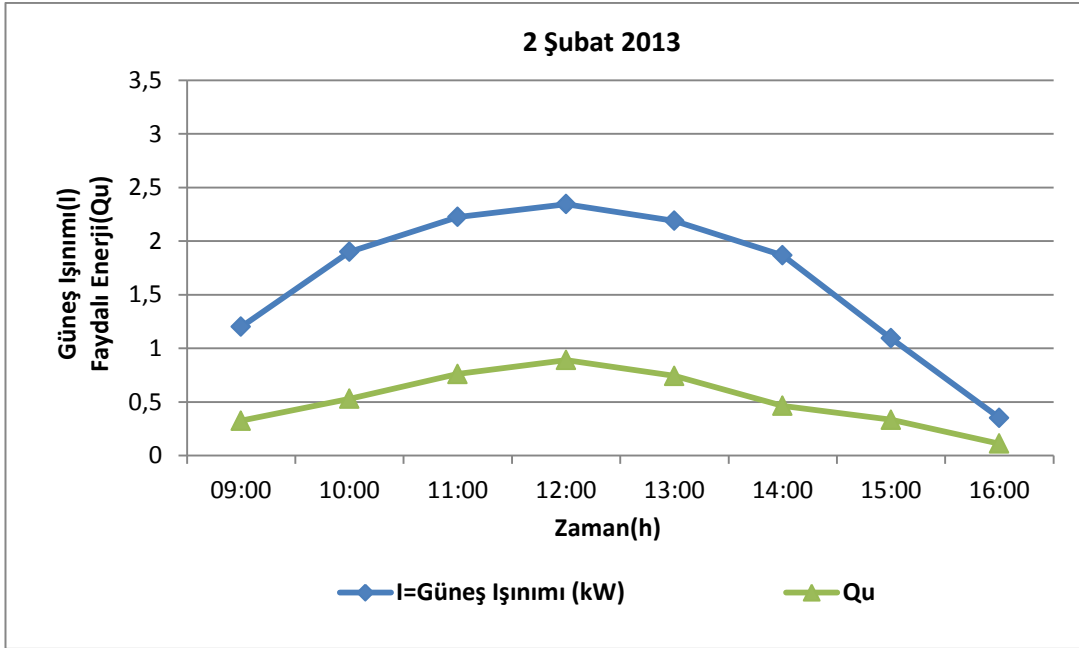
Şekil 4.2. 24 Ağustos 2012 güneş ışınımı ve faydalı enerji miktarının zamana bağlı değişimi



Şekil 4.2. 30 Ağustos 2012 güneş ışınımı ve faydalı enerji miktarının zamana bağlı değişimi

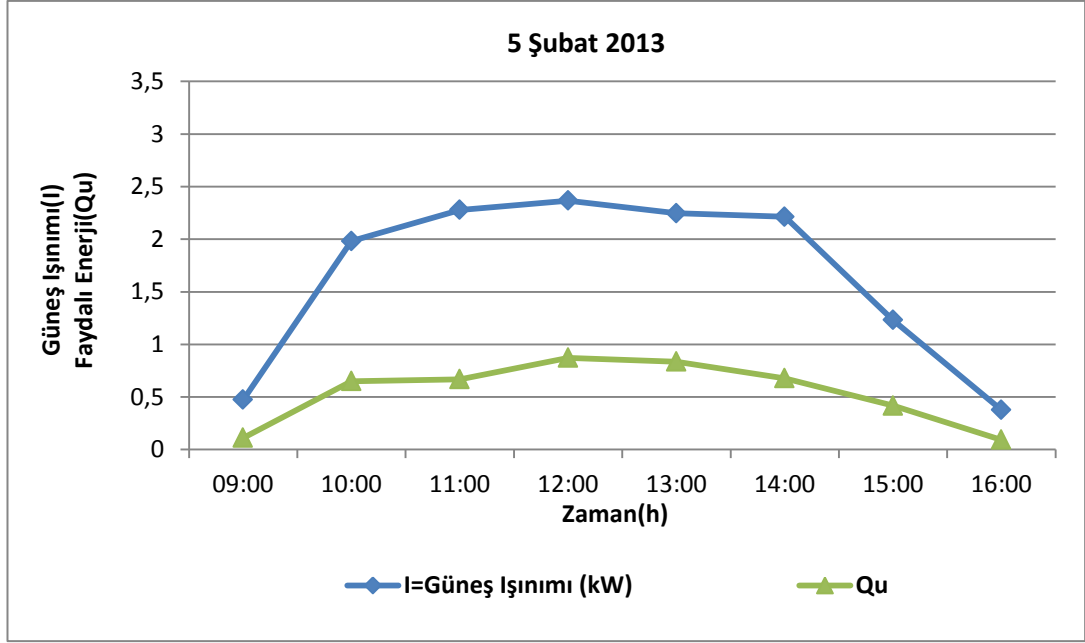


Şekil 4.3. 31 Ağustos 2012 güneş ışınımı ve faydalı enerji miktarının zamana bağlı değişimi

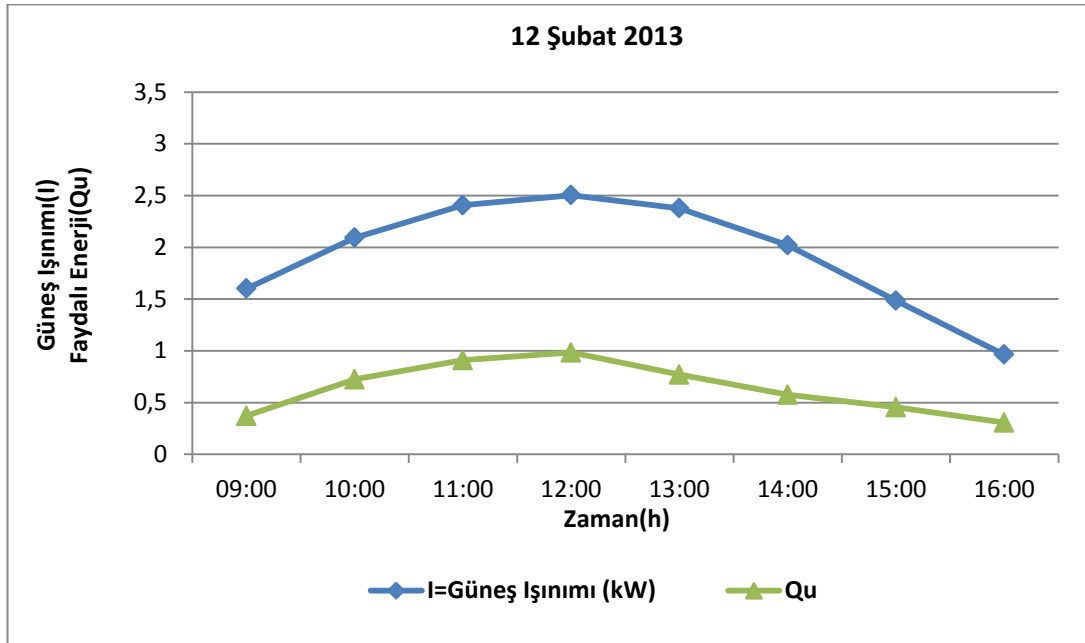


Şekil 4.4. 2 Şubat 2013 güneş ışınımı ve faydalı enerji miktarının zamana bağlı değişimi

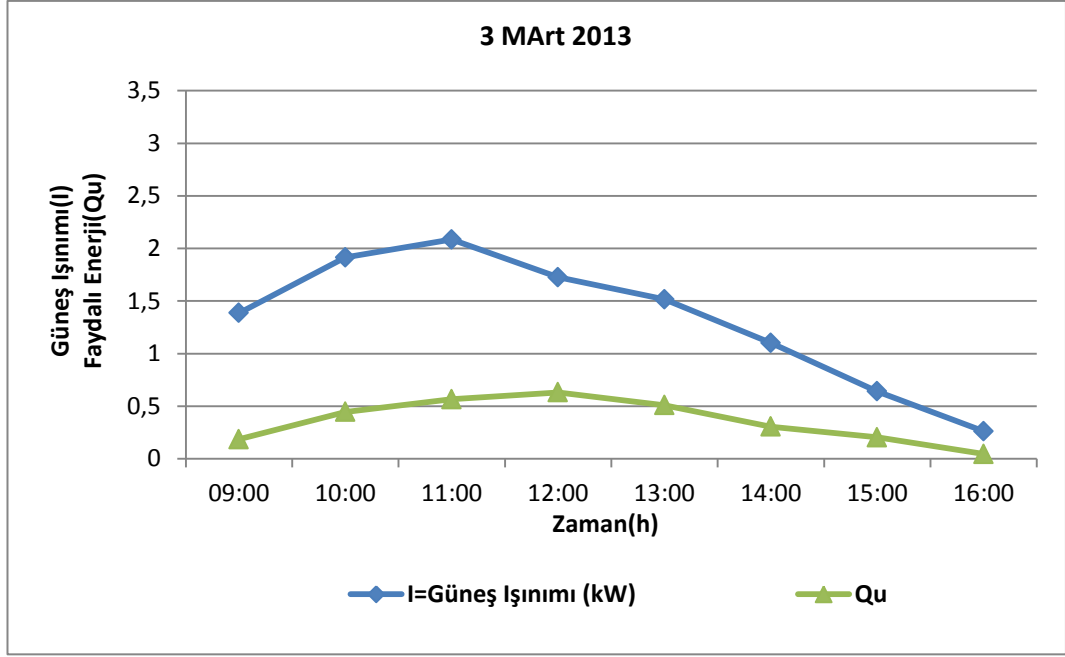




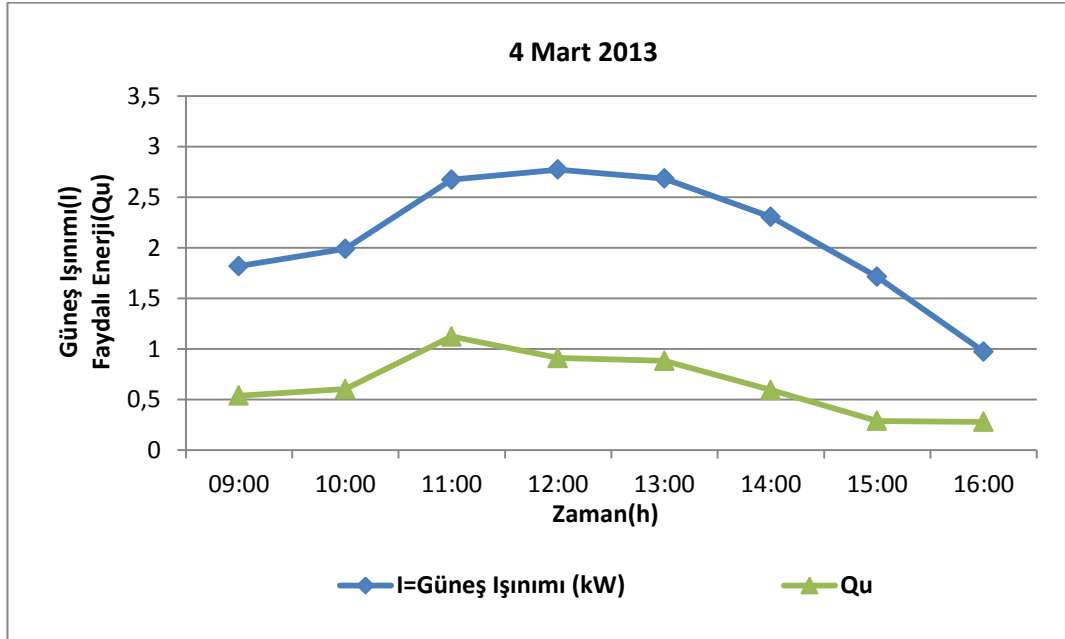
Şekil 4.5. 5 Şubat 2013 güneş ışınımı ve faydalı enerji miktarının zamana bağlı değişimi



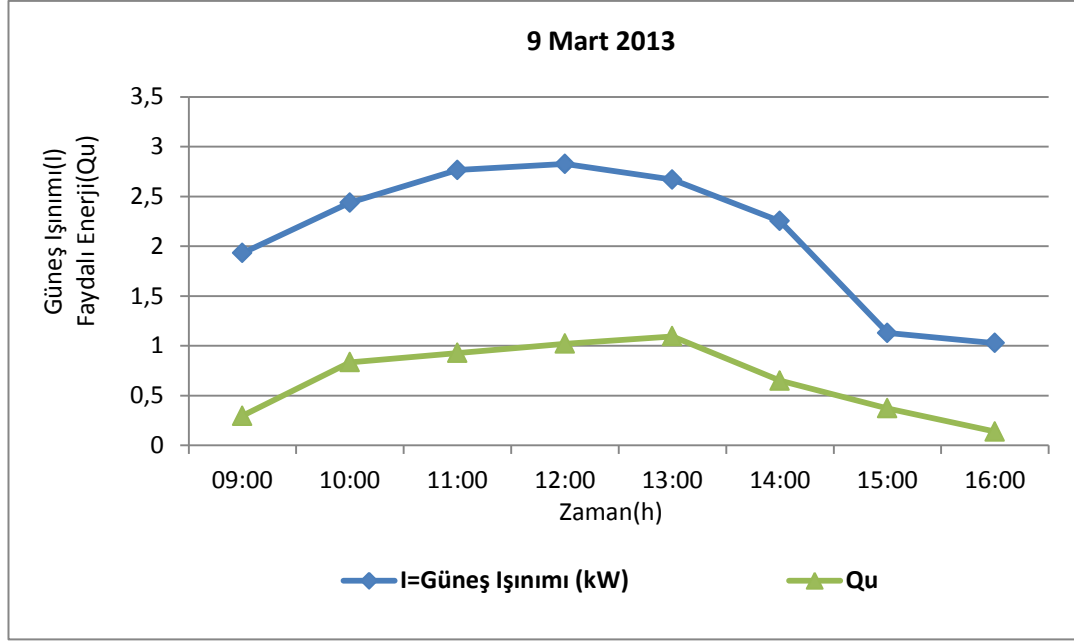
Şekil 4.6. 12 Şubat 2013 güneş ışınımı ve faydalı enerji miktarının zamana bağlı değişimi



Şekil 4.7. 3 Mart 2013 güneş ışınlımı ve faydalı enerji miktarının zamana bağılı değışimi

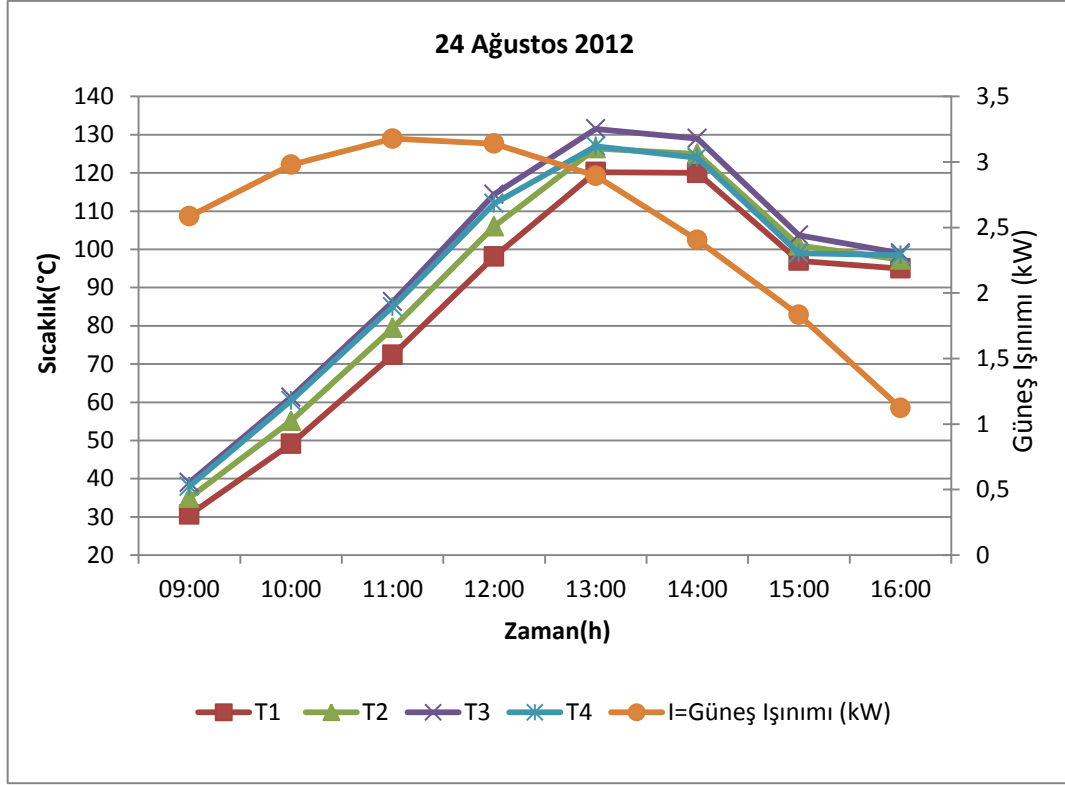


Şekil 4.8. 4 Mart 2013 güneş ışınlımı ve faydalı enerji miktarının zamana bağılı değışimi

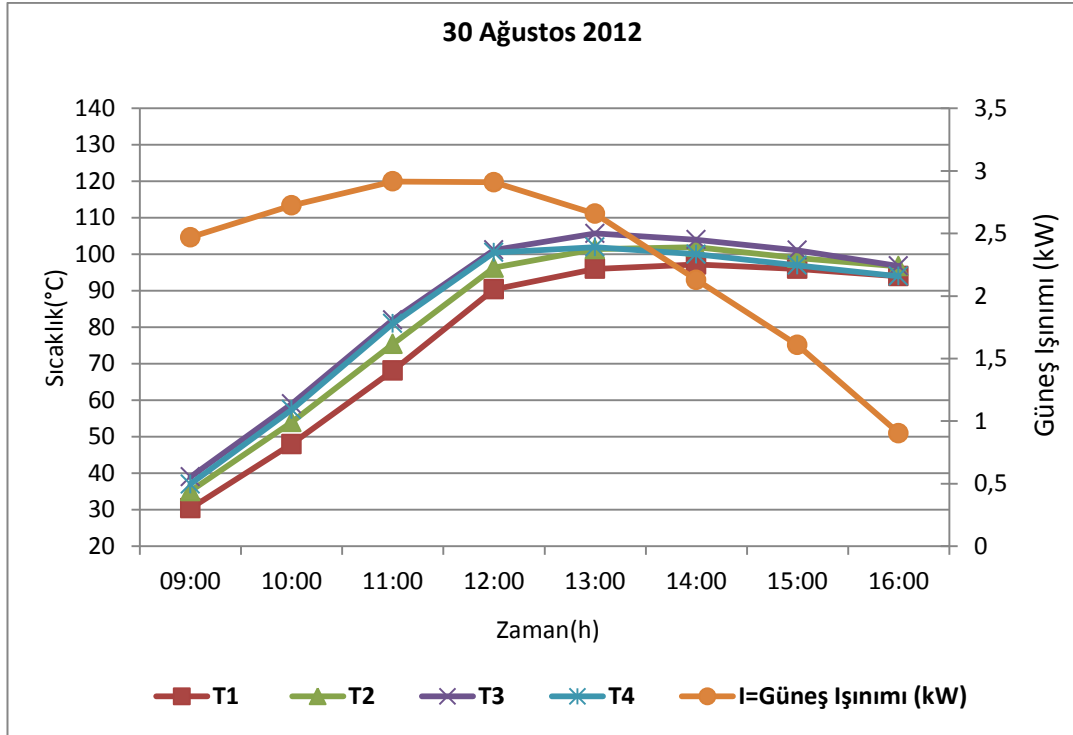


Şekil 4.9. 9 Mart 2013 güneş ışınımı ve faydalı enerji miktarının zamana bağlı değişimi

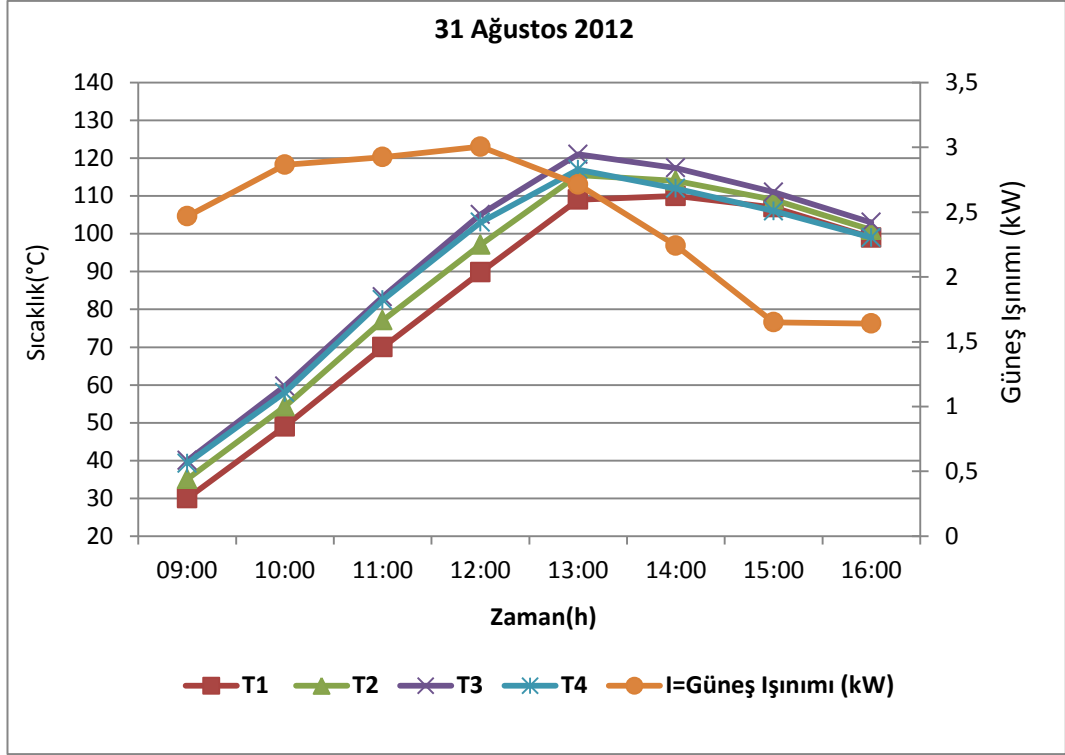
Şekil 4.10 – 4.18’de parabolik kollektör ile elde edilen sıcaklıkların ve ışınımın zamana bağlı değişimi verilmiştir.  $T_1$ ; 1. kollektör giriş sıcaklığı,  $T_2$ ; 1. kollektör çıkış sıcaklığı,  $T_3$ ; 2. kollektör çıkış sıcaklığı ve  $T_4$ ; depo suyu sıcaklığını göstermektedir. Işınım miktarı öğle saatlerine kadar artmış ve sonrasında azalmıştır. Sistem kapalı devre olarak çalıştığından; elde edilen sıcaklıklar, çevre sıcaklığının ve güneş ışınımının etkisi ile artış göstermektedir. En yüksek sıcaklıklar  $T_3$  noktasında yapılan ölçümlerde elde edilmiş, her çevrimde depo suyuna ısı aktarılırken yaklaşık  $2^\circ\text{C}$  kayıp yaşanmıştır. Bunun nedeni deponun yalıtılmaması ve yüksek sıcaklıktaki su ile daha düşük sıcaklıktaki suyun birbirine karışması esnasında yaşanan, rüzgârın da etkisi ile gerçekleşen ısı kayıplarıdır. Bu, gerçekleşmesi beklenen bir durumdur.



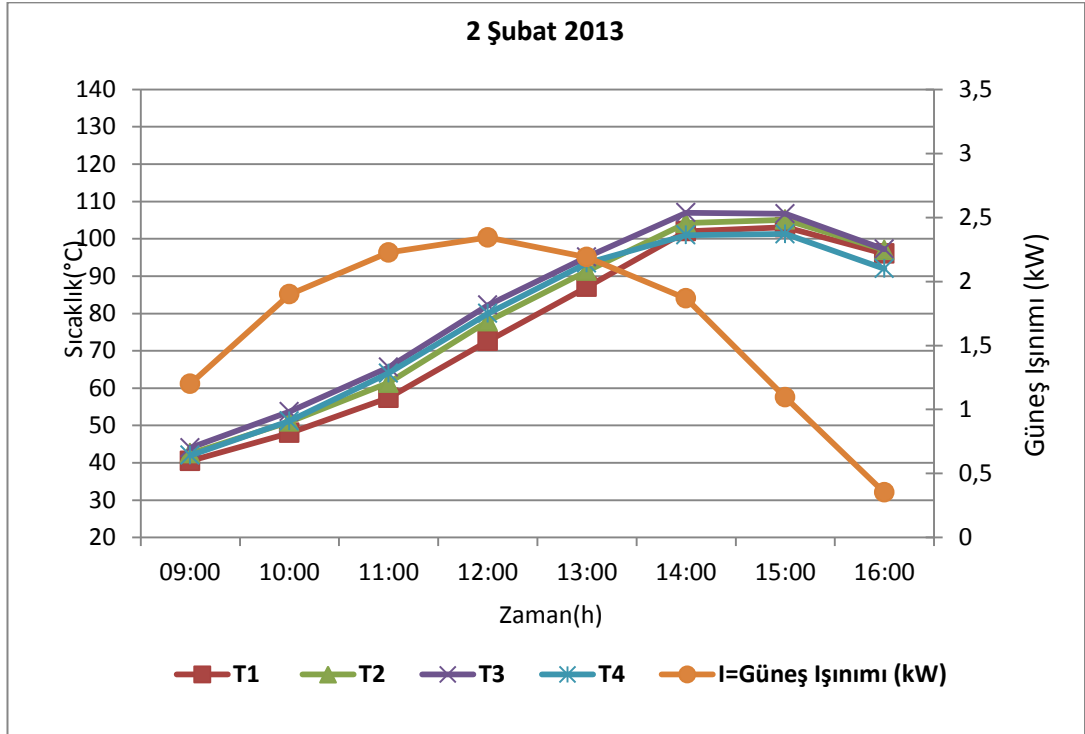
Şekil 4.10. 24 Ağustos 2012 parabolik kollektör ile elde edilen sıcaklıkların ve ışınımın zamana bağlı değişimi



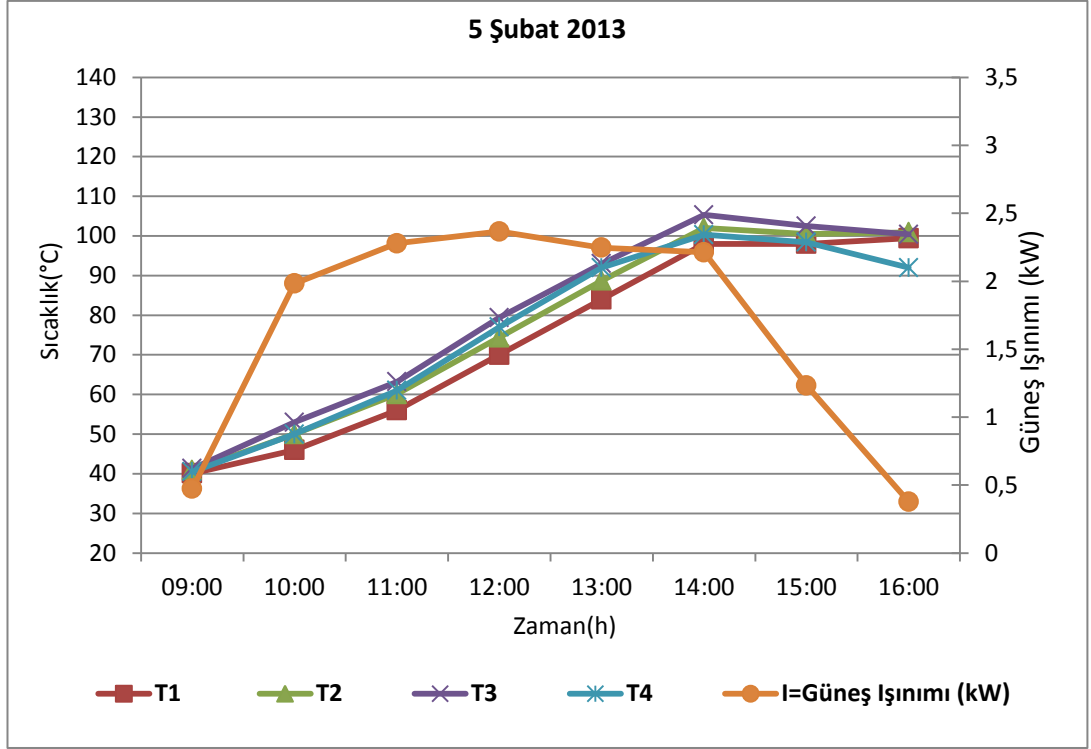
Şekil 4.11. 30 Ağustos 2012 parabolik kollektör ile elde edilen sıcaklıkların ve ışınımın zamana bağlı değişimi



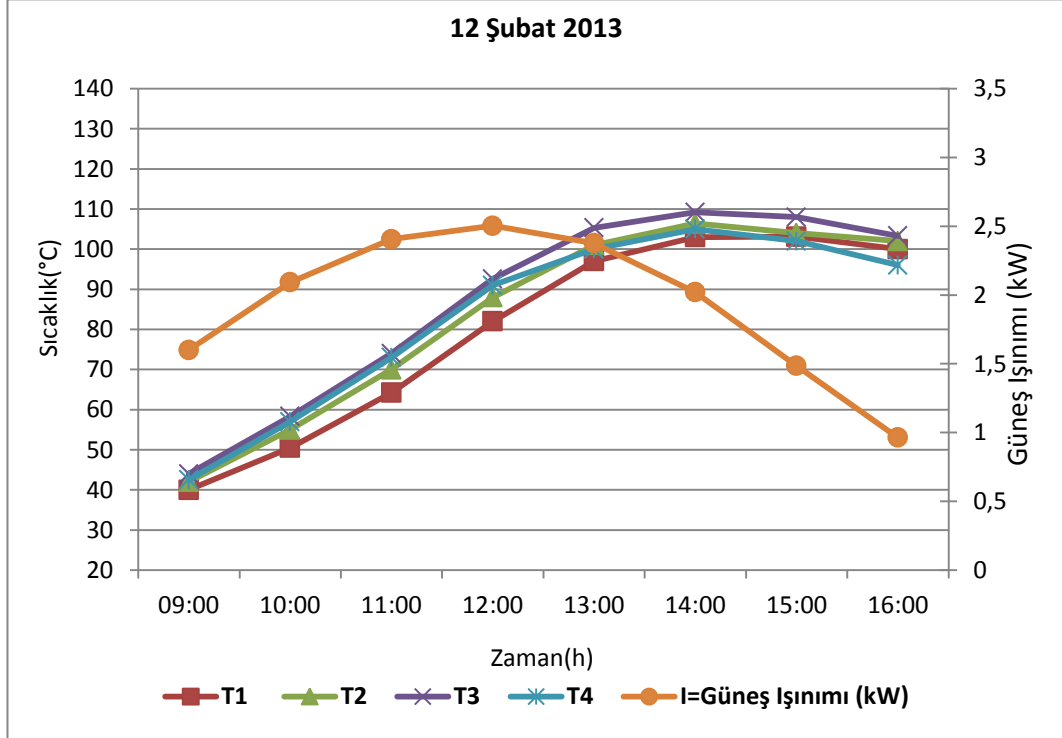
Şekil 4.12. 31 Ağustos 2012 parabolik kollektör ile elde edilen sıcaklıkların ve ışınımın zamana bağlı değişimi



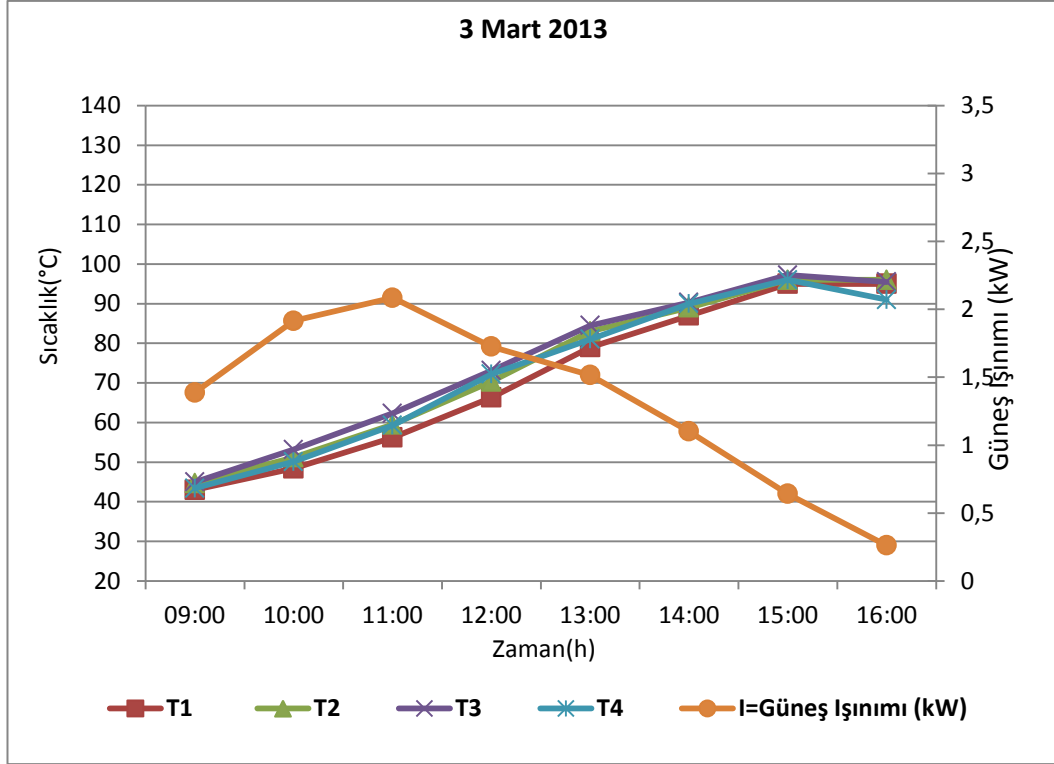
Şekil 4.13. 2 Şubat 2013 parabolik kollektör ile elde edilen sıcaklıkların ve ışınımın zamana bağlı değişimi



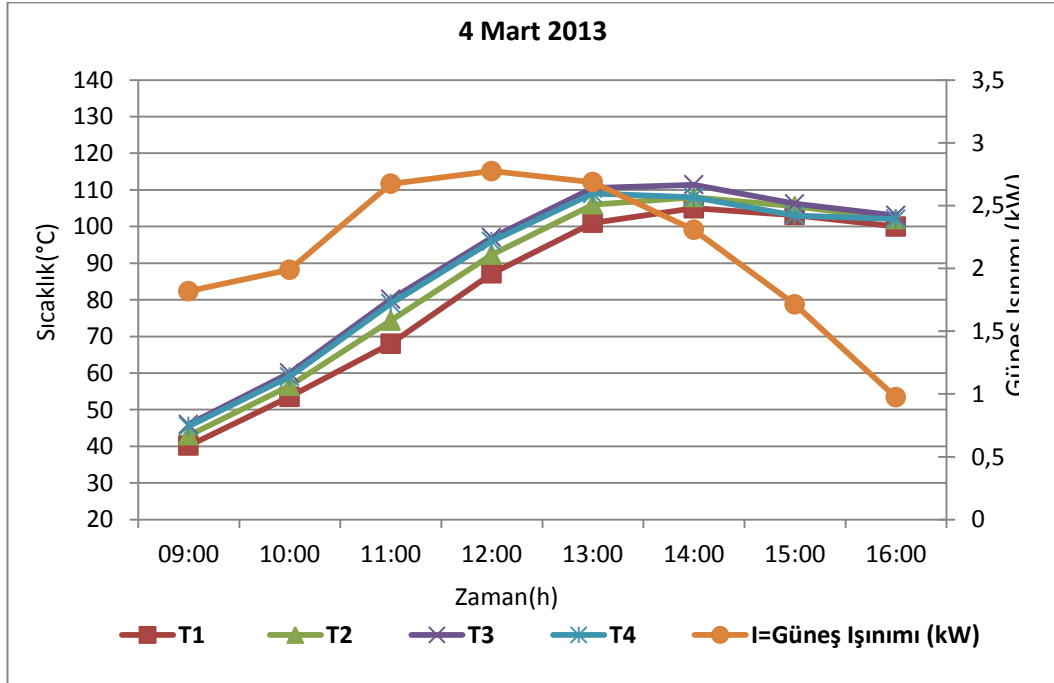
Şekil 4.14. 5 Şubat 2013 parabolik kollektör ile elde edilen sıcaklıkların ve ışınımın zamana bağlı değişimi



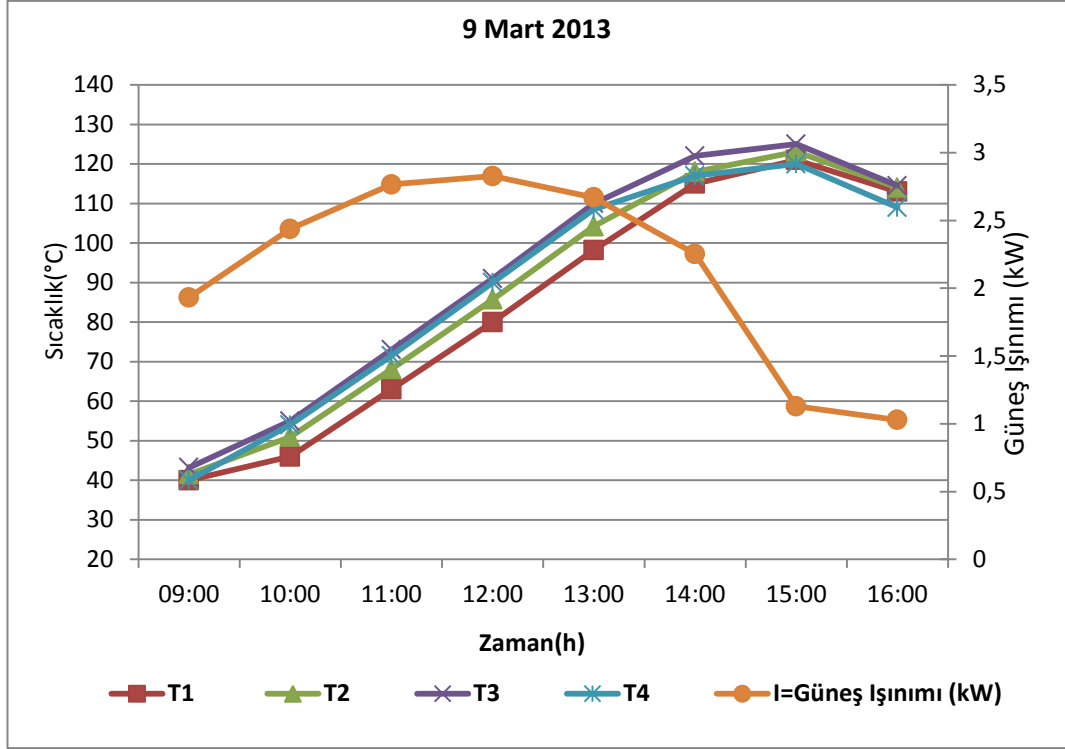
Şekil 4.15. 12 Şubat 2013 parabolik kollektör ile elde edilen sıcaklıkların ve ışınımın zamana bağlı değişimi



Şekil 4.16. 3 Mart 2013 parabolik kollektör ile elde edilen sıcaklıkların ve ışınımın zamana bağlı değişimi



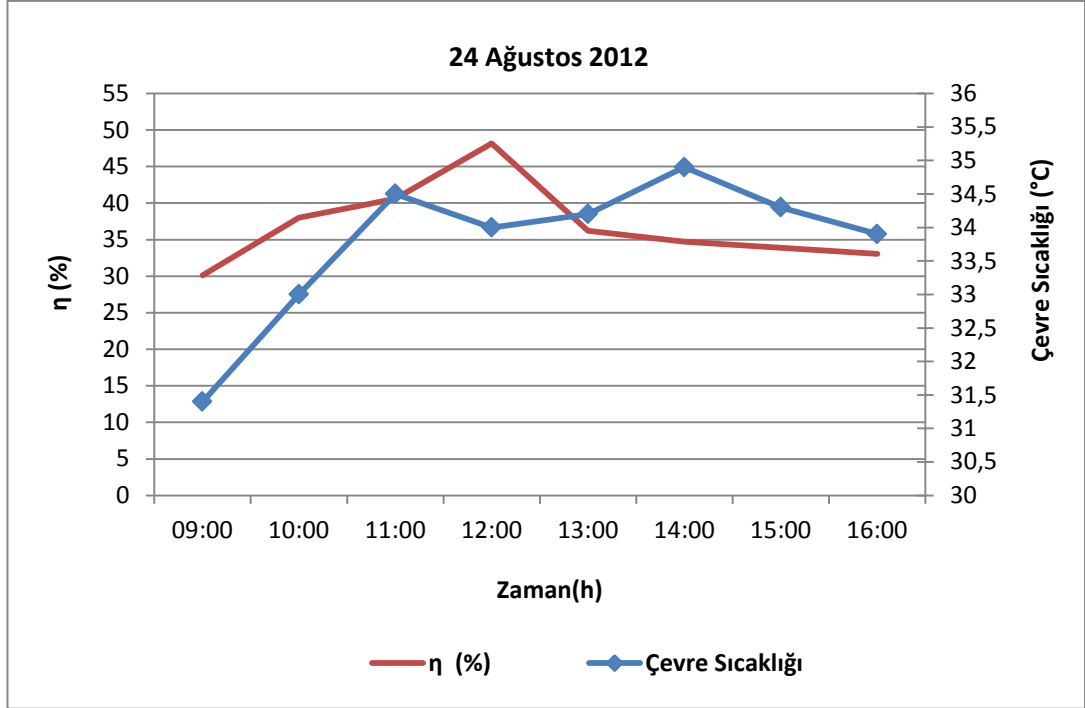
Şekil 4.17. 4 Mart 2013 parabolik kollektör ile elde edilen sıcaklıkların ve ışınımın zamana bağlı değişimi



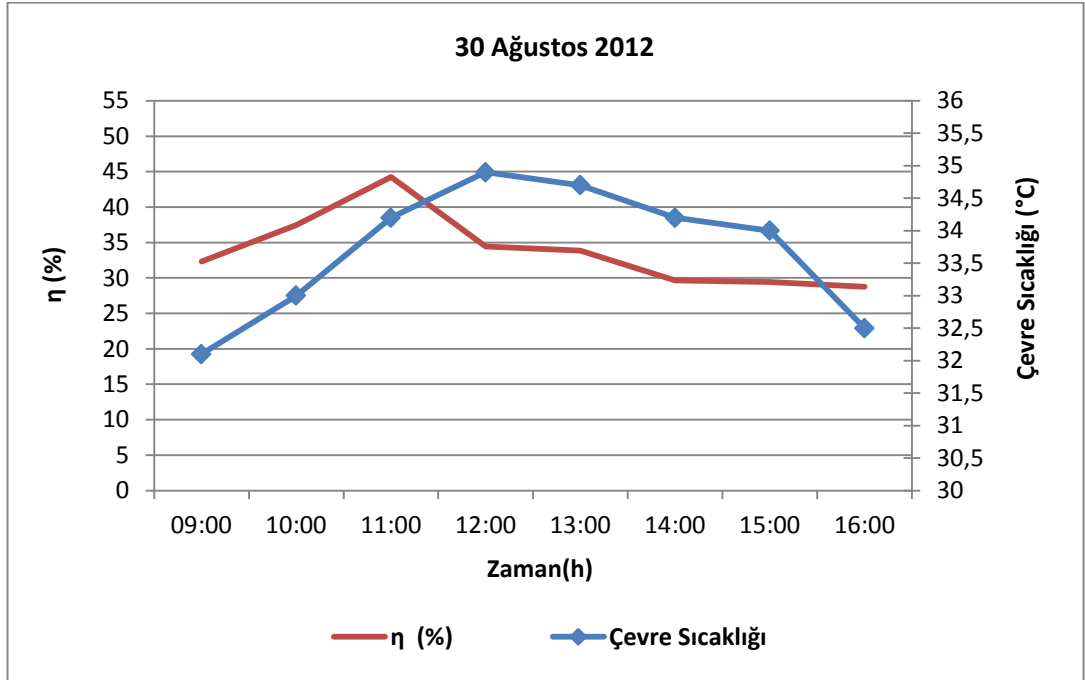
Şekil 4.18. 9 Mart 2013 parabolik kollektör ile elde edilen sıcaklıkların ve ışıınının zamana bağlı değişimi

Şekil 4.19 - 4.27’de verimin çevre sıcaklığı ile değişimi grafikleri incelendiğinde, çevre sıcaklığının başlangıç değerinin altına düşmeyerek, birbirine yakın seyretmesi, verimin beklendiği gibi yükselmesini sağladığı gözlemlenmiştir.

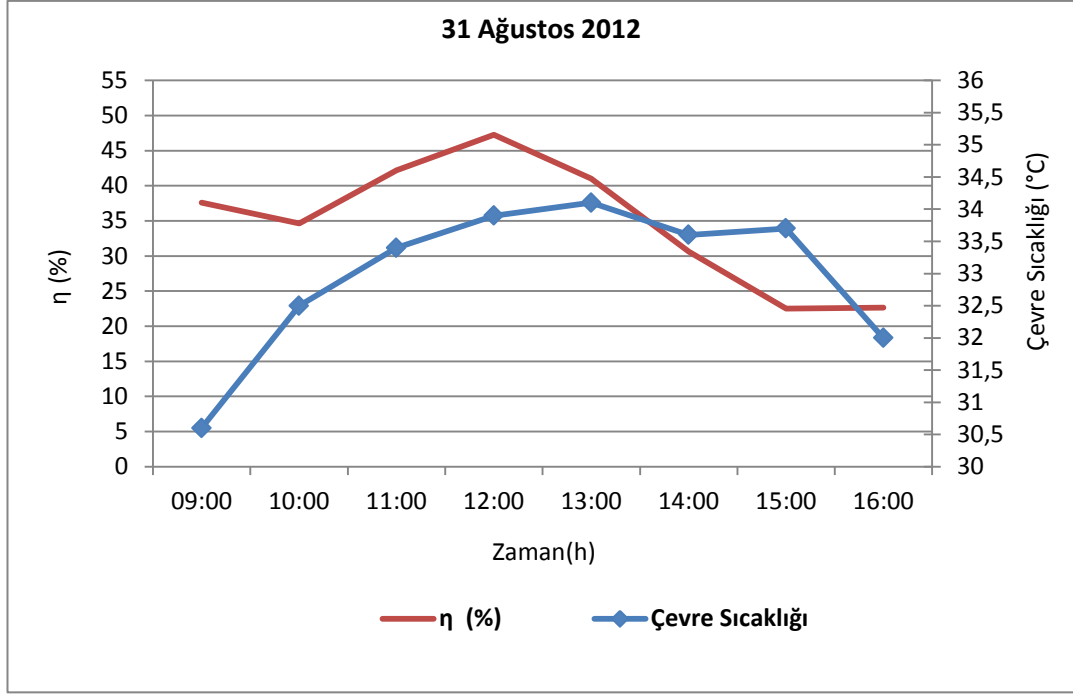




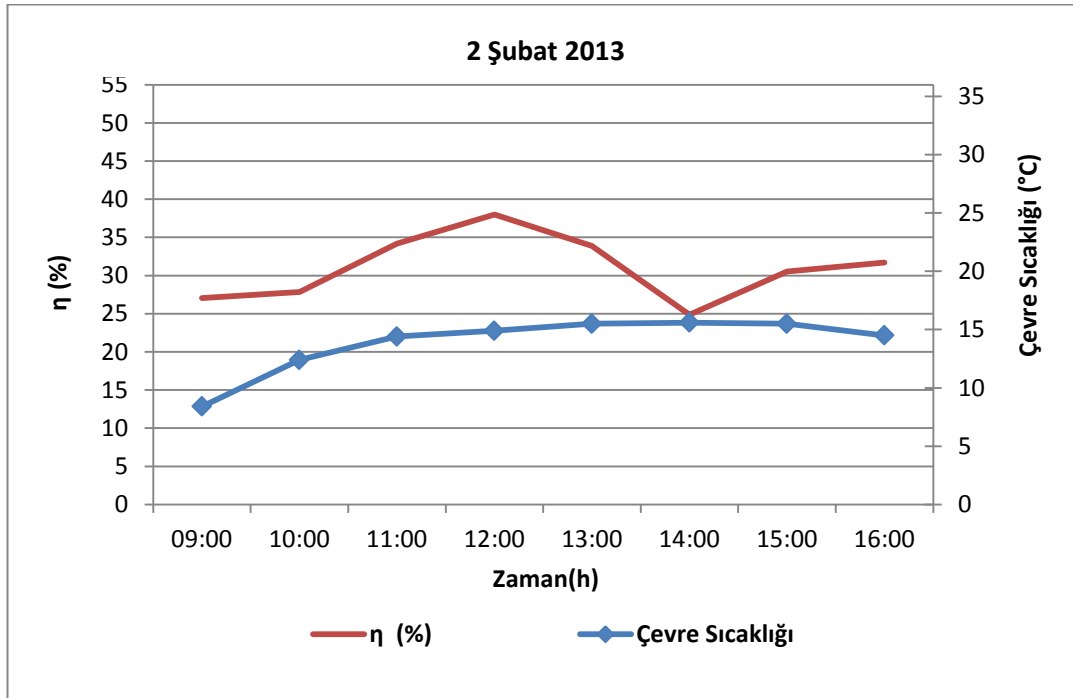
Şekil 4.19. 24 Ağustos 2012 verimin çevre sıcaklığı ile değişimi



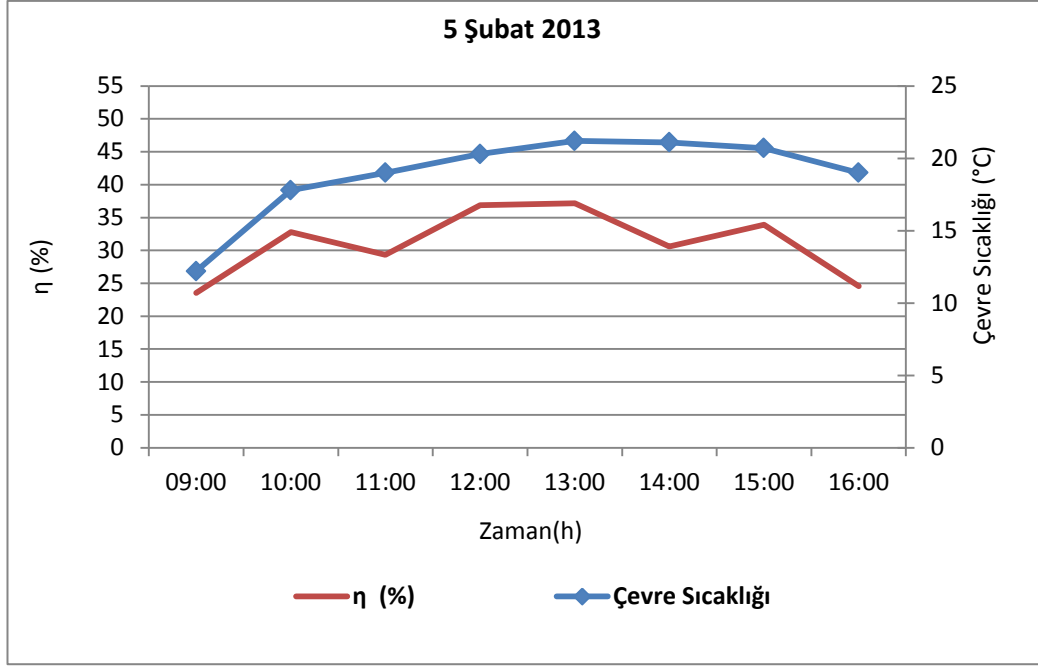
Şekil 4.20. 30 Ağustos 2012 verimin çevre sıcaklığı ile değişimi



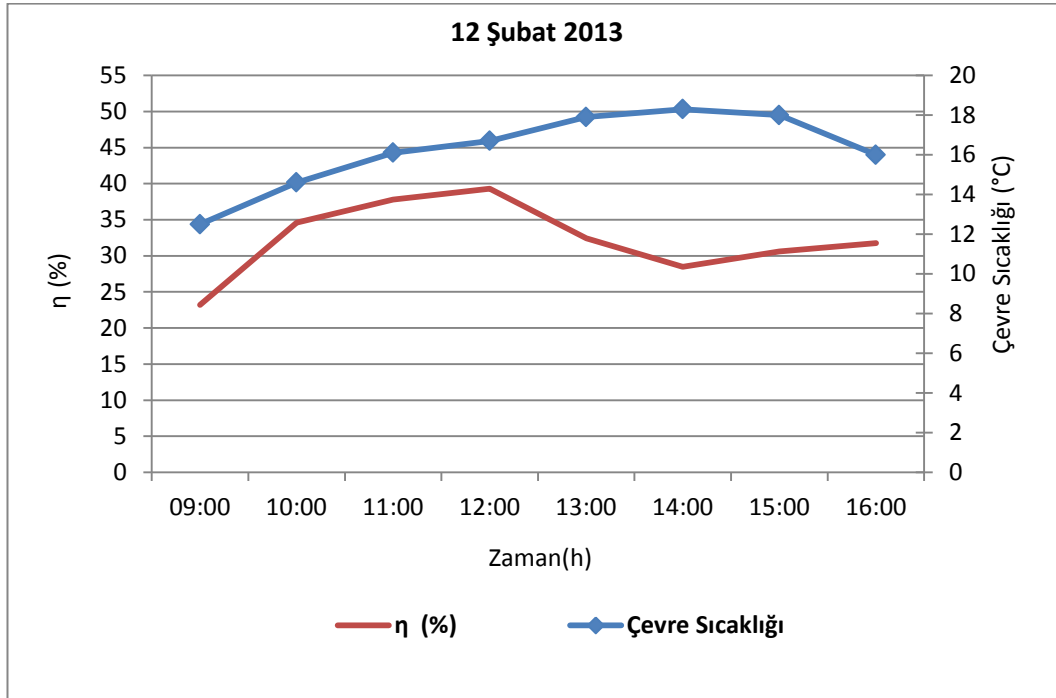
Şekil 4.21. 31 Ağustos 2012 verimin çevre sıcaklığı ile değişimi



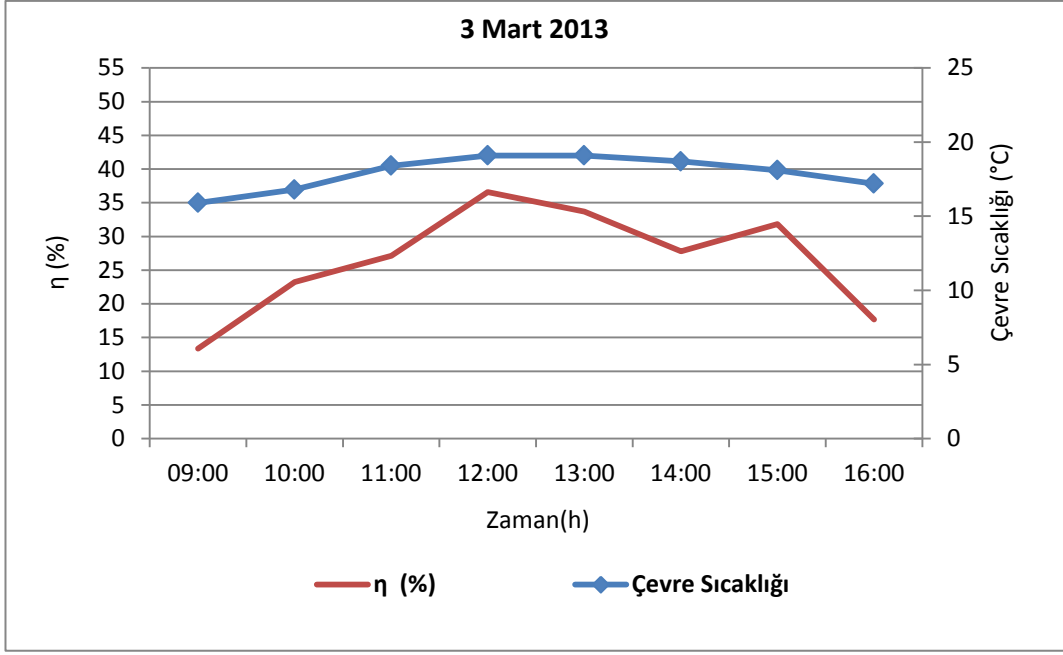
Şekil 4.22. 2 Şubat 2013 verimin çevre sıcaklığı ile değişimi



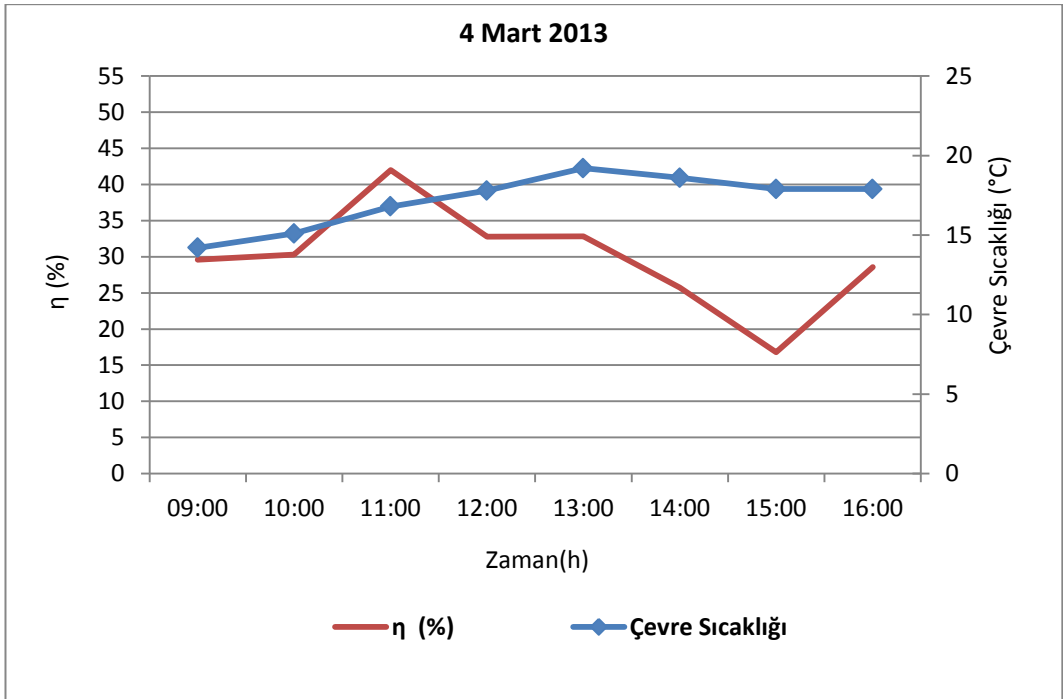
Şekil 4.23. 5 Şubat 2013 verimin çevre sıcaklığı ile değişimi



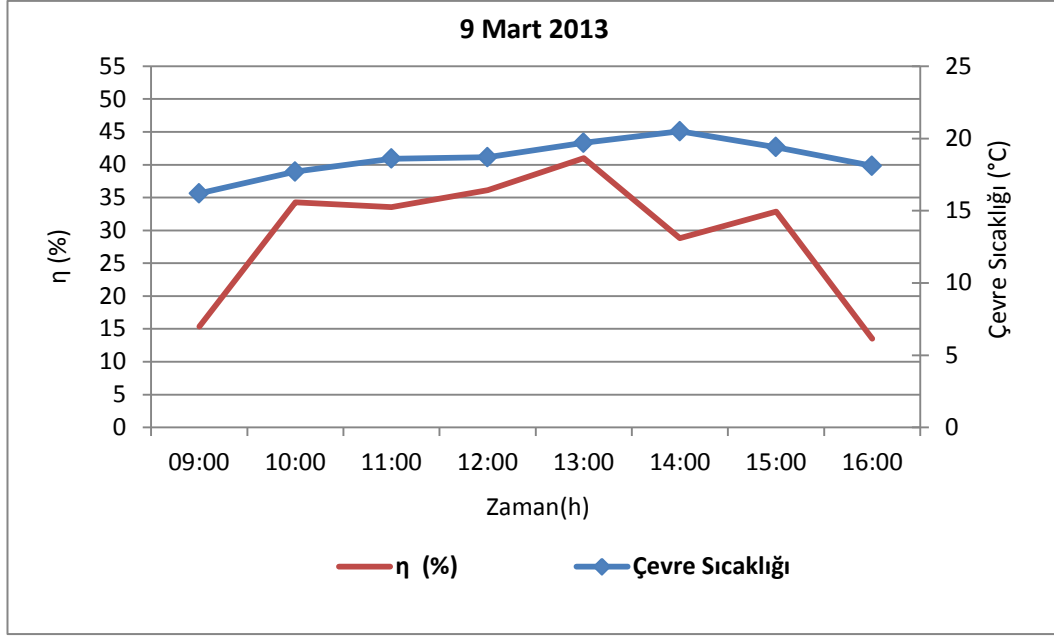
Şekil 4.24. 12 Şubat 2013 verimin çevre sıcaklığı ile değişimi



Şekil 4.25. 3 Mart 2013 verimin çevre sıcaklığı ile değişimi

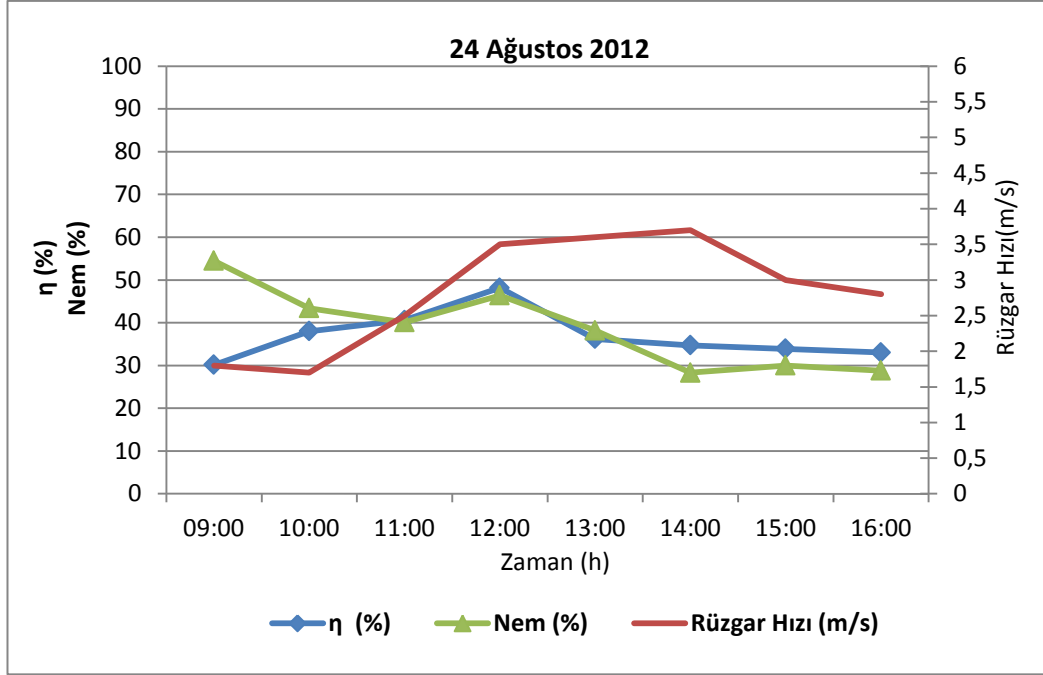


Şekil 4.26. 4 Mart 2013 verimin çevre sıcaklığı ile değişimi

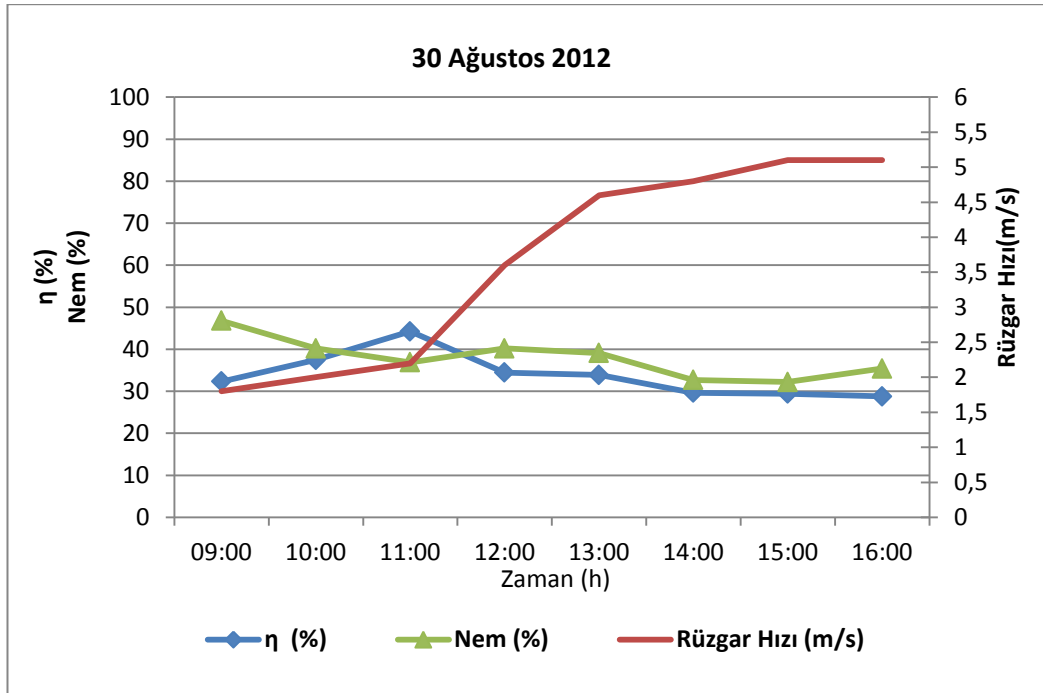


Şekil 4.27. 9 Mart 2013 verimin çevre sıcaklığı ile değişimi

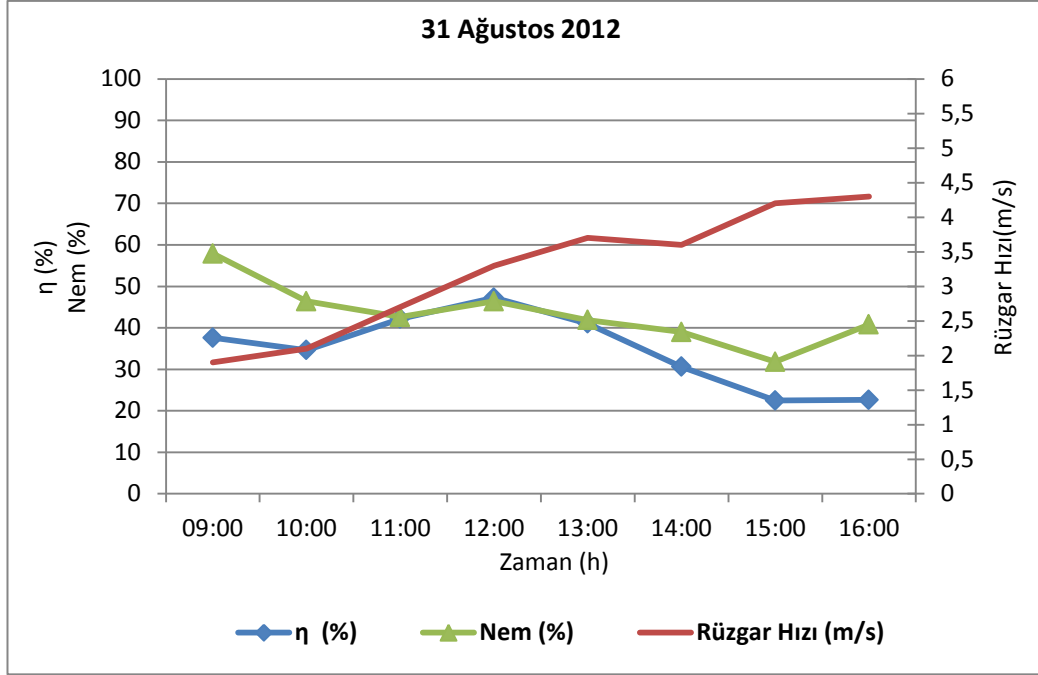
Şekil 4.28 -4.36 'da nem, eşitlik (2) kullanılarak elde edilen verim değerleri ve rüzgâr hızının zamana bağlı değişimi birlikte gösterilmiştir. Burada, rüzgâr hızının verimi etkilediği; rüzgâr hızının azaldığı noktalarda verimde artış meydana geldiği görülmektedir. Rüzgârın artması, taşınımla olan ısı transferini artırdığı için verimi olumsuz yönde etkilemektedir. Deneye başlanıldığı saatte, nem miktarında azalma meydana gelmeye başlamış, bu azalma deney süresince devam ederek verimi olumlu yönde etkilemiştir.



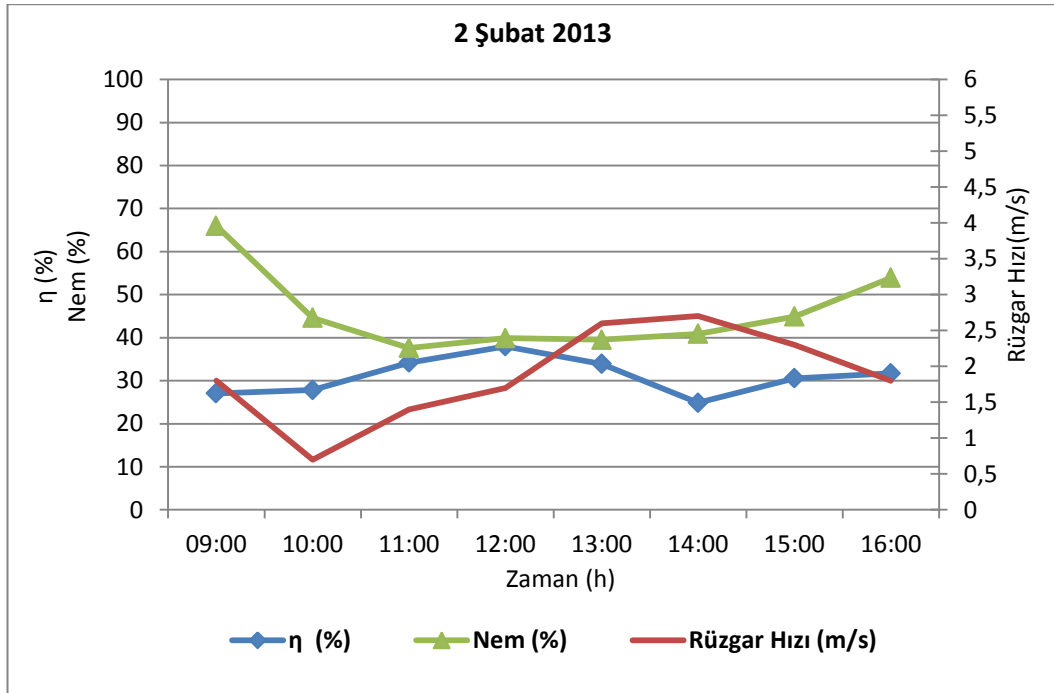
Şekil 4.28. 24 Ağustos 2012 verim, nem ve rüzgâr hızının zamana bağlı değişimi



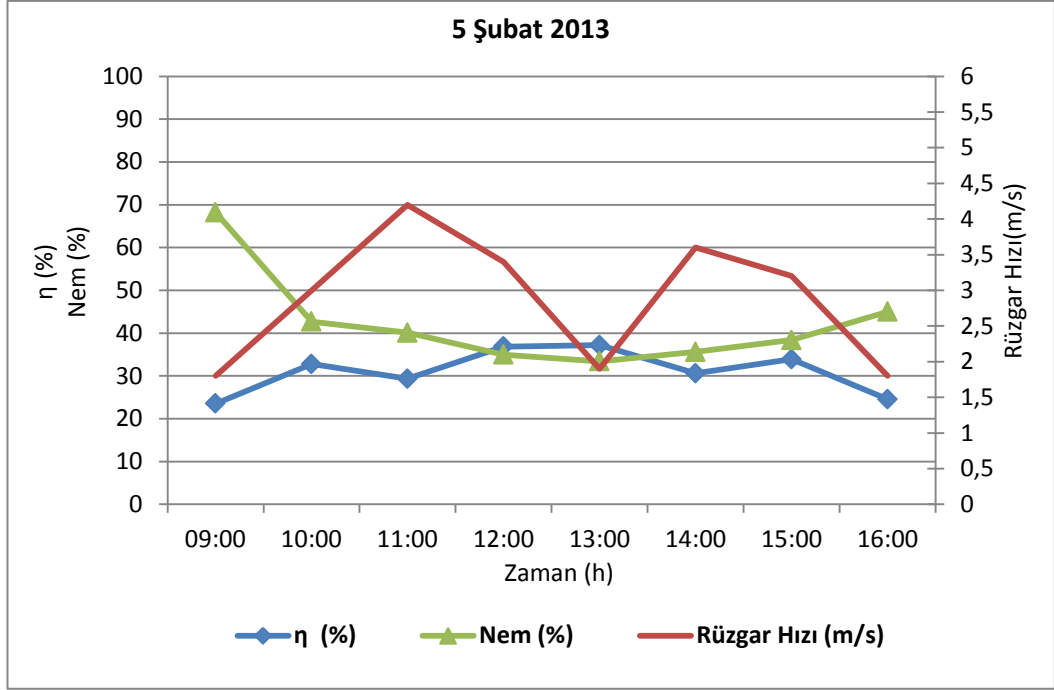
Şekil 4.29. 30 Ağustos 2012 verim, nem ve rüzgâr hızının zamana bağlı değişimi



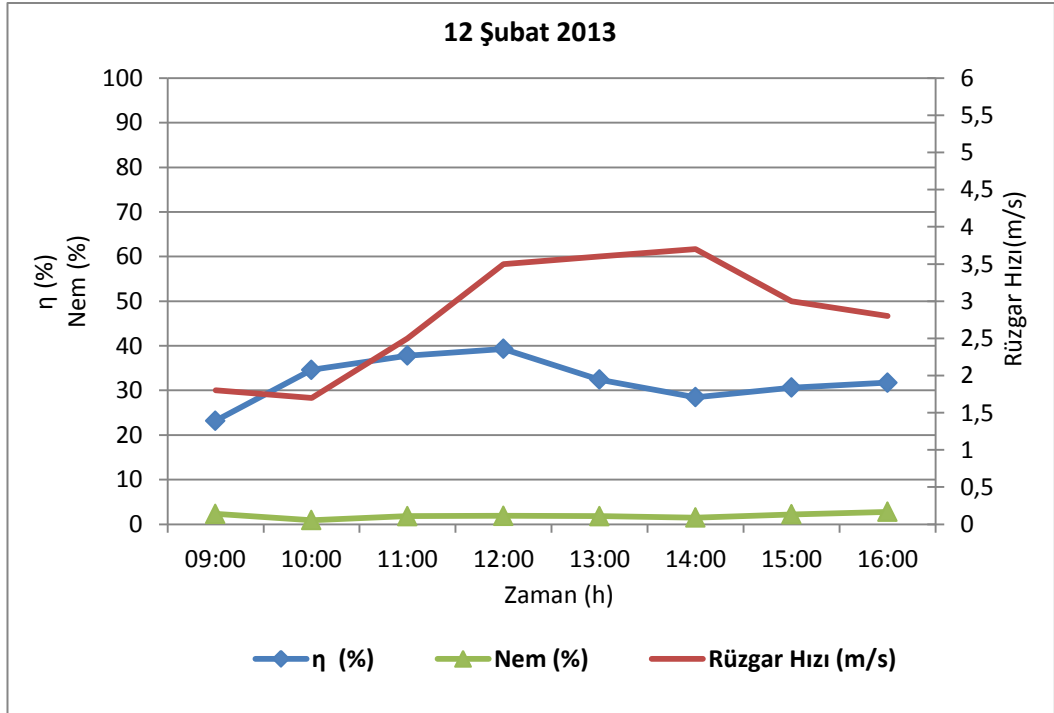
Şekil 4.30. 31 Ağustos 2012 verim, nem ve rüzgâr hızının zamana bağlı değişimi



Şekil 4.31. 2 Şubat 2013 verim, nem ve rüzgâr hızının zamana bağlı değişimi

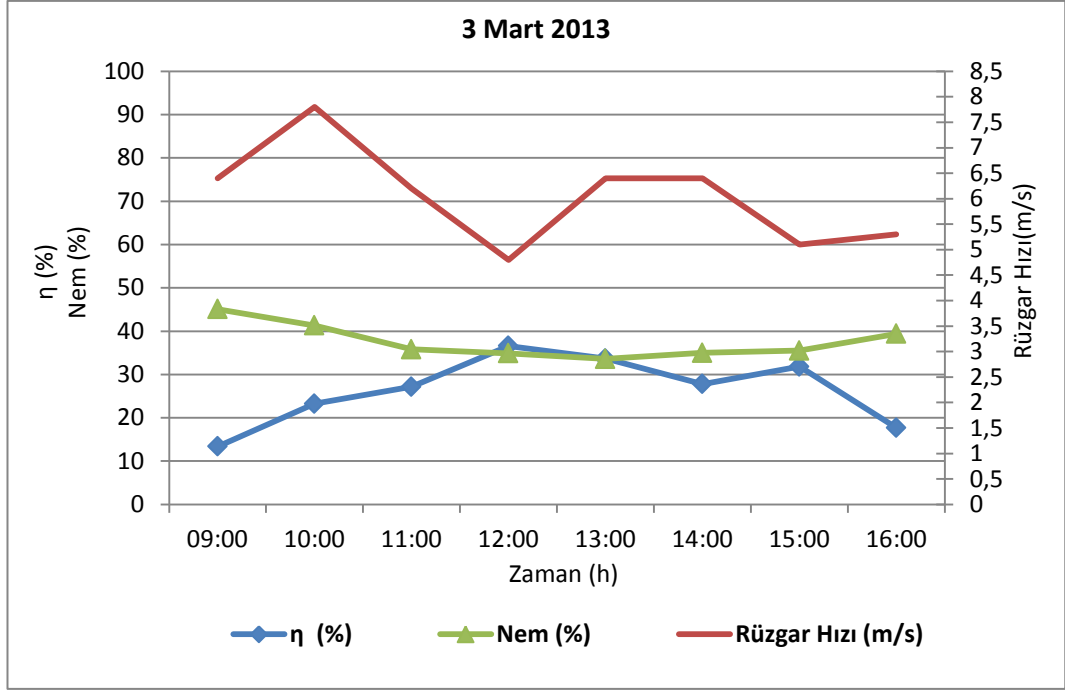


Şekil 4.32. 5 Şubat 2013 verim, nem ve rüzgâr hızının zamana bağlı değişimi

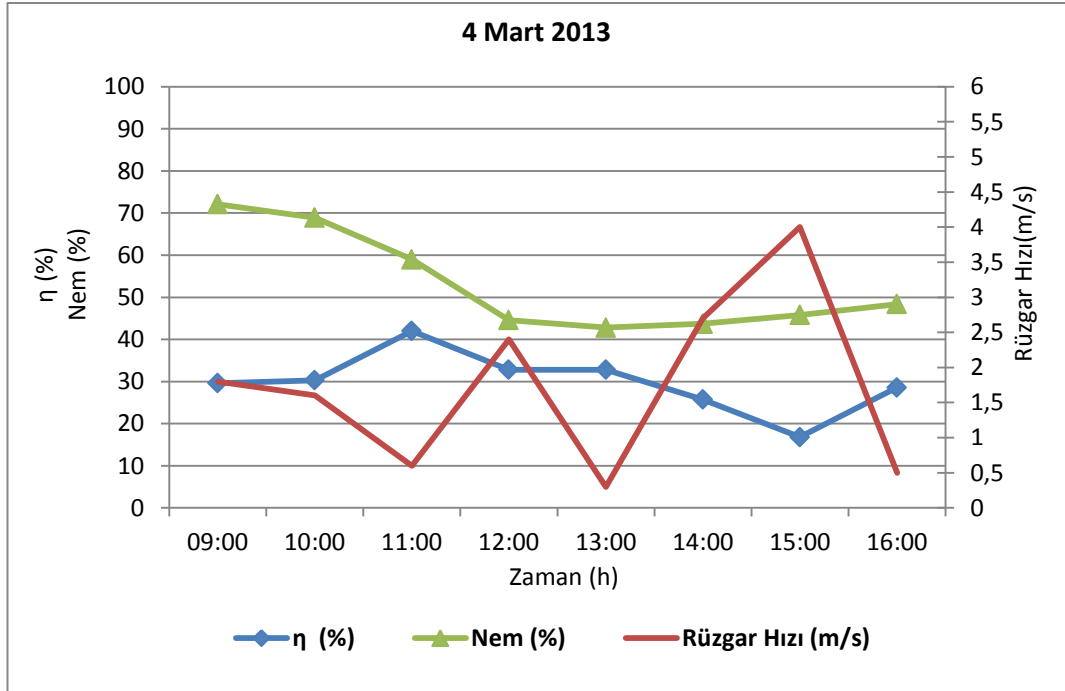


Şekil 4.33. 12 Şubat 2013 verim, nem ve rüzgâr hızının zamana bağlı değişimi

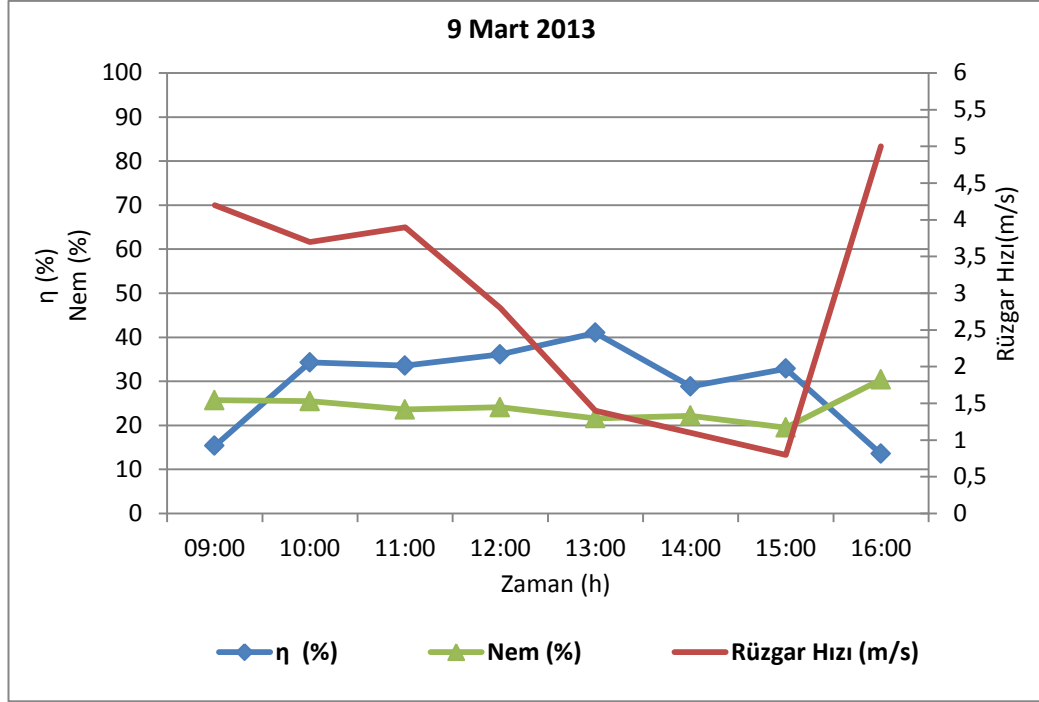




Şekil 4.34. 3 Mart 2013 verim, nem ve rüzgâr hızının zamana bağlı değişimi

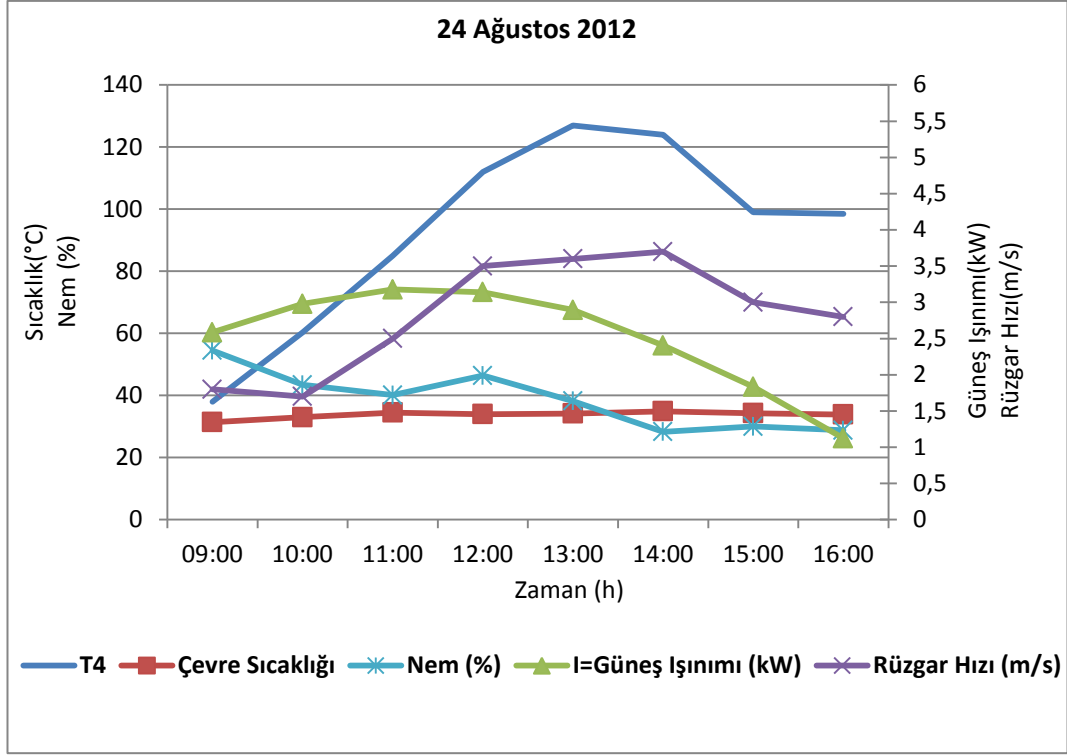


Şekil 4.35. 4 Mart 2013 verim, nem ve rüzgâr hızının zamana bağlı değişimi

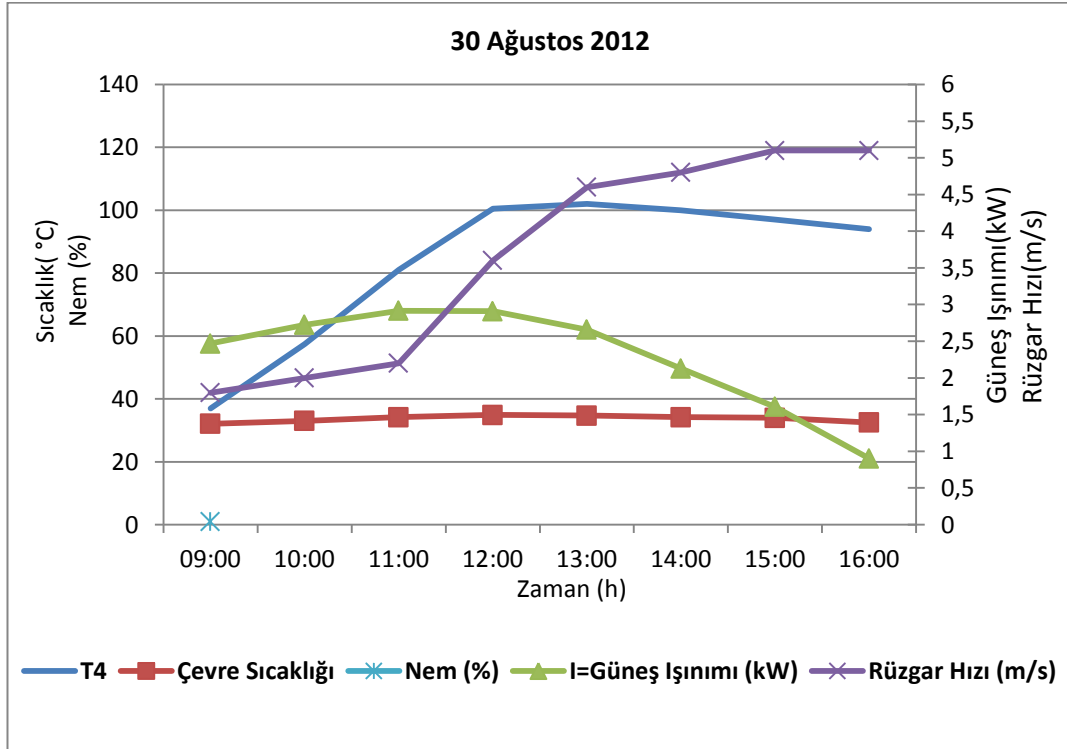


Şekil 4.36. 9 Mart 2013 verim, nem ve rüzgâr hızının zamana bağlı değişimi

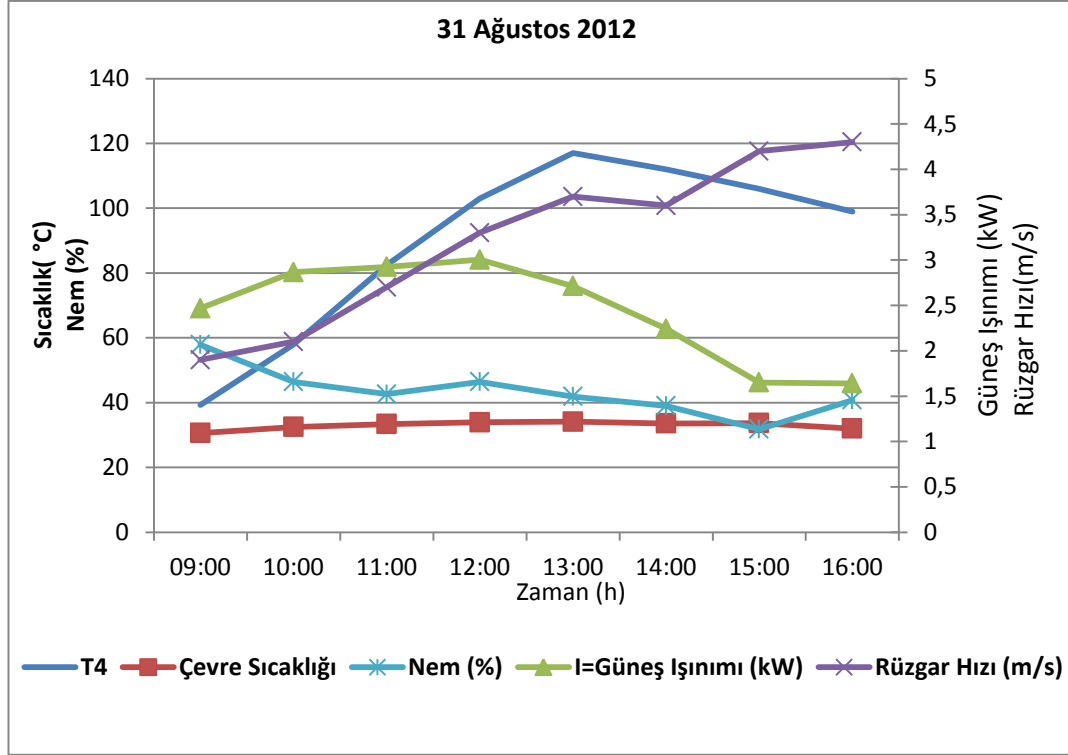
Şekil 4.37 – 4.45’de parabolik kollektör ile elde edilen depo sıcaklığının, çevre sıcaklığı rüzgar nem ve ışınım ile değişimi yer almaktadır. Depo suyu sıcaklığı ışınım değerinin yüksek olduğu günlerde fazla artış gösterirken, rüzgârın fazla olduğu zaman aralıklarında depo suyu sıcaklığı düşerse dahi yükselme göstermemiştir. Ölçümler birer saat aralıkla yapılmış, tüm deneylerde çevre sıcaklığı ve ışınım, özellikle de rüzgâr elde edilen sonuçların değişiminde büyük rol oynamıştır.



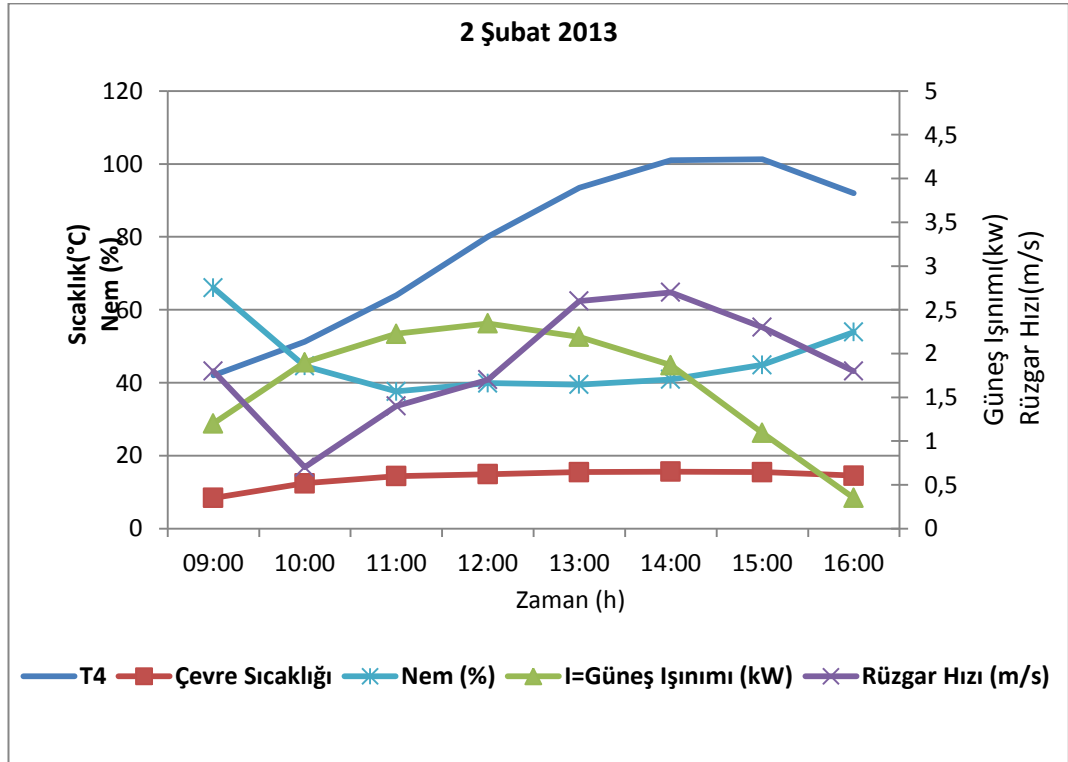
Şekil 4.37. 24 Ağustos 2012 parabolik kollektör ile elde edilen depo sıcaklığının değişimi



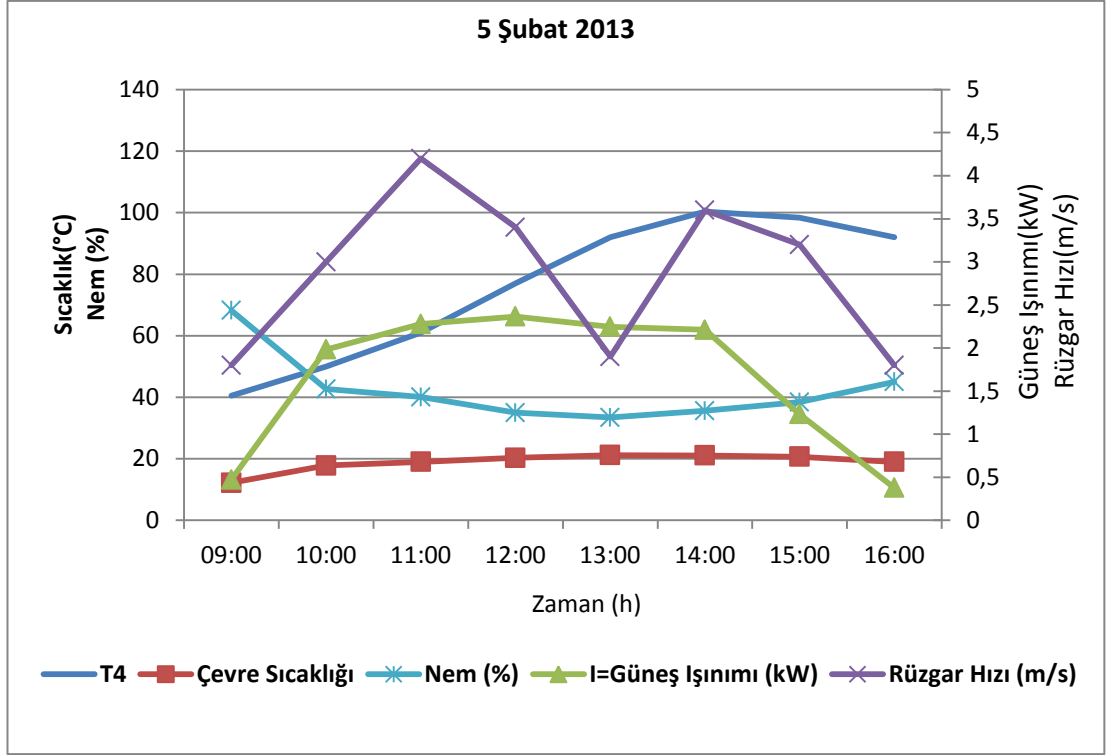
Şekil 4.38. 30 Ağustos 2012 parabolik kollektör ile elde edilen depo sıcaklığının değişimi



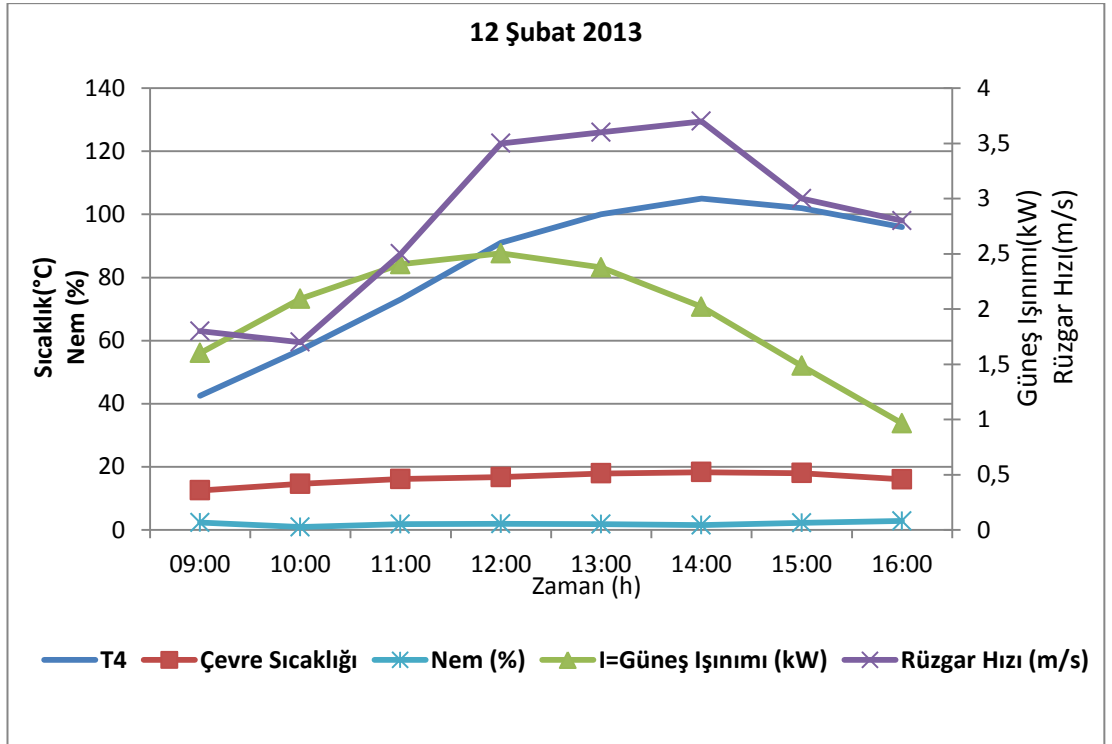
Şekil 4.39. 31 Ağustos 2012 parabolik kollektör ile elde edilen depo sıcaklığının değişimi



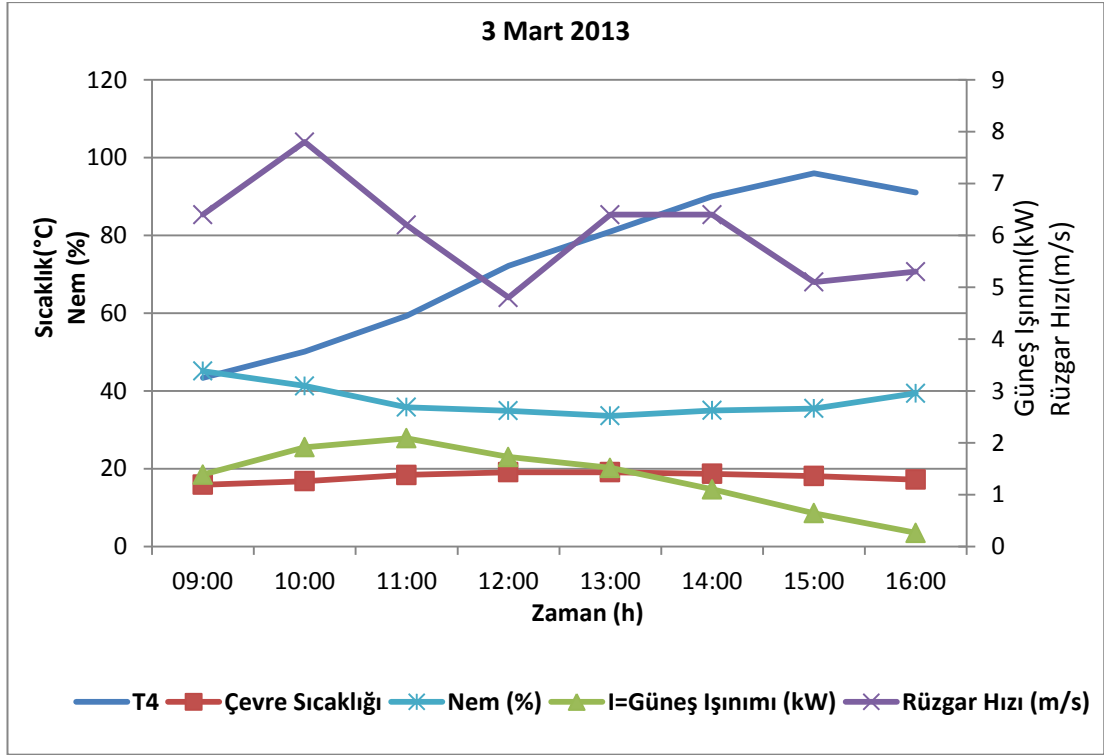
Şekil 4.40. 2 Şubat 2013 parabolik kollektör ile elde edilen depo sıcaklığının değişimi



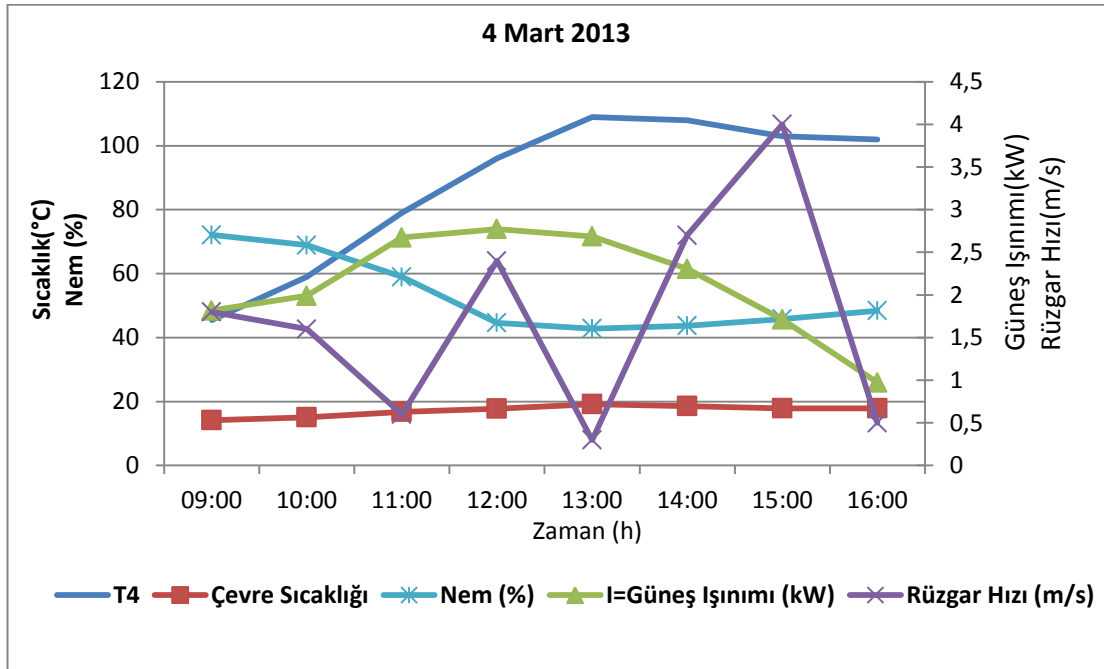
Şekil 4.41. 5 Şubat 2013 parabolik kollektör ile elde edilen depo sıcaklığının değişimi



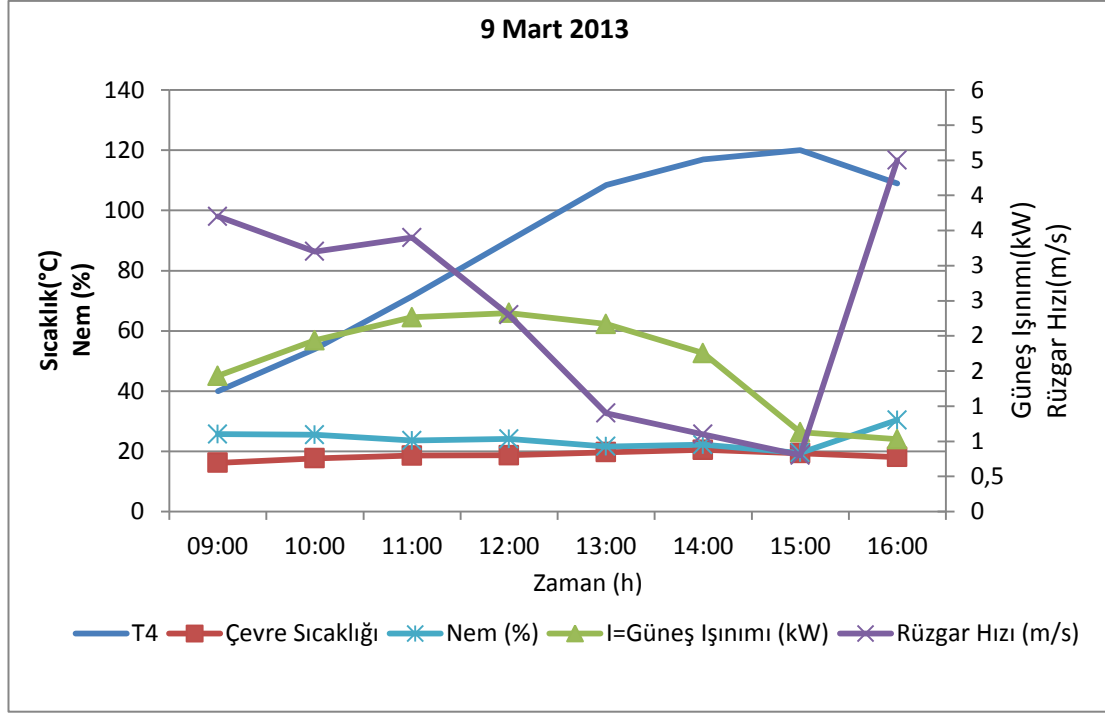
Şekil 4.42. 12 Şubat 2013 parabolik kollektör ile elde edilen depo sıcaklığının değişimi



Şekil 4.43. 3 Mart 2013 parabolik kollektör ile elde edilen depo sıcaklığının değişimi



Şekil 4.44. 4 Mart 2013 parabolik kollektör ile elde edilen depo sıcaklığının değişimi



Şekil 4.45. 9 Mart 2013 parabolik kollektör ile elde edilen depo sıcaklığının değişimi

Yapılan benzeri çalışmalar incelendiğinde: Kalagırou vd. [94], buhar üretimi için parabolik oluk kollektörlerinde bir modelleme programı kullanmışlar analiz sonuçlarında güneş ışınımının %48,9'unu buhar üretimi için kullanabilmişlerdir. Arasu ve Sornakumar [100], sıcak su üretme amaçlı yaptıkları; 90 °C'lik ağız açısına sahip, parabolik kollektör ile saat 09:30- 16:00 arasında 35°C'den 78,84°C sıcaklığa ulaşmışlardır. Çetiner vd. [38], 54 m<sup>2</sup> ayna alanına sahip, ikiz silindirik oluk tipi yoğunlaştırıcı ile saat 09:00–17:00 arasında % 30 ile % 38 arasında bir verim elde etmiştir. Benzeri çalışmaların sonuçları ile yapılan karşılaştırma göstermektedir ki; imal edilen sistem hem ulaşılan sıcaklık açısından hem de verimliliği açısından, bu sistemler kadar üstün performanslıdır.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Güneş enerjisi alternatif enerji kaynakları arayışlarına cevap vermesi beklenen bir enerji türüdür. Sınırsız enerji kaynağı olarak değerlendirilen güneş enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları içinde en büyük potansiyeli taşıyan yenilenebilir enerji kaynağıdır. Yenilenebilir enerji kaynakları kullanmanın dezavantajları olarak genellikle düşük enerji yoğunlukları, düşük dönüşüm verimleri ve yüksek ilk yatırım maliyetleri sayılır. Ancak çevresel etki, ekonomik işletme maliyetleri düşünüldüğünde; bunlar en iyi sonuç verecek uygulamalardır.

Türkiye’de güneş enerjisinin ısıtma ve soğutma amaçlı olarak kullanımı önemli bir potansiyele sahiptir. Bu konuda gelişen yerli teknolojinin olmasına rağmen, sadece elektrik üretimine odaklanmak bu önemli kaynağın göz ardı edilmesine ve yeterince değerlendirilmemesine de yol açmaktadır. Güneş enerjisine gereken önemin verilmesi ithal enerjinin azalması konusunda büyük önem arz etmektedir. Ülkemizin enerji bağımsızlığı için yeterli kaynağı mevcuttur. Enerji üretimimizde ulusal kaynaklara ve yenilenebilir enerji kaynaklarına öncelik ve ağırlık verilmelidir. Parabolik oluk tipi güneş kollektörü sistemleri Türkiye’nin çeşitli bölgelerinde özellikle de Güney Doğu ve Akdeniz Bölgelerinde kurulduklarında olumlu sonuçları elde edebilecek niteliktedir.

Bu çalışmada, parabolik oluk tipi güneş kollektörü imal edilmiş ve performansı farklı tarihlerde gözlemlenmiştir. Deney sonuçları grafiklerle ortaya konan günlerde ortalama verim değeri % 32 olarak kaydedilmiştir. Aynı günler için en yüksek verim değerlerine 11:00 ve 13:00 saatlerinde ulaşılmıştır. En yüksek verim değeri 24 ağustosta % 47,172 olarak kaydedilmiştir. Öğle saatlerinde kaydedilen verim en düşük % 36,577 olup ortalama verimin altına düşmemiştir. Sistem, güneş enerjisini kullandığı için çevreye duyarlı olup, imalatı açısından pratik; malzemelerinin temini açısından ulaşılabilir; yoğunlaştırma esası ile çalıştığı için yaygın kullanımdaki düzlemsel kollektörlerden daha verimli bir sistemdir. Parabolik oluk tipi güneş kollektörleri ile yapılacak yeni çalışmalarda; sistemde kullanılan yansıtıcı yüzey, alıcı boru ve bağlantı boruları gibi elemanların, farklı malzemeler ile



performansı gözlemlenebilir. İmal edilen sistemin dinamik analizi gerçekleştirilebilir. Bu sayede sistemin yıl boyunca ortaya koyduğu davranış değerlendirilebilir.

## KAYNAKLAR

- [1] Dinçer, F., "Türkiye’de güneş enerjisinden elektrik üretimi potansiyeli - ekonomik analizi ve AB ülkeleri ile karşılaştırmalı değerlendirme", KSU. Mühendislik Dergisi, 14 (1), (2011).
- [2] Derbentli,T., "Dünyanın ve Türkiye’nin enerji durumu üzerine bir değerlendirme", 2.Anadolu Enerji Sempozyumu, Diyarbakır, (2013).
- [3] Türkeş, M., Sümer, U.M. ve Çetiner, G., "Küresel iklim değişikliği ve olası etkileri", Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları, İstanbul Sanayi Odası, (2000).
- [4] Öz, E.S., Menlik T. ve Aktaş M., "Güneş enerjisi sistemlerinde kanatçık kullanımının verime etkisinin deneysel incelenmesi", Politeknik Dergisi , 7 (3): 217-221, (2004).
- [5] Sevim, C., "Geçmişten günümüze enerji güvenliği ve paradigma değişimleri" , Stratejik Araştırmalar Dergisi , 13, (2009).
- [6] Khilef, M., Saidur S. and Safari A., "A Review On Solar Energy Use İn Industries, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15 (4): 1777-1790, (2011).
- [7] Kalogirou, S., "Solar thermal collectors and applications", Progress in Energy and Combustion Science, 30: 231–295, (2004).
- [8] Öztürk, K., Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye’ye Olası Etkileri, G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 22 (1): 47-65, (2002).
- [9] TMMOB, "Elektrik Mühendisleri Odası Enerji Verimliliği Raporu", Ankara, (2012).
- [10] Saidur R., BoroumandJazia G., Mekhlif S. and Jameel M., "Exergy Analysis Of Solar Energy Applications” Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16 (1): 350– 356, (2012).
- [11] Öztok, D., "Yenilenebilir enerji geleceği ve Türkiye, WWF Doğal hayatı koruma vakfı 2011 raporu , (2011).

- [12] TMMOB, "5. Güneş enerjisi sistemleri sempozyumu ve sergisi sonuç bildirsii", Mersin,7–8Ekim(2011), [http://www.mmo.org.tr/genel/bizden\\_detay.php?kod=25424&tipi=10211&sube=0#.UeKIQo1rPIW](http://www.mmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=25424&tipi=10211&sube=0#.UeKIQo1rPIW) , (15 06 2013).
- [13] Erdoğan, H., Gümüş, B., Efe S.B. vd., "Yoğunlaştırıcı Güneş Enerji Santralleri ve ILISU HES'E Alternatif Olarak Güneydoğu Anadolu Bölgesine Uygulanabilirliği", 5. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Diyarbakır, (2009).
- [14] Türkoğlu, İ. ve Pehlivan, D., "Konik Yoğunlaştırıcı Bir Güneş Enerjili Hava Isıtıcının Verimine Farklı Absorber Yüzey Kullanımının Etkisi", Türk Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, 22 (2): 47-53, (2002).
- [15] Çıtıroğlu, A., "Güneş Enerjisinden Yararlanarak Elektrik Üretimi", Mühendis ve Makine, 485: 32-37, (2000).
- [16] Tian T. and Zhao C.Y., "A Review Of Solar Collectors And Thermal Energy Storage In Solar Thermal Applications", Applied Energy, 104: 538-553, (2013).
- [17] Yılmaz, R. "Parabolik Yansıtıcı Güneş Kolektörleri İmal ve Testi", Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, (1989).
- [18] Taktakoğlu, K., "Vakumlu güneş kolektörlerde verimin tespiti ve incelenmesi", Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, (1996).
- [19] Nostell, P., Roos,A. and Karlsson,B., "Ageing of solar booster reflector materials", Solar Energy Materials and Solar Cells, 54 (1-4): 235-246, (1998).
- [20] Rönnelid, M. and Karlsson, B., "The use of corrugated booster reflectors for solar collector fields", Solar Energy, 65 (6): 343-351, (1999).
- [21] Mwamburi, M. and Wackelgard, E., "Doped tin oxide coated aluminium solar selective reflector surfaces", Solar Energy, 68 (4): 371-378, (2000).
- [22] Cao Y. and Hu X., "Absorbing film on metal for solar selective surface", Thin Solid Films, , 375 (1-2): 155-158, (2000).
- [23] Ekechukwu, O.V. and Ugwuoke, N.T., "Design and measured performance

- of a plane reflector augmented box-type solar-energy cooker”, *Renewable Energy* , 28 (12): 1935–1952, (2003).
- [24] Konttinen P., Lund P.D. and Kilpi R.J., “Mechanically manufactured selective solar absorber surfaces”, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 79 (3): 273–283, (2003).
- [25] Tripanagnostopoulos, Y. and Souliotis,M., "Integrated collector storage solar systems with asymmetric CPC reflectors", *Renewable Energy*, 29 (2): 223–248, (2004).
- [26] Hoshi, A., Mills, D.R., Bittar A. and Saitoh T.S., “Screening Of High Melting Point Phase Change Materials (PCM) In Solar Thermal Concentrating Technology Based On CLFR”, *Solar Energy* , 79 (3): 332–339, (2005).
- [27] Atıcı, M., “Değişik Yüzey Profillerine Sahip Güneş Kolektörlerinde Isı Transferi Ve Basınç Kayıplarının Deneysel Olarak Hesaplanması”, Elazığ: Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, (2006).
- [28] Demirpolat, E. , “Vakum Borulu Parabolik Oluk Tip Güneş Toplayıcılarının Sıcak Su Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması”, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü , Yüksek Lisans Tezi, (2006).
- [29] Üçgül, İ.,Öztürk, M. ve Özek, N., "Parabolik kolektörlerin optik, enerjetik ve ekserjetik verimliliklerinin analizi", *Mühendis ve Makina*, 47 (561): 49-56, (2006).
- [30] Üçgül, İ., Delikanlı, K., Öztürk M. ve Şenol R., “Yüksek sıcaklıklı güneş enerjisi alıcı sistemleri için malzeme seçimi”, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3: 53-64, (2006).
- [31] Berger, O., Inns,D. and Aberle, A.G., “Commercial white paint as back surface reflector for thin-film solar cells”, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 91(13): 1215–1221, (2007).
- [32] Arasu V. and Sornakumar T., “Design, manufacture and testing of fibreglas reinforced parabola trough for parabolic trough solar collectors”, *Solar Energy*, 81 (10): 1273-1279, (2007).

- [33] Kartal., Y., “Parabolik Yansıtıcı Yüzeyle Yoğunlaştırıcı Güneş Kolektörü Tasarımı”, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, (2007).
- [34] Öz, E.S., Özbaş, E. ve Dündar, R., “Vakum tüplü güneşli su ısıtma sistemi ile standart düz kolektörlü güneşli su ısıtma sistemlerinin performans ve verimlerinin deneysel olarak karşılaştırılması”, VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Poster Bildirisi, (2007).
- [35] Krüger, D., Pandian, Hennecke K. and Schmitz M., " Parabolic trough collector testing in the frame of the REACT Project", Desalination , 220 (1-3) : 612–618, (2008).
- [36] El Fadar, A., Mimet, Azzabakh A., Perez-Garcia M. and Castaing J., “Study Of A New Solar Adsorption Refrigerator Powered By A Parabolic Trough Collector”, Applied Thermal Engineering, 29 (5-6): 1267-1270, (2009).
- [37] Delamora, M.B., Jaramillo, O.A., Nava R., Tagüena-Martinez J. and Rio J.A., “Viability Study Of Porous Silicon Photonic Mirrors As Secondary Reflectors For Solar Concentration Systems”, Solar Energy Materials and Solar Cells , 93 (8): 1218–1224, (2009).
- [38] Çetiner C., Halıcı F. ve Çaçur H., “İkiz silindirik oluk tipli güneş enerjisi yoğunlaştırıcısında kızgın su üretiminin deneysel ve teorik incelenmesi”, Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, 31 (2): 87-94, (2011).
- [39] Mekhilef, S., Saidur, R. and Safari A., "A review on solar energy use in industries" Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15 (4): 1777–1790, (2011).
- [40] Solangi, K.H., Islam M.R., Saidur R., Rahim N.A. and Fayaz H., "A review on global solar energy policy", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15 (4) : 2149–2163, (2011).
- [41] Pinel, P., Cruickshank, C.A., Beausoleil- Morrison I. and Wills A., “A Review Of Available Methods For Seasonal Storage Of Solar Thermal Energy In Residential Applications”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15 (7): 3341–3359, (2011).
- [42] Huang W., Hu P. and Chen Z., “Performance simulation of a parabolic

- trough solar collector”, Solar Energy, 86 (2): 746–755, (2012).
- [43] Kalogirou, S. “A Detailed Thermal Model Of A Parabolic Trough Collector Receiver”, Energy, 48 (1) :298-306, (2012).
- [44] Doğan, A. , Güneş enerjisi destekli alternatif ısıtma sistemlerinin enerji ve ekonomi yönünden karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (2012).
- [45] Price, H., "The Ptential For Low- Cost Concentrating Solar Power Systems”, (1999).
- [46] Öztürk H.K., Şanlı G. ve Yılandı A., “Parabolik oluk tipi güneş kolektörlerin performans analizi”, Mühendis ve Makine, 51 (609), (2009).
- [47] Hepbaşı, A., “ Solar energy applications in Turkey”, Energy Sources, 26 (6): 551–561, (2004).
- [48] Gözütok, A., "Güneş enerjisinden en çok faydalanan ülkeler", 19 Mayıs 2012.,[http://www.scroll.com.tr/79363/gunes-enerjisinden-en-cok-faydalanan -ulkeler/11/](http://www.scroll.com.tr/79363/gunes-enerjisinden-en-cok-faydalanan-ulkeler/11/), (15 06 2013).
- [49] E.İ.E. ( Elektrik İşleri Etüt İdaresi) Genel Müdürlüğü, "Türkiye'de güneş enerjisi potansiyeli", <http://www.eie.gov.tr/eie- web/turkce/YEK/gunes/tgunes.html>., (25.06.2013).
- [50] Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, "Güneş enerjisi ve teknolojileri", <http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/gunes/gunes.html>., (25 06 2013).
- [51] Limitsiz enerji yenilenebilir enerji platformu, "Güneş Enerjisi" <http://www.limitsizenerji.com/temel-bilgiler/gunes-enerjisi> , (15 06 2013).
- [52] Ezen, H. “Vakum Tüplü Güneş Kolektörlerinin Teorik ve Deneysel İncelenmesi”, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, (2010).
- [53] Güneş Sistemleri, "Vakum Tüplü Güneş Enerji Sistemleri", <http://www.gunessistemleri.com/img/vakumlu-tup.jpeg>., (15 06 2013).
- [54] Limitsiz Enerji Yenilenebilir Enerji Platformu, Güneş havuzları, <http://www.limitsizenerji.com/haberler/makaleler/1120-gunes-havuzlari>. (15 06 2013).

- [55] Bulut, H. "Türkiye'de enerji kullanımı", Temiz Enerji Teknolojileri Kursu, Gaziantep, (2009).
- [56] Şanlı G., "Parabolik oluk tipi güneş kolektörlerinin teorik olarak incelenmesi", Pamukkale üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, (2010).
- [57] Barlev D., Vidu R. and Stroeve P., "Innovation In Concentrated Solar Power", Solar Energy Materials & Solar Cells, 95 (10): 2703–2725, (2011).
- [58] Kennedy, C., "Review of Mid- to High-Temperature Solar Selective Absorber Materials", NREL; National Renewable Energy Laboratory, NREL/TP-520-31267, U.S., (2002).
- [59] Li J., Wang Z., Li J. and Lei D., "Vacuum Reliability Analysis Of Parabolic Trough Receiver", Solar Energy Materials & Solar Cells, 105: 302–308, (2012).
- [60] Ersöz, M., "Su Isıtmalı Düzlemsel Güneş Kolektörlerinde Doğrusal Odaklamalı İki Modelin İncelenmesi", 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), Elazığ, Türkiye, (2011).
- [61] Odeh S.D., Morrison G.L. and Behnia M., "Modelling of parabolic trough direct steam generation solar collectors", Solar Energy, 62 (6): 395-406, (1998).
- [62] Feldhoff J.F., Feldhoff K., Eck M. et al., "Comparative system analysis of direct steam generation and synthetic oil parabolic trough power plants with integrated thermal storage", Solar Energy, 86 (1): 520–530, (2012).
- [63] Valenzuela L., Zarza E., Berenguel M. and Camacho E.F., "Control concepts for direct steam generation in parabolic troughs", Solar Energy, 78 (2): 301–311, (2005).
- [64] Hong H., Jin H., Ji J., Wang Z. and Cai R., "Solar thermal power cycle with integration of methanol decomposition and middle-temperature solar thermal energy", Solar Energy, 78 (1): 49-58, (2005).
- [65] Kennedy C.E. and Price H., "Progress in development of high-temperature solar-selective coating", 2005 International Solar Energy Conference,

Orlando, Florida USA, 2005.

- [66] McDonald, G.E., “Spectral Reflectance Properties Of Black Chrome For Use As A Solar Selective Coating”, *Solar Energy*, 17 (2): 119-122, (1975).
- [67] Nejati M.R., Fathollahi V. and Asadi M. K., “Computer simulation of the optical properties of high-temperature cermet solar selective coatings”, *Solar Energy*, 78 (2): 235–241, (2005).
- [68] Chang C.C., Huang C.L. and Chang C.L, "Poly(urethane)-based solar absorber coatings containing nanogold", *Solar Energy*, 91: 350–357, (2013).
- [69] Nuru Z.Y., Arendse C.J., Khamlick S. and Maaza M., “Optimization of Alxoy/Pt/Alxoy multilayer spectrally selective coatings for solar thermal applications”, *Vacuum*, 86 (12): 2129-2135, (2012).
- [70] Teixeira V., Sousa E., Costa M.F. at al., “Spectrally selective composite coatings of Cr-Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Mo-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> for solar energy applications”, *Thin Solid Films*, 392 (2) : 320-326, (2001).
- [71] Xinkang D., Cong W., Tianmin W. at al., “Microstructure and spectral selectivity of Mo–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> solar selective absorbing coatings after annealing”, *Thin Solid Films*, 516 (12): 3971–3977, (2008).
- [72] Juang R.C., Yeh Y.C., Chang B.H. at al., “Preparation of solar selective absorbing coatings by magnetron sputtering from a single stainless steel target”, *Thin Solid Films*, 1 (19) :5501–5504, (2010).
- [73] Zhang Q.C. and Shen Y.G., “High performance W–AlN cermet solar coatings designed by modelling calculations and deposited by DC magnetron sputtering”, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 81 (1): 25–37, (2004).
- [74] Du M., Hao L. , Mi J. at al., “Optimization design of Ti<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>N/Ti<sub>0.25</sub>Al<sub>0.75</sub>N/AlN coating used for solar selective applications”, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 95 (4): 1193–1196, (2011).
- [75] Hossain M.S., Saidura R. at al., “Review on solar water heater collector and thermal energy performance of circulating pipe”, *Renewable and*



Sustainable Energy Reviews, 15 (8): 3801–3812, (2011).

- [76] Kartal, Y. ve Günerhan, H., “Parabolik yansıtıcı güneş kolektörlerinde bir boyutlu enerji analizi”, Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, (2005).
- [77] Abdurakhmanov A.A., Orlov S. A., Bahramov S. A. at al., “On Sun Tracking Accuracy of Concentrators”, Applied Solar Energy, 46 (4): 316–318,(2010).
- [78] Arifoğlu, B., Çamur,S., Beşer E.K, ve Beşer E., “Güneş Panellerinin Üretim Kapasitesini Artıracak Güneşi Takip Edebilen Güneş Panel Sisteminin Prototipi”, [http://www.emo.org.tr/ekler/e98c1b9dc87c947\\_ek.pdf](http://www.emo.org.tr/ekler/e98c1b9dc87c947_ek.pdf) , (16.06.2013).
- [79] Urbano J.A., Matsumoto Y., Asomoza R., Aceves F.J., Sotelo A. and Jacome A.,“5Wp PV Module-Based Stand-Alone Solar Tracking System”, 3rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, s. 2463-2465, (2003).
- [80] Koussa M., Cheknane A., Hahdi S., Haddadi M. and Noureddline S., “Measured And Modelled Improvement In Solar Energy Yield From Flat Plate Photovoltaic Systems Utilizing Different Tracking Systems And Under A Range Of Environmental Conditions”, Applied Energy, 88( 5) : 1756-1771, (2011).
- [81] Al-Soud M.S., Abdallah E., Akayleh A., Abdallah S. and Hrayshat E.S.,“A parabolic solar cooker with automatic two axes sun tracking system”, Applied Energy, 87 (2): 463–470, (2010).
- [82] Bayrak G. ve Gençoğlu M.T., "İki Eksenli Güneş Takip Sisteminin Tasarımı ve PLC ile Kontrolü", Otomatik Kontrol Türk Milli Komitesi Ulusal Toplantısı, 6 :407-411, İzmir, TOK (2011).
- [83] Irina T. and Catalin A., “A Study On The Tracking Mechanisms Of The Photovoltaic Modules”, Fascicle Of Management And Technological Engineerings, 9: 59-66, (2010).
- [84] Yeşilata B., Bulut H., Çetiner C. ve Ersavaş A., “Termal Güneş Enerjisi Teknolojileri ve Gap Bölgesine Yönelik Fırsatlar”, Mühendis ve Makina, 52(622): 47-56, (2011).

- [85] Fernandez-Garcia, A., Zarza , E., Valenzuela and Perez M., "Parabolic-Trough Solar Collectors And Their Applications", *Renewable And Sustainable Energy Reviews* ,14(7) :1695–1721, (2010).
- [86] Yıldırım Cosgun A. ve İnan D., "Güneş-Isı Dönüşüm Sistemlerinin Süt Endüstrisinde Uygulamaları", Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Temiz Tükenmez Enerjiler Yüksek Lisans Programı, (2007).
- [87] Kalogirou, S., "The Potential Of Solar Industrial Process Heat Applications", *Applied Energy* , 76(4): 337-361, (2003).
- [88] Vannoni C, Battisti R and Drigo S., " Potential for solar heat in industrial processes", CIEMAT, Madrid , department of mechanics and aeronautics - University of Rome "La Sapienza", (2008).
- [89] Çolak L. ve Durmaz A., "Güneşi takip eden parabolik oluk tipi güneş kolektörleri ile buhar üretimi ve absorpsiyonlu soğutma sistemi uygulaması", VI. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, (2003).
- [90] Li, Y.W., Wang, R.Z., Wu, J.Y. and Xu, Y.X., " Experimental performance analysis and optimization of a direct expansion solar-assisted heat pump water heater", *Energy* , 32:1361–74, (2007).
- [91] Vijayaraghavan S. and Goswami D.Y., " Solar thermal energy, industrial heat applications", *Encyclopedia of Energy*, pp.661-667, (2004).
- [92] Coventry, J.S, "Performance of a concentrating photovoltaic/thermal solar collector", *Solar Energy*, 78 (2): 221-222, (2005).
- [93] Kalogirou, S., "Parabolic trough collector system for low temperature steam generation: design and performance characteristics", *Applied Energy*, 55 (1):1-19, (1996).
- [94] Kalogirou S., Lloyd S. and Ward J., " Modelling, optimisation and performance evaluation of a parabolic trough solar collector steam generation system", *Solar Energy*, 60 (1): 49-59, (1997).
- [95] Çolak, L. ve Durmaz A., "Güneş Kolektörü Uygulamaları İle İlgili Ekonomik Analizler", *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 94:17-23, (2006).
- [96] Solitem, "Güneş enerjisi sistemlerinin kullanım alanları",

- <http://www.solitem.com.tr/tr/node/18>. (05 01 2013).
- [97] Alternatürk, "Güneş enerjisi ile soğutma", <http://www.alternaturk.org/gunes-enerjisi-sogutma.php>, (05 01 2013).
- [98] Trieb F., Langnib O. and Klaib H., " Solar electricity generation-a comparative view of technologies, costs and environmental impact", Solar Energy, 59( 1-3): 89-99, (1997).
- [99] Almanza R. and Lentz A., "Electricity production at low powers by direct steam generation with parabolic troughs", Solar Energy , 64(1-3): 115-120, (1998).
- [100] Arasu, A.V. and Sornakumar, S.T., "Performance characteristics of solar parabolictrough collector with hot water generation system", Thermal Science, 10 (2): 167-174, (2006).
- [101] Delrin malzeme, <http://www.dogusplastiksanayi.com/index.php?pg=delrin> (16 06 2013).
- [102] Compact Domestic Circulator Pump, Installation and Operating Instructions, Circulating Pumps Ltd, Oldmedow Road,Kings Lynn, England Technical Helplines (01553) 764821.
- [103] Milli Eğitim Bakanlığı, Tesisat teknolojisi ve iklimlendirme Frigorifik araç ve araç kliması montajı, MEGEP (Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi), Ankara, (2008).

## ÖZGEÇMİŞ VE ESERLER LİSTESİ

**Adı Soyadı:** GANİME TUĞBA ERCOŞKUN

**Doğum Tarihi:** 22/09/1984

**Öğrenim Durumu:** Lisans Mezunu

| Derece        | Bölüm/Program              | Üniversite                  | Yıl       |
|---------------|----------------------------|-----------------------------|-----------|
| Lise          | Yabancı Dil Ağırlıklı Lise | Hacı Ahmet Atıl<br>Y.D.A.L. | 1998-2002 |
| Ön Lisans     | İklimlendirme- Soğutma     | Çukurova Üniversitesi       | 2004-2006 |
| Lisans        | Tesisat Öğretmenliği       | Karabük Üniversitesi        | 2006-2009 |
| Yüksek Lisans | Makine Eğitimi             | Mersin Üniversitesi         | 2011-2013 |

### ESERLER (Makaleler ve Bildiriler)

1. A. KESKİN, G.T. ERCOŞKUN, “Soğutma Ve İklimlendirme Sistemlerinde Güneş Enerjisinin Kullanımı”, 1. Ulusal İklimlendirme Soğutma Eğitimi Sempozyumu, 13-15 Eylül 2012- Balıkesir.
2. G.T. ERCOŞKUN, A. KESKİN, D.ALTIPARMAK, “Parabolik Oluk Tipi Güneş Kollektörü Tasarımı, İmalatı ve Test Edilmesi”, 2. Anadolu Enerji Sempozyumu 2-4 Mayıs 2013 Dicle Üniversitesi, Diyarbakır.
3. G.T. ERCOŞKUN, A. KESKİN, D.ALTIPARMAK, “Parabolik Oluk Tipi Güneş Kollektörlerin Endüstride Kullanımının İncelenmesi”, 2. Anadolu Enerji Sempozyumu 2-4 Mayıs 2013 Dicle Üniversitesi, Diyarbakır.
4. G.T. ERCOŞKUN, A. KESKİN, M. GÜRÜ, D.ALTIPARMAK, “Çift Oluklu Parabolik Oluk Tipi Güneş Kollektörünün Tasarımı, İmalatı Ve Performansının İncelenmesi”, Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, basımda.