

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

**HAVA ISITMALI GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİNİN DOLGU
MALZEMELERİ KULLANILARAK VERİMLERİNİN ARTTIRILMASI**

Yeşim EMEN

**Danışman
Prof. Dr. Recep KÜLCÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
YENİLENEBİLİR ENERJİ ANABİLİM DALI
ISPARTA- 2020**



© 2020 [Yeşim EMEN]

TEZ ONAYI

Yeşim EMEN tarafından hazırlanan "**Hava Isıtmalı Güneş Kollektörlerinin Dolgu Malzemeleri Kullanılarak Verimlerinin Arttırılması**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Yenilenebilir Enerji Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Prof. Dr. Recep KÜLCÜ

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Jüri Üyesi

Prof. Dr. İbrahim ÜÇGÜL

Süleyman Demirel Üniversitesi

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Osman GÖKDOĞAN

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

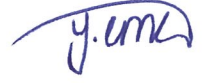
Enstitü Müdürü

Doç. Dr. şule Sultan UĞUR

TAAHHÜTNAME

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

Yeşim EMEN



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
3. GÜNEŞ ENERJİSİ VE GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ.....	11
3.1. Güneş Enerjisi	11
3.1.1. Dünyada güneş enerjisi	12
3.1.2. Türkiye'de güneş enerjisi	14
3.2. Güneş Enerjisi Sistemleri.....	16
3.2.1. Düzlemsel güneş kolektörleri.....	18
3.2.1.1. Hava ısıtmalı güneş kolektörleri	19
4. MATERYAL VE YÖNTEM	22
4.1. Materyal	22
4.1.1. Deneyde kullanılan ekipmanlar	23
4.1.1.1. Güneş kolektörü	23
4.1.1.2. Güneş simülatörü	24
4.1.1.3. Ölçüm cihazları.....	25
4.1.1.4. Dolgu malzemeleri.....	26
4.2. Yöntem.....	27
5. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	30
5.1. Dolgu Malzemesi Kullanılmayan Denemelerde Elde Edilen Sıcaklık Sonuçları.....	30
5.1.1. Dolgusuz kolektörde 0,67 kg/dk. m ² alansal debi koşulunda ölçülen sıcaklık verileri.....	31
5.1.2. Dolgusuz kolektörde 1,01 kg/dk. m ² alansal debi koşulunda ölçülen sıcaklık verileri.....	31
5.1.3. Dolgusuz kolektörde 1,34 kg/dk. m ² alansal debi koşulunda ölçülen sıcaklık verileri.....	32
5.1.4. Dolgusuz kolektörde 2,01 kg/dk. m ² alansal debi koşulunda ölçülen sıcaklık verileri.....	33
5.1.5. Dolgusuz kolektörde 2,69 kg/dk. m ² alansal debi koşulunda ölçülen sıcaklık verileri.....	34
5.2. Dolgu Malzemesi Olarak Metal Bulaşık Teli Kullanılan Denemelerde Elde Edilen Sıcaklık Sonuçları	35
5.2.1. Metal bulaşık teli kullanılan kolektörde 0,67 kg/dk. m ² alansal debi koşulunda ölçülen sıcaklık verileri	35
5.2.2. Metal bulaşık teli kullanılan kolektörde 1,01 kg/dk. m ² alansal debi koşulunda ölçülen sıcaklık verileri	36
5.2.3. Metal bulaşık teli kullanılan kolektörde 1,34 kg/dk. m ² alansal debi koşulunda ölçülen sıcaklık verileri	37

5.2.4. Metal bulaşık teli kullanılan kollektörde 2,01 kg/dk. m ² alansal debi koşulunda ölçülen sıcaklık verileri	38
5.2.5. Metal bulaşık teli kullanılan kollektörde 2,69 kg/dk. m ² alansal debi koşulunda ölçülen sıcaklık verileri	39
5.3. Dolgu Malzemesi Olarak Metal Talaş Kullanılan Denemelerde Elde Edilen Sıcaklık Sonuçları	40
5.3.1. Metal talaş kullanılan kollektörde 0,67 kg/dk. m ² alansal debi koşulunda ölçülen sıcaklık verileri	40
5.3.2. Metal talaş kullanılan kollektörde 1,01 kg/dk. m ² alansal debi koşulunda ölçülen sıcaklık verileri	41
5.3.3. Metal talaş kullanılan kollektörde 1,34 kg/dk. m ² alansal debi koşulunda ölçülen sıcaklık verileri	42
5.3.4. Metal talaş kullanılan kollektörde 2,01 kg/dk. m ² alansal debi koşulunda ölçülen sıcaklık verileri	43
5.3.5. Metal talaş kullanılan kollektörde 2,69 kg/dk. m ² alansal debi koşulunda ölçülen sıcaklık verileri	44
5.4. Dolgu Malzemesi Olarak Andezit Taşı Kullanılan Denemelerde Elde Edilen Sıcaklık Sonuçları	45
5.4.1. Andezit taşı kullanılan kollektörde 0,67 kg/dk. m ² alansal debi koşulunda ölçülen sıcaklık verileri	45
5.4.2. Andezit taşı kullanılan kollektörde 1,01 kg/dk. m ² alansal debi koşulunda ölçülen sıcaklık verileri	46
5.4.3. Andezit taşı kullanılan kollektörde 1,34 kg/dk. m ² alansal debi koşulunda ölçülen sıcaklık verileri	47
5.4.4. Andezit taşı kullanılan kollektörde 2,01 kg/dk. m ² alansal debi koşulunda ölçülen sıcaklık verileri	48
5.4.5. Andezit taşı kullanılan kollektörde 2,69 kg/dk. m ² alansal debi koşulunda ölçülen sıcaklık verileri	49
5.5. Hesaplanan Δt Değerleri	50
5.5.1. Farklı dolgu malzemelerinin 0,67 kg/dk. m ² alansal debi değerine göre hesaplanan Δt değerleri	50
5.5.2. Farklı dolgu malzemelerinin 1,01 kg/dk. m ² alansal debi değerine göre hesaplanan Δt değerleri	51
5.5.3. Farklı dolgu malzemelerinin 1,34 kg/dk. m ² alansal debi değerine göre hesaplanan Δt değerleri	52
5.5.4. Farklı dolgu malzemelerinin 2,01 kg/dk. m ² alansal debi değerine göre hesaplanan Δt değerleri	53
5.5.5. Farklı dolgu malzemelerinin 2,69 kg/dk. m ² alansal debi değerine göre hesaplanan Δt değerleri	54
5.6. Verim Değerleri	55
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	57
KAYNAKÇA	59
ÖZGEÇMİŞ.....	63

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

HAVA ISITMALI GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİNİN DOLGU MALZEMELERİ KULLANILARAK VERİMLERİNİN ARTTIRILMASI

Yeşim EMEN

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Yenilenebilir Enerji Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Recep KÜLCÜ

Bu çalışma kapsamında genellikle tarımsal ürün kurutma, sera ve mekân ısıtma uygulamalarında kullanılan ve hava ısıtmalı güneş kollektörleri olarak bilinen sistemler konu edilmiştir. Laboratuvar şartlarında farklı dolgu malzemeleri kullanılarak hava ısıtmalı güneş kollektörlerinin ısı verimlerinin arttırılması hedeflenmiştir. Bu hedef doğrultusunda dolgu malzemesi olarak maliyet ve ulaşılabilirlik açısından; demir talaşı, andezit taşı ve metal bulaşık teli seçilmiştir. Denemelerde ölçüleri 110×80×10 cm olan galvanizli sac malzemeden imal edilmiş güneş kollektörü kullanılmıştır. Kollektörün hava giriş ve çıkış kanalına konik şeklinde plakalar sabitlenmiştir. Sisteme hava, radyal fan yardımıyla gönderilmiştir. Yapay güneş ışınımı, üzerinde 30 adet her biri 330W gücünde halojen lamba bulunan simülatör yardımıyla sağlanmıştır. Güneş simülatörü, 0° geliş açısı ve ışınım şiddeti 1000 W/m² olacak şekilde sabitlenmiştir. Deney sisteminde ısı çiftler yardımıyla kollektör yutucu yüzey sıcaklığı, çıkış havası sıcaklığı ve ortam sıcaklığı ölçülmüştür. Simülatör ve fan her denemede 2 saat birlikte çalıştırılmış ve daha sonra simülatör kapatılıp fan tek başına kollektör yutucu yüzey sıcaklığı ortam sıcaklığına yaklaşıncaya kadar çalıştırılmıştır. Deney sistemine gönderilen havanın alansal debisi, hava çıkış kesit alanı ve anemometre yardımıyla ölçülen hava hızı değerlerine göre hesaplanmıştır. Kullanılan dolgu malzemeleri laboratuvar şartlarında 5 farklı alansal debi; 0,67 kg/dk. m², 1,01 kg/dk. m², 1,34 kg/dk. m², 2,01 kg/dk. m², 2,69 kg/dk. m² değerleri kullanılarak test edilmiştir. Deney verilerinden alınan sonuçlara göre ısı verimleri hesaplanmıştır. Sonuç olarak kullanılan dolgu malzemeleri arasında en yüksek verimin andezit taşı kullanılarak ve 2,69 kg/dk. m² alansal debi değerinde elde edildiği görülmüştür. Andezit taşından sonra sırasıyla metal talaş ve metal bulaşık teli gelmiştir. Bu durum farklı dolgu malzemesi kullanılmasının ısı verimi etkilediğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, Hava ısıtmalı güneş kollektörleri, Dolgu malzemeleri

2020, 63 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

INCREASING OF SOLAR AIR HEATING COLLECTORS EFFICIENCY USING FILLING METARIALS

Yeşim EMEN

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Renewable Energy**

Supervisor: Prof. Dr. Recep KÜLCÜ

In this study, used in agricultural product drying, greenhouse and space heating applications, known as air heated solar collectors systems are discussed. It is aimed to increase the thermal efficiency of air heated solar collectors by using different filling materials in laboratory conditions. In line with this goal, in terms of cost and accessibility as filling material; metal shavings, andesite stone and metal wire wool are selected. In the tests, solar collector made of galvanized sheet material, which measures $110 \times 80 \times 10$ cm, was used. Conical plates are fixed to the inlet and outlet of the collector air duct. Air was sent to the system with the help of a radial fan. Artificial solar radiation was provided by of a simulator with 30(330W) halogen lamps of. The solar simulator is fixed at an angle of 0° and radiation intensity $1000 \text{ W} / \text{m}^2$. Collector absorber surface temperature, outlet air temperature and enviromental temperature were measured with thermocouples in the experimental system. The simulator and fan were run together for 2 hours in each attempt, and then the simulator was turned off and the fan was run until the collector absorber surface temperature approached the enviromental temperature alone. The spatial flow rate of the air sent to the test system was calculated according to the air velocity values measured by the air outlet area and anemometer. Filling materials, 5 different areal flows under laboratory conditions; $0,67 \text{ kg} / \text{min. m}^2$, $1,01 \text{ kg} / \text{min. m}^2$, $1,34 \text{ kg} / \text{min. m}^2$, $2,01 \text{ kg} / \text{min. m}^2$, $2,69 \text{ kg} / \text{min. m}^2$ was tested using its values. Thermal efficiencies were calculated according to the results provided from the experiment data. As a result, it was observed that the highest efficiency among the filling materials used was obtained by using andesite stone and at an areal flow rate of $2,69 \text{ kg} / \text{min m}^2$. The efficiency after the andesite stone, is got metal shavings and metal wire wool respectively. This situation has shown that the use of different filling materials affects thermal efficiency.

Keywords: Renewable Energy, Air heated solar collectors, Filling materials

2020, 63 pages

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının hazırlanmasında bana gerek bilgi ve becerileriyle gerekse üstün tecrübesiyle her daim yanımda durduğunu hissettiren ve tez çalışması aşamalarında hiçbir desteğini esirgemeyen kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Recep KÜLCÜ' ye, yine tezin yazım aşamasında gerekli tecrübesiyle bana yol gösteren, tez çalışmamın başından sonuna yanımda duran sevgisini, yardımlarını, desteklerini her zaman hissettiren Enerji Sistemleri Mühendisi Özgen ARSLAN' a, yakın zaman önce kaybettiğim, bu günlere gelmemde çok büyük emeğe sahip, maddi manevi her türlü koşulda arkamda durmuş olan Sinan ULA' ya ve son olarak aileme sonsuz teşekkürlerimi borç bilirim.

Yeşim EMEN
İSPARTA, 2020

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. 2008-2018 yılları arası tüketilen enerjinin kaynaklara göre dağılımı ...	1
Şekil 1.2. 2018 yılı dünyada tüketilen enerjinin kaynaklara göre dağılımı	2
Şekil 3.1. Dünyanın güneş enerjisi potansiyeli haritası	12
Şekil 3.2. Dünyada yenilenebilir enerji kaynaklı kurulu güç dağılım haritası	13
Şekil 3.3. Dünyanın 2017 ve 2018 yıllarında kurulu güç kapasitelerinin enerji kaynaklarına göre dağılımı	14
Şekil 3.4. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli haritası	15
Şekil 3.5. Güneş enerjisi teknolojileri.....	17
Şekil 3.6. Düzlemsel güneş kollektörü ve elemanları	18
Şekil 3.7. Havalı güneş kollektörünün kesiti ve açılmış görünüşü	19
Şekil 3.8. Hava ısıtılmalı güneş kollektörleri çeşitleri.....	21
Şekil 4.1. Deney düzeneği	22
Şekil 4.2. Deneyde kullanılan kollektörün açık ve kapalı hali	23
Şekil 4.3. Deneyde kullanılan radyal fan.....	24
Şekil 4.4. Deneyde kullanılan güneş simülatörü ve kontrol paneli	24
Şekil 4.5. Deneyde kullanılan sıcaklık ölçüm cihazı	25
Şekil 4.6. Deneyde kullanılan kızgın bant tipi anemometre.....	25
Şekil 4.7. Deneyde kullanılan radyometre	26
Şekil 4.8. Dolgu malzemeleri	26
Şekil 5.1. Dolgusuz tasarımı güneş kollektörü	30
Şekil 5.2. Dolgusuz denemede 0,67 kg/dk. m ² alansal debi değerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi	31
Şekil 5.3. Dolgusuz denemede 1,01 kg/dk. m ² alansal debi değerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi	32
Şekil 5.4. Dolgusuz denemede 1,34 kg/dk. m ² alansal debi değerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi	33
Şekil 5.5. Dolgusuz denemede 2,01 kg/dk. m ² alansal debi değerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi	34
Şekil 5.6. Dolgusuz denemede 2,69 kg/dk. m ² alansal debi değerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi	35
Şekil 5.7. Metal bulaşık teli kullanılan denemede 0,67 kg/dk. m ² alansal debi değerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi	36
Şekil 5.8. Metal bulaşık teli kullanılan denemede 1,01 kg/dk. m ² alansal debi değerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi	37
Şekil 5.9. Metal bulaşık teli kullanılan denemede 1,34 kg/dk. m ² alansal debi değerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin zaman göre değişimi	38
Şekil 5.10. Metal bulaşık teli kullanılan denemede 2,01 kg/dk. m ² alansal debi değerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi.....	39
Şekil 5.11. Metal bulaşık teli kullanılan denemede 2,69 kg/dk. m ² alansal debi değerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi.....	40
Şekil 5.12. Metal talaş kullanılan denemede 0,67 kg/dk. m ² alansal debi değerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi.....	41
Şekil 5.13. Metal talaş kullanılan denemede 1,01 kg/dk. m ² alansal debi değerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi.....	42
Şekil 5.14. Metal talaş kullanılan denemede 1,34 kg/dk. m ² alansal debi değerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi.....	43

Şekil 5.15. Metal talaş kullanılan denemede 2,01 kg/dk. m ² alansal debi değerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi.....	44
Şekil 5.16. Metal talaş kullanılan denemede 2,69 kg/dk. m ² alansal debi değerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi.....	45
Şekil 5.17. Andezit taşı kullanılan denemede 0,67 kg/dk. m ² alansal debi değerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi.....	46
Şekil 5.18. Andezit taşı kullanılan denemede 1,01 kg/dk. m ² alansal debi değerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi.....	47
Şekil 5.19. Andezit taşı kullanılan denemede 1,34 kg/dk. m ² alansal debi değerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi.....	48
Şekil 5.20. Andezit taşı kullanılan denemede 2,01 kg/dk. m ² alansal debi değerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi.....	49
Şekil 5.21. Andezit taşı kullanılan denemede 2,69 kg/dk. m ² alansal debi değerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi.....	50
Şekil 5.22. Farklı dolgu malzemelerinin 0,67 kg/dk. m ² alansal debi değerine göre hesaplanan Δt değerlerinin zamana bağlı değişimi.....	51
Şekil 5.23. Farklı dolgu malzemelerinin 1,01 kg/dk. m ² alansal debi değerine göre hesaplanan Δt değerlerinin zamana bağlı değişimi.....	52
Şekil 5.24. Farklı dolgu malzemelerinin 1,34 kg/dk. m ² alansal debi değerine göre hesaplanan Δt değerlerinin zamana bağlı değişimi.....	53
Şekil 5.25. Farklı dolgu malzemelerinin 2,01 kg/dk. m ² alansal debi değerine göre hesaplanan Δt değerlerinin zamana bağlı değişimi.....	54
Şekil 5.26. Farklı dolgu malzemelerinin 2,69 kg/dk. m ² alansal debi değerine göre hesaplanan Δt değerlerinin zamana bağlı değişimi.....	55
Şekil 5.27. Kullanılan malzemelerin alansal debi değerlerine göre verim değerlerinin değişimi.....	56

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Türkiye'de coğrafi bölgelerin güneş ısıtım ve güneşlenme süreleri.....	15
Çizelge 3.2. Hava ısıtmalı güneş kolektörlerinin avantajları ve dezavantajları.....	20



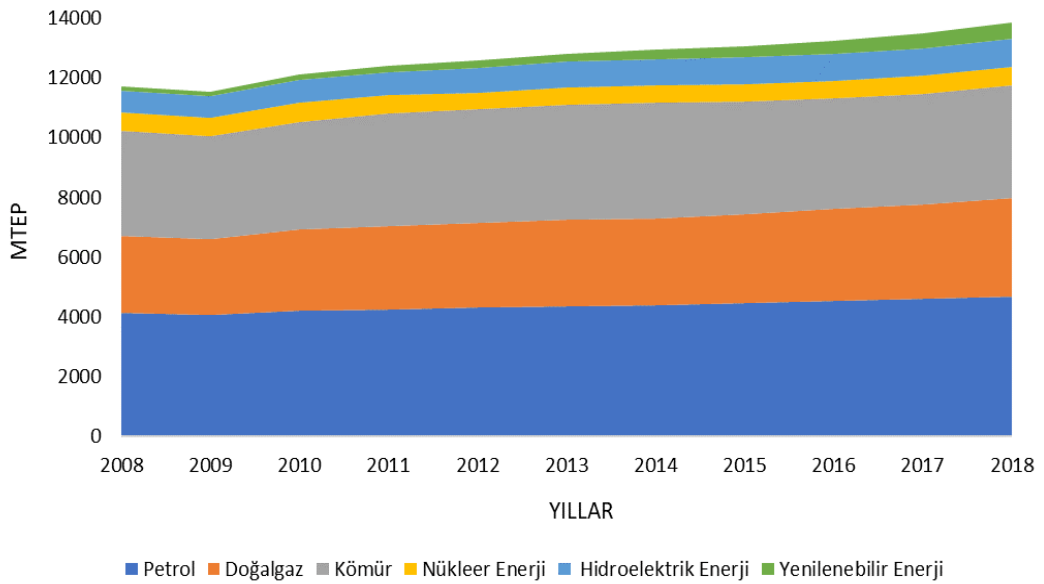
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A_k	Kollektör yüzey alanı (m^2)
$A_ç$	Kollektör çıkış kesit alanı (m^2)
BP	BP Petrolleri A.Ş.
C_p	Havanın özgül ısısı (kcal/kg °C)
EİE	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
ETKB	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
I	Işınım Şiddeti (W/m^2)
ISUBÜ	Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
$\dot{m}$	Kütleli debi (kg/s)
MTEP	Milyon Ton Eş Değer Petrol
$T_ç$	Kollektörün çıkış sıcaklığı (°C)
T_g	Kollektörün giriş sıcaklığı (°C)
TEMSAN	Türkiye Elektromekanik Sanayi Anonim Şirketi
TMMOB	Türkiye Mimarlar ve Mühendisler Odası Birliği
TP	Türkiye Petrolleri
V	Hava akış hızı (m/s)
Δt	Sıcaklık farkı (°C)
ρ	Havanın yoğunluğu (kg/m^3)
η	Kollektörün ısı verimi
Q	Havaya aktarılan enerji (kWh)
YEGM	Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü

1. GİRİŞ

Ülkelerin kullanmış olduğu enerji miktarı ve kaynaklarına göre dağılımı, o ülkenin kalkınma, refah ve gelişmişlik gibi birçok konuda bilgi verir. Genel olarak endüstrisi gelişmiş, refah düzeyi ve kişi başına düşen gelirin yüksek olduğu ülkelerde enerji tüketimi fazladır.

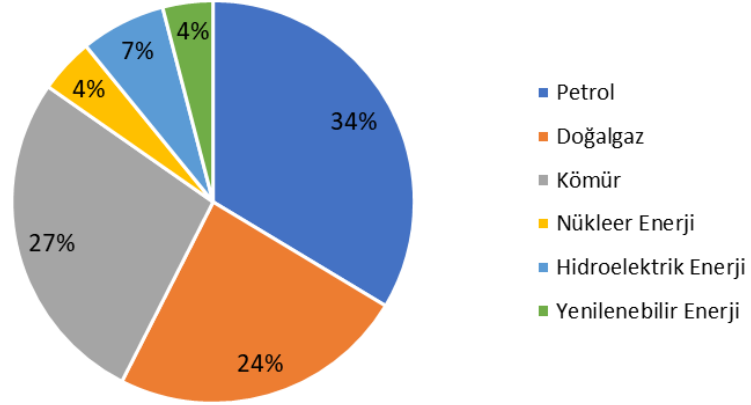
Uygulanan Enerji politikaları kısa süre için düşünüldüğünde enerji kaynaklarının arz talep fiyatlandırma ve uluslararası pazara güvenli şekilde ulaşmasını ele almaktadır. Uzun süre için kalkınma planlamalarını kapsamaktadır. Günümüzde ise her insanın günlük yaşamını sürdürmek için ihtiyaç duyduğu enerji miktarında önemli ölçüde artış olmaktadır. Dünyada tüketilen enerjinin, yıllara ve enerji kaynaklarına göre gösterdiği artış Şekil 1.1'de verilmiştir (BP, 2019).



Şekil 1.1. 2008-2018 yılları arası tüketilen enerjinin kaynaklara göre dağılımı

Dünyada enerji ihtiyacının karşılanmasında, kullanılan kaynakların büyük bölümünü fosil yakıtlar oluşturmaktadır. Enerji tüketiminin kaynaklara göre dağılımı ise Şekil 1.2'de gösterildiği gibi; %34'ünü petrol, %27'sini kömür,

%24'ünü doğalgaz, %4'ünü nükleer enerji, %7'sini hidroelektrik ve %4'ünü yenilenebilir enerji şeklinde gerçekleştirmektedir (BP, 2019).



Şekil 1.2. 2018 yılı dünyada tüketilen enerjinin kaynaklara göre dağılımı

Fosil yakıtlardan olan petrol, genellikle ulaştırma sektöründe kullanılmaktadır. Kömür ve doğalgaz ise ısıtma ve elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Mevcut rezervler ve yıllık tüketim miktarları karşılaştırıldığında bu kaynaklardan petrolün, yaklaşık 40 yılı, doğalgazın ise 51 yılı olduğu görülmektedir (TP, 2018).

Fosil yakıtlar rezerv sorunlarının yanı sıra kullanımları sırasında çevreye de büyük zararlar vermektedir. Santraller kuruldukları bölgelerde canlı yaşamını tehdit etmekte ve atmosfere karbon dioksit, kükürt dioksit, azot oksit, toz ve kurum gibi ekosisteme zararlı gazlar yaymaktadır. Bu gazlardan karbondioksit gibi sera gazı etkisi oluşturanlar, küresel ısınmaya ve iklim değişikliğine yol açmaktadır. Bütün etkileri göz önüne alındığında fosil kaynakların terk edilmesinin gerekli olduğu görülmektedir (Pamir, 2003).

Ülkeler, hem fosil yakıt rezervlerinin yakın bir gelecekte tükenecek olması hem de kullanımları sırasında doğaya verdikleri zararlar yüzünden, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmişlerdir. Bu nedenle yenilenebilir enerji olarak ifade edilen kaynaklar alanında yapılan çalışmalar hızlanmıştır. Yenilenebilir enerji, insanların ihtiyacı olduğu sürece kullanabilecekleri, yani belli bir rezerve bağlı

olmayan ve dönüşümleri sonucunda doğal çevrimin dışında sera gazı emisyonlarına neden olmayan kaynaklara verilen bir isimdir.

Dünyada yaygın olarak kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları aşağıdaki gibidir;

- Güneş Enerjisi,
- Rüzgâr Enerjisi,
- Biokütle Enerjisi,
- Jeotermal Enerji,
- Hidrolik Enerji,
- Hidrojen Enerjisi,
- Dalga Enerjisi.

Bu kaynaklar içinde sahip olduğu potansiyel, kurulum ve kullanım kolaylığı gibi nedenlerden dolayı güneş enerjisi daha avantajlı durumdadır. Güneş enerjisi sistemleri alanında, teknolojiye yaşanan gelişmeler ile sistemin kurulum maliyetlerinin düşürülmesi, bu kaynağı gelecekte daha cazip hale getirecektir.

Türkiye bulunduğu konum nedeniyle güneş enerjisi bakımından son derece avantajlı durumdadır. Güneş enerjisinden yararlanmanın çeşitli yolları vardır. Ülkemizde güneş enerjisinin en yaygın kullanım alanı, düzlemsel güneş kolektörleriyle konutlar için sıcak su elde edilmesidir (Söhmen vd., 1997).

Bu tez çalışmasında ele alınan hava ısıtmalı güneş kolektörlerinin temel çalışma prensibi; güneş ışınımından aldığı enerjiyi yutucu plaka yardımıyla ısı enerjisiye dönüştürülüp, bu enerjiyi sistemde dolaşan havaya aktarılmasıdır. Hava ısıtmalı güneş kolektörlerinde ısı verimliliği arttırmak amacıyla literatürde çok farklı yöntemlerin uygulandığı çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalar ısı verimi arttırmak amacıyla; farklı yutucu yüzey malzemeleri, farklı yutucu yüzey profilleri ve dolgu malzemelerinin geliştirilmesi alanlarında yoğunlaşmaktadır. Tez çalışması kapsamında hava ısıtmalı güneş kolektörlerinin ısı verimi arttırmak amacıyla farklı dolgu malzemelerinin kullanılabilirliği test edilmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Kaynağını güneşten alan ısıtma sistemleri içerisinde en basit yapıda çalışan tasarımlar, düzlemsel güneş kolektörleridir. Düzlemsel kolektörler hava ve su ısıtma amacıyla kullanılabilir. Hava ısıtma güneş kolektörlerinin verimi su ısıtma olanlardan daha düşüktür. Bu nedenle literatürde, hava ısıtma güneş kolektörlerinin verimlerinin artırılması amacıyla yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar genellikle kolektörlerin verimini arttırmaya yönelik farklı tasarımlar ve farklı dolgu malzemeleri kullanılması üzerinedir. Hava ısıtma güneş kolektörleri ile ilgili literatür özetleri aşağıda sunulmuştur.

Fath (1995), yapmış olduğu çalışmada, hava ısıtma güneş kolektörlerinin ısı verimini incelemiştir. Farklı tiplerde yutucu plaka ve farklı depolama malzemeleri kullanarak verimi artırmayı amaçlamıştır. Sistemde depolama malzemesi olarak parafin, kum ve tuz kullanmıştır. Denemelerini 0,6 kg/dk.m², 1,2 kg/ dk.m² ve 1,8 kg/dk. m² değerlerine sahip alansal debileri kullanarak gerçekleştirmiştir. Kullanmış olduğu kolektör 150×67×75 cm boyutlarındadır. Yutucu plaka alanı 1 m²'dir. Elde ettiği verilere göre alansal debi değeri arttığında ısı veriminde artışını gözlemlemiştir. Yan yana şaşırtmalı dizilişli tüplü olarak tasarlanan yutucu plakalı kolektörde en yüksek verim değerlerinin sağlandığını tespit etmiştir. Kullandığı depolama malzemeleri arasında parafinin diğer malzemelere göre daha iyi sonuçlar sağladığını belirlemiştir.

Uçar (1999), yapmış olduğu çalışmada, ısı verimi arttırmak amacıyla 6 adet, farklı şekillerde güneş kolektörü imal etmiştir. Kolektör üzerinde siyah boya ile boyanmış güneş ışığını toplayan yutucu yüzey, hava akış kanalının üzerine farklı şekillerde konumlandırılmıştır. Elde ettiği sonuçlara göre yutucu siyah yüzeyin hava akış kanalının ortasında olduğu durumda en yüksek verim değerlerine ulaşıldığını tespit etmiştir.

Yaldız vd. (2004), yapmış oldukları çalışmada hava ısıtma güneş kolektörlerini maliyet, boyut ve verimleri arasındaki ilişki yönünden incelemiş ve ideal

kollektör boyutlarını hesaplamışlardır. Yaptıkları hesaplamalar sonucunda en düşük enerji maliyetinin 13 m² yüzey alanına sahip kollektörde, en yüksek verim değerinin 4 ve 5 m² yutucu yüzey alanına sahip olan kollektörde olduğunu görmüşlerdir. Kollektörlerin yüzey alanıyla, enerji ve yatırım giderleri arasında doğrusal ilişki olduğunu tespit etmişlerdir. Enerji maliyetleri bakımından kıyaslandığında en uygun yutucu yüzey alanının 10-16 m² aralığında olduğunu belirlemişlerdir.

Bulut ve Durmaz (2006), yapmış oldukları çalışmada, hava ısıtmalı güneş kollektörlerini tasarım ve ısı verimleri bakımından, Şanlıurfa şartlarında 8 farklı günde yapılan ölçümleri deneysel olarak incelemişlerdir. Alüminyum malzemeden imal ettikleri kollektörün yutucu plakasında oval kesitler oluşturarak kanatçık görevi yapmasını sağlamışlardır. Sisteme hava 22-30W gücünde fan yardımıyla ve 150 x 50mm ölçülerinde bir kanaldan gönderilmiştir. Elde ettikleri ölçüm sonuçlarından ortalama ısı verim değerini %53 olarak bulmuşlardır. Isı verimi, kollektör hava kanalında farklı tasarımlar oluşturularak artırılabilceğini ortaya koymuşlardır.

Lin vd. (2006), yapmış oldukları çalışmada, farklı şekildeki çapraz oluklu hava ısıtmalı güneş kollektörleri ısı verimleri bakımından değerlendirmişlerdir. Hava kanalında oluşan türbülansı arttırmak için hava kanalına iki adet plaka, çapraz şekilde yerleştirmişlerdir. Isı transferinin, oluşturulan tasarımla artırılmasını hedeflemişlerdir. Tasarlanan kollektör şekillerinden Tip1 toplayıcı; akış yönüne dik, dalgalı olan alt plakalı kollektör, Tip2 toplayıcı; akış yönüne paralel, dalgalı alt plakadır. Oluşturdukları tasarımlardan elde ettikleri en yüksek ısı verim değerini Tip2 tasarımdan sağlamışlardır. Yutucu plaka ve alt plaka arasında kalan boşluğa engeller yerleştirilerek daha iyi verim değerlerinin elde edileceğini görmüşlerdir.

Karim vd. (2006), çalışmalarında, hava ısıtmalı güneş kollektörlerinden düz yüzeyli, V-oluklu ve kanatlı yutucu yüzeylerine sahip kollektörlerin performanslarını deneysel ve teorik olarak incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlardan en yüksek verim değerine V-oluklu kollektörün sahip olduğunu

hesaplamışlardır. Düz yüzeye sahip kollektörün en düşük verim değerine sahip olduğunu görmüşlerdir. Düz yüzeyli ve V-oluklu kollektörler kıyaslandığında, V-oluklu tek geçişli kollektörün %10-15, V-oluklu çift geçişli kollektörün %5-11 değerlerinde olduğunu hesaplamışlardır.

Kırbaş (2006), yapmış olduğu çalışmada, hava akış kanalı labirentli tip olan hava ısıtılmalı güneş kollektörlerinin ısı verimini deneysel olarak incelemiştir. Yüzey alanı 1 m^2 ve boyutları $1205 \times 930 \times 100 \text{ mm}$ olarak imal ettikleri kollektör kasasında alüminyum malzeme kullanmıştır. Deney sistemini güneş ışımasını 45° açıyla alacak şekilde yerleştirmiştir. Sıcaklık ölçümlerini 7 farklı noktadan yapmıştır. Sistemde alansal debi değeri olarak $0,087 \text{ kg/dk.m}^2$, $0,935 \text{ kg/dk.m}^2$, $1,002 \text{ kg/dk.m}^2$ kullanmış ve bu değerleri farklı günlerde, farklı sıcaklık şartlarında denemiştir. Hesapladığı ısı verimleri $0,087 \text{ kg/dk.m}^2$ için; %73, $0,935 \text{ kg/dk.m}^2$; %76, $1,002 \text{ kg/dk.m}^2$; %82 değerlerinde olduğunu görmüştür. Elde ettiği sonuçlardan sistemde kullanılan alansal debi değerinin artması durumunda kollektörün ısı veriminin arttığını gözlemlemiştir.

Esen (2008), yapmış olduğu çalışmada, çift geçişli hava ısıtılmalı güneş kollektörlerini ele almıştır. Denemelerde kullanılan yutucu plaka $125 \times 80 \text{ cm}$ boyutlarındadır ve çalışmada 4 farklı tip tasarım denemiştir. Tip1; düz yutucu plaka, Tip2; kollektörün 10 cm üzerinde engelli yutucu alt ve üst hava akış kanalına eşit mesafede, Tip3; kollektörün 20 cm üzerinde engelli yutucu ve Tip4; kollektörün 30 cm üzerinde bulunan engelli yutucu plaka olarak tasarlanmıştır. Sistemde 4 farklı noktada sıcaklık ölçümü yapmıştır. Bunlar; giriş havası sıcaklığı, çıkış havası sıcaklığı, ortam sıcaklığı ve yutucu plaka sıcaklıklarıdır. Denemelerinde alansal debi değeri olarak $0,9-1,5 \text{ kg/dk.m}^2$ aralığını kullanmıştır. Tasarladığı kollektör tiplerinden verimi en yüksek olanın Tip2 olduğunu görmüştür.

Gedik vd. (2008), yapmış oldukları çalışmada, hava ısıtılmalı güneş kollektörlerinin ısı verimlerini artırmak için 2 farklı tip olarak imal edilmiş yutucu yüzeyleri deney ortamında incelemişlerdir. Yutucu yüzey olarak zikzaklı ve düz yüzeyli yutucu plaka kullanmışlardır. Kollektörü $700 \times 500 \times 110 \text{ mm}$

boyutlarında ve 1mm kalınlığında sac malzemeden imal etmişlerdir. Deney sisteminde hava dolaşımını sağlamak için 6m uzunluğunda 110mm çapında borular kullanmışlardır. Kullanılan iki tip içinde hava hızını 1,23m/s olarak ölçmüşlerdir. Kollektörlerin teorik olarak enerji ve ekserji verimlerini hesaplamışlar ve deneysel olarak bulunan kollektör performansları ile karşılaştırmışlardır. Elde ettikleri sonuçlardan, düz yutucu plakaya değişik şekillerin yerleştirilmesinin verim artışı sağladığını görmüşlerdir.

Ramani vd. (2010), çalışmalarında, çift geçişli ters akışlı hava ısıtmalı güneş kollektörünün ısı performansını teorik ve deneysel olarak incelemişlerdir. Isı transfer katsayısına bağlı matematiksel bir model oluşturup hesaplamalarını bu modeli kullanarak yapmışlardır. Basınç düşümünün ısı performansını nasıl etkilediğini araştırmışlardır. Denemelerinde, çift hava akış kanalını, 4mm'lik cam kapaklar kullanarak sağlamışlardır. Oluşturdukları hava kanalı 2100 x 540 x 21 mm boyutlarındadır. Elde ettikleri sonuçlardan gözenekli plakaya sahip kollektörün ısı verimini %20-25 olarak bulmuşlardır. Bu durum sonucunda gözenekli çift geçişli yapıdaki kollektörün, gözeneksiz plakaya sahip kollektöre göre %30-35 daha fazla olduğunu görmüşlerdir.

Karakaya ve Durmuş (2011), yapmış oldukları çalışmada tasarladıkları 1,6 x 1,6 m² ölçüsünde yüzey alanına sahip, serpantin akışlı olarak imal edilmiş 3 farklı kollektör kullanmışlardır. Sistemde kullanılan akışkan, uzatılan akım yolu ve akım yolunun şekline göre otürü türbülansa uğramıştır. Uzatılan akım yolu sayesinde ısı transferinde artış görmüşlerdir. Elde ettikleri farklı verim değerlerini kıyaslamış ve ekserji analizlerini yapmışlardır.

El-Khawajah vd. (2011), yapmış oldukları çalışmada, hava ısıtmalı güneş kollektörlerinde farklı sayıda kanatçık kullanmanın ısı verime etkisini deneysel olarak araştırmışlardır. Kollektörde yutucu plaka olarak tel örgülü plaka kullanmışlardır. Denemelerinde alansal debi olarak 0,48-1,68 kg/dk.m² aralığında değerleri kullanmışlardır. Güneş ışınlamı ve ısı verimin en yüksek değerini 6 kanatçık kullanılan tasarımda ölçmüşlerdir. Alansal debi olarak 1,68 kg/dk.m² kullandıkları denemelerde elde ettikleri ısı verim sonuçları; 2

kanatçıklı sistemde %75, 4 kanatçıklı sistemde %82 ve 6 kanatçıklı sistemde %85 olarak bulmuşlardır. Tel örgüler kullanılarak oluşturulan gözenekli yapının ısı transferini artırdığını dolayısıyla ısı verimi artırdığını ortaya koymuşlardır.

Bayrak (2011) yapmış olduğu çalışmada, 5 farklı şekildeki hava ısıtmalı güneş kollektörlerinin ısı performans analizlerini incelemiştir. Bu kollektörlerin yutucu yüzeyine, kalınlıkları 6 ve 10 mm, yüzey alanları 50 cm² olan, kapalı hücreli alüminyum köpükler yerleştirmiştir. Alüminyum köpükleri, plaka üzerine, şaşırtmalı ve şaşırtmasız olarak yerleştirmiş ve ayrıca düz kollektör için de deneyleri aynı şartlarda yapmıştır. Deneylerini haziran ve temmuz aylarında, 1,14 kg/dk.m² ve 1,78 kg/dk.m² olmak üzere iki farklı hava debisinde yapmıştır. Termodinamiğin I. ve II. Kanunlarına göre analizlerini yapmış, enerji ve ekserji verimleri hesaplanmıştır. Çalışmada, 16 farklı parametre incelenmiş ve 6 mm şaşırtmalı kollektörün tüm debi değerlerinde en yüksek verime sahip olduğunu tespit etmiştir. Sonuçları, literatür sonuçları ile karşılaştırmış ve elde edilen enerji ve ekserji verimlerinin oldukça iyi olduğu sonucuna varmıştır.

Şener (2013), yapmış olduğu çalışmada, bağımsız değişken olarak üç farklı akım yolu ve direnç şekli belirlediği havalı güneş kollektörlerini incelemiştir. Deneylerinde farklı iki hava kanalına sahip güneş kollektörü kullanmıştır. Bu tasarımlardan ilki standart hava akış kanallı diğeri hava akış yolunu uzatmak için şaşırtmalı engeller bulunan şekildedir. Engelleri, hava akış kanalını 3 ve 5 bölüme ayıracak şekilde yerleştirmiştir. Hava, düz kanalda 185 cm, 3 bölmeli kanalda 190 cm ve 5 bölmeli kanalda 475 cm yol almıştır. Deneylerinden elde edilen sonuçlara göre sayısal modellemede kullanacağı algoritmaları belirlemiştir. Yaptığı hesaplamalar sonucu oluşturulan kanatçık yapısının ısı transferini etkilediğini belirlemiştir.

Vyas ve Punjabi (2014), yapmış oldukları çalışmada, 3 farklı yutucu plakaya sahip hava ısıtmalı güneş kollektörlerini laboratuvar şartlarında incelemişlerdir. Güneş simülatöründe ışıyım şiddetini 600 W/m², geliş açısını 30° olarak sabitlemişlerdir. Boyutları 100×50×10 cm olan kollektörün, hava çıkış alanını 0,01314 m² ölçüsünde imal etmişlerdir. Çalışmalarında kullandıkları yutucu

yüzeyler; düzlemsel(i), V-tip çapraz eğimli (ii) ve V-tip eğimli (iii) şeklindedir. Hava hızını, hava çıkış kanalından ölçülen kütleli debi değerlerine göre hesaplamışlardır. Kütleli debi ve oluşan sıcaklık farkı değerlerine göre yaptıkları hesaplamalardan en yüksek ısı verimin, V-tip eğimli yutucu plakaya (iii) sahip kollektörde olduğunu görmüşlerdir. Oluşturulan hava akış kanalında farklı yutucu plakaların kullanılması ısı verime etkisi olduğunu belirlenmişlerdir.

Çağlayan vd. (2014), yapmış oldukları çalışmada, hava ısıtmalı kollektörler için 4 değişik yutucu plaka kullanarak ısı verimleri karşılaştırmışlardır. Tasarlanan plakalardan Tip 1; düz yüzeyli, Tip 2; V-profilli, Tip 3; trapez ve Tip 4; dalga şeklindedir. Yutucu plakalar 2mm kalınlığında, alüminyum ve bakır malzeme kullanılarak imal etmişlerdir. Kollektörü 35°'lik eğimde sabitlemişlerdir. Hava hızı olarak 2 m/s, 3 m/s ve 4 m/s kullanılmışlardır. Bakır malzemeden imal ettikleri yutucu plakanın alüminyum malzemeye göre daha iyi verim değerlerini verdiğini ve en başarılı tasarımın dalga profilli yutucu plaka olduğunu görmüşlerdir. Isı verim değerini %48 olarak hesaplamışlardır.

Pal vd. (2015), yapmış oldukları çalışmada, farklı alansal debilerin hava ısıtmalı kollektörlerinin ısı verime etkisini araştırmışlardır. Kullanılan alansal debiler; 1,94 kg/dk.m², 2,1 kg/dk.m² ve 2,27 kg/dk.m² şeklindedir. Denemelerinde, sisteme hava bir fan yardımıyla göndermiş ve güneş ışıını dış ortamdan sağlamışlardır. Yaptıkları hesaplamalara göre en yüksek verim 2,27 kg/dk.m² alansal debi kullanılarak yapılan denemede %56 olarak bulmuşlardır. Bu durum, alansal debi ile ısı verim arasında doğrusal ilişki olduğunu göstermiştir.

Güney ve Külcü (2016), yapmış oldukları çalışmada, hava ısıtmalı güneş kollektörlerini hava akış kanalında dolomit tuğla kullanarak laboratuvar koşullarında incelemişlerdir. Denemelerinde değişken olarak 3 farklı güneş ışıını ve 2 farklı geliş açısı kullanmışlardır. Güneş ışıını geliş açısı azaldığında sıcaklık değerinin de arttığını görmüşlerdir. Geliş açısının 0° olarak kullanılmasıyla dolomit tuğlaların daha iyi depolama yaptığı sonucuna varmışlardır.

Battal (2017), yapmış olduğu çalışmada, hava ısıtmalı güneş kollektörlerinde depolama malzemesi olarak dolomit tuğla kullanımının ısı verime etkisini laboratuvar şartlarında incelemiştir. Hava akış kanalına dolomit tuğlaları, farklı sayı ve geometrik şekilde yerleştirmiştir. Denemelerinde 4 adet tasarım denemiştir. Tasarım 1; 15 adet tuğla 5 sıra (5T), tasarım 2; 12 adet tuğlalı 4 sıra (4T), tasarım 3; 12 adet tuğla T şeklinde 4 sıra (4TD), tasarım 4; kırılmış dolomit tuğla (K) olarak belirlemiştir. Güneş ışınlamını simülatör kullanarak sağlamış ve 3 farklı ışınlam şiddeti (500, 750 ve 1000 W/m²) uygulamıştır. En yüksek verim değerlerini 5T ve 4TD olan tasarımlardan elde etmiştir. En başarılı tasarımı belirledikten sonra 5mm kalınlığında dilimlediği elma kurutma denemelerine yapmıştır. Elde ettiği sonuçlara göre 5T tasarımlı kollektör kurutma performansı açısından daha başarılı olmuştur ve uygulanan tasarım kuruma süresini 100 dakika kısaltmıştır.

Ata ve Acır (2019), yapmış oldukları çalışmada, hava ısıtmalı güneş kollektörlerinin yutucu yüzeyinde farklı tip kanatçıklar bulunmasının ısı transferine etkisini incelemiştir. Kanatçıkları 10mm en ve 20mm yükseklikte bakır malzemeden imal etmişlerdir. Tip1 kanatçık için; 45° akış yönüne engel oluşturacak şekilde, Tip2 kanatçık şekli için; 160mm çapında yarım silindirik olacak şekilde kollektör hava akış kanalına yerleştirmişlerdir. Deneylerinde 4 farklı reynold sayısı, farklı 2 tip kanatçık ve 2 farklı kollektör eğim açısı kullanmışlardır. Kullanılan parametrelerden en iyi ısı transferi sonuçlarını Re=5000, Tip2 kanatçık şekli ve eğim açısı 25° olarak tespit edilmiştir.

3. GÜNEŞ ENERJİSİ VE GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ

3.1. Güneş Enerjisi

Güneş, neredeyse bütün enerji kaynaklarının oluşumunda yer alan önemli bir kaynaktır. Fosil kaynaklı yakıtlar kullanılarak üretilen enerjinin çevreye verdiği zararlar bilinmektedir. Bu nedenle güneş enerjisi sistemleri üzerine yapılan çalışmaların sayısı gün geçtikçe artmaktadır.

Güneşin çapı 1.39×10^9 m ve yüzey sıcaklığı 5777 K'dir. İçerisinde yoğun ve sıcak gazlar bulunur. Güneşin çekirdek bölgesi sıcaklığının 8×10^6 - 40×10^6 K arasında ve yoğunluğunun sudan 100 kat daha fazla olduğu tahmin edilmektedir. Dünya ile güneş arasındaki mesafe 1.5×10^{11} m'dir. Güneş radyasyonu, Güneş'in kütlesinin büyük kısmını oluşturan Hidrojen atomlarının Helyuma dönüşümünü içeren nükleer reaksiyonlar sonucunda oluşmaktadır. Hidrojen, evrende bulunan ve bu reaksiyon için gerekli en basit elementtir (Duffie ve Beckman, 2013).

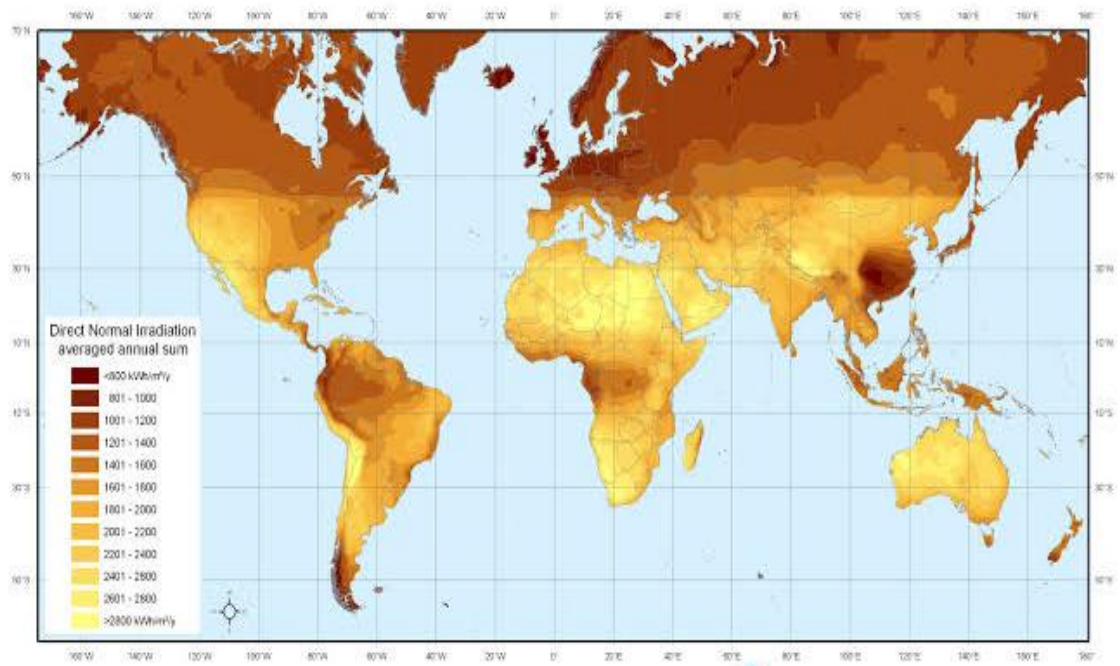
Güneş'te gerçekleşen nükleer reaksiyon sonucunda çok büyük bir enerji açığa çıkmaktadır. Bu enerji ışıınım şeklinde uzaya yayılarak dünyamız için hayati öneme sahip enerji kaynağını oluşturmaktadır. Güneşten dünya yüzeyine saniyede yaklaşık olarak 170 milyon MW enerji gelmektedir. (Varınca ve Gönüllü, 2006).

Güneş enerjisinin diğer kaynaklara göre avantajları şunlardır;

- Bol ve tükenmeyen enerji kaynağıdır,
- Temiz enerji elde etmemizi sağlar, zararlı gaz salınımı yoktur,
- Enerji ihtiyacı duyulan her yerde genellikle güneşten yararlanmak mümkündür,
- Güneş enerjisi sistemlerinin bakım maliyetleri azdır.

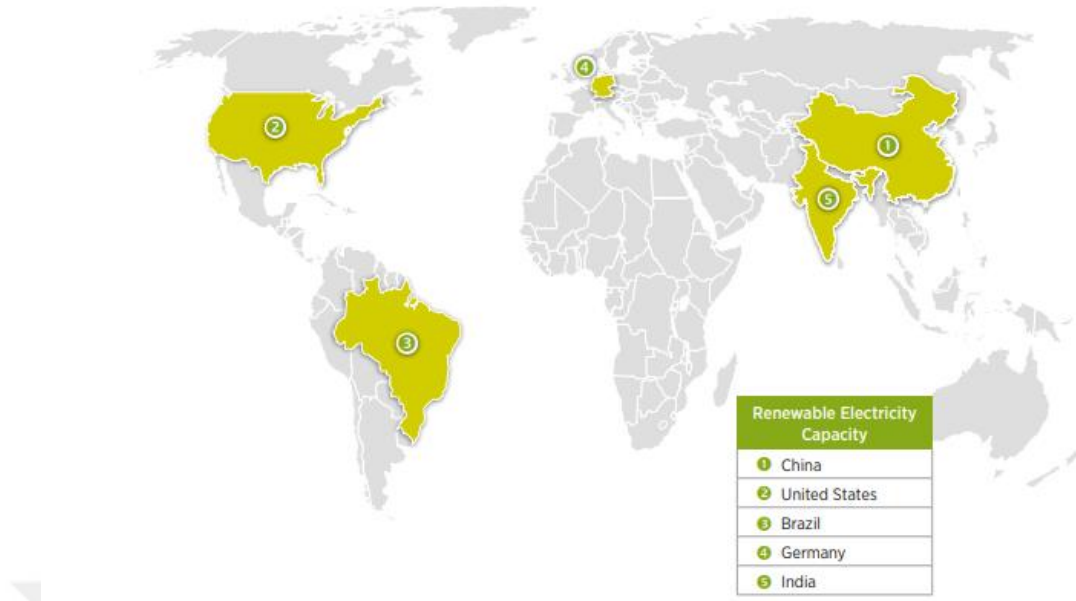
3.1.1. Dünyada güneş enerjisi

Dünyada güneş enerjisi, genellikle ekvator çizgisine en yüksek değerlerde olup, kutup bölgelerine gidildikçe azalmaktadır. Bu durumun sebebi dünyanın sahip olduğu geoit yapısıdır. Güneş ışınlamını ekvator bölgeleri daha büyük açılarda almaktadır ve ekvator'dan uzaklaştıkça ışınlamın açısı küçülmektedir. Dünya'nın güneş enerjisi potansiyeli Şekil 3.1'de gösterilmiştir (SolarPACES, 2008).



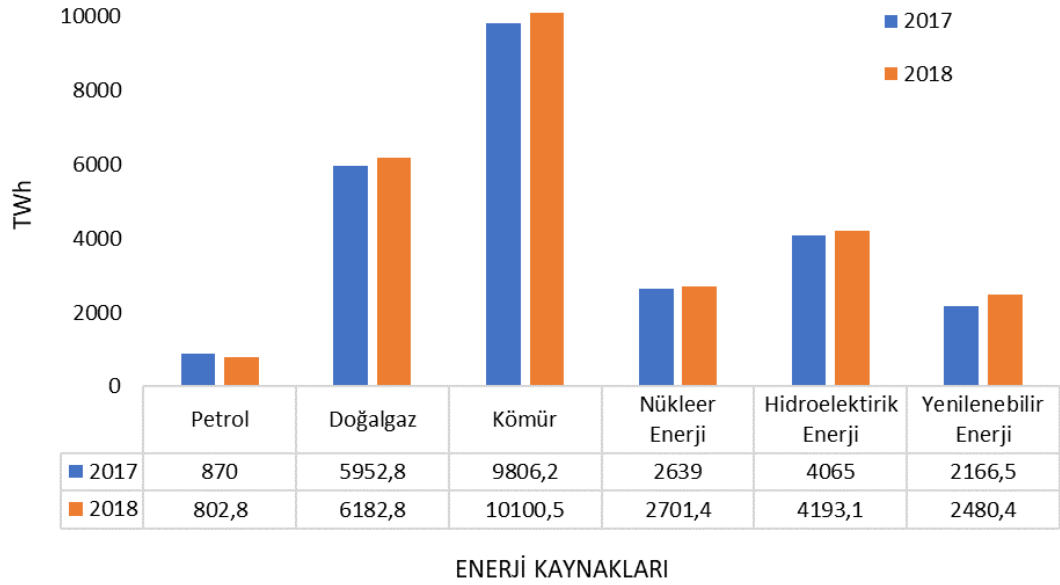
Şekil 3.1. Dünyanın güneş enerjisi potansiyeli haritası (SolarPACES, 2008)

Güneş enerjisi günümüzde sıcak su, hava ve elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Dünya genelinde elektrik üretimi için büyük ölçüde fosil yakıtlardan yararlanılmaktadır. Çevreye verdikleri zararlar ve rezerv problemleri, ülkeleri, yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Ülkelerin yenilenebilir enerji kaynaklarından sahip oldukları kurulu güçleri Şekil 3.2'de verilmiştir. Çin ilk sırada yer alarak en fazla yenilenebilir kaynaklardan enerji üreten ülke konumundadır (Koebrich vd., 2019).



Şekil 3.2. Dünyada yenilenebilir enerji kaynaklı kurulu güç dağılım haritası (Koebrich vd., 2019)

Yenilenebilir enerjiden üretilen elektrik miktarı her geçen yıl artış göstermektedir. Bu kaynaklar arasında en yüksek kurulu gücü hidroelektrik santraller oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra güneş ışınlımından yararlanan sistemlerde yaşanan teknolojik gelişmeler, dünyada kurulu güneş enerjisi santrallerinin sayısını önemli ölçüde artırmıştır. Elektrik üretiminde kullanılan kaynakların 2017 ve 2018 yıllarına göre kurulu güç kapasiteleri TWh Şekil 3.3’de verilmiştir (Koebrich vd., 2019). İstatistiksel veriler, dünyada elektrik üretiminde kaynak olarak kömür ve doğalgazın baş rol oynadığına işaret etmektedir. Ancak bu kaynakların neden olduğu sera gazları, ülkeleri yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı doğrultusunda hareket etmeye zorlamaktadır.



Şekil 3.3. Dünyanın 2017 ve 2018 yıllarında kurulu güç kapasitelerinin enerji kaynaklarına göre dağılımı

3.1.2. Türkiye'de güneş enerjisi

Güneş ışınlamından gelen enerjiyi en iyi şekilde alabilmek için, 45° kuzey-güney enlemleri arasında, “Güneş Kuşağı” olarak bilinen bölgede yer almak gerekmektedir (Altuntop ve Erdemir, 2013). Ülkemiz, bulunduğu 36°-42° kuzey enlemleri sayesinde, güneş enerjisi potansiyeli bakımından oldukça avantajlı bir konuma sahiptir.

Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından ortaya koyulan Güneş enerjisi haritası Şekil 3.4'de verilmiştir (YEGM, 2019a). Ülkemizde uzun süreli meteorolojik ölçüm sonuçlarına göre; ortalama güneşlenme süreleri, günlük; 7,5 saat, yıllık; 2741 saat olarak bulunmuştur. Ortalama güneş enerjisi miktarları ise, günlük; 4,18 kWh/m², yıllık; 1527 kWh/m² yıl seviyelerindedir (ETKB, 2019).



Şekil 3.4. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli haritası (YEGM, 2019a)

Ülkemizin bölgelere göre güneşlenme süreleri ve güneş ışıınımı şiddetleri Çizelge 3.1' de verilmiştir (TMMOB, 2014).

Çizelge 3.1. Türkiye'de coğrafi bölgelerin güneş ışıınım ve güneşlenme süreleri

BÖLGE	TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ (kWh/m ² yıl)	GÜNEŞLENME SÜRESİ (saat/yıl)
GÜNEYDOĞU ANADOLU	1460	2993
AKDENİZ	1390	2956
DOĞU ANADOLU	1365	2664
İÇ ANADOLU	1314	2628
EGE	1304	2738
MARMARA	1168	2409
KARADENİZ	1120	1971

Tablodaki verilerden, ülkemizin en yüksek miktarda güneş ışıınımı alan bölgesinin Güneydoğu Anadolu olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Bu bölgeyi takiben Akdeniz Bölgesi, Doğu Anadolu bölgesi, İç Anadolu bölgesi, Ege bölgesi gelmektedir. Güneş enerjisi potansiyeli en düşük olan 2 bölge ise Marmara ve Karadeniz bölgeleridir. Ülkemiz güneş potansiyeli olarak oldukça avantajlı olmasına rağmen sahip olduğu bu potansiyeli yeterince kullanamamaktadır.

Ülkemizde güneş enerjisi ağırlıklı olarak sıcak su üretimi ve elektrik üretimi amacıyla kullanılmaktadır. Sıcak su üretimi amacıyla kullanılan kollektörlerin büyük kısmını su ısıtma kollektörleri oluşturmaktadır. Hava ısıtma kollektörleri ise tarımsal ürünlerin kurutulması amacıyla, düşük miktarlarda kullanıma sahiptir. Ülkemizde 2017 yılı sonunda toplam kurulu güneş kollektör alanı yaklaşık olarak 20.000.000 m²'dir ve üretilen ısı enerjisi miktarı 823.000 TEP olarak belirlenmiştir (TEMSAN, 2019).

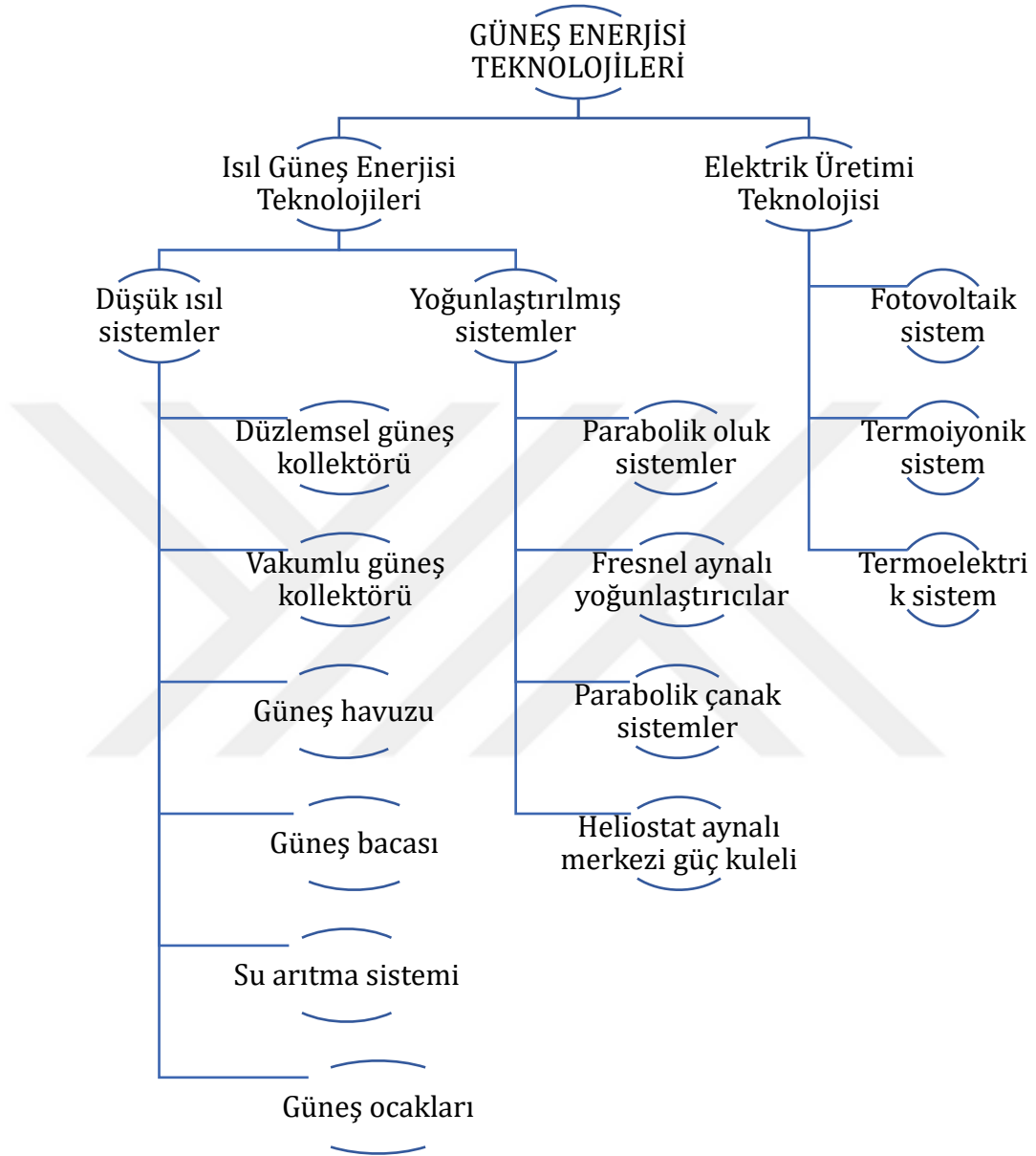
Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığından alınan 2019 yılı Eylül ayı kurulu güç verilerine göre elektrik üretiminin; %31,4'ünü hidrolik enerji, %28,6'sını doğalgaz, %22,4'ünü kömür, %8,1'ini rüzgâr, %6,2'sini güneş, %1,6'sını jeotermal ve %1,7'sini diğer kaynaklar oluşturmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak elektrik üreten tesislerin kurulu gücü 38907 MW olarak verilmiştir. Elektrik üretim santrali sayısı 8069 olarak belirlenmiştir. Bu santrallerden; 669 tanesi hidroelektrik, 68 tanesi kömür, 262 tanesi rüzgâr, 52 tanesi jeotermal, 330 tanesi doğal gaz, 6435 tanesi güneş, 253 tanesi ise diğer enerji kaynaklı santrallerdir (ETKB, 2019).

Verilen santral sayılarına bakıldığında 6435 adetinin güneş santrali olduğu görülmektedir. Buna karşılık doğalgaz ve kömür ile çalışan santrallerin sayısı az olsa da ürettiği güç açısından güneş ve diğer kaynaklı santrallere göre çok daha fazla elektrik üretmektedir.

3.2. Güneş Enerjisi Sistemleri

Güneş enerjisinden faydalanmak üzere özellikle 20. yy. başlarında yapılan nitelikli çalışma sayısı artmıştır. Yapılan bu çalışmalar sonucunda, güneş enerjisi ilk olarak binalarda sıcak su üretim sistemleri yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu gelişmelerden sonra; kol saatleri, hesap makinaları, uzay araştırmalarında kullanılan uyduların enerji ihtiyacının karşılanması gibi alanlar için elektrik dönüşüm sistemleri geliştirilmeye başlanmıştır. Gelişen teknoloji ile birlikte, güneş enerjisi sistemleri; kullanılan materyal, yöntem ve teknoloji bakımından çeşitlilik göstermeye başlamıştır. Temel olarak 2 ana başlık altında

birleştirildiğinde bunlar; Isıl Güneş Enerjisi Sistemleri ve Elektrik Üretim Sistemleridir. Şekil 3.5’de güneş enerji sistemleri şematik görünüşü verilmiştir.



Şekil 3.5. Güneş enerji teknolojileri

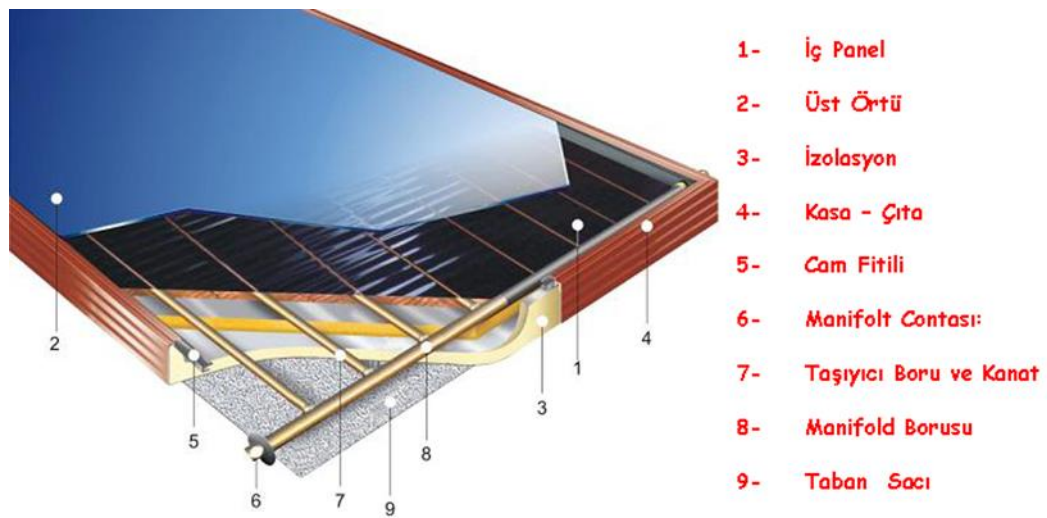
Güneş enerji sistemlerini temel itibariyle; güneş ışıınımını, diğer enerji türlerine dönüştüren sistemler olarak tanımlanabilir. Kolektörler, güneş enerjisini ısı enerjiye dönüştüren tasarımlardır. Isıl güneş enerji sistemleri, işlem sıcaklığına göre 3 ana başlıkta toplanabilir. Bunlar, düşük sıcaklık uygulamaları, orta sıcaklık uygulamaları ve yüksek sıcaklık uygulamalarıdır. Düşük ve orta sıcaklık

uygulamalı sistemler genellikle bina ve mekân ısıtılmasında kullanılmaktadır. Aynı zamanda sanayi tesislerinde, tarım ve seracılık uygulamalarında gereken ısıyı karşılanmasında kullanılmaktadır. Yüksek sıcaklık uygulamaları ise buhar üretimi, maden eritilmesi gibi alanlarda kullanılmaktadır (Ültanır,1998).

Yapılan tez çalışması kapsamında düşük ısı sistemler grubunda yer alan düzlemsel hava ısıtmalı güneş kolektörleri konu edilmiştir ve bu kolektörlerde ısı verimi arttıracak bir tasarımın geliştirilmesi hedeflenmiştir.

3.2.1. Düzlemsel güneş kolektörleri

Düzlemsel güneş kolektörlerinin temel çalışma prensibi, güneş ışınımından aldığı enerjiyi toplayıp, bir akışkana ısı şeklinde aktaran sistemlerdir. Düzlemsel güneş kolektörleri genellikle konutlara sıcak su temininde kullanılmaktadır. Sistemin ulaştığı maksimum sıcaklık 70°C'dir. Düzlemsel güneş kolektörünü oluşturan elemanlar Şekil 3.6'da verilmiştir (YEGM, 2019b). Bunlar; üst örtü, yutucu plaka, taşıyıcı borular, izolasyon malzemesi ve kasadır. Yutucu plakanın yüzeyi, seçiciliği artırmak için koyu renk ile boyanır. Kolektörler, yerleştirilecek bölgenin enlemine göre güneş ışınımını maksimum alacağı açıda konumlandırılırlar.

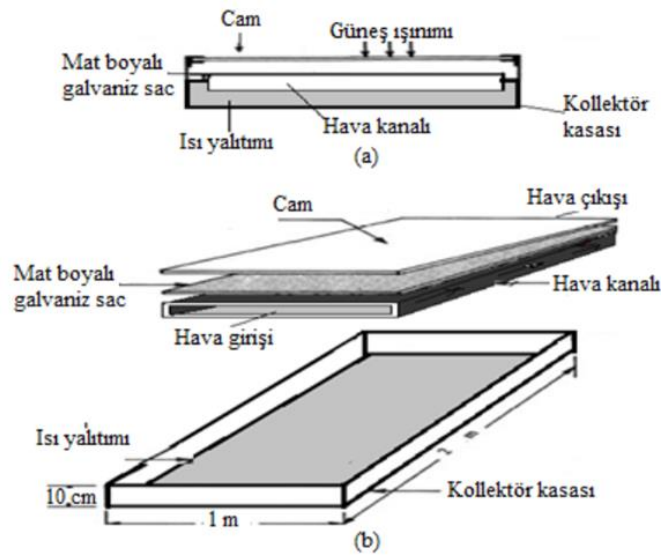


Şekil 3.6. Düzlemsel güneş kolektörü ve elemanları (YEGM, 2019b)

Güneş kollektörü kurulu gücün en fazla olduğu ülkeler arasında Çin, ABD, Japonya, Avustralya İsrail ve Yunanistan bulunmaktadır. Türkiye 18 milyon m² kurulu kollektör alanı ile dünyanın önde gelen ülkelerinden biri konumundadır (YEGM, 2019b).

3.2.1.1. Hava ısıtmalı güneş kollektörleri

Hava ısıtmalı güneş kollektörleri temelde; yutucu plakanın, güneş ışığından aldığı enerjiyi, akış kanalından geçen, ısı transfer elemanı olarak kullanılan havaya aktararak çalışan sistemlerdir. Hava ısıtmalı kollektörde ısınan hava doğrudan kullanılabilir ya da depolanabilir (Uyarel ve Öz, 1987; Özbalta vd. ,2003). Kollektör kesit görünümü, kasanın içine yerleştirilen kısmı ve kasanın perspektif hali Şekil 3.7’de gösterilmiştir (Sancar ve Bulut, 2014).



Şekil 3.7. Havalı güneş kollektörünün kesiti ve açılmış görünüşü (Sancar ve Bulut, 2014)

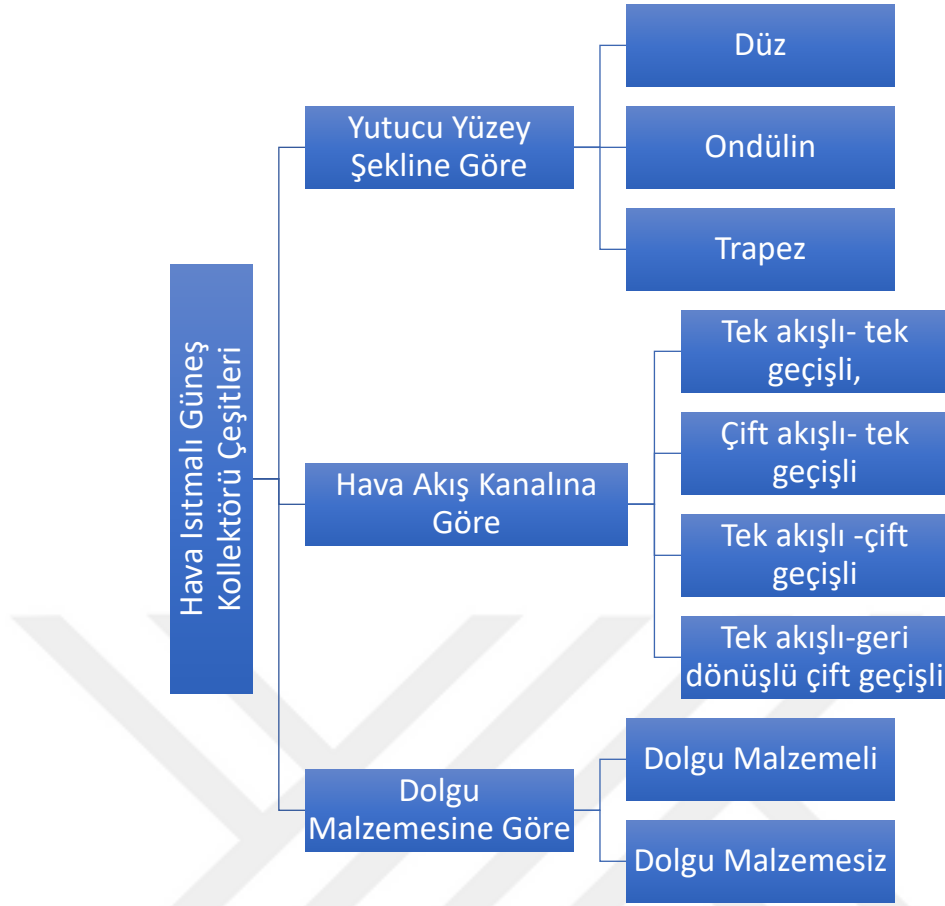
En üstte bulunan geçirgen örtü dışındaki tüm kollektör elemanları, ısı kayıpları en aza indirmek için, yalıtılmış olmalıdır. Isıl verim, hava ısıtmalı güneş kollektörlerinde, su ısıtmalı güneş kollektörlerine göre daha düşüktür. Bunun sebebi ise suyun, havadan daha iyi bir ısı transfer elemanı olmasıdır. Hava ısıtmalı

güneş kolektörlerin avantajları ve dezavantajları Çizelge 3.2’de verilmiştir. (Uyarel ve Öz, 1987; Özbalta vd. ,2003).

Çizelge 3.2. Hava ısıtmalı güneş kolektörlerinin avantajları ve dezavantajları

Hava Isıtmalı Güneş Kolektörleri	
Avantajları	Dezavantajları
Sistemin kurulumu basittir.	Hava akış kanalı oluşturabilmek için büyük alanlara ihtiyaç duyulur.
Donma problemi yoktur.	Kullanım alanı kısıtlıdır. Mekân ısıtmasında ve tarımsal kurutma işlemlerinde kullanılabilir.
Korozyon problemi yoktur.	Hava iyi bir ısı transfer akışkanı değildir.
Kaynama ve basınç problemi yoktur.	Hava debisini arttırmak için, hava kullanılan fan kapasitesini yükseltmek gerekir.

Hava ısıtmalı güneş kolektörlerinin ısı verimlerini arttırmak için farklı yutucu yüzey ve hava akış kanalları geliştirilmektedir. Farklı tasarımların yanı sıra kolektör içine dolgu malzemesi yerleştirilerek ısı verimin artırılması amacıyla çalışmalar da yapılmaktadır. Hava ısıtmalı güneş kolektörleri; yutucu yüzey şekli, akış kanalı ve dolgu malzemesi kullanımına göre Şekil 3.8’de gösterildiği gibi sınıflandırılabilir.



Şekil 3.8. Hava ısıtmalı güneş kollektörleri çeşitleri

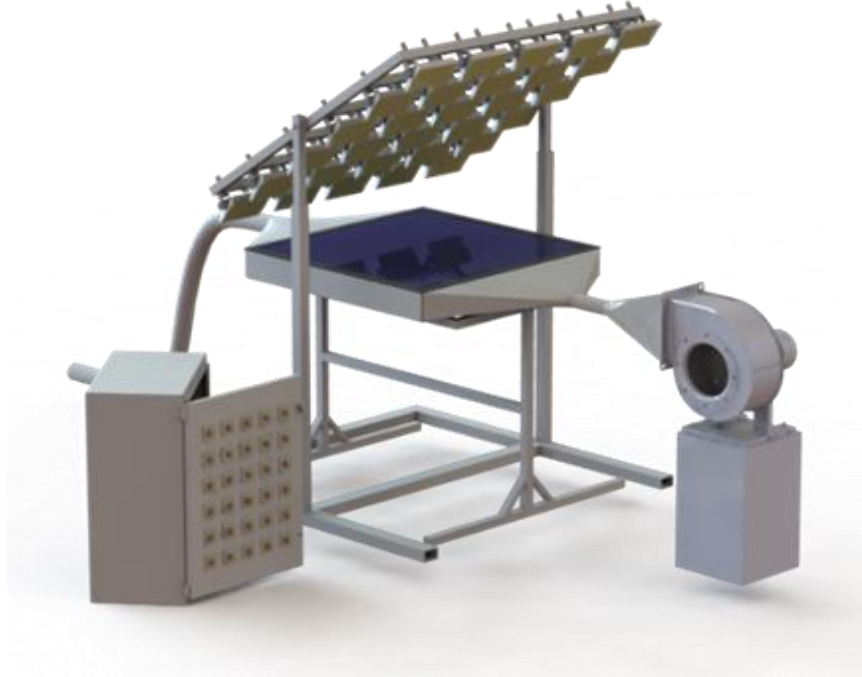
Hava ısıtmalı güneş kollektörlerinde çok farklı dolgu malzemeleri kullanılabilmektedir. Isıl verimin artırılması amacıyla, kollektör hava akış kanalına cam parçaları, ızgara taşı gibi çeşitli dolgu malzemeleri koyulabilmektedir. Dolgu malzemesi kullanılmasının nedeni hava akış kanalı boyunu ve havanın kollektör içinde kaldığı süreyi uzatmasıdır. Bu sayede kollektör giriş ve çıkış havası arasındaki fark artmaktadır ve bu durumda direkt olarak verim değerini etkilemektedir (Özbalta vd. ,2003). Dolgu Malzemesi seçilirken, malzemenin ısıl iletkenlik katsayısına dikkat edilmelidir.

Tez çalışması kapsamında; dolgu malzemesi kullanılmayan ve çeşitli dolgu malzemeleri kullanılan kollektör tasarımları laboratuvar şartlarında karşılaştırılmıştır. Denemelerde hava ısıtmalı güneş kollektörünün ısı verimi arttırmak amacıyla andezit taşı, demir talaşı, metal bulaşık telinin dolgu malzemesi olarak kullanılabiliirliği test edilmiştir.

4. MATERYAL ve YÖNTEM

4.1. Materyal

Denemelerde galvanizli sac malzemeden imal edilmiş güneş kollektörü kullanılmıştır. Güneş kollektörüne hava; ortam havasının radyal fan yardımıyla sisteme verilmesiyle sağlanmaktadır. Güneş kollektörüne gönderilen havanın debisi, kollektör kesit alanı ve anemometre yardımıyla ölçülen hava hızı değerlerine göre belirlenmiştir. Kurulan deney sisteminde, yapay güneş ışıını, güneş simülatörü kullanılarak sağlanmıştır. Kollektör yüzeyine gelen ışıını şiddeti, radyometre ile ölçölüp, güneş simülatörü üzerindeki dimmer anahtarları yardımıyla ayarlanmıştır. Kollektöre giren ve çıkan havanın sıcaklığını ölçmek için ısı çiftler kullanılmıştır. Denemelerde kullanılan ısı çiftlerden alınan veriler, veri kaydedicisi yardımıyla bilgisayara aktarılmıştır. Denemelerde kullanılan kollektör, güneş simülatörü ve diğer donanımların katı model çizimi Şekil 4.1 'de gösterilmiştir. Yapılan deneylerde dolgu malzemesi olarak, metal bulaşık teli, metal talaşı ve andezit taşı kullanılmıştır.



Şekil 4.1. Deney düzeneği

4.1.1. Deneyde kullanılan ekipmanlar

Denemelerde kullanılan ekipmanlar, ayrı başlıklar halinde anlatılmıştır. Bunlar; güneş kollektörü, güneş simülatörü, radyal fan, dolgu malzemeleri ve ölçüm cihazlarıdır.

4.1.1.1. Güneş kollektörü

Denemelerde galvanizli sac malzeme kullanılarak imal edilmiş, 110×80×10 cm boyutlarında güneş kollektörü kullanılmıştır. Kollektörde üst örtü malzemesi olarak 2 mm kalınlığında cam kullanılmıştır. Üst örtünün 2,5cm altına yine galvanizli malzeme kullanılarak imal edilmiş, boyutları 102×73 cm olan yutucu plaka yerleştirilmiştir. Yutucu plaka, mat siyah boya kullanılarak boyanmıştır. Oluşturulan hava kanalı, ölçüleri 110×80×3 cm olan ve yutucu plakanın altında kalan dikdörtgen bölümdür. Güneş kollektörünün açık ve kapalı hali Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Deneyde kullanılan kollektörün açık ve kapalı hali

Denemelerde kullanılan hava, fan yardımıyla sisteme gönderilmiştir. Kullanılan fanın en yüksek hacimsel debisi; 1800 m³/saat, gerilimi; 220-230 V, frekansı; 50 Hz. ve güç değeri; 580 W’ tır. Kollektörün hava giriş kanalına sabitlenen fanın debisi, 5 farklı seviyede ayarlanmıştır. Bu hava hızları 0,6 m/s, 0,9 m/s, 1,2 m/s, 1,8 m/s, 2,4 m/s olarak belirlenmiştir. Bu hızlara karşılık gelen alansal debi değerleri; 0,67 kg/ dk. m², 1,01 kg/ dk. m², 1,34 kg/ dk. m², 2,01 kg/ dk. m², 2,69 kg/ dk. m² dir. Denemelerde kullanılan radyal fan Şekil 4.3 ’te gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Deneyde kullanılan radyal fan

4.1.1.2. Güneş simülatörü

Denemelerde yapay güneş ışıını, laboratuvar şartlarında, 0-1350 W/m² değeri aralığında ışıını verebilen simülatör kullanılarak sağlanmıştır. Güneş simülatöründe toplam 30 adet halojen lamba bulunmaktadır ve her lamba 330 W gücündedir. Simülatörde bulunan lambalarından her birini ayrı kontrol edebilen dimmer anahtarları sayesinde, kollektör yüzeyine gelen ışıının şiddeti ve dağılımı ayarlanmıştır. Güneş ışıınının geliş açısı simülatörü taşıyan platformdan ayarlanabilmektedir. Kullanılan simülatör ve kontrol paneli Şekil 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.4. Deneyde kullanılan güneş simülatörü ve kontrol paneli

4.1.1.3. Ölçüm cihazları

Denemelerde kollektörün hava sıcaklıklarını ölçmek amacıyla Extech SD 2000 model 3 kanallı 3 adet ısıt çift kullanılmıştır. Isıl çiftlerden birincisi kollektörün içine, ikincisi çıkış borusunun ucuna, üçüncüsü çevre sıcaklığını ölçmek amacıyla konumlandırılmıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Deneyde kullanılan sıcaklık ölçüm cihazı

Sistemde kullanılan havanın debisi bulabilmek için radyal fan tarafından üflenerek hava hızının ölçülmesi gerekmektedir. Bu ölçüm, CEM DT-8880 model kızgın bant tipi anemometre kullanılarak yapılmıştır. Bu cihazın işlem sıcaklığı 0-50 °C ve ölçebileceği hava hızı 0.1-25 m/s aralığındadır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Deneyde kullanılan kızgın bant tipi anemometre

Tez kapsamında gerçekleştirilen denemelerde güneş simülatörü tarafından, kollektör yüzeyine gelen ışınım şiddetlerinin ölçülmesinde Delta Ohm marka

HD2102.2 model Radyometre kullanılmıştır. Bu cihaz, 0-2000 W/m² arasında ölçüm yapabilmektedir (şekil 4.7).



şekil 4.7. Deneyde kullanılan radyometre

4.1.1.4. Dolgu malzemeleri

Denemelerde dolgu malzemesi olarak; 60 adet metal bulaşık teli, kollektörün hava akış kanalını dolduracak kadar metal talaşı ve 2x2x2 cm boyutlarında kare şeklinde kesilmiş andezit taşları kullanılmıştır. Fan tarafından sisteme gönderilen hava, kollektör akış kanalına girdiğinde kullanılan dolgu malzemesiyle karşılaşmaktadır. Bu aşamada, dolgu malzemesinin, toplam ısı transfer alanını arttırması ve havanın yolunu uzatması nedeniyle ısı verimi arttırması hedeflenmiştir. Ayrıca dolgu malzemesi tarafından depolanan ısıнын, güneş simülatörü kapatıldıktan sonra havaya aktarılmasıyla ısı veriminin arttırılmasına katkı sağlaması amaçlanmıştır. Kullanılan dolgu malzemelerinin kollektör içine yerleştirilmiş hali şekil 4.8’de gösterilmiştir.



şekil 4.8. Dolgu malzemeleri

4.2. Yöntem

Hava ısıtılmalı güneş kolektörlerinde, farklı çalışmalardan elde edilen verilerin karşılaştırılabilir olması için alansal debi değerleri kullanılmaktadır. Bu parametre, birim kolektör alanı başına birim zamanda geçirilen hava miktarını ifade etmektedir. Fath (1995), yapmış olduğu çalışmada 0,6-1,8 kg/dk.m² alansal debi aralığını kullanmıştır. Kırbaş (2006), yapmış olduğu çalışmada 0,087-1,002 kg/dk.m² alansal debi aralığını kullanmıştır. Esen (2008), 0.9-1,5 kg/dk.m² alansal debi aralığını kullanmıştır. El-Khawajah vd. (2011), 0,48-1,68 kg/dk.m² alansal debi aralığında değerleri kullanmışlardır. Bayrak (2011) yapmış olduğu çalışmada 1,14 kg/dk.m² ve 1,78 kg/dk.m² olmak üzere iki farklı alansal debi değeri kullanmıştır. Pal vd. (2015), yapmış oldukları çalışmada 1,94-2,27 kg/dk.m² alansal debi aralığında değerleri kullanmışlardır. Literatürde yer alan çalışmalar göz önünde bulundurularak; tez çalışması kapsamında 5 farklı alansal debi değeri (0,67 kg/ dk. m², 1,01 kg/ dk. m², 1,34 kg/ dk. m², 2,01 kg/ dk. m², 2,69 kg/ dk. m²) kullanılmıştır.

Bu çalışmada, farklı dolgu malzemeleri kullanılarak kolektörün, ısı veriminin artırılması hedeflenmiştir. Bu hedef doğrultusunda dolgu malzemesi olarak; demir talaşı, andezit taşı, metal bulaşık teli kullanılmıştır. Denemelerde kullanılan farklı dolgu malzemelerinin yapısal özelliklerinden dolayı; havanın izlediği yol, ısı transfer katsayıları ve ısı transferi yüzey alanı miktarları değişiklik göstermiştir. Sistemde ısı çiftler yardımıyla 3 farklı noktada sıcaklık ölçümü yapılmıştır. Bunlar; çevre sıcaklığı, kolektör yutucu yüzey sıcaklığı ve kolektör çıkış havası sıcaklığıdır.

Güneş kolektörü testleri doğal güneş ışınımı altında veya laboratuvar şartlarında güneş simülatörü kullanılarak gerçekleştirilebilmektedir. Güneş simülatörü kullanımı ortam şartlarının daha kontrollü ve stabil olması nedeniyle tercih edilmektedir. Literatürde; Vyas ve Punjabi (2014) güneş simülatöründe ışınlam şiddetini 600 W/m², Battal (2017) 500, 750 ve 1000 W/m² ışınlam şiddeti seviyelerinde uygulamışlardır. Ayrıca ASHRAE tarafından yayınlanan EN 12975-

kodlu güneş kollektörü test standardına göre, kollektör testlerinde simülatör ışımsal gücünün 1000 W/m^2 olması gerektiği belirtilmiştir (ASHRAE, 2012). Bu nedenle deneylerde kullanılan güneş simülatörü 1000 W/m^2 ışımsal şiddeti ve 0° geliş açısına sabitlenmiştir. Güneş simülatörü, her denemede 2 saat çalıştırılmıştır. Bu süreçte, kollektör yüzeyine yapay güneş ışımsal gönderilerek, kollektöre giren havanın ısıtılması sağlanmıştır. Güneş simülatörü kapatıldıktan radyal fan 1 saat süreyle çalıştırılarak sıcaklık ölçümüne devam edilmiştir. Bu süreçte dolgu malzemesi tarafından depolanan ısınsının çıkış havasına aktarılması sağlanmıştır. Deney çalışmaları, ISUBÜ Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü Yenilenebilir Enerji Kaynakları laboratuvarında yapılmıştır. Denemeler Temmuz 2018 ve Eylül 2018 tarihleri ve 10:00-17:00 saatleri arasında yapılmıştır.

Deneysel veriler kullanılarak elde edilen ısı verim değerleri karşılaştırılarak, kullanılan dolgu malzemeleri içinde en iyi sonucu veren uygulama ortaya konulmuştur. Isıl verim hesaplamasının yapılabilmesi için öncelikle havanın kütleli debisinin hesaplanması gerekmektedir. Kütleli debiyi hesaplamak için eşitlik 4.1'den yararlanılır (Yıldız vd., 2002).

$$\dot{m} = \rho A_c V \quad (4.1)$$

Burada;

ρ : Havanın yoğunluğu (kg/m^3)

A_c : Kollektör çıkış kesit alanı (0.01125 m^2)

V : Hava akış hızı ($0,6\text{m/s}$, $0,9\text{m/s}$, $1,2\text{m/s}$, $1,8\text{m/s}$, $2,4\text{m/s}$)

ifade etmektedir.

Elde edilen kütleli debi değerleri ve ısı çiftler yardımıyla ölçülmüş olan sıcaklık değerleri kullanılarak havaya aktarılan enerji hesaplanır. Havaya aktarılan enerji miktarının hesaplanabilmesi için eşitlik 4.2 kullanılır (Yıldız vd., 2002).

$$Q = \dot{m} C_p (T_c - T_g) \quad (4.2)$$

Burada;

Q : Havaya aktarılan enerji (kWh)

$\dot{m}$: Kütlesel debi (kg/s)

C_p : Özgül ısı (kJ/kg °C)

$T_{\text{ç}}$: Kollektörün çıkış sıcaklığı (°C)

T_{g} : Kollektörün giriş sıcaklığı (°C)

ifade etmektedir.

Kollektör ısı verimi, 4.3 numaralı eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır. Buradan hareketle ısı verim, havaya aktarılan enerjinin kollektör yüzeyine düşen ışınlam miktarına oranını ifade etmektedir (Yıldız vd., 2002).

$$\eta = \frac{Q}{I_{\text{x}}A} \quad (4.3)$$

Burada;

A_k : Kollektör yüzey alanı (m²)

I : Işınlam şiddeti (W/m²)

η : Kollektörün ısı verimi

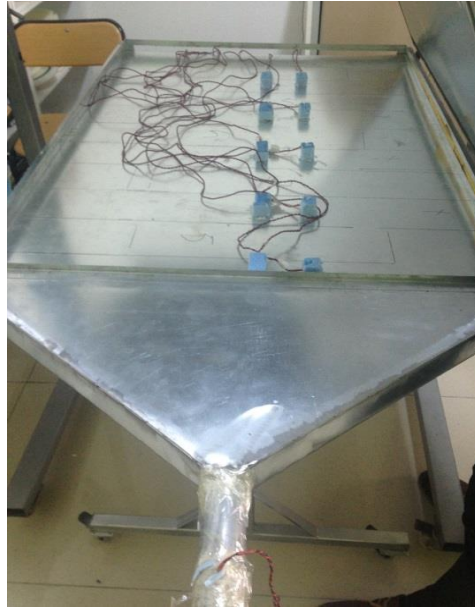
ifade etmektedir.

5. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Kollektör denemelerinden elde edilen sonuçlar farklı alansal debi değerlerine ve kullanılan dolgu malzemelerine göre gruplandırılarak ayrı başlıklar halinde verilmiştir. Yapılan denemelerde 3 farklı noktadan sıcaklık ölçümü yapılmış ve kaydedilmiştir. Ölçülen sıcaklık değerinden, Δt (kollektöre giren ve çıkan havanın sıcaklıkları arasındaki fark) değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan Δt değeri farklı alansal debi değerine göre gruplandırılarak ilgili başlıklar altında sunulmuştur.

5.1. Dolgu Malzemesi Kullanılmayan Denemelerde Elde Edilen Sıcaklık Sonuçları

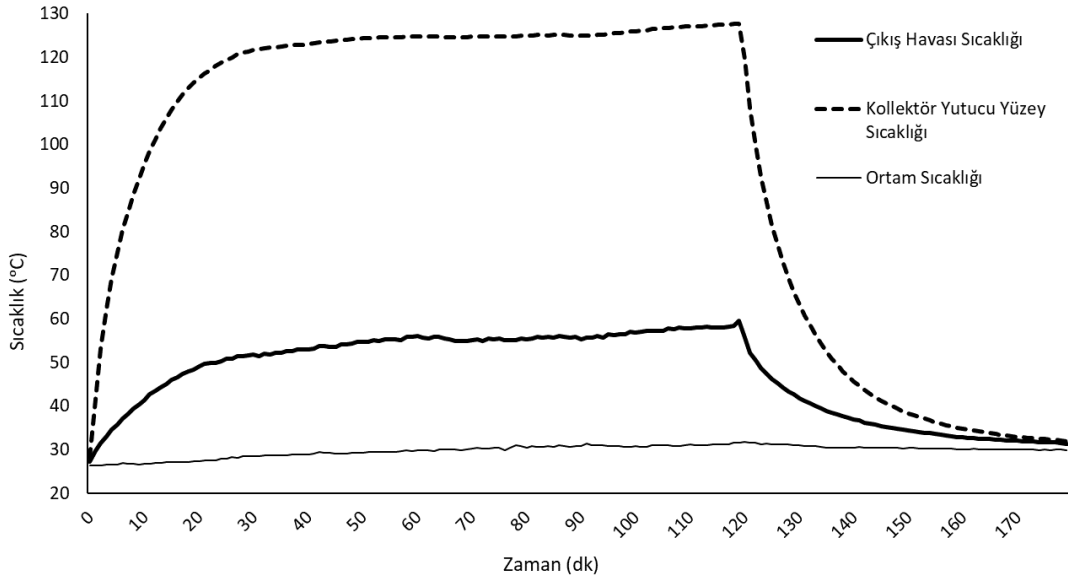
Tez kapsamında yapılacak uygulamalarda öncelikle, dolgu malzemesinin etkisini karşılaştırmak amacıyla, kontrol denemesi olarak hava akış kanalına malzeme yerleştirilmeden uygulama gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.1). Denemelerde 5 farklı alansal debi değerine göre ölçülen sıcaklık verileri kayıt altına alınmıştır. Her bir alansal debi değerine göre ölçülen sıcaklık değerleri ayrı başlıklar halinde verilmiştir.



Şekil 5.1. Dolgusuz tasarımlı güneş kollektörü

5.1.1. Dolgusuz kollektörde 0,67 kg/dk. m² alansal debi koşulunda ölçülen sıcaklık verileri

Deneme, dolgu malzemesi kullanılmadan, 0,67 kg/dk. m² alansal debi değerinde gerçekleştirilmiştir. Denemenin başladığı ilk yarım saatte çıkış havası ve yutucu yüzey sıcaklığı önemli ölçüde yükselmiştir. Denemenin devamında ölçülen sıcaklık değerleri arasında küçük değişiklikler olmuştur. En yüksek kollektör yutucu yüzey sıcaklığı 127 °C ve en yüksek kollektör çıkış havası sıcaklığı 58 °C olarak ölçülmüştür (Şekil 5.2).

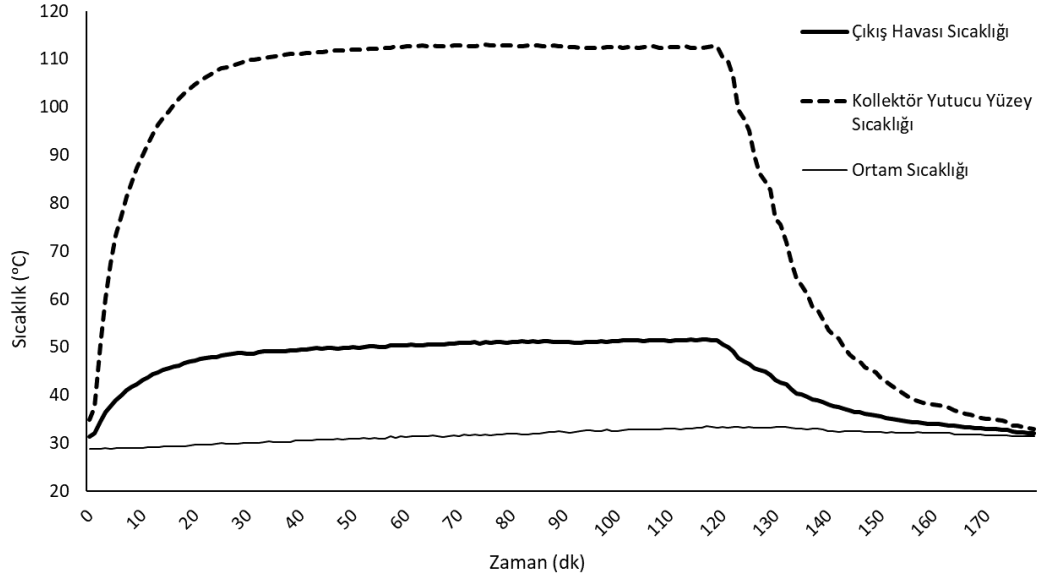


Şekil 5.2. Dolgusuz denemede 0,67 kg/dk. m² alansal debi değerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi

5.1.2. Dolgusuz kollektörde 1,01 kg/dk. m² alansal debi koşulunda ölçülen sıcaklık verileri

Deneme, dolgu malzemesi kullanılmadan, 1,01 kg/dk. m² alansal debi değerinde gerçekleştirilmiştir. En yüksek kollektör yutucu yüzey sıcaklığı 112 °C ve en yüksek kollektör çıkış havası sıcaklığı 51 °C olarak ölçülmüştür. Alansal debi değerinin artmasıyla yutucu yüzey ve çıkış havası sıcaklığı düşmüştür. Çıkış

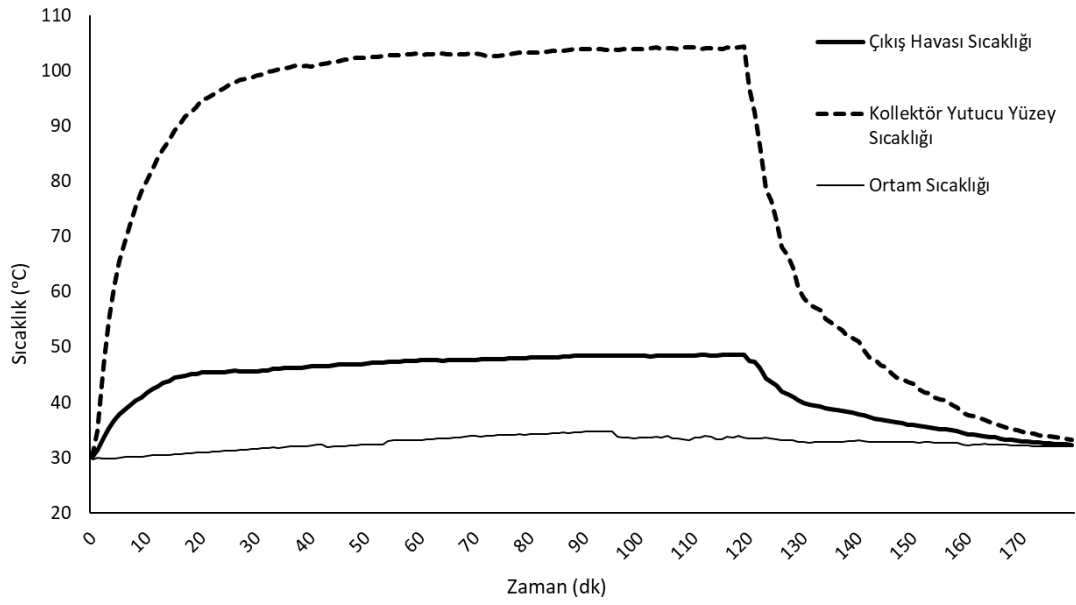
havası sıcaklığı ve kollektör yutucu yüzey sıcaklığı, bir önceki denemeye göre daha uzun süre de başlangıç sıcaklığı seviyelerine inmiştir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3. Dolgusuz denemede 1,01 kg/dk. m² alansal debi değerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi

5.1.3. Dolgusuz kollektörde 1,34 kg/dk. m² alansal debi koşulunda ölçülen sıcaklık verileri

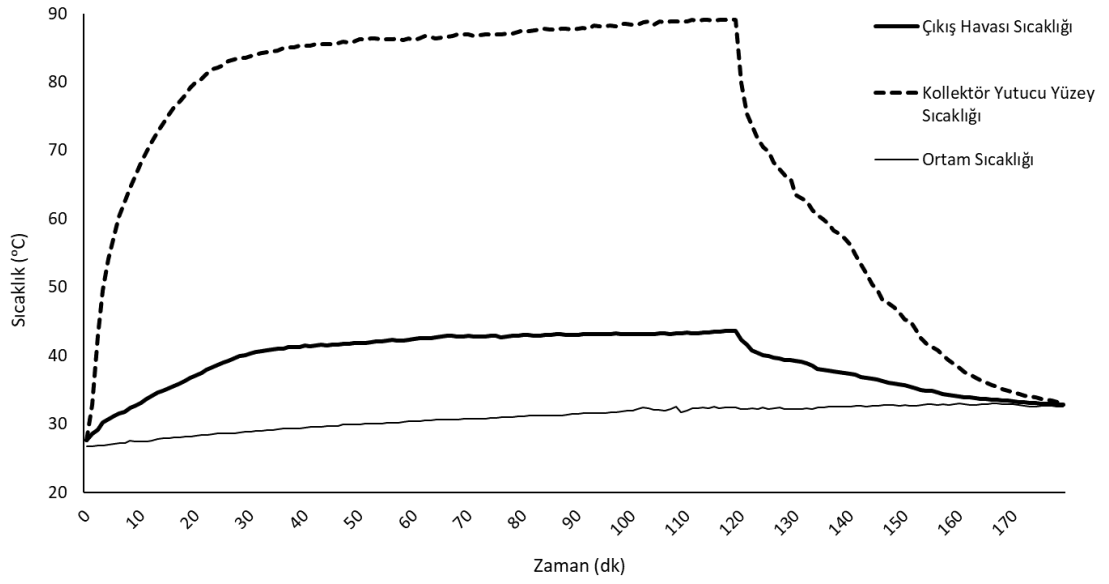
Deneme, dolgu malzemesi kullanılmadan, 1,34 kg/dk. m² alansal debi değerinde gerçekleştirilmiştir. Denemede, sıcaklık değerleri ilk 20 dakikada önemli ölçüde yükselmiştir. Bu durum alansal debi değerinin artmasıyla, ölçülen sıcaklıkların daha hızlı tepe noktası değerlerine yakınlaştığını göstermektedir. En yüksek kollektör yutucu yüzey sıcaklığı 104 °C ve en yüksek kollektör çıkış havası sıcaklığı 48 °C olarak ölçülmüştür (Şekil 5.4).



Şekil 5.4. Dolgusuz denemede 1,34 kg/dk. m² alansal debi değerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi

5.1.4. Dolgusuz kollektörde 2,01 kg/dk. m² alansal debi koşulunda ölçülen sıcaklık verileri

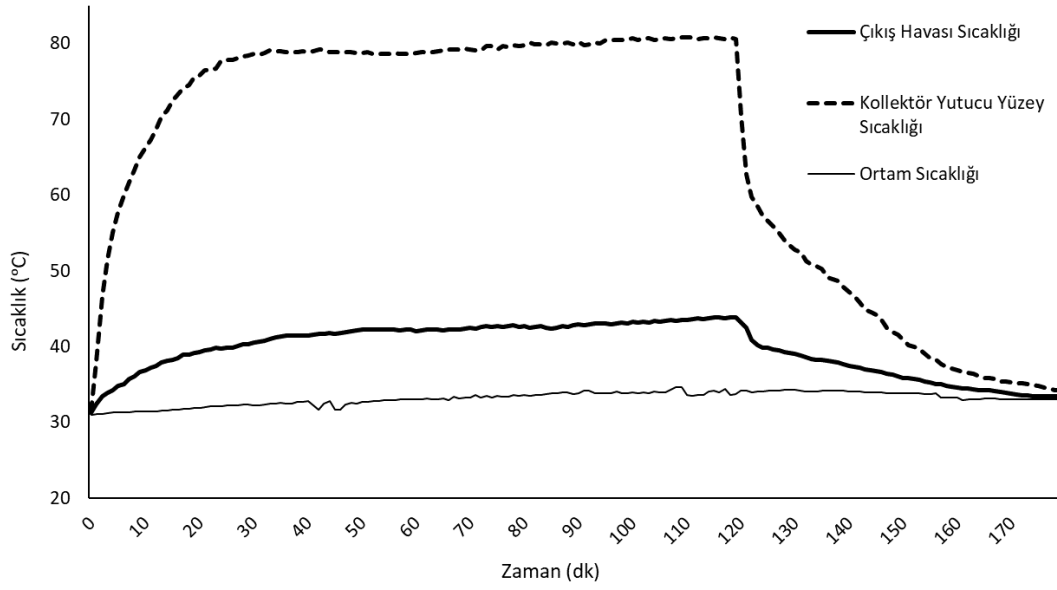
Deneme, dolgu malzemesi kullanılmadan, 2,01 kg/dk. m² alansal debi değerinde gerçekleştirilmiştir. Kollektör yutucu yüzey sıcaklığı denemenin başladığı ilk 20 dakikaya kadar hızlı bir şekilde artmıştır. Çıkış havası sıcaklığı, kollektör yutucu yüzey sıcaklığına göre daha uzun süre artmaya devam etmiştir. Sonrasında ölçülen sıcaklık değerleri stabil şekilde kalmıştır. En yüksek kollektör yutucu yüzey sıcaklığı 89 °C ve en yüksek kollektör çıkış havası sıcaklığı 43 °C olarak ölçülmüştür. Denemenin soğuma aşamasında, yutucu yüzey sıcaklığı, 0,67 kg/dk. m², 1,01 kg/dk. m² ve 1,34 kg/dk. m² alansal debi değerlerinde yapılan denemelere göre daha uzun süre içerisinde soğumuştur (Şekil 5.5).



Şekil 5.5. Dolgusuz denemede 2,01 kg/dk. m² alansal debi değerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi

5.1.5. Dolgusuz kollektörde 2,69 kg/dk. m² alansal debi koşulunda ölçülen sıcaklık verileri

Deneme, dolgu malzemesi kullanılmadan, 2,69 kg/dk. m² alansal debi değerinde gerçekleştirilmiştir. Denemede ölçülen en yüksek kollektör yutucu yüzey sıcaklığı 80 °C ve en yüksek kollektör çıkış havası sıcaklığı 43 °C'dir. Denemede ölçülen kollektör yutucu yüzey sıcaklığı, ilk 10 dakikada tepe değeri seviyelerine gelmiştir. Kullanılan alansal debi değerinin artması, ölçülen sıcaklık değerlerinin tepe noktasına daha hızlı yaklaşmasını sağlamıştır. Yapılan denemede ölçülen en yüksek kollektör yutucu yüzey sıcaklığı 0,67 kg/dk.m² alansal debi koşullarında ölçülene göre 47°C, çıkış havası sıcaklığı 15°C düşmüştür (Şekil 5.6).



Şekil 5.6. Dolgusuz denemede 2,69 kg/dk. m² alansal debi değerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi

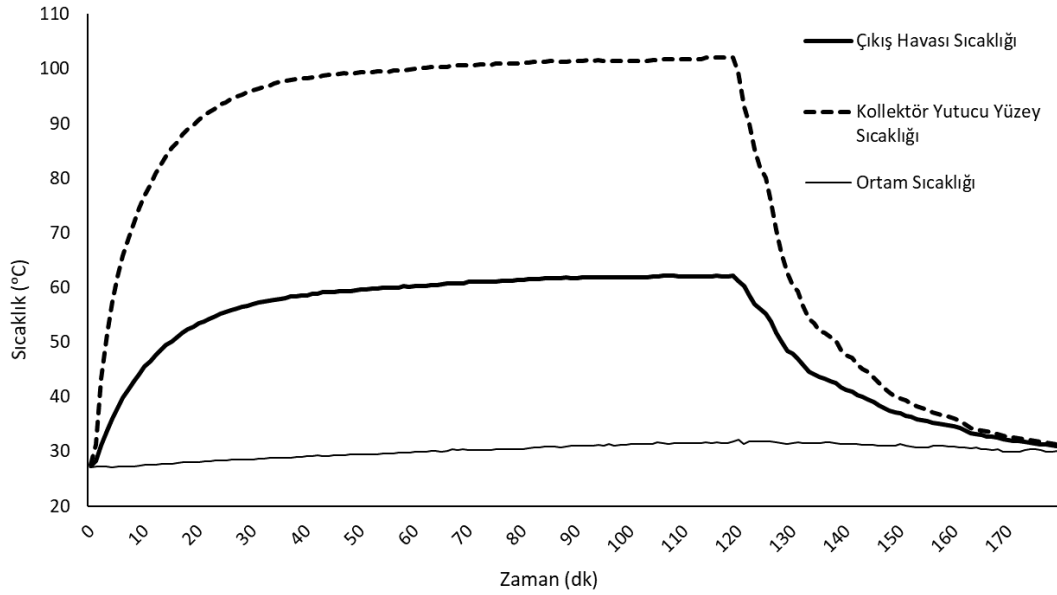
5.2. Dolgu Malzemesi Olarak Metal Bulaşık Teli Kullanılan Denemelerde Elde Edilen Sıcaklık Sonuçları

Dolgu malzemesi olarak 60 adet metal bulaşık teli kullanılarak denemeler gerçekleştirilmiştir. Dolgu malzemesi, hava akış kanalına 6'şarlı 10 sıra olacak şekilde yerleştirilmiştir. Denemelerde 5 farklı alansal debi değerine göre ölçülen sıcaklık verileri kayıt altına alınmıştır. Her bir alansal debi değerine göre ölçülen sıcaklık değerleri ayrı başlıklar halinde verilmiştir.

5.2.1. Metal bulaşık teli kullanılan kollektörde 0,67 kg/dk. m² alansal debi koşulunda ölçülen sıcaklık verileri

Deneme, metal bulaşık teli kullanılarak 0,67 kg/dk. m² alansal debi değerinde gerçekleştirilmiştir. Denemenin başladığı yaklaşık ilk yarım saatte sıcaklık değerleri hızlı bir şekilde yükselmiştir. En yüksek kollektör yutucu yüzey sıcaklığı 102 °C ve en yüksek kollektör çıkış havası sıcaklığı 62 °C olarak ölçülmüştür. Aynı alansal debiye sahip dolgu malzemesi kullanılmadan yapılan denemeye göre

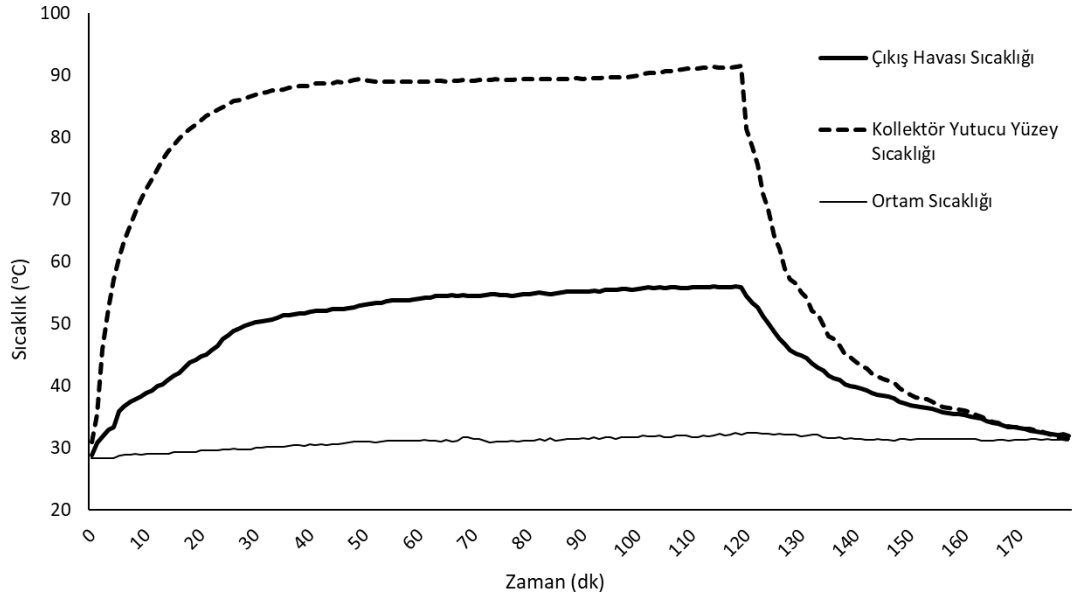
kollektör yutucu yüzey sıcaklığı 25°C azalmıştır ve çıkış havası sıcaklığı 58°C'den 62°C'ye yükselmiştir. Bu durum dolgu malzemesi kullanılmasının kollektör içerisinde ısınan havanın dolgu malzemesi tarafından tutulduğunu göstermektedir (Şekil 5.7).



Şekil 5.7. Metal bulaşık teli kullanılan denemede 0,67 kg/dk. m² alansal debi değerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi

5.2.2. Metal bulaşık teli kullanılan kollektörde 1,01 kg/dk. m² alansal debi koşulunda ölçülen sıcaklık verileri

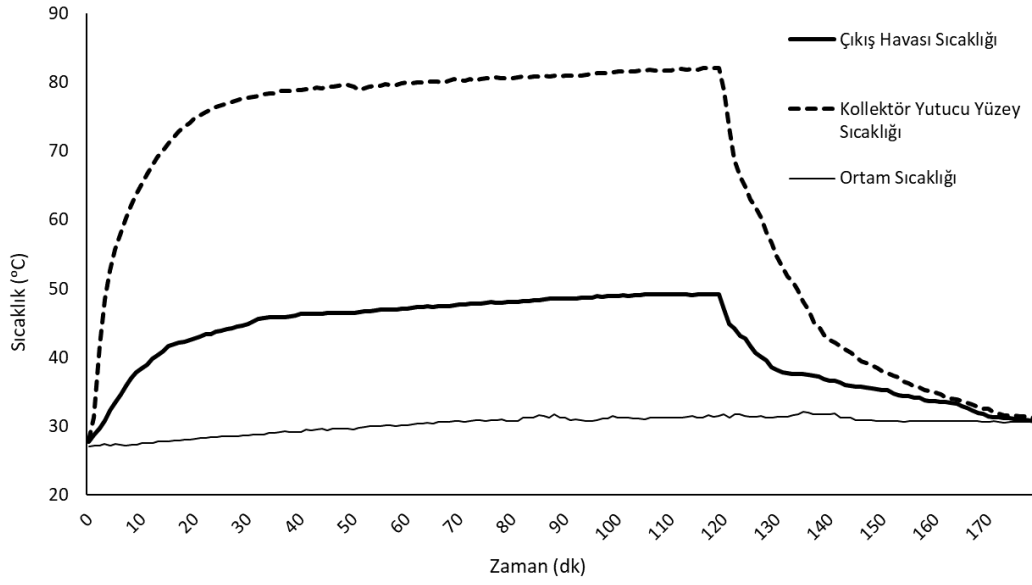
Deneme, metal bulaşık teli kullanılarak 1,01 kg/dk. m² alansal debi değerinde gerçekleştirilmiştir. En yüksek kollektör yutucu yüzey sıcaklığı 91 °C ve en yüksek kollektör çıkış havası sıcaklığı 56 °C olarak ölçülmüştür. Yapılan denemede kollektör yutucu yüzey ve çıkış havası sıcaklıklarının, metal bulaşık teli kullanılarak 0,67 kg/dk. m² alansal debi değerinde ölçülen sıcaklık verilerine göre daha düşük olduğu görülmüştür. Soğuma aşamasında, 0,67 kg/dk. m² alansal debi değerinde yapılan denemeye göre sıcaklık değerleri daha hızlı şekilde başlangıçta ölçülen sıcaklık değerleri seviyelerine inmiştir (Şekil 5.8).



Şekil 5.8. Metal bulaşık teli kullanılan denemede 1,01 kg/dk. m² alansal debi değerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi

5.2.3. Metal bulaşık teli kullanılan kollektörde 1,34 kg/dk. m² alansal debi koşulunda ölçülen sıcaklık verileri

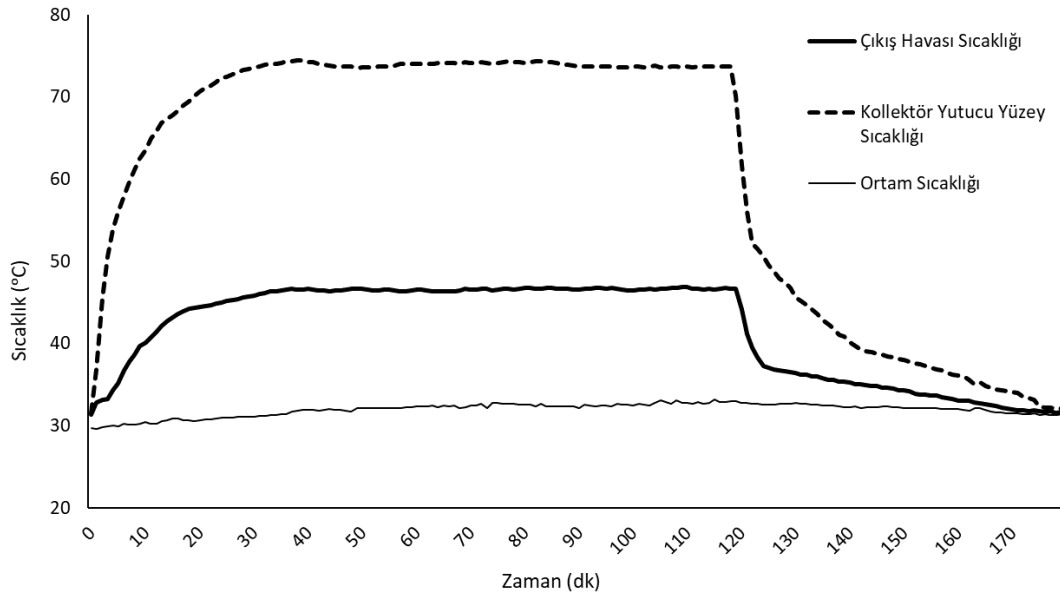
Deneme, metal bulaşık teli kullanılarak 1,34 kg/dk. m² alansal debi değerinde gerçekleştirilmiştir. En yüksek kollektör yutucu yüzey sıcaklığı 82 °C ve en yüksek kollektör çıkış havası sıcaklığı 49 °C olarak ölçülmüştür. Dolgu malzemesi kullanılmadan aynı alansal debi değerinde yapılan denemeye göre kollektör yutucu yüzey sıcaklığı 22 °C azalmıştır ve kollektör çıkış havası sıcaklığı 1 °C artmıştır. Çıkış havası sıcaklığı iki deneme için karşılaştırılırsa; dolgu malzemesi kullanılmadan yapılan denemede yaklaşık ilk 20 dakika boyunca, metal bulaşık teli kullanılan denemede ilk 40 dakika boyunca yükselmiştir. Denemelerin devamında ölçülen sıcaklık değerleri arasında küçük değişiklikler olmuştur (Şekil 5.9).



Şekil 5.9. Metal bulaşık teli kullanılan denemede 1,34 kg/dk. m² alansal debi değerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin zaman göre değişimi

5.2.4. Metal bulaşık teli kullanılan kollektörde 2,01 kg/dk. m² alansal debi koşulunda ölçülen sıcaklık verileri

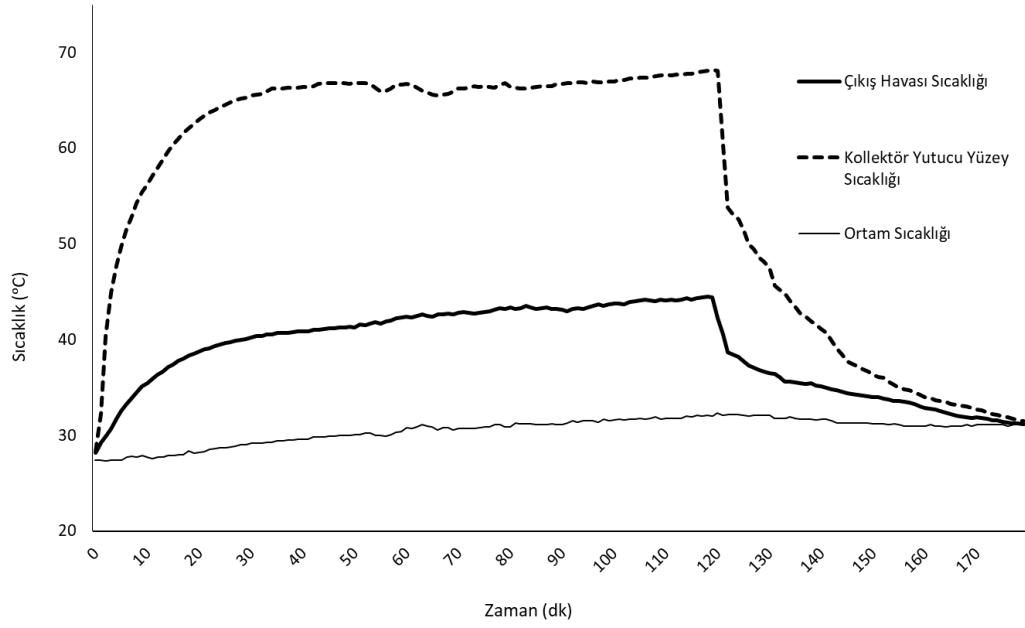
Deneme, metal bulaşık teli kullanılarak 2,01 kg/dk. m² alansal debi değerinde gerçekleştirilmiştir. En yüksek kollektör yutucu yüzey sıcaklığı 74 °C ve en yüksek kollektör çıkış havası sıcaklığı 46 °C olarak ölçülmüştür. Metal bulaşık teli kullanılan, 1,34 kg/dk. m² alansal debi değerinde ölçülen en yüksek çıkış havası sıcaklığıyla arasındaki fark 3 °C, 1,01 kg/dk. m² alansal debi değerinde ölçülen en yüksek çıkış havası sıcaklığıyla arasındaki fark 10 °C'dir. Bu durum alansal debi değerinin artmasıyla çıkış havası sıcaklığında belirli bir noktaya kadar daha yüksek farkların oluştuğunu göstermektedir (Şekil 5.10).



Şekil 5.10. Metal bulaşık teli kullanılan denemede 2,01 kg/dk. m² alansal debi değerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi

5.2.5. Metal bulaşık teli kullanılan kollektörde 2,69 kg/dk. m² alansal debi koşulunda ölçülen sıcaklık verileri

Deneme, metal bulaşık teli kullanılarak 2,69 kg/dk. m² alansal debi değerinde gerçekleştirilmiştir. En yüksek kollektör yutucu yüzey sıcaklığı 68 °C ve en yüksek kollektör çıkış havası sıcaklığı 44 °C olarak ölçülmüştür. Dolgu malzemesi kullanılmadan aynı alansal debi değerinde yapılan denemeye göre yutucu yüzey sıcaklığı 12 °C düşmüştür. Aynı zamanda kollektör yutucu yüzey sıcaklığı 1 °C artmıştır. Dolgu malzemesi olarak metal bulaşık teli kullanılan denemelerde en düşük kollektör yutucu yüzey ve çıkış havası sıcaklıkları bu denemede ölçülmüştür (Şekil 5.11).



Şekil 5.11. Metal bulaşık teli kullanılan denemede 2,69 kg/dk. m² alansal debi değerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi

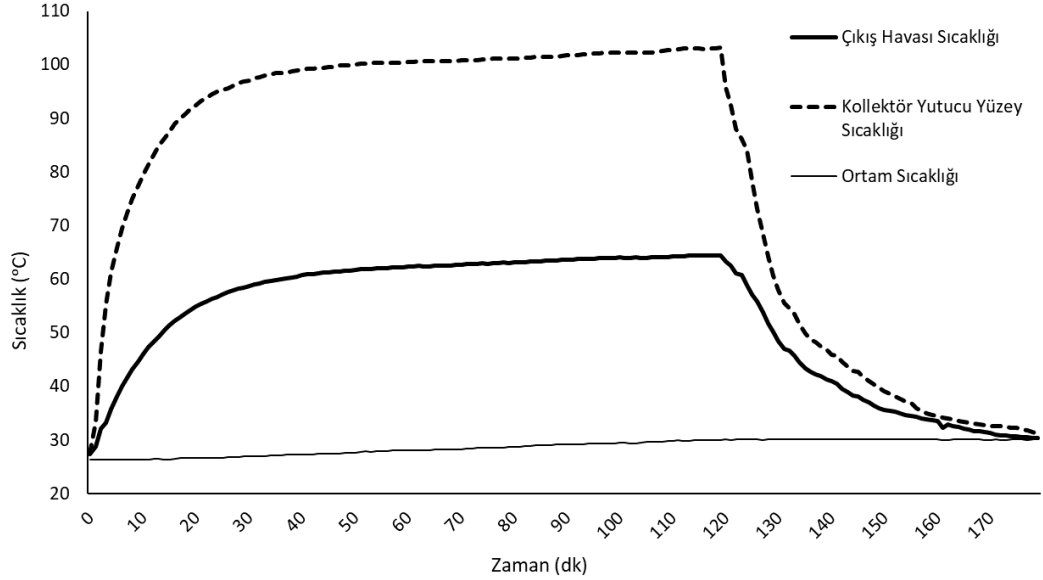
5.3. Dolgu Malzemesi Olarak Metal Talaş Kullanılan Denemelerde Elde Edilen Sıcaklık Sonuçları

Dolgu malzemesi olarak metal talaş kullanılarak denemeler gerçekleştirilmiştir. Metal talaş, hava akış kanalını dolduracak şekilde yerleştirilmiştir. Deney düzeneğinde 5 farklı alansal debi değerine göre ölçülen veriler kayıt altına alınmıştır. Her bir alansal debi değerine göre ölçülen sıcaklık değerleri ayrı başlıklar halinde verilmiştir.

5.3.1. Metal talaş kullanılan kollektörde 0,67 kg/dk. m² alansal debi koşulunda ölçülen sıcaklık verileri

Deneme, metal talaş kullanılarak 0,67 kg/dk. m² alansal debi değerinde gerçekleştirilmiştir. En yüksek kollektör yutucu yüzey sıcaklığı 103 °C ve en yüksek kollektör çıkış havası sıcaklığı 64 °C olarak ölçülmüştür. Denemenin soğuma aşamasında kollektör yutucu yüzey ve çıkış havası sıcaklığı arasındaki

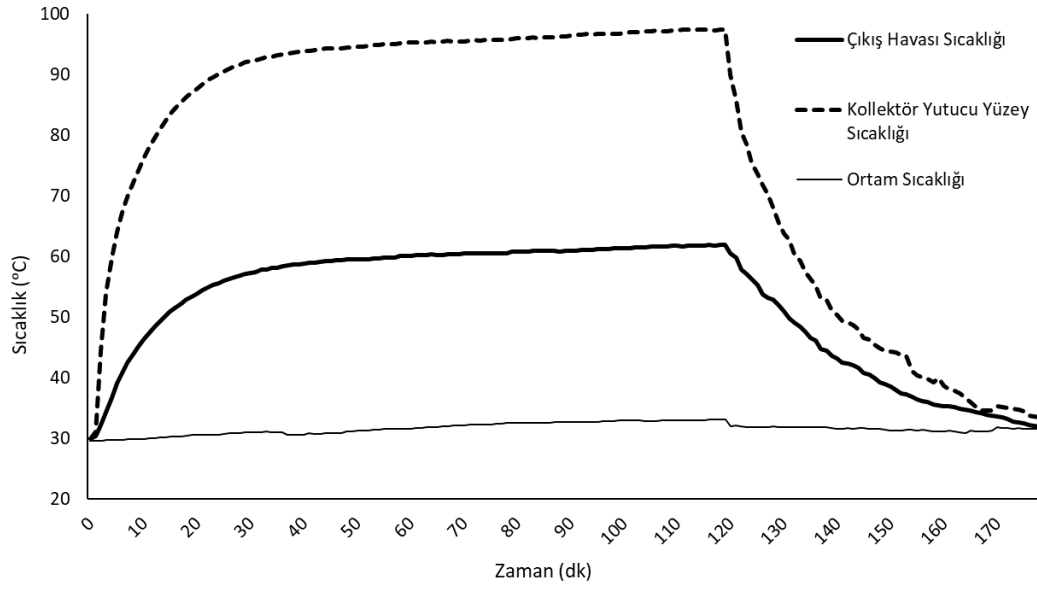
fark, dolgu malzemesi kullanılmadan ve metal bulaşık teli kullanılarak yapılan denemelere göre daha kısa süre içerisinde minimum seviyeye gelmiştir (Şekil 5.12).



Şekil 5.12. Metal talaş kullanılan denemede 0,67 kg/dk. m² alansal debi değerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi

5.3.2. Metal talaş kullanılan kollektörde 1,01 kg/dk. m² alansal debi koşulunda ölçülen sıcaklık verileri

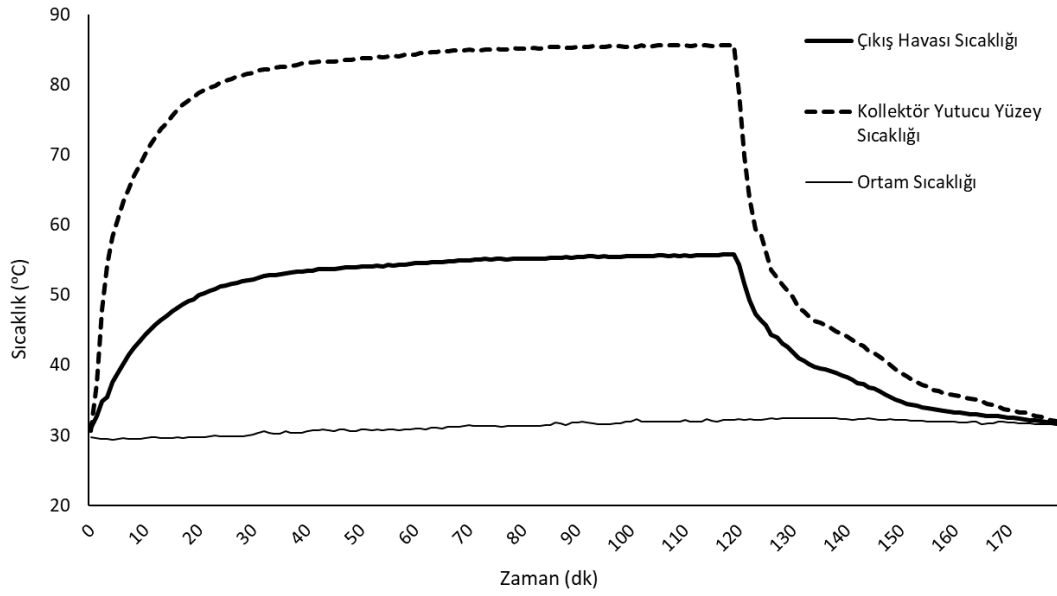
Deneme, metal talaş kullanılarak 1,01 kg/dk. m² alansal debi değerinde gerçekleştirilmiştir. En yüksek kollektör yutucu yüzey sıcaklığı 97 °C ve en yüksek kollektör çıkış havası sıcaklığı 61 °C olarak ölçülmüştür. Metal talaş kullanılarak 0,67 kg/dk. m² alansal debi değerinde gerçekleştirilen denemeye göre kollektör yutucu yüzey sıcaklığı 6 °C, çıkış havası sıcaklığı 3 °C azalmıştır. Metal bulaşık teli kullanılarak 0,67 kg/dk. m² ve 1,01 kg/dk. m² alansal debi değerlerinde ölçülen kollektör yutucu yüzey sıcaklıkları arasındaki fark 11 °C, çıkış havası sıcaklıkları arasındaki fark 6 °C olduğu görülmüştür. Dolgu malzemesi olarak metal talaş ile metal bulaşık teli kullanılması karşılaştırıldığında, metal talaşın ısıyı daha iyi tuttuğu görülmüştür (Şekil 5.13).



Şekil 5.13. Metal talaş kullanılan denemede 1,01 kg/dk. m² alansal debi değerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi

5.3.3. Metal talaş kullanılan kollektörde 1,34 kg/dk. m² alansal debi koşulunda ölçülen sıcaklık verileri

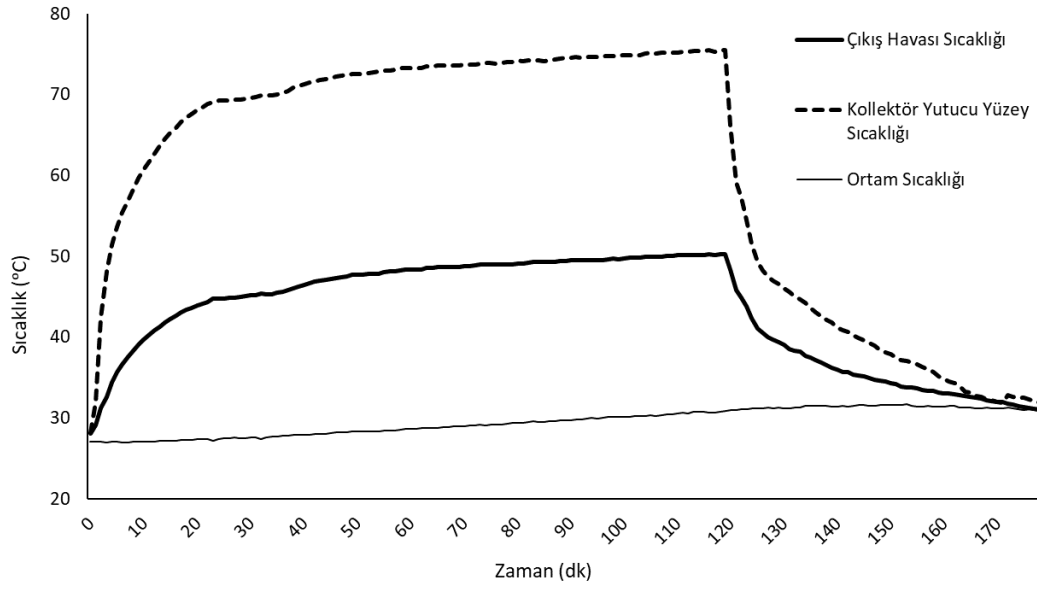
Deneme, metal talaş kullanılarak 1,34 kg/dk. m² alansal debi değerinde gerçekleştirilmiştir. En yüksek kollektör yutucu yüzey sıcaklığı 85 °C ve en yüksek kollektör çıkış havası sıcaklığı 55 °C olarak ölçülmüştür. Aynı alansal debi değerinde dolgu malzemesi kullanılmayan denemeye göre kollektör yutucu yüzey sıcaklığı 19 °C azalmıştır. Aynı alansal debi değerinde metal bulaşık teli kullanılarak gerçekleştirilen denemeye göre kollektör yutucu yüzey sıcaklığı 82 °C'den 85 °C'ye yükselmiştir. Çıkış havası sıcaklığı dolgu malzemesi kullanılmayan denemeye göre 7 °C, metal bulaşık teli kullanılan denemeye göre 6 °C artmıştır. (Şekil 5.14).



Şekil 5.14. Metal talaş kullanılan denemede 1,34 kg/dk. m² alansal debi değerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi

5.3.4. Metal talaş kullanılan kollektörde 2,01 kg/dk. m² alansal debi koşulunda ölçülen sıcaklık verileri

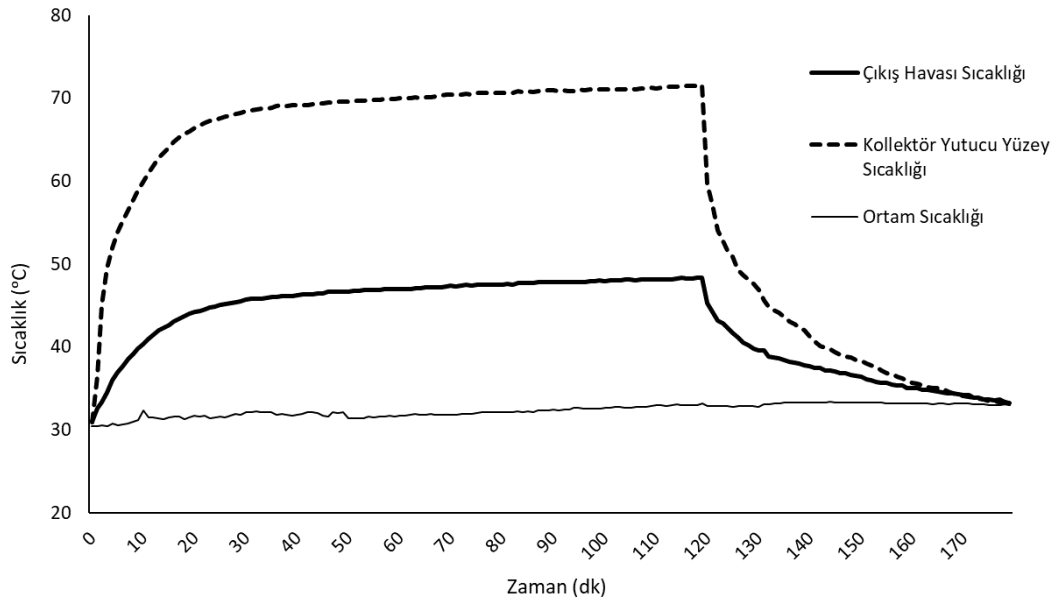
Deneme, metal talaş kullanılarak 2,01 kg/dk. m² alansal debi değerinde gerçekleştirilmiştir. En yüksek kollektör yutucu yüzey sıcaklığı 75 °C ve en yüksek kollektör çıkış havası sıcaklığı 50 °C olarak ölçülmüştür. Metal talaş kullanılarak gerçekleştirilen denemelerde alansal debi değerinin artmasıyla kollektör yutucu yüzey ve çıkış havası sıcaklığının azaldığı görülmüştür (Şekil 5.14).



Şekil 5.15. Metal talaş kullanılan denemede 2,01 kg/dk. m² alansal debi değerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi

5.3.5. Metal talaş kullanılan kollektörde 2,69 kg/dk. m² alansal debi koşulunda ölçülen sıcaklık verileri

Deneme, metal talaş kullanılarak 2,69 kg/dk. m² alansal debi değerinde gerçekleştirilmiştir. En yüksek kollektör yutucu yüzey sıcaklığı 71 °C ve en yüksek kollektör çıkış havası sıcaklığı 48 °C olarak ölçülmüştür. Aynı alansal debi değerinde yapılan denemeler karşılaştırıldığında, sıcaklık değerlerinin en kısa süre içerisinde tepe noktasına yakınlığı 2,69 kg/dk. m² debi değeri olmuştur. Aynı zamanda denemelerin soğuma aşamaları karşılaştırıldığında kollektör yutucu yüzey ve çıkış havası sıcaklıkları arasındaki fark metal talaş kullanılan denemede daha kısa sürede minimum seviyeye gelmiştir (Şekil 5.16).



Şekil 5.16. Metal talaş kullanılan denemede 2,69 kg/dk. m² alansal debi değerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi

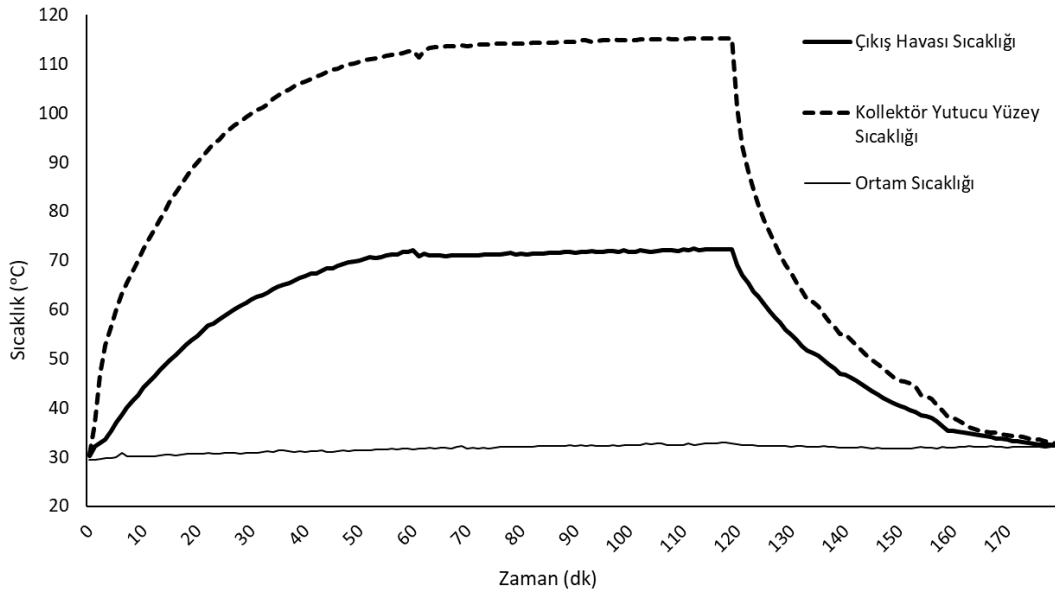
5.4. Dolgu Malzemesi Olarak Andezit Taşı Kullanılan Denemelerde Elde Edilen Sıcaklık Sonuçları

Dolgu malzemesi olarak andezit taşı kullanılarak denemeler gerçekleştirilmiştir. Kırılmış andezit taşları hava akış kanalına dağınık düzende yerleştirilmiştir. Deney düzeneğinde 5 farklı alansal debi değerine göre ölçülen veriler kayıt altına alınmıştır. Her bir alansal debi değerine göre ölçülen sıcaklık değerleri ayrı başlıklar halinde verilmiştir.

5.4.1. Andezit taşı kullanılan kollektörde 0,67 kg/dk. m² alansal debi koşulunda ölçülen sıcaklık verileri

Deneme, andezit taşı kullanılarak 0,67 kg/dk. m² alansal debi değerinde gerçekleştirilmiştir. En yüksek kollektör yutucu yüzey sıcaklığı 115 °C ve en yüksek kollektör çıkış havası sıcaklığı 72 °C olarak ölçülmüştür. Denemenin başladığı ilk bir saatte sıcaklık değerleri önemli ölçüde artış göstermiştir. Dolgu malzemesi kullanılmada, metal bulaşık teli kullanılan ve metal talaş kullanılan

denemelerde bu süre maksimum yarım saat olmuştur. Denemenin soğuma aşamasında en düzenli inişe sahip soğuma bu denemede gerçekleşmiştir. Yapılan denemeler arasında en yüksek çıkış havası sıcaklığı bu denemede ölçülmüştür. Aynı alansal debi değerinde, dolgu malzemesi kullanılmadan yapılan denemeye göre, ölçülen en yüksek kollektör yutucu yüzey sıcaklığı 12 °C azalmıştır. Metal bulaşık teli kullanılan denemeye göre 13 °C artmıştır. Metal talaş kullanılan denemeye göre 12 °C artmıştır. Sonuç olarak dolgu malzemesi kullanılmadan yapılan denemede ölçülen yutucu yüzey sıcaklığı bu denemeye göre azalmış, diğer dolgu malzemeleri kullanılan denemelere göre artmıştır (Şekil 5.17).

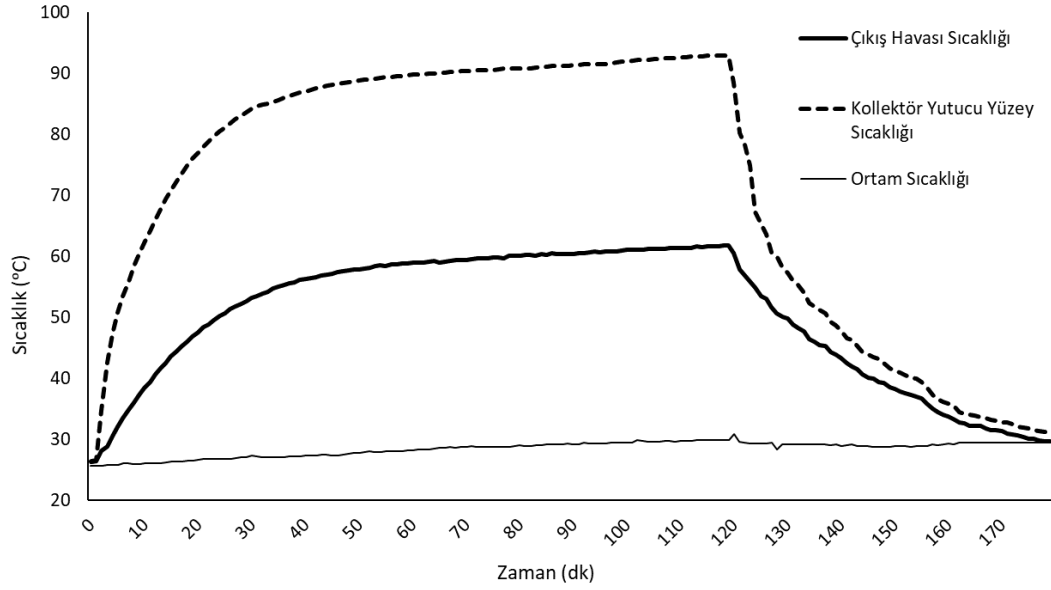


Şekil 5.17. Andezit taşı kullanılan denemede 0,67 kg/dk. m² alansal debi değerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi

5.4.2. Andezit taşı kullanılan kollektörde 1,01 kg/dk. m² alansal debi koşulunda ölçülen sıcaklık verileri

Deneme, andezit taşı kullanılarak 1,01 kg/dk. m² alansal debi değerinde gerçekleştirilmiştir. En yüksek kollektör yutucu yüzey sıcaklığı 92 °C ve en yüksek kollektör çıkış havası sıcaklığı 61 °C olarak ölçülmüştür. Kollektör yutucu yüzey sıcaklığı, andezit taşı kullanılan 0,67 kg/dk. m² alansal debi değerinde 23

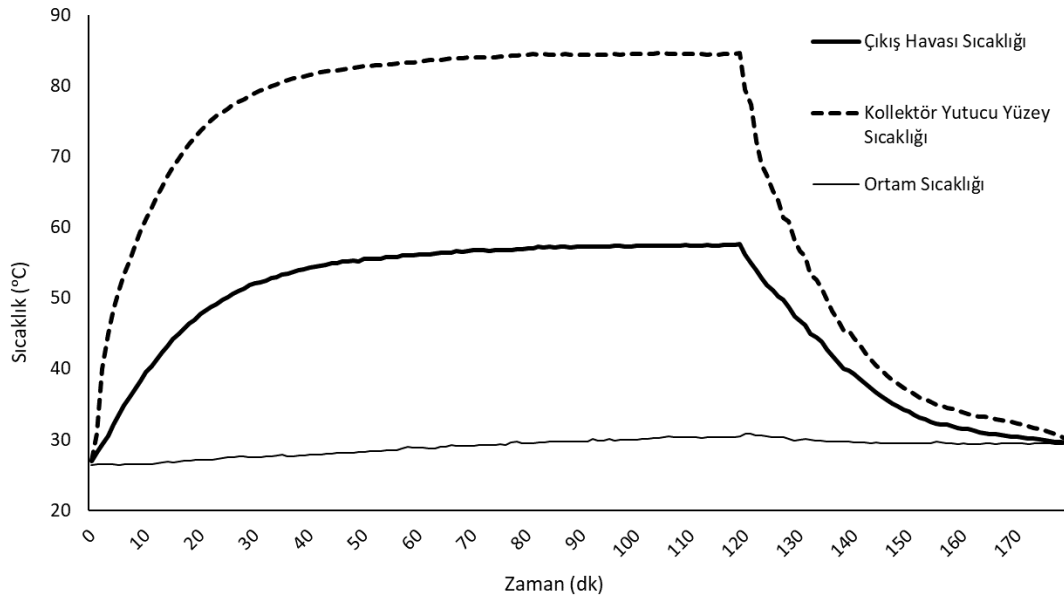
°C, çıkış havası sıcaklığı 11 °C azalmıştır. Denemede sıcaklık artışı ilk 50 dakika boyunca hızlı şekilde gerçekleşmiştir. Aynı alansal debi değerinde metal talaş kullanılarak gerçekleştirilmiş denemeye göre ölçülen en yüksek kollektör yutucu yüzey sıcaklığı 5 °C azalmıştır. En yüksek çıkış havası sıcaklığı ise her iki denemede de aynı ölçülmüştür (Şekil 5.18).



Şekil 5.18. Andezit taşı kullanılan denemede 1,01 kg/dk. m² alansal debi değerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi

5.4.3. Andezit taşı kullanılan kollektörde 1,34 kg/dk. m² alansal debi koşulunda ölçülen sıcaklık verileri

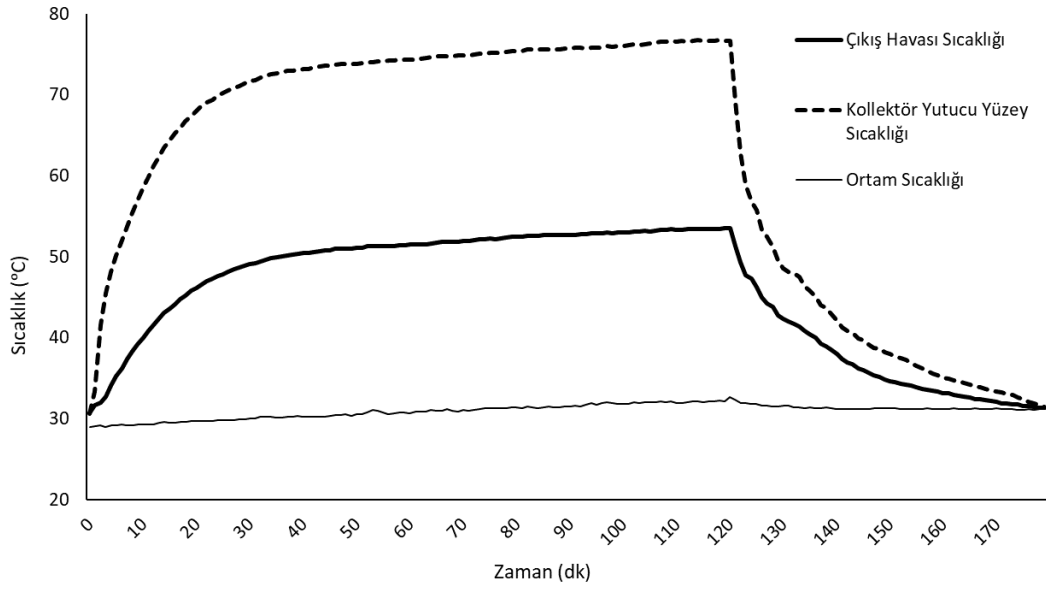
Deneme, andezit taşı kullanılarak 1,34 kg/dk. m² alansal debi değerinde gerçekleştirilmiştir. En yüksek kollektör yutucu yüzey sıcaklığı 84 °C ve en yüksek kollektör çıkış havası sıcaklığı 57 °C olarak ölçülmüştür. Aynı alansal debi değeri kullanılarak yapılan denemeler arasında, bu denemenin ölçüm sonuçlarına en yakın değerler metal talaş kullanılan denemeye aittir (Şekil 5.19).



Şekil 5.19. Andezit taşı kullanılan denemede 1,34 kg/dk. m² alansal debi değerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi

5.4.4. Andezit taşı kullanılan kollektörde 2,01 kg/dk. m² alansal debi koşulunda ölçülen sıcaklık verileri

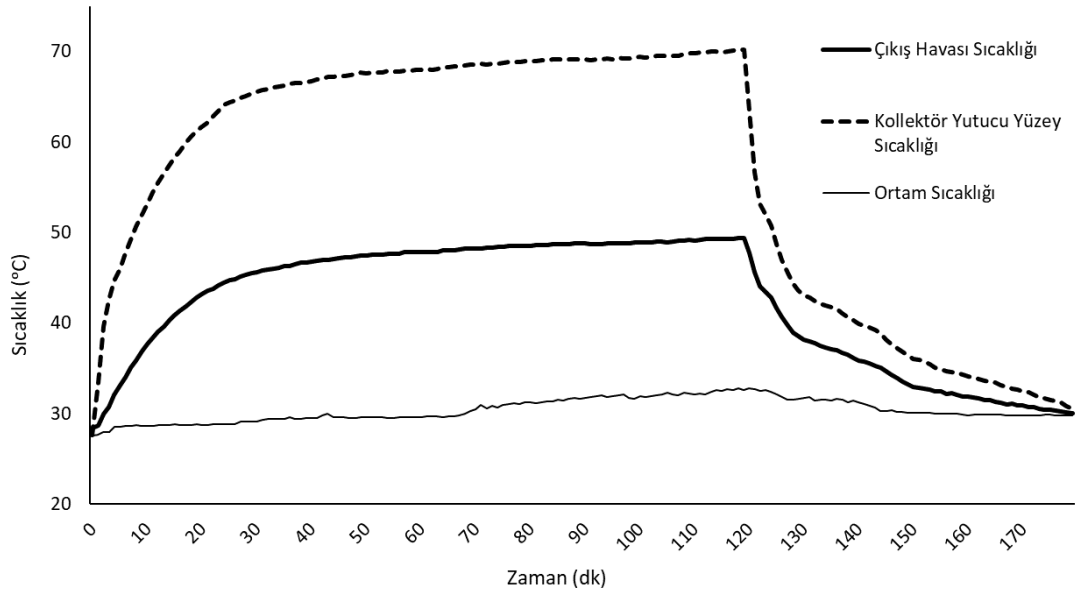
Deneme, andezit taşı kullanılarak 2,01 kg/dk. m² alansal debi değerinde gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu deneme, andezit taşı kullanılarak 0,67 kg/dk. m², 1,01 kg/dk. m², 1,34 kg/dk. m² alansal debi değerlerinde gerçekleştirilen denemelere göre sıcaklık değerlerinin en kısa süre içinde yükseldiği denemedir. En yüksek kollektör yutucu yüzey sıcaklığı 76 °C ve en yüksek kollektör çıkış havası sıcaklığı 53 °C olarak ölçülmüştür. Aynı debi değerinde ölçülen en yüksek çıkış havası sıcaklığı, dolgu malzemesi kullanılmadan yapılan denemeye göre 10 °C, metal bulaşık teli kullanılan denemeye göre 7 °C ve metal talaş kullanılan denemeye göre 3 °C artmıştır (Şekil 5.20).



Şekil 5.20. Andezit taşı kullanılan denemede 2,01 kg/dk. m² alansal debi değerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi

5.4.5. Andezit taşı kullanılan kollektörde 2,69 kg/dk. m² alansal debi koşulunda ölçülen sıcaklık verileri

Deneme, andezit taşı kullanılarak 2,69 kg/dk. m² alansal debi değerinde gerçekleştirilmiştir. En yüksek kollektör yutucu yüzey sıcaklığı 70 °C ve en yüksek kollektör çıkış havası sıcaklığı 49 °C olarak ölçülmüştür. Aynı tip malzemeler kullanılarak yapılan denemeler karşılaştırıldığında, kollektör yutucu yüzey ve çıkış havası sıcaklıklarının birbirlerine en yakın oldukları alansal debi değeri 2,69 kg/dk. m² olmuştur. Bu alansal debi değerinde sıcaklıklar değerleri arasındaki farkın en az olduğu andezit taşı kullanılan denemedir. Andezit taşı kullanılan denemelerde soğuma aşamaları benzer şekilde gerçekleşmiştir (Şekil 5.21).



Şekil 5.21. Andezit taşı kullanılan denemede 2,69 kg/dk. m² alansal debi değerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi

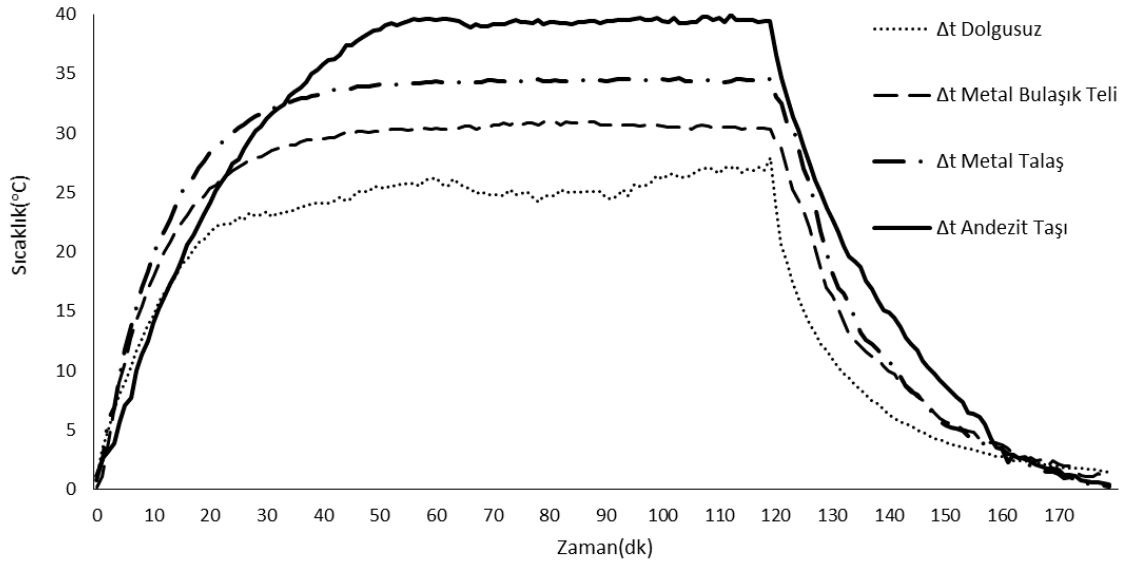
5.5. Hesaplanan Δt Değerleri

Tez kapsamında kullanılan dolgu malzemelerinin, farklı alansal debi değerlerinde kullanılmasında, kollektöre giren ve çıkan havanın sıcaklık değerleri arasındaki farklar (Δt) hesaplanmış ve bu farkların zaman göre değişimi grafik haline getirilmiştir. Metin içerisinde farklı alansal debi değerleri için oluşturulan grafikler, farklı başlıklar altında sunulmuştur.

5.5.1. Farklı dolgu malzemelerinin 0,67 kg/dk. m² alansal debi değerine göre hesaplanan Δt değerleri

Farklı dolgu malzemeleri kullanılarak, 0,67 kg/dk. m² alansal debi değerinde yapılan ölçümler sonucunda hesaplanan Δt değerlerinin zamana göre değişimleri Şekil 5.22'de gösterilmiştir. Dolgu malzemeleri arasında en yüksek Δt değerinin 39,6 °C ile andezit taşına ait olduğu görülmektedir. En yüksek sıcaklık farkının bulunduğu bu noktada, diğer dolgu malzemelerinin Δt değerleri sırasıyla metal talaş için 34,2 °C, metal bulaşık teli için 30,4 °C ve dolgu malzemesinin olmadığı

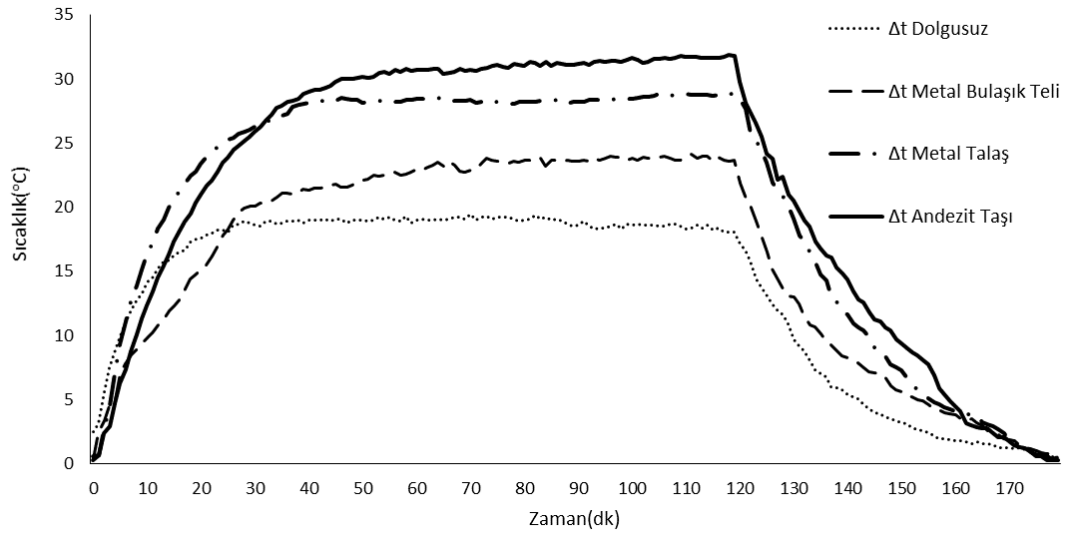
durumda 26,1 °C olarak hesaplanmıştır. Sıcaklık farkı olarak hesaplanan değerlerde en çok değişimin dolgu malzemesi kullanılmadan yapılan denemeye ait olduğu görülmektedir. Andezit taşı kullanılan denemede sıcaklık değişimindeki artış en uzun süre devam etmiştir.



Şekil 5.22. Farklı dolgu malzemelerinin 0,67 kg/dk. m² alansal debi değerine göre hesaplanan Δt değerlerinin zamana bağlı değişimi

5.5.2. Farklı dolgu malzemelerinin 1,01 kg/dk. m² alansal debi değerine göre hesaplanan Δt değerleri

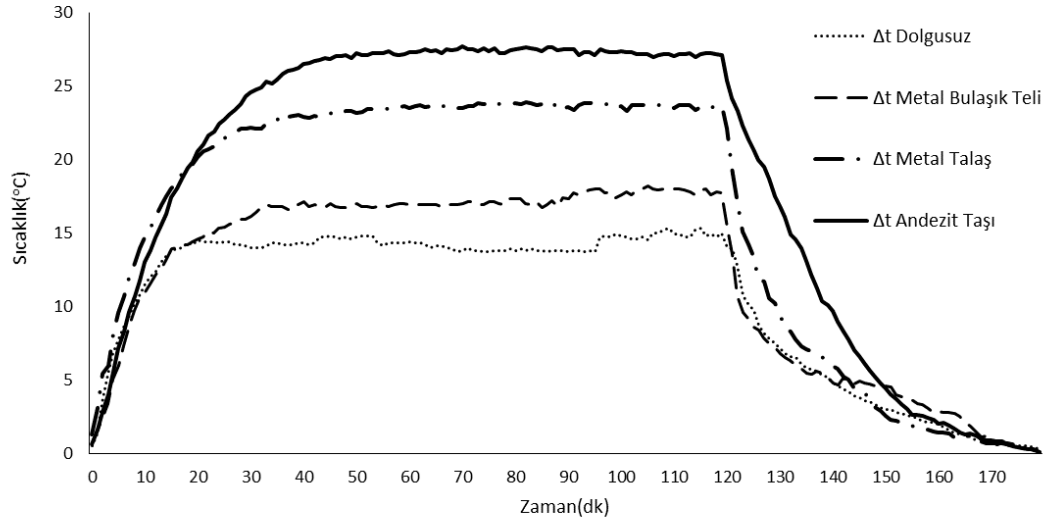
Farklı dolgu malzemeleri kullanılarak, 1,01 kg/ dk. m² alansal debi değerinde yapılan ölçümler sonucunda hesaplanan Δt değerlerinin zaman göre değişimleri Şekil 5.23'de gösterilmiştir. Dolgu malzemeleri arasında en yüksek Δt değerinin 31,9 °C ile andezit taşına ait olduğu görülmektedir. En yüksek sıcaklık farkının bulunduğu bu noktada diğer dolgu malzemelerinin Δt değerleri sırasıyla metal talaş için 28,8 °C, metal bulaşık teli için 23,6 °C ve dolgu malzemesinin olmadığı durumda 18,1 °C olarak hesaplanmıştır. Bu alansal debi değerinde hesaplanan andezit taşı ve metal talaş değerleri birbirlerine yaklaşıırken, metal bulaşık teli ve metal talaş değerleri birbirlerinden uzaklaşmıştır.



Şekil 5.23. Farklı dolgu malzemelerinin 1,01 kg/dk. m² alansal debi değerine göre hesaplanan Δt değerlerinin zamana bağlı değişimi

5.5.3. Farklı dolgu malzemelerinin 1,34 kg/dk. m² alansal debi değerine göre hesaplanan Δt değerleri

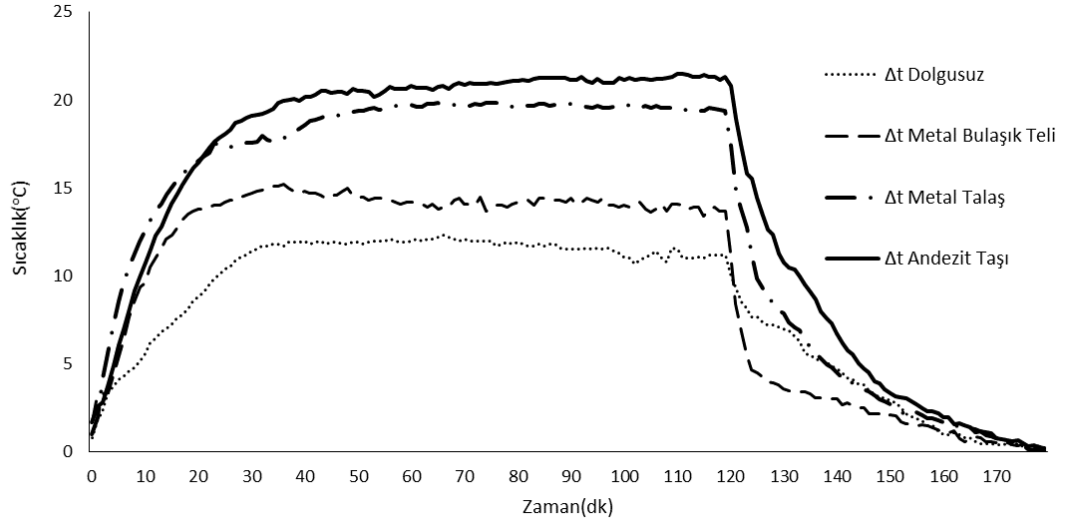
Farklı dolgu malzemeleri kullanılarak, 1,34 kg/dk. m² alansal debi değerinde yapılan ölçümler sonucunda hesaplanan Δt değerlerinin zamana göre değişimleri Şekil 5.24'de gösterilmiştir. Dolgu malzemeleri arasında en yüksek Δt değerinin 27,7 °C ile andezit taşına ait olduğu görülmektedir. En yüksek sıcaklık farkının bulunduğu bu noktada diğer dolgu malzemelerinin Δt değerleri sırasıyla metal talaş için 23,5 °C, metal bulaşık teli için 17,1 °C ve dolgu malzemesinin olmadığı durumda 13,8 °C olarak hesaplanmıştır. Bu alansal debi değerinde birbirine en yakın sıcaklık farkı değerleri dolgu malzemesi kullanılmadan yapılan denemeye metal bulaşık teli kullanılan deneme arasında gerçekleşmiştir. Denemelerin soğuma aşamalarında metal bulaşık teli ve dolgu malzemesi kullanılmayan deneme neredeyse eşit şekilde ilerlemiştir.



Şekil 5.24. Farklı dolgu malzemelerinin 1,34 kg/dk. m² alansal debi değerine göre hesaplanan Δt değerlerinin zamana bağlı değişimi

5.5.4. Farklı dolgu malzemelerinin 2,01 kg/dk. m² alansal debi değerine göre hesaplanan Δt değerleri

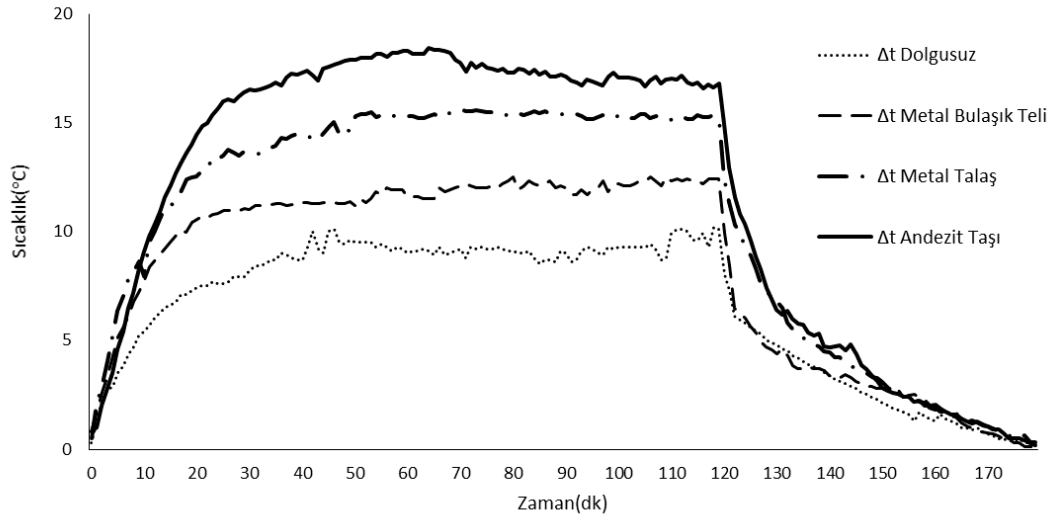
Farklı dolgu malzemeleri kullanılarak, 2,01 kg/dk. m² alansal debi değerinde yapılan ölçümler sonucunda hesaplanan Δt değerlerinin zamana göre değişimleri Şekil 5.25’de gösterilmiştir. Dolgu malzemeleri arasında sıcaklık farkının en yüksek değerinin 21,4 °C olarak, andezit taşına ait olduğu görülmektedir. En yüksek sıcaklık farkının bulunduğu bu noktada diğer dolgu malzemelerinin Δt değerleri sırasıyla metal talaş için 19,5 °C, metal bulaşık teli için 13,8 °C ve dolgu malzemesinin olmadığı durumda 11,1 °C olarak hesaplanmıştır.



Şekil 5.25. Farklı dolgu malzemelerinin 2,01 kg/dk. m² alansal debi değerine göre hesaplanan Δt değerlerinin zamana bağlı değişimi

5.5.5. Farklı dolgu malzemelerinin 2,69 kg/dk. m² alansal debi değerine göre hesaplanan Δt değerleri

Farklı dolgu malzemeleri kullanılarak, 2,69 kg/dk. m² alansal debi değerinde yapılan ölçümler sonucunda hesaplanan Δt değerlerinin zamana göre değişimleri Şekil 5.26'de gösterilmiştir. Dolgu malzemeleri arasında sıcaklık farkının en yüksek değerinin 18,4 °C olarak andezit taşına ait olduğu görülmektedir. En yüksek sıcaklık farkının bulunduğu bu noktada diğer dolgu malzemelerinin Δt değerleri sırasıyla metal talaş için 15,3 °C, metal bulaşık teli için 11,5 °C ve dolgu malzemesinin olmadığı durumda 9,1 °C olarak hesaplanmıştır. En yüksek alansal debi değerinin kullanıldığı bu denemelerde sıcaklık farkı değerleri her birinde inişli çıkışlı olmuştur.

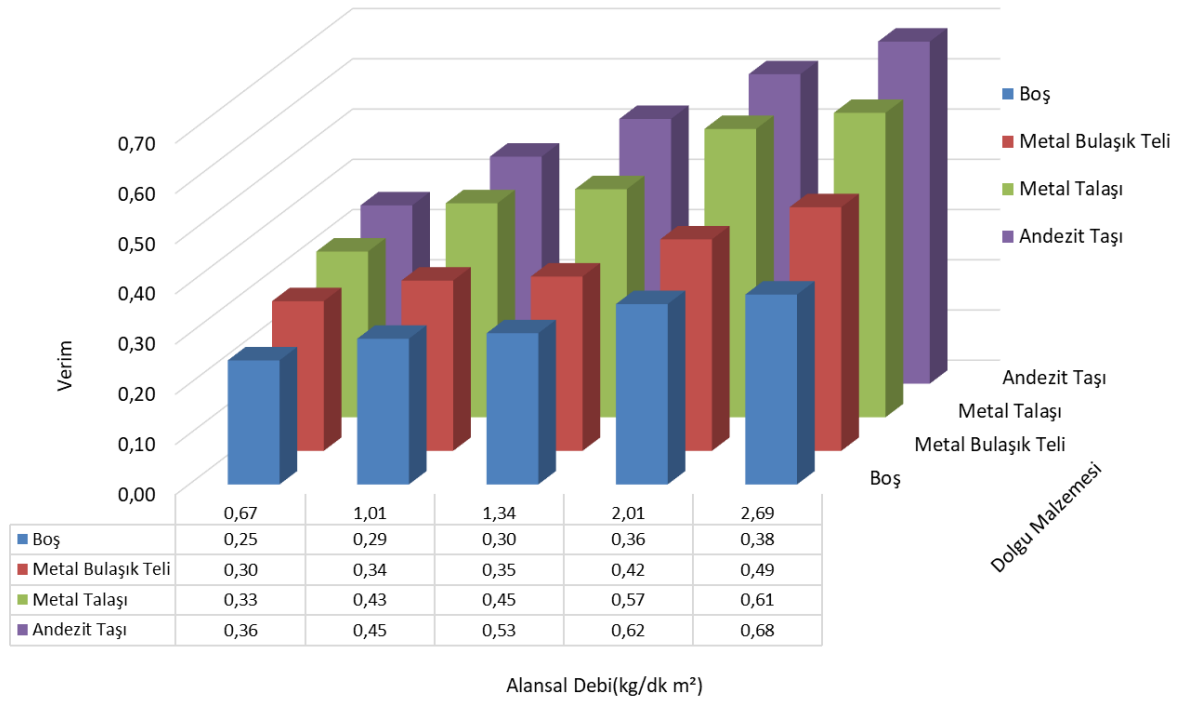


Şekil 5.26. Farklı dolgu malzemelerinin 2,69 kg/dk. m² alansal debi değerine göre hesaplanan Δt değerlerinin zamana bağlı değişimi

5.6. Verim Değerleri

Elde edilen deney sonuçlarına göre ısı verim değerleri hesaplanmıştır. Yapılan hesaplama sonuçlarına göre, en düşük verim 0,67 kg/dk. m² alansal debi değerinde ve dolgu malzemesi kullanılmadan yapılan denemeden, %25 olarak elde edilmiştir. En yüksek verim değeri, 2,69 kg/dk. m² alansal debi değerinde dolgu malzemesi olarak andezit taşı kullanılan denemeden, %68 olarak bulunmuştur. Kullanılan malzemelerin alansal debi değerlerine göre bulunan sonuçları Şekil 5.27' de verilmiştir. Alansal debi değerinin artmasıyla verim değerlerinin de arttığı tespit edilmiştir.

Dolgu malzemesi olarak andezit taşı kullanılan denemelerde hesaplanan verim değerleri, bütün alansal debi seviyelerinde, diğer uygulamalardan daha yüksek gerçekleşmiştir. Verim değerleri açısından, andezit taşı, metal talaşı ve metal bulaşık teli malzemeleri takip etmiştir. Dolgu malzemesi kullanılmayan uygulamadan elde edilen verim değerleri, dolgu malzemesi kullanılan uygulamalardan daha düşük gerçekleşmiştir.



Şekil 5.27. Kullanılan malzemelerin alansal debi değerlerine göre verim değerlerinin değişimi

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışması kapsamında hava ısıtmalı güneş kollektörlerinin ısı verimlerine farklı dolgu malzemelerinin etkisi incelenmiştir. Hava akış kanalına yerleştirilen dolgu malzemeleri arasında en yüksek ısı verim değerini veren malzeme belirlenmiştir. Gerçekleştirilen denemelerden elde edilen veriler bütünlük içerisinde değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Denemelerde ölçülen kollektör yutucu yüzey sıcaklığı, alansal debi değerinin artmasıyla azalmıştır. Ayrıca aynı alansal debiye sahip denemelerde en yüksek kollektör yutucu yüzey sıcaklığının dolgu malzemesi kullanılmayan denemelerde olduğu görülmüştür. Bu durum, dolgusuz kollektörde, yutucu yüzeyden havaya ısı transferinin daha düşük seviyede gerçekleştiğine işaret etmektedir.
- Denemelerde hava akış kanalına yerleştirilen dolgu malzemeleri, kollektör çıkış havası sıcaklığının artmasını sağlamış ve kollektör verimini yükseltmiştir. Dolgu malzemesi kullanılmayan denemelerde elde edilen en yüksek verim değeri %38 olmuştur. Kullanılan dolgu malzemelerine göre elde edilen en yüksek verim değerleri; metal bulaşık teli için %49, metal talaş için %61, andezit taşı için %68 olarak bulunmuştur.
- Denemelerde güneş kollektörüne gönderilen havanın debisinin arttırılmasıyla, kollektör veriminin de arttığı görülmüştür. En düşük verim değerleri her malzeme için 0,67 kg/dk. m² alansal debi değerinde, en yüksek verim değerleri her malzeme için 2,69 kg/dk. m² alansal debi değerinde hesaplanmıştır. Fath (1995), 0,6 kg/dk.m², 1,2 kg/ dk.m² ve 1,8 kg/dk. m² alansal debi değerlerini kullanarak yapmış olduğu çalışma kapsamında en yüksek verim değerini 1,8 kg/dk. m² alansal debi kullanarak %63 olarak bulmuştur. Yapılan tez kapsamında %63'e en yakın verim değeri andezit taşı kullanılarak 2,01 kg/dk. m² alansal debi değerinde %62 olarak elde edilmiştir. Fath (1995), yaptığı çalışmadan elde etmiş oldukları verim değerlerinin, havanın debisinin arttırılmasıyla doğru orantılı olduğunu göstermektedir.
- En yüksek verim değerlerine, andezit taşının dolgu malzemesi olarak kullanıldığı denemede, 2,69 kg/dk. m² alansal debi değerinde ulaşılmıştır. En

düşük verim değerleri her farklı malzeme için 0,67 kg/dk. m² alansal debi değerinde elde edilmiştir. Denemelerde kullanılan en küçük ve en büyük alansal debi değerleri karşılaştırılırsa; dolgu malzemesi kullanılmadan yapılan denemelerde verim değeri %52, metal bulaşık teli kullanılan denemelerde %63, metal talaş kullanılan denemelerde %84, andezit taşı kullanılan denemelerde %88 artmıştır.

- En yüksek verim değerlerinin elde edildiği 2,69 kg/dk. m² alansal debi değeri için dolgu malzemesi kullanılmasıyla dolgu malzemesiz deneme karşılaştırılırsa, metal bulaşık teli %28, metal talaş %60, andezit taşı %78 olarak verim değerini arttırmışlardır.

Öneriler;

- Çalışma kapsamında kullanılan dolgu malzemeleri doğal güneş ışınımı altında test edilebilir.
- Tez kapsamında gerçekleştirilen denemeler; farklı ışıma şiddeti, ışıma geliş açısı ve debi değerleri kullanılarak genişletilebilir.
- Hava ısıtmalı güneş kolektörlerinde ısı verimi artırmak amacıyla, tez kapsamında kullanılmayan, farklı dolgu malzemeleri denenebilir.
- Farklı hava ısıtmalı güneş kolektör ve hava kanalı tasarımları geliştirilerek verimin artırılması sağlanabilir.
- Denemelerin teorik olarak enerji analizleri yapılabilir.
- Deney sistemine yüksek basınçta hava gönderilerek denemeler gerçekleştirilebilir.

KAYNAKLAR

- Altuntop, N., Erdemir, D. 2013. "Dünyada ve Türkiye’de Güneş Enerjisi ile İlgili Gelişmeler," Mühendis ve Makina, cilt 54, sayı 639, s. 69-77
- Ata, İ., Acır, A., 2019. Hava Akışkanlı Güneş Kollektöründe Isı Transferi İyileştirmesine Etki Eden Parametrelerin Taguchi Metodu ile Optimizasyonu. Politeknik Dergisi, *(*) : *, (*).
- British Petrol (BP), 2019. BP Statistical Review of World Energy. Erişim tarihi: 10.11.2019. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>
- Battal, G., 2017. Hava Isıtmalı Güneş Kollektörlerinin Dolomit Tuğlaları Kullanılarak Verimlerinin Arttırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 129s, Isparta.
- Bayrak, F., 2011. İçerisinde Gözenekli Engeller Bulunan Hava Isıtmalı Güneş Kollektörlerinin Performans Analizi. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 90s, Elâzığ.
- Bulut, H., Durmaz, F., 2006. Bir Havalı Güneş Kollektörünün Tasarımı, İmalatı ve Deneyisel Analizi. Uluslararası Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, 21-23 Haziran, Eskişehir, 168-175.
- Çağlayan, N., Ertekin, C., Alta, Z. D., 2014. Experimental Investigation of Various Type Absorber Plates for Solar. Tarım Bilimleri Dergisi, 21(4), 459-470.
- Duffie, J. A., Beckman, W. A., 2013. Solar engineering of thermal processes. John Wiley & Sons.
- El-Khawajah, M. F., Aldabbagh, L. B. Y., & Egelioglu, F., 2011. The effect of using transverse fins on a double pass flow solar air heater using wire mesh as an absorber. Solar energy, 85(7), 1479-1487.
- EN 12975, 2012. Understanding and Using Collector Test Standard. EN, European Union.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), 2019. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası. Erişim Tarihi: 12.10.2019. <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Gunes>
- Esen, H., 2008. Experimental energy and exergy analysis of a double-flow solar air heater having different obstacles on absorber plates. Building and Environment, 43(6), 1046-1054.

- Fath, H. E., 1995. Thermal performance of a simple design solar air heater with built-in thermal energy storage system. *Renewable energy*, 6(8), 1033-1039.
- Gedik, E., Keçebaş, A., Öz, E. S., 2008. Havalı Güneş Kollektörlerinde Farklı Tip Emici Plakaların Performansa Olan Etkisi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(4), 777-784.
- Güney N. & Külcü R., 2016. Dolomit Tuğlalı Hava Isıtmalı Güneş Kollektörünün Isıl Performansının Geliş Açısına Göre Değişiminin Belirlenmesi. 1.th International Conference on Engineering Technology and Applied Sciences. 21 Nisan, Afyon
- Karakaya, H., Durmuş, A., 2011. Farklı Tip Yüzey Geometrilere Sahip Havalı Kollektörlerde Verim ve Ekserji Analizi, *Tesisat Mühendisliği*, 121, 16-24.
- Karim, M. A., Hawlader, M. N. A., 2006. Performance investigation of flat plate, v-corrugated and finned air collectors. *Energy*, 31(4), 452-470.
- Kırbaş, İ., 2006. Havalı Güneş Kollektörünün Performansının DeneySEL Olarak İncelenmesi. *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 73s, Ankara.
- Koebrich, S., Chen, E., Bowen, T., Forrester, S., Tian, T., 2019. *Renewable Energy Data Book*. Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, 136, U.S.A
- Lin, W., Gao, W., Liu, T., 2006. A parametric study on the thermal performance of cross-corrugated solar air collectors. *Applied Thermal Engineering*, 26(10), 1043-1053.
- Özbalta, N., Güngör, A., & Gürlek, A. G. G., 2003. Güneş enerjili hava toplayıcılarındaki gelişmeler ve tasarım parametrelerinin araştırılması.
- Türkiye Makina Mühendisleri Odası (TMMOB), 2014. Türkiye'nin Enerji Görünümü, Yayın No: MMO/2014/616, 266s.
- Türkiye Petrolleri (TP), 2019. 2018 Yılı Ham Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu. Erişim tarihi: 22.09.2019. http://www.tpao.gov.tr/tp5/docs/rapor/sektor_rapor_2018.pdf
- Pal, V., Rai, A. K., Sachan, V., 2015. Performance study of a solar air heater. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 6(7), 1-7.
- Pamir, N., 2003. Dünyada ve Türkiye'de Enerji, Türkiye'nin Enerji Kaynakları ve Enerji Politikaları. 57-65.
- Ramani, B. M., Gupta, A., & Kumar, R. 2010. Performance of a double pass solar air collector. *Solar Energy*, 84(11), 1929-1937.

- Sancar, İ., & Bulut, H., 2014. Mahal ısıtmasında kullanılan güneş kolektörleri ve Adıyaman şartlarında performansının incelenmesi
- SolarPACES, 2008. Erişim Tarihi: 10.12.2019. <https://www.solarpaces.org/csp-technologies/csp-potential-solar-thermal-energy-by-member-nation/>
- Söhmen, H. M., Tırıs, M., Tırıs, Ç., & Erdallı, Y., 1997. Güneş Kolektörleri Test Yöntemleri ve Seçici Yüzey Uygulamaları. Güneş Enerji Sistemleri Semineri, İçel, 20-21.
- Şener, M., 2013. Etkin Bir Havalı Kolektörünün Tasarımı ve Optimizasyonu. Hitit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 110s, Çorum.
- Türkiye Elektromekanik Sanayi A.Ş.(TEMSAN), 2019. Erişim Tarihi: 22.09.2019. <https://www.temsangov.tr/Sayfa/gunes/38>
- Uçar, A., 1999. Hava Isıtmalı Güneş Kolektörlerinde Pasif Elemanlar Yardımıyla Verim Arttırma. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 67s, Elâzığ.
- Uyarel, Y. A. ve Öz S. E., 1987. Güneş Enerjisi ve Uygulamaları Kitabı, Birsen Yayınevi, Ankara 239 s.
- Ültanır, M. Ö., 1998. 21. Yüzyıla girerken Türkiye'nin enerji stratejisinin değerlendirilmesi. TÜSİAD Parlamento İşleri Komisyonu Raporu, İstanbul, 12, 201-213.
- Varınca, K. B., ve Gönüllü, M. T., 2006. Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma. I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, 21-23 Haziran, Eskişehir, 270-275.
- Vyas, S., Punjabi, D. S., 2014. Thermal Performance Testing of a flat Plate Solar Air Heater Using Optical Measurement Technique. International Journal of Recent advances in Mechanical Engineering (IJMECH), 3(4).
- Yaldız, A., Ertekin, C., Külcü, R., Çağlayan, N., Heybeli, N., 2004. Hava Isıtmalı Güneş Kolektörlerinin Boyut, Maliyet ve Verim ilişkilerinin Belirlenmesi. Tarımsal Mekanizasyon 22. Ulusal Kongresi, 8-19 Eylül, Aydın, 260-269.
- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM), 2019a. Türkiye güneş enerjisi atlası. Erişim Tarihi: 20.10.2019. <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/>
- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM), 2019b. Güneş Enerjisi Teknolojileri. Erişim Tarihi: 20.10.2019. http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx

Yıldız, C., Toğrul, İ.T., Sarsılmaz, C. ve Pehlivan, D., 2002. "Thermal efficiency of an air solar collector with extended absorption surface and increased convection", International Communication in Heat and Mass Transfer, 29(6), 831-840.



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Yeşim EMEN
Doğum Yeri ve Yılı : Mudurnu, 1993
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : yesimemenn@gmail.com

Eğitim Durumu

Lise : BOLU/Mudurnu Ç.P.L, 2011
Lisans : SDÜ, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Müh.
Yüksek Lisans : SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yenilenebilir Enerji A.B.D.

Mesleki Deneyim

Efsane Otogaz Doğalgaz İnş.Taah.İth.İhr.Tic.Ltd. Şti. 2016-2018

Yayınlar

Emen, Y., Külcü, R., 2019. Hava Isıtmalı Güneş Kollektörlerinin Dolgu Malzemeleri Kullanılarak Verimlerinin Arttırılması. YEKARUM e-DERGİ, 4(2), 20-27. Erişim Tarihi: 26.12.2019. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/900488>