

**T.C.
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YENİLENEBİLİR ENERJİ VE UYGULAMALARI
ANABİLİM DALI**



**FARKLI AKIŞKANLAR İLE PASİF SOĞUTMANIN FOTOVOLTAİK (FV)
PANELLERİN PARAMETRELERİNE ETKİLERİ**

MEHMET ALKIŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SAMSUN

2020

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**FARKLI AKIŞKANLAR İLE PASİF SOĞUTMANIN FOTOVOLTAİK (FV)
PANELLERİN PARAMETRELERİNE ETKİLERİ**

Mehmet ALKIŞ

YENİLENEBİLİR ENERJİ VE UYGULAMALARI ANABİLİM DALI

SAMSUN

2020

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Mehmet ALKIŞ tarafından hazırlanan “**Farklı Akışkanlar ile Pasif Soğutmanın Fotovoltaik (FV) Panellerin Parametrelerine Etkileri**“ adlı tez çalışması 15/04/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yenilenebilir Enerji ve Uygulamaları Anabilim Dalı’nda **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman Dr. Öğr. Üyesi Engin ÖZBAŞ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Yenilenebilir Enerji ve Uygulamaları Anabilim Dalı

Jüri Üyeleri

Başkan Prof. Dr. Recep TAPRAMAZ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Yenilenebilir Enerji ve Uygulamaları Anabilim Dalı

Üye Dr. Öğr. Üyesi Engin ÖZBAŞ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Yenilenebilir Enerji ve Uygulamaları Anabilim Dalı

Üye Dr. Öğr. Üyesi Vedat KESKİN
Samsun Üniversitesi
Sivil Havacılık Yüksekokulu

Yukarıdaki sonucu onaylarım. ... / 05 /2020

Prof. Dr. Ali BOLAT
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

15 / 04 / 2020

Mehmet ALKIŞ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI AKIŞKANLAR İLE PASİF SOĞUTMANIN FOTOVOLTAİK (FV) PANELLERİN PARAMETRELERİNE ETKİLERİ

Mehmet ALKİŞ

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Yenilenebilir Enerji ve Uygulamaları Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Engin ÖZBAŞ

Enerji üretiminde dışa bağımlılığın ekonomik boyutlarının yanı sıra çevresel kaygılarda ülkeleri yenilenebilir enerji kaynaklarından daha etkin yararlanmaya yöneltmektedir. Elektrik üretiminde kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarından en yaygın güneş enerjisidir. Güneş enerjisinden çeşitli yollarla elektrik üretimi gerçekleştirilebilir. En yaygın yöntemlerden biri de fotovoltaik (FV) panellerden elektrik üretimidir. Fotovoltaik panellerden elektrik üretimi yapılırken performansın düşmesine neden olan çeşitli sebepler bulunmaktadır. Bunlardan biri de gün içerisinde güneş ışınımının etkisiyle panel yüzey sıcaklığının zamanla artmasıdır. Yapılan akademik çalışmalarda panel yüzey sıcaklığının artmasıyla verimin düştüğü anlaşılmıştır. Bundan dolayı panel performansının gün içerisinde düşüşünü azaltabilmek için çeşitli soğutma teknikleri kullanılabilir. Literatüre bakıldığında fotovoltaik panellerin soğutma tekniklerini genel anlamda aktif ve pasif soğutma olmak üzere ikiye ayırmak mümkündür. Panellerin soğutma işlemlerinde elde edilen atık ısıdan yararlanılması söz konusu olabilir. Bu sistemler FV/T olarak adlandırılmış olup akademik araştırma konusu olarak karşımıza çıkmaktadır. Sonuç olarak güneş panellerinde FV panel ve FV/T panel üzerinde aktif ve pasif soğutma tekniklerinden söz edilebilir.

Bu çalışmada FV panel üzerinde pasif soğutma tekniği ele alınmıştır. Farklı soğutucu akışkanların panel soğutmasında kullanılarak panel parametreleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Bunun için dış ortam ve iç ortam olmak üzere iki farklı ortamda deneyler yapılmıştır.

Dış ortam deneylerinde su ve alkol akışkanları kullanılırken, iç ortam deneylerinde antifriz, trafo yağı, su, alkol, sıvı yağ, 30 numara yağ olmak üzere altı farklı akışkan kullanılmıştır.

Dış ortam deneylerinde paneller yedi saat boyunca güneş ışınımına maruz bırakılmıştır. Bu deneylerde suyun alkole oranla daha etkili bir soğutucu olduğu gözlenirken her iki akışkanın da zamanla ısınıp ısıtma yapmadığı ve panelde soğutma yapamadığı için ısınmaya neden olduğu görülmüştür. İç ortam deneyleri ise bir saatlik süre ile sınırlandırılmıştır.

Akkor lambadan elde edilen 560W/m^2 ışınım ile panel yüzeyleri aydınlatılmıştır. İç ortam deneyleri sonunda sıvı yağ ve on numara yağdan 2.14W ortalama güç üretimi gerçekleşirken, en yüksek enerji üretimi 2.16W ile antifriz akışkanı kullanılan deneyde gerçekleşmiştir.

Anahtar Sözcükler: Pasif soğutma, Farklı akışkan, Fotovoltaik panel parametreleri

ABSTRACT

Master's Thesis Dissertation

EFFECTS OF DIFFERENT FLUIDS AND PASSIVE COOLING ON THE PARAMETERS OF PHOTOVOLTAIC (FV) PANELS

Mehmet ALKIŞ

Ondokuz Mayıs University

Graduate School of Sciences

Department of Renewable Energy and Applications

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Engin ÖZBAŞ

All countries are seeking towards increased utilization of renewable energy sources not only due to economic concerns but also due to environmental concerns. Solar energy, more precisely Photovoltaic Solar (PV) is the most widely installed type among state of the art technologies. There are several causes which reduce the efficiency of PV panels, one of which is surface temperature rise on the PV panels due to intra-day solar radiation. As a preventive measure to this phenomenon, several cooling techniques are adopted, mainly classified as active and passive cooling.

The focus of this study is utilization of passive cooling in PV panels. The effects of different cooling fluids are comparatively investigated for indoor and outdoor applications.

Water and alcohol are utilized as the cooling fluid in the outdoor experiments, whereas antifreeze, transformer oil, water, alcohol, oil and mineral oil no 30 are utilized in the indoor experiments.

In the outdoor experiments, the PV panels under investigation are subjected to solar radiation for 7 hours. Although it is observed that both water and alcohol are insufficient coolers for passive cooling, due to the fact that their temperature also kept rising as they could not transfer the heat to air, the cooling performance of water was better than alcohol.

Indoor experiments are limited with 1 hour of testing time. The PV panels are subjected to light emitted from an incandescent lamp, with a radiation density of 560 W/m². It is observed that 2,14 W are generated with oil and mineral oil no. 10 as the coolant, whereas the best performance is observed with a generation of 2,16 W, for utilization of antifreeze as the coolant.

Keywords: Passive cooling, Coolant fluids, Photovoltaic panel efficiency



ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Akademik eğitim sürecimin bir üst noktası olan yüksek lisans tez çalışmam boyunca yardım ve desteklerini esirgemeyen danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Engin ÖZBAŞ hocama ve Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Recep TAPRAMAZ hocama şükranlarımı sunarım.

Bu günlere gelmem için hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan anneme, babama ve kardeşlerime teşekkür ederim.

Ayrıca maddi ve manevi desteğini esirgemeyen eşim Betül ALKIŞ, çocuklarım Akif Tuna ve Yusuf'a teşekkürlerimi sunarım.

Nisan, 2020

Mehmet ALKIŞ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
KISALTMALAR VE SEMBOLLER	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL BİLGİLER.....	2
2.1. Enerji.....	2
2.1.1. Mekanik Enerji	2
2.1.2. Elektrik Enerjisi	2
2.1.3. Elektromanyetik Enerji.....	2
2.1.4. Kimyasal Enerji	2
2.1.5. Nükleer Enerji	3
2.1.6. Termal Enerji	3
3. ENERJİ VE YENİLENEBİLİR ENERJİ.....	4
3.1. Yenilenebilir Enerji Kavramı	4
3.1.1. Güneş Enerjisi	4
3.1.2. Rüzgar Enerjisi	4
3.1.3. Jeotermal Enerjisi	5
3.1.4. Hidrolik Enerjisi	5
3.1.5. Biyokütle Enerjisi	5
3.1.6. Dalga Enerjisi	5
3.1.7. Hidrojen Enerjisi	6
3.2. Güneş Enerjisi	6
4. GÜNEŞ ENERJİSİ UYGULAMALARI VE FV.....	9
4.1. Güneş Enerjisi Uygulamaları	9
4.2. Fotovoltaik Güneş Panelleri	9
4.2.1. Fotovoltaik Hücrelerinin Yapımında Kullanılan Malzemeler	9
4.2.1.1. Kristal Silisyum	9
4.2.1.2. Galyum Arsenit (GaAs)	9
4.2.1.3. Amorf Silisyum	10

4.2.1.4. Kadmiyum Tellürid (CdTe)	10
4.2.1.5. Bakır İndiyum Diselenid (CuInSe ₂)	10
4.2.1.6. Optik Yoğunlaştırıcı Hücresler	10
4.2.1.7. Son Yıllarda Üzerinde Çalışılan Güneş Pilleri	10
4.2.2. Fotovoltaik Hücre Tipleri	11
4.2.2.1. Kristal silikon yapılar	11
4.2.2.2. Monokristal Güneş Hücreleri	11
4.2.2.3. Polikristal Güneş Hücreleri	12
4.2.2.4. Kristal yapılu güneş panelleri	12
4.2.2.5. İnce Film Güneş Panelleri	13
4.2.2.6. Diğer teknolojiler	14
5. FOTOVOLTAİK PANELLERİN SOĞUTMA TEKNİKLERİ.....	16
5.1. Literatür Taraması	16
5.2. Soğutma Tekniklerinin Sınıflandırılması	20
5.2.1. FV Üzerinde Pasif Soğutma Teknikleri	20
5.2.2. FV Üzerinde Aktif Soğutma Teknikleri	23
5.2.3. FV/T Üzerinde Pasif Soğutma Teknikleri	24
5.2.4. FV/T Üzerinde Aktif Soğutma Teknikleri	25
6. MATERYAL ve METOT.....	26
6.1. Dış Ortam Deney Düzenneği	27
6.2. İç Ortam Deney Düzenneği	29
7. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	32
7.1. Dış Ortam Deneyleri	32
7.1.1. Su Soğutmalı Deney	32
7.1.2. Alkol Soğutmalı Deney	34
7.2. İç Ortam Deneyleri	37
8. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	44
8.1. Sonuçlar	44
8.2. Öneriler	45
9. KAYNAKLAR	46
10. ÖZGEÇMİŞ.....	49

KISALTMALAR VE SEMBOLLER

A	Amper
V	Volt
DC	Doğru akım
km	Kilometre
kg	Kilogram
°K	Kelvin
W/m ²	Metrekare başına düşen güç
%	Yüzde
kW	Kilowatt
kWh	Kilovatsaat
kWh/m ²	Metrekare başına düşen kilovatsaat
cm	Santimetre
cm ²	Santimetrekare
mm	Milimetre
Watt	Elektriksel güç birimi
GaAs	Galyum arsenit
Si	Silisyum
EVA	Etilen vinil asetat
CIS	Bakır-indiyum-diselenid
ZnO	Çinko oksit
SnO ₂	Kalay oksit
ITO	İndiyum kalay oksit
µm	Mikrometre
FV	Fotovoltaik
CO ₂	Karbondioksit
°C	Santigrat derece
Hz	Hertz
MW	Megawatt
mv	Milivolt
Q	Isı
Dk	Dakika

Ω	Ohm
ΔT	Sıcaklık farkı
YEGM	Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
YEGEM	Yenilenebilir Enerjileri Geliştirme ve Enformasyon Merkezi
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
AR-GE	Araştırma ve geliştirme



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. Güneşten gelen ışınların dağılımı	7
Şekil 3.2. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası	7
Şekil 3.3. Türkiye Global Radyasyon Değerleri	8
Şekil 3.4. Türkiye Güneşlenme Süreleri	8
Şekil 3.5. Türkiye FV Tipi-Alan-Üretilebilecek Enerji	8
Şekil 4.1. Fotovoltaik Hücresinin Yapısı	10
Şekil 4.2. Fotovoltaik hücre tipleri.....	11
Şekil 4.3. Monokristal hücre örnekleri	12
Şekil 4.4. Kaplamasız ve kaplamalı polikristal hücreler	12
Şekil 4.5. Kristal tabanlı güneş paneli yapısı	13
Şekil 4.6. Polikristal ve monokristal güneş paneli	13
Şekil 4.7. Değişik ince film hücre katmanları	14
Şekil 4.8. İnce film güneş panelleri	14
Şekil 5.1. Hücre sıcaklığının verime etkisi	16
Şekil 5.2. Su içerisine daldırılmalı soğutma	20
Şekil 5.3. Faz değiştiren malzeme (PCM) ile soğutma	21
Şekil 5.4. Dairesel Pamuk fitilli soğutma	21
Şekil 5.5. Doğrusal Pamuk fitilli soğutma	22
Şekil 5.6. Rüzgârla çalışan fanlı soğutma	22
Şekil 5.7. Bacalı soğutma	23
Şekil 5.8. Alt/üst yüzeyden su püskürtmeli soğutma	23
Şekil 5.9. Akışkan dolaşımli soğutma	24
Şekil 5.10. Termosifon tip soğutma	24

Şekil 5.11. Isı borulu soğutma	25
Şekil 5.12. FV/T aktif soğutma	25
Şekil 6.1. CHY21-Multimetre	26
Şekil 6.2. Delta OHM LP-PYRA 02AC Piranometre	27
Şekil 6.3. ORDEL-UDL100 Veri Toplayıcı	27
Şekil 6.4. Dış ortam deney düzeneğinin hazırlanması	28
Şekil 6.5. Dış ortam deneylerinden genel görünüm	29
Şekil 6.6. İç ortam deneylerinde kullanılan FV panelin hazırlanması	30
Şekil 6.7. İç ortam deneylerinden genel görünüm	31
Şekil 7.1. Su soğutmalı dış ortam deney gününe ait verilerin dağılımı	32
Şekil 7.2. Su soğutmalı deney için panel yüzey sıcaklık dağılımı	33
Şekil 7.3. Su soğutmalı deneyin açık gerilim dağılımı	33
Şekil 7.4. Alkol soğutmalı dış ortam deney gününe ait verilerin dağılımı	34
Şekil 7.5. Alkol soğutmalı deney için panel yüzey sıcaklık dağılımı	35
Şekil 7.6. Alkol soğutmalı deneyin açık gerilim dağılımı	35
Şekil 7.7. Soğutucu akışkanlara göre FV panel yüzey sıcaklıklarının dağılımı	38
Şekil 7.8. Soğutucu akışkanlara göre üretilen açık gerilim miktarının dağılımı	38
Şekil 7.9. Soğutucu akışkanlara göre üretilen akım miktarının dağılımı	39
Şekil 7.10. Soğutucu akışkanlara göre üretilen güç miktarının dağılımı	39
Şekil 7.11. Ortalama yüzey sıcaklığı	40
Şekil 7.12. Ortalama açık gerilim	40
Şekil 7.13. Ortalama akım	41
Şekil 7.14. Ortalama güç	41

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1. Yenilenebilir Enerji Çeşitleri ve Kaynakları	4
Çizelge 6.1. Dış ortam deneylerinde kullanılan FV panelin özellikleri	28
Çizelge 6.2. İç ortam deneylerinde kullanılan FV panelin özellikleri	29
Çizelge 7.1. Su soğutmalı dış ortam deneyine ait değerler	36
Çizelge 7.2. Alkol soğutmalı dış ortam deneyine ait değerler	36
Çizelge 7.3. Soğutucu akışkanlara göre panel yüzey sıcaklık (°C) değerleri	42
Çizelge 7.4. Soğutucu akışkanlara göre üretilen açık gerilim (V) değerleri	42
Çizelge 7.5. Soğutucu akışkanlara göre üretilen akım (mA) değerleri	43
Çizelge 7.6. Soğutucu akışkanlara göre üretilen güç (W) değerleri	43

1. GİRİŞ

Günümüzde gelişen teknoloji ile beraber artan enerji ihtiyacını karşılamada mevcut kaynakların yetersiz kalmasından dolayı alternatif enerji kaynaklarına (Güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, biyokütle, hidrojen vb.) yönelik yapılan araştırma ve geliştirme çalışmalarını hızlandırmıştır.

Fosil kaynaklı enerji üretimi ve tüketimi, küresel ısınma ve ekolojik dengenin bozulması gibi doğada onarılması imkansız zararlara yol açmış ve açmaya devam etmektedir. Çevre kirliliğine ve iklim değişikliğine neden olan fosil kaynaklı enerji üretim ve tüketim sistemlerinin yerine, çevresel etkileri daha az olan sürdürülebilir ve yenilenebilir özelliği olan enerji kaynaklarını kullanmak zorunlu hâle gelmiştir.

Çevre ile uyumlu yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi, fotovoltaik paneller aracılığı ile elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Fotovoltaik paneller, üzerine güneş ışığı düştüğünde güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletken malzemelerdir. Yarı iletken malzemeler fotovoltaik etki prensibine göre çalışırlar.

Fotovoltaik etkinin saptanması ile ilgili bilinen ilk çalışma Fransız fizikçi Alexandre-Edmond Becquerel tarafından 1839 yılında yapılmıştır. Aradan geçen süre zarfında farklı bilim insanları tarafından değişik çalışmalar yapılmış olup 1883 yılında Charles Frits %1 verimli fotovoltaik hücreyi geliştirmiştir. Farklı çalışmalar neticesinde günümüzde elektrik üretiminde kullanılan Fotovoltaik paneller üretilmiş olmasına rağmen, elektrik üretiminde kullanılan panellerin verimlerinin istenilen seviyeye getirilememiştir. Fotovoltaik panellerin verimlerini artırmak için yapılan araştırma ve geliştirme çalışmaları devam etmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisinden elektrik üretimi yapılırken, fotovoltaik modülün verimini düşüren pek çok faktör ve parametre bulunmaktadır. Bunlar fotovoltaik modülde kullanılan malzemelerin yapısı, üretim sisteminde kullanılan parçalar ve çevresel etkenler olarak sıralanabilir. Fotovoltaik modülün verimini düşüren çevresel etkenlerden dış ortam sıcaklığı, fotovoltaik panel yüzeyinin soğutulmasında yetersiz kalmasından dolayı hücre sıcaklığının artmasına ve verimin düşmesine neden olmaktadır. Verim düşüşünü azaltmak için fotovoltaik paneller üzerinde genel olarak aktif ve pasif olmak üzere iki şekilde soğutma uygulanabilir.

Bu çalışmada fotovoltaik panel soğutma yöntemlerinden pasif soğutma yöntemi tercih edilmiş olup, yapılan kapalı sistem soğutucunun fotovoltaik panellerin verimine etkisi incelenmiştir.

2. KURAMSAL BİLGİLER

2.1. Enerji

Enerji, kısaca iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Genel anlamda ise, bir sisteme eklendiğinde ya da çıkartıldığında sistem parametrelerinin herhangi birini değiştiren etken olarak tanımlanmaktadır.

Enerji çeşitleri; mekanik enerji, elektrik enerjisi, elektromanyetik enerji, kimyasal enerji, nükleer enerji, termal enerji olarak sınıflandırmak mümkündür. Bu enerji çeşitleri şu şekilde tanımlanabilir.

2.1.1. Mekanik Enerji

Potansiyel ve kinetik enerji olmak üzere iki türden oluşmaktadır.

- Potansiyel enerji; maddenin konumundan dolayı sahip olduğu enerjidir.
- Kinetik enerji; maddenin hareketinden dolayı sahip olduğu enerjidir.

2.1.2. Elektrik Enerjisi

Elektronların akışına bağlı olarak ortaya çıkan bir enerji çeşididir. Elektrik enerjisi elektronların iletken boyunca akışı şeklindedir.

Elektrik enerjisi indüksiyon veya elektrostatik alan enerjisi şeklinde bulunabilir. Birincisinde, elektronların bir indüksiyon bobininden akışı ile manyetik alan oluşturma şeklinde ikincisinde, elektronlar bir kapasitörün plakaları üzerinde toplanırken, elektromanyetik alan enerjisi oluşturulur. Elektrik enerjisi de mekanik enerji gibi diğer enerji şekillerine etkin olarak dönüştürülebilen yararlı bir enerji türüdür.

2.1.3. Elektromanyetik Enerji

Elektromanyetik radyasyonun meydana getirdiği bir enerji çeşididir. Kütleden bağımsız olarak hareket ettiği için ışık hızıyla hareket eden tek enerji şeklidir.

2.1.4. Kimyasal Enerji

Birden fazla atomun veya molekülün daha kararlı bir yapıya geçmek için elektron alış veriş sonucundaki enerji değişimine kimyasal enerji denir.

2.1.5. Nükleer Enerji

Atom  ekirdeindeki etkileşimler sonucu yüksek miktarda açığa çıkan enerjiye nükleer enerji denir.

2.1.6. Termal Enerji

Atomik veya moleküler titreşim sonucu ortaya çıkan bir enerji çeşididir. (Girgin, 2011)



3. YENİLENEBİLİR ENERJİ

3.1. Yenilenebilir Enerji Kavramı

Yenilenebilir enerji doğal kaynaklardan elde edilebilen ve kendini yenileyebilen bir enerji kaynağıdır. Yenilenebilir enerjinin karbon emisyon değerleri çok düşük olduğu için çevre dostu bir enerji kaynağıdır.

Yenilenebilir enerji kaynakları başlıca güneş, rüzgar, jeotermal, hidrolik, biyokütle, dalga ve hidrojen enerjileri olarak gruplandırılmaktadır. Güneş bu enerji çeşitlerinin büyük bir bölümünün ana kaynağıdır. Aşağıdaki çizelgede yenilenebilir enerji çeşitleri ve bunların kaynakları listelenmiştir.

Çizelge 3.1. Yenilenebilir enerji çeşitleri ve kaynakları.

No	Yenilenebilir Enerji Çeşitleri	Enerjinin Kaynağı
1	Güneş Enerjisi	Güneş
2	Rüzgar Enerjisi	Rüzgar
3	Jeotermal Enerji	Yer Altı Suları
4	Hidrolik Enerji	Nehir ve Akarsular
5	Biyokütle Enerjisi	Biyolojik Atıklar
6	Dalga Enerjisi	Okyanus ve Denizler
7	Hidrojen Enerjisi	Su ve Hidroksitler

3.1.1. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi dünyanın en önemli enerji kaynağı olup yer ve atmosferdeki birçok fiziksel olayın oluşmasında etkilidir. Ülkemiz için de potansiyeli fazla olan yenilenebilir bir enerji kaynağıdır (Megep Yenilenebilir Enerji Kaynakları I, 2011). Geçmişte olduğu gibi günümüzde de insanlar güneşten en iyi şekilde faydalanma yoluna gitmektedirler.

3.1.2. Rüzgar Enerjisi

Rüzgar enerjisi yenilenebilir bir enerji olup kaynağı güneştir. Güneşin, yer yüzeyini ve atmosferi homojen ısıtmamasının bir sonucu olarak ortaya çıkan sıcaklık ve basınç farkından dolayı hava akımı oluşur. Bir hava kütlesi mevcut durumundan daha fazla ısınırsa atmosferin yukarısına doğru yükselir ve bu hava kütlesinin yükselmesiyle boşalan yere aynı hacimdeki soğuk hava kütlesi yerleşir.

Bu hava kütlelerinin yer değiştirme işlemine rüzgar adı verilmektedir. İlk zamanlarda yel değirmenleri ile tarımsal ürünleri öğütmek ve su pompalamak için kullanılan bu sistem daha sonra yerini elektrik üretimi için rüzgar türbinlerine bırakmıştır (YEGM, 2019).

3.1.3. Jeotermal Enerjisi

Jeotermal enerji, yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş basınç altındaki çeşitli kimyasallar içeren sıcak su, buhar ya da gaz hâlindeki ısı enerjisidir (Megep Yenilenebilir Enerji Kaynakları I, 2011). Jeotermal enerjinin kaynağı yer kabuğunun içi olup güneşten bağımsız olduğu için diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından farklı olup temiz bir enerji kaynağıdır. Jeotermal enerji bu yönüyle iklim koşullarından bağımsız olarak günün her saatinde kullanılabilen yenilenebilir enerji kaynağıdır.

Jeotermal enerji kullanımı elektrik üretiminin yanı sıra soğutmada (deri, süt vb.), ısıtmada (konut, şehir vb.), sağık (kaplıca turizmi) ve endüstri sektöründe kullanım alanları bulunmaktadır (Yıldırım, 2016).

3.1.4. Hidrolik Enerjisi

Hidrolik enerji, belirli bir yükseklikten akan suyun kinetik ve potansiyel enerjisinin bir türbin üzerinde önce mekanik enerjiye dönüştürölmesi ve türbin miline bağılı bulunan jenetörün döndürölmesi ile elde edilen enerjiye hidrolik enerjisi denir.

3.1.5. Biyokütle Enerjisi

Organik maddelerden çeşitli yollarla elde edilen enerjiye, biyokütle enerjisi denir. Karbonhidrat bileşiklerini içeren bitkisel ve hayvansal kökenli maddeler biyokütle enerjisini oluşturur. Tarımsal ve hayvansal kökenli olduğu için yenilenebilir, yerli ve çevre dostu bir enerji kaynağıdır (Megep Yenilenebilir Enerji Kaynakları II, 2011).

3.1.6. Dalga Enerjisi

Rüzgarın deniz ve okyanus yüzeylerinde hareketi sonucunda su yüzeyinin yukarı ve aşağıya doğıru hareketi ile dalgaları oluşturur. Dalgaların hareketinden elde edilen enerjiye dalga enerjisi denir.

3.1.7. Hidrojen Enerjisi

Evrenin en basit ve en çok bulunan elementi olup, renksiz, kokusuz, havadan 14.4 kez daha hafif ve tamamen zehirsiz bir gazdır. Güneş ve diğer yıldızların termonükleer tepkime sonucu vermiş olduğu ısının yakıtı hidrojen olup, evrenin temel enerji kaynağıdır.

Hidrojen bilinen tüm yakıtlar içerisinde birim kütle başına en yüksek enerji içeriğine sahiptir. Hidrojen doğada serbest halde bulunmaz, bileşikler halinde bulunur. En çok bilinen bileşiği ise sudur. Isı ve patlama enerjisi gerektiren her alanda kullanımı temiz ve kolay olan hidrojenin yakıt olarak kullanıldığı enerji sistemlerinde, atmosfere atılan ürün sadece su ve/veya su buharı dışında çevreyi kirletici ve sera etkisini artırıcı hiçbir gaz ve zararlı kimyasal madde üretimi söz konusu değildir (YEGM, 2019).

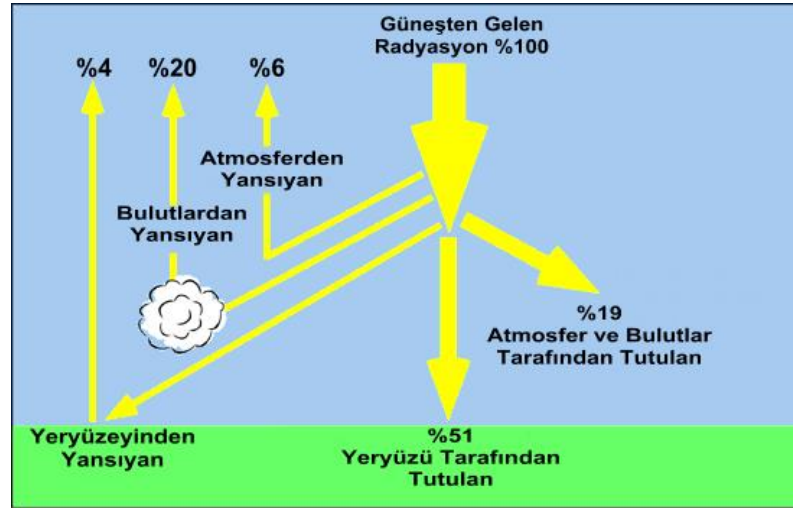
3.2. Güneş Enerjisi

Dünyamızın temel enerji kaynağı olan güneş, 1.391.000 km çapında (Dünya çapının yaklaşık 110 katı) yoğun sıcak gazlar içeren bir küredir, kütlesi 2×10^{30} kg'dır. Dünya kütlesinin yaklaşık 330.000 katıdır. Yüzey ısısı 5777 °K'dir. Bu sıcaklık merkeze doğru 4×10^6 ile 8×10^6 °K arasında değişim gösterir (Soylu, 2019).

Güneş çekirdeğinde, yüksek sıcaklık ve basınç altında meydana gelen füzyon reaksiyonlar ile hidrojen elementi helyum elementine dönüşmekte, bu dönüşüm sonucunda büyük bir enerji ortaya çıkmaktadır. Güneş'te meydana gelen çekirdek tepkimeleri ile her saniye yaklaşık dört milyon ton kütle enerjiye dönüşüyor. Toplam kütlesi yaklaşık 2×10^{30} kilogram olan Güneş'in yaklaşık 5 milyar yıl daha bu şekilde enerji üretmeye devam edeceği düşünülüyor. Bu yönüyle Güneşin, insanlık için tükenmez bir enerji kaynağı olduğu belirtilmektedir (Anonim, 2019).

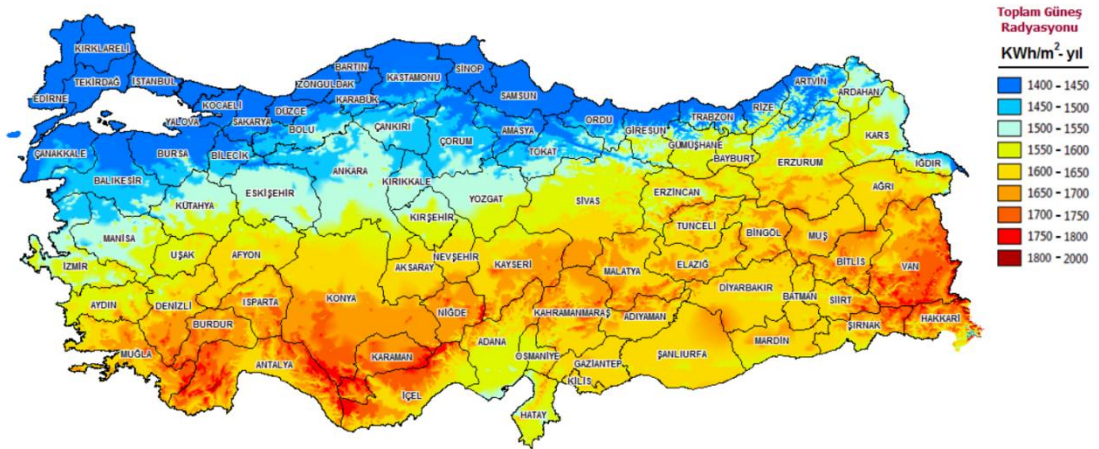
Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde meydana gelen füzyon olayı ile hidrojen gazının helyuma dönüşmesi sonucu açığa çıkan ısıma enerjisidir. Dünya atmosferinin dışında güneş enerjisinin şiddeti, yaklaşık olarak 1370 W/m^2 değerindedir. Yeryüzüne ulaşan miktarı atmosferden dolayı $0-1100 \text{ W/m}^2$ değerleri arasında değişim gösterir (YEGM, 2019).

Güneş ışınımının %30 kadarı dünya atmosferinden geriye yansır, yaklaşık %51'i atmosferden geçerek yeryüzüne ulaşır. %19'ü atmosfer ve bulutlar tarafından yutulur. Şekil 3.1'de güneş ışınlarının atmosfer içerisindeki yansıma oranları görülmektedir (Kızıllan, 2017).



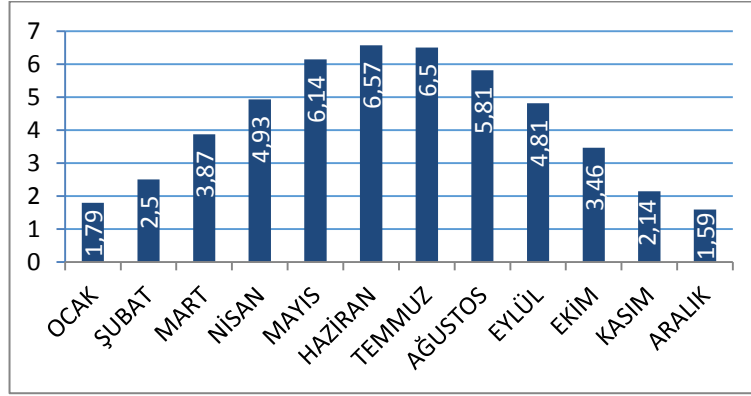
Şekil 3.1. Güneşten gelen ışınların dağılımı (Anonim, 2019)

Ülkemiz konum itibarı ile güneş enerjisi potansiyeli açısından oldukça zengindir. Yenilenebilir enerji kaynakları açısından Türkiye’de en fazla potansiyeli olan kaynak türü güneştir. Ülkemizin yıllık ortalama güneşlenme süresi 2741 saat bir başka ifadeyle günlük ortalama 7.5 saattir (YEGM, 2019).

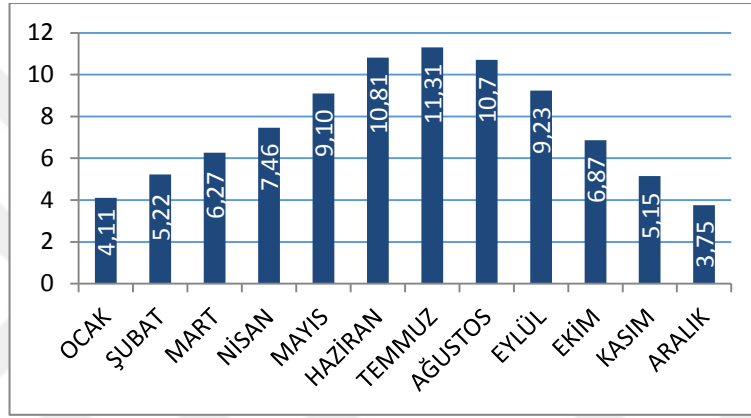


Şekil 3.2. Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası (Anonim, 2019)

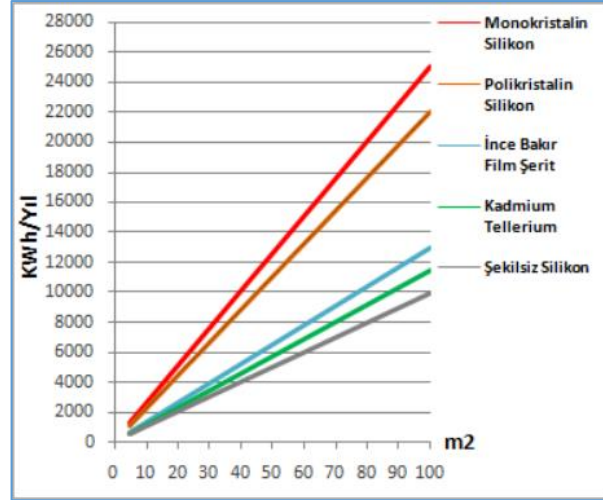
Şekil 3.2’ye göre Türkiye’nin kuzey kısımları haricinde oldukça yoğun bir güneş enerjisi potansiyeli gözlemlenmektedir. Sarı renkten kırmızıya dönen bölgeler ise güneş ışınlarının en verimli geldiği ve enerji potansiyelinin yüksek olduğu bölgelerdir.



Şekil 3.3. Türkiye global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün) (Anonim, 2019)



Şekil 3.4. Türkiye güneşlenme süreleri (Saat) (Anonim, 2019)



Şekil 3.5. Türkiye FV tipi-alan-üretilebilecek enerji (kWh-Yıl) (Anonim, 2019)

Şekil 3.3' te Türkiye global radyasyon değerlerinin aylara göre dağılımı, Şekil 3.4'te Güneşlenme sürelerinin aylara göre dağılımı ve Şekil 3.5' te metre kare başına yıllık kWh değerlerinin panellere göre dağılımı verilmiştir.

4. GÜNEŞ ENERJİSİ UYGULAMALARI VE FOTOVOLTAİK PANELLER

4.1. Güneş Enerjisi Uygulamaları

Güneş enerjisi temel olarak iki amaç için kullanılmaktadır. Bunlardan ilki güneş enerjisini kullanarak ısı elde edilmesi, ikincisi ise güneş enerjisini kullanarak fotovoltaik paneller aracılığı ile elektrik üretimi yapmaktır. Bu iki amaç için farklı teknolojiler kullanılmakta ve kullanılan teknolojilerin verimliliklerini artırmak için çalışmalar devam etmektedir.

4.2. Fotovoltaik Güneş Panelleri

Güneş hücreleri, yüzeylerine ulaşan güneş enerjisini (ışınımını) doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarıiletken maddelerdir.

Güneş hücreleri fotovoltaik ilkeye dayalı olarak çalışırlar, yani üzerlerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Hareketli bir parçası olmadığından bakım giderleri az ömürleri uzundur (YEGM, 2019).

Fotovoltaik panelin hücre yapısına bağlı olarak verimi %5 ile %30 arasında değişmektedir. Güç çıkışını artırmak için güneş hücreleri paralel ya da seri bağlanması gerekmektedir. Elde edilen bu yapıya güneş hücresi modülü ya da fotovoltaik modül denir. Güneş panellerinin çıkışından doğru akım elde edilir.

4.2.1. Fotovoltaik Hücrelerinin Yapımında Kullanılan Malzemeler

Fotovoltaik hücreler pek çok farklı malzemeden üretilebilir. Hali hazırda en yaygın kullanılan malzeme tipleri aşağıdaki gibidir:

4.2.1.1. Kristal Silisyum

150-200 mikron kalınlıkta ince tabakalar şeklinde imal edilen tek kristal silisyumdan üretilir. Bu tip malzemelerin verimi laboratuvar şartlarında %18 iken ticari modüllerde ise %14'dür (YEGM, 2019).

4.2.1.2. Galyum Arsenit (GaAs)

Laboratuvar ortamında %25 ve %28 arası verime sahiptir. Diğer yarıiletkenlerin karışımı ile elde edilen çok eklemlı GaAs pillerden ise verim %30'a kadar çıkmaktadır (Radziemska, 2003).

4.2.1.3. Amorf Silisyum

Kristal yapı özelliği olmayan bu Si pillerinden %10, ticari modüllerinde ise %5-7 civarın verim elde edilir (Erkul, 2010).

4.2.1.4. Kadmiyum Tellürid (CdTe)

Kristal yapıya sahip bir malzeme olup laboratuvar ortamındaki verimi %16, ticari modüller de ise %7 civarındadır (Erkul, 2010).

4.2.1.5. Bakır İndiyum Diselenid (CuInSe₂)

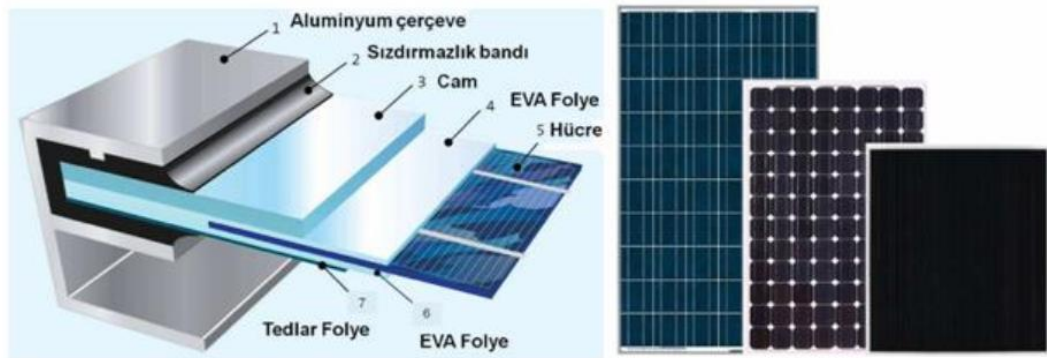
Kristal hücre laboratuvar ortamındaki verimi %17.7, enerji üretimi için geliştirilen prototip modülde ise %10.2'dir (Erkul, 2010).

4.2.1.6. Optik Yoğunlaştırıcılı Hücreler

Gelen ışınım miktarını 10-500 kat oranında yoğunlaştıran mercekli ya da yansıtıcı araçlar kullanılır. Bu tip modüllerin verimi %20'nin, hücre verimi ise %30'un üzerine çıkılabilmektedir. Kullanılan yoğunlaştırıcı malzemeler basit ve ucuz plastikten ya da camdan üretilmektedir (YEGM, 2019).

4.2.1.7. Son Yıllarda Üzerinde Çalışılan Güneş Pilleri

Ticarileşmiş Si güneş hücrelerinin yerine, verimleri aynı fakat daha düşük maliyet ile güneş hücresi üretimi yapabilecek teknolojiler üzerine yapılan çalışmalara ağırlık verilmektedir. Bunlar; fotoelektrokimyasal çok kristalli Titanyum Dioksit hücreler, polimer yapılı Plastik hücreler ve güneş spektrumunun çeşitli dalga boylarına uyum sağlayacak şekilde üretilen enerji bant aralığına sahip Kuantum güneş hücreleri gibi yeni teknolojilerdir (YEGM, 2019).



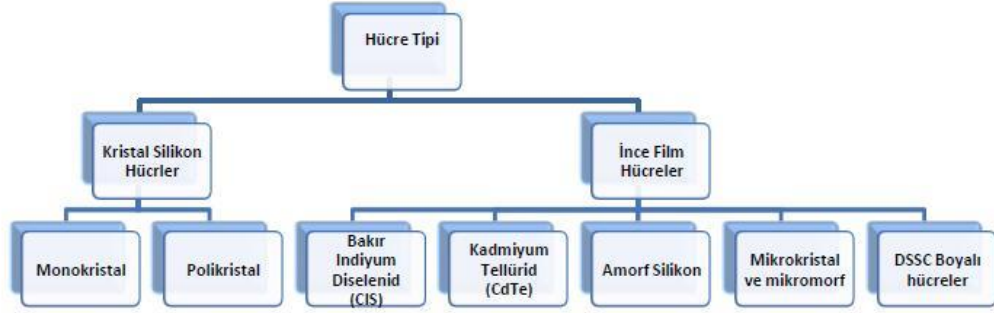
Şekil 4.1. Fotovoltaik hücrenin yapısı

Şekil 4.1’de fotovoltaik hücrenin yapısı görülmektedir. Laboratuvarlar da ulaşılan en yüksek hücre verimleri 1 cm^2 ’lik hücre alanı için aşağıdaki gibidir:

- Kristal güneş hücresi için: %24.5
- Polikristal : %19.8
- Amorf : %12.7
- Çok Katlı Güneş Hücreleri : %40

4.2.2. Fotovoltaik Hücre Tipleri

Fotovoltaik hücreler temel olarak kristal silikon hücreler (C-Si) ve ince film hücreler şeklinde ikiye ayrılır. Şekil 4.2’de fotovoltaik hücre tipleri sınıflandırılmıştır. Günlük hayatta kristal silikon hücreler yaklaşık % 93 pazar payına sahiptir. İnce film teknolojisi üzerinde yapılan çalışmalarda ilerleme kaydedilmiş olup, pazar payı hızla artmaktadır (Girgin, 2011).



Şekil 4.2. Fotovoltaik hücre tipleri

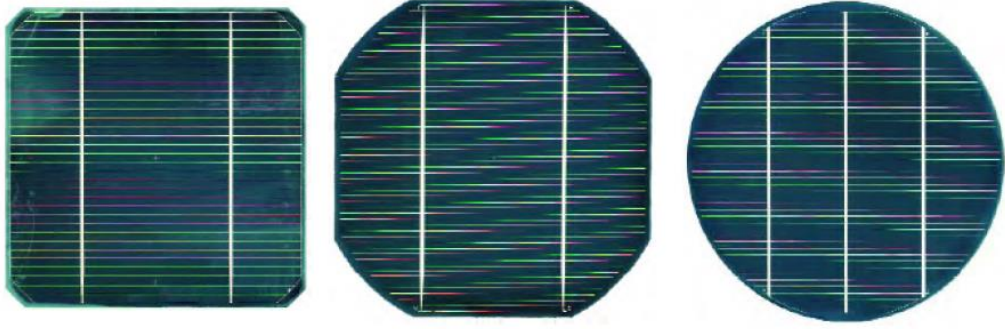
4.2.2.1. Kristal silikon yapılar

Kristal silikon yapıları hücrelerin en önemli ham maddesi silisyumdur. Silisyum oksijenden sonra yeryüzünde en çok bulunan bir elementtir. Kristal hücreler kendi aralarında monokristal ve polikristal olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (Girgin, 2011).

4.2.2.2. Monokristal Güneş Hücreleri

En eski ve en pahalı üretim tekniğine sahip olmasına rağmen, halen en yüksek verimlilik değeriyle sahip hücredir. Verimliliği ortalama %15 - %18 arasındadır. Son yıllarda ticarileşmiş tiplerinde %22 - %24.5 verimlilik değerlerine ulaşılmıştır.

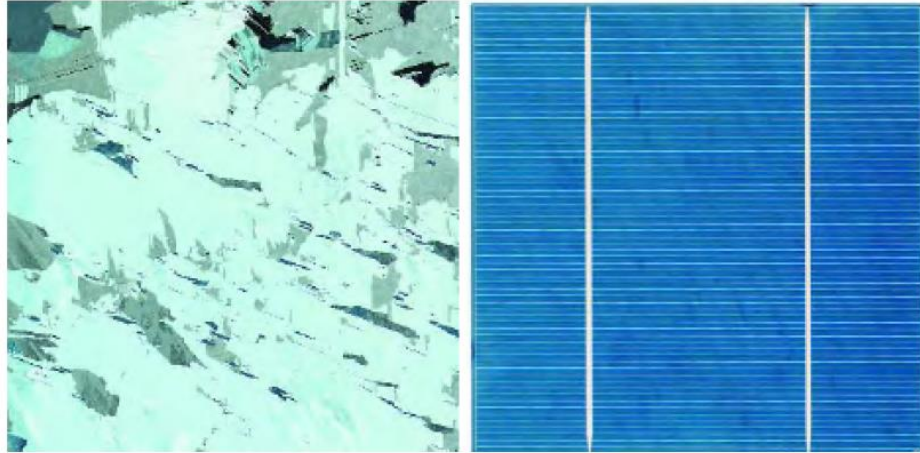
Monokristal hücreler 4 inç, 5 inç ve 6 inç gibi boyutlara sahip olabilirler. Ayrıca dairesel, kare ve yarı köşeli şeklinde olabilir. Şekil 4.3’te değişik monokristal hücreler gösterilmektedir (Girgin, 2011).



Şekil 4.3. Monokristal hücre örnekleri

4.2.2.3. Polikristal Güneş Hücreleri

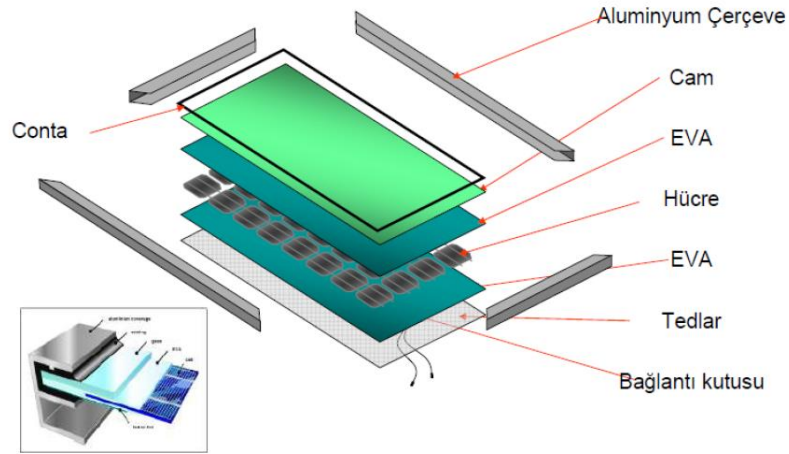
Çok kristalli (Polikristal) silisyum hücreleri genellikle dökme yöntemi ile üretilir. Polikristal hücrelerde, verimlilik %14 - %17 civarındadır. Monokristal hücrelerdeki gibi hassasiyet gerektirmediği için üretim maliyetleri daha düşüktür. Yansımayı engelleyen anti reflektif kaplamadan dolayı rengi mavi iken kaplamasız hücre gümüş rengindedir. Şekil 4.4'te kaplamasız ve kaplamalı iki polikristal hücre gösterilmektedir (Girgin, 2011).



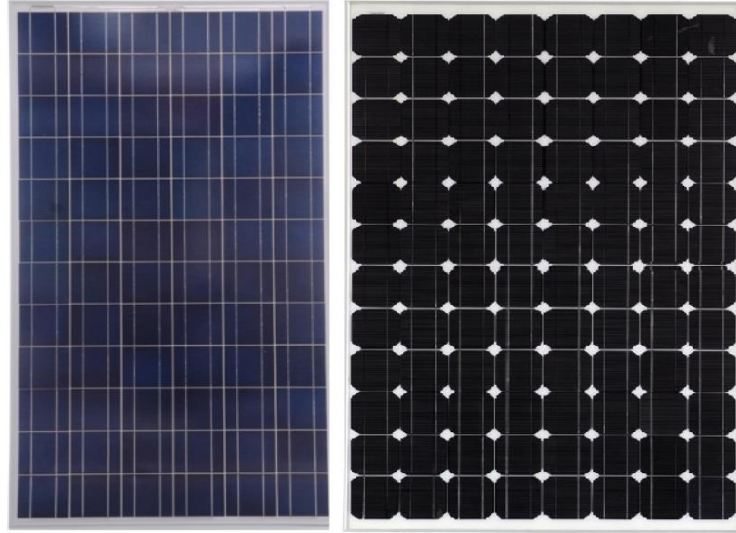
Şekil 4.4. Kaplamasız ve kaplamalı polikristal hücreler

4.2.2.4. Kristal yapıli güneş panelleri

Monokristal ve polikristal hücreler, hücre üretiminin ardından birbirlerine seri veya paralel bağlanarak monokristal ve polikristal güneş panellerini oluşturmaktadırlar. Şekil 4.5'te bir kristal tabanlı güneş panelinin katmanları görülürken, Şekil 4.6'da ise sırasıyla bitmiş halde polikristal ve monokristal güneş panelleri görülmektedir (Girgin, 2011).



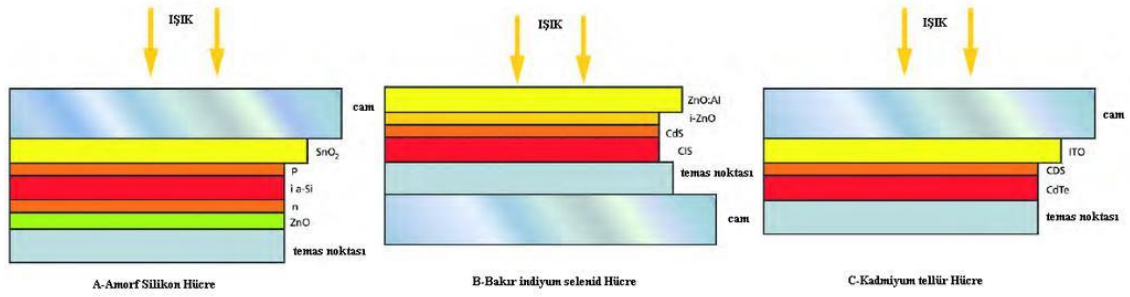
Şekil 4.5. Kristal tabanlı güneş paneli yapısı



Şekil 4.6. Polikristal ve monokristal güneş paneli

4.2.2.5. İnce Film Güneş Panelleri

1990 yılından itibaren yarı iletken malzemelerin cam ve benzeri geniş yüzeyler üzerine ince film şeklinde kaplama yöntemi ortaya çıkmıştır. Güneş hücre üretimindeki bu yeni teknoloji ile farklı karakteristik özelliklere sahip hücrelerin üretilmesinin önü açılmıştır. Yarı iletken malzemelerin cam, metal ve plastik folyo gibi malzemelerin geniş yüzeylerine daha düşük maliyet ile kaplanabileceği görülmüştür. İnce film fotovoltaiik malzeme genellikle çok kristalli malzemelerden oluşmaktadır. Şekil 4.7’de değişik ince film güneş panellerinin hücre katmanları gözlemlenmektedir.



Şekil 4.7. Değişik ince film hücre katmanları

Silikon yarı iletken malzemelerin en büyük sorunlarından birisi sıcaklık artışına bağlı olarak verimin düşmesidir. Bu durum ince film güneş panellerinde nispeten daha azdır. Bu anlamda ince film güneş panellerinin yıl boyunca sıcaklık ortalamalarının fazla olduğu coğrafyalarda tercih sebebi olmaya başladıkları görülmektedir. Şekil 4.8’de sırasıyla amorf silikon, kadmiyum tellür ve mikromorf ince film güneş panelleri gösterilmektedir (Girgin, 2011).



Şekil 4.8. İnce film güneş panelleri

4.2.2.6. Diğer teknolojiler

Güneş enerjisi endüstrisinde araştırma geliştirme çalışmaları devam etmektedir. Kristal silikon hücrelere alternatif olarak ince film teknolojisinin geliştirilmesi sonrasında, üçüncü nesil olarak adlandırılan yeni nesil hücre araştırmalarında önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Bu çalışmaların amacı geleneksel metotlarla üretilen hücrelerin maliyetlerini aşağı çekerken hücre verimini arttırmaktır. Yapılan çalışmalar neticesinde mikromorf tandem ve HIT (Saf ince katman ile farklı bağlantı) tipi yeni nesil hücreler olarak karşımıza çıkmaktadır.

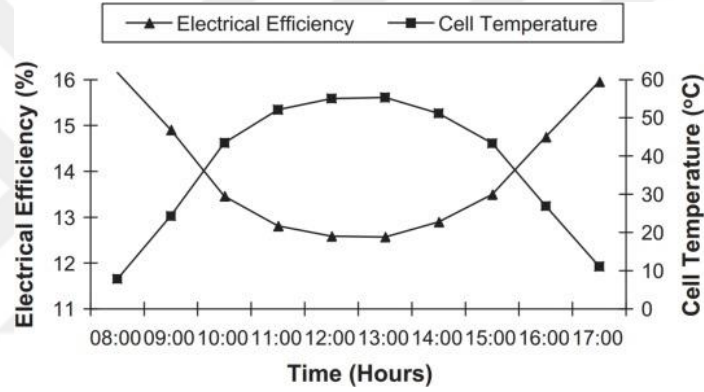
HIT güneş hücreleri, geleneksel kristal ve ince film güneş hücrelerinin birleşiminden meydana gelmektedir. HIT terimi bu melez hücreye verilen İngilizce adın kısaltılmış halidir. Kristal hücrelere göre HIT hücrelerinin sıcaklıktan kaynaklanan verim kayıpları daha azdır. Ayrıca üretim esnasında daha az enerji ve ham madde sarfıyatı olmaktadır.

Tandem güneş paneli ise güneş ışınını daha fazla soğurabilmek için farklı enerji aralığına sahip birden fazla güneş panelinin üst üste eklenmesiyle meydana gelmektedir. Böylece gelen ışınım spektrumuna daha duyarlı bir yapı oluşmakta ve geleneksel güneş hücrelerine göre daha fazla ışın absorbe edebilmektedir (Girgin, 2011).



5. FOTOVOLTAİK PANELLERDE SOĞUTMA TEKNİKLERİ

İşletilen her sistem gibi fotovoltaik panelin (FV) de verimli bir şekilde çalışması istenen bir durumdur. Fotovoltaik panelin verimini düşürebilen birçok etmen bulunmaktadır. Bunlardan birisi de dış ortam sıcaklığıdır (Idoko vd, 2018). Şekil 5.1’de fotovoltaik modülünü oluşturan hücrelerin sıcaklığının verime etkisi görülmektedir. Fotovoltaik hücresi yüzeyine ulaşan güneş radyasyonunun bir kısmı hücre sıcaklığını arttırarak termal enerjiye dönüşür. Sonuç olarak fotovoltaik hücre yüzey sıcaklığının artması ile fotovoltaik panelin çalışma sıcaklığı da artar ve %15 civarında olan dönüşüm verimliliğinin daha da azalmasına sebep olur.



Şekil 5.1. Hücre sıcaklığının verime etkisi (Bahaidarah vd, 2016)

Fotovoltaik panellerin performansını doğrudan etkileyebilen hücre sıcaklığının dış ortam sıcaklığı ile doğal şartlarda yeterince düşürülemediği durumlarda, fotovoltaik panel verimini yükseltmek için farklı çözüm önerilerinin geliştirilmesi gerekmektedir (Bahaidarah vd, 2016). Genel olarak aktif veya pasif şeklinde sınıflandırılabilen soğutma metotları ile hücre yüzeyinin sıcaklığının düşürülmesi ve fotovoltaik panelin performansının artırılması sağlanabilir (Sudhakar vd, 2017).

5.1. Literatür Taraması

Literatür incelendiğinde fotovoltaik panellerin soğutularak performansının artırılmasına yönelik birçok çalışmanın olduğu görülmüştür. Son yıllarda yapılan ve özellikle soğutma tekniklerinin sınıflandırılmasına yardımcı olabilecek bazı çalışmalar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

A.M. Elbreki vd. bu çalışmada (2017), FV modül sıcaklığını düşürmeye yönelik yapılan çalışmaları incelemişlerdir. Aktif soğutma yöntemlerinin daha etkili olduğu anlaşılmıştır. Ancak kullanılan malzeme tipleri, yatırım maliyeti ve maliyet etkenliği düşünüldüğünde pasif yöntemlerin pratik uygulanabileceği belirtilmiştir ve pasif soğutma teknikleri özetlenmiştir.

Bin Zhao ve arkadaşları (2018), Güneş pillerinin radyatif soğutma yöntemiyle soğutulması üzerine yapılan araştırmalar büyük ilgi görmektedir. Araştırmalara göre radyatif soğutma ile FV yüzeyinde 10°C'nin üzerinde soğutma sağlanabilmektedir. Radyatif soğutma tekniğinin ticari FV modül üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Sonuçta radyatif soğutmanın ticari FV üzerinde çok etkili olmadığı ve soğutma potansiyelinin düşük olduğu belirtilmiştir.

Bu çalışmada Rok Stropnik ve Uros Stritih (2016), fotovoltaik (FV) panelin elektriksel verimliliğini ve güç çıkışını artırmak için bir faz değiştiren malzemesini (PCM) kullanarak nasıl artırılabilirliğini araştırmışlardır. Deney sonuçlarında, PCM'siz FV panelin yüzeyindeki maksimum sıcaklık farkının, bir günlük sürede PCM'li bir panelden 35.6°C daha yüksek olduğunu görmüşler. Deneylerin yapıldığı Ljubljana şehri için FV-PCM panelinin elektrik üretiminin bir yıllık süre içinde % 7.3 daha yüksek olduğunu anlaşılmıştır.

Filip Grubisic-Cabo ve arkadaşları (2017), fotovoltaik panelin (FV) yüzey sıcaklığını azaltmak ve verimliliğini artırmak için basit bir pasif hava soğutucu tasarımı yapmışlardır. Tasarımlardan birisi düz yapılı ve düzgün sıralı olacak şekilde yerleştirilmiş, diğeri ise delikli yapıya sahip ve rastgele yerleştirilmiş alüminyum kanatçıkların kullanıldığı iki tip tasarım kullanılmıştır. Deneyler sonucunda delikli ve rastgele yerleştirilmiş tasarımın daha iyi soğutma sağladığı görülmüştür.

Haitham M.S. Bahaidarah vd. bu çalışmada (2016), düzensiz ve yüksek ışıının şiddetinin FV paneller üzerindeki etkisini incelemişlerdir. FV paneldeki düzensiz ışıının dağılımının hücre sıcaklığını artırdığı ve verimi düşürdüğü görülmüştür. FV sistemlerinde düzenli-dengeli soğutmanın etkisini doğrulamak için, homojen ve homojen olmayan soğutma teknikleri karşılaştırılarak sınıflandırılmıştır.

Hossein Alizadeh ve arkadaşları (2018), iki fazlı ısı transfer mekanizması sayesinde yüksek ısıl performans gösteren kompakt ısı transfer cihazı olan titreşimli ısı borusunu (PHP) bir FV panelde pasif soğutucu olarak kullanmışlardır. FV'ye tek turlu PHP uygulayarak soğutma performansını sayısal olarak incelemişler ve üretilen elektrik gücünde yaklaşık % 18 oranında bir artışın olabileceği gözlemlenmiştir.

Linus Idoko ve arkadaşları yaptıkları bu çalışmada (2018), FV panellerin alt kısmına yerleştirdikleri alüminyum plakalar ve soğuk su ile panelin sıcaklığını 20°C'de sınırlandırmıştır. Yapılan hesaplamalarda soğutma yapılan panelde %3'ün üzerinde verimlilik artışının olduğu ve panelin daha verimli çalıştığı gözlemlenmiştir.

M. Chandrasekar ve arkadaşları (2013), FV üzerinde termal degradasyon olarak bilinen uzun süreli termal gerilme nedeniyle modülde kalıcı bir yapısal hasar meydana getirebilmekte ve aynı zamanda modülün elektrik verimini azaltmaktadır. FV modüldeki bu etkiyi azaltmak için pasif soğutucuda pamuktan bir fitil kullanımının etkisini araştırmışlardır. Pamuklu fitil üzerinden su, alüminyum-oksit/su ve bakır-oksit/su nano çözeltileri soğutucu akışkan olarak karşılaştırılmıştır. FV verimi sırasıyla %9, %9.7 ve %9.5 olarak hesaplanmıştır.

M. Chandrasekar ve T. Senthilkumar (2015), FV modülde pasif soğutucu olarak ısı yayıcı ve pamuklu basit bir sistem geliştirmişlerdir. Görsel muayene için kırmızı renkli suyun kullanıldığı deneylerde maksimum FV modül sıcaklığı 49.2°C'den 43.3°C'ye düşürülmüştür. Böylece elektriksel verimin %14 arttırıldığı gözlemlenmiştir.

M. Hasanuzzaman ve arkadaşları bu çalışmada (2016), fotovoltaik sistemlerin (FV) aktif ve pasif soğutma yapmak için çalışmalarında yüksek verimlilik elde edilen araştırma ve çalışmaları derlemişlerdir. Bu derlemede FV verimliliğinin arttırılması ve FV sistemlerinin kullanım ömürlerini uzatmaya yönelik çalışmalar ön planda tutulmuştur. Sonuç olarak pasif soğutma ile %15.5, aktif soğutma ile %22'ye kadar elektriksel verim artışının sağlanabildiği anlaşılmaktadır.

Mingke Hu ve arkadaşları tarafından (2018), pasif soğutma tekniklerinden radyatif soğutmayı deneysel olarak incelenmiştir. Fotovoltaik – fototermik - radyatif soğutma (FV-PT-RC) toplayıcı olarak adlandırılan bu üç fonksiyonlu modül, gün boyunca elektrik ve ısı üretme ile geceleri soğutma enerjisi toplama yeteneğine sahiptir. Bu teknik ile aynı anda elektrik, ısı ve soğutma enerjisi üretebilen böylece çok işlevli, mevsimsel adaptasyon ve enerji tasarrufu yetenekleri gösteren çekici bir sistem olarak gözlemlenmiştir. Bu üç fonksiyonlu modülün, aydınlatma, pişirme, banyo vb. ihtiyaçlar için yıl boyunca evsel elektrik ve sıcak su sağlayabileceği belirtilmiştir.

S. Nizetic ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada (2017), fotovoltaik paneller (FV'ler) için pasif soğutma tekniklerinin analizini yapmışlardır. FV sistemlerinde pasif soğutma tekniklerinin ekonomik yönü araştırılmıştır. Faz değıştiren malzeme (PCM), hava, akışkan (su, nano parçacıklı akışkan gibi) ve son olarak radyatif soğutma ile pasif soğutma yöntemlerinin ekonomik boyutu incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara ve mevcut teknik çözümlere göre, hem teknik hem de ekonomik açıdan şu anda en uygun pasif soğutma seçeneğinin fotovoltaik panelinin (FV) arka yüzeyine monte edilmiş alüminyum kanatlı hava bazlı soğutma seçeneğinin olduğu anlaşılmıştır.

S. Sargunanathan, A. Elango ve S. Tharves Mohideen bu çalışmada (2016), fotovoltaik panellerin (FV) verimini artırmak için kullanılan soğutma yöntemlerini incelemişlerdir. Konu üzerine yapılan çalışmaları deneysel ve numerik olmak üzere sınıflandırmışlar, ayrıca deneysel çalışmaları da kendi arasında sınıflandırarak detaylandırmışlardır. Derleme şeklindeki çalışma sonucunda aktif soğutma sistemleri ile daha iyi sonuçların elde edildiği görülmüştür.

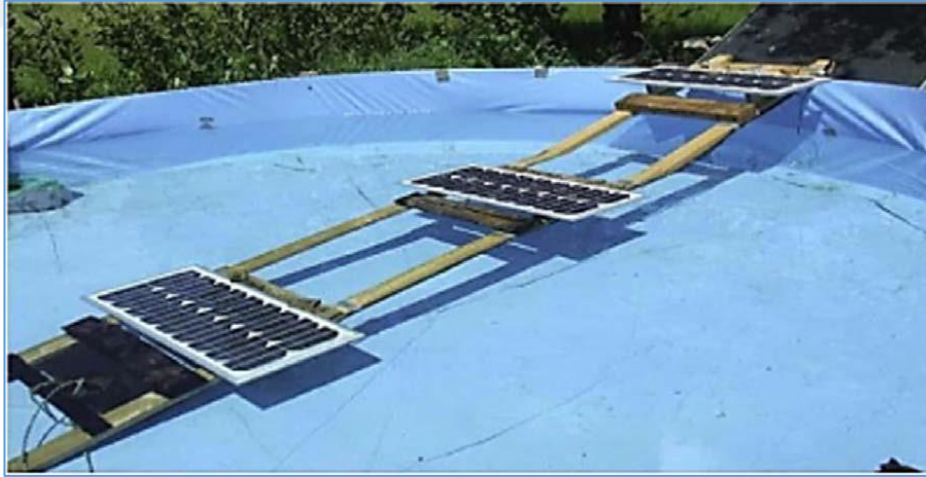
Sohail R. Reddy ve arkadaşları yaptıkları çalışmada (2015), son beş yılda yapılan FV-T sistemleri üzerine yapılan çeşitli soğutma yöntemlerini incelemişler ve özellikle tek fazlı akış bazlı yöntemlerin ısı yönetimi ve verimliliğini araştırmışlardır. Daldırma teknikleri de dâhil ederek doğal, cebri hava ve su soğutma yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak etkili bir soğutma ile FV-T sisteminin etkinliğinin ve verimliliğinin önemli ölçüde artabileceği anlaşılmıştır.

5.2. Soğutma Tekniklerinin Sınıflandırılması

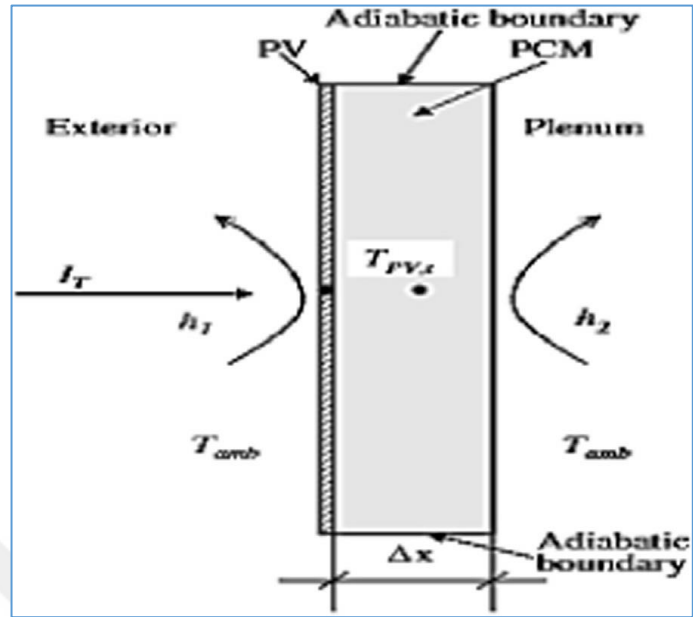
Elbreki vd. yaptıkları bir çalışmada FV panel üzerine uygulanabilen soğutma tekniklerini aktif ve pasif olmak üzere ikiye ayırarak sınıflandırmışlardır. Ar-Ge niteliğindeki çalışmaların incelendiği araştırma sonucunda sadece elektrik üretiminin sağlandığı FV sistemleri ile hem elektrik üretiminin sağlandığı hem de kullanımı için sıcak suyunun hazırlandığı FV/T sistemleri üzerinde uygulanan soğutma yöntemlerini araştırmışlardır (Elbreki vd, 2017). Çalışma sonucu FV üzerinde pasif, FV üzerinde aktif, FV/T üzerinde pasif ve FV/T üzerinde aktif olmak üzere FV panelde uygulanabilen soğutma teknikleri sınıflandırılmıştır.

5.2.1. FV Üzerinde Pasif Soğutma Teknikleri

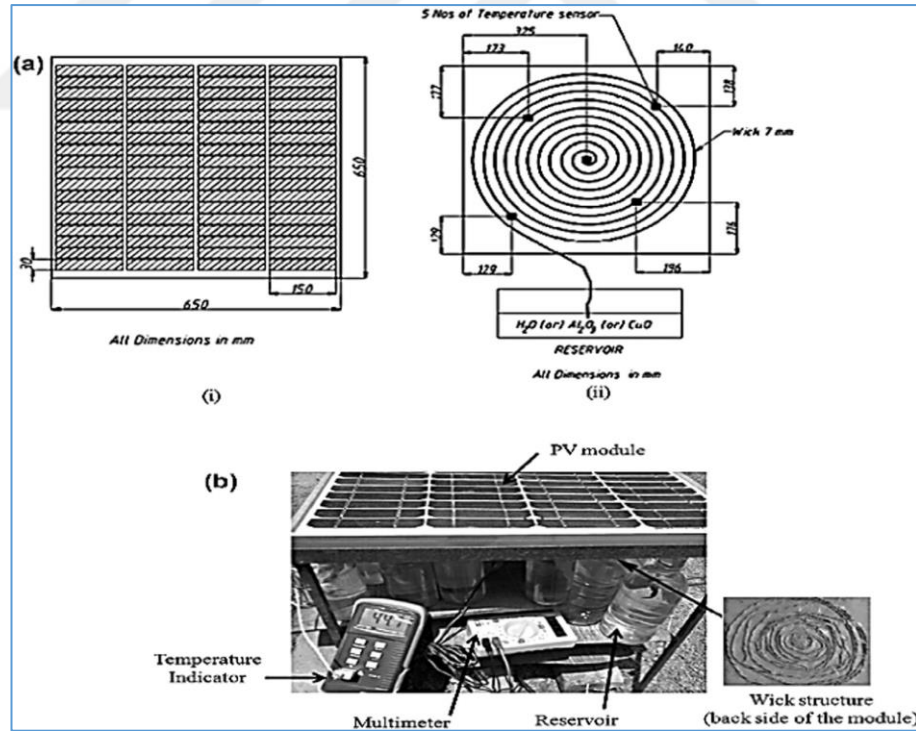
Şekil 5.2’de su içerisine daldırma tekniğine, Şekil 5.3’de faz değiştiren malzeme ile pasif soğutma tekniğine ve Şekil 5.4 ve 5.5’te pamuk fitilli soğutma tekniklerine örnekler görülmektedir.



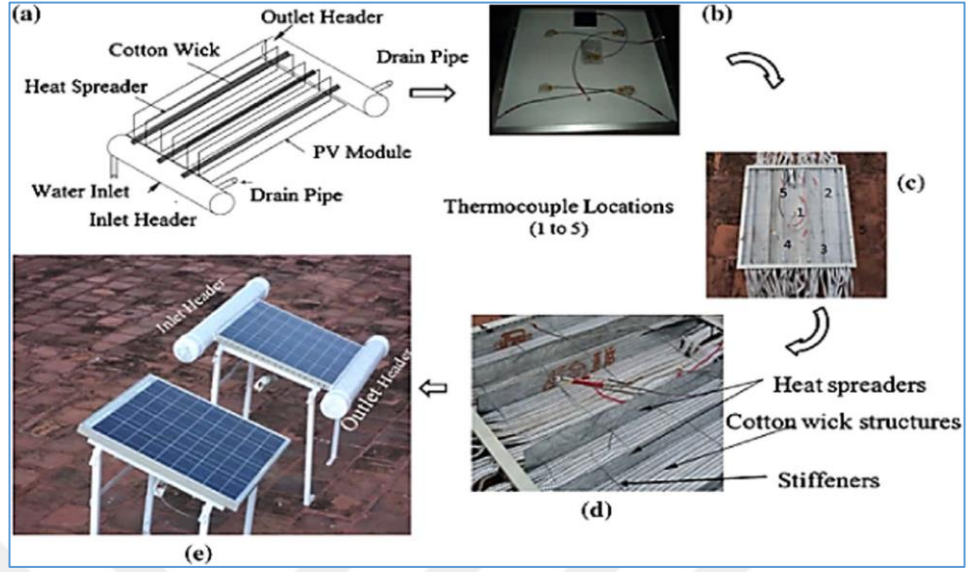
Şekil 5.2. Su içerisine daldırılabilir soğutma (Tina vd, 2012)



Şekil 5.3. Faz değıştiren malzeme (PCM) ile soğutma (Huang vd, 2006)

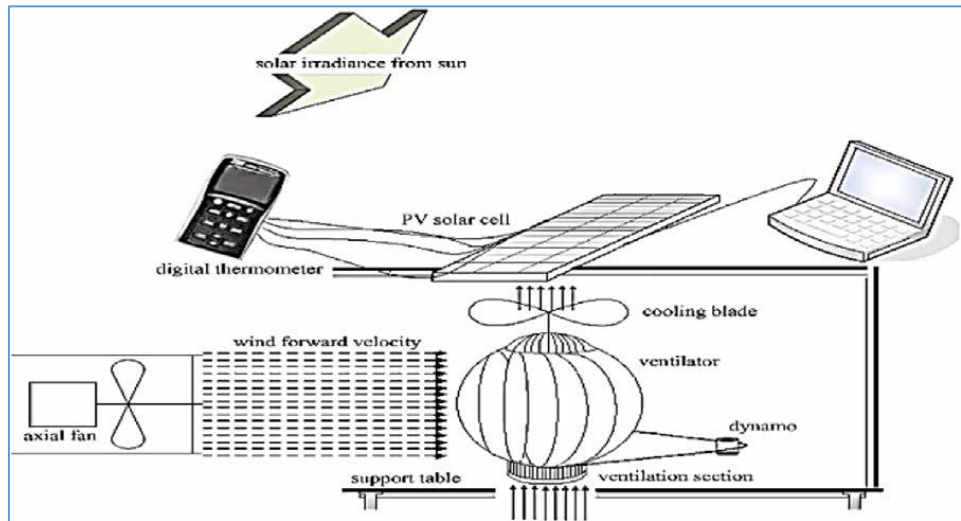


Şekil 5.4. Dairesel Pamuk fitilli soğutma (Chandrasekar vd, 2013)

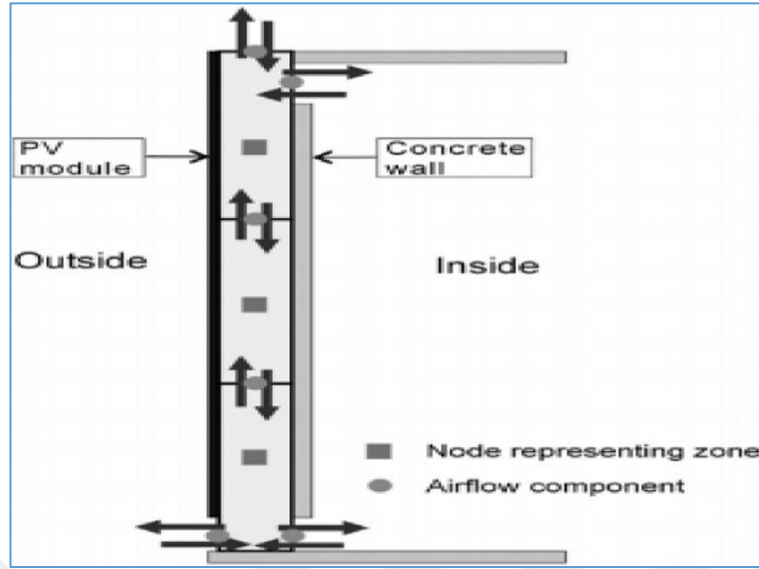


Şekil 5.5. Doğrusal Pamuk fitilli soğutma (Chandrasekar vd, 2015)

Şekil 5.6 ve 5.7’de ise doğal rüzgardan faydalanılan tekniklere örnekler verilmektedir. Rüzgârın enerjisiyle harekete geçen fan aldığı enerjiyi ile yeni bir hava emişi sağlayarak daha düzgün bir şekilde FV panel üzerine aktarır ve böylece dolaylı olarak rüzgâr enerjisinin kullanımıyla pasif soğutma sağlanır. Diğer teknikte ise bir baca yardımıyla rüzgâr FV panel üzerine yönlendirilerek pasif soğutma uygulanır.



Şekil 5.6. Rüzgârla çalışan fanlı soğutma (Rahimi vd, 2014)



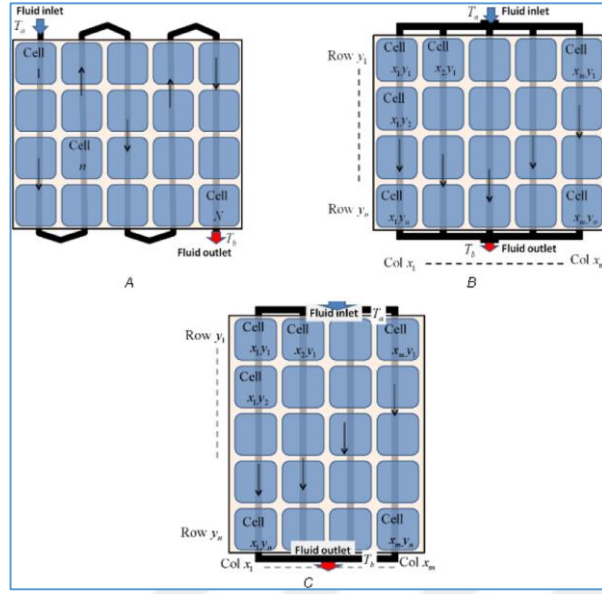
Şekil 5.7. Bacalı soğutma (Yun vd, 2014)

5.2.2. FV Üzerinde Aktif Soğutma Teknikleri

Şekil 5.8 ve 5.9’da FV üzerinde aktif soğutma tekniklerinden örnekler görülmektedir. FV panelin alttan ve/veya üstten yağmurlama şeklinde sürekli olarak su ile yıkanmasıyla aktif soğutulmasıdır. Ayrıca FV panelin arka yüzeyinde farklı borulama şekilleriyle soğutucu akışkanının dolaştırıldığı soğutma tekniğidir.



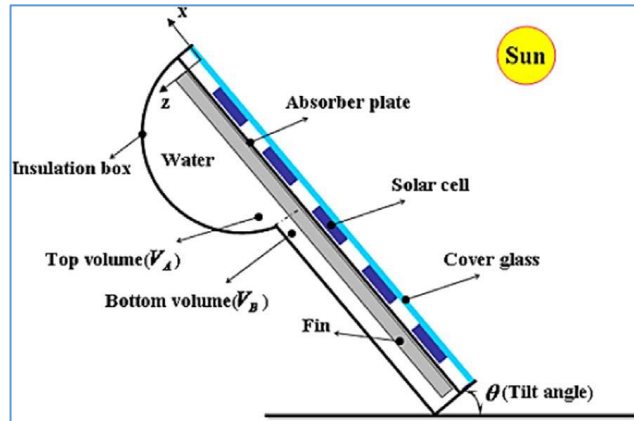
Şekil 5.8. Alt/üst yüzeyden su püskürtmeli soğutma (Phayom, 2014)



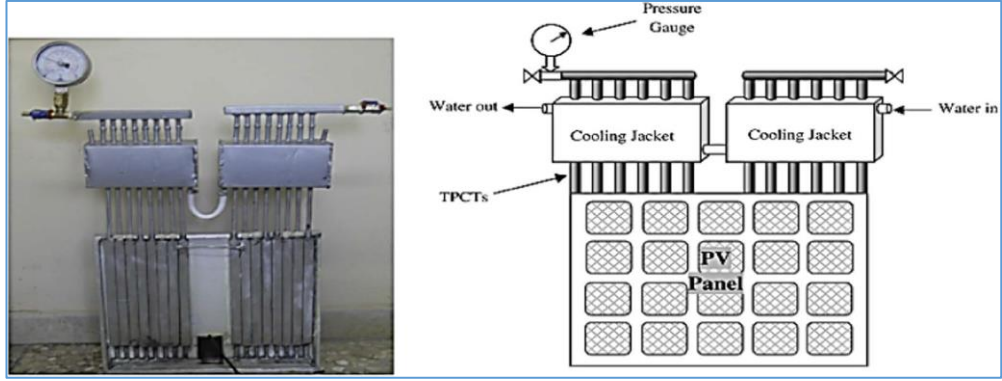
Şekil 5.9. Akışkan dolaşımli soğutma (Etiera vd, 2013)

5.2.3. FV/T Üzerinde Pasif Soğutma Teknikleri

FV panelde soğutma işlemi sırasında açığa çıkan atık termal ısı aynı zamanda kullanım suyu olarak da kullanılabilir. Bu tip sistemler FV/T olarak adlandırılmaktadır. Şekil 5.10 ve 5.11’de FV/T üzerinde pasif soğutma tekniklerinden örnekler verilmiştir. FV panelin arkasına bir termosifon düzeneği kurularak kapalı tip pasif soğutucu kullanılabilir. Ayrıca yine FV panel arkasına yerleştirilen birden fazla ısı borusu ile pasif soğutma sağlanabilir. Her iki durumda da FV panel üzerinden elde edilen atık ısı ayrı bir borulama ile kullanım suyunun ısıtılmasında kullanılmaktadır.



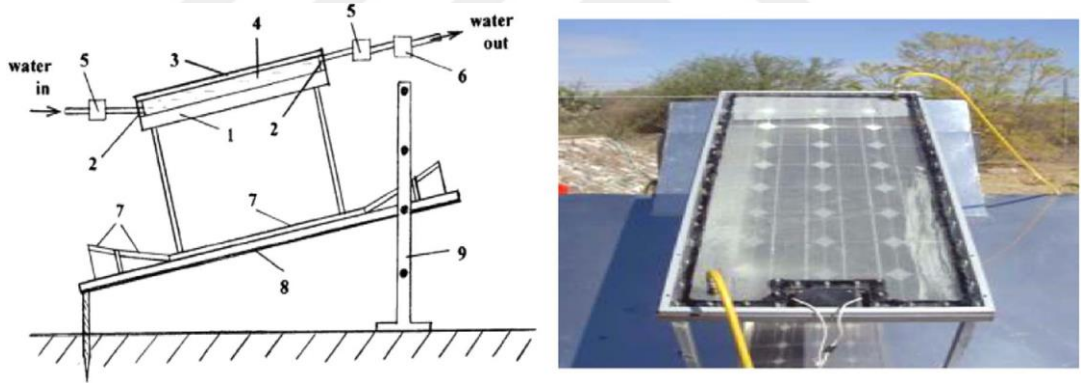
Şekil 5.10. Termosifon tip soğutma (Mittelman vd, 2009)



Şekil 5.11. Isı borulu soğutma (Moradgholi, 2014)

5.2.4. FV/T Üzerinde Aktif Soğutma Teknikleri

Şekil 5.12 de FV panel üzerinde aktif soğutma tekniklerinden bir örnek görülmektedir. Pasif soğutma tekniğinden farklı olarak ısınan akışkanın depolanmadan doğrudan kullanım suyu sistemine bağlandığı soğutma tekniğidir.



Şekil 5.12. FV/T aktif soğutma (Robles-Ocampo vd, 2007)

6. MATERYAL ve METOT

Bu çalışmada FV panel üzerinde farklı akışkanların kullanıldığı pasif soğutmanın performans üzerine etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Dış ortam ve iç ortam deneyleri olmak üzere iki farklı ortamda deneyler yapılmıştır.

Her iki deney şartlarında da sıcaklık ölçümü için K-Tipi ısıl-çift, gerilim ve akım ölçümü için CHY21-Multimetre, ışıyım şiddeti ölçümü için DeltaOHM LP-PYRA 02AC piranometre ve sıcaklık ölçüm sonuçlarının bilgisayara aktarımı için ORDEL UDL100-5 Veri Toplayıcı kullanılmıştır.

Şekil 6.1’de CHY21-Multimetre için, Şekil 6.2’de DeltaOHM LP-PYRA 02AC piranometre için ve Şekil 6.3’de ise ORDEL UDL100 Veri Toplayıcı için teknik bilgiler görülmektedir.

DC VOLT		
Kademe	Çözünürlük	Doğruluk
400.0mV	0.1mV	±0.5%+1
4.000V	1mV	±0.5%+1
40.00V	10mV	±0.5%+1
400.0V	100mV	±0.5%+1
1000V	1V	±0.5%+1
DC AKIM		
Kademe	Çözünürlük	Doğruluk
400.0µA (21C)	10µA	±1.0%+1
40.00mA	10µA	±1.0%+1
400.0mA	0.1mA	±1.0%+1
10.00 A	10mA	±3%+1

- 4000 Count
- Frekans
- Kapasite
- Bobin
- Isi(CHY-21C)
- Rezistans(4000MΩ)
- Logic
- HFE(CHY-21)
- Diod
- Buzzer
- 500V RMS Koruma

Şekil 6.1. CHY21-Multimetre

Technical Specification	LP PYRA 02 / LP PYRA 12	LP PYRA 03
Typical sensitivity	10 $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$	
Impedance	33 $\Omega \pm 45 \Omega$	
Measuring range	0 ÷ 2000 W/m^2	
Viewing field	2 π sr	
Spectral field	305 nm ÷ 2800 nm	
Operating temperature	-40 °C ÷ 80 °C	
Weight	0.90 Kg	0.45 Kg
ISO 9060 Specifications		
Response time 95%	< 28 sec	< 30sec
Zero Off-set		
a) Response to thermal radiation (200W/m ²)	15 W/m ²	25 W/m ²
b) Response to temperature change 5K/h	<± 4W/m ²	<± 6W/m ²
3a) Non stability over 1 year	<± 1.5%	<± 2.5%
3b) Non linearity	<± 1%	<± 2%
3c) Cosine response	<±18W/m ²	<±22W/m ²
3d) Spectral selectivity	<±5%	<±7%
3e) Response with regard to temperature	< 4 %	< 8 %
3f) Tilt response	<± 2%	<± 4%
Shadow ring for LP PYRA 12		
Weight	5.90 Kg	
Diameter	570 mm	
Height	54 mm	
Basis diameter	300 mm	



Şekil 6.2. Delta OHM LP-PYRA 02AC Piranometre

Ürün Kodu	
UDL100-	
Analog Giriş Tipi : 2 = -75...+75mV 3 = -15V...+15V 4 = -30mA...+30mA 5 = Thermocouple (B,E,J,K,L,N,R,S,T,U)	
Teknik Özellikler	
Besleme Gerilimi	USB üzerinden (5Vdc ,± 5%)
Güç Tüketimi	1W
Analog Giriş Empedansları	Gerilim : 2M Ω
	Akım : 10 Ω
Hafıza	Termokupl, mV : 10M Ω
Doğruluk	100 yıl, 100.000 yenileme
Örneklem Zamanı	± %0.2
Ortam Sıcaklığı	750ms
Koruma Sınıfı	Çalışma : -10...+55C Depolama : -20...+65C
Ölçüler	IP20
Ağırlık	Genişlik : 72mm Yükseklik : 112mm Derinlik : 26mm
	87gr

Şekil 6.3. ORDEL-UDL100 Veri Toplayıcı

6.1. Dış Ortam Deney Düzeneği

Dış ortam deneylerinde kullanılan 40W gücündeki polikristal FV panelin teknik özellikleri Şekil 6.4’de verilmektedir. Şekil 6.5’de görüldüğü gibi ısı transfer yüzeyini arttırmaya yönelik borulu sacdan bir plaka imal edilmiştir. Bu plaka ile arka yüzeyi kapatılarak 2 litrelik bir iç hacim elde edilmiştir.

Çizelge 6.1. Dış ortam deneylerinde kullanılan FV panelin özellikleri

Elektrik Parametreleri	
Nominal Güç (Pmax)	40 Watt
Açık Devre Gerilimi (VOC)	22.10 Volt
Kısa Devre Akımı (ISC)	2.58 Amper
Nominal Güç Voltajı (Vmp)	18.00 Volt
Nominal Güç Cari (Imp)	2.22 Amper
Hücre Sayısı	36 (3*16)
Boyut (mm)	430x670x25
Ağırlık (kg)	3 kilogram
Maksimum Sistem Gerilimi	1000 Volt DC
Maksimum Seri Fuse Rating	10A
Operasyon Sıcaklığı	-40 to +85 Derece



Şekil 6.4. Dış ortam deney düzeneğinin hazırlanması

Şekil 6.5'te ise dış ortam deneylerinden genel görünüm bulunmaktadır. Bu deneylerde su ve alkol pasif soğutucu olarak kullanılmıştır. Aynı açıda yerleştirilen pasif soğutmalı FV panel ve referans FV panel aynı anda test edilerek karşılaştırılmıştır.



Şekil 6.5. Dış ortam deneylerinden genel görünüm

6.2. İç Ortam Deney Düzeneği

İç ortam deneylerinde 10W gücünde polikristal fotovoltaik panel kullanılmıştır. Şekil 6.6'da iç ortam deneylerinde kullanılan FV panele ait teknik bilgiler bulunmaktadır.

Çizelge 6.2. İç ortam deneylerinde kullanılan FV panelin özellikleri

Elektrik Parametreleri	
Nominal Güç (P_{max})	10 Watt
Açık Devre Gerilimi (V_{OC})	20.9 Volt
Kısa Devre Akımı (I_{SC})	0.84 Amper
Nominal Güç Voltajı (V_{mp})	17.3 Volt
Nominal Güç Cari (I_{mp})	0.58 Amper
Hücre Sayısı	36 (3*16)
Boyut (mm)	360x310x17
Ağırlık (kg)	1.4 kilogram
Maksimum Sistem Gerilimi	1000 Volt DC
Maksimum Seri Fuse Rating	10A
Operasyon Sıcaklığı	-40 to +85 Derece

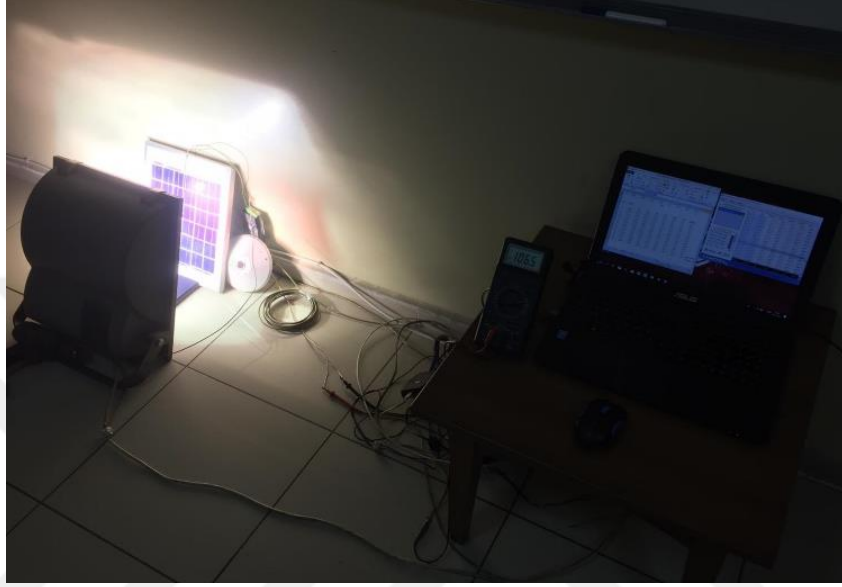
Şekil 6.7’de iç ortam deneylerinde kullanılan FV panelin hazırlanması görülmektedir. Dış ortam deneylerinden farklı olarak bu deneylerde FV panelin arka yüzeyi borusuz yalın bir sac tabaka ile kapatılmıştır.

Böylece FV panel arkasında 700 millilitrelik bir hacim meydana gelmiştir. Hiçbir akışkanın doldurulmadığı deney referans olarak kabul edilmiştir. Sonrasında antifriz, trafo yağı, su, alkol, sıvı yağı, 30 numara yağ olmak üzere 6 farklı akışkan pasif soğutucu olarak kullanılmıştır.



Şekil 6.6. İç ortam deneylerinde kullanılan FV panelin hazırlanması

Şekil 6.8’de iç ortam deneylerinden genel bir görünüm yer almaktadır. Dış ortam deneylerinden farklı olarak deneyler 1 saat süreyle yapılmıştır. FV panelden elektrik üretimi için gerekli ışınım dış ortam aydınlatmada kullanılan bir projektörden sağlanmıştır.



Şekil 6.7. İç ortam deneylerinden genel görünüm

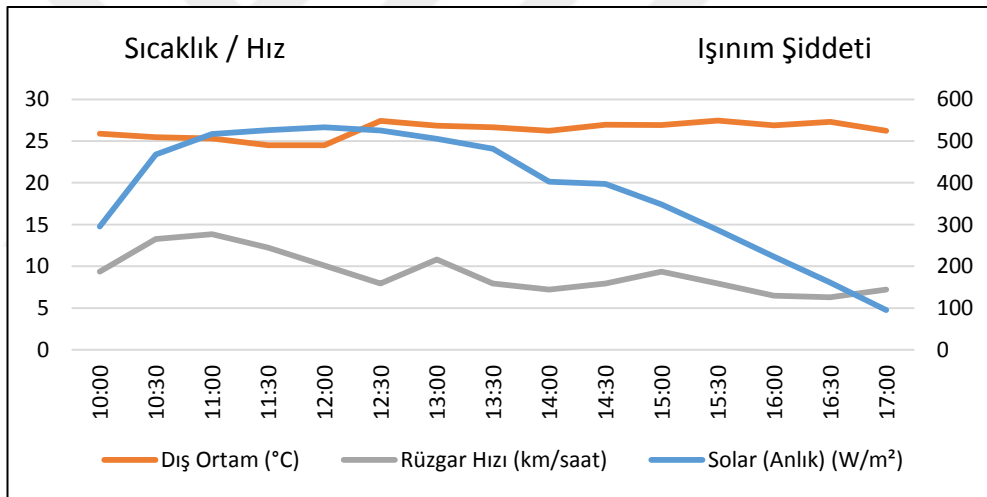
7. BULGULAR ve TARTIŞMA

7.1. Dış Ortam Deneyleri

Dış ortam deneylerinde 40W gücünde polikristal fotovoltaiik panel kullanılmıştır. Pasif soğutucu olarak su ve alkol akışkanları test edilerek karşılaştırılmıştır. Deneyler saat 10:00 ile 17:00 arasında yapılarak gerekli sıcaklık, ışıınım şiddeti, akım ve gerilim değerleri ölçülerek soğutucuların panel üzerine etkisi incelenmiştir.

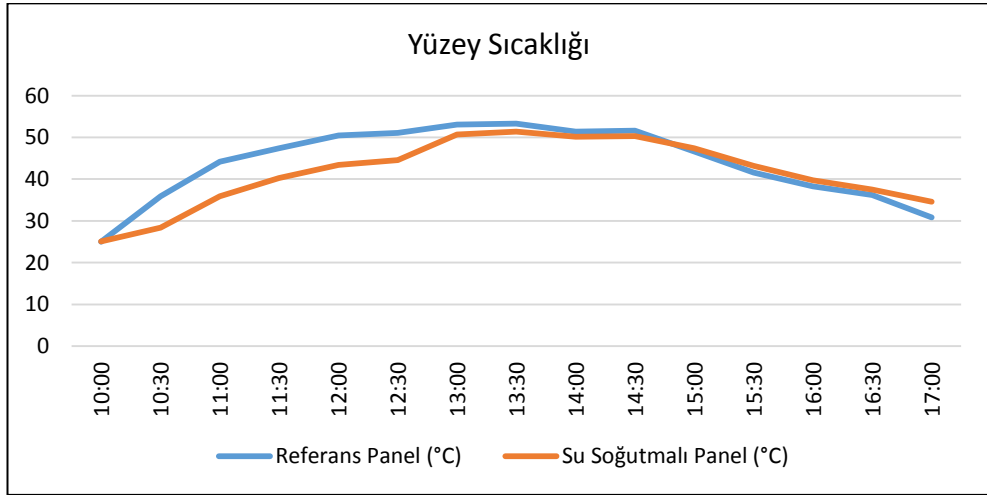
7.1.1. Su Soğutmalı Deney

Su soğutmalı dış ortam deneylerinin yapıldığı güne ait ortam sıcaklığı, rüzgar hızı ve güneş ışıınım şiddetinin dağılımı Şekil 7.1’de görülmektedir.



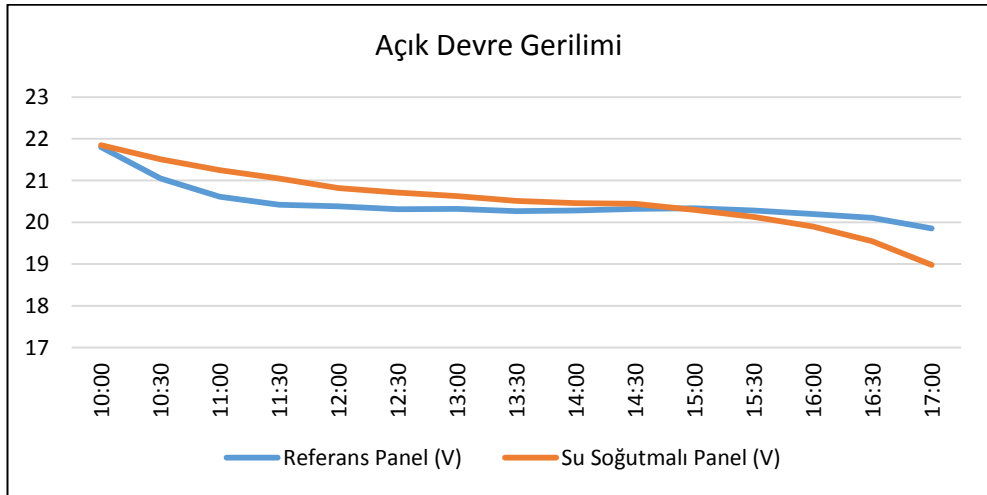
Şekil 7.1. Su soğutmalı dış ortam deney gününe ait verilerin dağılımı

Şekil 7.2’de su soğutmalı deneye ait panel yüzey sıcaklık değerlerinin zamana bağlı dağılımı görülmektedir. Grafikten anlaşıldığı üzere saat 14:50’ye kadar referans fotovoltaiik panelin yüzey sıcaklığı su soğutmalı fotovoltaiik panele göre daha yüksektir. Saat 14:50’den sonra hava sıcaklığının düşmesine bağlı olarak referans panelin yüzey sıcaklığı hızlı bir şekilde azalırken su soğutmalı panelin arka kısmında bulunan su, kapalı sistemden dolayı ısısını hızlı bir şekilde atamadığı için daha geç soğumaya başlamış ve sıcaklık değeri referans panelin sıcaklık değerinin üzerinde kalmıştır.



Şekil 7.2. Su soğutmalı deney için panel yüzey sıcaklık dağılımı

Şekil 7.3’da su soğutmalı deneye ait fotovoltaiik panellerin açık devre gerilim değerlerinin zamana bağlı değişim değerleri görülmektedir. Referans panelin yüzey sıcaklığı su soğutmalı panele göre yüksek olduğu için saat 14:50’ye kadar su soğutmalı panelin açık devre gerilimi referans panele göre yüksek çıkmıştır. Saat 14:50’den sonra referans panelin yüzey sıcaklığı su soğutmalı panele göre daha hızlı azaldığı için referans panelin açık devre gerilim değeri yavaş azalırken su soğutmalı panelin açık devre gerilim değeri hızlı bir şekilde azalmaya başlamıştır.



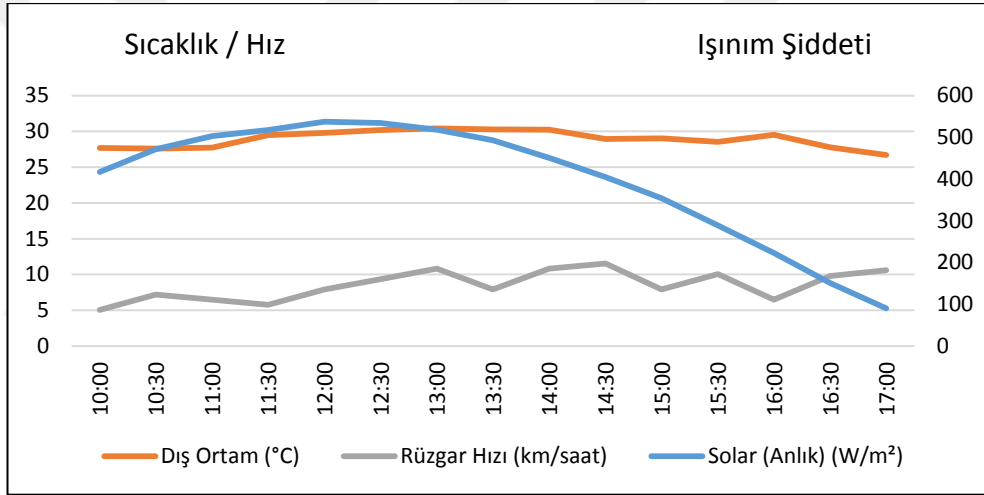
Şekil 7.3. Su soğutmalı deneyin açık gerilim dağılımı

Açık devre gerilim değerleri karşılaştırıldığında Saat 14:50’ye kadar su soğutmalı panelin açık devre gerilimi, referans panelin açık devre gerilim değerinden ortalama %1.8 daha yüksek ölçülmüştür.

Saat 14:50'den sonra ortam sıcaklığı azaldığından referans panelin sıcaklığı zamana bağlı olarak hızlı bir şekilde düşerken su soğutmalı panelin sıcaklığı daha yavaş düşmeye başlamıştır. Bu durumda referans panelin açık devre gerilim değeri daha yüksek ölçülmüştür. Saat 10:00'dan başlayarak saat 17:00'a kadar alınan ölçümlerde su soğutmalı panelin açık devre gerilim değeri referans panele göre ortalama %0.51 daha yüksek ölçülmüştür.

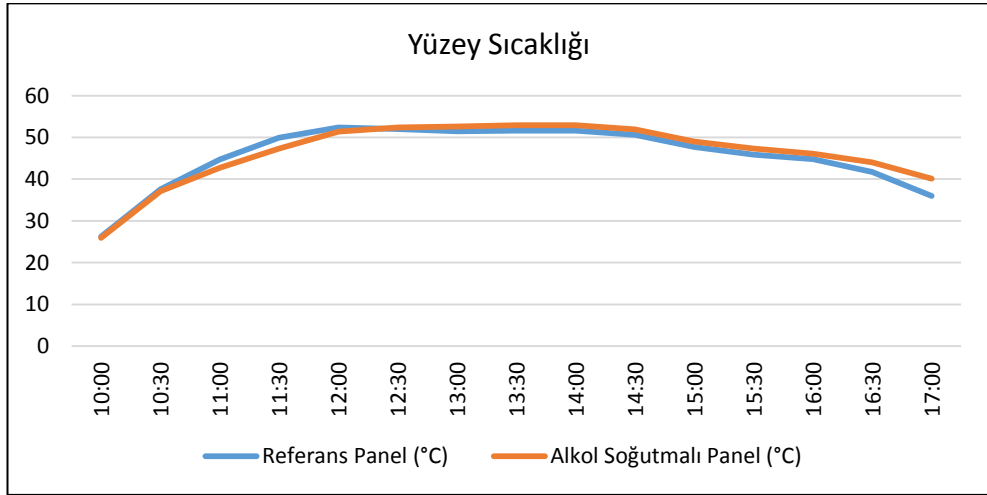
7.1.2. Alkol Soğutmalı Deney

Alkol soğutmalı deneyler için deneyin yapıldığı güne ait ortam sıcaklığı, rüzgar hızı ve güneş ışınım şiddetinin zamana bağlı dağılımı Şekil 7.4'te bulunmaktadır.



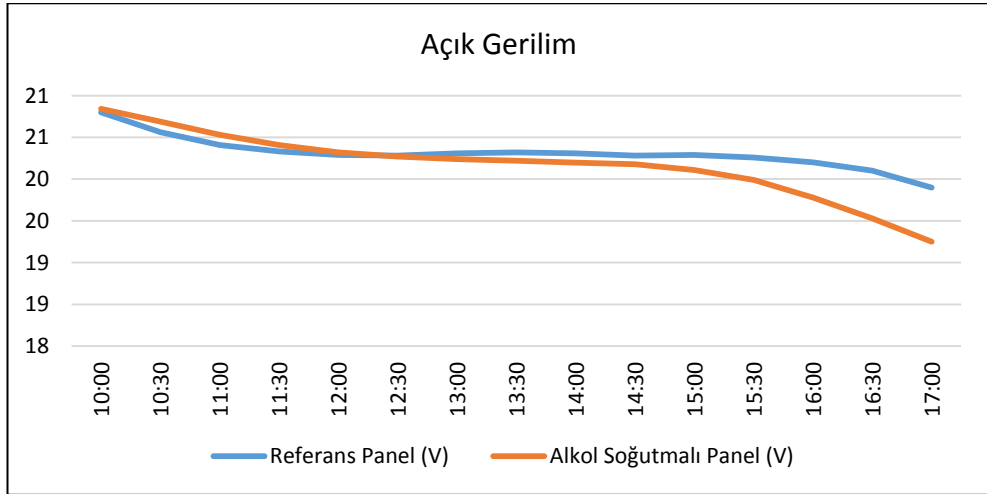
Şekil 7.4. Alkol soğutmalı dış ortam deney gününe ait verilerin dağılımı

Şekil 7.5'te alkol soğutmalı deney için panel yüzey sıcaklıklarının dağılımları bulunmaktadır. Grafikten anlaşıldığı gibi saat 12:20'ye kadar referans FV panelin yüzey sıcaklığı alkol soğutmalı fotovoltaik panele göre daha yüksektir. Saat 12:20'den sonra referans panelin yüzey sıcaklığı azalmaya başlarken alkol soğutmalı panelin arka kısmında bulunan alkol ısındığı için saat 14:00'a kadar sıcaklığı artmaya devam etmiştir. Saat 14:00'dan sonra ortam sıcaklığına bağlı olarak panellerin yüzey sıcaklık değerleri azalmaya başlamış olmasına rağmen alkol soğutmalı fotovoltaik panelin yüzey sıcaklığının referans panelin yüzey sıcaklığından daha yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 7.5. Alkol soğutmalı deney için panel yüzey sıcaklık dağılımı

Şekil 7.6’da alkol kullanılan güne ait fotovoltaik panellerin açık devre gerilim değerlerinin zamana bağlı dağılımı görülmektedir. Yüzey sıcaklığı ile ters orantılı olarak üretilen açık gerilim miktarının azaldığı anlaşılmaktadır. Saat 12:20’ye kadar soğutucu olarak alkol kullanımının bir miktar etkili olduğu ancak genel anlamda alkolün panel üzerinde gerekli soğutmayı yapamadığı anlaşılmaktadır.



Şekil 7.6. Alkol soğutmalı deneyin açık gerilim dağılımı

Çizelge 7.1. Su soğutmalı dış ortam deneyine ait değerler

Saat	Işınım (W/m ²)	Dış Ortam (°C)	Rüzgâr Hızı (km/saat)	Referans (°C)	Su Soğutmalı (°C)	Referans Gerilim (V)	Su Soğutmalı Gerilim (V)
10:00	295,6	25,9	9,4	25,0	25,1	21,8	21,9
10:30	468,2	25,5	13,3	35,9	28,4	21,1	21,5
11:00	516,8	25,3	13,8	44,2	35,9	20,6	21,3
11:30	526,2	24,5	12,2	47,4	40,3	20,4	21,1
12:00	533,4	24,5	10,1	50,5	43,4	20,4	20,8
12:30	525,2	27,4	7,9	51,1	44,6	20,3	20,7
13:00	505,2	26,9	10,8	53,1	50,7	20,3	20,6
13:30	482,0	26,7	7,9	53,3	51,4	20,3	20,5
14:00	402,8	26,2	7,2	51,4	50,2	20,3	20,5
14:30	397,2	27,0	7,9	51,6	50,3	20,3	20,4
15:00	348,4	26,9	9,4	46,6	47,4	20,3	20,3
15:30	287,2	27,5	7,9	41,6	43,2	20,3	20,1
16:00	223,2	26,9	6,5	38,3	39,7	20,2	19,9
16:30	161,2	27,3	6,3	36,2	37,5	20,1	19,6
17:00	95,0	26,2	7,2	30,8	34,6	19,9	19,0

Çizelge 7.1’de dış ortam deneylerinden su akışkanı ile yapılan soğutma deneyine ait veriler görülmektedir. Özellikle saat 15:00’den sonra su ısınıp atamamaktadır.

Çizelge 7.2. Alkol soğutmalı dış ortam deneyine ait değerler

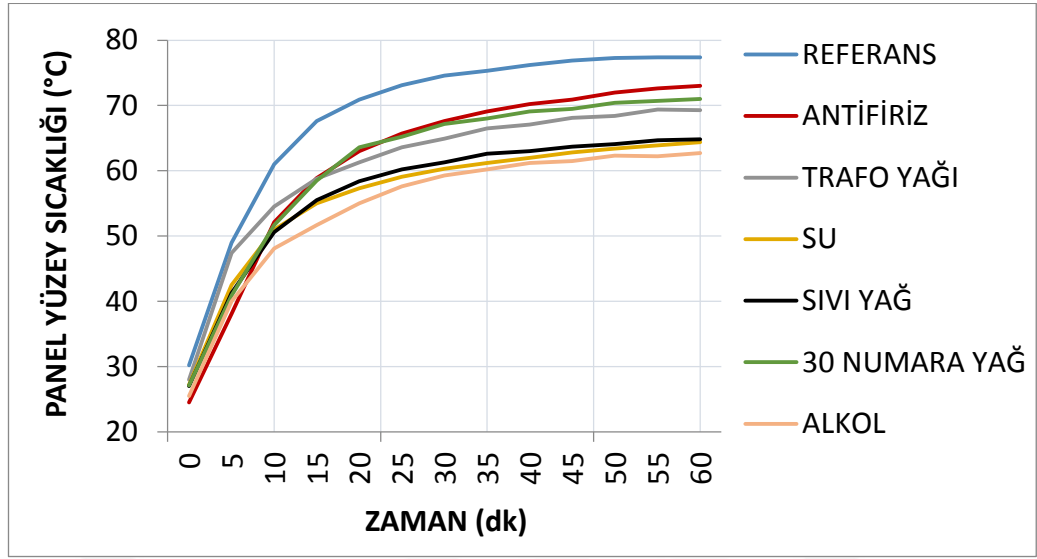
Saat	Işınım (W/m ²)	Dış Ortam (°C)	Rüzgâr Hızı (km/saat)	Referans (°C)	Alkol Soğutmalı (°C)	Referans Gerilim (V)	Alkol Soğutmalı Gerilim (V)
10:00	417,4	27,7	5,0	26,2	25,9	20,8	20,8
10:30	472,0	27,6	7,2	37,6	37,1	20,6	20,7
11:00	503,0	27,7	6,5	44,7	42,7	20,4	20,5
11:30	518,0	29,5	5,8	49,9	47,3	20,3	20,4
12:00	537,6	29,8	7,9	52,4	51,4	20,3	20,3
12:30	534,8	30,2	9,4	52,0	52,4	20,3	20,3
13:00	518,4	30,4	10,8	51,5	52,6	20,3	20,2
13:30	493,0	30,3	7,9	51,6	52,9	20,3	20,2
14:00	451,2	30,2	10,8	51,6	52,9	20,3	20,2
14:30	405,2	28,9	11,5	50,6	51,9	20,3	20,2
15:00	354,4	29,0	7,9	47,7	49,0	20,3	20,1
15:30	289,4	28,6	10,1	45,9	47,3	20,3	20,0
16:00	223,0	29,5	6,5	44,8	46,1	20,2	19,8
16:30	151,2	27,8	9,8	41,7	44,0	20,1	19,5
17:00	90,6	26,7	10,6	36,0	40,1	19,9	19,3

Çizelge 7.2’de dış ortam deneylerinden alkol ile soğutmanın deneysel ölçüm değerleri bulunmaktadır. Alkol suya göre daha erken saat 12:30’dan sonra ısınmaya başlamıştır.

Dış ortam deneylerinde pasif soğutucu akışkan olarak su ve alkol kullanımı karşılaştırılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda yüzey sıcaklığının üretilen açık gerilim ile ters orantılı olduğu teyit edilmiştir. Suyun alkole göre daha etkili bir pasif soğutma sağladığı görülmüştür. Ancak 14:30’dan sonra ışıının şiddetinin düşmeye başlamasıyla birlikte suyun ısınıp atmakta yetersiz kaldığı ve paneli olumsuz etkilediği anlaşılmıştır. Alkol akışkanı pasif soğutucu olarak suya göre daha başarısız olmuştur. Pasif soğutucu olarak hem su hem de alkol kullanımında söz konusu panel için 2 litre yerine 4 litrelik veya daha fazla hacimli pasif soğutma tasarımı önerilebilir.

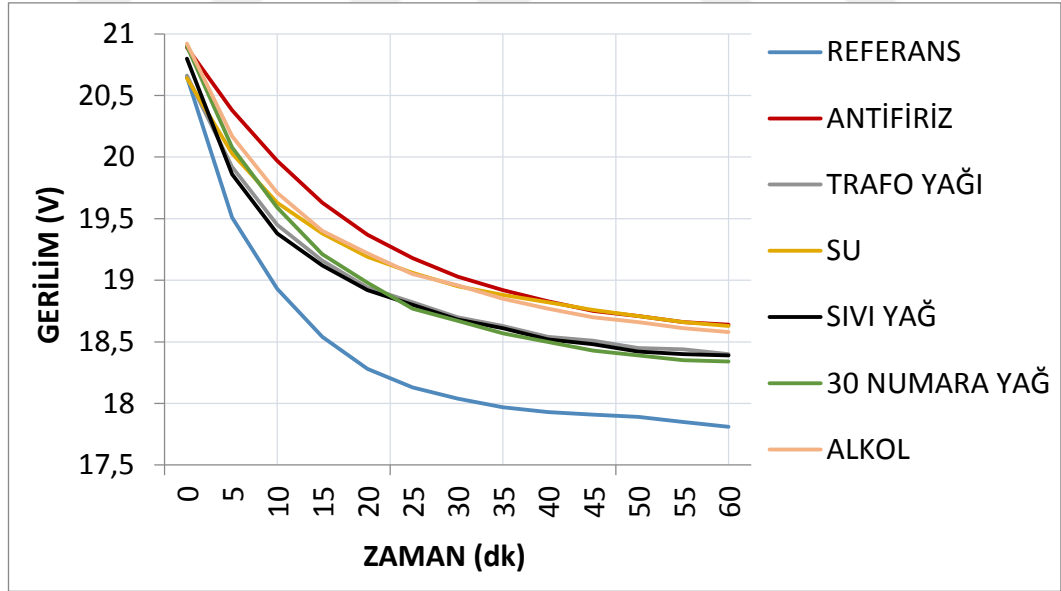
7.2. İç Ortam Deneyleri

İç ortam deneylerinde ışıının kaynağı olarak dış aydınlatma projektörü kullanılmıştır. Dış ortam deneylerinden farklı olarak 10W gücünde polikristal fotovoltaiik panel üzerinde deneyler yapılmıştır. İç ortam deneylerinde pasif soğutucu içerisinde antifriz, trafo yağı, su, alkol, sıvı yağı, 30 numara yağ olmak üzere 6 farklı akışkanın fotovoltaiik panelin parametreleri üzerine etkileri karşılaştırılmıştır. İç ortam deneyleri süresince ortam sıcaklığı 22°C’dir. Projektördeki akkor lamba ile 560 W/m² ışıının sağlanmış ve 35W enerji verilmiştir. Referans deney ile birlikte 6 farklı akışkanının karşılaştırıldığı deneyler 1 saat süre ile sınırlandırılmıştır. Şekil 7.7’de kullanılan soğutucu akışkanlara göre fotovoltaiik panelin yüzey sıcaklığının zamana göre dağılımı ile karşılaştırılması görülmektedir.



Şekil 7.7. Soğutucu akışkanlara göre FV panel yüzey sıcaklıklarının dağılımı

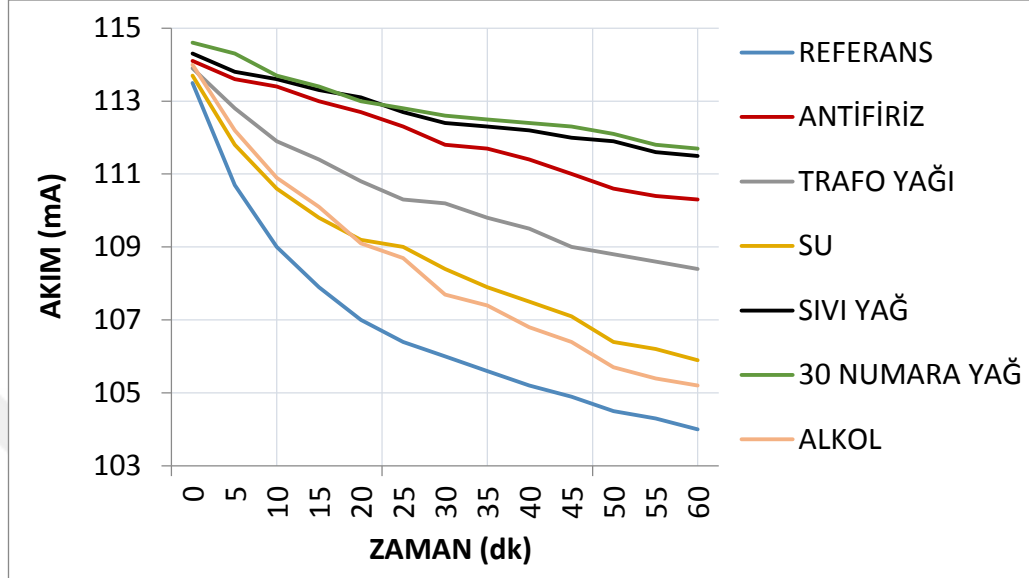
Panel yüzey sıcaklığı ile ters orantılı olan ve kullanılan soğutucu akışkanların karşılaştırıldığı açık gerilim miktarlarının dağılımı ise Şekil 7.8’de verilmektedir.



Şekil 7.8. Soğutucu akışkanlara göre üretilen açık gerilim miktarının dağılımı

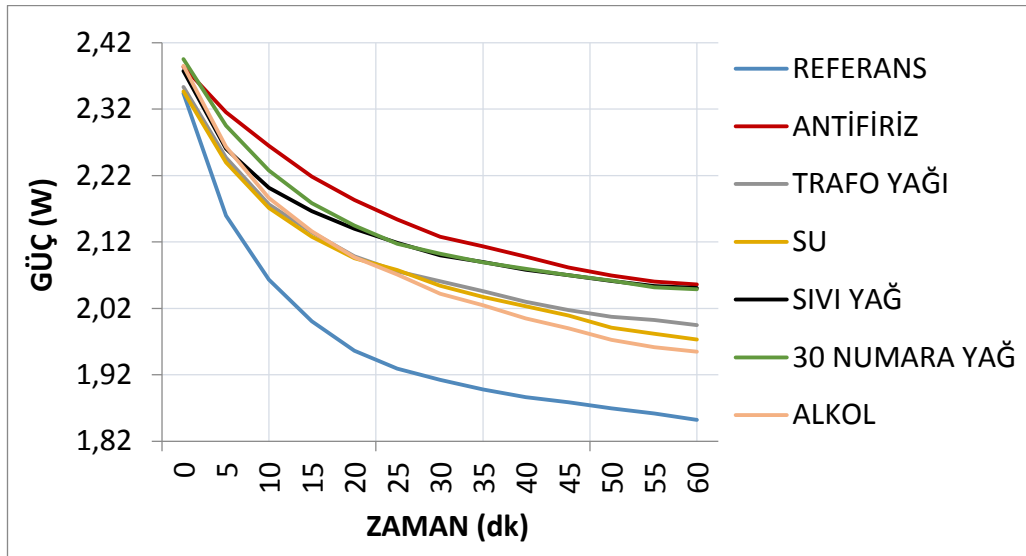
Şekil 7.9’da Soğutucu akışkanlara göre üretilen akım miktarının dağılımı bulunmaktadır. Üretilen açık gerilim miktarlarına göre üretilen akım miktarı akışkanlar arasında farklılık göstermektedir.

Örneğin deney sonunda en yüksek açık gerilim miktarına antifriz ile ulaşılırken en yüksek akım miktarına on numara yağ ile ulaşılmıştır.



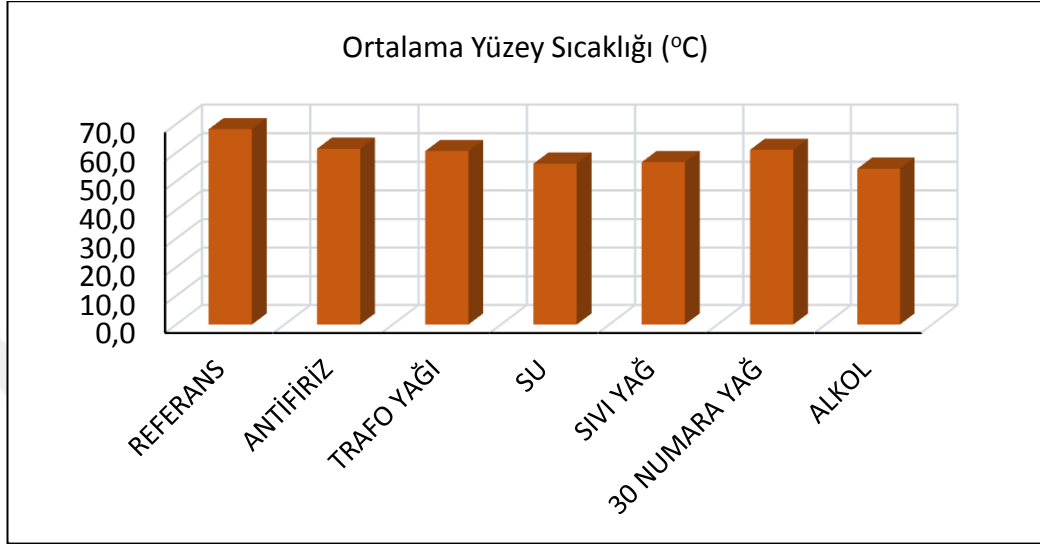
Şekil 7.9. Soğutucu akışkanlara göre üretilen akım miktarının dağılımı

Farklı akışkanlar ile elde edilen güç miktarının dağılımı ise Şekil 7.10'da görüldüğü gibidir. Deneyin 60. dakikasında en yüksek güce 2.05W ile on numara yağ ve sıvı yağ ulaşmıştır.



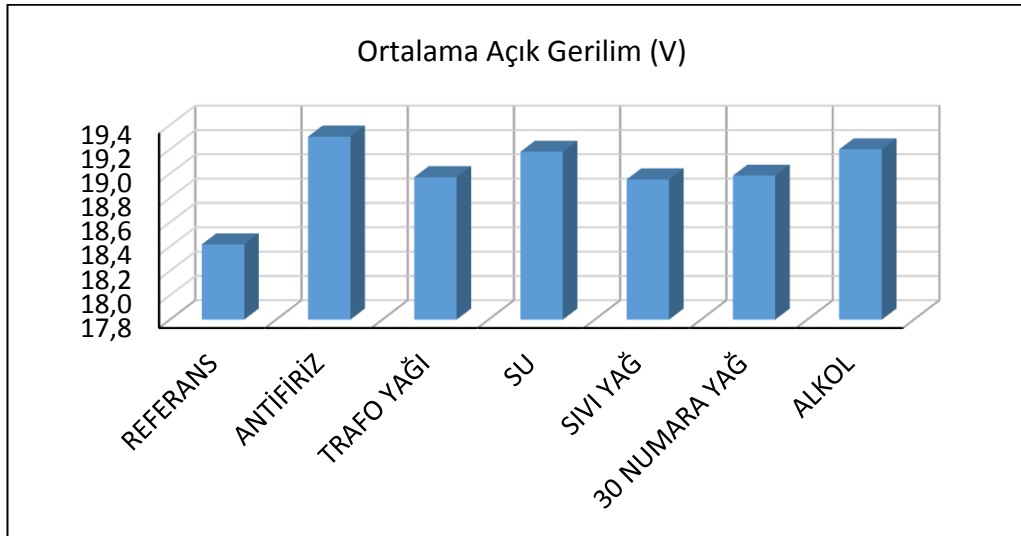
Şekil 7.10. Soğutucu akışkanlara göre üretilen güç miktarının dağılımı

Şekil 7.11’de deney süresince panel yüzeylerinden ölçülen ortalama sıcaklık değerleri bulunmaktadır. Grafik incelendiğinde en düşük ortalama yüzey sıcaklık değerlerine alkol ile ulaşıldığı anlaşılmaktadır.



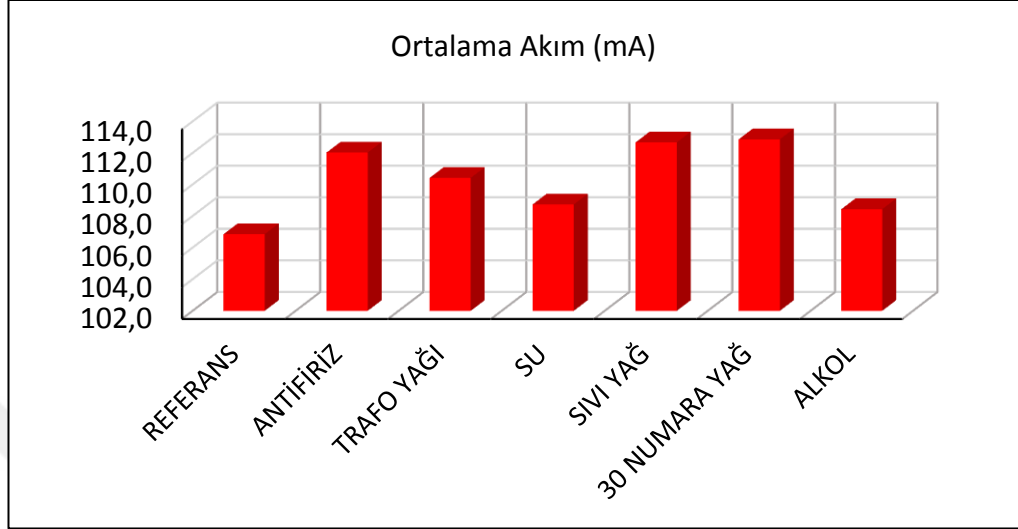
Şekil 7.11. Ortalama yüzey sıcaklığı

Şekil 7.12’de referans ve diğer soğutucu akışkanlarla yapılan deney süresince elde edilen ortalama açık gerilim miktarları görülmektedir. En fazla ortalama açık gerilim üretimi antifriz ile sağlanmıştır.



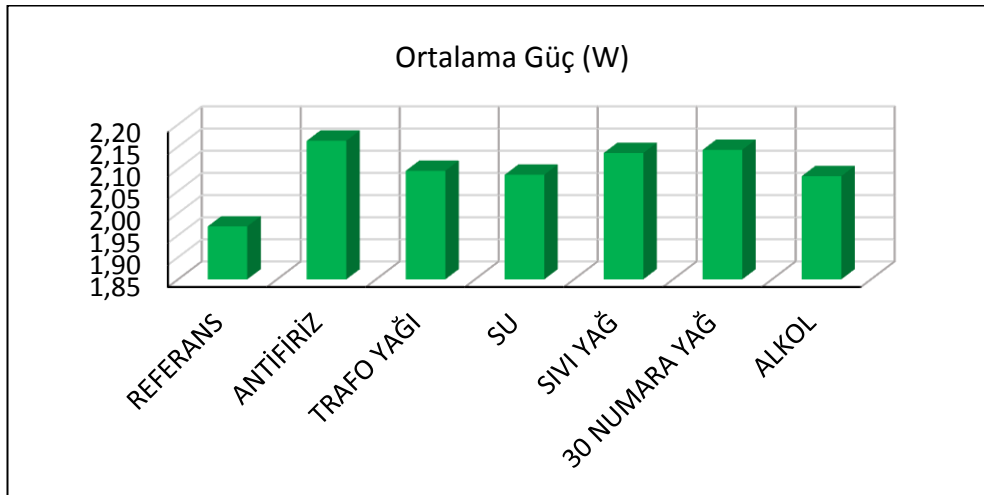
Şekil 7.12. Ortalama açık gerilim

Deney süresince elde edilen akım değerlerinin ortalaması ise Şekil 7.13'te bulunmaktadır. Ortalama en yüksek akım miktarı 30 numara yağ ile elde edilmiştir.



Şekil 7.13. Ortalama akım

FV panel tarafından kullanılan akışkanlara göre ortama üretilen güç miktarı ise Şekil 7.14'de görülmektedir. En iyi sonuca antifriz ile ulaşılmış ve deneylerde 2.16W ortalama güç üretilmiştir.



Şekil 7.14. Ortalama güç

Çizelge 7.3. Soğutucu akışkanlara göre panel yüzey sıcaklık (°C) değerleri

ZAMAN (dakika)	REFERANS	ANTİFİRİZ	TRAFO YAĞI	SU	SIVI YAĞ	30 NUMARA YAĞ	ALKOL
0	30,2	24,5	28,0	27,2	27,0	27,1	25,5
5	49,0	38,1	47,4	42,5	41,3	40,9	40,0
10	61,0	52,1	54,5	51,0	50,6	51,7	48,1
15	67,6	58,9	58,8	55,0	55,5	58,5	51,7
20	70,9	63,0	61,3	57,3	58,4	63,6	55,0
25	73,1	65,7	63,6	59,1	60,2	65,2	57,6
30	74,6	67,6	64,9	60,3	61,3	67,2	59,3
35	75,3	69,1	66,5	61,2	62,6	68,0	60,2
40	76,2	70,2	67,1	62,0	63,0	69,1	61,2
45	76,9	70,9	68,1	62,8	63,7	69,5	61,5
50	77,3	72,0	68,4	63,4	64,1	70,4	62,3
55	77,4	72,6	69,4	63,9	64,7	70,7	62,2
60	77,4	73,0	69,3	64,4	64,8	71,0	62,7

Çizelge 7.3 ile iç ortam deneyleri süresince soğutucu akışkanlara göre FV panelin ön yüzeyinde ışıınımdan kaynaklanan sıcaklık değerleri bulunmaktadır. Çizelgeden de anlaşıldığı gibi soğutucu akışkan kullanımı yüzey sıcaklığını referans panele göre 4°C ila 15°C arasında daha düşük tutulmasını sağlamıştır.

Çizelge 7.4. Soğutucu akışkanlara göre üretilen açık gerilim (V) değerleri

ZAMAN (dakika)	REFERANS	ANTİFİRİZ	TRAFO YAĞI	SU	SIVI YAĞ	30 NUMARA YAĞ	ALKOL
0	20,7	20,9	20,7	20,6	20,8	20,9	20,9
5	19,5	20,4	19,9	20,0	19,9	20,1	20,2
10	18,9	20,0	19,5	19,6	19,4	19,6	19,7
15	18,5	19,6	19,2	19,4	19,1	19,2	19,4
20	18,3	19,4	18,9	19,2	18,9	19,0	19,2
25	18,1	19,2	18,8	19,1	18,8	18,8	19,1
30	18,0	19,0	18,7	19,0	18,7	18,7	19,0
35	18,0	18,9	18,6	18,9	18,6	18,6	18,9
40	17,9	18,8	18,5	18,8	18,5	18,5	18,8
45	17,9	18,8	18,5	18,8	18,5	18,4	18,7
50	17,9	18,7	18,5	18,7	18,4	18,4	18,7
55	17,9	18,7	18,4	18,7	18,4	18,4	18,6
60	17,8	18,6	18,4	18,6	18,4	18,3	18,6

Çizelge 7.4’de iç ortam deneylerinde üretilen açık gerilim miktarlarının soğutucu akışkanlara göre durumu görülmektedir. Soğutucu akışkan kullanımı yüzey sıcaklığını düşürdüğü gibi açık gerilim miktarını arttırmıştır.

Çizelge 7.5. Soğutucu akışkanlara göre üretilen akım (mA) değerleri

ZAMAN (dakika)	REFERANS	ANTİFİRİZ	TRAFO YAĞI	SU	SIVI YAĞ	30 NUMARA YAĞ	ALKOL
0	113,5	114,1	113,9	113,7	114,3	114,6	114,0
5	110,7	113,6	112,8	111,8	113,8	114,3	112,2
10	109,0	113,4	111,9	110,6	113,6	113,7	110,9
15	107,9	113,0	111,4	109,8	113,3	113,4	110,1
20	107,0	112,7	110,8	109,2	113,1	113,0	109,1
25	106,4	112,3	110,3	109,0	112,7	112,8	108,7
30	106,0	111,8	110,2	108,4	112,4	112,6	107,7
35	105,6	111,7	109,8	107,9	112,3	112,5	107,4
40	105,2	111,4	109,5	107,5	112,2	112,4	106,8
45	104,9	111,0	109,0	107,1	112,0	112,3	106,4
50	104,5	110,6	108,8	106,4	111,9	112,1	105,7
55	104,3	110,4	108,6	106,2	111,6	111,8	105,4
60	104,0	110,2	108,4	105,9	111,5	111,7	105,2

Çizelge 7.5 ile iç ortam deneyleri sırasında panellerden ölçülen akım değerlerinin akışkanlara göre değerleri bulunmaktadır. Açık gerilim miktarı gibi akım değerleri de zamanla azalmaktadır.

Çizelge 7.6. Soğutucu akışkanlara göre üretilen güç (W) değerleri

ZAMAN (dakika)	REFERANS	ANTİFİRİZ	TRAFO YAĞI	SU	SIVI YAĞ	30 NUMARA YAĞ	ALKOL
0	2,34	2,38	2,35	2,35	2,38	2,40	2,38
5	2,16	2,32	2,25	2,24	2,26	2,30	2,26
10	2,06	2,26	2,18	2,17	2,20	2,23	2,19
15	2,00	2,22	2,13	2,13	2,17	2,18	2,14
20	1,96	2,18	2,10	2,10	2,14	2,14	2,10
25	1,93	2,15	2,08	2,08	2,12	2,12	2,07
30	1,91	2,13	2,06	2,05	2,10	2,10	2,04
35	1,90	2,11	2,05	2,04	2,09	2,09	2,02
40	1,89	2,10	2,03	2,02	2,08	2,08	2,00
45	1,88	2,08	2,02	2,01	2,07	2,07	1,99
50	1,87	2,07	2,01	1,99	2,06	2,06	1,97
55	1,86	2,06	2,00	1,98	2,05	2,05	1,96
60	1,85	2,05	1,99	1,97	2,05	2,05	1,95

İç ortam deneylerinde soğutucu akışkanlara göre panel tarafında üretilen güç miktarları Çizelge 7.6’da verilmiştir. Çizelgeden de anlaşıldığı gibi pasif soğutma ile referans paneli gücü %5 ila %11 arasında iyileştirilmiştir.

8. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

8.1. Sonuçlar

Bu tez çalışmasında fotovoltaiik panel üzerinde farklı soğutucu akışkanlar ile pasif soğutmanın etkisi incelenmiştir. Dış ortam ve iç ortam olmak üzere iki aşamada deneyler gerçekleştirilmiştir.

Dış ortam deneylerinde 40W gücünde polikristal fotovoltaiik panel kullanılmıştır. Fotovoltaiik panelin arkasında oluşturulan 2 litre hacmindeki kapalı devre depoya konulan su ve alkol pasif soğutucu akışkan olarak karşılaştırılmıştır. Referans ve sulu soğutma ile referans ve alkollü soğutma şeklinde farklı iki günde saat 10:00 ile 17:00 arasında deneyler yapılmıştır. Deneyler sonunda sulu soğutmanın saat 14:50'ye kadar etkili olduğu görülürken, alkollü soğutmanın saat 12:20'ye kadar etkili olduğu görülmüştür. Soğutucu akışkan olarak su ve alkol karşılaştırıldığında aralarındaki yoğunluk farkından dolayı suyun alkole göre daha etkili olduğu gözlemlenmiştir. Her iki akışkan için de 2 litrelik deponun yetersiz olduğu ve belli bir süre sonrasında soğutma işleminden ziyade fotovoltaiik panelin ısınmasına yol açtığı anlaşılmıştır.

İç ortam deneylerinde ise dış ortam deneylerine göre çok daha kısa süreli ancak daha çok soğutucu akışkanın karşılaştırılması yapılmıştır. İç ortam deneylerinde 10W gücünde polikristal fotovoltaiik panel kullanılmıştır. Panelin arka yüzeyi kapatılarak 0.7 litre hacimli kapalı devre bir depo meydana getirilmiştir. Referans panel, pasif soğutucu akışkan olarak kullanılan antifriz, trafo yağı, su sıvı yağı, 30 numara yağ ve alkol birbirleri ile karşılaştırılmıştır. İç ortam deneylerinde fotovoltaiik panel için gerekli ışınım içinde akkor bir lambanın bulunduğu bir projektör ile sağlanmıştır. Dış ortam deneylerinde olduğu gibi uzun süreli deney yapılmayıp sadece 1 saatlik sürenin sonunda deneyler tamamlanmıştır. En düşük yüzey sıcaklığına 62.7°C alkol ile ulaşılmıştır. En yüksek açık gerilim 18.64V ile antifrizin kullanıldığı deney ile elde edilmiştir. En yüksek akım değeri ise 30 numara yağın kullanıldığı deney ile 111.7mA olarak kaydedilmiştir. Elde edilen güç bakımından akışkanlar karşılaştırıldığında 2.06W değerine ulaşan antifriz en iyi sonucu vermiştir. Yukarıdaki veriler 1 saatin sonundaki anlık değerler olup deneyin başından sonuna kadar ortalama değerleri karşılaştırıldığında ise şu sonuçlara varılmıştır. En düşük ortalama yüzey sıcaklığına ulaşan soğutucu akışkan 54.41°C ile alkol olmuştur. Üretilen açık gerilim miktarında ise alkol akışkanı ile 19.20V değerine ulaşılırken antifriz akışkanı ile 19.30V değerine ulaşarak en iyi sonuç elde edilmiştir. Ortalama akım değerinde ise en yüksek sonuca 112.86mA ile 30 numara yağ ile ulaşılmıştır. Soğutucu akışkanlar üretilen ortalama güç bakımından karşılaştırıldığında sıvı yağ ve on numara yağ ile 2.14W üretimin olduğu, en yüksek değere ise 2.16W ile antifriz akışkanında ulaşıldığı görülmüştür.

8.2. Öneriler

Bu çalışmada polikristal fotovoltaiik panelin arka yüzeyi yapılan bir tasarımla kapatılarak pasif soğutucu deposu olarak kullanılmıştır. Dış ortam deneylerinde alkol ve su akışkanları, iç ortam deneylerinde ise antifriz, trafo yağı, su, sıvı yağ, 30 numara yağ ve alkol akışkanları pasif soğutucu akışkan olarak kullanılarak panel üzerine etkisi karşılaştırılmıştır.

Deneyler sonunda pasif soğutmanın fotovoltaiik panel üzerinde olumlu etkilerinin olduğu ve panel performansını arttırdığı gözlemlenmiştir. Bu artışın daha sürdürülebilir olması için panelin arka yüzeyinin sahip olduğu mevcut fabrikasyon derinliğinin daha yüksek tutularak hacmin daha fazla artırıldığı tasarımlar kullanılabilir. Böylece soğutucu akışkanların gün içerisinde beklenenden daha çok ısınarak soğutma yerine ısıtma yapması engellenebilir. Ayrıca bu çalışmada sadece fotovoltaiik panelin pasif soğutulması incelenmişken depo üzerinde yapılacak bir ekleme ile panel FV/T durumuna dönüştürülebilir. Böylece hem ısınan akışkanının ısınıp daha rahat atması hem de bu atık ısıdan kullanım suyu hazırlanması için faydalanılması sağlanabilir. Akışkanların tamamının bir birine oldukça yakın değerlerde seyrettiği ve belirgin bir üstünlüklerinin olmadığı ancak kullanılan soğutucu akışkanın yoğunluğu arttıkça daha iyi sonuçların alınabildiği görülmüştür. Kaynama noktası ve yoğunluğu yüksek akışkanlar ile daha iyi sonuçların alınabileceği önerilebilir.

9. KAYNAKLAR

- A.M. Elbreki, M.A. Alghoul, K. Sopian ve T. Hussein. 2017, Towards adopting passive heat dissipation approaches for temperature regulation of PV module as a sustainable solution
- Al Tarabsheh A, Voutetakis S, Papadopoulos AI, Seferlis P, Etiera I, Saraereha O. 2013, Investigation of temperature effects in efficiency improvement of nonuniformly cooled photovoltaic cells.
- Anonim, 2019, Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, www.yegm.gov.tr/teknoloji/h_enerjisi (Erişim Tarihi, 2019)
- Anonim, 2019, Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx (Erişim Tarihi, 2019)
- Anonim, 2019, Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar_enerjisi (Erişim Tarihi, 2019)
- Anonim, 2019, Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA), www.yegm.gov.tr/MyCalculator/ (Erişim Tarihi, 2019)
- Anonim, 2019, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, www.mgm.gov.tr/genel/meteorolojiyegir.aspx (Erişim Tarihi, 2019)
- Anonim, 2019, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=SAMSUN (Erişim Tarihi, 2019)
- Anonim, 2019, TÜBİTAK Bilim Genç, www.bilimgenc.tubitak.gov.tr (Erişim Tarihi, 2019)
- Anonim, 2019, www.researchgate.net/figure/An-illustration-of-the-solar-PV-on-grid-system_fig9_319505523 (Erişim Tarihi, 2019)
- Bin Zhao, Mingke Hu, Xianze Ao ve Gang Pei. 2018, Performance analysis of enhanced radiative cooling of solar cells based on a commercial silicon photovoltaic module
- Chandrasekar M, Suresh S, Senthilkumar T. 2013, Passive cooling of standalone flat PV module with cotton wick structures.
- Filip Grubisic-Cabo, Sandro Nizetic, Duje Coko ve Ivo Marinc Kragic, 2017, Experimental investigation of the passive cooled free-standing photovoltaic panel with fixed aluminum fins on the backside surface Agis Papadopoulos

- Girgin, M.H. 2011, Bir Fotovoltaik Güneş Enerjisi Santrallerinin Fizibilitesi, Karaman Bölgesinde 5 MW'lık Güneş Enerjisi Santrali için Enerji Üretim Değerlendirmesi ve Ekonomik Analizi
- Haitham M.S. Bahaidarah, Ahmer A.B. Baloch ve Palanichamy Gandhidasan. 2016, Uniform cooling of photovoltaic panels: A review
- Hossein Alizadeh, Roghayeh Ghasempour, Mohammad Behshad Shafii, Mohammad Hossein Ahmadi, Wei-Mon Yan ve Mohammad Alhuyi Nazari. 2018, Numerical simulation of PV cooling by using single turn pulsating heat pipe
- Huang M, Eames P, Norton B. 2006, Phase change materials for limiting temperature rise in building integrated photovoltaics.
- Karagöl, E.T. ve Kavaz, İ. 2017, Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji, SETA, sayı 197
- Kızılkın, Ö. 2017, Arkadan Su Soğutma ile Fotovoltaik panellerin Verimliliğinin Araştırılması
- Kurşun, B, Ökten K. ve Dede G. 2016, Fotovoltaik Güneş Panellerinin Sıvıya Daldırma Yöntemi ile Soğutulmasında Kanal Geometrisi ve Panel Konumunun Etkisi Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 31(ÖS 2), ss. ÖS 135-ÖS 142
- Linus Idoko, Olimpo Anaya-Lara ve Alasdair McDonald. 2018, Enhancing PV modules efficiency and power output using multi-concept cooling technique
- M. Chandrasekar ve T. Senthilkumar. 2015, Experimental demonstration of enhanced solar energy utilization in flat PV (photovoltaic) modules cooled by heat spreaders in conjunction with cotton wick structures
- M. Chandrasekar, S. Suresh, T. Senthilkumar ve M. Ganesh karthikeyan. 2013, Passive cooling of standalone flat PV module with cotton wick structures
- M. Hasanuzzaman, A.B.M.A. Malek, M.M. Islam, A.K. Pandey ve N.A. Rahim. 2016, Global advancement of cooling technologies for PV systems: A review
- Milli Eğitim Bakanlığı, 2011, Yenilenebilir Enerji Kaynakları I
- Milli Eğitim Bakanlığı, 2011, Yenilenebilir Enerji Kaynakları II
- Mingke Hu, Bin Zhao, Xianze Ao, Pinghui Zhao, Yuehong Su ve Gang Pei. 2018, Field investigation of a hybrid photovoltaic-photothermic-radiative cooling system

- Mittelman G, Alshare A, Davidson JH. 2009, A model and heat transfer correlation for rooftop integrated photovoltaics with a passive air cooling channel. Sol Energy
- Moradgholi M, Nowee SM, Abrishamchi I. 2014, Application of heat pipe in an experimental investigation on a novel photovoltaic/thermal (PV/T) system.
- P. Sudhakar, G. Kumaresan, R. Velraj 2017, Experimental analysis of solar photovoltaic unit integrated with free cool thermal energy storage system.
- Phayom W. 2014, Improvement of Photovoltaic Module for Increasing Energy Conversion Efficiency.
- Robles-Ocampo B, Ruiz-Vasquez E, Canseco-Sanchez H, Cornejo-Meza R, Trápaga-Martínez G, García-Rodríguez F, et al. 2007, Photovoltaic/thermal solar hybrid system with bifacial PV module and transparent plane collector. Sol Energy Mater Sol Cells
- Rok Stropnik ve Uros Stritih. 2016, Increasing the efficiency of PV panel with the use of PCM
- S. Nizetic a, A.M. Papadopoulos ve E. Giama. 2017, Comprehensive analysis and general economic-environmental evaluation of cooling techniques for photovoltaic panels, Part I: Passive cooling techniques
- S. Sargunanathan, A.Elango ve S.Tharves Mohideen. 2016, Performance enhancement of solar photovoltaic cells using effective cooling methods: Areview
- Sohail R. Reddy, Mohammad A. Ebadian ve Cheng-Xian Lin. 2015, Thermal management and efficiency with single phase cooling
- Soylu, B.N. 2019, Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Konya İlinin Yenilenebilir Enerji Potansiyeli
- Tina G, Rosa-Clot M, Rosa-Clot P, Scandura P. 2012, Optical and thermal behavior of submerged photovoltaic solar panel.
- Valeh-e-Sheyda P, Rahimi M, Parsamoghadam A, Masahi MM. 2014, Using a wind-driven ventilator to enhance a photovoltaic cell power generation.
- Yıldırım, H.H. 2016, Türkiye’de Enerji Sorunu, Alternatif Çözüm Önerileri için Rüzgar Enerjisi ve Yatırımları: Güney Marmara Bölgesinde Rüzgar Enerji Yatırımlarının Risk ve Getiri Değerlendirmesi Üzerine bir Uygulama
- Yun GY, McEvoy M, Steemers K. 2007, Design and overall energy performance of a ventilated photovoltaic façade.

10. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Mehmet ALKIŞ

Doğum Yeri ve Yılı: Şanlıurfa – 1988

Yabancı Dili: İngilizce

Eğitim Durumu:

Lise: Yahya Altınbaş Lisesi, (2003 - 2006)

Lisans: Atatürk Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi – Elektrik Elektronik Mühendisliği, (2008 - 2012)

Yüksek Lisans: Ondokuz Mayıs Üniversitesi – Fen Bilimleri Enstitüsü – Yenilenebilir Enerji ve Uygulamaları Anabilim Dalı, (2017 - 2020)

İş Deneyimi:

YEŞİLİRMAK ELEKTRİK DAĞITIM A.Ş.

Genel Müdürlük Yatırım Koordinatörlüğü

- Proje Şefi (04/2019 – ...)
- Proje ve Planlama Uzmanı (07/2014 - 04/2019)

AKDENİZ ELEKTRİK DAĞITIM A.Ş.

- İşletme Sorumlusu (06/2013 - 07/2014)

İŞ KAYA İnş. San. ve Tic. Ltd. Şti.

- Şantiye Şefi (01/2013 - 06/2013)

Yayınlar:

- Engin ÖZBAŞ ve Mehmet ALKIŞ, Fotovoltaik Modüle Uygulanan Soğutma Tekniklerinin İncelenmesi, ISAS 2. Uluslararası Bilimsel Çalışmalarda Yenilikçi Yaklaşımlar Sempozyumu, 2018 s. 1274-1277