



**GÜNEŞ ENERJİ SİSTEMLERİ VE GÜNEŞ YATIRIMLARI İÇİN DOĞRU
VE GÜVENİLİR BİR YOL HARİTASI OLUŞTURULMASI**

Özlem ÖZÇELİK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

EYLÜL 2018

Özlem ÖZCELİK tarafından hazırlanan “GÜNEŞ ENERJİ SİSTEMLERİ VE GÜNEŞ YATIRIMLARI İÇİN DOĞRU VE GÜVENİLİR BİR YOL HARİTASI OLUŞTURULMASI” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Süleyman Sungur TEZCAN
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Başkan: Prof. Dr. M. Cengiz TAPLAMACIOĞLU
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye: Doç. Dr. Haluk GÖZDE
Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı, Milli Savunma
Üniversitesi, Kara Harp Okulu

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Tez Savunma Tarihi: 03/09/2018

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Özlem ÖZÇELİK
03/09/2018

GÜNEŞ ENERJİ SİSTEMLERİ VE GÜNEŞ YATIRIMLARI İÇİN DOĞRU VE GÜVENİLİR BİR YOL HARİTASI OLUŞTURULMASI

(Yüksek Lisans Tezi)

Özlem ÖZÇELİK

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Eylül 2018

ÖZET

Artan enerji talebi, güneş, rüzgâr, biokütle gibi alternatif enerji kaynaklarına ve bu kaynakların etkin bir şekilde kullanılmasına yönlendirmiştir. Ancak, yatırım yapılırken doğru ve güvenilir bir yol izlemek, verimlilik ve işletme kolaylığı açısından çok önemlidir. Güneş enerjisinden elde edilen elektrik enerjisi, sadece şehirlerde değil köy, kasaba, bağ evleri gibi nüfus yoğunluğunun az olduğu yerlerde de kullanılmaktadır. Yapılan çalışma, şebeke bağlı güneş yatırımları için doğru ve güvenilir tasarım yapılmasını, toplam elektrik üretimini etkileyen tasarım kriterlerinin saplanmasını, malzeme seçim kriterlerini ön plana çıkarmıştır.

Bilim Kodu : 90513 Elektrik enerjisi ve güç sistemleri
Anahtar Kelimeler : Güneş, Enerji, Yenilenebilir, Elektrik, Santral
Sayfa Adedi : 99
Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Süleyman Sungur TEZCAN

SOLAR ENERGY SYSTEMS AND CREATING CORRECT AND RELIABLE
ROADMAP FOR SOLAR INVESTMENTS

(M. Sc. Thesis)

Özlem ÖZÇELİK

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

September 2018

ABSTRACT

Increased energy demand has led to use alternative energy sources such as solar, wind, and biomass, and the efficient use of these resources. However, it is very important to follow the correct and reliable way of investing in terms of efficiency and operational convenience. Electricity from solar energy is used not only in cities but also in places where population density is low, such as villages, towns, vineyards. The thesis focuses on accurate and reliable design for grid-connected solar investments, design criterias that is affecting total electricity production and the selection criteria of solar equipment.

Science Code : 90513 Electrical energy and power systems
Key Words : Solar, Energy, Renewable, Electric, Power plant
Sayfa Adedi : 99
Danışman : Dr. Lect. Süleyman Sungur TEZCAN

TEŞEKKÜR

Tezimizin konusunun belirlenmesinde, araştırma aşamasında, yön tayininde ve tamamlanmasında bana destek olan değerli hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Süleyman Sungur Tezcan'a bana ayırdıkları değerli zaman ve sağladıkları destek için minnettarım. Tezimizin başlangıcından bitimine kadar bana inanan, benden yardımlarını esirgemeyen, her zaman yanımda olan aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	5
3. ENERJİ	15
3.1. Enerji Kaynakları	15
3.1.1. Birincil enerji kaynakları.....	15
3.1.2. İkincil enerji kaynakları	22
4. GÜNEŞ ENERJİSİ VE TEKNOLOJİLERİ	25
4.1. Isıtma Amaçlı Güneş Enerji Teknolojileri.....	26
4.1.1. Düzlemsel güneş kollektörleri.....	27
4.1.2. Vakumlu güneş kollektörleri.....	27
4.1.3. Güneş havuzları.....	27
4.2. Güneş Enerjisinden Elektrik Enerjisi Elde Etme Yöntemleri	28
4.2.1. Yoğunlaştırıcı sistemler.....	28
4.2.2. Güneş bacaları.....	33
4.2.3. Güneş pilleri	34

	Sayfa
4.2.4. Yoğunlaştırıcı fotovoltaiik sistemler	38
5. FOTOVOLTAİK SİSTEM ELEMANLARI	41
5.1. Paneller	42
5.2. Akü.....	43
5.3. Evirici.....	44
5.4. Şarj Kontrol Ünitesi	44
5.5. Yardımcı Elemanlar	45
6. GÜNEŞ YATIRIMLARININ GELİŞİM AŞAMALARI.....	47
6.1. Genel Yatırım Getiri Analizi	47
6.1.1. Hedefler, riskler, fırsatlar	47
6.1.2. İş ve zaman planı	49
6.1.3. Gelir gider özeti	49
6.2. Saha Belirleme	50
6.3. Teknik Plan	54
6.3.1. PV Tasarımı.....	54
6.3.2. Teknoloji seçimi.....	56
6.3.3. Tesis gelir gider çizelgesi	56
6.3.4. Yapılabilirlik raporu	56
6.4. Yatırım Planlama	57
6.4.1. Detaylı iş programı	57
6.4.2. Maliyet planlaması.....	57
6.4.3. Sözleşmeler	58
6.5. Tesis Kurulumu.....	59
6.5.1. Finansman anlaşması	59

	Sayfa
6.5.2. Saha hazırlanması ve tesis kurulumu	60
6.5.3. Testler	60
6.5.4. İşletmeye alma	65
6.6. İşletme.....	65
6.6.1. Üretimin izlenmesi.....	65
6.6.2. Bakım ve onarım.....	66
7. YAPILAN ANALİZLER	69
8. SONUÇ	89
KAYNAKLAR	93
EKLER.....	97
EK-1 TEDAŞ Kabul Evrakları Listesi	98
ÖZGEÇMİŞ	99

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. Türkiye, kaynak bazında elektrik enerjisi üretimi	2
Çizelge 1.2. Türkiye, yıllara göre elektrik tüketimi	3
Çizelge 3.1. Bölgelere göre dünya görünür doğalgaz rezervi	18
Çizelge 3.2. Bölgelere göre 2013 yılı doğalgaz tüketimleri	18
Çizelge 3.3. Bölgelere göre görünür petrol rezervi.....	19
Çizelge 3.4. Bölgelere göre 2013 yılı petrol tüketimleri	20
Çizelge 3.5. Ülkemiz elektrik enerjisi görünümü (GWh).....	23
Çizelge 3.6. Kaynak bazında Türkiye elektrik enerjisi üretimi (GWh).....	24
Çizelge 6.1. Yenilenebilir enerji destek fiyatları	48
Çizelge 6.2. Isparta ili aksu ilçesi güneşlenme süreleri	53
Çizelge 7.1. Seçilen arazilerin karşılaştırma tablosu	69
Çizelge 7.2. Kullanılan panellerin özellikleri	70
Çizelge 7.3. Eğim açısı ve panel tipi karşılaştırma tablosu	70
Çizelge 7.4. Fotovoltaik kablo kesiti ve kablo uzunluğunun karşılaştırma tablosu	75
Çizelge 7.5. PV dizi/evirici oranı 1,39 olan tasarım karakteristikleri.....	78
Çizelge 7.6. PV dizi/evirici oranı 0,97 olan tasarım karakteristikleri.....	81
Çizelge 7.7. PV dizi/evirici oranı 1,15 olan tasarım karakteristikleri.....	81
Çizelge 7.8. PV dizi/evirici oranlarının elektrik üretimi açısından karşılaştırılması	83
Çizelge 7.9. A, B, C eviricilerinin tasarım karakteristikleri	84
Çizelge 7.10. A, B, C eviricilerinin toplam elektrik üretim açısından karşılaştırılması .	86

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Son 10 yılda dünya fosil yakıt arzındaki gelişim.....	17
Şekil 4.1. Dünyaya gelen güneş ışınları gösterimi.....	25
Şekil 4.2. Parabolik oluk tipi enerji sistemi	30
Şekil 4.3. Merkezi alıcı güneş santrali	32
Şekil 4.4. Fresnel oluk teknolojisi.....	33
Şekil 4.5. Güneş bacası modeli	34
Şekil 4.6. Güneş hücresi, paneli ve modülü genel görünümü.....	36
Şekil 4.7. Hibrit sistem örneği	38
Şekil 5.1. Şebeke bağlı sistem genel gösterimi.....	41
Şekil 5.2. Şebeke bağımsız sistem genel gösterimi	42
Şekil 5.3. Modüllerin paralel ve seri bağlantı şemaları ve akım grafikleri.....	43
Şekil 7.1. Eğim açısı 30 derece olan sistemin verim eğrisi	71
Şekil 7.2. Eğim açısı 25 derece olan sistemin verim eğrisi	72
Şekil 7.3. Eğim açısı 35 derece olan sistemin verim eğrisi	72
Şekil 7.4. Yaz aylarında eğim açısı 16 derece olan sistemin verim eğrisi.....	73
Şekil 7.5. Kış aylarında eğim açısı 50 derece olan sistemin verim eğrisi.....	74
Şekil 7.6. Azimut açısı 20 derece olan sistemin verim eğrisi	74
Şekil 7.7. Azimut açısı -20 derece olan sistemin verim eğrisi.....	75
Şekil 7.8. 4 mm kesitli PV kablo kullanılan tasarım için oluşan yıllık kayıplar.....	76
Şekil 7.9. 6 mm kesitli PV kablo kullanılan tasarım için oluşan yıllık kayıplar.....	76
Şekil 7.10. PV kablo uzunluğu değiştirilerek yapılan tasarım için oluşan kayıplar	77
Şekil 7.11. PV dizisi/evirici oranı 1,39 olan tasarım için akım-gerilim eğrisi.....	78
Şekil 7.12. PV dizisi/evirici oranı 1,39 olan tasarım için kayıp şeması.....	79

Şekil	Sayfa
Şekil 7.13. PV dizisi/evirici oranı 0,97 olan tasarım için akım-gerilim eğrisi.....	80
Şekil 7.14. PV dizisi/evirici oranı 0,97 olan tasarım için kayıp şeması.....	81
Şekil 7.15. PV dizisi/evirici oranı 1,15 olan tasarım için akım-gerilim eğrisi.....	82
Şekil 7.16. PV dizisi/evirici oranı 1,15 olan tasarım için kayıp şeması.....	82
Şekil 7.17. A evirici üreticisi ile yapılan tasarım sonuçları	84
Şekil 7.18. B evirici üreticisi ile yapılan tasarım sonuçları	85
Şekil 7.19. C evirici üreticisi ile yapılan tasarım sonuçları	86

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 4.1. Parabolik oluk kolektörler.....	29
Resim 4.2. Parabolik çanak tipi enerji sistemi genel görünümü.....	31
Resim 4.3. Şebeke bağımsız güneş enerji sistemi örneği.....	37
Resim 4.4. CPV örneği.....	39
Resim 6.1. Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası	51
Resim 6.2. Isparta ili güneş enerjisi potansiyeli	52
Resim 6.3. Seçilen arazinin google earth görüntüsü	54

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

GWh

Açıklamalar

Gigawatt saat

kWh

Kilowatt saat

mm

Milimetre

MW

Megawatt

sa

Saat

TWh

Terawatt saat

\$

Dolar

°C

Derece santigrat

Kısaltmalar

Açıklamalar

ABD

Amerika Birleşik Devletleri

AC

Alternatif akım

CPV

Yoğunlaştırıcı fotovoltaiik

DC

Doğru akım

EPC

Anahtar teslim işi yapan firma

HES

Hidroelektrik enerji santrali

PV

Fotovoltaiik

RES

Rüzgâr enerji santrali

TEDAŞ

Türkiye elektrik dağıtım şirketi

1. GİRİŞ

Günümüz toplum büyümelerinde önemli bir yeri olan sanayileşmenin sağladığı fayda beraberinde enerji talebinde artışı getirmiştir. Elektrik enerjisi üretiminde ülkemize baktığımızda ithal ettiğimiz petrol, doğalgaz ve ithal kömüre bağımlı olduğu görülmektedir. Teknolojik gelişmeleri göz önüne alarak, temiz tükenmez enerjiler olarak da adlandırılan alternatif enerji kaynakları değerlendirilmelidir. Temiz tükenmez enerji kaynağı olan güneş enerjisini kullanarak elektrik üretim sistemleri ve güneş yatırımları için doğru ve güvenilir bir yol haritasının oluşturulması tez konusu olarak işlendi.

Uluslararası Enerji Ajansı' nın hazırladığı ve mevcut enerji politikalarını sürdürmeye yönelik senaryolara göre elektrik üretiminin %42'sini Çin ve ABD gerçekleştirmiştir. 2015'de 24097,7 TWh'den ortalama %2'lik artışlarla toplamda %70 olacağı beklenmektedir. Beklenen bu artış gerçekleştiği takdirde küresel enerji büyüme oranının %42'sine denk gelmektedir.

Gelişmekte olan ülkelerin yüksek ekonomik büyüme oranları, elektrik talebinin de artmasına sebep olmaktadır. Ekonomik büyümenin yükselmesi sonucu olarak kişi başına gelirin artmasıyla yaşam standartları yükselmekte, bu da sanayi ve ev aletlerinde kullanılan elektrik talebini arttırmaktadır. Bunun sonucu olarak, Uluslararası enerji ajansı çalışmasındaki elektrik üretiminde öngörülen bu 17740 TWh'lik artışın önemli bir oranının (%82,9'unun), Türkiye'nin de aralarında bulunduğu ekonomik kalkınma ve iş birliği örgütü üyesi ülkelere ziyade, ekonomik kalkınma ve iş birliği örgütü üyesi olmayan ülkelere %3,5 oranında ciddi bir artış gerçekleşeceği hesaplanmaktadır. 2010-2035 döneminde, tüm dünyada elektrik enerjisi kurulu güç kapasitesinin brüt 4357 GW artması öngörülmektedir. Bu öngörü göz önüne alındığında ve uluslararası enerji ajansı tarafından yayınlanan yeni politikalar senaryosu incelendiğinde 2013-2035 döneminde yapılması beklenen 38,6 trilyon dolarlık yatırımların 17,0 trilyon dolarlık (2012 \$ değeriyle) kısmını tek başına elektrik enerjisinin oluşturacağı beklenmektedir. Bu yatırım tutarının %58'ini yeni elektrik üretim santralleri yatırımlarının, %42'sini elektriğin dağıtım ve iletim projelerinin oluşturması düşünülmektedir. Elektrik sektörü dışında doğalgaz sektörüne ise 5,7 ve petrol sektörüne 9,4 trilyon dolarlık yatırımın yapılacağı tahmin edilmektedir. Petrol ve doğalgaz sektöründe öngörülen bu yatırımların %62'sinin, ekonomik kalkınma ve iş birliği örgütü dışında kalan

ülkelerde yapılması beklenmektedir. Kömüre dayalı elektrik üretiminin 2035 yılına kadar yıllık ortalama %2,4 oranında yükselmesi beklenmektedir. Ancak, kömüre dayalı elektrik üretimi, sera gazı emisyonlarını azaltmaya yönelik ulusal mevzuat çalışmaları ve uluslararası anlaşmalara bağlı olarak değişebilir.

Doğalgaza dayalı elektrik üretiminin 2040 yılına kadar yıllık ortalama %1,7 oranında yükselmesi beklenmektedir. Kaya gazı üretiminin başlaması bu öngöründe ciddi bir pay sahibidir. Dünya üzerindeki 2011 yılı kaya gazı üretiminin %90'ına sahip olan ABD ve Kanada'nın 2020 yılına kadar kaya gazı üretimindeki artış oranının yarısını karşılayacağı hesaplanmaktadır. 2020 yılından sonra ise Avustralya ve Çin'in kaya gazı üretimine başlayacağı dolayısıyla, ABD ve Kanada'nın üretiminin azalacağı düşünülmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynakları 2040 yılına kadar yıllık ortalama %3 büyüme payı ile en hızlı büyüme oranına sahip enerji kaynaklarıdır. Türkiye'nin büyüme oranlarındaki yükselmenin bir sonucu olarak enerji talebinde artış meydana gelmekte ve ilerleyen yıllarda enerji talebindeki artışın devam edeceği öngörülmektedir.

2015 verilerine göre elektrik üretiminde termik kaynakların %68,5 oranı ile birinci sırada olduğunu görmekteyiz. Çizelge 1.1 de verilen Türkiye kaynak bazında elektrik enerjisi üretimine bakacak olursak, 2015 verilerine göre %32,44 ile kömür birinci sırada, %32,4 ile doğalgaz ikinci sırada yer alırken, %26,2 ile hidrolik, kömür ve doğalgazı izlemektedir, geri kalan %8,95 oranındaki bölüm ise yenilenebilir ve diğer kaynaklardan karşılanmıştır. 2002-2015 dönemlerine bakıldığında, yenilenebilir kaynakların payının sürekli yükseldiği görülmektedir.

Çizelge 1.1. Türkiye, kaynak bazında elektrik enerjisi üretimi [1]

	2011 (GWh)	2012 (GWh)	2013 (GWh)	2014 (GWh)	2015 (GWh)	2016 (GWh)
Termik	171,638	174,872	171,812	200,417	179,366	184,889
Hidrolik	52,339	57,865	59,420	40,645	67,146	67,268
Rüzgâr+ Güneş+Jeo.	5,418	6,760	8,921	10,901	15,271	21,231

Türkiye'nin son 10 yıl içerisindeki enerji sektöründeki büyüme oranı, gelişmiş ülkeler ile kıyaslandığında çok daha yüksektir, bunun bir sonucu olarak elektrik ve doğalgaz talebinde artış olmuştur. 2015 itibariyle Türkiye'de elektrik tüketiminde ortalama %3,3 artış ve 2016 yılında ise %4,75 artış olduğu Çizelge 1.2'de görülmektedir [1].

Çizelge 1.2. Türkiye, yıllara göre elektrik tüketimi (GWh) [1]

	2012	2013	2014	2015	2016
Elektrik Tüketimi (GWh)	242,370	246,357	257,220	265,724	278,345
Tüketim Artış Oranı (%)	5,2	1,6	4,4	3,3	4,75

2. LİTERATÜR TARAMASI

Mandala ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmaya göre, fosil yakıt kaynaklarının küresel olarak tükenmesi alternatif enerji kaynaklarına acil bir şekilde yönelmeyi gerektirmiştir. Güneş enerjisi temiz, tükenmez ve çevre dostu bir alternatif enerji kaynağıdır. Ama tek başına ne bir güneş fotovoltaik santralleri ne de bir rüzgâr enerjisi santrali mevsimsel ve dönemsel etkilere maruz kaldığı için sürekli bir enerji kaynağı olarak düşünülemez. Bu sebeple artan enerji talebini karşılamak için güneş enerjisi ve konvansiyonel enerji sistemlerinin birleştirildiği alternatifler umut verici görünmektedir. Yapılan çalışmada, dünyanın ilk küçük ölçekli şebeke bağlantılı güneş enerji santrali geliştirilmesi denendi. İlk olarak, şebeke bağlantılı fotovoltaik güneş enerji sistemleri incelendi. Çalışmada sistem tasarımı için 1 kWp için çalışıldı. Daha sonra sistem içinde enerji çalışmaları yapılan binanın çatısına kuruldu ve şebeke bağlantısı yapıldı. Sistem beslemesinin şebeke ile başarılı bir şekilde gerçekleştiği görülmüştür. Sistem performans analizine bakıldığında, 1003 W/m^2 civarında olan radyasyon seviyesinde şebekeye maksimum 814 W besleme yapıldığı ve farklı güneş yoğunluk seviyelerinde genel sistem verimliliği 12,3% ile 18,42% arasında değiştiği görülmüştür. Ayrıca, son yağışlı mevsimlere bakıldığında mevcut sistemin ortalama enerji üretiminin yaklaşık 3 - 4 kWh / gün olduğu keşfedildi. Bu sonuçlar, sistemin güvenilirliği ve uygulanabilir olduğunun kanıtıdır. Ve bunun gibi yapılan çalışmalar okul, üniversite, ofis, ticari binalar, mağazalar gibi en fazla enerji tüketimi olan tüketicilere elektrik faturasını azaltmak için yardımcı olacaktır. Bu tarzda küçük ölçekli güneş enerji sisteminin ilk kez yapıldığı raporlandı [18].

Qureshia ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, Pakistan'ın elektrik üretim sektöründeki krizin yük atmaya sebep olduğu dolayısıyla evsel, ticari ve endüstriyel faaliyetler de dahil olmak üzere tüm sektörler bu kesintilerden en az seviyede etkilenmek için güneş enerjisi fotovoltaik gibi modern teknolojileri benimsediler. Birçok ülkede güneş enerjisi fotovoltaik sisteminin kullanımı, enerji ihtiyaçlarını karşılamak için umut vadeden bir çözüm haline gelmiştir ancak, Pakistan'da büyük potansiyele rağmen hane düzeyinde kullanımı halen kullanılmamaktadır. Bu çalışma ile Lahor, Pakistan'da güneş fotovoltaiklerinin benimsenmesine ilişkin hane halkının kararlarını etkileyen unsurları tanımlamaktadır. İlgili tanımlamaları yapabilmek için öncelikle önemli belirleyicilerden oluşan genel bir liste daha önce yapılan araştırmalardan çıkarılmıştır. Daha sonra, Roger'ın ikna teorisinin özelliklerine

dayanan ayrıntılı görüşmeler hem güneş enerji sistemini benimseyenler hem de benimsemeyenler ile sebeplerini sıralamak üzere hane halkı düzeyinde gerçekleştirildi. Hane halkının güneş fotovoltaik sistemini benimsemesi, diğer geleneksel elektrik kaynakları ile karşılaştırıldığında çok fazla avantajları olması gerçeğine bakılmaksızın birçok engelle karşı karşıya kaldı. Yapılan çalışma da güneş enerjisi fotovoltaik sisteminin maliyeti en önemli engel olarak görüldü. Buna ek olarak, hane halkı düzeyinde küçük güneş fotovoltaik sistemlerinin kurulması için hükümet tarafından mali desteğin yeterli olmaması kabullenmeme kararlarını daha da pekiştirdi. Hane halkının kabul etmemesindeki diğer önemli unsurlar arasında, tüm ekipmanların aynı anda kullanılması zorluğu ve teknisyenler kadar güvenilir satıcıların eksikliği de bulunmaktadır. Güneş enerjisi fotovoltaik sisteminin yerel pazardaki varlığı ile birlikte çevreye duyarlı özelliğinin hane halkı seviyesinde önemli bir etkiye sahip olduğu görüldü. Bununla beraber aşağıdaki çözümler faydalı olabilir.

- Güneş enerjisi fotovoltaik sisteminin yüksek peşin maliyetine karşın, Hükümet fotovoltaik sistem alımında küçük potansiyel alıcılara sıfır veya düşük faiz oranı ile bir finansal enstitü kurarak destek olabilir.
- Hükümet, henüz pratik olarak Lahor'da başlamayan elektrik ticareti için sayaçlar ile net elektrik ölçümü kavramını uygulamalıdır. Net ölçüm ile pillerin ana maliyeti sistemden düşecek ve bu da fotovoltaik sisteminin maliyetini düşürecektir.
- Güneş enerjisi fotovoltaik sisteminin benimsenmesine destek olmak amacıyla tedarikçi ve ev için tüm güneş fotovoltaik sistemi bileşenleri için ithalat vergisinin düşürülmesi ve uygun hükümet destekleri sağlanmalıdır.
- Hane halkı güneş enerjisi teknolojisi avantajlarından ve dezavantajlarından tam olarak haberdar edilinceye kadar, güneş enerjisi fotovoltaik sisteminin yayılması için her türlü destekleyici çaba yararsız olacaktır. Tedarikçi, satıcılar ve hükümet, diğer kuruluşlar ile birlikte, güneş enerjisi sistemi yararları konusunda kamuoyunu bilgilendirmek ve insanların kaliteli güneş sistemi satın alabileceği güvenilir satıcıları tanıtmak için toplu olarak kampanyalar başlatmalıdır [19].

Dinçer'in yaptığı çalışmada ülkemizden bahsetmektedir. Günümüzde genç nüfusu ve kişi başı artan enerji talebi, hızla artan kentleşme ve ekonomik gelişimi ile Türkiye, son iki yıldır dünyanın hızla büyüyen elektrik enerjisi pazarlarından biridir. Maalesef Türkiye'nin enerjisi büyük ölçüde dış ülkelere bağımlı olduğu için ve sürekli artan enerji ihtiyacı için her yıl milyarlarca dolar harcıyor. Diğer bir taraftan, fosil yakıtlardan elektrik üreten santrallerde atmosfere salınan kirleticilerin küresel ve çevresel hava kalitesi üzerindeki etkileri,

yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi için güçlü sebepler sunmaktadır. Güneş enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları arasında mevcut en iyi kaynaklardan biridir. Görelilik, uygulanabilirlik, sessiz, kirlilik yaratmayan, az bakım, uzaktan saha uygulamasına uygun, herhangi bir yakıt gerektirmeyen ve elektrik şebekesinden bağımsız olarak da çalışabilme özelliğine sahip olması güneş enerjisinin birçok avantajından birkaçıdır. Türkiye, güneş enerjisi uygulamaları için yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahip olduğundan, gelişmiş ülkelere oranla güneş enerjisinden elektrik üretiminde daha çok ilerlemektedir. Bu çalışma, Türkiye'de fotovoltaik teknoloji durumu ve fotovoltaik sektörünün genel görünümü ve fotovoltaik güç sistemlerinin dünyadaki kullanım ve kapasite durumu, Türkiye'de enerji tüketimi ve talebi, Türkiye'deki güneş enerjisinin coğrafi tanımlanması, Türkiye'de fotovoltaik endüstrisi ve güneş enerjisi mevzuatı, Türkiye'de fotovoltaik alanında yapılan Ar-Ge çalışmaları, Türkiye'nin fotovoltaik endüstrisinde gelecek stratejisi, Fotovoltaik sektörünün ekonomik olarak dünyadaki güncel ve gelecekteki durumuna genel bir bakışı göz önüne almıştır. Ayrıca, bu konuların temelinde bu yazıda Türkiye'nin fotovoltaik sektöründe, üstünlükleri, zayıf yönleri, fırsatların, tehditlerin analizi yapılmıştır.

Güçlü yönler:

- Çeşitli doğal kaynaklara sahip uygun coğrafya
- Türkiye, jeotermal kaynaklar açısından ilk beş ülke arasındadır
- Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli, birçok Avrupa ülkesinin birleşik potansiyelinden daha yüksek
- DSI 2009 Yılı Faaliyet Raporu'na göre, Türkiye 14,3 GW kurulu gücü olan 213 HES'e sahiptir
- Türk elektrik piyasası, Avrupa'nın en umut verici pazarlarından birini temsil etmektedir

Zayıf yönleri:

- Çevre teknolojileri sektöründeki çoğu Türk firması büyük çevre projelerini idare edebilecek kapasiteden yoksun olduğu için Türkiye'de yabancı çevre uzmanlığına büyük ihtiyaç duymaktadır
- Avrupa'ya kıyasla enerji kullanımında daha düşük verimlilik
- Yerel girişimcilerin finansal kaynaklarının eksikliği.

Fırsatlar:

- Yeni yenilenebilir enerji teknolojilerinin kullanımı için yüksek kaynak potansiyeli (özellikle bor ve toryum kaynakları)
- Ekonomik büyüme, sanayileşme ve kentleşmenin bir sonucu olarak, özellikle atık yönetimi, su temini ve yönetimi ile hava kirliliği kontrolü ve alt sektörlerinde Türkiye'de Çevre Gereçleri ve Hizmetlerine olan talep artmaktadır
- Türkiye, enerji ithalatını azaltmak için yenilenebilir enerjiye odaklanmaya başlamıştır
- Yenilenebilir enerji pazarında muazzam yatırım fırsatları.

Tehditler:

- HES ve RES ekipmanlarında ithalata bağlı olmak
- Serbestleştirme sürecinde ve özel sektör yatırımlarında gecikme.
- Dünya'da ve Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarının ağırlıklı olarak devlette bulunması.

Güneş enerjisi ve fotovoltaik panel uygulamaları, Dünyada ve özellikle Türkiye'de, üretim ve yatırım hızlı bir süreç yaşadı. Proje geliştirmek, enerji verimliliği ve yatırımları açısından enerji planlama haritası referans alındığında önemli bir sorundur. Proje temel olarak güneş radyasyon başlangıç değerleri ve güneşlenme süresini en az bir yıl süre ölçmek için yapılmıştır. Fizibilite çalışması, elde edilen verilere göre yapılmalıdır. Çevre açısından iyi hâle getirilen sürdürülebilir enerji programlarını başarmak için her aşamada yenilenebilir enerji kaynakları teşvik edilmelidir. Bu teşvikler kısa ve uzun vadeli politikalar için güçlü bir temel oluşturur. Devletler teşvik edilmelidir, bireysel katılımcılar teşvik edilmeli ve fotovoltaik enerji ticareti ve fotovoltaik hücre üretimi teşvik edilmelidir. İnsanlar kendi elektriklerini daha kolaylaştırılmış bir şekilde üretebilir. Halkın dikkatini çekmek ve uygulamaları artırmak için çeşitli etkinlikler düzenlenmelidir. Kamu makamları bu durum için önemli bir role sahiptir. Türkiye'ye bakıldığında, bazı teknolojik ve ekonomik sonuçlardan dolayı geniş bir uygulama alanı bulunmamaktadır ancak, enerji ithal eden ülke olduğu ve yerel fosil yakıtların da sınırlı olması ve ekonomik şartların iyi olmamasından kaynaklı yenilenebilir enerji kullanımı yıldan yıla artış göstermektedir [20].

Pedersena ve arkadaşlarının yaptığı çalışmaya göre tortuların birikmesi, yani toz veya kir parçacıkları bir fotovoltaik sisteminin verimliliğini önemli ölçüde azaltabilir. Norveç'te, şebekeye bağlı fotovoltaik sistemlerde ilk önemli tesisler 2014'de ortaya çıktı ve bu

zamandan sonra Norveç iklimi ve güneşleme koşulları altında fotovoltaik performansına artan bir ilgi duyuldu. Bu yazıda, Norveç'teki bir iç iklimde fotovoltaik modüllerinin kirlenmesi nedeniyle oluşan kayıplar incelendi ve yağmurun bu ortamdaki temizleme etkisini değerlendirildi. Kirlenmenin etkisi, optik ölçümlerin ve yüksek hassasiyetli denge ölçümlerinin birleşimi ile tespit edilebileceğini de görüyoruz; burada biriken toz yoğunluğu, cam numunelerini temizlemek için kullanılan bezlerin ağırlık değişimleri ölçülerek değerlendiriliyor. Proje sahasında toprak geçirgenliğindeki azalmayı toz yoğunluğu ile ilişkilendirmek için tozun başlangıçtaki optik ve fiziksel analizi yapılmalıdır. Bu birleşim kurulduktan sonra kirlilikten dolayı verim azalmasının doğrudan ve niceliksel ölçümleri laboratuvar erişimi olmaksızın ilgili saha için elde edilebilir. Ağırlık ölçümleri, alana yerleştirilen güneş modülleri için yapılan kirlenme çalışmalarının doğruluğunu iyileştirmek için referans olarak temizlenmiş bir hücreye uygulanması klasik yöntemi tamamlayabilir. Bu, Güney Afrika'daki Kalkbult gibi uzak bölgelerdeki fotovoltaik santraller için kirlenme nedeniyle güç kayıplarının tahmin edilmesi için önemlidir [21].

Notton ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, bir enerji yaklaşımına dayanan en uygun boyutlandırma metodolojisi, fotovoltaik modül teknolojisi ve eğimi, invertör türünü ve yerini göz önünde bulundurarak şebekeye bağlı fotovoltaik sistemlere uygulanır. M-Si, p-Si-Si ve BDT verimliliği açıklayan bir model kullanılır. Bu yöntem, Bulgaristan ve Korsika'da (Fransa) çeşitli Meteoroloji istasyonlarında uygulanmıştır. Fotovoltaik modül teknoloji etkisi, özellikle belirlenen bazı şekilsiz Fotovoltaik modüller haricinde daha az öneme sahiptir. Fotovoltaik sistemindeki eğim, özellikle de invertörün Fotovoltaik peak enerjisinden daha küçük olması durumunda performansı etkiler.

Şebeke bağlantılı bir Fotovoltaik sisteminin optimal boyutlandırılması ile ilgili ana sonuçlar şunlardır:

- En çok etkileyen parametre inverter boyutu ve Fotovoltaik dizileri için seçilen inverter verim eğrisidir; aynı Fotovoltaik modülü teknolojisi ve aynı saha için Fotovoltaik dizisi, seçilen invertöre bağlı olarak nominal inverter kapasitesine kıyasla %30 artırılmalı veya % 30 küçültülmelidir;
- Fotovoltaik modül teknolojisinin etkisi şekilsiz (amorft) fotovoltaik modüller hariç olmak üzere daha az önemli gibi gözükmektedir. Başlangıçta, bu teknoloji için optimum oran R_s diğer Fotovoltaik modüllerine kıyasla daima daha küçüktür, ancak, eviricinin çok

küçük olması çok önemlidir, Fotovoltaik sistem verimliliğinde çarpıcı bir düşüşe yol açarak diğer üç Fotovoltaik modül tipinden daha fazla etkiye neden olabilir. Amorf silikon fotovoltaik modülleri kullanarak şebekeye bağlı bir fotovoltaik sisteminin boyutlandırılması daha fazla dikkatle gerçekleştirilmelidir.

- Eğimin fotovoltaik sistem üzerindeki etkisi küçüktür ancak, fotovoltaik sistem performansı üzerindeki etkisi, Normalden daha küçük boyutta evirici kullanılan fotovoltaik sistem üzerindeki etkisi normalden daha büyük boyutta evirici kullanılan fotovoltaik sisteme göre daha önemlidir. Fotovoltaik modülü eğiminin ayrıca fotovoltaik modülü ve fotovoltaik sistemi verimleri aylık ortalama değerleri üzerinde de bir etkisi vardır.
- Korsika'da (8680 km²) küçük olduğu için, güneş radyasyonunun ve ortam sıcaklığının bir alandan diğerine olan etkisi teyit edilememiştir. Ancak, Bulgaristan'da (110 994 km²) sahanın bulunduğu yerin etkisi olarak bazı farklılıklar gözlemlenmiştir [22].

Wanga ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmaya göre, mevcut literatürlerde güneş fotovoltaik sisteminin performansını etkileyen sekiz büyük çevresel faktörü gözden geçirmektedir.

Sıcaklık

Toplam güneş ışıının etkileri dışında, güneş ışınlarının alınmasını etkileyen gelen güneş radyasyonunun ve hava kütlesinin insidans açısı, fotovoltaik sıcaklığı fotovoltaik verimliliğini etkileyen en önemli faktördür. Dinçer ve Meral, güneş pillerinin sıcaklığı düştükçe daha yüksek voltaj üretme eğilimi gösterdiğini ve bunun sonucunda daha yüksek güneş pil verimliliğine neden olduğunu incelemiştir. Sıcaklık arttıkça, iç yarı iletken band aralığı küçülür ve açık devre voltajı azaltılır; bu da daha fazla emilen gelen enerjiye neden olur. Skoplaki ve arkadaşları kısa bir süre fotovoltaik modüllerinin çalışma sıcaklığı ile örneğin güneş radyasyon akısı, arka taraf hücresi sıcaklığı, ortam sıcaklığı ve rüzgâr hızı gibi diğer değişkenler arasındaki korelasyonu tartıştılar. McColl ve arkadaşları güneş izlemesi veya su soğutma gibi termal yönetimin güneş fotovoltaik modüllerinin performansını nasıl etkilediğini karşılaştırdılar. Garcia-Domingo ve arkadaşları ortam sıcaklığının artmasının konsantre fotovoltaik modülünün performansı üzerinde olumsuz bir etki yaptığını bulmuşlardır. Güneşlik ve dönüşüm verimliliği, modül sıcaklığının bir fonksiyonu olarak ifade edildiğinden, Nishioka ve arkadaşları modül sıcaklığının yükselmesiyle dönüşüm verimliliğinin düştüğünü bulmuşlardır. Ayrıca, modül sıcaklığı 25 °C'yi aştığında

fotovoltaik sistem dönüşüm verimliliğinin daha hızlı düştüğü sonucuna varmışlardır. Deney, su soğutmasının çalışma sıcaklığını 5 °C ile 23 °C'ye düşürebileceğini ve üretimi %9-22 artırabileceğini buldu.

Güneş ışıınımı

Garcia-Domingo ve arkadaşları doğrudan normal ışıınının konsantre fotovoltaik modülünün performansını etkileyen önemli bir role sahip olduğunu gösterdi. Kapalı bir laboratuvar deneyiyle Jiang ve arkadaşları, güneş yoğunluğunun ve üretim verimi arasındaki ilişkinin, toz yoğunluğunu sabit tuttuğunda ters U-şekilli olduğunu keşfetti; üretim etkinliği, orta yoğunlukta güneş yoğunluğunda en yüksek değere ulaştı. Benzer şekilde, dış ortam koşullarında üretim etkinliği ile toplam güneş ışıınımı arasındaki ters U şekilli eğri tanımlanmıştır.

Yükseklik

Raja, daha düşük hava basıncı, atmosferdeki kısa yol ve karıştırılmamış gazların ve aerosollerin konsantrasyonunun azalması nedeniyle, yükselmenin artmasıyla, güneşlenmenin daha gergin olduğunu belirtti. Gökmen ve arkadaşları yüksek irtifalı tepeler ve dağlar gibi yerlerin rüzgârın soğuma etkisine özel dikkat göstermesi gerektiğini belirtti. Bununla birlikte, Elkhatib ve arkadaşları, 200 ila 800 feet arasındaki çatılarda, artırılmış yükselti ile üretim verimliliğinde belirgin bir iyileşme göstermedi.

Rüzgâr hızı

Rüzgâr soğutma etkisine sahiptir ve fotovoltaik sisteminin havalandırılmasına yardımcı olabilir. Gökmen ve arkadaşları matematiksel model ve deneysel vaka incelemesi, rüzgâr hızının, özellikle rüzgâr lokasyonlarda bir fotovoltaik sisteminin çalışma performansını büyük ölçüde etkileyebileceğini göstermiştir. Obara ve diğerlerinin çalışmasında rüzgârsız lokasyonda dönüşüm randımanı rüzgârsız lokasyona kıyasla %18'e kadar yükseldi. Bununla birlikte, Gaglia ve arkadaşları, rüzgâr hızının pozitif soğutma etkisinin, fotovoltaik verimliliği üzerindeki sıcaklığın ve güneş ışığının olumsuz etkisine kıyasla nispeten düşük olduğunu iddia etmiştir.

Kirlenme

Çökme oranı ile gösterilen toz birikimi, fotovoltaik modülü vasıtasıyla iletilen güneş ışınlarını ve dolayısıyla modüller tarafından dönüştürülen güneş enerjisini bloke ettiği için fotovoltaik sisteminin performansını etkileyen hayati bir faktördür. Jiang ve arkadaşları, toz birikiminin üretim etkinliği ile negatif doğrusal bir ilişkiye sahip olduğunu gösterdi. Paudyal ve arkadaşlarının dış mekân deneyleri, dipteki yüksek toz konsantrasyonunun sıcak noktaya ve sonuç olarak kalıcı modül hasarına neden olabileceğini bulmuşlardır. Adinoyi ve arkadaşları dış mekân koşullarına maruz kalan fotovoltaik modüllerinin performanslarını incelemiş ve elektrik üretimindeki azalmanın toz frekansı ve yoğunluğun bir sonucu olduğuna karar vermişlerdir. İzleyiciler ve daha sık temizleme programları tozlu koşullarda üretim verimliliğini artırmaya yardımcı olabilir. Temizleme, tozdan hemen sonra, akan su ve bir sünger kullanılması tavsiye edilir. Micheli ve arkadaşları altı kirlenme istasyonundan elde edilen verileri analiz etmiş ve kirlilik oranı ile özel madde arasında iyi korelasyon bulmuştur. fotovoltaik modülü verimliliğinin ve toz yoğunluğunun azaltılması arasında doğrusal korelasyon da bulunmuştur. Araştırmalar ayrıca kirin fiziksel özelliklerinin farklılıklarının fotovoltaik modüllerinin performansını nasıl etkilediğini araştırdı.

Yağış

Adinoyi ve arkadaşları, yağışın tozlu bölgelerdeki güneş fotovoltaik modüllerinin üretimini geliştirdiğini, ancak, temizlik için kullanamayacağını belirtti. Aksine, Kalogirou ve arkadaşları kış aylarında yağmur yağmasının panelleri temiz tutmaya yeterli olduğu sonucuna vardı. Micheli ve arkadaşları yağışın, uzun kuru bir mevsim veya tozlu bir dönem sonrasında kirlenme oranını arttırdığını gözlemlemiştir. Özellikle, kirlenme oranı, yağış sıklığına yağış miktarından daha fazla bağlanmaktadır.

Enlem

Enlem, gün ışığının süresini ve eğik ışınların güneşten yola çıktığı yolu kontrol eder. Yüksek enlemli bölgeler genellikle daha düşük güneş ışığı seviyelerine ve düşük enlemli bölgelerde daha yüksek seviyelere sahiptir.

Bulutlar

Kankiewicz ve arkadaşları, bulut geçişinin, elektrik santrali ölçekli bir fotovoltaik enerji santralinin (25 MW DeSoto Yeni Nesil Güneş Enerjisi) performansı üzerindeki geçici etkisini gözlemledi ve fotovoltaik modülleri birlikte gruplandırıldığı için üretimdeki dalgalanmaların azaldığını tespit etti. Bulutlar santralleri etkilemeye başlarken elektrik üretimini biraz arttıran bulut kenar etkileri bulunmuş ve tartışılmıştır [23].

3. ENERJİ

3.1.Enerji Kaynakları

Maddenin iş yapabilme yeteneğine enerji denir. Enerji kaynakları, birincil enerji kaynakları ve ikincil enerji kaynakları olmak üzere iki sınıfta incelenir. Birincil enerji kaynakları doğada bulunan herhangi bir değişime uğramayan enerji kaynaklarıdır. İkincil enerji kaynakları ise birincil enerji kaynaklarına uygulanan bir etki sonucunda ortaya çıkan enerji kaynağıdır.

3.1.1. Birincil enerji kaynakları

Birincil enerji kaynakları yenilenebilir birincil enerji kaynakları ve yenilenemeyen birincil enerji kaynakları olmak üzere ikiye ayrılır.

Yenilenemeyen enerji kaynakları

Kullanıldıktan sonra tekrar yenilemeyen enerji kaynaklarıdır. Kömür, petrol, doğalgaz bunlardan bazılarıdır.

Kömür

Yapısında karbon, hidrojen, oksijen ve az miktarda kükürt, nitrojen barındıran katı yakıt, madendir. Bunlara ek olarak yapısında kül teşkil eden mineraller barındırır.

Kömür ısınma, çimento, demir-çelik fabrikaları, büyük sanayi tesislerinin süreçleri başta olmak üzere insan hayatında önemli bir yer tutmaktadır. Demir-çelik fabrikaları ve büyük endüstriyel tesislerde kullanılmak üzere buhar ve elektrik üretimi için kullanımı çok yaygındır.

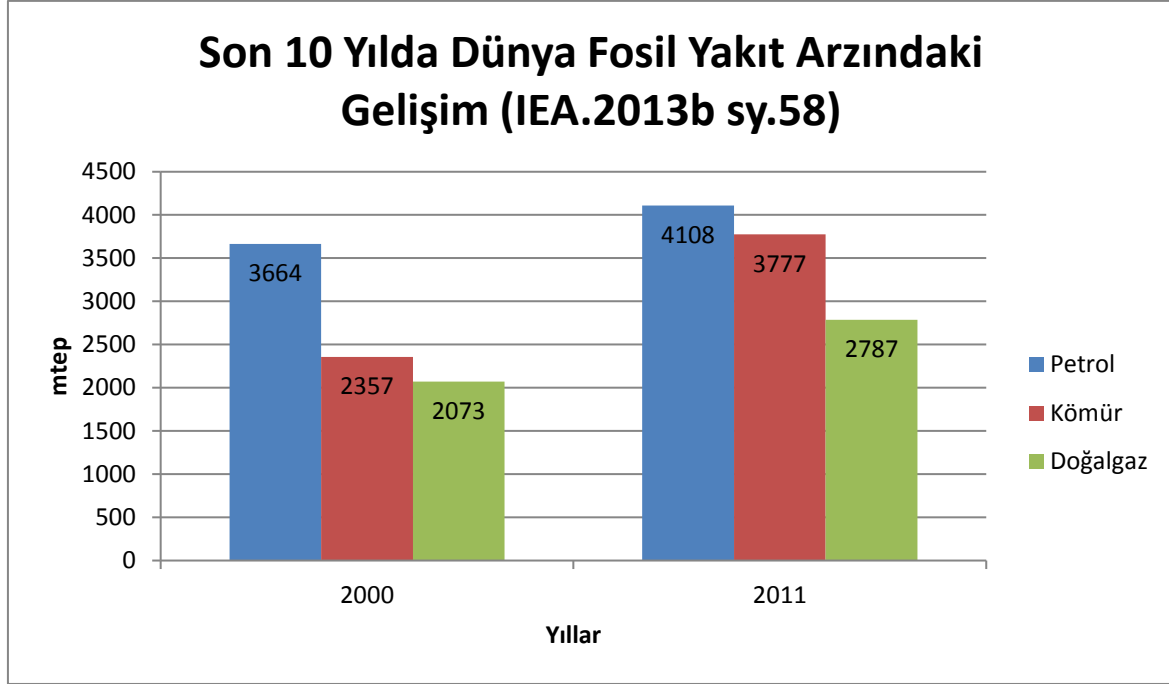
Taş kömürü: Isıl değeri yüksek kalorili, kül ve nem oranı düşük kömür türüdür.

Linyit: Isıl değeri düşük kalorili, kül ve nem oranı yüksek olan kömür türüdür.

Dünyada kömür sektörünün görünümü

Dünya genelinde 1973 ve 2011 yılları arasında enerji arzı iki kattan fazla artmıştır. 2011 yılı itibariyle 13113 mtep (milyon ton eşdeğer petrol) seviyesine ulaşmıştır. Aynı dönemler arasında petrolün payı düşerken, nükleer, yenilenebilir ve doğalgazın payında artış görülmektedir. 2011 yılındaki kömürün artış oranı bir önceki yıla oranla %3,1 seviyesindedir. Kömür, 1973 ve 2011 yıllar arasında dönemde ise toplamda %4,2'lik bir artış göstererek %28,8 seviyesine ulaşmıştır. Kömür tüketiminin son yıllardaki artış oranına bakıldığında, birkaç yıl içerisinde, 2011 yılında %31,5 tüketim oranında olan petrolün yerine geçeceği öngörülmektedir.

Dünya genelinde son 10 yıllık döneme bakıldığında, birincil enerji arzındaki artış oranı yaklaşık %30 seviyesindedir. Bu dönemde, kömürün enerji arzındaki 5,4 puanlık artışı dikkatleri üzerine çekmiştir. Son 10 yıllık dönemde, petrol arzı oranı 4,9 puanlık değer kaybederek, %36,4 oranından %31,5 oranına düşerken, nükleer ve biyoyakıt arzı oranının da değer kaybettiği görülmektedir. Nükleer arzının %6,7 oranından %5,1 seviyesine, biyoyakıt arzının ise %10,1 oranından %9,9 oranına düştüğü görülmüştür. Diğer bir taraftan doğalgaz arzının %20,6 oranından %21,6 oranına ve kömür %23,4 oranından %28,8 oranına yükseldiği Şekil 3.1' de görülmektedir. Toplam fosil yakıt arzına bakıldığında %80,4'den %81,6'ya yükseldiği ve küresel CO₂ emisyonlarının 23,7 Gt seviyesinden yaklaşık 31,2 Gt düzeyine arttığı belirlenmiştir. Bu dönemin kazananının kömür olduğu görülmektedir.



Şekil 3.1. Son 10 yılda dünya fosil yakıt arzındaki gelişim

Uluslararası Enerji Ajansı tarafından, günümüz enerji politikalarından yola çıkarak yapılan tahminlere göre; dünya birincil enerji arzının 2011-2030 yılları arasında yaklaşık %34 oranında artış göstererek 17 572 mtep seviyesine ulaşacağı ve petrolün birinciliği kaybedeceği beklenmektedir. Bu öngörülere göre; %29,3 pay oranı ile birincilik kömürün olacaktır. Kömür arzını %27,9 oranı ile petrol arzı ve %22,8 oranı ile doğal gaz arzının izleyeceği tahmin edilmektedir.

Doğal gaz

Doğal gaz yer kabuğunun içindeki fosil kaynaklı atmosferik basınç ve sıcaklık koşullarında gaz halde bulunan bir çeşit metanın oluşturduğu hidrokarbon karışımıdır. Bir petrol türevidir. Yakıt olarak önem sıralamasında ham petrolden sonra ikinci sırayı alır.

Dünyada doğal gaz

Dünya görünür doğal gaz rezervi 2014 yılında bir önceki yıla göre %16,3 artış göstererek 216 trilyon m³ olmuştur. Doğalgaz rezervinde İran ve Katar önemli kaynaklara sahiptir. Toplam rezervin %37,5 i Orta Doğu bölgesinde bulunmaktadır. İran ve Katar bu bölgede önemli rezervlere sahip ülkeler olarak öne çıkmaktadırlar. Orta Doğu bölgesinden sonra

Avrupa ve Avrasya bölgesi %36,1 rezerv ile ikinci sırada yer alırken, bu bölgede Rusya önemli bir yerde bulunmaktadır. 2013 ve 2014 yılları için dünya görünür doğal gaz rezervlerinin bölgesel dağılımları ve bazı ülkelerin doğal gaz tüketimleri Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Bölgelere Göre Dünya Görünür Doğalgaz Rezervi [2]

BÖLGE	Miktar (Trilyon m ³)	Dünya Toplamındaki Payı (%)	Miktar (Trilyon m ³)	Dünya Toplamındaki Payı (%)
Ortadoğu	80,3	43,20%	81	37,50%
Güney ve Orta Amerika	56,6	30,50%	8	3,70%
Kuzey Amerika	15,2	8,20%	13	6,00%
Avrupa ve Avrasya	14,2	7,70%	78	36,10%
Afrika	11,7	6,30%	17	7,90%
Asya Pasifik	7,7	4,10%	19	8,80%
Dünya Toplamı	185,7	100%	216	100%

Çizelge 3.2. Bölgelere Göre 2013 Yılı Doğalgaz Tüketimleri [2]

BÖLGE	Miktar (Milyar m ³)	Dünya Toplamındaki Payı (%)	Miktar (Milyar m ³)	Dünya Toplamındaki Payı (%)
Ortadoğu	1064,7	31,70%	438	12,50%
Güney ve Orta Amerika	923,5	27,80%	165	4,70%
Kuzey Amerika	639,2	19,00%	942	26,90%
Avrupa ve Avrasya	428,3	12,80%	1,115	31,90%
Afrika	168,6	5,00%	120	3,50%
Asya Pasifik	123,3	3,70%	717	20,50%
Dünya Toplamı	3347,60	100%	3347,60	100%

Petrol

Petrol, sıvı, katı veya gaz formunda ve kayaçların gözeneklerinde oluşan doğal bir hidrokarbon karışımıdır.

Petrol, ulaştırma sektöründe temel enerji kaynağı olmasından dolayı dünya birincil enerji kaynağında en fazla tüketim oranına sahiptir.

Dünya petrol rezervi

Dünya petrol rezervinin çok büyük çoğunluğu Orta Doğu bölgesinde bulunmaktadır. Güney ve Orta Amerika bölgesi %19 oranında bir pay ile ikinci sırada yer almaktadır. Bu coğrafyada bulunan Venezuela dünya rezervinin yaklaşık olarak %18'ine tek başına sahiptir. Venezuela'dan hemen sonra Suudi Arabistan %16 oranında petrol rezervine sahiptir. Bölgelere göre görünür petrol rezerv miktarları Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Bölgelere göre görünür petrol rezervleri [5]

BÖLGE	Miktar (Milyar varil)	Dünya Toplamındaki Payı (%)
Ortadoğu	808,5	47,9%
Güney ve Orta Amerika	329,6	19,53%
Kuzey Amerika	229,6	13,6%
Avrupa ve Avrasya	147,8	8,75%
Afrika	130,3	7,72%
Asya Pasifik	42,1	2,5%
Dünya Toplamı	1687,9	100%

Dünya petrol tüketimi

2012 yılında petrol tüketimi 89,9 milyon v/g olarak kaydedilmiştir. 2013 yılında ise 91,3 v/g değerine ulaşan petrol tüketimi bir önceki yıla göre %1,5 artış göstermiştir. Petrol arzında olan hızlı artış ve petrol talebindeki artışın arza oranla daha düşük olmasının sonucunda 2014 yılında petrol fiyatları düşmüştür.

Tüketim açısından yapılan değerlendirmede, Suudi Arabistan, Rusya ve ABD'nin en fazla petrol tüketimi olan ülkeler olduğu görülmektedir. Bahsi geçen ülkelerin dünya tüketimindeki payı %36,8'dir. Bölge bazında petrol tüketim değerleri Çizelge 3.4' da verilmiştir.

Çizelge 3.4. Bölgelere göre 2013 yılı petrol tüketimi [5]

BÖLGE	Miktar (Milyon ton)	Dünya Toplamındaki Payı (%)
Asya Pasifik	1414,9	33,81%
Kuzey Amerika	1024,2	24,47%
Avrupa ve Avrasya	878,6	20,99%
Ortadoğu	384,8	9,2%
Güney ve Orta Amerika	311,6	7,45%
Afrika	170,9	4,08%
Dünya Toplamı	4185	100%

Yenilenebilir enerji kaynakları

Kullanıldıktan sonra tekrar oluşabilen enerji kaynaklarıdır. Bu sebepten dolayı yenilenebilir adını almıştır. Güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi ve jeotermal enerji bunlardan bazılarıdır. Sanayideki gelişmenin etkisiyle yaşadığımız dünyada enerjiye bağımlılığımızın artması rüzgâr, jeotermal ve güneş enerjisi gibi çevreye daha az zarar veren, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımında verim artırılması için teknolojik gelişmelere olan ihtiyaç artmaktadır. Bitkisel kalıntılardan, atıklardan ve hatta çöplerden yenilenebilir enerji elde edilmektedir.

Biyokütle enerjisi

Biyokütle enerjisi, canlı organizmaların atıklarının doğrudan ve/veya belirli işlemlerden geçmesiyle elde edilen enerji kaynağı olarak dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır. Biyokütle enerjisi içinde sayılan biyoyakıtlar, bitki ve hayvan kalıntılarından elde edilmiş her türlü madde yakıt olarak tanımlanır.

Biyokütlenin alt grubu olan biyoyakıtlar sıvı ve gaz formda bulunabilir. Biyoetanol ya da biyodizel sıvı form, biyogaz ise gaz form diye adlandırılır. Biyokütle enerjisinden elektrik enerjisi elde edilmesi, biyoyakıtların kazanlarda yakılma ve buhar türbinleri yardımıyla olmaktadır.

Biyokütle başta bazı Avrupa ülkeleri ve Çin, Hindistan gibi gelişmekte olan ülkelerde elektrik üretiminde, kullanılmaktadır. Avrupa Birliği, başta Almanya, Finlandiya ve İsveç olmak üzere, elektrik üretiminin yarısına yakınına katı biokütle enerjisinden sağlamaktadır.

Hidrolik enerji

Su enerjisini kullanarak elektrik üretme son yüzyılda başlamıştır. Son yıllarda, yenilenebilir kaynaklar içinde en önemlisi hidroelektrik enerjidir. Hidro-enerji sudaki mevcut potansiyel enerjinin kinetik enerjiye dönüştürülmesi sonucu elektrik enerjisi elde edilmesidir. Yağmur suyu veya karın erimesi sonucu elde edilen su barajlarda biriktirilir. Baraj kapakları sayesinde suyun akışı kontrol edilir. Su barajdan türbinlere büyük çaplı bir boru yardımıyla iletilir ve hidrostatik basınçla türbin kanatları itilerek türbinin dönmesi sağlanır. Dönen türbinlerin arkasındaki jeneratör yardımıyla elektrik elde edilir.

Rüzgâr enerjisi

Rüzgâr türbinleri, rüzgâr değirmenleri aracılığıyla su pompalama ve tane öğütme amacıyla dünyanın birçok ülkesinde eski çağlardan beri kullanılmaktadır. Rüzgâr enerjisi yeşil, yenilebilir enerji olarak kabul edilmektedir. Rüzgâr enerji santrallerinin sera gazı gibi çevreye zararlı gaz salınımı olmadığından dolayı çevreye zararı en az seviyelerdedir. Rüzgâr enerjisinden elektrik üretim kapasitesi rüzgârın hızına ve esme süresine bağlı olarak hesaplanır. Rüzgârın sahip olduğu kinetik enerji rüzgâr türbinleri aracılığıyla elektrik enerjisine dönüştürülür. Rüzgâr enerjisinden en verimli şekilde yararlanabilmek için yüksek, rüzgârlı bölgeler tercih edilmektedir.

Rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi üretimi başta Almanya olmak üzere Avrupa Birliği ülkelerinde çok yaygındır. Ancak, ülkemizde son yıllarda önem kazanmaya başlanmıştır. Ülkemizde rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi üretimi çalışmaları hızla devam etmektedir.

Jeotermal enerji

Jeotermal enerji, yer kabuğunun ısı enerjisi olarak adlandırılır. İçerisinde çeşitli kimyasallar bulunduran sıcak su, buhar ve gazların yerkabuğu çatlaklarında birikerek oluşturduğu enerjidir.

Yer kabuğunun merkezine doğru inildikçe sıcaklık 30-45 metrede 1 °C veya 1 km'de 30 °C artar. Bu enerjiden yararlanmak için gelişmiş teknolojiler kullanmak gerekmektedir. Sözü edilen teknolojiler ile tüketilen enerji, üretilecek olan enerjiden fazla olacağından ekonomik olarak uygun bulunmamaktadır. Ancak, yanardağ ve lavların yakınlarından geçen sular yüksek sıcaklıkta buhar olarak yeryüzüne ulaşabilmektedir. Bu sayede doğrudan elektrik üretiminde kullanılabilir.

Güneş enerjisi

Büyük bir enerji kaynağı olan güneşten faydalanmak için çalışmalar hızlı bir şekilde başlamıştır. Tükenmez bir enerji kaynağı olan güneş enerjisi aynı zamanda çevre kirliliği yaratmayan, sabit aynı zamanda da dışa bağımlı olmayan bir enerji kaynağıdır. Hidrojenin helyuma dönüşmesi ile oluşan enerji güneş enerjisidir. Güneş enerjisi kullanılarak elde edilen doğal ısıtma ve soğutma sistemleri kullanılarak binaların gereksiz enerji tüketimini engellemek güneş enerjisinin başlıca avantajları arasındadır.

Güneş enerjisinin aynalar aracılığıyla odaklandırılarak, enerjinin yoğunlaştığı yerlerde olan sıcaklık artışından faydalanarak, kızgın su buharı elde edilir. Elde edilen kızgın su buharı jeneratörleri çevirecek olan türbinleri harekete geçirir ve elektrik üretilir. Güneş enerjisinden faydalanmak için yoğun güneş ve az yağmur alan bölgeler tercih edilmelidir.

3.1.2. İkincil enerji kaynakları

Birincil enerji kaynakları dönüştürülerek ikincil enerji kaynakları elde edilir. İkincil enerji kaynakları arasında elektrik enerjisi, hidrojen ve petrol ürünleri bulunmaktadır.

Elektrik enerjisi

Termodinamiğin birinci yasasına göre, enerji yoktan var, vardan yok edilemez. Ancak, enerji formları arasında dönüşüm yapılabilir. Elektrik enerjisi ısı, mekanik, kimyasal enerji gibi enerji çeşitlerinin dönüşümü ile elde edilmektedir. Günlük yaşantımızda vazgeçilmez olan elektrik enerjisinin kullanıcıya ulaşması üretim, iletim ve dağıtım aşamalarından oluşmaktadır.

Ülkemiz elektrik enerjisi görünümüne bakıldığında 2013 yılına kıyasla %4,06 artarak 2014 yılında 251,96 TWh olan elektrik üretiminin 2015 yılı sonu itibariyle 259,6 TWh, 2014 yıl sonu itibariyle 255,5 milyar kWh olan elektrik tüketiminin ise 2015 yılı sonu itibariyle 263,8 milyar kWh olduğu görülmektedir [2,4]. Çizelge 3.5 ve Çizelge 3.6’de ülkemiz elektrik enerjisi görünümü ve kaynak bazında dağılımı verilmiştir.

Çizelge 3.5. Ülkemiz elektrik enerjisi görünümü (GWh) [2]

Yıl	Üretim	İthalat	İhracat	Tüketim	Üretim Artış Oranı	Tüketim Artış Oranı
2002	129 400	3588	435	132 553	5,40%	4,50%
2003	140 581	1158	588	141 151	8,60%	6,50%
2004	150 698	464	1144	150 018	7,20%	6,30%
2005	161 956	636	1798	160 794	7,50%	7,20%
2006	176 300	573	2236	174 637	8,90%	8,60%
2007	191 558	864	2422	190 000	8,70%	8,80%
2008	198 418	789	1122	198 085	3,60%	4,30%
2009	194 813	812	1546	194 079	-1,80%	-2,00%
2010	211 208	1144	1918	210 434	8,40%	8,40%
2011	229 395	4556	3645	230 306	8,60%	9,40%
2012	239 497	5826	2954	242 370	4,40%	5,20%
2013	240 154	7429	1227	246 357	0,30%	1,60%
2014	251 963	7953	2696	257 220	4,90%	4,40%
2015	259 612	7411	3195	263 828	3,00%	2,60%

Ülkemiz elektrik üretiminde 2014 verileri incelendiğinde 250 381 GWh olan elektrik üretiminin 199 361GWh’i termik santrallerden, 40 402 GWh’i hidroelektrik santrallerden, 10 619 GWh’i de diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlandığı görülmüştür. 2015 yılsonu verilerine bakarsak termik santrallerden üretilen elektriğin 177 852 GWh değerine gerilediğini, hidroelektrik ve diğer yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektriğin ise sırasıyla artarak 66 898 GWh ve 14 861 GWh değerlerine ulaştığı görülmektedir. 2009 yılı itibariyle yenilenebilir kaynaklardan enerji üretiminde büyük ölçüde artışlar gözlenmektedir. 2002

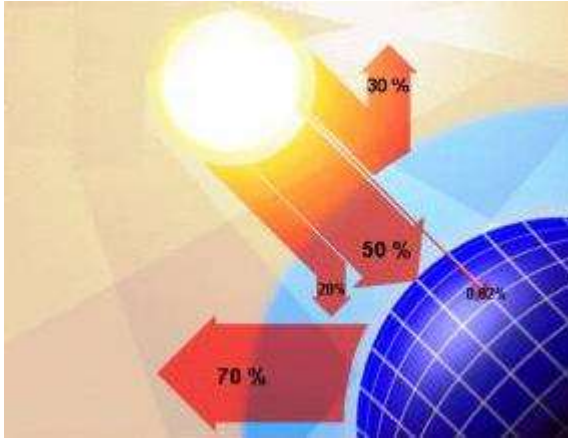
yılından itibaren yenilenebilir kaynaklardan enerji üretimi 97 kat artarak 153 GWh seviyelerinden 14 861GWhseviyesine ulaşmıştır. 2002 yılında; termik santrallerden üretilen elektrik miktarı 95 563 GWh iken 2015 yılı sonu itibarıyla 177 852 GWh’e, hidroelektrik santrallerinden ürettiğimiz elektrik miktarı ise 33 684 GWh değerinden 66 898 GWh değerine yükselmiştir. Kaynak bazında ülkemiz elektrik enerjisi üretimi Çizelge 3.6’da verilmiştir [5].

Çizelge 3.6. Kaynak bazında Türkiye elektrik enerjisi üretimi (GWh) [2]

Yıl	Termik	Hidrolik	Jeotermal+ Rüzgâr + Güneş	TOPLAM	Artış
2002	95 563	33 684	153	129 400	5,40%
2003	105 101	35 330	150	140 581	8,60%
2004	104 464	46 084	151	150 698	7,20%
2005	122 242	39 561	153	161 956	7,50%
2006	131 835	44 244	221	176 300	8,90%
2007	155 196	35 851	511	191 558	8,70%
2008	164 139	33 270	1009	198 418	3,60%
2009	156 923	35 958	1931	194 813	-1,80%
2010	155 828	51 796	3585	211 208	8,40%
2011	171 638	52 339	5418	229 395	8,60%
2012	174 872	57 865	6760	239 497	4,40%
2013	171 812	59 420	8921	240 154	0,30%
2014	200 417	40 645	10901	251 963	4,90%
2015	177 852	66 898	14861	259 612	3,00%

4. GÜNEŞ ENERJİSİ VE TEKNOLOJİLERİ

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile (hidrojen gazının helyuma dönüşmesi) açığa çıkan ısıma enerjisidir. Atmosfer dışında güneş enerjisinin şiddeti, yaklaşık olarak 1370 W/m^2 değerinde olduğu, ancak, dünya yüzeyine ulaşan miktarının atmosferden dolayı $0-1100 \text{ W/m}^2$ değerleri arasında değişim gösterdiği bilinmektedir. Dünyaya ulaşan enerji miktarının çok küçük bir bölümü bile insanların kullandığı enerji miktarından fazladır. 1970'lerden sonra güneş enerjisinin önemi arttı ve teknolojik olarak ilerleme kaydeden güneş enerjisi sistemleri çevresel olarak temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir.



Şekil 4.1. Dünya'ya gelen güneş ışınları gösterimi [2]

Dünya ile Güneş arasındaki mesafe 150 milyon km'dir. Güneş ışınlarının tamamı yer yüzeyine ulaşamaz, %30 kadarı atmosfer tarafından geriye yansıtılır. Dünya'ya güneşten ulaşan enerji, Dünya üzerinde bir yılda kullanılan enerjinin yaklaşık olarak 20 bin katıdır.

Güneş ışıınının yaklaşık olarak %50'si atmosferi geçerek yer yüzeyine ulaşır. Ulaşan bu enerji ile Dünya'nın sıcaklığı yükselir ve yeryüzünde yaşam mümkün olur. Rüzgâr hareketlerine ve okyanus dalgalanmalarına da bu ısınma neden olur [2].

Güneş enerjisi ile ilgili hesaplamalar yapılırken, güneş ışıınının dünyaya düşme şekline göre değişik şekillerde isimlendirilmektedir. Bunlar;

Doğrudan Işınım: Bu ışınlm değeri, güneşten doğrudan olarak alınan ışınlmı tanımlamaktadır. Özellikle yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemleri ve güneş enerjisinden ısı eldesi hesaplarında kullanılmaktadır.

Yayılmış Işınım: Bu ışınlm değeri ise, Güneşin dünya atmosferinden geçerken dağılmasıyla oluşmakta ve atmosferden yansıyan ışınlm ile yer yüzeyinden yansıyan ışınlm miktarını içermektedir.

Küresel Işınım: Doğrudan ve yayılmış ışınlmın toplamı olup, özellikle fotovoltaik sistem hesaplamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır [12].

Güneş enerjisi teknolojileri yöntem, malzeme ve teknolojik düzey açısından çok çeşitlilik göstermekle birlikte iki ana gruba ayrılabilir:

Isıl Güneş Teknolojileri: Bu sistemlerde öncelikle güneş enerjisinden ısı enerjisi elde edilir. Elde edilen ısı enerjisi doğrudan kullanılabileceği gibi elektrik üretiminde de kullanılabilir.

Fotovoltaik Güneş Teknolojisi: Fotovoltaik hücreler denen yarı-iletken malzemeler güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştürürler [2].

Güneş enerji sistemleri temel olarak ısıtma amaçlı ve elektrik enerjisi üretimi olmak üzere iki amaç için kullanılmaktadır.

4.1. Isıtma Amaçlı Güneş Enerjisi Teknolojileri

Isıtma amaçlı güneş enerjisi teknolojilerinde güneş enerjisi kullanılarak ısı enerjisi elde edilmektedir. Teknolojisinin gelişmesiyle birlikte farklı düzenekler elde edilmiş ancak, en yaygın olarak kullanılan ısıtma amaçlı güneş teknolojisi güneş kolektörleridir. Güneş kolektörleri, toplanan ısı enerjisinin bir akışkan yoluyla gereken ortama aktarılması esasına dayanan yöntemle çalışırlar.

4.1.1. Düzlemsel güneş kolektörleri

Güneş enerjisini toplayarak bir akışkan yardımıyla ısı olarak aktaran farklı biçimlerdeki aygıtlardır. Kullanım alanları daha çok evlerde suyu ısıtarak sıcak su elde etmektir. Isıtılan suyun ulaştığı sıcaklık 70°C civarındadır. Düzlemsel güneş kolektörleri, üstten alta doğru, camdan yapılan üst örtü, cam ile absorban plaka arasında yeterince boşluk, metal veya plastik absorban plaka, arka ve yan yalıtım ve bu bölümleri içine alan bir kasadan oluşmuştur. Genellikle koyu renkte olan absorban plakanın yüzeyi bazen seçiciliği artıran bir madde ile kaplanmaktadır. Kolektörler, bölgenin konumuna bağlı olarak güneşten en yüksek verimliliği alacak şekilde, sabit bir açıyla yerleştirilirler.

4.1.2. Vakumlu güneş kolektörleri

Vakumlu güneş kolektörlerinde vakumlu cam borular kullanılmaktadır, ayrıca gerekli olduğu durumlarda metal veya cam yansıtıcılar gelen enerji miktarını artırmak amacıyla kullanılabilir. Vakumlu güneş kolektörlerinde iç içe geçmiş iki boru arasındaki hava alınarak vakum ortamı yaratılır ve ısı kayıpları engellenir. Güneş ışınlarının soğurulması için özel bir yüzeyle kaplanmaktadır. Boruların şeklinden dolayı güneş ışınları yüzeye sürekli dik gelir ve bu sebeple düz kolektörler ile kıyaslandığında enerji üretimi daha fazladır. Vakum güneş kolektörlerinin çıkış sıcaklıkları daha yüksektir dolayısıyla düzlem kolektörlerin kullanıldığı yerlerde kullanılabilirler ve ayrıca; yiyecek dondurma, bina soğutma, konutların zeminine uygulanarak konutları ısıtma gibi amaçlarla da kullanılır.

4.1.3. Güneş havuzları

Siyah renkli zemine sahip yaklaşık 6 m derinliğinde olan su ile kaplı havuz, güneş ışınını yakalayarak yaklaşık 90°C sıcaklıkta su elde etmek için kullanılır. Tuz konsantrasyonunun en üstten en alta doğru arttığı havuzdaki ısının dağılımı tuz konsantrasyonu ile düzenlenir. En üstte soğuk su yüzeyi bulursa dahi havuzun alt kısmında doymuş tuz konsantrasyonu bulunan bölgede sıcaklık yüksek olur. Elde edilen sıcak su bir eşanjöre pompalanarak ısı olarak kullanılabilir ayrıca rankine çevrimi ile elektrik üretimi amacıyla da kullanılabilir [2,3].

4.2. Güneş Enerjisinden Elektrik Enerjisi Elde Etme Teknolojileri

Güneş enerjisi ile elektrik enerjisi elde edilmesi için yoğunlaştırıcı sistemler ve fotovoltaik sistemler adlı iki farklı yöntem kullanılır. Güneş enerjisinin yoğunlaştırıcı sistemler ile odaklanmasından elde edilen kızgın buhardan, geleneksel yöntemlerle elektrik enerjisi elde edilmesidir. Bu sistemde oluk tipli aynalar veya çanak kolektörler ile güneş enerjisini yutacak olan alıcılar kullanılmaktadır. Akışkan güneş radyasyonu kullanılarak ısıtılır ve buharlaştırılır, daha sonra buhar türbinlerinin arkasında bulunan jeneratörler yardımı ile elektrik enerjisine dönüştürülür. Fotovoltaik sistemlerde ise, ışığa bağlı olarak elektriksel özellikleri değişebilen maddeler yardımıyla güneş pillerinde elektrik üretimi sağlanmaktadır [4].

4.2.1. Yoğunlaştırıcı sistemler

Güneş enerjisini toplama şekli bakımından kendi içinde parabolik oluk kolektörler, parabolik çanak sistemler ve merkezi alıcı sistemler olarak üçe ayrılır [3].

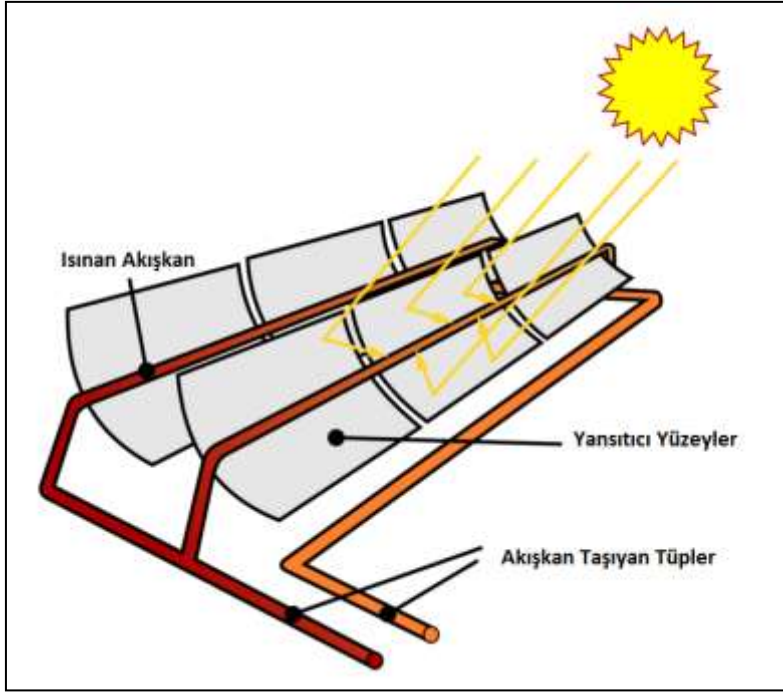
Parabolik oluk kolektörler

Parabolik oluk tipi güneş enerjisi sistemleri, yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemleri içerisinde en fazla kullanılan teknolojidir. Şekil 4.2' de bir parabolik oluk tipi güneş enerjisi sistemi verilmektedir. Parabolik oluk tipi güneş enerjisi sistemi, kesiti parabolik olan kolektör dizilerinden oluşur. Güneşten gelen ışınlar ilk önce sistemin yansıtıcı yüzeyine gelmektedir. Parabol şeklindeki bu yüzey, ışınları parabolün odak noktasında bulunan ve eksen boyunca uzanan toplayıcı kısımdaki soğurucu boruya yoğunlaştırmaktadır. Bu işlem sonunda ısı transferi yoluyla, soğurucu boru içerisinden geçen ısı transfer akışkanına, enerji aktarımı olarak akışkanın sıcaklığı yaklaşık olarak 400 °C'ye kadar yükselmektedir.



Resim 4.1. Paraboluk oluk kollektörler

Sıcaklığı yükselen akışkan ile dolaylı veya doğrudan buhar üretimi ve akabinde elektrik üretimi yapılabilmektedir. Isı transfer akışkanının yağ olarak kullanıldığı durumda, dolaylı olarak buhar üretimi yapılmaktadır. Isı değişticileri aracılığıyla sıcaklığı yükselen yağın enerjisi suya aktararak, suyun buharlaşması sağlanır. Üretilen buhar, buhar türbinine gönderilir ve akabinde jeneratör kullanılarak elektrik üretimi yapılır. Isı transfer akışkanı olarak su kullanıldığında, ısı değişticisine gerek kalmaz ve doğrudan buhar üretilmiş olur. Ancak, suyun sahip olduğu yüksek genleşme katsayısı nedeniyle sistemde oluşacak korozyon etkiler göz önüne alındığında yoğunlaştırılmış güneş enerji sistemlerinde ısı transfer akışkanı olarak su genellikle tercih edilmemektedir.



Şekil 4.2. Paraboluk oluk tipi enerji sistemi

Parabolik çanak tipi güneş enerji sistemleri

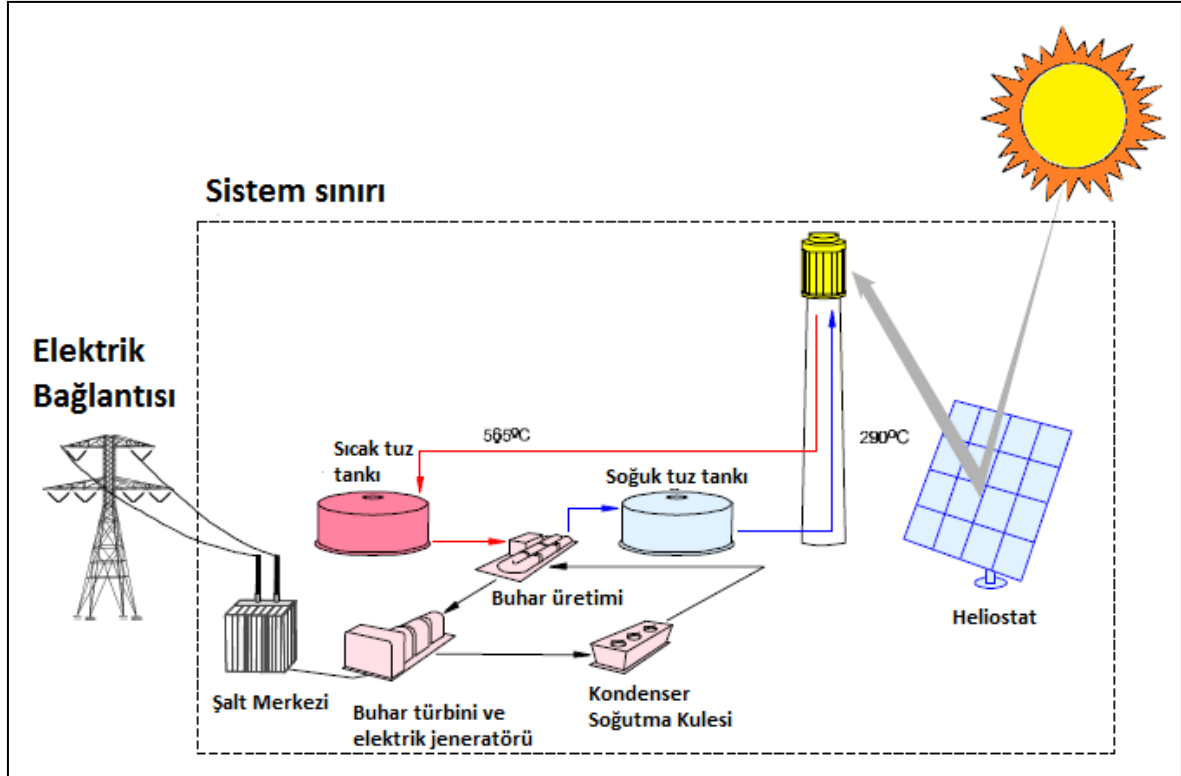
Parabolik çanak tipi güneş enerji sistemlerinde yansıtıcı yüzey olarak aynalar kullanılmaktadır. Bu sistemlerde, yüzeylere gelen güneş radyasyonunu parabolün odak noktasında yoğunlaştırılmaktadır. Sisteme gelen güneş enerjisi aynalar aracılığı ile odaktaki ısı enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren Stirling motoru üzerine yoğunlaştırılır. Sistemde güneş takibi yapılmaktadır. Güneş takibi özelliği sistemin ısı verimini artırmaktadır. Küçük parçalardan oluşan parabolik çanak tipi yoğunlaştırıcılar, enerji ihtiyacı duyulan yerlerin yakınında ve ihtiyaç duyulan kapasitelerde kurulabilirler. Sistem noktasal odaklama yapar dolayısıyla termik kayıp yoktur, verimi en yüksek olan kolektör çeşididir. Güneş yoğunlaştırma oranları diğer sistemler ile kıyaslandığında en yüksek parabolik çanak sisteminde olduğu görülmektedir. Parabolik oluk sisteminde 80 ve kule teknolojisinde 1000 iken, bu teknolojiye 15000'dir. Sistemin yatırım maliyetinin yüksek olmasından dolayı, diğer güneş sistemlerinden daha az yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Resim 4.2'de parabolik çanak tipi güneş enerji sisteminin genel görünümü verilmektedir.



Resim 4.2. Parabolik anak tipi enerji sistemi genel görünümü [8]

Merkezi alıcı sistemler

Heliostat adı verilen tek tek odaklama yapan ve 100 m^2 den daha büyük alana sahip aynalar yardımıyla güneş enerjisini, kule üzerine monte edilmiş alıcı yüksek ısı emme katsayısına sahip ısı eşanjörüne yansıtır ve yoğunlaştırır. Alıcıda bulunan boru yumağı güneş enerjisini üç boyutta hacimsel olarak emer. Boru yumağı içinde bulunan akışkan, Rankine evrimi oluşturularak elektrik üretilir. Merkezi alıcı sistemlerde ısı transfer akışkanı olarak sıvı tuz veya hava kullanılmaktadır. Akışkan sıcaklığı 800°C 'ye ulaşmaktadır. Bilgisayar tarafından kontrol edilen heliostatlar ile alıcının sürekli güneş alması sağlanır.



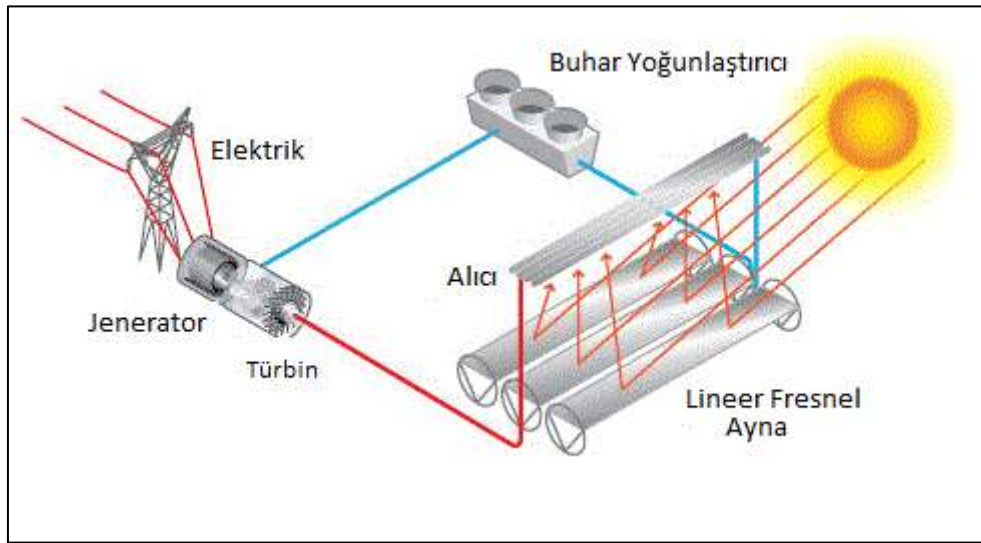
Şekil 4.3. Merkezi alıcı güneş santrali [9]

Merkezi alıcı sistemlerde, güneşin olmadığı zamanlarda da üretimin sağlanabilmesi için, depolama sistemleri geliştirilmiştir. Depolama sisteminde 290 °C’de sıvı haldeki tuz eriyiği, soğuk tuz depolama tankından alıcıya doğru pompalanır. Burada sıcaklığı 565 °C’ye kadar çıkarılarak sıcak tuz depolama tankına gönderilir. Tesisten güç çekileceği zaman sıcak tuz, türbin-jeneratör sistemi için aşırı kızdırılmış buhar üreten bir buhar üretme sistemine (ısı değiştiricisine) pompalanır ve ısısını ileten eden tuz, soğuk tuz tankına geri gönderilerek depolanır. Sonrasında alıcıda ısıtılarak sistem aynı şekilde işletilmeye devam edilir. Şekil 4.3’de örnek bir merkezi alıcı güneş santrali gösterilmiştir.

Fresnel oluk teknolojisi

Doğrusal fresnel oluk teknolojisi ile parabolik oluk teknolojisi doğrusal yoğunlaştırma yapıları yönünden benzerlik göstermektedir. Parabolik oluk teknolojisinden farkı ise alıcının sabit bir yükseklik olması ve yansıtma işleminin güneşi takip edebilen düz aynalarla gerçekleştirmesidir. Şekil 4.4’de örnek bir fresnel oluk teknolojisi gösterilmiştir. Yansıtıcı aynalardan yaklaşık 10 m yükseklikte bulunan alıcı yansıma kayıpları ve ışıının dağılması sebebiyle optik verimi parabolik oluk kolektörlere göre düşürmektedir. Optik verimin düşük

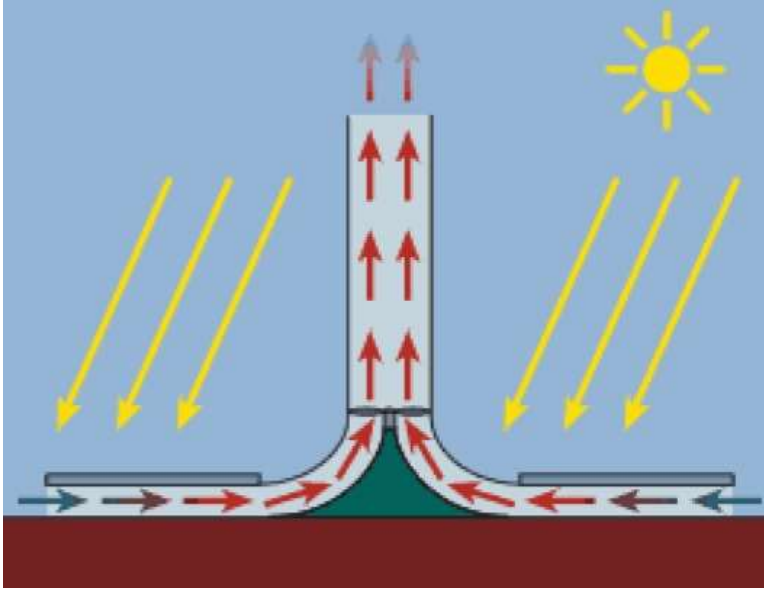
olmasına bağlı olarak termik verim de düşük olmaktadır. Alıcı yüksekliği düşürülerek verimin artırılabilirdiği bu sistemlerde yükseklik düşürüldükçe güneş enerjisi toplama alanı da daralacağından dolayı daha çok panel kullanmak gerekecektir. Bu unsur da maliyeti artırmaktadır. Yansıtıcı aynaları aynı hizada yerleştirmek yerine, yandan boyuna bakıldığında parçalı parabolik oluklu sisteme benzer şekilde yerleştirilerek verim artırılabilir [2,6].



Şekil 4.4. Fresnel oluk teknolojisi [10]

4.2.2. Güneş bacaları

Güneş enerjisini toplayarak içinde dolaşan havaya aktaran özel bir sera toplayıcı bölümü olan ve topladığı sıcak havayı içerisinde bulunan rüzgâr türbini sayesinde elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir. Sera toplayıcı kısmı yaklaşık 5-6 metre yüksekliğinde ve genellikle cam ile kaplı alanlardır. Bu alanda %75 oranındaki alanda seracılık yapılabilmektedir. Bu alan için herhangi bir sınırlama bulunmamaktadır, toplayıcı alan büyüdükçe güneş toplama alanı artmaktadır. Bacaya doğru hafifçe artan bir çatı sayesinde sürtünme kayıpları azaltılmaktadır. Baca içerisinde yaklaşık 15 m/s hızında hava akımı oluşmaktadır. Sır ile kaplanan yüzeylerde verim oranı %70'dir. Cam, plastik film vb. ile kaplanan yüzeylerde ise %50 olmaktadır. Yüzey kaplaması dışında baca yüksekliği, toplayıcı sera çapı, sera açıklığı, baca çapı ve toplayıcı malzeme özelliği de verimi etkileyen diğer faktörlerdir. Şekil 4.5'de güneş bacası modeli gösterilmiştir. Türbinler şekilde gösterildiği gibi bacada olduğu zaman yatay, toplayıcıda olduğu zaman ise dikey konumlandırılmaktadır [11].



Şekil 4.5. Güneş bacası modeli [11]

4.2.3. Güneş Pilleri Teknolojisi

Yüzeyine gelen güneş ışınlarını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren Kristal-Silisyum (c-Si), Amorf-Silisyum (a-Si), Galyum-Arsenid (GaAs), Kadmiyum-Tellurid (CdTe) ya da Bakır-İndiyum-Diselenid (CuInSe_2) gibi yarı iletkenlerden oluşmuş ve kare, dikdörtgen, daire gibi çeşitli geometrik şekillerde olabilen yapılardır.

Fotovoltaik güneş hücrelerinde silisyum elektriksel, optik ve yapısal özelliklerini uzun süre koruyabilme özelliğine sahip olması sebebiyle en çok kullanılan yarı iletken malzemedir. Tek kristalli silisyumdan yapılmış güneş hücreleri laboratuvar şartlarında yaklaşık %18, pratik de ise yaklaşık %12-13 verim sağlamaktadır. Yapım aşamasında malzeme kaybının çok olması ve pahalı olması sebebiyle alternatif malzemelere yönelme ihtiyacı doğurmuştur.

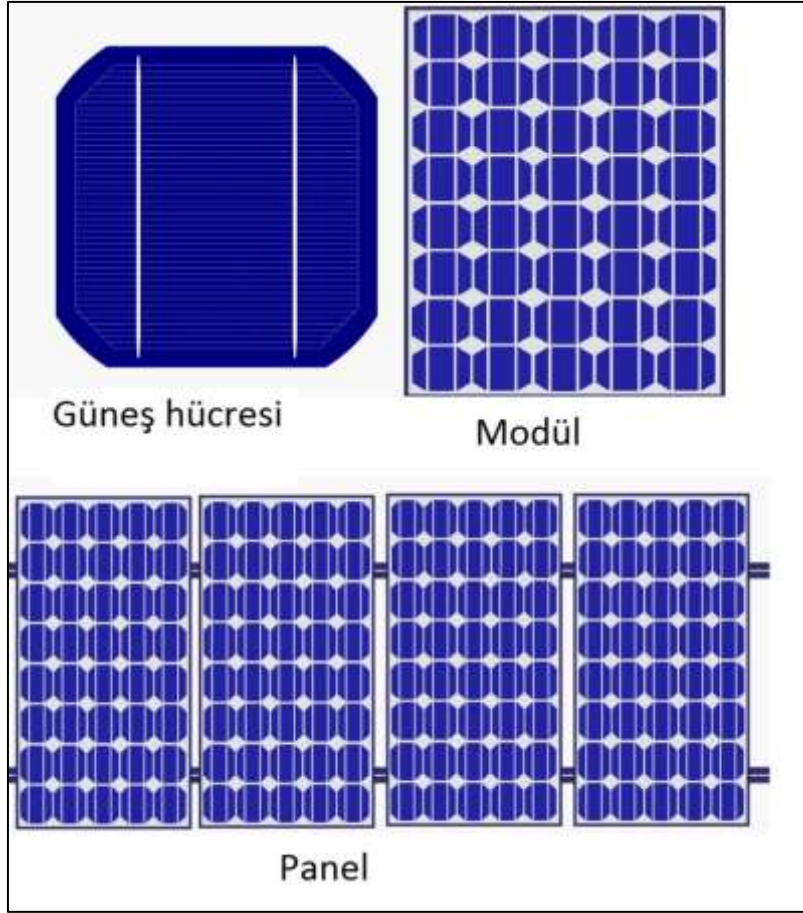
Silisyuma alternatif aramak için yapılan araştırmaların sonucunda doğrudan levha biçiminde çok kristalli silisyum elde edilmiştir. Silisyumun eritildikten sonra büyütülmesi ile çok kristalli silisyum elde edilir. Damarların büyüklükleri ile kalite doğru orantılıdır. Bu yüzden çok kristalli silisyumun kalitesi tek kristalli silisyuma göre daha düşüktür. Verimi %8-10 aralığında değişmesine rağmen maliyetinin düşük olması sebebiyle çok kristalli güneş pillerinin uygulamalarda önem kazanmaya devam etmektedir.

Verimi en yüksek yarı iletken malzelerden birisi de Galyum-Arsenid (GaAs) dir. Ancak, yeryüzüne gelen güneş enerjisinin üçte birinden fazlasını elektrik enerjisine çevirebildiği için bu malzeme ile ilgili yapılan araştırmalar hız kazanmıştır. 1990’ların başında yapılan deneylerde “multiple-junction” aygıtının veriminin %30 olduğu görülmüştür. Sonraki çalışmalarda hücre verimi %40’lara sistem veriminin de %30-35 civarına ulaştığı test edilmiştir. Maliyeti oldukça yüksek olan bu sistemler şu anda uzay uygulamalarında kullanılmaktadır

Üretim maliyetleri düşük olan Kadmiyum-Tellurid (CdTe) çok kristalli bir yapıdadır ve verimi %11-17 arasında değişim göstermektedir. CdTe ince film üretmek için farklı teknolojiler kullanılır. Bunlardan ilki süblimleşme yöntemidir. Bu yöntemde, kaynak ve filmin sıcaklık farklılıkları çok azdır. Yüzey birbirine çok yakın tutulur ve böylece malzeme süblimleşme ile büyür. Bir diğer yöntem ise elektro-çökeltme yöntemidir. Kadmiyum ve tellurid iyonu taşıyan elektrolitten akım geçirilerek CdTe yarı iletkeninin katot üzerinde büyümesi sağlanır. Büyüyen malzemenin kontrolü süblimleşme kadar kolay değildir ancak, bu yöntemin maliyeti daha düşüktür.

Pratik olarak henüz kullanılmamış olan Süpertandem pillerde %86,8 ve orta bant güneş pillerinde %63,2’lik teorik verime ulaşılmıştır.

Güneş pilleri elektronik devreye bağlı olmadan yani doğrudan güneş enerjisini elektrik enerjisine çevirdiği için ömürleri oldukça uzundur. Yaklaşık 100 cm² alanları ve 0,2-0,4 mm arasında kalınlıkları vardır. Fotovoltaik temele dayalı olarak çalışan güneş pilleri üzerlerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Pillerin verdiği elektrik enerjisinin kaynağı, yüzeyine gelen güneş enerjisidir. Pillerin yapısına bağlı olarak %5 ile %32 arasında bir verimle güneş enerjisi elektrik enerjisine dönüştürülebilir. Birden fazla güneş pilleri birbirine seri ya da paralel bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilir, böylece elde edilen elektrik enerjisi miktarı artırılabilir. Bu yapıya güneş modülü ya da fotovoltaik güneş paneli adı verilir. Şekil 4.6’da güneş modülü yapısı görülmektedir.



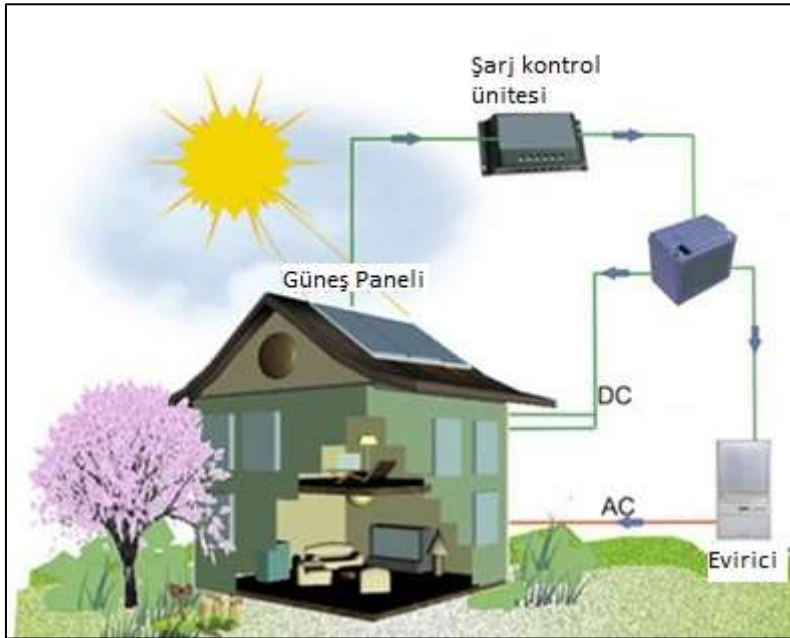
Şekil 4.6. Güneş hücresi, modülü ve paneli genel görünümü

Fotovoltaik Sistemler

Elektrik enerjisi gerektiği durumlarda, güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde etmek amacıyla güneş pilleri her uygulamada kullanılabilir. Güneş santralleri ülkemizin elektrik sistemine doğrudan bağlanabilirler. Elektrik sistemine bağlantı istenmediği öz tüketimin gerçekleşeceği durumlarda şebekeden bağımsız olarak çalışabilirler. Temel olarak şebeke bağlantılı, şebekeden bağımsız sistemler ve hibrit sistemler olmak üzere üç ana gruba ayrılır.

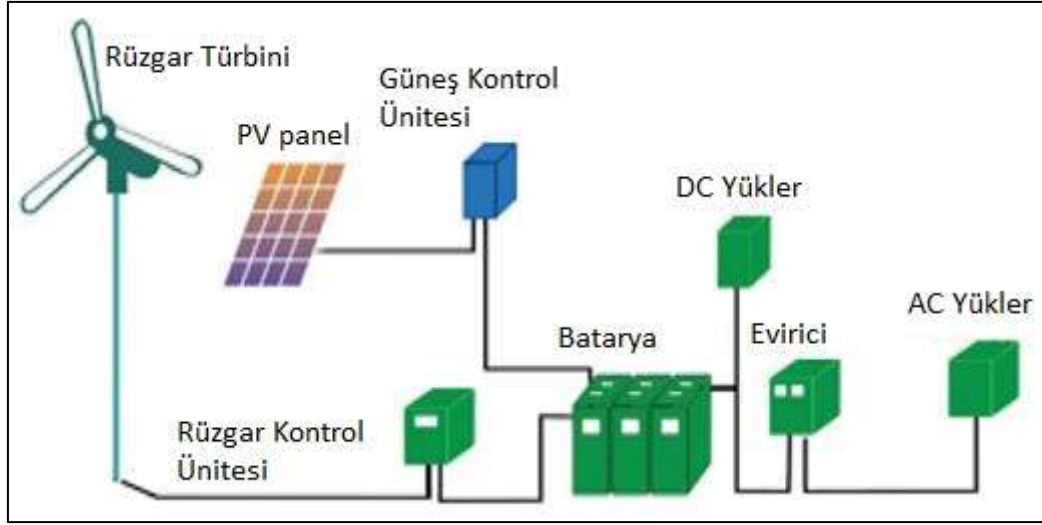
Şebeke bağlantılı fotovoltaik sistemlerde, güneş enerjisi panellerin yardımıyla elektrik enerjisine dönüştürülür, çeviriciler yardımıyla şehir şebekesine verilir. Bu sistemler üretilen elektrik enerjisini doğrudan piyasaya satabilirler veya ihtiyacı kadar olan miktarı kullanıp fazlasını satabilirler. Yeterli elektrik enerjisi üretilmediği durumlarda ise sistemden elektrik enerjisi satın alabilirler. Fazla üretilen elektrik enerjisini şebekeye satabildikleri için enerji depolamasına gerek duyulmaz.

Şebekeden bağımsız fotovoltaik sistemler ise genellikle şehirden ve şebekeden uzak enerji talebinin fazla olduğu yerlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Sistemlerin tasarımı 1 W ile 100 kW arasında yapılabilir. Şebekeden bağımsız fotovoltaik sistemleri paneller, kontrol ünitesi, akü ve eviriciden oluşmaktadır. Sistemde üretilen elektrik aküde depolanır. Böylece kaynağın yetersiz olduğu zamanlarda elektriksiz kalma riski azaltılmış olur. Şarj kontrol ünitesi akünün aşırı şarj ya da deşarj olmasını önlemek için kullanılmaktadır. Eviriciler ise panellerin ürettiği DC elektriği AC' ye çevirirler. Bu şekilde doğru akımdan ve alternatif akımdan aynı anda faydalanılabilir. Resim 4.3' de şebekeden bağımsız sistem örneği verilmiştir.



Resim 4.3. Şebeke bağımsız güneş enerji sistemi örneği [2]

Hibrit sistemlerde ise güneş panellerin yanı sıra elektrik üreten farklı sistemler bulunmaktadır. Güneş panellerine ek olarak rüzgâr türbini, hidroelektrik veya dizel jeneratör gibi yenilenebilir veya yenilenemeyen sistemler ile birlikte tasarımı yapılır. Hibrite dahil her sistemin kendi kontrol ünitesi bulunmaktadır. Evirici yardımıyla DC yükler AC yüklere dönüştürülür. Şekil 4.7' de hibrit sistem örneği verilmiştir [3,6].



Şekil 4.7. Hibrit sistem örneği [11]

4.2.4. Yoğunlaştırıcı Fotovoltaik Sistemler

Silisyum bazlı düzlemsel fotovoltaik malzemeden oluşan hücre yüzeyinin topladığı güneş enerjisi, elektrik enerjisine dönüştürülür. Yoğunlaştırıcı fotovoltaik sistemlerde kullanılan malzeme ve hücre alanı büyüktür. Ancak, verim düşüktür. Bu sebepler maliyeti artırmaktadır. CPV (yoğunlaştırıcı fotovoltaik) teknolojisi ile silisyum veya diğer yarıiletken malzemelerin kullanımı azaltılabilir. CPV teknolojilerinin bu avantajı ile birlikte güneş enerjisinden üretilen elektrik enerjisi, fosil yakıtlardan üretilen elektrik enerjisi ile rekabet edebilecektir. İnce film teknolojilerinin üretimi ucuzdur. Ancak, malzemelerin maliyetlerinin yüksek olması ve kullanımının düşük olması sebebiyle verimli ve güvenilir olmalarına rağmen kullanımı yaygınlaşmamıştır.

CPV teknolojisinde kullanılan malzeme daha az olduğu için maliyeti düşüktür. Sahip olduğu yüksek verim ile daha etkin pratik bir yol sunmaktadır. Optik yoğunlaştırıcılar (CPV), güneş ışınlarını hücrenin üzerinde çok küçük bir alana (1 cm^2) odaklar ve güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürür.

CPV yoğunlaştırıcıdaki ışığın odaklandığı hedef alana bir fotovoltaik yarıiletken malzeme yerleştirilir, diğer düzlemsel güneş hücreleri ile karşılaştırıldığında mercekler yardımıyla daha küçük alana daha yüksek yoğunluktaki ışık ışınlarının düşürülmesi ile verimlilik artırılmıştır. CPV' ler de kullanılan fotovoltaik malzeme silisyumdan 10 kat daha pahalıdır.

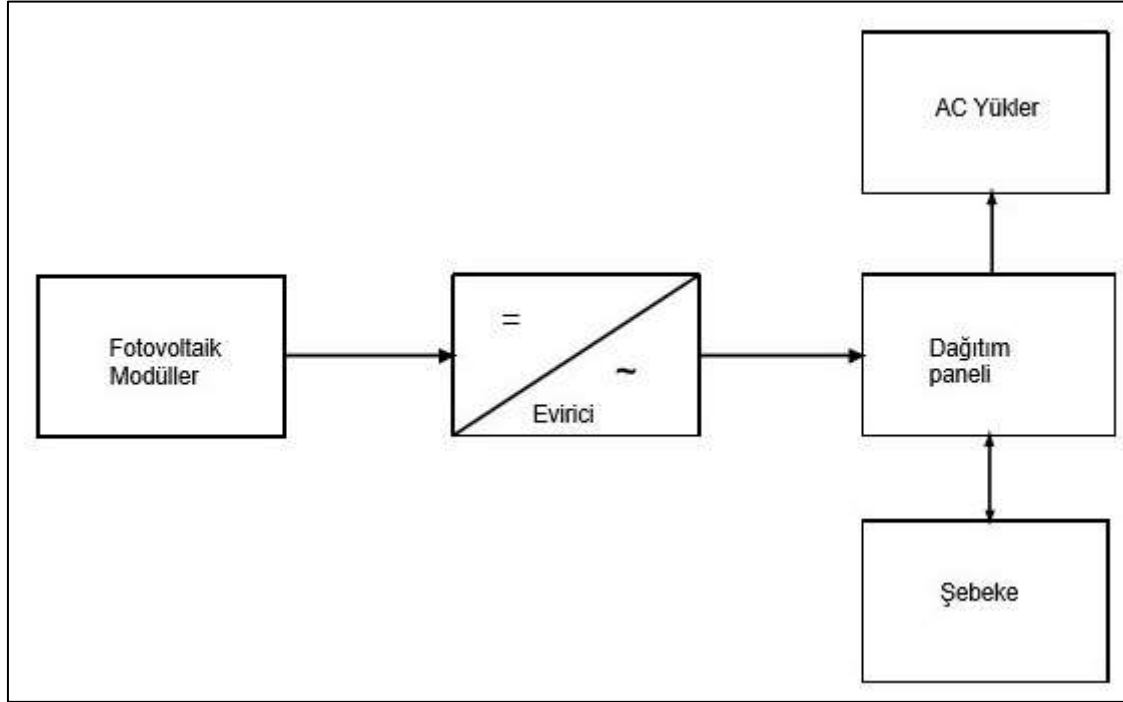
Ancak, toplamda kullanılan malzeme daha az olduğu için verimlilik yüksek maliyette düşük olmaktadır. Resim 4.4’ de örnek bir CPV görünmektedir [2].



Resim 4.4. CPV örneği [11]

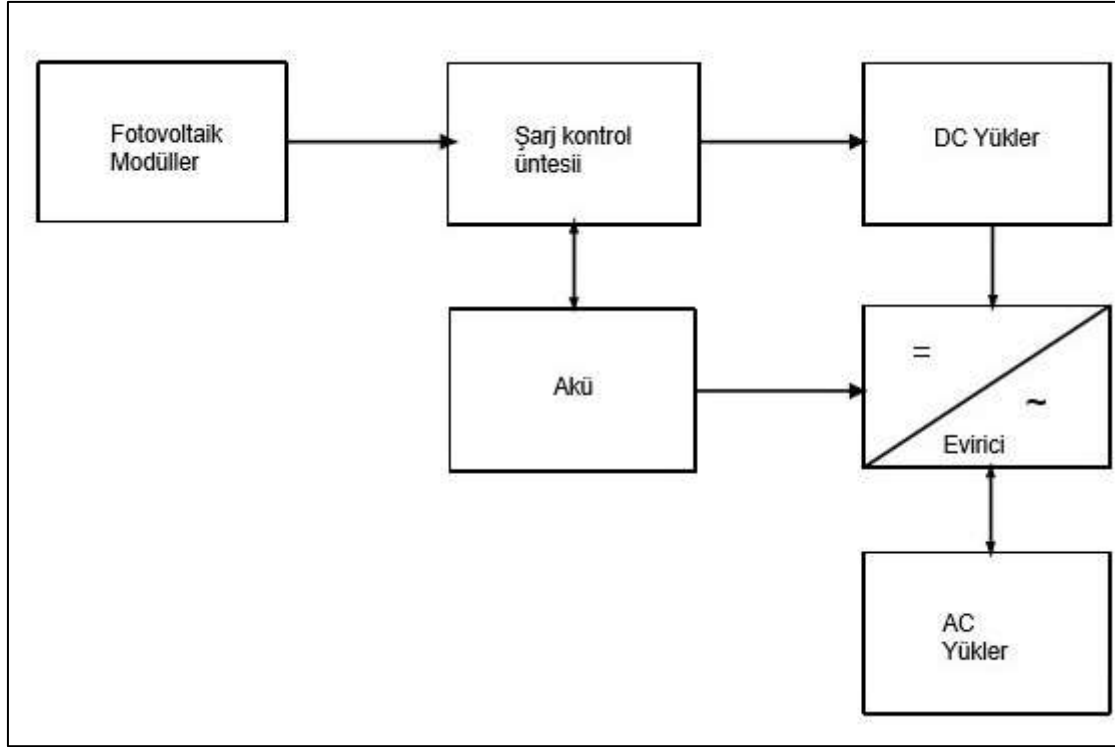
5. FOTOVOLTAİK SİSTEM ELEMANLARI

Fotovoltaik sistem elemanları sistemin şebeke bağlantısı olup olmama durumuna göre değişiklik göstermektedir. Şebeke bağlantılı sistem ve şebekeden bağımsız sistem genel gösterimleri aşağıda bulunan Şekil 5.1 ve Şekil 5.2’de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Şebeke bağlı sistem genel gösterimi

Her iki sistemde mantık olarak aynı yapıda olsa da şebekeden bağımsız sistemde fazladan akü ve şarj kontrol üniteleri mevcuttur. Şebekeye bağlı sistemlerde ise panellerde üretilen DC elektrik enerjisi AC elektrik enerjisine dönüştürülerek evirici çıkışında dağıtım paneline bağlanmaktadır. Şebekeye bağlı sistemlerde üretilen enerjinin tamamı veya ihtiyaç kadarı kullanılır. İhtiyaçtan fazla enerji üretimi olmuşsa fazla enerji şebekeye aktarılır, ihtiyaçtan az enerji üretimi olması durumunda şebekeden ihtiyaç kadar enerji çekilebilir. Bu şekilde çalışma verimliliği artırılır.

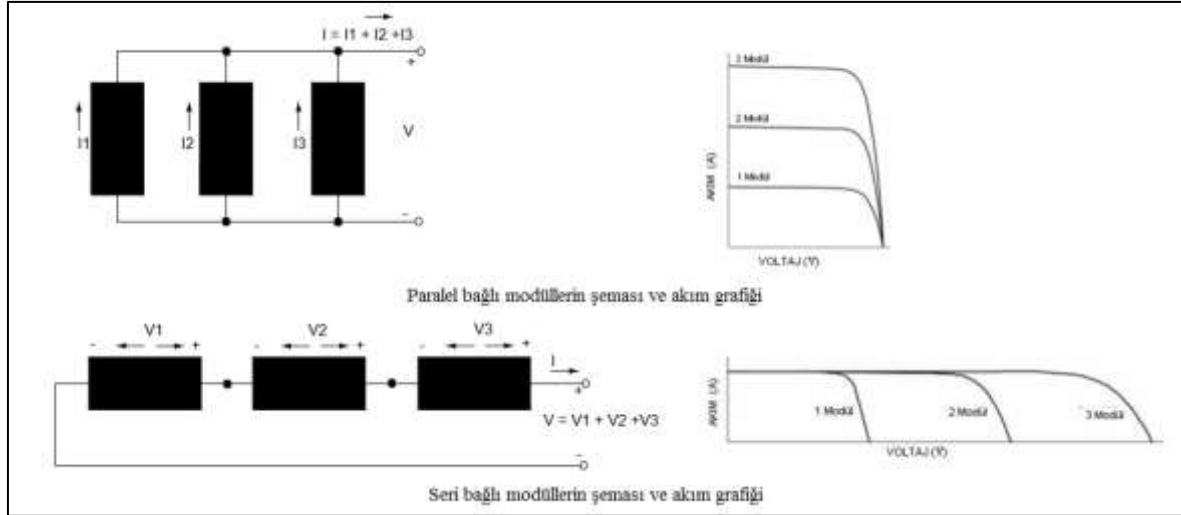


Şekil 5.2. Şebeke bağımsız sistem genel gösterimi

5.1. Paneller

Tasarlanacak olan sistemin en önemli elemanlarından birisi olan paneller güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştürürler. Paneller, modüllerin birbirine bağlanması sonucu oluşur. Panellerin birbirine bağlanması sonucunda ise panel dizisi (solar dizi) oluşur.

Paneller birbirine seri veya paralel olarak bağlanmaktadır. Modüllerin seri bağlanması ile gerilim değeri artarken, paralel bağlanması ile akım değeri artmaktadır. Bu bağlantı seçimleri ile çıkış gücü ayarlanır. Güneş hücrelerini modül haline getirmenin başlıca iki avantajı bulunmaktadır. Bu avantajlardan birincisi güneş pillerini dış ortamdan korumak ikincisi de açık devre gerilimini artırmaktadır. Modülün açık devre geriliminin artırılmasıyla, şebekeden bağımsız sistemlerde akü şarj cihazının ve şebeke bağlı sistemlerde ise eviricinin verimi artırılır [14]. Şekil 5.3.'de modüllerin paralel ve seri bağlantı şemaları ve akım grafikleri gösterilmiştir.



Şekil 5.3. Modüllerin paralel ve seri bağlantı şemaları ve akım grafikleri

Modüllerin paralel bağlanmasıyla elde edilen çıkış gerilimi ve akımı formül 5.1 ve 5.2’de verilmiştir.

$$V = V_1 = V_2 = V_3 \quad (5.1)$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \quad (5.2)$$

Modüllerin seri bağlanmasıyla elde edilen çıkış gerilimi ve akımı formül 5.3 ve 5.4’de verilmiştir.

$$V = V_1 + V_2 + V_3 \quad (5.3)$$

$$I = I_1 = I_2 = I_3 \quad (5.4)$$

5.2. Akü

Hava durumuna bağlı olarak güneşin konumu ve etkisi değişmektedir. Yağışlı, bulutlu, geceleri veya havanın kapalı olduğu durumlarda paneller elektrik üretemeyebilir. Bu durumlarda elektrik ihtiyacının depolandığı akü veya bataryalardan faydalanılır. Fotovoltaik panel sistemlerinde kullanılan akülerin fiyatı, kullanılacağı yerdeki iklime, bataryada kullanılan malzemeye, tipine ve kapasitesine göre değişmektedir.

Sürekli dolup boşaldığında bile kapasitelerinin %80 ’ini koruyan kurşun-asitli ve jel aküler çok tercih edilmektedir. Kurşun-asitli aküler, şarj sırasında hidrojen ve oksijen gazı

çıkarmaktadırlar bu sebepten dolayı havalandırma bu tip aküler için çok önemlidir. Ayrıca, elektrikten yalıtılmış ortamda tutulması önerilir. Bu gazların çıkması elektrolit içindeki aktif maddeleri azaltır dolayısıyla elektrolitin direnci artar. Ayrıca açığa çıkan gaz miktarına bağlı olarak yanma veya patlamalar meydana gelebilir. Jel tipi akülerin ise yüklemeleri yavaş olduğu için verimleri düşüktür. Bu sebeple kuru tip aküler tercih edilir.

Akülerin depolama kapasitesi kısa süreli ve uzun süreli depolama şeklinde iki temel amaca göre belirlenir. Kötü hava koşullarında saatlik veya günlük depolama yapılacaksa kısa süreli depolama aküleri, kış dönemindeki enerji ihtiyacını karşılamak için yaz dönemindeki güneş enerjisini depo eden akülere ise uzun süreli depolama aküleri denmektedir. Uzun depolamalı sistemlerin depolama kapasitesi yüksek olduğu için maliyetleri de yüksektir.

5.3. Evirici

Güneş enerjisini DC özelliğindeki elektrik enerjine çeviren panellerden oluşan güneş sistemlerinin şebekeye verebilmesi ve günlük hayatta AC sistemde çalışan makineleri kullanabilmesi için DC sistemden AC sisteme dönüştüren eviriciye ihtiyaçları vardır. Güç çıkış oranı, verim, büyük dalgalanma kapasitesi ve harmonik bozulma oranları eviricilerin performansına etki etmektedir. Evirici seçiminde verimle çıkış gücü arasındaki grafiğin ilişkisini düşünmek azami verim için önemlidir.

Dalgalanma kapasitesi yüksek olan kare dalga evirici en ucuz olanıdır. Ancak, uygulama alanı sınırlıdır ve harmonik bozulması çok yüksektir. Düzeltilmiş sinüs evirici daha karışıktır ve verimi daha düşüktür. PWM eviricinin fiyatı yüksektir. Ancak, verimi yüksek ve bozulma oranı düşüktür. Tam sinüs eviricinin ise bozulma oranı en düşüktür.

5.4. Şarj kontrol ünitesi

Şarj kontrol üniteleri güneş paneli ile akü arasında olur ve gerilimi düzenler. Akünün deşarj olması durumunda belirli bir seviyenin altına düştüğü zaman yükle, akünün şarj olmasını durumunda ise panel ile bağlantısını koparır. Böylelikle akünün fazla şarjdan ve deşarjdan korunması sağlanmış olur. Ayrıca düşük akımla dolması akülere zarar verebilir. Şarj kontrol üniteleri akım belirli bir seviyeye gelene kadar akü ile panellerin bağlantısını kesmeye

devam eder. Bazı şarj kontrol üniteleri, sıcaklık gibi değerleri de göz önüne alırlar. Akü fazla ısındığı zaman bağlantıyı koparırlar.

5.5. Yardımcı elemanlar

Yukarıda bahsedilen güneş santrallerinin ana malzemelerine ek olarak kablolar, bağlantı elemanları, güç izleyiciler, sigortalar, sayaçlar, yangın söndürme ve koruma sistemleri, montaj malzemeleri de sistemde kullanılan elemanlar arasındadır. Bu elemanların kaliteli ve dayanıklı olmaları sistemin düzgün çalışmasını sağlayacaktır [3,13].

6. GÜNEŞ YATIRIMLARININ GELİŞİM AŞAMALARI

6.1. Genel Yatırım Getiri Analizi

6.1.1. Hedefler, Riskler, Fırsatlar

Bir elektrik üretim santralinin değeri üretime geçtiğinde satış olanaklarına yani üretilen elektriğin kime satılacağı, fiyatı, miktarı hususlarına bağlıdır. Bu değer ise yatırım kararındaki en önemli etkenlerden birisidir. Yatırım aşamasına geçmeden önce cevap aradığımız bu sorular ile beraber en az 10 yıl olmak üzere yatırımın ekonomik ömrü dikkate alınmalıdır. Bu süre içerisinde dikkat edilmesi gereken piyasa gelişimi, mevzuat değişiklikleri ve arz-talep tahminlerini içeren analizler ile tatmin edici sonuçlara varılabilir.

Risk, ortaya çıkarsa bir proje hedefi üzerinde olumlu veya olumsuz bir etkiye sahip olan belirsiz bir olay veya durumdur. Risk yönetimi ise proje riskini tanımlama, analiz etme ve bunlara tepki vermesinin oluşturduğu sistematik bir süreçtir. Olumlu olayların olasılığını ve sonuçlarını en üst düzeye çıkarmayı ve olumsuz olayların proje hedeflerine olasılığını ve sonuçlarını en aza indirmeyi içerir.

Projedeki riskler aşağıdaki başlıklara göre sınıflandırılmaktadır.

Kavramsal tasarım

Sistem bileşenleri tasarımı

Sistem bileşenlerinin üretimi ve temini

Montaj

Donanım ve yazılım entegrasyonu

Devreye alma ve sistem testleri

Ayrıca, riskleri teknik, sosyal, ekonomik ve politik kategorilere ayrılmıştır [15]. Mevzuatta gerçekleştirilecek değişiklikler de risk sınıfına dahil edilir. Konvansiyonel enerji santrallerinde yakıt maliyeti de risk sınıfına dahil edilir. Ancak, yenilenebilir enerji kaynaklarında kaynak ücretsiz olduğu için risk katsayısı azalır.

Yukarıda bahsi geçen risk kategorilerine bakıldığında büyük çoğunluğunun tasarım, satın alma ve devreye alma sırasında karşılaşıldığını görmekteyiz. Doğru bir tasarım için tasarım ve uygun malzeme kullanımının önemi görülmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisinin iç piyasada ve uluslararası piyasalarda alım satımında kaynak türünün belirlenmesi ve takibi için üretim lisansı sahibi tüzel kişiye EPDK tarafından "Yenilenebilir Enerji Kaynak Belgesi" (YEK Belgesi) verilir. YEK kaynak belgesi olan tesisleri için; Yenilenebilir Enerji Kanunun yürürlüğe girdiği 18/5/2005 tarihinden itibaren Destekleme Mekanizmasına tabi üretim lisansı sahipleri için, bu Kanuna ekli I sayılı Cetvelde yer alan fiyatlar, on yıl süre ile uygulanır. Ancak, arz güvenliği başta olmak üzere diğer gelişmeler doğrultusunda 31/12/2015 tarihinden sonra işletmeye girecek olan YEK Belgeli üretim tesisleri için bu Kanuna göre uygulanacak miktar, fiyat ve süreler ile kaynaklar Cetveldeki fiyatları geçmemek üzere, Bakanlar Kurulu tarafından belirlenir [17]. Cetveldeki fiyatlar çizelge 6.1'de belirtilmiştir. Çizelgeye bakıldığında biyogaz ve güneş en yüksek desteği alan kaynaklar arasında bulunmaktadır.

Çizelge 6.1. Yenilenebilir enerji destek fiyatları

I Sayılı Cetvel (29/12/2010 tarihli ve 6094 sayılı Kanunun hükmüdür.)	
Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi	Uygulanacak Fiyatlar (ABD Doları cent/kWh)
a. Hidroelektrik üretim tesisi	7,3
b. Rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesisi	7,3
c. Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	10,5
d. Biyokütleyle dayalı üretim tesisi (çöp gazı dahil)	13,3
e. Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	13,3

Mevcut mevzuatlara göre 1 MW'dan küçük olan elektrik üretim tesisleri önlisans/lisans almadan muafır. Önlisans ve lisans alma yükümlülüğünden muaf olan yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üreten gerçek veya tüzel kişilerin ihtiyacının üzerinde ürettiği elektrik enerjisinin sisteme verilmesi hâlinde söz konusu elektrik enerjisi, ilgili

görevli tedarik şirketi aracılığı ile YEKDEM kapsamında değerlendirilir. Lisanssız elektrik üretim tesisleri yönetmeliği kapsamına giren üretim tesisleri, dördüncü fıkra kapsamında belirtilen istisnalar dışında, dağıtım sistemine bağlanır. İlgili Şebeke İşletmecisi, üretim tesisinin teknik özelliklerine ve bağlantı noktası itibarıyla dağıtım sisteminin mevcut kapasitesine göre üretim tesisini YG veya AG seviyesinden dağıtım sistemine bağlayabilir. Bağlantı başvurusu talebi, sadece İlgili Mevzuat ve İlgili Teknik Mevzuat hükümleri kapsamında reddedilebilir [16]. Lisanssız elektrik üretilmesi lisanslı projelere göre yönetmeliklerin belirlemiş olduğu şartlar ile karşılaştırıldığında süre kaybı yaşanmaması açısından fırsattır. 31.05.2017 tarihinde EPDK tarafından yayınlanan 11/5/2017 ve 7070 sayılı kurul kararı ise lisanssız elektrik üreticileri için yeni bir fırsat sunmuştur. Elektrik piyasası kanununun 14. Maddesinin birinci fıkrasının b bendi kapsamındaki lisanssız üreticilere uygulanan dağıtım sisteminin kullanımına ilişkin bedeller, 31/12/2017 tarihinden önce ilgili şebeke işletmecisinden geçici kabule hazır tutanağı alan tesisler için geçici kabulün bu tutanağa istinaden yapılması halinde 10/5/2005 tarihli ve 5346 sayılı yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımına ilişkin kanun kapsamında belirlenen fiyatlardan yararlanılan süre boyunca kurul tarafından belirlenen oranda indirim uygulanır.

6.1.2. İş ve zaman planı

Yukarıda bahsi geçen risk ve fırsatlar mevzuatlar çerçevesinde sürekli değişmektedir. Bu değişime uygun olarak sürekli olarak yönetmelikler kontrol edilmeli ve uygun zaman dilimleri belirlenmelidir. Yukarıdaki 31.12.2017 tarihine kadar olan sistem kullanım bedelleri göz önüne alındığında lisanssız güneş yatırımları için 2017 yılı güzel fırsatlar içeren bir yıl olarak kabul edilebilir.

6.1.3. Gelir gider özeti

Genel olarak bu bölümde bir projeye ilişkin gelir ve giderler için gerekli finansal kaynakların ihtiyacını, bunların nereden ve nasıl sağlanacağını belirleyerek projenin ekonomik yapılabilirlik derecesini (karlılık ve fayda düzenini) ve potansiyel bir tesis olarak faaliyetini devam ettirip ettiremeyeceğini değerlendirmeyi amaçlar [24].

6.2. Saha Belirleme

Saha belirlenirken önce projenin bağ evi, çatı amaçlı mı yoksa yatırım amaçlı mı olduğuna karar verilmelidir. Bağ evi ve çatı projeleri için genellikle kurulacak alanlar belirli olduğundan tasarım ona göre yapılmaktadır. Ancak, yatırım amaçlı saha uygulamaları için saha seçimi çok önemlidir.

Yapılabilirlik çalışmalarının yüksek çıkması amacıyla güneş enerjisi AR-GE çalışmalarında öncelikli olarak verimliliği maliyet odaklı artırmak gelmektedir. Fakat bu politikalar sadece maliyet odaklı olarak geliştirilmemelidir. Çevresel etkileşimler ve ekonomik fırsatlar da stratejik kararlarda önemli kriterleri arasında sayılmaktadır.

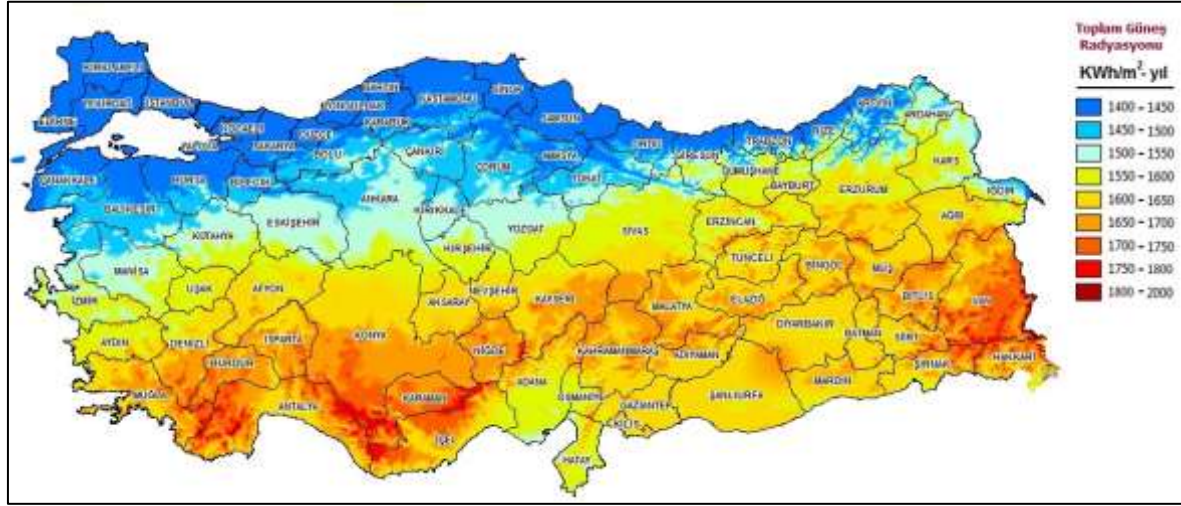
Verimlilik açısından yer seçimi hakkında kesin kurallar olmadığı için geçmişte yapılmış projelerden elde edilen tecrübelerden birtakım fikirler oluşmuştur. Bu bağlamda bölgenin güneşlenme potansiyeli, toprak yapısı, arazi cephesi, arazi konumu ve fiziki yapısı, tarım uygunluğu gölgelenme durumu, kirlenme ve tozlanma durumu, şebeke yakınlığı, hava şartları, ulaşım durumu, belediyenin imar durumu olarak on temel kriter bulunmaktadır. Yer seçimi yapılırken bu kriterler göz önüne alınmalıdır.

Güneş enerjisi tesisi kurulumu için uygun alanlar belirlendiğinde, tesisin kurulumu için uygun olmayan alanlar aşağıdaki kriterlere göre kaldırılır:

- Arazi eğimi % 3'ün üzerindeki alanlar
- 500 m'lik güvenlik şeridinde ait yerleşim alanları ve kalan alanlar
- Kara ve demiryolları ile 100 m'lik trafik şeridi içerisindeki alanlar
- Havaalanları ile 3 km'lik güvenlik şeridindeki alanlar
- Çevrenin korunması, milli parklar ve doğal alanlar ile 500 m'lik güvenlik şeridindeki alanlar
- Göller, nehirler, baraj gölleri ve sulak alanlar

Korunan ormanlar, ağaçlandırılmış alanlar, özel ormanlar, kreşler, sazlıklar ve bataklıklar, koruma ormanları ve arboretumları.

Yer seçimi yapılırken arazinin güneşlenme potansiyeli en önemli kriterlerden birisidir. Güneşlenme potansiyelini Güneş enerjisi potansiyel atlasından görülebilir. Türkiye için güneşlenme haritasını gösteren güneş enerjisi potansiyel atlası Resim 6.1’de verilmiştir.



Resim 6.1 Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası

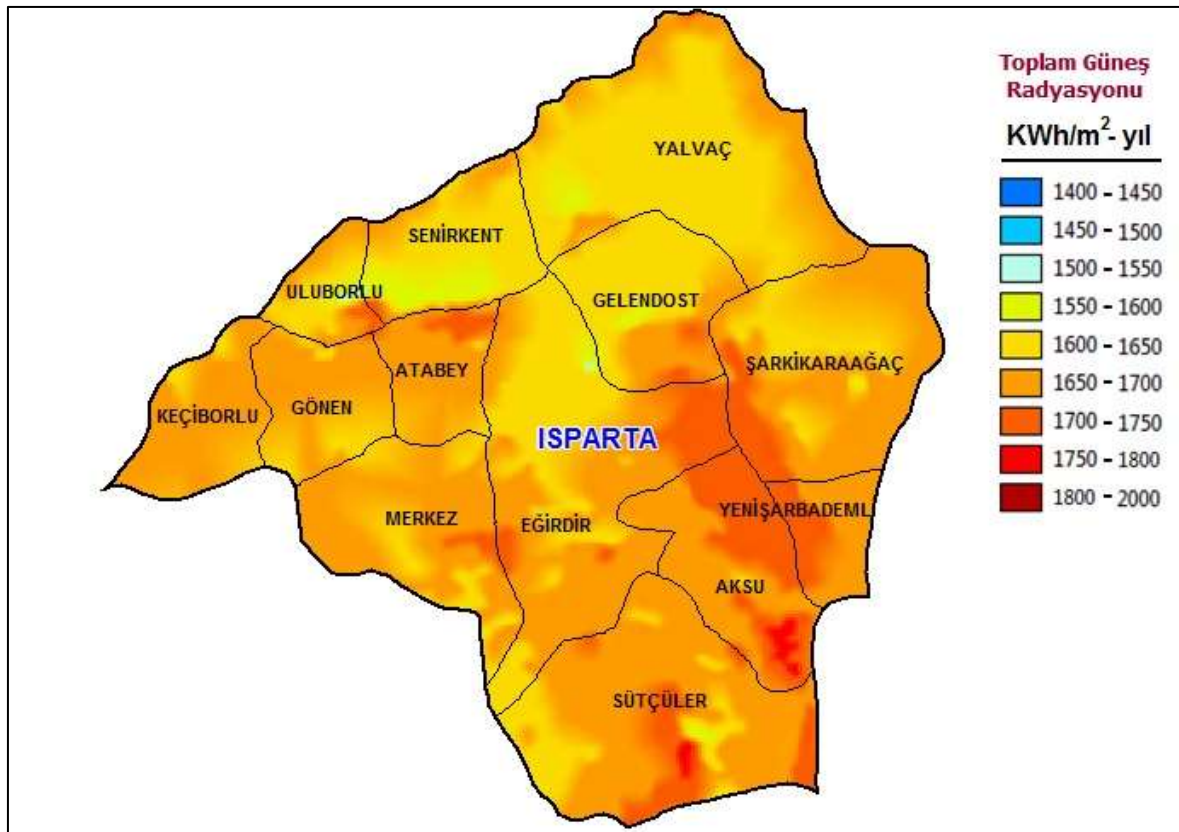
Resim 6.1’e bakıldığında güneşlenme potansiyeli en yüksek iller Konya, Antalya, Burdur, Isparta, Karaman, Mersin, Niğde, Van, Hakkâri, Şırnak olarak görülmektedir. Seçilecek arazinin bu illerden birinde olması avantaj sağlayacaktır.

Güneşlenme potansiyelinden sonra toprak yapısına bakıldığında, Hakkâri, Şırnak, Van illeri ile Antalya ilinin kuzey bölgesi dağlıktır. Dolayısıyla zeminin kaya çıkma olasılığı çok yüksektir. Zemin kaya çıktığı zaman konstrüksiyonların beton ayak olması gerekmektedir. Beton ayak maliyeti normal, çakma ayak maliyetine göre %30 daha fazladır. Bu sebepten dolayı tercih edilmemektedir [25,26].

Konya ve Karaman bölgesine bakıldığında tarım alanları olarak çok verimli düz alanlar bulunduğu görülmektedir. Tarımsal alan verimini düşürdüğü için ve üretimi kısıtladığı için bu alanlara güneş enerji santrali kurulmamalıdır. Ancak, elektrik piyasasında lisanssız elektrik üretimine ilişkin yönetmelik madde 31.10’da ‘İlgili diğer mevzuat hükümlerine uygun olması halinde, tarım arazilerinin bir kısmında tarımsal sulama amacıyla bu Yönetmelik kapsamında üretim tesisi kurulabilir. Ancak, ilgili üretim tesisinin kurulu gücü söz konusu sulama tesisinin enerji ihtiyacından fazla olamaz. Bu kapsamda yapılacak başvurularda DSI tarafından mer’i mevzuat kapsamında verilen Onay Belgesinin sunulması

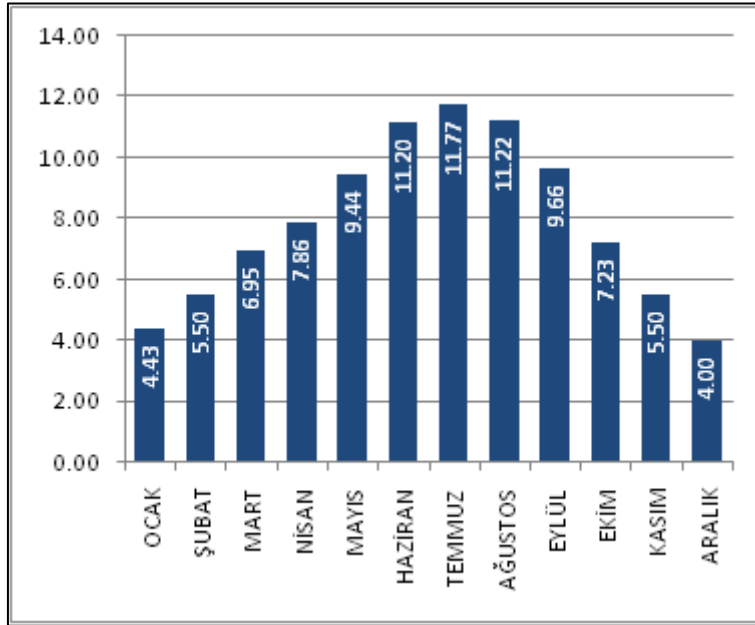
zorunludur' maddesine göre sulama ihtiyacını karşılayacak kadar aslında tarıma destek vermek amacıyla elektrik üretim faaliyetlerine izin verilmektedir. Tarım arazilerine elektrik üretim tesisi kurma riski fazla olduğu için Konya ve Karaman bölgesi tercih edilmemiştir.

Güneş enerji potansiyeli yüksek, tarım arazilerinden uzak bir bölge olan Isparta ili Aksu ilçesinde yatırım planlanmıştır. Resim 6.2'de Isparta ili güneş potansiyeli görünmektedir. Çizelge 6.2'de Isparta ili aksu ilçesinin güneşlenme süreleri görünmektedir. Bulunan bölgede daha önceden yapılmış güneş enerji santralleri yatırımları bulunduğu Google haritasından gözlemlenmiştir. Dolayısıyla şebekeye yakınlık açısından diğer santraller ile ortak hat kullanılabileceği ve ulaşım durumunun var olduğu bilinmektedir. Bunlarda arazi seçiminin yapılmasında olumlu etkiler olarak gözlenmiştir. Aksu ilçesinin daha yoğun güneşlenme radyasyonuna sahip olan Antalya'ya yakın kısmı dağlık arazi olduğu ve toprak yapısının kaya çıkması düşünüldüğünden dolayı seçilmemiştir.



Resim 6.2. Isparta ili güneş enerji potansiyeli

Çizelge 6.2. Isparta ili Aksu ilçesi güneşlenme süreleri (saat)



Isparta ili Aksu ilçesi Akçaşar küpbeleni mevki 227 parsel’de bulunan arazinin milli park, doğal alanlar, mera vb. vasfı olup olmadığını öğrenmek amacıyla parsel sorgusu yapılması gerekmektedir. İlgili sorgu yapıldığında karşımıza tarla vasfında olduğu çıkmıştır. Ancak, tarla vasfında olduğu verimli arazi olduğu ve tarla olarak kullanıldığı anlamına gelmemektedir. Çevresindeki güneş enerji santrallerinin tarım il müdürlüğünden onay alması ve Google earth görüntüleri arazinin tarla olarak kullanılmadığını desteklemektedir. Dolayısıyla bu arazi güneş yatırımı için kullanılabilir. 1 MW güneş yatırımı için 20 dönüm alan gerektiği bilinmektedir. Seçilen arazinin alanı 23825,00 m² olarak görünmektedir. Seçilen arazinin çevresinde dere, nehir gibi alanlar olmaması avantajdır. Eğer böyle bir alana yakınlık olsaydı heyelan, sel gibi bir felaket yaşanma ihtimali yüksek olurdu ve bu da oldukça büyük bir maddi hasara sebep olurdu. Arazinin etrafına bakıldığında gölge yapacak bir yapı görünmemektedir dolayısıyla santralden alınacak verim için önemli bir detaydır. Arazi yakınlarında taş ocağı, beton santrali vb. bir endüstriyel tesis yoktur dolayısıyla kirlilik ve tozlanma olmaması açısından avantajdır [26]. Seçilen arazinin Google görüntüsü Resim 6.3’de gösterilmiştir.



Resim 6.3. Seçilen arazinin Google earth görüntüsü

6.3. Teknik Plan

6.3.1. PV Tasarımı

Fotovoltaik diziler gölgelendirmeden olumsuz etkilenirler. İyi tasarlanmış bir PV sistemi yıl boyunca sabah 9'dan 3'e kadar açık ve engellenmeden güneş ışınlarına erişime gereksinim duyuyor. Yapraksız bir ağacın tek bir dalının gölgesi gibi küçük gölgeler bile bir güneş modülünün güç çıkışını önemli ölçüde azaltabilir. Tasarım yapılırken gölge yapabilecek bütün unsurlar göz önüne alınmalıdır.

Seçilen PV panelinin tipi de tasarım kriterleri üzerinde bir etkiye sahiptir. Boyut, şekil, alt tabaka ve hücre malzemeleri açısından her tipte çok sayıda varyasyona sahip iki genel PV panel tipi vardır. Bu iki panel tipi mono / poli-silikon ve ince filmdir. Mono veya poli-silikon yüksek verimliliklidir (birim alan başına daha fazla güç üretir). Ancak, genellikle daha fazla tartışılır ve watt başına dolar başına maliyet daha fazla olur. İnce filmler modül verimliliğinde daha düşüktür. Ancak, maliyeti daha azdır ve genellikle daha az ağırlıktadır. Bazı ince film modülleri (Kadmiyum Tellür veya Bakır-İndiyum-Galyum-Selenit gibi) daha ağırdır. Ancak, amorf silikon ince film panelleri hafiftir. Güneş sistemi ağırlığı tasarım kriterlerinin

kritik bir unsurdur, maliyet ve verimlilik göz önüne alındığında Türkiye’de mono veya polikristal modüller tercih edilmektedir.

PV modüllerinden ihtiyaç duyulan günde toplam Watt-saat hesaplanmalı, elde edilebilen PV modüllerinin nominal çıkış Watt-pik değerine bölünmesiyle ve sonuçların herhangi bir kısmını bir sonraki en yüksek tam sayıya yükseltilmelidir ve bulunan sonuç, gerekli PV modüllerinin sayısı olacaktır. Hesaplamanın sonucu, minimum PV panel sayısıdır. Daha fazla PV modülü takılıysa, sistem daha iyi performans gösterecek ve pil ömrü iyileşecektir. Daha az PV modülü kullanılıyorsa, bulutlu periyotlar sırasında sistem çalışmayabilir ve pil ömrü kısalmır.

Evirici boyutlandırma aşamasında ise, AC güç çıkışı gerekli olan sistemde bir evirici kullanılır. Eviricinin giriş gücü cihazların toplam watt değerinden asla düşük olmamalıdır. Evirici, pilinizle aynı nominal voltaja sahip olmalıdır. Tek başına sistemler için evirici, bir defada kullanacağınız toplam watt miktarını işleyecek kadar büyük olmalıdır. Evirici boyutu, cihazların toplam wattından % 25-30 daha büyük olmalıdır. Cihaz tipi motor veya kompresör olması durumunda evirici boyutu bu cihazların kapasitesinin en az 3 katı olmalı ve çalıştırma esnasında aşırı akımla baş etmesi için evirici kapasitesine eklenmelidir. Şebekeye bağlı sistemler için, eviricinin giriş gücü, güvenli ve etkili bir şekilde çalışması için PV dizisi ile aynı olmalıdır.

$$\text{Evirici boyutu} = 1\text{MW} / 1,3 = 1,3\text{MW}$$

Şebeke bağlantısı olmayan sistemlerde akü boyutlandırma aşamasında, tavsiye edilen akü tipi derin devirli aküdür. Derin devirli pil, düşük enerji seviyesine kadar boşaltılması için özel olarak tasarlanmıştır ve yıllarca günden güne hızlı şarj veya döngü ile şarj ve deşarj edilir. Pil, aletleri geceleri ve bulutlu günlerde çalıştırmak için yeterli enerjiyi depolayacak kadar büyük olmalıdır. Pilin boyutunu bulmak için aşağıdaki gibi hesaplayın:

$$\text{Akü boyutu} = (\text{günlük kullanım miktarı} * \text{kullanılacak günler}) / (0,85 * 0,6 * \text{nominal pil gerilimi})$$

Şarj kontrolörü tipik olarak Amper ve Voltaj kapasitelerine göre derecelendirilmiştir. PV dizisi ve pillerin voltajıyla eşleşmek için güneş şarj kontrol cihazını seçin ve daha sonra

hangi tip güneş şarj kontrol cihazının uygulamanız için uygun olduğunu belirlenmelidir. Güneş şarj kontrol cihazının, PV dizisinden gelen akımı idare edecek yeterli kapasiteye sahip olduğundan emin olunmalıdır. Şarj kontrol cihazı tipi için kontrol cihazının boyutlandırılması, kontrol ünitesine verilen toplam PV giriş akımına bağlıdır ve PV panel konfigürasyonuna (seriler veya paralel konfigürasyon) da bağlıdır. Standart uygulamaya göre, güneş şarj kontrolörünün boyutlandırılması, PV dizisinin kısa devre akımını (I_{sc}) alıp 1,3 ile çarpmaktır [33].

Güneş şarj regülatörü değerlendirmesi = PV şebekesinin toplam kısa devre akımı x 1,3

6.3.2. Teknoloji seçimi

Detaylı güneş potansiyeli hesabı piyasa da bulunan simülasyon programları yardımıyla yapılabilir. Bu paket programlar aracılığı ile çeşitli teknoloji alternatifleri denenebilir ve verimliliği en yüksek olan teknolojiler seçilir.

6.3.3. Tesis gelir-gider çizelgesi

Proje var olma süresi boyunca teknik hesaplamalar sonucunda üretilen elektriğin satışından gelecek gelir, ilk yatırım maliyeti ve tesisin var olma süresi boyunca işletme ve bakım giderlerini içeren nakit akımların olduğu çizelgeler oluşturulur ve finansal açıdan değerlendirilir. Bu değerlendirmeler sonucu proje önerisi ret veya kabul edilecektir.

6.3.4. Yapılabilirlik raporu

Finansal ve teknik açıdan değerlendirilen proje çıktıları rapor haline getirilir. Bu şekilde kapsamlı bir çalışmada ekonomik açıdan değerlendirilerek yatırımın kabul ve ret edilmesine karar verilir. Bu sebeple, yapılabilirlik çalışması limitli kaynakların en uygun kullanımını sağlayan yatırım alanlarının seçilmesinde vazgeçilmez temel bir unsurdur.

Detaylı güneş enerji potansiyeli hesabı yapılan ve sonuçların olumlu çıktığı arazi için ilgili dağıtım şirketlerine başvuru yapılır ve bağlantı anlaşması için çağrı mektubu alınır. Çağrı mektubu alındıktan sonra projelerin TEDAŞ'a sunulması ve onaylanmasını takiben bağlantı

anlaşmasının imzalanması gerekmektedir. Bağlantı anlaşması imzalandıktan sonra projenin tamamlanma süresi 24 ay olarak belirlenmiştir [16].

6.4. Yatırım Planlama

6.4.1. Detaylı iş programı

Tasarım yapıldıktan ve gerekli yapılabilirlik raporu olumlu çıktıktan sonra, saha takibi, kaynak ve maliyet analizlerine yönelik detaylı iş programı oluşturulur. Bu iş programı oluşturulurken uygulamayı yapacak yüklenici seçilmemiş veya seçilmiş olabilir. Ancak, sözleşme henüz imzalanmamıştır. Detaylı iş programı genel olarak aşağıdaki aşamalardan oluşur.

- İşe başlama
- Disiplinler arası koordinasyon
- Aktivite listelerinin oluşturulması ve aktivite sürelerinin tahmini
- Aktivite bilgilerinin girilmesi

6.4.2. Maliyet Planlaması

Maliyet planlamasının amacı, projenin bütçelenen limitlerde kalmasını sağlamaktır. Kontrolün amacı ise ne derece gerçekleştiğinin ve varsa sapmaların nedenlerinin ortaya çıkmasıdır.

Proje maliyetleri bir performans ölçütü olarak kullanılmaktadır. Ancak, bu yapılırken kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen maliyetleri ayırmak gerekir. Örneğin satın alınan bir kaynağın sipariş zamanı, satın alınma zamanı, nakliye zamanı, sahaya ulaşma zamanı veya kayıtlara geçtiği andaki fiyatı kullanılabilir. Bu durumda bütün proje maliyeti aynı baza oturtularak planlama ile karşılaştırmalarının yapılması gerekmektedir.

6.4.3. Sözleşmeler

Risklerin tanımlanması ve etkilerinin belirlenmesinden sonra, belirlenen bu risklerin ortadan kaldırılması, transfer edilmesi veya üstlenilmesi gibi hususlar sözleşme aracılığı ile düzenlenmektedir.

Öncelikli olarak sözleşme tipi belirlenmelidir. Örneğin, yapılacak olan sözleşme mühendislik, satın alma ve inşaat süreçlerini mi kapsayacak yoksa sadece inşaat, sadece satın alma mı yapılacak. Enerji yatırımlarında genellikle kullanılan yöntem mühendislik, satın alma ve inşaat süreçlerinin tamamını tek bir firmaya vermek ve yatırımcı olarak sadece kontrol etmektir. Ancak, proje içeriğine göre eğer ekonomi bakanlığından yatırım teşvik kapsamında vergi indirimli olan ürünler var ise bu ürünlerin satın alınmasının doğrudan yatırımcı firma tarafından yapılması maliyet planlaması olarak mantıklı olacaktır. Yapılacak olan sözleşmenin ana kalemleri aşağıda verilmiştir [27].

- Sözleşme konusu
- Tanımlar
- Sözleşme ekleri
- İşin denetimi
- Yüklenicinin genel görev ve yükümlülükleri
- İşyeri güvenliği
- Sigortalar
- Teknik sorumluluk
- İş raporları
- Onay, izin ve ruhsatlar
- Yasal sorumluluk
- Diğer yükleniciler
- Vergi ve resmi harçlar
- Malzeme
- Teknik personel
- Alt yüklenici
- İşin süresi ve iş programı
- Süre uzatımı
- Gecikme cezası

- Değişiklikler
- İş miktarında artma/azaltma
- İşin tutarı
- Ödeme şartları
- Geçici kabul
- Kesin hesap
- Garanti süresi
- Kesin kabul
- Kesin teminat
- İşin ertelenmesi ve iptali
- Sözleşmenin bozulması
- Sözleşmenin devri
- Anlaşmazlıkların çözümü
- Yazılı bildirimler
- Diğer hususlar
- Yürürlük

6.5. Tesis Kurulumu

6.5.1. Finansman anlaşması

Yenilenebilir enerji yatırımı yapmak isteyen firmalar yerli veya yabancı birçok banka tarafından finansa edilmektedir. Uygun geri ödeme planına göre finansman desteği alınacak kuruluş seçilir ve anlaşmalar yapılır.

Azami 5 milyon euroya kadar olan yenilenebilir enerji yatırım kredileri mevcuttur. Bu kategori, elektrik, ısıtma, soğutma veya fosil kaynaklarının yerine geçen her türlü enerjiyi üretmek için yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan donanım, sistem ve süreçlerin satın almasını ve kurulumunu içeren projeleri kapsamaktadır.

Yenilenebilir enerjiye uygun yatırımları onaylanma tarihinde 15 yıldan daha az geri ödeme süresine sahip olmalı ve 1 euro yatırım karşılığında 3 kWh elektrik üretmelidir. Tüm yenilenebilir enerji projelerinde net bugünkü değer pozitif olmalıdır [28].

Dünyada, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik olarak uygulanan piyasa bazlı ve piyasa dışı destek mekanizmaları temelde aşağıdaki şekilde sıralanabilir [29]:

- Minimum Fiyat Uygulaması (Feed-in-Tariff)
- Prim Uygulaması (Feed-in-Premium)
- Zorunlu Kota ve Yeşil Sertifika Uygulaması
- İhale teşvikleri
- Yatırım Teşvikleri
- Vergi muafiyetleri ve indirimleri
- Diğer

6.5.2. Saha hazırlanması & Tesis kurulumu

Güneş enerjisi yatırımları için saha hazırlanması ve tesis kurulumu, gerekli makine ve malzemelerin sahaya ulaşması ile başlayan ve kabul işlemleri bitene kadar devam eden süreçtir. Hafriyat, tel örgü, güvenlik kameralarının yerleştirilmesi, montaj, trafo ve kontrol odası inşaatı ve diğer inşaatlar olarak belirlenir.

6.5.3. Testler

Güneş enerji sistemleri testleri için TS EN 62446 standardı kullanılmaktadır. Bu standart, şebeke bağlantılı fotovoltaik sistemler için dokümantasyon, devreye alma testleri ve muayene için asgari kuralları içermektedir. Hem alt yüklenici denetlemek hem de santralin güvenilirliğini artırmak için IEC 62446 standardına uygun testlerin yapılması gerekmektedir.

TS EN 62446 standardı fotovoltaik sistemlerin;

- Kurulumu sonrasında yatırımcıya teslim edilecek asgari bilgi ve belgeleri
- Santralin güvenli kurulumunun yapıp doğru işletilmesi ile ilgili olarak devreye alma esnasında yapılacak testleri, denetim kriterleri ve belgeleri tanımlar.

TS EN 62446 Standardı iki ana bölümden oluşmaktadır.

Sistem İçin Gerekli Belgeler

TS EN 62446 Standardı madde 4 sistemin kurulumuyla ilgili gerekli belgelerin sağlanmasını,

4.1 Genel: Sistem için gerekli belgeleri

4.2 Sistem Bilgileri; Projeyi yapan, montajı yapan vb. bilgileri

4.3 Kablolama Projesi: Tek hat şeması

4.4 Sistem Bileşenleri Teknik Bilgileri; Panel, inverter vb. bilgi sayfaları

4.5 Taşıyıcı Konstrüksiyon: Montaj ve bağlantı detayları

4.6 İşletme ve Bakım Bilgileri: Doğru işletim, hata, bakım, temizlik, garanti süresi vb. bilgileri

4.7 Test Sonuçları ve Devreye Alma: Testlerinin sonuçlarının raporlanması

Doğrulama

Şebekeye bağlantısı yapılmış olan sistemin doğrulanması için yapılacak denetim ve testlerin içeriğini belirler.

TS EN 62446 Standardı

- Madde 5.1-2 Genel
- Madde 5.3 Denetim: 5.3.1-5.3.5
- Madde 5.4 Testler: 5.4.1-5.4.7
- Madde 5.5 Doğrulama Raporları: 5.5.1-5.5.3

TS EN 62446 ile İlgili Diğer Yardımcı Standartlar:

- TS HD 60364 (tüm bölümler), Alçak Gerilim Elektrik Tesisleri
- TS HD 60364-6, Alçak Gerilim Elektrik Tesisleri – Bölüm 6: Doğrulama
- TS HD 60364-7-712:2002, Binalarda Elektrik Tesisatı – Bölüm 7-712: Özel tesis ve yerler için kurallar – Solar fotovoltaik (PV) güç besleme sistemleri
- TS IEC 60755:2008, Artık akımla çalışan koruyucu düzenler, genel kurallar

- TS EN 61557 (tüm bölümler), Alçak gerilim dağıtım sistemlerinde elektriksel güvenlik- 1000 V AC ve 1500 V DC 'ye kadar Koruyucu düzenlerin denenmesi, ölçülmesi ve izlenmesi ile ilgili donanımlar
- TS EN 61730-1, Fotovoltaik (PV) modül emniyet yeterlilikleri – Bölüm 1: Yapım için gereklilikler

Denetim ve test sırasında kullanılacak malzemelerin listesi aşağıda verilmiştir.

- Multimetre: Akım ve Voltaj
- İnfrared Sensör: Sıcaklık
- Termal Kamera: Sıcaklık
- PV Analiz Cihazı: Akım Voltaj Eğrisi
- İzolasyon Test Cihazı: Kaçak akım
- Pens Ampermetre: Akım
- PT100-PT1000: Ortam ve Panel Sıcaklığı
- Işınım Sensörü: Güneş Radyasyon Sensörü
- Kaplama Kalınlık Ölçer: Galvaniz Kalınlığı

TS EN 62446 standardına göre test sıralaması güvenlik ön planda tutularak yapılmalıdır. Unutulmamalıdır ki her adımda potansiyel tehlikeler artmaktadır.

Sahada doğrulama testleri;

TS HD 60364-6 standartına Göre Tüm AC Devre Testleri

TS HD 60364-6 standartına göre tüm AC devre testleri tamamlandığında PV dizilerdeki DC devrelerin testleri yapılır.

Koruma Topraklamasının Sürekliliği ve Eş potansiyel İletken Bağlantı Kontrolleri

Koruma topraklaması bağlantılarının nerede ve nasıl yapıldığı önemlidir. Topraklamanın sürekliliği bu iletkenler üzerinden yapılır. Topraklama terminallerinin bağlantı testleri de yapıpıp doğrulanmalıdır.

Polarite Testi

Tüm DC kabloların kutupları buna özel test cihazı kullanılarak doğrulanmalıdır. Kutuplar onaylandıktan sonra pano veya inverter bağlantıları yapılmalıdır. Kabloların kontrolleride mutlaka yapılmalıdır.

Dizilerde Açık Devre Gerilim Testi

Her dizinin açık devre voltajı uygun cihaz kullanılarak yapılmalıdır. Bu test şalter ya da koruma cihazları kapatılmadan yapılmalıdır. Ölçülen değer ile beklenen değer karşılaştırılmalıdır. Aynı ışınlım değerinde özdeş dizilerin gerilim değeri karşılaştırılmaz ve bu değer tüm dizilerde aynı olması gerekir. (%5 e kadar fark kabul edilebilir)

Dizilerde Kısa Devre Akım Testi

Dizilerde kısa devre akım testi kapsamında fotovoltaik dizilerin kısa devre akımı ölçülmesi ve operasyon testleri bulunmaktadır.

Test Koşulları;

- Sabit olamayan ışınlım durumunda,
- Test ertelenebilir
- Bir dizi ölçümü referans olarak alınarak, aynı anda birden fazla ölçüm cihazı kullanılabilir.

Test Sonuçlarında PASS/FAIL Kriterleri;

Her iki durumda da anahtarlama cihazı ve kısa devre iletkeni değerleri, kısa devre akımından ve açık devre geriliminden yüksek olmalıdır.

Fonksiyon Testleri

- Şalt ekipmanları ve diğer kontrol cihazlarının doğru olarak montajının yapıldığı ve doğru çalıştığından emin olmak için test edilmelidir.
- GES de kullanılan tüm eviricilerin doğru çalıştığı evirici üreticisinin verdiği prosedürlere göre test edilmelidir.

- Şebeke bağlantısı test edilmelidir.
- Sistem çalışırken ana devre açılmalı ve ölçü cihazlarında üretimin durduğu görülmeli, tekrar devre kapatıldığında sistemin tekrar normal çalışmasına döndüğü kontrol edilmelidir.

DC Devrelerin İzolasyon Direnci Testi

Bu testlere başlamadan önce tüm prosedürlerin iyice anlaşıldığı ve potansiyel elektrik şok riskinin olduğu bilinmelidir. Testlere başlamadan önce güvenlik için öncelikli birtakım önlemlerin alınması gereklidir.

- Ölçüm yapılacak sahanın geçişe kapatılması
- İzolasyon direnci testi sırasında hiçbir kimsenin herhangi bir metal parçaya ve ölçüm cihazlarına dokumadığından emin olunmalıdır.
- İzolasyon test cihazına enerji verileceğinden test yapılacak ortamda gerilim mevcuttur. Cihazların otomatik deşarj özelliği bulunmalıdır.

Raporlar

TS EN 62446 Genel: Saha doğrulama testleri tamamlandığında bir rapor haline getirilir ve aşağıdaki bilgileri içerir;

- Sistemin tanıtılması hakkında özet bilgi
- Denetim ve test yapılan devrelerin listesi
- Denetim sonuçları
- Her devrede yapılan testlerin sonuçları
- Bir sonraki doğrulama testleri için önerilen tarih
- Denetim ve testleri yapanların imzası

TS EN 62446 İlk Doğrulama Test Raporu

TS EN 62446 Periyodik Doğrulama Test Raporu [31].

6.5.4. İşletmeye alma

Elektrik piyasasında lisanssız elektrik üretimine ilişkin yönetmelik madde 15'e göre (Değişik: RG-22.10.2016-29865) Yönetmelik kapsamında üretim tesisi kuran gerçek veya tüzel kişi; Şebekeye bağlanacak üretim tesisinin, bu Yönetmelik ve Tebliğde tanımlanan kriterlere ve bağlantı anlaşmasında yer alan şartlara uygun olduğunu aşağıdaki usul ve esaslar çerçevesinde İlgili Şebeke İşletmecisine bildirir. Üretim tesisinin geçici kabule hazır olduğu İlgili Şebeke İşletmecisi tarafından on beş gün içerisinde tutanakla imza altına alınır.

Bu kapsamda;

- a) Üretim yapacak gerçek veya tüzel kişi; İlgili Şebeke İşletmecisi ile birlikte imzalanan geçici kabule hazır tutanağı ile uyum raporunu kabul işlemi için Bakanlık veya Bakanlığın yetki verdiği kuruluş ve/veya tüzel kişilere sunar ve kabul başvurusu yapar. Uyum raporunda; imalat testi, tip testleri veya sertifikaları ile ilgili teknik veriler ve parametreler yer alır.
- b) Kabul işlemleri İlgili Teknik Mevzuata göre yapılır.

Yatırımcı veya ana taşeron yukarıdaki madde gereğince EK-1'de listesi verilen gerekli evrakları hazırlayarak ilgili dağıtım şirketine geçici kabul için başvuru yapar. Bir komisyon eşliğinde yapılan geçici kabul sonrasında tesis işletmeye alınmış olur.

6.6. İşletme

6.6.1. Üretimin izlenmesi

Güneş yatırımının işletmeye alındıktan sonra üretim verileri ile tasarım yapıldığında beklenen değer arasındaki fark ve farkın sebepleri hakkında gerekli bilgilere ulaşılması yatırımcı açısından avantaj olacaktır. Üretimin izlenmesini sağlayan sistemler sayesinde; yatırımcı finans kuruluşu ile bilgi alışverişinde bulunabilir. Bir santraldeki "Sistem Performansı" eviricilerde enerji üretildikten sonra kablo kayıpları ve trafo kayıpları göz önünde bulundurularak hesaplanmalıdır. Özellikle SCADA Sistemi (uzaktan izleme ve takip sistemi) kurulmayan santrallerde müşteriye sunulan "Performans Oranı" sadece eviricilerin performans oranı olup trafo ve kablo kayıplarını göz önüne almamakta olup, uzun yıllar için

yapılacak yanlış hesaplamalara sebep olmakta ve yatırımcının kazancını olumsuz etkilemektedir.

Üretimin izlenmesi için kurulacak olan sistem öncelikli olarak tasarımda kullanılan ve saha da montajı yapılan evirici ile uyumlu olmalıdır. Daha sonra ise, dağıtım şirketlerinin onayından geçmelidir.

6.6.2. Bakım ve onarım

Güneş yatırımlarının bakım ve onarım planı, konut veya ticari fotovoltaiik sisteminin yeterli bir yatırım getirisi oluşturmaları için gereken performans süresi bağlamında değerlendirilmelidir.

Güneş yatırımlarının bakım yaşam döngüsü planlama ve sistem tasarımı ile başlar. Kullanım ömrü, sistemin devre dışı bırakılması veya yok edilmesi ile sona erer. Sahiplik, o dönem boyunca birden çok kez değişebilmesine rağmen, varlık ömrü (yaklaşık 25 yıl) performans süresi olarak düşünülür.

İnşaat ve devreye alma işlemlerini takiben, bakım planı, arşivindeki bitkinin tüm geçmişini içeren tek işletme planıdır. Bu nedenle, bakım planının iyi belgelendiği ve güvenli bir şekilde arşivlendiğinden emin olmak önemlidir.

Yatırımcının, EPC firmasının ve / veya geliştirici tarafından hazırlanan ve varlık yöneticisi tarafından kabul edilen bakım onarım planı bir fotovoltaiik sisteminin tek uzun vadeli işletme planıdır. EPC'nin ve uzun vadeli işletmecinin tercihleri farklı olabilir veya çakışabilir. Ancak, yatırımcı sistemin değerini yıllarca sürecek anlaşmalar ile belirler. Bakım müdürü plan arşivinde tüm başlangıç planlama, garanti, tasarım ve diğer sistem şartnamesi belgelerini saklı tutup ve sistemin zaman içinde inşa edilip, korunur ve değiştirildiğinde planı revize etmelidir.

Bir bakım planı, sistemlere ilişkin tüm tanımlamaları ve önlemleri ve "varsa" terimlerini ekleyerek farklı sistem yapılandırmalarına uyum sağlayabilir-örneğin "varsa izleme halka dışısını yağlayın". Ancak, tedarikçiler için çalışma kapsamı ve maliyet tahmini farklı eviricilerin, sabit rafa karşı izleyici, çatı katı vs. yerden tutma, trafo vs. trafo az sistemi ve

diğerleri gibi bakımı etkileyen sistem ayrıntılarına dayanarak gerçekleştirilecek önlemleri sınıflandırmalıdır. Bir sistem veya bir filo için belgelendirilmiş bir güneş sistemi bakım planı aşağıdakileri içermelidir (sistem boyutuna, karmaşıklığına ve yatırıma bağlı olarak):

- Yatırımcı ve güç, işletme, yerel yargı, yerel arazi sahibi ve acil durum numaraları dahil olmak üzere sorumlu taraf iletişim bilgileri
- Çizimler, kurulu bileşenlerin "kesim plakaları" ve garantileri (EPC garantileri dahil), performans tahminleri, teknik çizimler, teknik özellikler, saha planları, fotoğraf kayıtları, özel güvenlik konuları, tek hat şemaları, teçhizatın herhangi biriyle ilişkili kullanım kılavuzları (acil durum kapanması ve normal çalışma usulleri dahil) ve önleyici bakım, servis, ve her biri için irtibat bilgileri de dahil olmak üzere diğer işlem belgeleri ve belirtilen tepki süreleri ve kullanılabilirlikleri saklanmalıdır.
- Garantileri korumak ve sistem enerji dağıtımını optimize etmek için üreticilerin koruyucu ve bakım önlemlerini ve her biri için program çizgisini saklanmalıdır. Her koruyucu önlemin maliyeti ve mevcut tedarikçisi ve işin gerçekleştirileceği saatler, sahaya erişim ve araçların park edilebileceği yerler ve ekipman sahnelenmesi gibi özel talimatlar gibi ayrıntıları içermelidir.
- İşletme göstergelerinin, sayaçların ve hata mesajlarının tanımları; performans verisinin arşivlenip raporlanacağı fiziksel izleme kurulum ve prosedürlerinin açıklanması ve sistem tetkikleri ve analizleri için verilerin düzenli olarak incelendiği prosedürler.
- Yedek parçaların bir listesi yerinde tutulmalı veya bakım ekibi tarafından kolayca erişilebilecek bir yerde olmalıdır ve bileşen hatası geçmişi temel alınarak diğer yedek parçaların ne zaman sipariş edilmesi gerektiğini belirlemek için bir süreç uygulanmalı.
- Kullanılabilirlik ve performans ölçülerini ve yönetim kontrolü dışındaki olayları açıkça tanımlanmalıdır.
- Her bir işçiyle ilgili süreçler ve üzerinde çalıştıkları ekipmanlar ile ilgili tüm bakım personeli için bir eğitim programı uygulanmalıdır.
- Kronolojik bakım günlüğünü uygulanmalıdır: ilk işlem raporu, denetim raporları ve devam etmekte olan arıza raporu geçmişini içeren iş emri ve görev takibi yapılmalıdır.
- Teşhis, hata mesajları veya bina sahibinden gelen şikayetlerin izlenmesindeki uyarılara yanıt vermek için kurulan prosedür olmalıdır. Ortak sorunlar için bir sorun giderme kılavuzu da derlenmelidir.

- Makine, model ve seri numaraları ve sistem içindeki yerleşim haritasına sahip tüm ekipmanların listesi (imalat hatalarını belirlemek için); Her parça için yedek parça tedarikçisi (satıcı) listelenmelidir.
- Bir bileşenin onarılmasına veya değiştirilmesine karar verme kriterleri belirlenmelidir.
- Onarım sonrasında yeniden kabul testleri için prosedürler oluşturulmalıdır.
- Eviricilerin değiştirilmesi veya daha pahalı düzeltici bakım yapılması gerekiyorsa, izleme ve teşhis için maliyetler, önleyici bakım, düzeltici bakım ve minimum risk maliyetleri de dahil olmak üzere bakım programı için bütçe oluşturulmalıdır [30].

7. YAPILAN ANALİZLER

Güneş enerji potansiyeli yüksek, tarım arazilerinden uzak bir bölge olan Isparta ili Aksu ilçesinde yatırım planlanmıştır. Karşılaştırma yapmak için Eskişehir ve Isparta ili Yalvaç ilçesinde seçilen iki farklı alan kullanılmıştır. Türkiye güneş enerji potansiyel atlasına bakıldığında Eskişehir bölgesinin güneş potansiyelinin daha az olduğu görülmektedir. Yapılan analizlerde de daha az elektrik üretmesi beklenmektedir. Çizelge 7.1’de görüldüğü gibi aynı tasarım için en az elektrik üretimi Eskişehir bölgesinde olmaktadır. Seçilen arazinin doğru bir yerde olduğu analiz sonuçlarında görülmektedir.

Çizelge 7.1. Seçilen arazilerin karşılaştırma tablosu

	Tasarım	Üretilen Enerji	Performans Oranı
Isparta Aksu	1145 kWp	1717 MWh/yıl	78,6%
Isparta Yalvaç	1145 kWp	1711 MWh/yıl	78,1%
Eskişehir	1145 kWp	1558 MWh/yıl	78,8%

Eğim açısı (β): Yatay ile verilen yüzey düzleminin oluşturduğu açı miktarıdır. Kuzey yarımkürede güneye eğimli düşünülür. Eğim açısı, $0^\circ \leq \beta \leq 180^\circ$ arasında değişmektedir (eğer $\beta > 90^\circ$ ise, aşağı doğru eğimli olduğunu ifade eder). Tilt açısı olarak da bilinmektedir.

Yüzey azimut açısı (γ) Eğik bir yüzeyin normalinin yatayda oluşturmuş olduğu izdüşümüdür. Güney referans alınarak (sıfır), doğuya doğru negatif ve batıya doğru pozitif kabul edilir. Bu açı, $-180^\circ \leq \gamma \leq 180^\circ$ arasında değişmektedir [5].

PV tasarıma etki eden tasarım unsurlarından eğim açısı, panel tipi, kablo kesiti ve kablo uzunluğu incelenmiştir. Yapılan analizlere göre Isparta Aksu bölgesi için en yüksek üretim değerinin sağlandığı eğim açısı 30 derece olarak görülmüştür.

Tasarımda kullanılan bütün tasarım kriterleri eşitleyip sadece panel tipi değiştirilerek yapılan analizler de normal şartlarda mono panellerin daha yüksek verimliliğe sahip olduğu bilinirliğine rağmen Çizelge 7.3’ye bakıldığında Isparta Aksu bölgesinde Amorf silisyum panellerin daha yüksek üretim kapasitesine sahip olduğu ve performans oranının da daha

yüksek olduğu görülmektedir. Ancak, Eskişehir bölgesine bakıldığında amorf silisyum panelleri ile yapılan tasarımın performans oranı yüksek olmasına rağmen polikristal panellerin elektrik üretiminin daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu sonuç polikristal panellerin bu bölgede daha verimli çalıştığını göstermektedir. Aşağıdaki tablodan görüldüğü gibi panel tipinin elektrik üretimine etkisi seçilen bölgeye göre değişmektedir. Doğru bir tasarım yapılırken seçilen arazi özellikleri göz önüne alınarak en uygun panel tipinin seçildiğinden emin olunması gerekmektedir. Kullanılan panel özelliklerine bakıldığında normal çalışma koşullarının aynı olduğu Çizelge 7.2’de görülmektedir. Isparta aksu bölgesinin ortalama yüksekliği 1400 m ve analiz yapılan Eskişehir bölgesinin ortalama yüksekliğinin 954 m olduğu kullanmış olduğumuz analiz programı yardımı ile hesaplandı. Panel tiplerinin farklı performans özelliği göstermelerinin yüksekliğe bağlı olarak basınç farkından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ancak bu durumun kanıtlanması için daha fazla analiz yapılması gerekmektedir.

Çizelge 7.2. Kullanılan panellerin özellikleri

Özellikler	210 W si-mono	210 W si-poly	330 W si-mono	330 W A:si
Maksimum Güç (P _{max})	210,6 W	210,2 W	330,6 W	332,3 W
Maksimum Güç Gerilimi (V _{mp})	29,1 V	29,8 V	74,5 V	149,3 V
Maximum Güç Akımı (I _{mp})	7,24 A	7,27 A	4,44 A	2,23 A
Normal çalışma koşulları: 1000W/m ² , 25 C, Pil Sıcaklığı, AM 1.5				
Boyut	0,994*1,679 m ²	0,994*1,679 m ²	1,252*1,152 m ²	2,200*2,600 m ²
Açık Devre Gerilimi (V _{oc})	36,2 V	36,2 V	88,1 V	187,8 V
Kısa Devre Akımı (I _{sc})	7,9 A	8,0 A	4,74 A	2,8 A

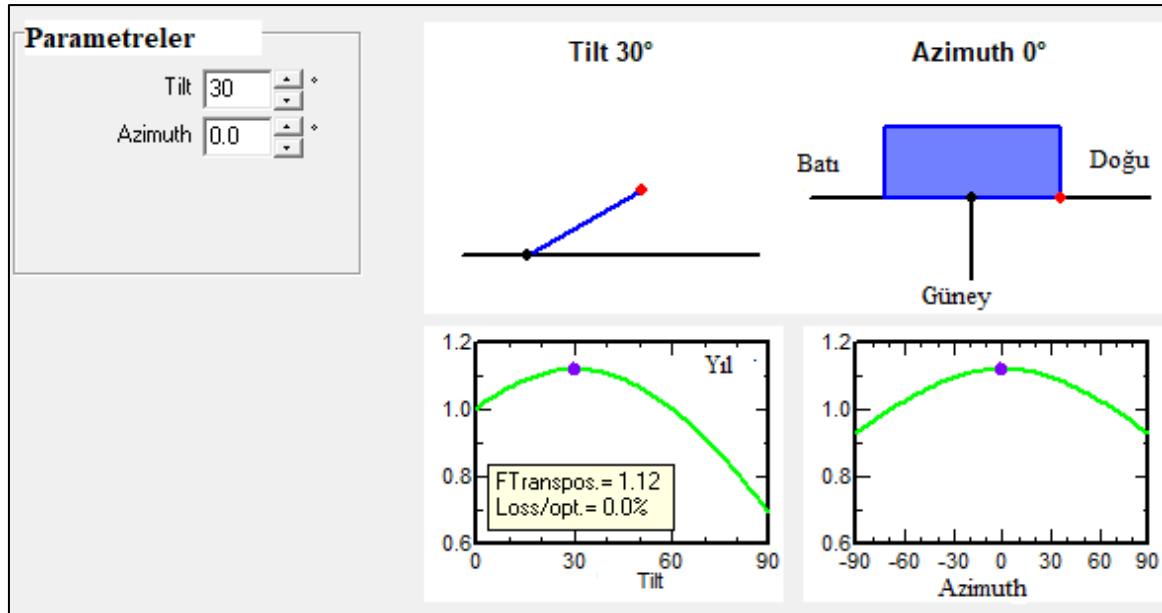
Çizelge 7.3. Eğim açısı ve panel tipi karşılaştırma tablosu

Isparta Aksu	Eğim Açısı			Panel Tipi		
	25	30	35	Si-mono	Si-poly	A-si
Üretilen Elektrik (MWh/yıl)	1716	1717	1716	1716	1717	1774
Performans Oranı (%)	78,6	78,6	78,6	78,5	78,6	79,8
Eskişehir	Panel Tipi					
	Si-poly			A-si		
Üretilen Elektrik (MWh/yıl)	1558			1408		
Performans Oranı (%)	78,8			81,6		

Panel tipleri kıyaslanırken yatırım maliyetine bağlı olarak projenin karlılık durumu için dikkat edilmesi gereken bir diğer unsur ise panel tiplerinin fiyatlarıdır. Bir panel firmasından alınan bilgiler dahilinde monokristal panel fiyatının 0,32\$/W, polikristal panel fiyatının

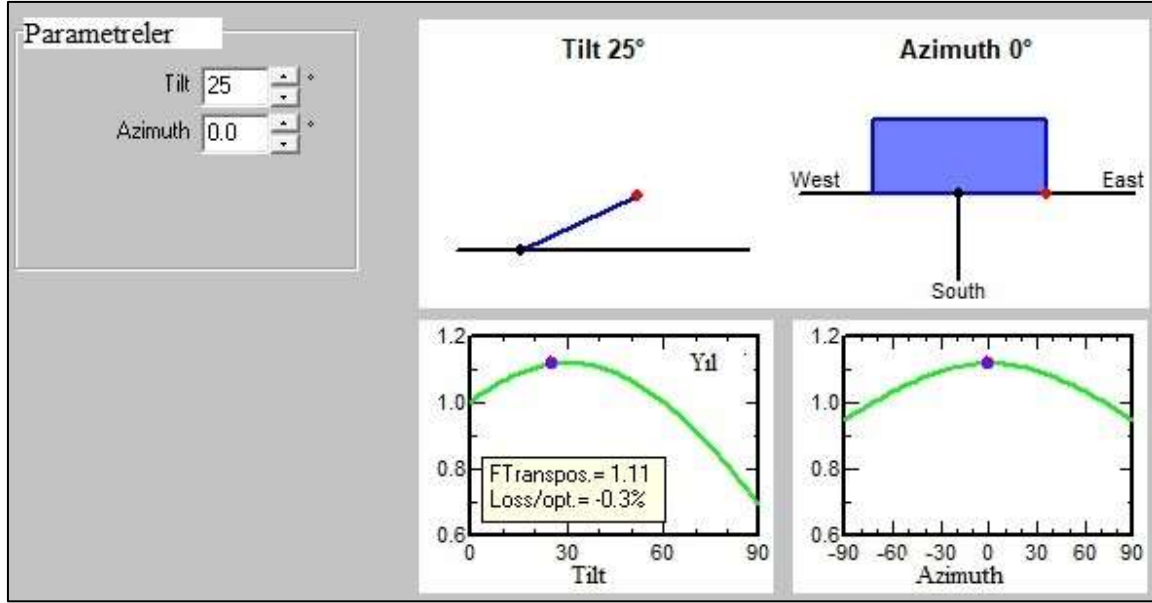
0,285 \$/W ve A-si panel fiyatının ise 1,25 \$/W olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu durumda yapılabilirlik raporunda toplam üretilen elektrik miktarının fazla olmasının ve yatırım maliyeti ilişkisinin gelir gider tablosuna iyi işlenmiş olması gerekmektedir.

Eğim ve azimut açılarının tasarıma etkileri açı değerleri ve grafikleri ayrı ayrı incelenmiştir. Eğim ve azimut açılarını daha iyi anlamak ve etkisini görmek için program içinde detaylı inceleme yapılmıştır. Program çıktısından alınan sonuçlara göre Isparta aksu bölgesi için yıllık üretim için bakıldığında en verimli eğim açısının 30 derece ve en verimli azimut açısının 0 derece olduğu Şekil 7.1’ de görülmektedir.



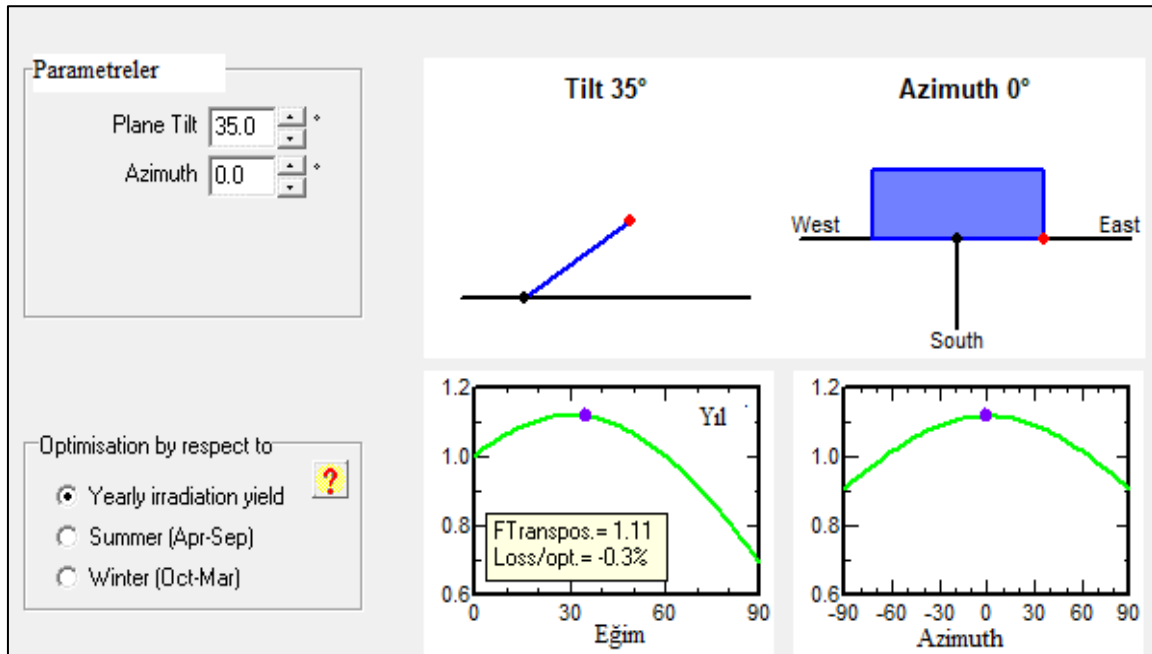
Şekil 7.1. Eğim açısı 30 derece olan sistemin verim eğrisi

Eğim açısı 25 dereceye ayarlandığında Şekil 7.2’de görüldüğü gibi yatay ile yapılan açı azaldı ve verim eğrisinde sola doğru kayma görüldü. Sistemsel kayıpların da 0,3% arttığı görüldü.



Şekil 7.2. Eğim açısı 25 derece olan sistemin verim eğrisi

Eğim açısı 35 dereceye ayarlandığında Şekil 7.3’de görüldüğü gibi yatay ile yapılan açı artmıştır ve verim eğrisinde sağa doğru kayma görülmektedir. Sistemsel kayıpların da aynı şekilde 0,3% arttığı görüldü.



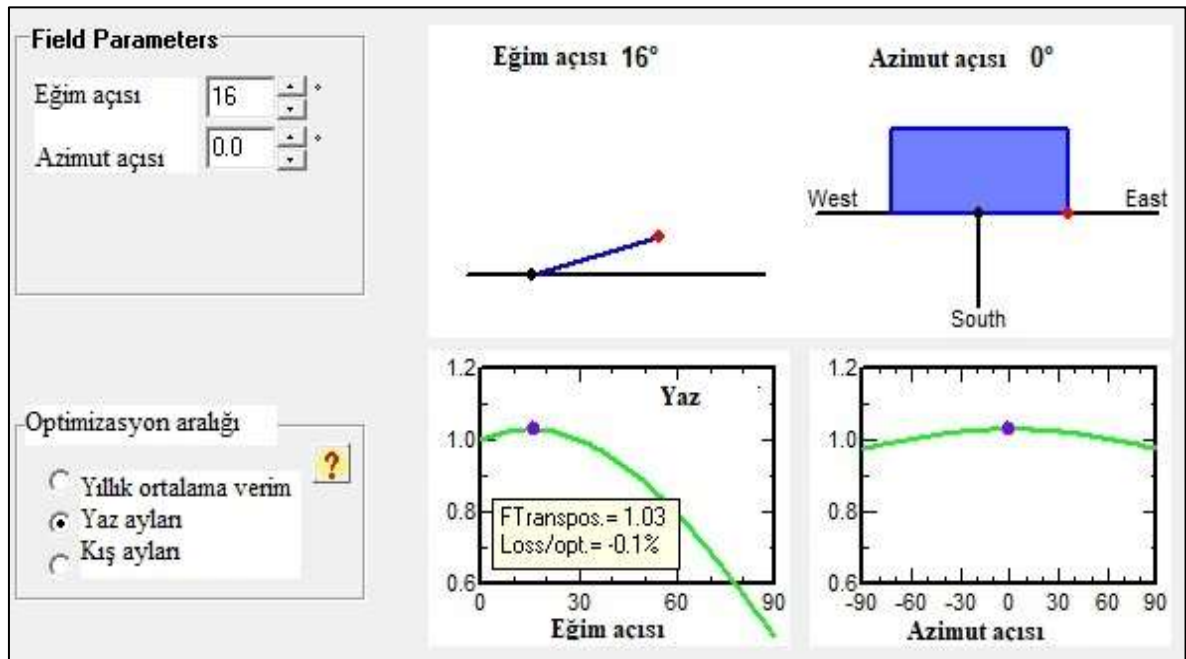
Şekil 7.3. Eğim açısı 35 derece olan sistemin verim eğrisi

Eğim açısı 30 dereceye eşit olduğunda aktarım faktörünün 1,12 olduğu, eğim açısını 25 derece ve 35 derece olarak değiştirdiğimizde ise aktarım faktörünün 1,11 olduğu

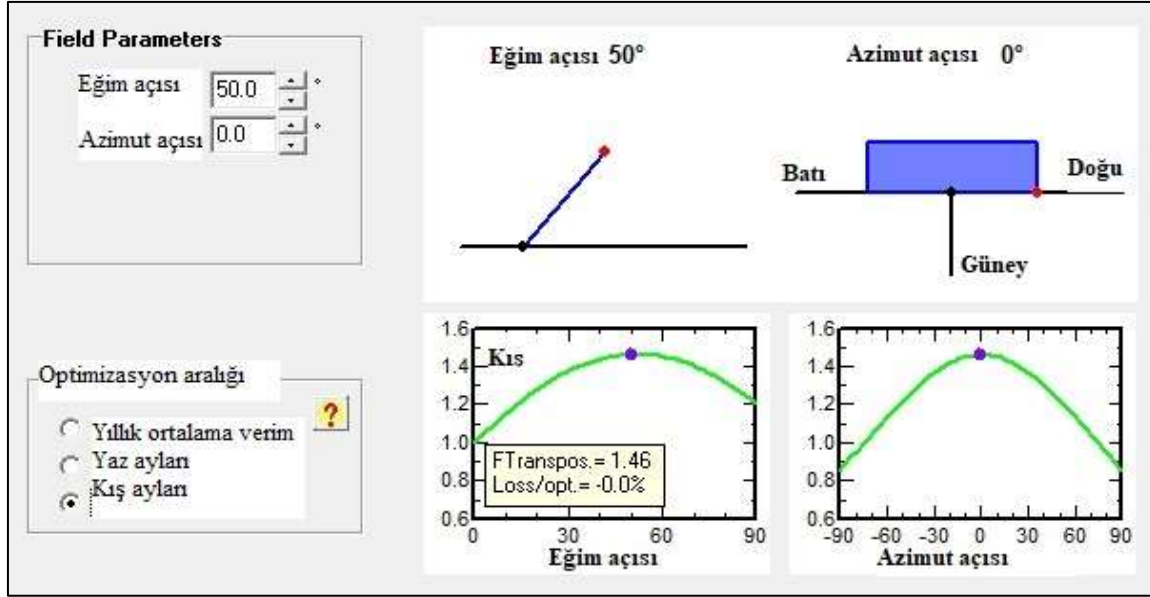
görülmektedir. Bu sonuca göre maksimum elektrik üretimi için yani kayıpların sıfıra eşit olduğu değer için aktarım faktörü 1,12 olduğundan doğru bir tasarım için bu değer 1,12 alınmalıdır.

Analiz sonuçlarına göre Isparta ve Eskişehir bölgesi için maksimum eğim açısının 30 derecede olduğu görülmüştür. Karşılaştırma yapılırken çalışılan iki bölge için de eğim açısının optimum değeri olan 30 derece seçilmiştir.

Optimizasyon aralığına bakıldığında sadece yaz ayları seçilerek elde edilen sonuçlar Şekil 7.4’de görülmektedir. Kayıpların sıfır olması ve maksimum verimliliğe ulaşmak için eğim açısının 16 dereceye ayarlanması gerekmektedir. Ancak, kış aylarına bakıldığında maksimum verimliliğe ulaşmak ve kayıpların sıfır olmasını sağlamak için eğim açısını 50 dereceye çıkarmamız gerektiği Şekil 7.5’de görülmektedir. Bu sonuçlara bakılarak, verimliliğin maksimum olması için yaz aylarında eğim açısının düşürüleceği ve kış aylarında artırılacağı hareketli sistemlerin tasarlanabileceği sonucu elde edildi.

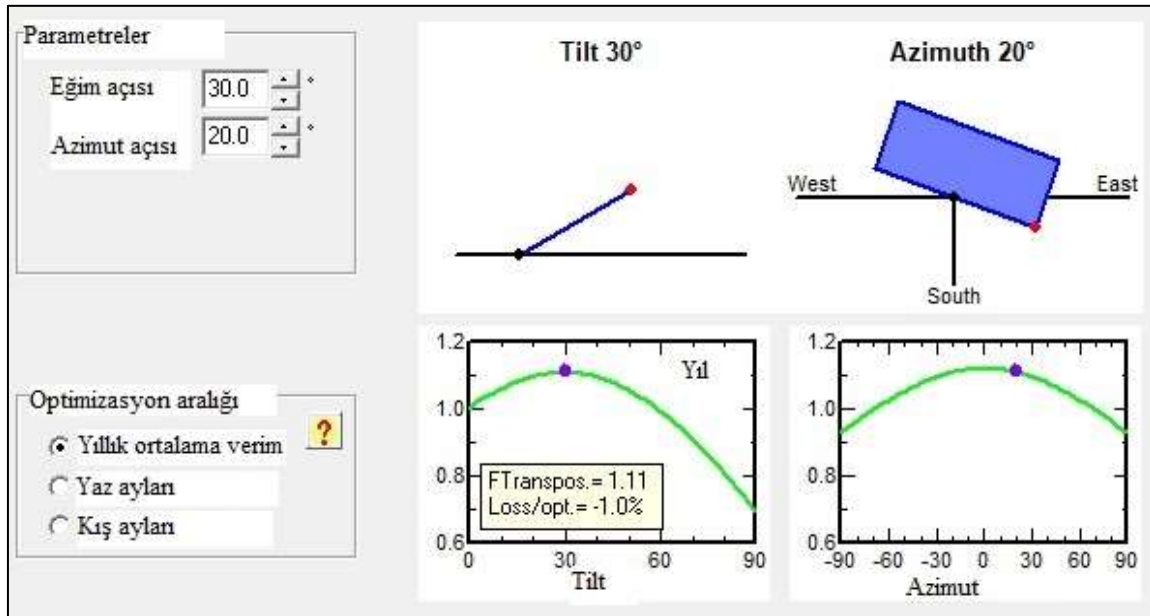


Şekil 7.4. Yaz aylarında eğim açısı 16 derece olan sistemin verim eğrisi



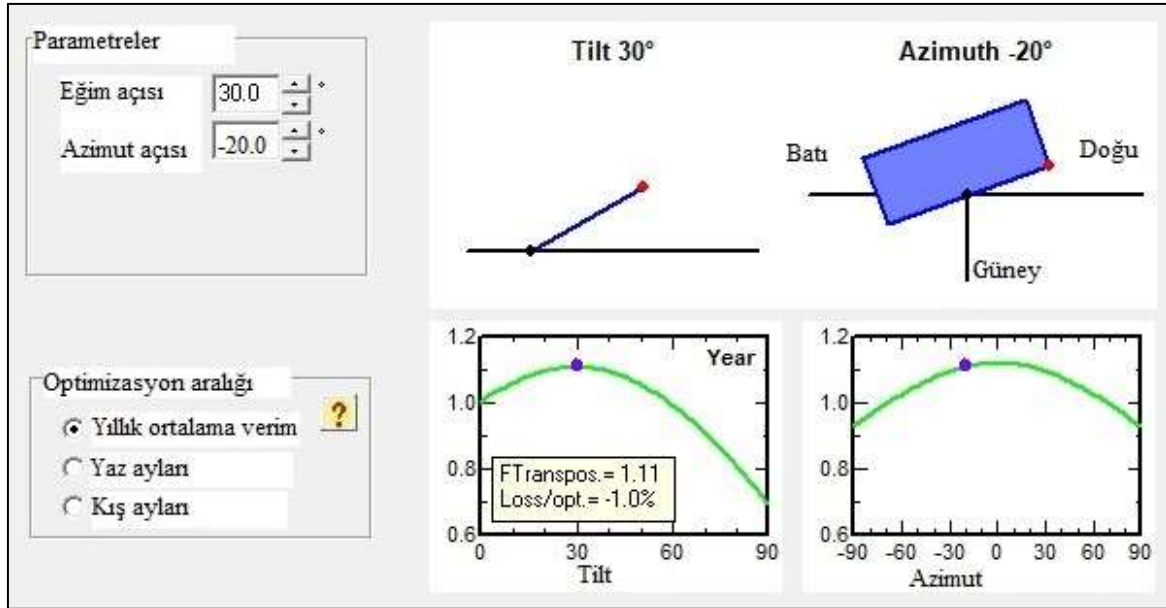
Şekil 7.5. Kış aylarında eğim açısı 50 derece olan sistemin verim eğrisi

Azimut açısı 20 dereceye ayarlandığında Şekil 7.6’da görüldüğü gibi güneyde sabit tutularak batı ile yapılan açı artmıştır ve verim eğrisinde sağa doğru kayma görüldü. Sistemsel kayıpların %1 arttığı görüldü.



Şekil 7.6. Azimut açısı 20 derece olan sistemin verim eğrisi

Azimut açısı -20 dereceye ayarlandığında Şekil 7.7’de görüldüğü gibi güneyde sabit tutularak doğu ile yapılan açı artmıştır ve verim eğrisinde sola doğru kayma görüldü. Sistemsel kayıpların %1 arttığı görüldü.



Şekil 7.7. Azimut açısı -20 derece olan sistemin verim eğrisi

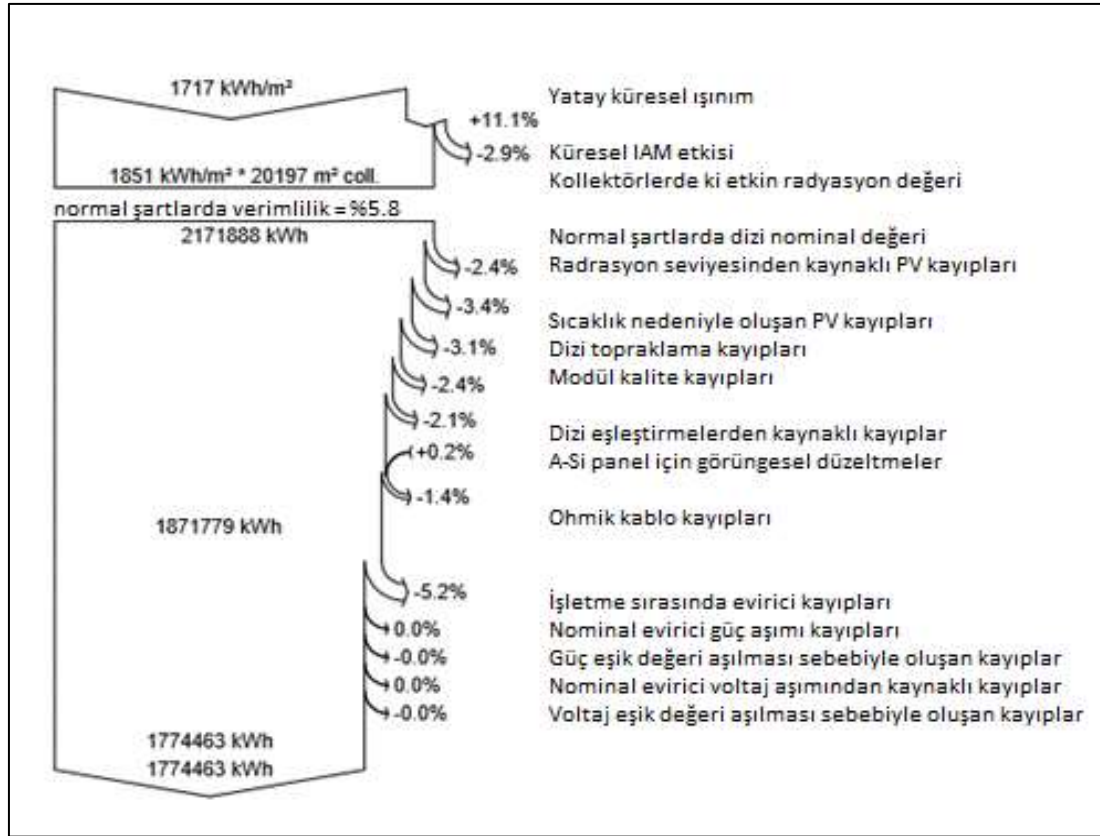
Tasarım kriterlerini sabit tutup sadece PV kablo kesiti değiştirildiğinde kablo kesiti büyüdükçe üretim değerlerinin arttığı ve kablo uzunluğuna bağlı olarak değerlerin düştüğü görüldü. Bunun sebebi kablo kesiti arttıkça oluşacak olan kayıpların azalmasıdır.

Şekil 7.8 ve Şekil 7.9’de ki kayıplar incelendiğinde 6 mm² kablo kesiti kullanılarak yapılan analizde kablo kayıplarının % 0,1 olduğu, 4 mm² kablo kesiti kullanılarak yapılan analizde ise kablo kayıplarının %1,4 olduğu görüldü. Yapılabilirlik çalışması yapılırken üretilen elektrik miktarı ve yatırım maliyeti ilişkisi değerlendirilmelidir.

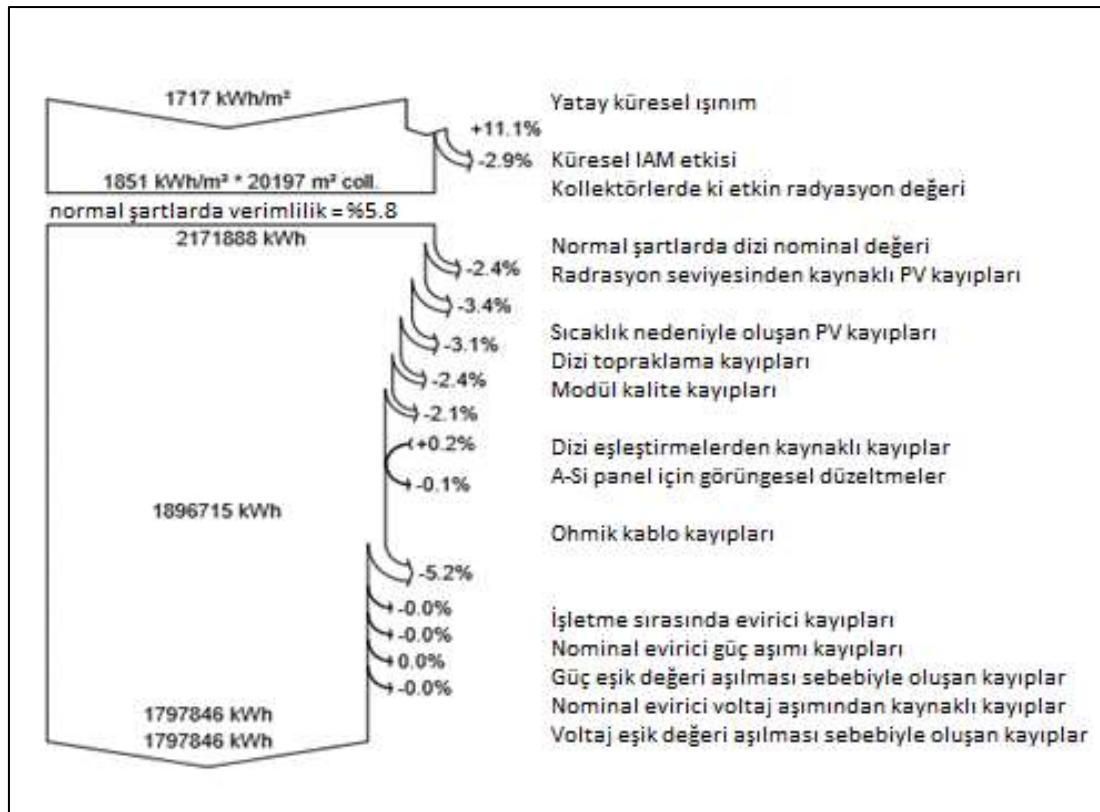
Çizelge 7.4. Fotovoltaik kablo kesiti ve kablo uzunluğu karşılaştırma kablosu

Isparta Aksu	PV kablo kesiti		PV Kablo uzunluğu
	4 mm ² *L	6 mm ² * L	6 mm ² * L * 2
Üretilen elektrik (MWh/yıl)	1774	1798	1796
Performans oranı (%)	79,8	80,9	80,8

Aynı şekilde tasarımda sadece kablo uzunluğunu iki katına çıkardığımız zaman kayıpların iki katına çıktığı görüldü. Kayıpları azaltıp elektrik üretimini artırmak ve dolayısıyla doğru bir tasarım yapmak için kablo uzunluğunun mümkün olduğu kadar kısa tutulması gerektiği anlaşılmaktadır. Çizelge 7.4’de kablo kesiti ve uzunluğu değiştirilerek yapılan analiz sonuçları verilmektedir.

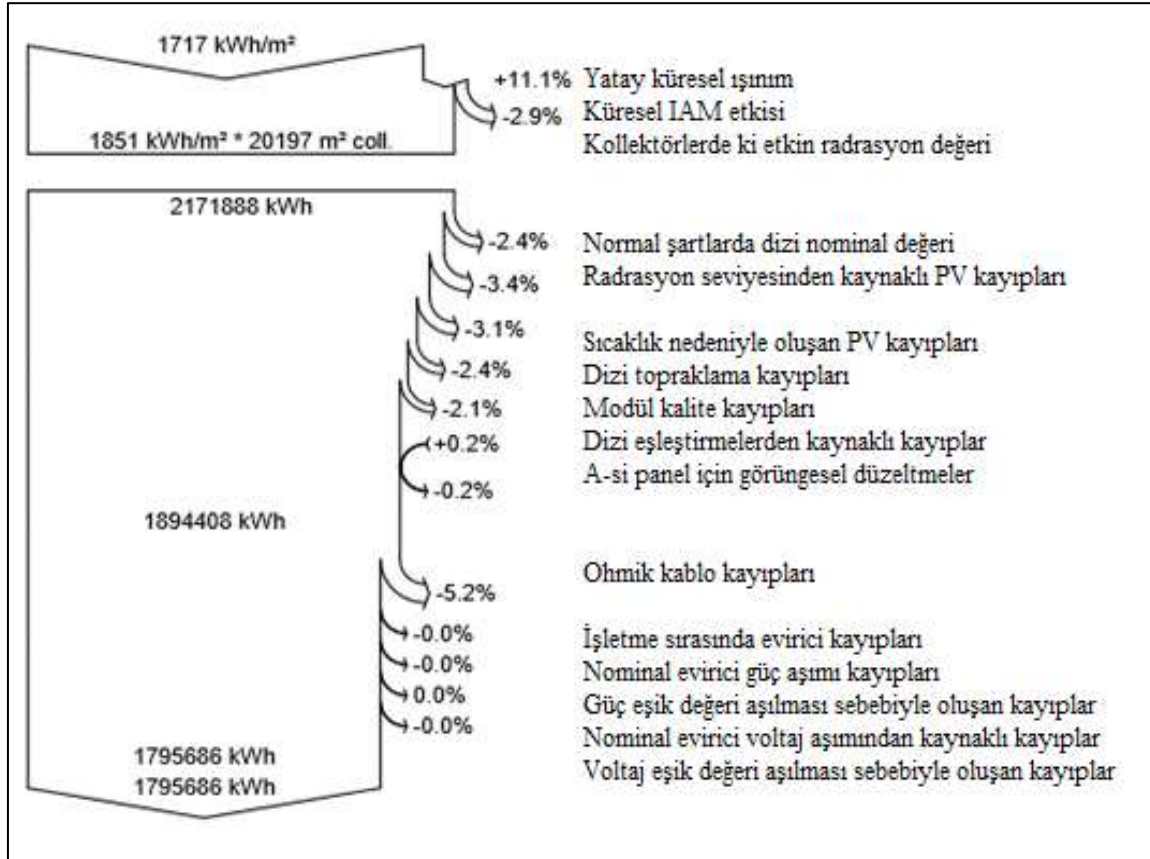


Şekil 7.8. 4 mm² kesitli PV kablo kullanılan tasarım için oluşan yıllık kayıplar



Şekil 7.9. 6 mm² kesitli PV kablo kullanılan tasarım için oluşan yıllık kayıplar

Bütün tasarım elemanları sabit tutulup sadece kablo uzunluğu değiştirilerek yapılan analizlerin sonuçları olarak elde edilen Şekil 7.9 ve Şekil 7.10 incelendiğinde L uzunluğunda kablo kullanılırsa kayıpların %0,1 olduğu, L*2 uzunluğunda kablo kullanıldığında yapılan analizde ise kablo kayıplarının %0,2 olduğu görülmektedir. Kablo uzunluğunun iki katına çıkması kayıplarının da iki katına çıktığı görüldü.

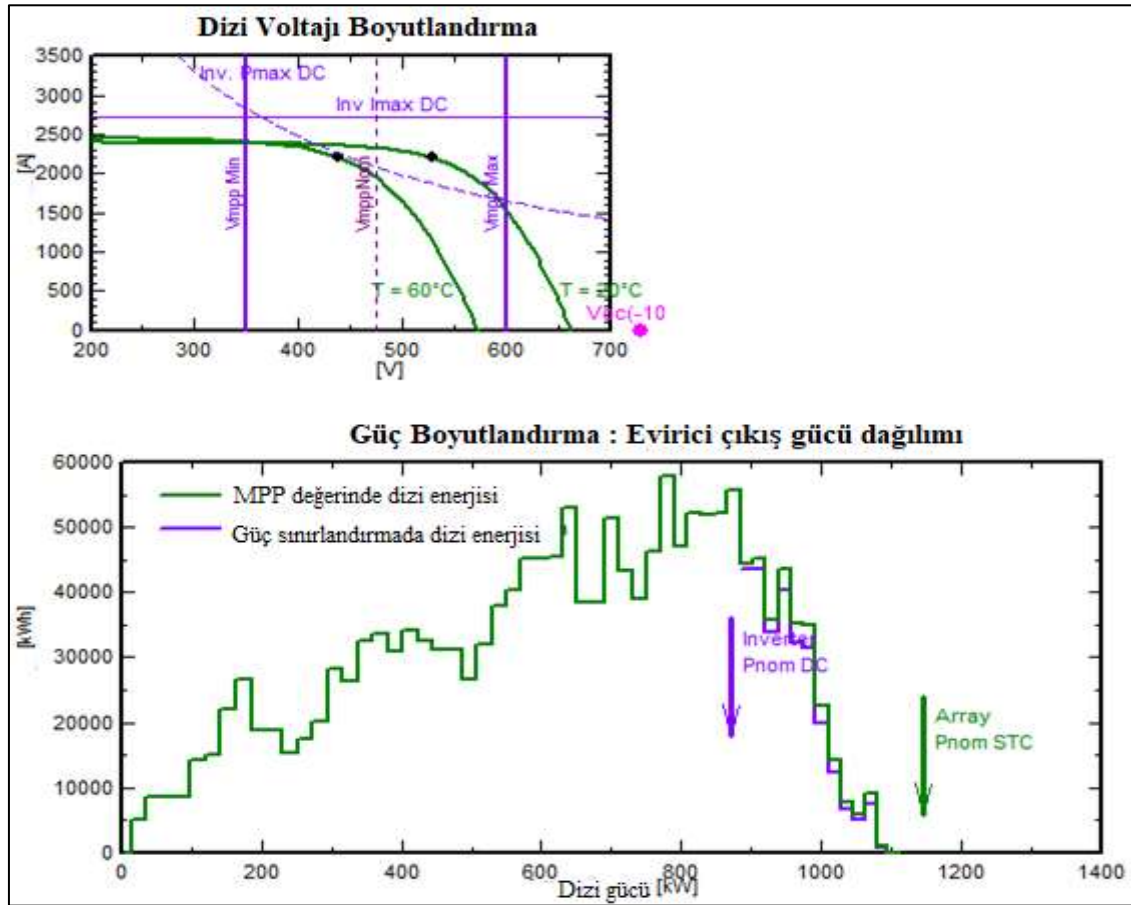


Şekil 7.10. PV kablo uzunluğu değiştirilerek yapılan tasarım için oluşan kayıplar

Bahsi geçen analizlere ek olarak Eskişehir bölgesi için üç farklı PV dizisi/evirici oranı seçildi ve yıllık elektrik üretimine etkisi incelendi. Olması gerekenin altında sayıda evirici kullanıldığında boyutlandırma 1,39 olarak, doğru tasarım için boyutlandırma oranı 1,15 ve doğru tasarım oranının üzerinde evirici kullanıldığında ise boyutlandırma oranı 0,97 alınmıştır. Tasarım boyutlandırılması için kullanılan PV dizisi/evirici oranları 1,39 olan tasarım için özellikler Çizelge 7.5 ve akım-gerilim eğrileri Şekil 7.11'de görülmektedir.

Çizelge 7.5. PV dizisi/evirici oranı yüksek olan tasarım karakteristikleri

Boyutlandırma ölçütleri	
PV dizisi, P _{nom} (NŞA)	1145 kW _p
PV dizisi, P _{max}	1114 kW _{dc}
Evirici, P _{nom} (AC)	1000 kW _{ac}
Aşırı yük kayıpları	27265 kWh
Güç sınırlandırma	1,6 %
P _{nom} dizi/evirici oranı	1,39



Şekil 7.11. PV dizisi/evirici oranı yüksek olan tasarım için akım-gerilim eğrisi

$$\text{Toplam güç} = \text{panel gücü} * \text{panel sayısı} \quad (7.1)$$

$$\begin{aligned} \text{Toplam güç} &= 210 \text{ W} * 5454 \\ &= 1145,34 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\text{PV oranı} = \frac{\text{toplam güç}}{\text{evirici gücü} * \text{evirici sayısı}} \quad (7.2)$$

Aşırı yükleme durumunda,

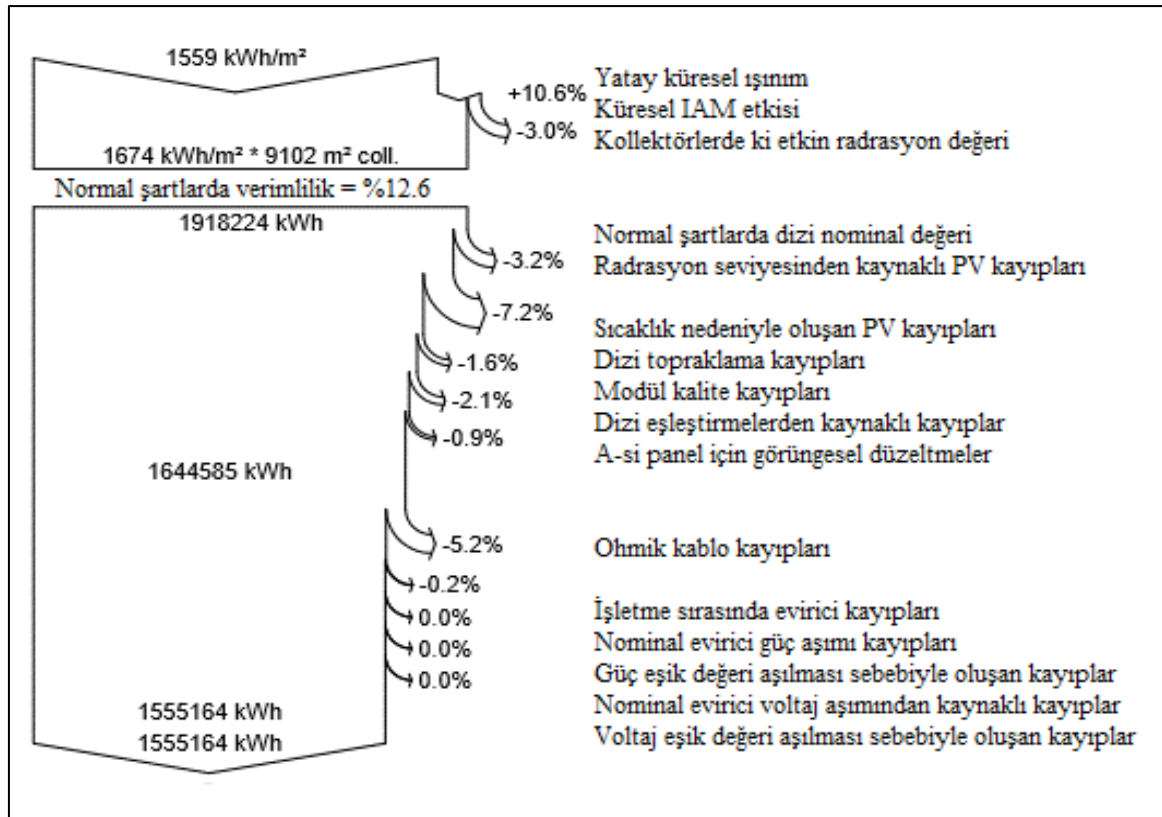
$$\text{PV oranı} = 1145,34 \text{ kW} / (25 \text{ kW} * 33) \\ = 1,39 \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

Az yükleme durumunda,

$$\text{PV oranı} = 1145,34 \text{ kW} / (25 \text{ kW} * 47) \\ = 0,97 \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

Optimum yükleme durumunda,

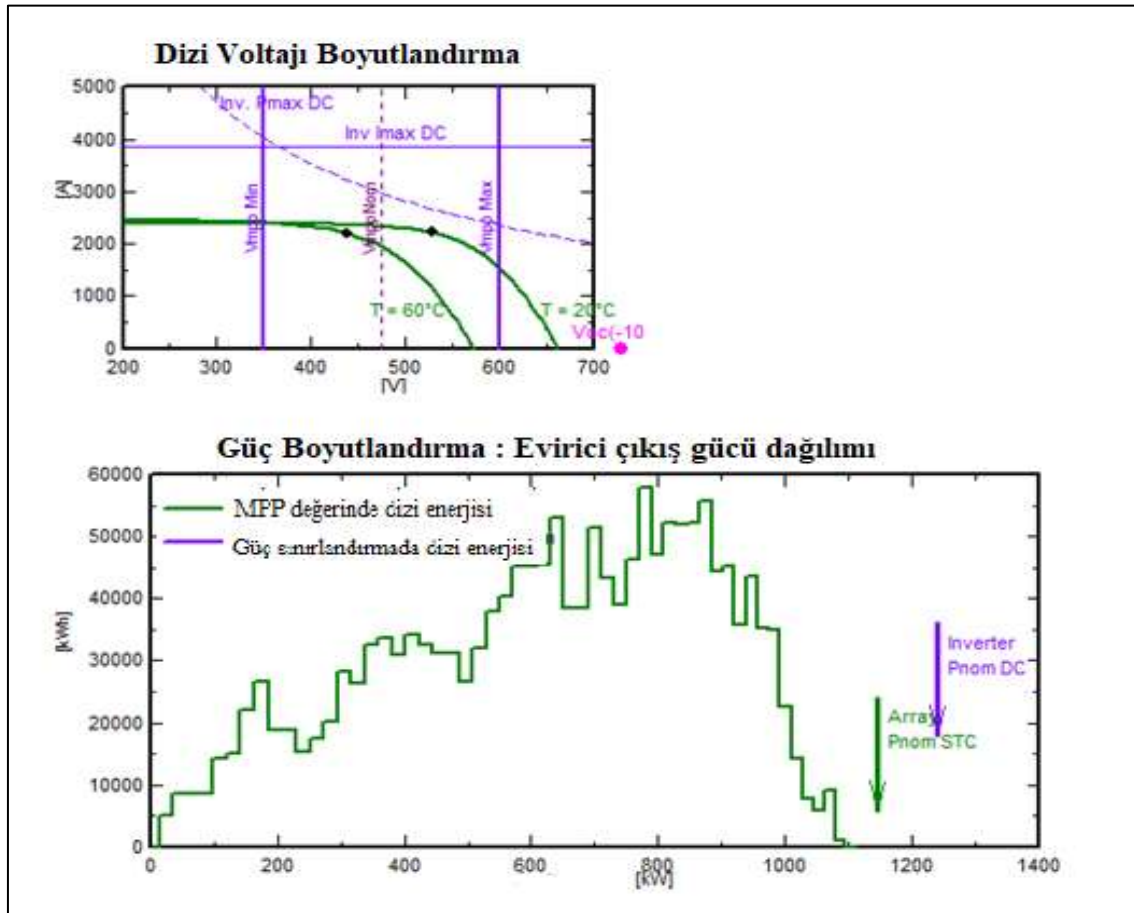
$$\text{PV oranı} = 1145,34 \text{ kW} / (25 \text{ kW} * 40) \\ = 1,15 \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$



Şekil 7.12. PV dizisi/evirici oranı 1,39 olan tasarım için kayıp şeması

PV dizisi/evirici oranının 1,39 olması durumu, aşırı yük kayıplarının fazla olması ve eviricilere aşırı yükleme yapmanın fazla ısınmaya sebep olup arızaları artırması sebebiyle tercih edilmemektedir. Şekil 7.12’de eviriciden kaynaklanan kayıplar gösterilmektedir.

Tasarım boyutlandırılması için kullanılan PV dizisi/evirici oranları 0,97 olan tasarım için özellikler Çizelge 7.6 ve akım-gerilim eğrisi Şekil 7.13’de görülmektedir. Gerekli olan evirici miktarından çok daha fazla evirici kullanıldığı için aşırı yüklemekten kaynaklı yük kaybının olmadığı görülmektedir. Ancak, çok fazla evirici bağlantısı yapıldığı için kablo uzunluğu artmaktadır bu da kablo kayıplarının artmasına sebep olmaktadır. Şekil 7.14’de kayıp şeması görülmektedir. Aynı zamanda gereğinden fazla sayıda evirici kullanmak yatırım maliyetini artıracaktır. Gelir-gider dengesi bozulacaktır.

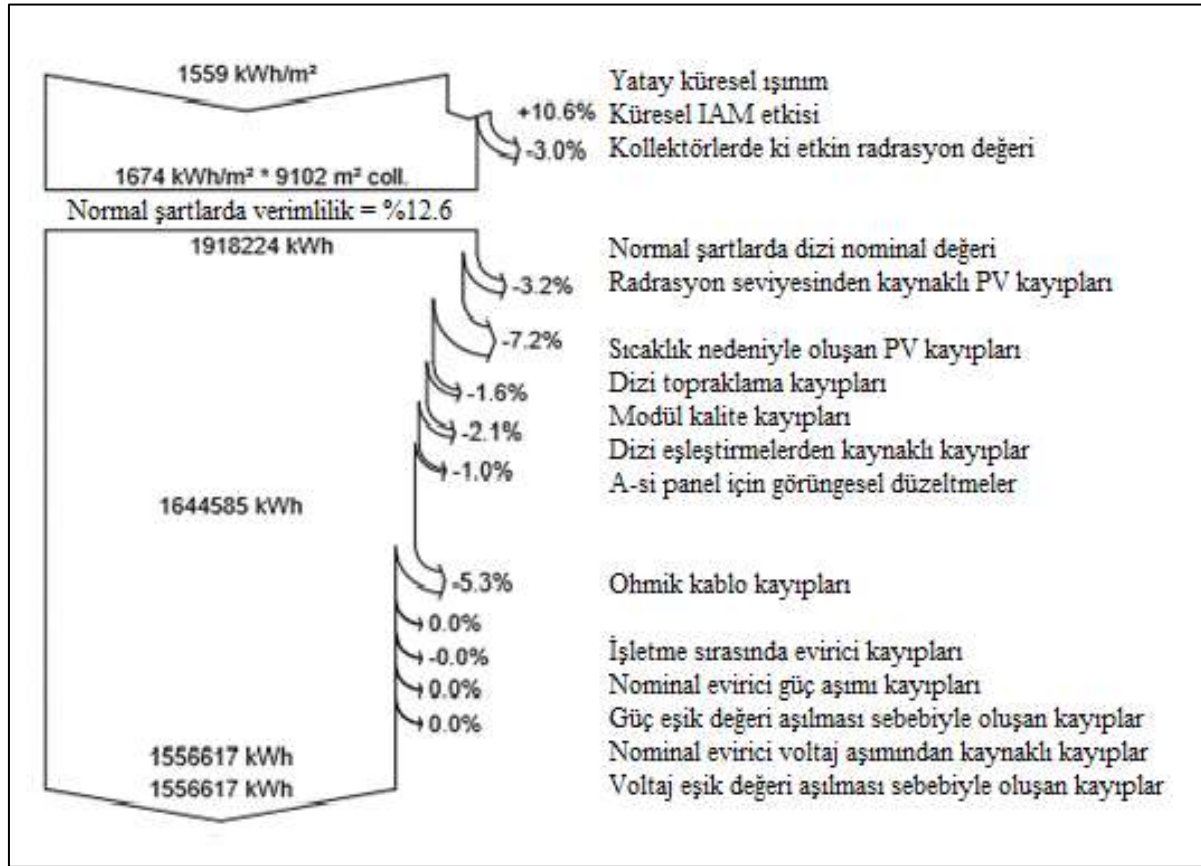


Şekil 7.13. PV dizisi/evirici oranı 0,97 olan tasarım için akım-gerilim eğrisi

Tasarım boyutlandırılması için kullanılan PV dizisi/evirici oranları 1,15 olan tasarım için özellikler Çizelge 7.6 ve akım-gerilim eğrisi Şekil 7.8’de görülmektedir. Doğru tasarım için gerekli olan evirici miktarı ile tasarım yapıldığında, aşırı yükten kaynaklanan kayıplar önemsenemeyecek miktara indiği görüldü.

Çizelge 7.6. PV dizisi/evirici oranı 0,97 olan tasarım karakteristikleri

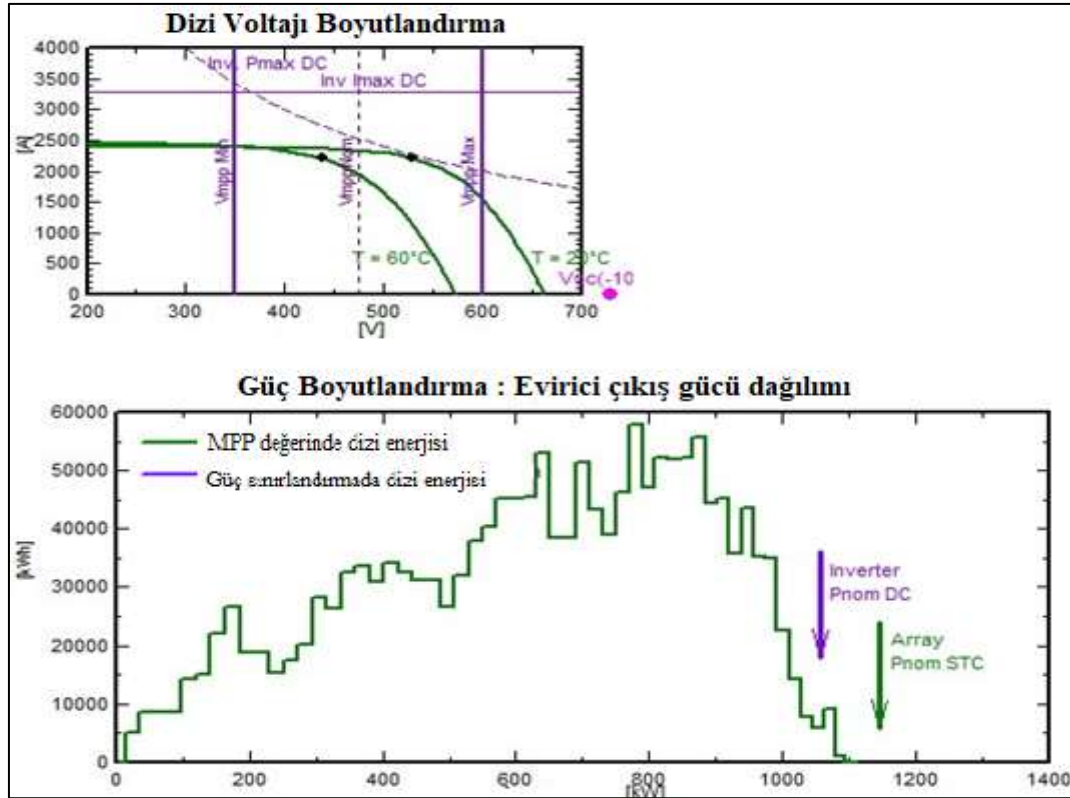
Boyutlandırma ölçütleri	
PV dizisi, Pnom (NŞA)	1145 kWp
PV dizisi, Pmax	1114 kWdc
Evirici, Pnom (AC)	1175 kWac
Aşırı yük kayıpları	0 kWh
Güç sınırlandırma	0 %
Pnom dizi/evirici oranı	0,97



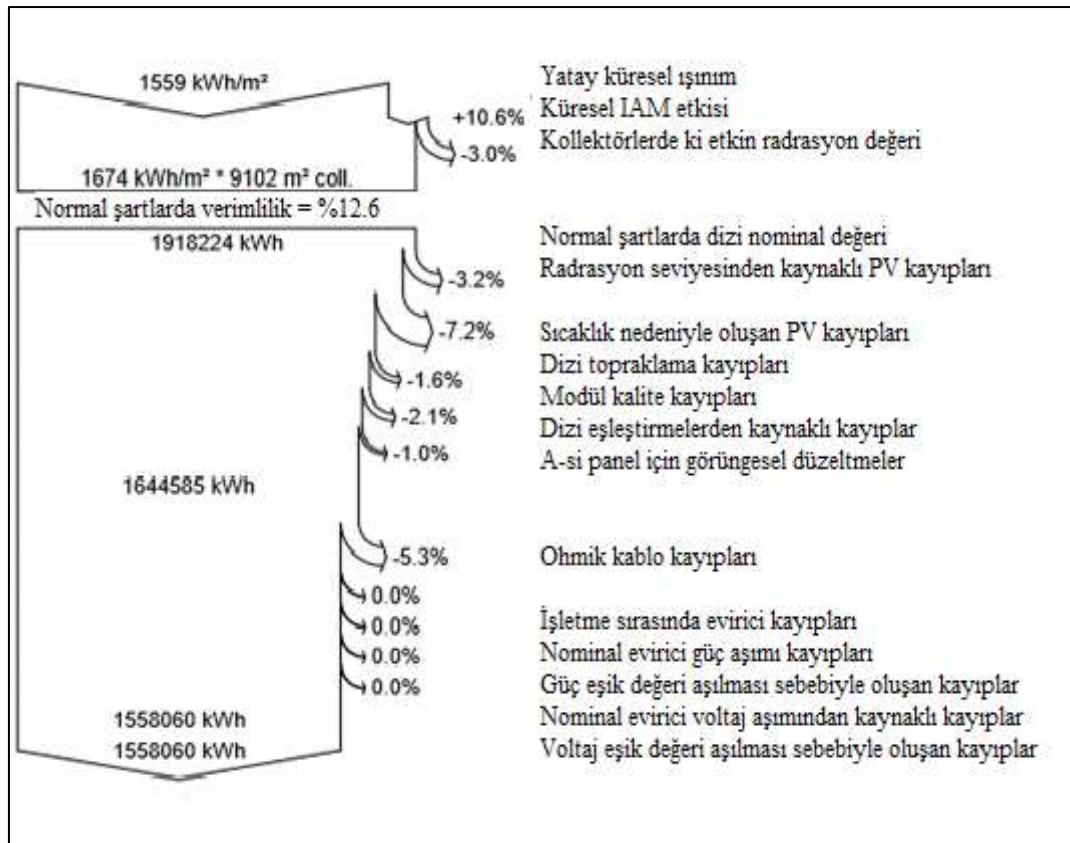
Şekil 7.14. PV dizisi/evirici oranı 1,15 olan tasarım için kayıp şeması

Çizelge 7.7. PV dizisi/evirici oranı 1,15 olan tasarım karakteristikleri

Boyutlandırma ölçütleri	
PV dizisi, Pnom (NŞA)	1145 kWp
PV dizisi, Pmax	1114 kWdc
Evirici, Pnom (AC)	1000 kWac
Aşırı yük kayıpları	501 kWh
Güç sınırlandırma	0 %
Pnom dizi/evirici oranı	1,15



Şekil 7.15. PV dizisi/evirici oranı 1,15 olan tasarım için akım-gerilim eğrisi



Şekil 7.16. PV dizisi/evirici oranı 1,15 olan tasarım için kayıp şeması

Evirici akım-gerilim eğrisinin verildiği Şekil 7.15 ve PV dizisi/evirici oranı için kayıp şemasının verildiği şekil 7.16 incelendiğinde evirici akım-gerilim eğrisi ile tasarımımızın tam olarak kesiştiği görüldü. Tasarım eğrisi evirici akım-gerilim eğrisinin altında veya üzerinde kalmadığı görüldü. Eğrilerin olması gerektiği gibi kesişmesi doğru tasarım yapıldığını göstermektedir.

PV dizi/evirici oranı 1,15 olan tasarım ile 1,39 olan aşırı yükleme durumunda veya 0,97 olan PV dizi/evirici oranında olan tasarımlar karşılaştırıldığında en fazla toplam elektrik üretiminin PV dizi/evirici oranı 1,15 olan tasarımda olduğu Çizelge 7.8’de verildi. Doğru bir tasarım için PV dizisi/evirici oranının 1,1 ve 1,2 aralığında olması gerektiği görüldü.

Çizelge 7.8. PV dizi/evirici oranlarının toplam elektrik üretimi açısından karşılaştırılması

Eskişehir	PV dizi/evirici oranı		
	1,39	1,15	0,97
Üretilen Elektrik Enerjisi (MWh/yıl)	1555	1558	1557
Performans Oranı (%)	78.7	78.8	78.8

Yapılan analizlere ek olarak evirici üreticilerinin toplam elektrik üretimine etkisi incelendi. Evirici hariç bütün tasarım değerleri sabit tutulup, seçilen üç arazi için A, B ve C evirici üreticilerinin performans oranları ve toplam elektrik üretimleri hesaplandı. Çizelge 7.9’de kullanılan eviricilerin teknik özellikleri ve Şekil 7.17 da verilen değerlerin açıklamaları aşağıda verilmiştir.

Yr: Referans sistem verimi. İdeal bir dizi için üretici tarafından tanımlanan Pnom'a göre herhangi bir kayıp olmadığı öngörülen verimdir. [kWh / m² / gün] cinsinden ifade edilmiştir.

Ya: Dizi verimini ifade eder. [kWh / KWp / gün] olarak ifade edilir.

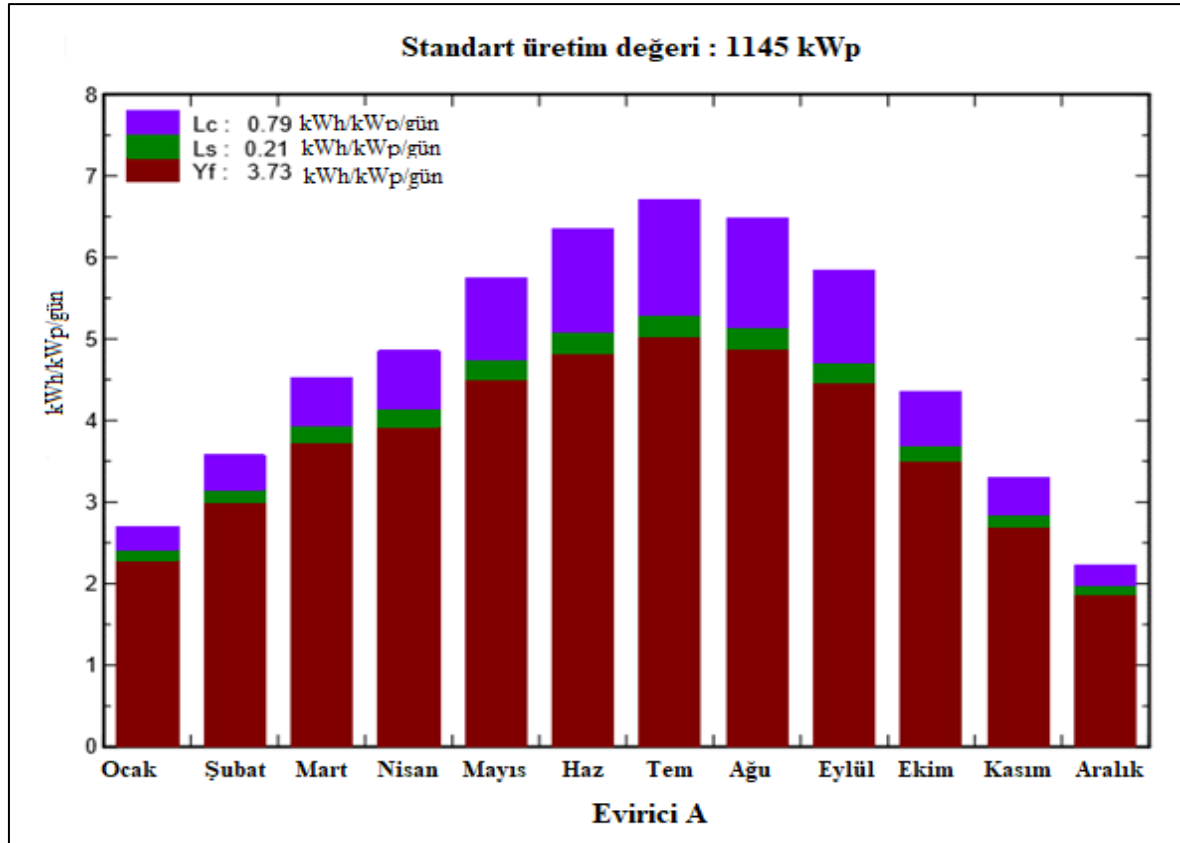
Yf: Evirici çıkışı sistem verimi, sistemin günlük kullanılabilir enerjisidir ve [kWh / KWp / gün] olarak ifade edilir.

Lc: Toplama kayıpları. Yr – Ya formülü ile hesaplanabilir. ısınma, kablolama, modül kalitesi, uyumsuzluk ve IAM kayıpları, gölgelendirme, kır, MPP, düzenleme kayıpları ve diğer tüm verimsizlik de içeren kayıp olarak adlandırılır.

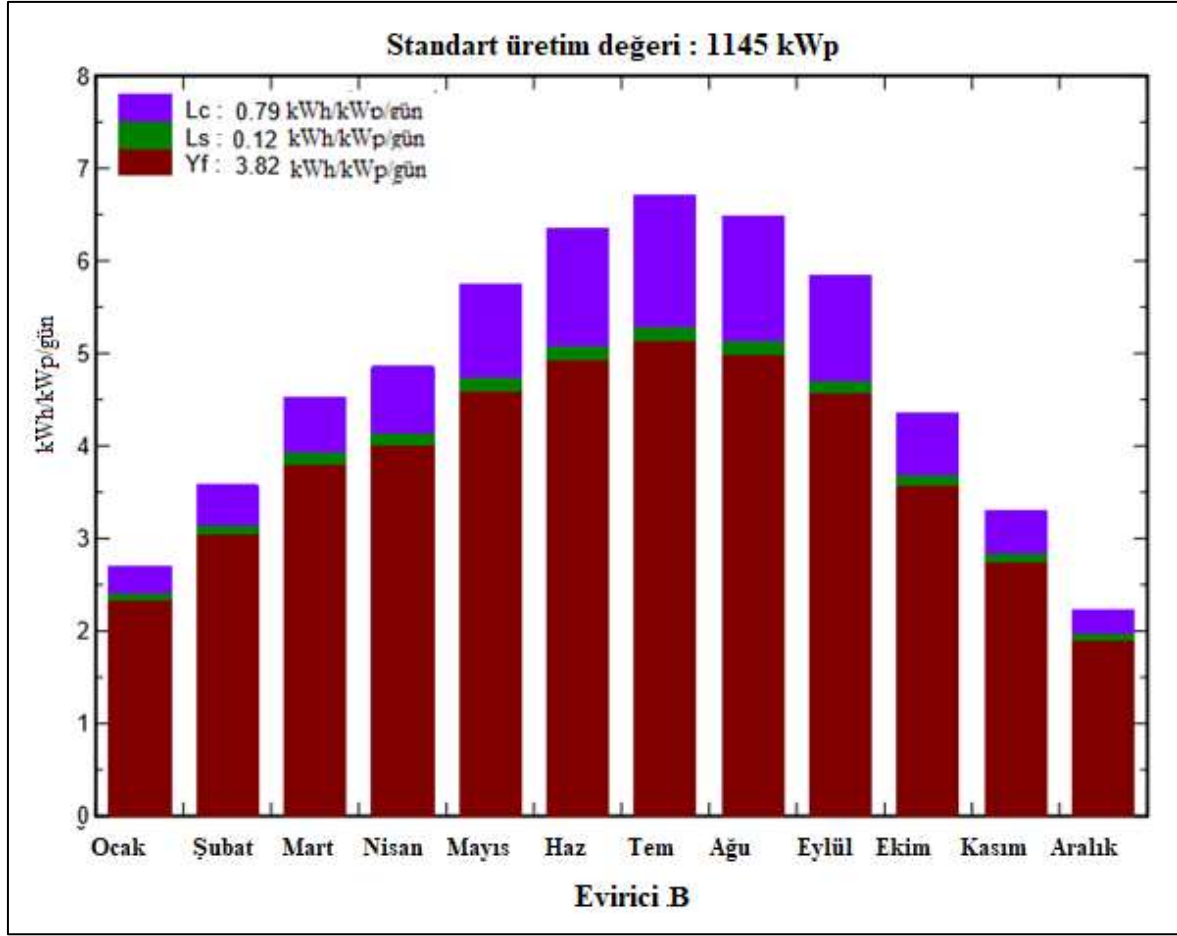
Ls: Sistem kayıpları. Ya - Yf, şebekeye bağlı sistemlerde evirici kaybını ifade eder.

Çizelge 7.9. A, B ve C eviricilerin tasarım karakteristikleri

Özellikler	A	B	C
Asgari MPP voltajı	350 V	350 V	330 V
Azami MPP voltajı	600 V	700 V	700 V
Normal PV gücü (DC)	26 kW	26 kW	28 kW
Azami PV voltajı (DC)	30 kW	Mevcut değil	30 kW
Azami PV akımı (DC)	Mevcut değil	Mevcut değil	Mevcut değil
Güç sınırı	125 W	125 W	500 W
Şebeke voltajı	400 V	400 V	400 V
Normal AC gücü	25 kW	25 kW	25 kW
Azami AC gücü	28 kW	25 kW	28 kW
Normal AC akımı	36 A	0 A	36 A
Azami AC akımı	40 A	45 A	46 A

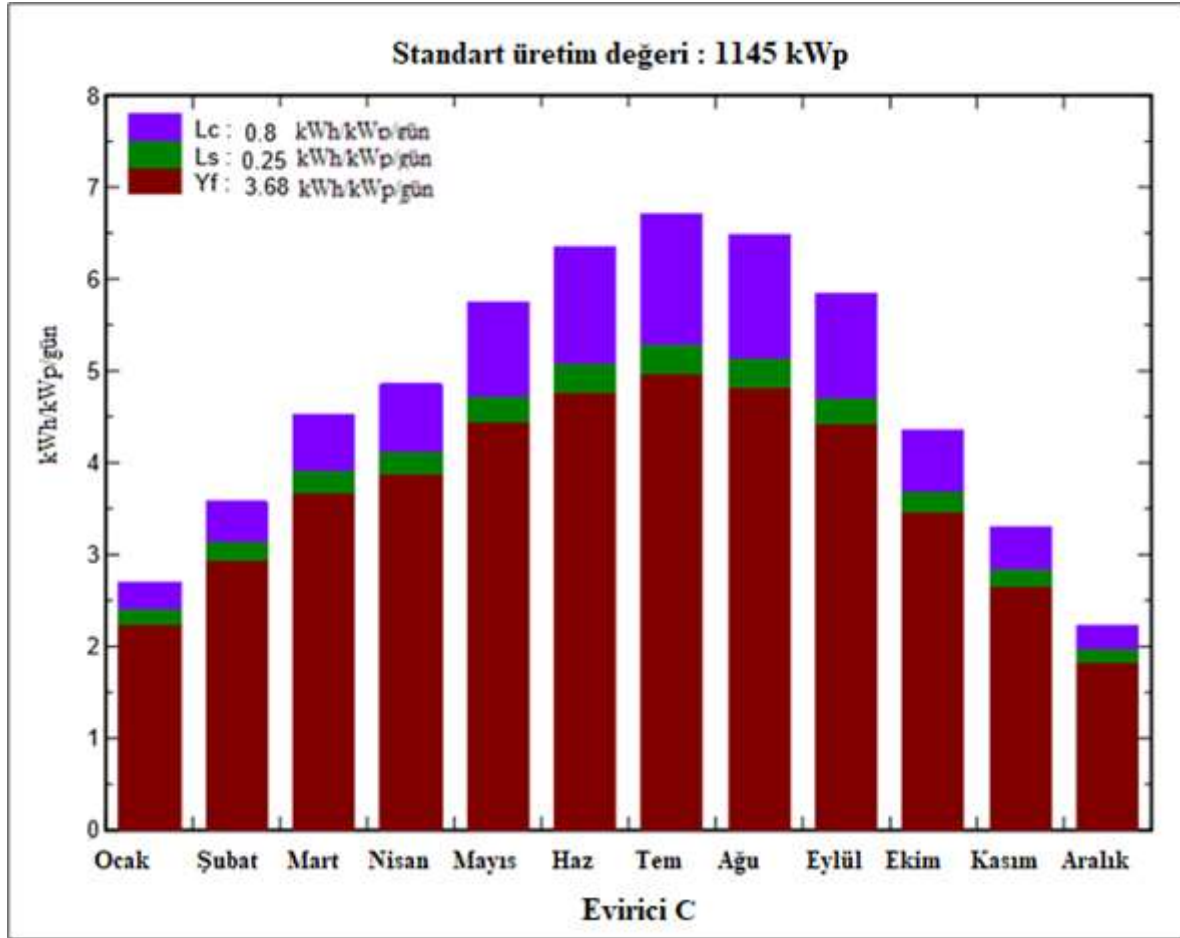


Şekil 7.17. A evirici üreticisi ile yapılan tasarım sonuçları



Şekil 7.18. B evirici üreticisi ile yapılan tasarım sonuçları

Üç farklı evirici üretici ile yapılan analiz sonuçlarında, sistem veriminin ve kayıplarının üreticiye göre değiştiği ve dolayısıyla toplam elektrik üretiminin de üreticiye göre değiştiği görüldü. Şekil 7.17, Şekil 7.18 ve Şekil 7.19’de A, B ve C eviricileri ile yapılan analiz sonuçları görüldü. Yapılan analiz sonuçlarına göre PV dizi kayıplarında ciddi bir değişim gözlemlendi. Ancak, şebekeye bağlı sistemlerde evirici kayıplarına ve evirici çıkışlarında ki sistem kayıplarına bakıldığında ciddi bir farklılık görülmektedir. A evirici ile yapılan analizde evirici çıkışında ki sistem verimi 3,73 kWh/kWp/gün olarak hesaplanırken, eviriciden kaynaklanan sistem kayıpları 0,21 kWh/kWp/gün olarak hesaplanmıştır. Şekil 7.11’de B evirici ile yapılan analizde evirici çıkışında ki sistem verimi 3,82 kWh/kWp/gün olarak hesaplanırken, eviriciden kaynaklanan sistem kayıpları 0,12 kWh/kWp/gün olarak hesaplandı. Şekil 7.12’de C evirici ile yapılan analizde evirici çıkışında ki sistem verimi 3,68 kWh/kWp/gün olarak hesaplanırken, eviriciden kaynaklanan sistem kayıpları 0,25 kWh/kWp/gün olarak hesaplandı.



Şekil 7.19. C evirici üreticisi ile yapılan tasarım sonuçları

Çizelge 7.10. A, B ve C eviricilerin toplam elektrik üretimi açısından karşılaştırılması

Eskişehir	Evirici Üreticisi		
	A	B	C
Üretilen Elektrik Enerjisi (MWh/yıl)	1558	1596	1539
Performans Oranı (%)	78,8	80,7	77,9
Isparta Aksu			
Üretilen Elektrik Enerjisi (MWh/yıl)	1717	1758	1697
Performans Oranı (%)	78,6	80,5	77,7
Isparta Yalvaç			
Üretilen Elektrik Enerjisi (MWh/yıl)	1711	1752	1692
Performans Oranı (%)	78,1	79,9	77,2

Hesaplama sonuçlarına göre, evirici kayıpları ve sistem verimliliği evirici üreticisine göre değiştiği için toplam elektrik üretiminin değiştiği görüldü. Doğru bir tasarım için verimli evirici seçilmesi gerekmektedir. Çizelge 7.10’de A, B ve C eviricileri ile yapılan analizler sonucunda elde edilen toplam elektrik üretimleri karşılaştırıldı.

8. SONUÇ

Güneş enerjisinin diğer enerji biçimleriyle karşılaştırıldığında en büyük avantajı, temiz ve sürdürülebilir olmasıdır. Geçtiğimiz yüzyıla bakıldığında fosil yakıtlar, enerji ihtiyacının çoğunluğunu sağladı, çünkü fosil yakıtlar alternatif enerji kaynaklarından elde edilen enerjiden çok daha ucuz ve daha elverişlidir. Yakın zamana kadar ise çevre kirliliği büyük bir problem değildi. Ancak, günümüzde çevre kirliliği büyük bir sorun haline gelmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları teknik ve ekonomik açıdan geleneksel enerji kaynakları ile rekabet edebilecek konuma ulaşmaktadır. Ancak, yenilenebilir enerji kaynaklarına talebin artması için mevcut piyasa koşullarının değişmesi ve devlet tarafından daha çok destek verilmesi gerekiyor. Güneş enerji sistemleri geleneksel elektrik enerjisi üretim yöntemleri ile karşılaştırıldığında pahalı olarak değerlendirilen fotovoltaik sistemler artık elektrik enerjisi üretebilecek yapılabilirlikte sistemler olarak değerlendirilmektedir. Özellikle günümüz piyasa koşullarında döviz kurlarının nasıl ilerleyeceği tahmin edilemezken dışa bağımlı olduğumuz fosil yakıtlar ile karşılaştırıldığında yakıt maliyetinin olmaması çok büyük avantaj sağlamaktadır. Özel şirketlerin yenilenebilir enerji teknolojilerine ve özellikle güneş enerji santrallerine yatırım yapmaları ve geleneksel yakıtlı santraller ile karşılaştırılabilmeleri için doğru planlama ile hareket etmek gerekmektedir.

Genel yatırım getiri analizi; bu bölümde doğru bir yatırım için hedefler, riskler, fırsatlar, iş ve zaman planı, genel-gider özeti incelendi. İlk aşama tamamlandıktan sonra saha belirleme aşamasına geçildi ve yatırım için belirlenecek sahanın özellikleri ve güneş yatırımı yapılmaması gereken saha özellikleri incelendi. Karşılaştırma yapmak için Eskişehir ve Isparta ili Yalvaç ilçesinde seçilen iki farklı alan kullanıldı. Türkiye güneş enerji potansiyel atlasına bakıldığında Eskişehir bölgesinin güneş potansiyelinin daha az olduğu görüldü. Yapılan analizler sonuçlarında da aynı şekilde Eskişehir bölgesinde için kurulan elektrik üretim santralının yıllık ürettiği elektrik miktarının daha az olduğu görüldü. Seçtiğimiz arazinin doğru bir yerde olduğunu analiz sonuçları ile desteklendi. Güneş yatırımı için uygun saha belirlendikten sonra teknik plan aşamasına geçildi ve bu aşama da neler yapılması gerektiği detaylı bir şekilde incelendi. Bir fotovoltaik sistem tasarımı nasıl olmalı, eğim açısı, evirici seçimi kriterleri, evirici, panel üreticisinin yıllık üretime etkisi, kablo kesiti ve kablo uzunluğunun yıllık üretime etkisi, sorularının cevapları üzerinde çalışıldı. Üç farklı eğim

açısı 28°, 30°, 32° kullanılarak yapılan analiz sonuçlarına göre Isparta Aksu ve Eskişehir bölgesi için en yüksek üretim değerinin sağlandığı eğim açısı 30 derece olarak görüldü.

Üç farklı evirici üretici ile yapılan analiz sonuçlarında, sistem veriminin ve kayıplarının üreticiye göre değiştiği ve dolayısıyla toplam elektrik üretiminin de üreticiye göre değiştiği görüldü. Bu sonuca bağlı olarak; doğru bir tasarım için evirici üreticisinin seçimi önem kazandı. İkinci olarak, tasarım kriterlerinden PV dizi/ evirici oranı incelendi. PV dizi/evirici oranı 1,15 olan tasarım ile 1,39 olan aşırı yükleme durumunda veya 0,97 olan PV dizi/evirici oranında olan tasarımlar karşılaştırıldığında en fazla toplam elektrik üretiminin PV dizi/evirici oranı 1,15 olan tasarımda olduğu görüldü. Doğru ve güvenilir bir analiz için PV dizi/evirici oranının 1,1 ile 1,2 arasında olması gerektiği sonucuna ulaşıldı.

Kablo kesiti ve kablo uzunluğu değiştirilerek yapılan analizler sonucunda, 6 mm² kablo kesiti kullanılarak yapılan analiz sonucu ile 4 mm² kablo kesiti kullanılarak yapılan analiz sonucunda santral veriminin düşük kablo kesitinde ve yüksek kablo uzunluğunda düştüğü görüldü.

Tasarımda kullanılan bütün tasarım kriterleri eşitleyip sadece panel tipi değiştirilerek yapılan analizler de normal şartlarda mono panellerin daha yüksek verimliliğe sahip olduğu bilinirliğine rağmen Isparta Aksu bölgesinde Amorf silisyum panellerin daha yüksek üretim kapasitesine sahip olduğu ve performans oranının da daha yüksek olduğu görüldü. Ancak, Eskişehir bölgesine bakıldığında amorf silisyum panelleri ile yapılan tasarımın performans oranı yüksek olmasına rağmen polikristal panellerin elektrik üretiminin daha yüksek olduğu görüldü. Bu sonuç, polikristal panellerin Eskişehir bölgesinde amorf silisyum panellerin Isparta bölgesinde daha verimli çalıştığını gösterdi. Yapılan analizler sonuçlarına göre panel tipinin elektrik üretimine etkisi seçilen bölgeye göre değişti. Bunun sebepleri arasında, panel tiplerinin farklı performans özelliği göstermelerinin yüksekliğe bağlı olarak basınç farkından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ancak, bu durumun kanıtlanması için daha fazla analiz yapılması gerekmektedir. Panel tipi seçilirken verimlilik kadar yatırım maliyetinin önemi de büyüktür. A-si panellerin kristal yapıli panellere göre fiyatının fazla olduğu gerçeği ile gelir-gider çizelgesinin yapılması, buna göre üretimin yatırım maliyetini karşılayıp karşılamadığının yapılabilirlik raporunda doğru gösterilmelidir. Doğru bir tasarım yapılırken seçilen arazi özellikleri göz önüne alınarak panel tipinin seçildiğinden ve maliyetlerin göz önüne alındığından emin olunması gerekmektedir.

İlk kurulum aşamasında fotovoltaiik sistemlerin en iyi şartlarda ve en yüksek verimle çalışacağı bir tasarım yapılması çok önemlidir. Teknik plan içerisinde teknoloji seçimi, tesis gelir-gider çizelgesi, yapılabilirlik raporu önemi üzerinde duruldu. Yapılabilirlik raporundan onay alan projeler için yatırım planlama aşaması başlamaktadır. Bu aşamada, detaylı iş programı ve maliyet çizelgesinin önemi, yapılacak olan sözleşmelerin içeriği üzerinde duruldu ve böylelikle tesis kurulumu aşaması başlamış olur. Tesis kurulumunda finansman anlaşmaları, saha hazırlık ve montaj aşamaları ve montaj tamamlandıktan sonra yapılacak olan test aşamalarına gelindi. Fotovoltaiik testleri için var olan IEC standardına göre analiz yapıldı ve test aşamaları üzerinde duruldu. Tesis kurulumu ve testleri tamamlanan güneş projeleri için işletmeye alma TEDAŞ kabul süreci başlamış olur. Geçici kabulü yapılan projeler için işletme aşaması başlar. İşletme aşamasında doğru bir yol izlemek için üretimin izlenmesi ve bakım onarım planlaması üzerinde duruldu.

Devletten aldığı teşvikler ile beraber yatırımcının dikkatini çekerken güneş enerjisi sistemlerini doğru bir şekilde yönetmek çok önemlidir. Plansız bir şekilde hareket edip güneş enerjisi potansiyeli bakımından dünyanın diğer ülkelerine göre oldukça şanslı konumda olan ülkemizi panel ve konstrüksiyon çöplüğüne çevirmeden, yatırımcıyı zarara uğratmayan iş geliştirmeler yapılmalıdır.

Bu tez çalışması ile seçilen bölgeler için ön çalışma niteliğinde olup, bu çalışmaya göre güneş enerji santralleri bu bölgelere yapılacaktır.

KAYNAKLAR

1. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2016). *Dünya ve Ülkemiz Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü 1 Ocak 2017 itibarıyla*. Ankara: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 1-49.
2. İnternet: Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, 2017-12-13. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.eie.gov.tr%2Fyenilenebilir%2Fgunes.aspx&date=2017-12-13>, Son Erişim Tarihi: 2017-12-13.
3. Muhtaroglu Tuğyan, K. (2010). *Güneş Enerjisini Elektrik Enerjisine Çeviren Çevre Dostu Sistemin Tasarlanması*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 35-48.
4. Grozdev, M. (2012). *Alternatif Enerji Kaynakları: Güneş Enerjisi ve Güneş Pilleri*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 14.
5. Özçelik, Ö. (2016). *Petkok Yakıtlı Bir Santralin Konvansiyonel Santrallerle Karşılaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 11-30.
6. Şentürk, E. A. (2013). *Bir Entegre Güneş Kombine Çevrim Santrali Fizibilite Çalışması*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, İstanbul, 8-19.
7. İnternet: Energy Education, 2017-12-13. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fenergyeducation.ca%2Fwiki%2Fimages%2Fthumb%2F5%2F53%2F2000px-Solarpipe-scheme.svg.png%2F720px-2000px-Solarpipe-scheme.svg.png&date=2017-12-13>, Son Erişim Tarihi: 2017-12-13.
8. İnternet: CSP Services, 2017-12-13. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.cspservices.eu%2Fimages%2Fcsp%2FEurodish.jpg&date=2017-12-13>, Son Erişim Tarihi: 2017-12-13.
9. İnternet: Solar Energy Explorer, 2017-12-13. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.solarenergyexplorer.com%2Fimages%2Fsolar-power-tower-system.png&date=2017-12-13>, Son Erişim Tarihi: 2017-12-13.
10. İnternet: Yegm, 2018-05-14. URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.yegm.gov.tr%2Fteknoloji%2FCSP_gun_enj_sant.aspx&date=2018-05-14, Son Erişim Tarihi: 2018-05-14.
11. İnternet: Ksr Energy, 2017-12-13. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.ksrenergy.com%2Fhibrid.asp&date=2017-12-13>, Son Erişim Tarihi: 2017-12-13.
12. Girgin, H. M. (2011). *Bir Fotovoltaik Güneş Enerjisi Santralinin Fizibilitesi, Karaman Bölgesinde 5 MW'lık Güneş Enerjisi Santrali İçin Enerji Üretim Değerlendirmesi Ve*

- Ekonomik Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, İstanbul, 12.
13. Yılmaz, M. (2013). *Güneş Takip Sistemi İle Güneş Enerjisinden Elektrik Enerjisi Elde Etme Yöntemleri Ve Optimum Verimin Belirlenmesi*. Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 66-91.
 14. Çıtanak, N. (2014). *Güneş Enerjisi Kaynağından Elektrik Enerjisi Üretimi*. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Elektrik Eğitimi Anabilim dalı, Elazığ, 20.
 15. Şimsek, Y. (2014). *Risk Management Approach and Risk Analysis in Solar Thermal Energy Projects*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, İstanbul, 7-20.
 16. İnternet: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, Lisanssız Elektrik Üretimine Dair Yönetmelik, 2018-05-14. URL: <http://www.webcitation.org/6zPuTRaaS>, Son Erişim Tarihi: 2018-05-14
 17. İnternet: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, 2018-05-14. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.resmigazete.gov.tr%2Feskiler%2F2005%2F05%2F20050518-1.htm&date=2018-05-14>, Son Erişim Tarihi: 2018-05-14
 18. Mandal, R., Panja, S., (2016). Design and feasibility studies of a small-scale Grid Connected Solar PV Power Plant. *Energy Procedia*, 90, 191 – 199.
 19. Qureshia, M.T., Ullahb, K., Maarten, J.A., (2017). Factors responsible for solar PV adoption at household level: A case of Lahore, Pakistan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78, 754–763.
 20. Dinçer F., (2011). Overview of the photovoltaic technology status and perspective in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 3768–3779.
 21. Pedersen, H., Strauss, J., Selj, J. (2016). Effect of soiling on photovoltaic modules in Norway. *Energy Procedia*, 92, 585 – 589.
 22. Notton, G., Lazarov, V., Stonayov, L. (2010). Optimal sizing of a grid-connected PV system for various PV module technologies and inclinations, inverter efficiency characteristics and locations. *Renewable Energy*, 35, 541-554.
 23. Wang, Z., Li, Y., Wang, K., Huang, Z., (2017). Environment-adjusted operational performance evaluation of solar photovoltaic power plants: A three stage efficiency analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 1153–1162.
 24. Şandır, E. (2007). *Elektrik Piyasasında Yatırım Projelerinin Değerlendirilmesi: Türkiye Uygulaması*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 98-108.

25. Demirer, A. (2017). *Güneş Enerjisi Santrali Yer Seçimi Probleminin Analitik Hiyerarşi Prosesi Yardımı İle Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Beykent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 23-25,33-42.
26. Ölmez, Y. C. (2017). *Determination of Solar Power Potential in Turkey and Impact Of Solar Power Plant in Karapınar On The Grid*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 5-8.
27. Ayaydın, E. (2000). *Bir Yatırım Projesi için Uygulanan ve Önerilen Proje Yönetim Sistemi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 5-10,73-81.
28. İnternet: Türkiye Sürdürülebilir Enerji Finansman Programı, 2018-05-14. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.ika.org.tr%2Fupload%2Fduyurular%2FTurkiye-Surdurulebilir-Enerji-Programi-aciklanmistir-526300.pdf&date=2018-05-14>, Son Erişim Tarihi: 2018-05-14
29. Çakıroğlu, A. N. (2012). *Türkiye’de Enerji Yatırım Projelerinin Finansmanı, Değerlendirilmesi Ve Bir Uygulama*. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kayseri, 50-62.
30. NREL/Sandia/Sunspec Alliance SuNLaMP PV O&M Working Group. (2016). *Best Practices in Photovoltaic System Operations and Maintenance*, Virginia, December 2016 (No. DE-AC36-08GO28308), USA, NREL: Cass Walley, 30-48.
31. İnternet: Güneş Enerjisi Sanayicileri ve Endüstrisi Derneği, 2018-05-14. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.gensed.org%2FCF%2FCD%2F1746c23c5c68a8df29b1ee688c3fd9f8524e1512392227.pdf&date=2018-05-14>, Son Erişim Tarihi, 2018-05-14.

EKLER

EK-1. TEDAŞ Kabul evrakları

Lisanssız Üretim Santralleri

Kabul Dosyasında Bulunması Gereken Belgeler

1. Geçici kabul talep dilekçesi, (Tesisin İli, İlçesi Proje onay tarih ve sayısı, gücü, projede geçen adı, tesiste ENH olup olmadığı ve tesisi yapan (yüklenici) ve yaptıranın (tesis sahibi) adı, ticari unvan bilgileri yer almalıdır.)
2. Geçici kabule hazır tutanağı,(Dağıtım Lisansı sahibi ve tesis sahibi tarafından birlikte imzalanan)
3. Tesise ait onaylı proje, (Gerekçe raporu, vaziyet planı, varsa ENH profili, varsa trafo yerleşim planı, tek hat şeması, kısa devre hesabı, topraklama hesabı, v.b.)
4. Bağlantı anlaşması,
5. Tesis sahibi ile yüklenici arasında imzalanan sözleşme,
6. Geçici kabulde bulunacak sorumlu elektrik mühendisine ait yüklenicinin yetkilendirme yazısı veya yüklenicinin bünyesinde bulunmayan ancak geçici kabulde görevlendirilecek sorumlu elektrik mühendisine yüklenici tarafından verilen vekaletname,
7. Kabule katılacak kişiye ait tesis sahibi tarafından verilen yetki yazısı / vekaletname,
8. Keşif cetveli ve bedeli,
9. Vergi levhası (yüklenici),
10. Yüklenici ve tesis sahibinin iletişim bilgileri (Adres, telefon, faks, eposta adresi),
11. Tesiste kullanılan malzemelere ait test raporları ve sertifikalar (panel, inverter, röle, jeneratör, trafo, hücre, köşk vs.) (Elektronik ortamda olabilir-CD),
12. Topraklama direnci ölçüm raporu,
13. Komisyona katılmak üzere OSB/Dağıtım şirketinden teknik personelin isim ve unvanı
14. Tesise ait fotoğraflar (Elektronik ortamda olabilir-CD),
15. YEGM Teknik Değerlendirme Raporu (RES ve GES için),
16. Proje onay yazısı.
17. İmar yazısı. (onaylanmış imar planı, mevcut yapılara ilave için yapı ruhsatı tadilatı)
18. İnşaat Müh. (Belediye, Bayındırlık, Üniversite vs. kamu kuruluşlarından alınabilir.)
19. Tesis Sahibi firmaya ait Ticaret Sicil Gazetesi.
20. Bağlantı anlaşmasına çağrı mektubu.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÖZÇELİK, Özlem
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 29.08.1987, Kırıkkale
 Medeni hali : Bekar
 e-mail : o.ozclk6@gmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi/Elektrik-Elektronik Mühendisliği	2018
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi/Enerji Sistemleri Mühendisliği	2016
Lisans	Başkent Üniversitesi / Elektrik -Elektronik Mühendisliği	2011
Lise	Alparslan Anadolu Lisesi	2005

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2012 -2016	SOCAR Power	Elektrik Mühendisi
2012 Ocak-Nisan	Udea Elektronik	Elektrik-Elektronik Mühendisi
2011 Mayıs-Kasım	Enermet Enerji	Elektrik-Elektronik Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce
 Almanca

Yayınlar

Özçelik Ö., Tezcan S.S. (2018), Solar Energy Systems and Creating Correct and Reliable Roadmap for Solar Investments, *ICAT 2018*

Hobiler

Yüzmek (Profesyonel), Müzik dinlemek, Kitap okumak



GAZİ GELECEKTİR..