



**T.C
İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**BİR MODEL YAPININ ELEKTRİK SARFIYATININ
GÜNEŞ VE RÜZGÂR ENERJİSİ İLE
KARŞILAŞTIRILMASININ İNCELENMESİ**

SARA İMRAHOR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ**

**DANIŞMAN
DR. ÖĞRT. ÜYESİ TİMUÇİN İNCE**

İSTANBUL, 2020

**T.C İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**BİR MODEL YAPININ ELEKTRİK SARFIYATININ GÜNEŞ VE
RÜZGÂR ENERJİSİ İLE KARŞILAŞTIRILMASININ İNCELENMESİ**

Sara İMRAHOR tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından İstanbul Arel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEL LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir

Tez Danışmanı

Dr. Öğrt. Üyesi Timuçin İNCE
İstanbul Arel Üniversitesi

İmza

Jüri Üyeleri

İstanbul Arel Üniversitesi

İmza

İstanbul Arel Üniversitesi

İstanbul Arel Üniversitesi

İstanbul Arel Üniversitesi

Yukarı imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylım.

İMZA
Unvanı, Adı ve SOYADI
Enstitü Müdürü

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranış olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi, kaynakları da kaynak listesine eklediğimi, yine bu tezin çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

Nisan 2020

Sara İMRAHOR

ONAY

Tezimin kağıt ve elektronik kopyalarının İstanbul Arel Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım:

- Tezimin/Raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.
- Tezim/Raporum sadece İstanbul Arel yerleşkelerinden erişime açılabilir.
- Tezimin/Raporumunyıl süreyle erişime açılmasını istemiyorum.

Bu surenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.

[Tarih ve İmza]

Sara İMRAHOR

ÖZET

BİR MODEL YAPININ ELEKTRİK SARFIYATININ GÜNEŞ VE RÜZGÂR ENERJİSİ İLE KARŞILAŞTIRILMASININ İNCELENMESİ

Sara İMRAHOR

İstanbul Arel Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek
Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Timuçin İNCE

Nisan 2020, 101 sayfa

Günümüzde enerji ihtiyaçları nedeniyle hızlı nüfus artışı, teknolojik gelişmeler, ekonomik büyüme ve küreselleşme gibi nedenlerden dolayı artmaktadır. Güneş ve rüzgâr enerjisi, artan enerji tüketimine cevap verebilmek amacıyla son dönemlerde önem kazanan alternatif(yenilenebilir) enerji kaynaklarıdır. Türkiye güneş ışınımı ve güneşlenme sürelerinin verimli olması sebebiyle bu enerjinin kullanılabilceği ülkelerden birisidir. Bu bakımdan Tekirdağ ili Saray ilçesinin tüketici talepleri doğrultusunda sistemler oluşturulması amacıyla bu çalışma hazırlanmıştır. Sistem ekipmanlarının belirlenmesinde Tekirdağ ili Saray ilçesine ait güneş ısınım miktarı, aylık ortalama sıcaklık dereceleri ve enlem-boylam derecesi esas alınmıştır. Tekirdağ Saray ilçesinde seçilen güneşlenme süreleri ve rüzgâr hızı değerlerine göre; bu ilçede bulunan kullanıcının evsel elektrik ihtiyacının karşılanması için gerekli olan sistem ekipmanlarının teknik değerleri hesaplanmış, bilgisayar programı ile web tabanlı olarak maliyet analizi yapılmıştır.

Anahtar sözcükler: Güneş, Rüzgâr, Yenilenebilir Enerji.

ABSTRACT

GENERATION OF MATHEMATICAL MODELS FOR SHORT PERIOD ESTIMATION IN WIND AND SOLAR ENERGY ELECTRIC POWER PLANTS

Sara IMRAHOR

Istanbul Arel University

Graduate Education Institute, Department of Machine Engineering Master of Science Thesis

Supervisor:Dr.Öğr.Üy.Timuçin İNCE

April 2020, 101 pages

Today, due to energy needs, rapid population increase is increasing due to reasons such as technological developments, economic growth and globalization. It is one of the alternative energy sources used to respond to solar and wind energy consumption. Turkey, in terms of solar radiation and sunshine duration is one of the countries of this energy can be used. In this respect, this study has been prepared in order to establish systems in line with consumer demands of Tekirdağ Saray. In the determination of the system equipments, the solar radiation amounts of Tekirdağ / Saray, average monthly temperature and latitude degrees were taken as basis. According to the sunshine times and wind speed values in Tekirdağ Saray district, technical values of the system equipment required to meet the household electricity needs of the user in this district were calculated and computer-based calculations were made and the cost analysis was performed..

Keywords:Solar,Wind,Renewable Energy.

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğretiminde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımından dolayı çok değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Timuçin İNCE en içten dileklerle teşekkür ederim.

Son olarak, bütün hayatım boyunca her koşulda arkamda duran ve zorlukları aşma gücü veren sevgili aileme ve eşime, sevgileri için şükranlarımı sunarım.

Nisan 2020

Sara İMRAHOR



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET	I
ABSTRACT.....	II
ÖNSÖZ	III
ŞEKİLLER LİSTESİ	X
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	.XI
KISALTMALAR LİSTESİ	XII
SEMBOLLER LİSTESİ	XIII
EKLER LİSTESİ.....	XIV
1. GİRİŞ.....	1
1.1 LİTERATÜR ÖZETİ.....	1
2. ENERJİ KAYNAKLARI.....	7
2.1. YENİLENEMEYEN ENERJİ KAYNAKLARI.....	7
2.2. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI	9
2.3. TÜRKİYE'DE ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİNDE FOTOVOLTAİK GÜÇ SİSTEMLERİNİN YERİ	12
2.4. DÜNYADA FOTOVOLTAİK ENERJİNİN KULLANIMI	13
2.4.1. En Büyük Güneş Enerjisi Pazarları	14
2.4.2. Dünyanın En Büyük Güneş PV Santralleri 2019	14
2.4.3. Asya'da Güneş Enerjisi Pazarı	15
2.4.4. Güneş Fotovoltaik	17
3. FOTOVOLTAİK ENERJİ SİSTEMLERİ.....	19
3.1 ŞEBEKEDEN BAĞIMSIZ SİSTEM (OFF GRİD SİSTEM).....	21
3.1.1. Güneş Panelleri	22
3.1.2. Aküler	23
3.1.3. Akü Şarj Kontrol Ünitesi	23
3.1.4. Regülatör.....	24
3.1.5. İnvörtörler	25
3.2. ŞEBEKE BAĞLANTILI SİSTEM (ON+ GRİD SİSTEM)	25

3.3. SICAKLIĞIN VE İŞİNİMİN GÜNEŞ HÜCRELERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ	26
3.4 PV ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLERİ.....	27
3.5 I-V EĞRİLERİ	28
3.6 TÜRKİYE’DE GÜNEŞ ENERJİSİNİN DURUMU	32
4. RÜZGÂR ENERJİSİ.....	33
4.1. RÜZGÂR TÜRBİNLERİ	34
4.1.1.Rüzgâr Türbin Çeşitleri.....	34
4.1.1.1. Yatay Eksenli Rüzgâr Türbinleri	34
4.1.1.2. Dikey Eksenli Rüzgâr Türbinleri.....	36
4.1.1.3. Yatay ve Dikey Rüzgâr Türbinleri Arasındaki Farklar	37
4.2. Rüzgâr Hızının Enerjiye Etkisi	39
4.3. Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi Durumu.....	40
5. MATERYAL VE YÖNTEM	42
5.1. TEKNİK İNCELEME VE HESAPLAMA.....	42
5.1.1. Projenin Tanımı	42
5.1.2. Kuruluş Yeri	42
5.2. Evirici (İnverter).....	42
5.3. Trafo (Transformatör).....	43
5.4. Diğer Cihaz ve Ekipmanlar	43
5.5. Evlerde Kullanılan Ev Aletlerinin Güç Harcamaları ve Kullanım Süreleri	43
5.6. Enerji Üretimi.....	47
5.7. Güneş Enerjisi ve Panel Hesabı	52
5.7.1. Pvsyst Simülasyon Programı.....	52
5.7.2. Fotovoltelik Sistem Tasarımı.....	53
5.7.3. İnverter ve PV Panellerinin Belirlenmesi.....	57
5.7.3.1. İnverterler.....	57
5.7.3.2. Sistemde Kullanılacak PV Modülü Belirlenmesi.....	58
5.7.3.3. Pvsyst Simülasyon Sonuçları.....	59
5.8. Rüzgâr Verilerinin Elde Edilmesi	61
5.9. Rüzgar Enerjisiyle Hesaplama.....	63

5.9.1. Küçük ve Orta Güçlü Rüzgar Türbinleri.....	64
6. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	67
6.1.Şebekeye Bağlı PV Performansı	70
7. KAYNAKLAR.....	77
8. EKLER	83
ÖZGEÇMİŞ.....	86



ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1. Yenilenebilir enerjiden elektrik üretiminin payı ilk 10 ülke 2018	11
Şekil 2.2. Global güneş termal enerji kümülatif kapasitesi (2006-2018).	13
Şekil 2.3. Kapasite itibarıyla Haziran 2019 itibarıyla dünyadaki en büyük güneş fotovoltaik santralleri.....	15
Şekil 2.4. Belirli ülkelere göre 2018 itibarıyla küresel güneş enerjisi fotovoltaik kapasitesi (GW).....	16
Şekil 3.1. Güneş enerjisi ile güneş PV sistemleri arasındaki fark.....	19
Şekil 3.2. Şebekeden bağımsız sistemin yapısı.....	21
Şekil 3.3. Fotovoltaik güneş paneli	23
Şekil 3.4. Akü.	23
Şekil 3.5. Regülatör.....	24
Şekil 3.6. İnvörtör	25
Şekil 3.7. Şebeke bağlantılı sistem.	25
Şekil 3.8. PV modül akımı azalan güneş ışınımı ile azalır	30
Şekil 3.9. PV modülü voltajı, güç gibi sıcaklıkla düşer.....	30
Şekil 4.1. Rüzgâr türbini boyutlarının evrimi	34
Şekil 4.2. Yatay eksenli rüzgâr türbini.....	35
Şekil 4.3. Dikey eksenli rüzgâr türbini	36
Şekil 4.4. Rüzgâr hızındaki değişime karşın elde edilecek enerji değişimi.....	39
Şekil 4.5. Tekirdağ Saray 50 m Rüzgar hız dağılımı haritası	41
Şekil 5.1. Saray günlük güneşlenme süresi (saat).....	48
Şekil 5.2. Saray global radyasyon değerleri (kWh/m ² -gün).....	49
Şekil 5.3. Tekirdağ Saray ilçesine ait koordinatların PVsyst programına yazılması.....	53
Şekil 5.4. Tekirdağ saray ilçesine ait belirtilen koordinatların haritada yer alan lokasyonu.....	54
Şekil 5.5. Suncalc.org sitesinde Tekirdağ Saray ilçesinde gerçekleştirilecek olan projenin koordinatları.....	55
Şekil 5.6. Suncalc.org sitesinde Tekirdağ Saray ilçesinde gerçekleştirilecek olan projenin koordinatları.....	55
Şekil 5.7. Suncalc programından elde edilen azimuth değerlerinin PVsyst programına Aktarımı.....	56
Şekil 5.8. PVsyst programında sun attitude ve sun azimuth değerleri.....	56
Şekil 5.9. İnvörter seçim ekranı.....	57
Şekil 5.10. PV modül karakteristik eğrisi.....	57
Şekil 5.11. PV modül seçim ekranı.....	58
Şekil 5.12. Panel özellikleri.....	58
Şekil 5.13. Performans oranının aylık değişim grafiği.....	59
Şekil 5.14. Üretim ve kayıp faktörleri.....	59
Şekil 5.15 Genel sonuçlar.....	60
Şekil 5.16 Sistem kayıpları.....	60
Şekil 5.17 Rüzgâr-elektrik sistemi.....	62
Şekil 5.18 Tipik Güç Eğrisi.....	63
Şekil 5.19 Projede rüzgar türbininin konulması planlanan alan.....	66
Şekil 6.1. Seçilen konumdaki ufuk çizgisi.....	64

ÇİZELGELER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 3.1. Türkiye'nin yıllık ortalama güneş enerjisi potansiyeli.....	32
Çizelge 3.2. Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli	32
Çizelge 5.1. Elektrikli ev aletlerine ait enerji tüketim değerleri ve ortalama aylık ve yıllık güç hesaplaması	44
Çizelge 5.2. Elektrikli ev aletlerine ait ortalama aylık ve toplam yıllık enerji tüketim değerleri ve maliyeti..	44
Çizelge 5.3. Her ayın ortalama güneş ışınım değerini veren yılın günleri	46
Çizelge 5.4. Proje panel montaj içeriği.....	46
Çizelge 5.5. Santral Maliyet Tablosu.....	47
Çizelge 5.6. Global Radyasyon Değerleri (EİE.gov.tr-GEPA)	47
Çizelge 5.7. Enerji hesap parametreleri	49
Çizelge 5.8. PV panel teknik özellikleri	51
Çizelge 5.9. Küçük rüzgâr enerjisi jeneratörlerinin sınıflandırılması.....	63
Çizelge 6.1. Sabit açılı PV sisteminden aylık enerji çıkışı	70
Çizelge 6.2. Sabit açılı için aylık düzlemiçi ışınlama.....	70
Çizelge 6.3. Aylık PV enerjisi ve güneş ışınımı	70

KISALTMALAR

AA	Alternatif akım
AADB	AA dağıtım panoları
CdTe	Kadmiyum tellür
CuInSe2	Bakır indiyum diselenid
CIGS	Bakır indiyum galyum diselenid
ÇRA	Çoklu regresyon analizi
DA	Doğrudan akım
DSSC	Boya duyarlı güneş pili
EPİAŞ	Enerji piyasaları işletme anonim şirketi
GaAs	Galyum arsenik
MGM	Meteoroloji genel müdürlüğü
PV	Fotovoltaik
PTF	Piyasa takas fiyatı
R²	Çoklu belirlilik katsayısı
RGİ	Rüzgâr enerjisi gözlem istasyonları
REPA	Rüzgâr enerji potansiyel atlası
YEGM	Yenilenebilir enerji genel müdürlüğü
WTG	Rüzgâr türbini jeneratörleri

SİMGELER

A	Rotorun süpürme alanı
CO²	Karbondioksit
CO	Karbonmonoksit
C_p	Rüzgâr türbini verim katsayısı
I_{sc}	Panel Kısa devre akımı
kW	Kilowatt
MW	Megawatt
GW	Gigawatt
m/s	Hız
n	Değişken sayısı
P_m	Çıkış gücü
P	Güç
X	Bağımsız Değişken
W	Watt
W.h/m²	Işınım
V	Rotorun hızı
ε	Hata terimi
°C	Sıcaklık
%	Yüzde

EKLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Ek 1. PV Paneline Ait Veri Sayfası.....	83
Ek 2. Fotovoltaik Modüller Enerji Etiketlemesi.....	84
Ek 3. Rüzgâr Türbinine Ait Veri Sayfası	85
EK 4: Pvsyst Programı Raporu.....	94



1. GİRİŞ

1.1. LİTERATÜR ÖZETİ

Teknolojinin gelişerek her geçen gün fazladan enerji ihtiyacını ortaya çıkarması tüm dünyada olduğu kadar Türkiye’de de alternatif enerji üretimi üzerine araştırmalar yapılmasını zaruri kılmıştır. (Yılmaz,2014). Yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyeli ve verimi coğrafik ve meteorolojik koşullara göre değişmektedir. Meteorolojik verilerden doğru üretim tahmini yapılarak panel sayısı ve rüzgâr türbini belirlenip hesaplanarak örneklem evin elektrik ihtiyacı hesaplanmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarında enerji üretimini kesin bir hesaplama modeli geliştirilememiştir.

Üretimden fazla olan enerji tüketimi için gerekli olan ihtiyacın karşılanması günümüz dünyasında en önemli politik sorunları başında gelmektedir. Enerji ihtiyacı artan ihtiyaçlar başta olmak üzere birçok sebepten dolayı artmakta ve üretimin tüketimi karşısına oranı gün geçtikçe oranı azalmaktadır. En başlıca tüketim artış sebeplerini; nüfus artışı, teknolojik gelişmeler, sanayileşme, küreselleşme ve yaşam konforu sayılabilir. Günümüzde enerjinin yarattığı sorunlar ülkelerin kendi iç sorunları olmaktan uzaklaşmış uluslar üstü bir sorun haline gelmiştir. Ülkeler arası soğuk savaş ve diplomatik krizler de bu sorunun somut yansımasıdır. Bu süreçte yaşanan gelişmelerle beraber enerji sadece temel gereksinim için bir ihtiyaç olmaktan çıkmış, uluslararası politikalarda etkin bir güç haline gelerek, uluslararası siyasete yön veren bir güç olmuştur. Günümüzde tüm enerji ihtiyacımızın %90’ı fosil enerji kaynakları tarafından karşılanmaktadır. Bu enerjileri kaynaklarının en başında kömür, petrol ve doğalgaz gelir. Fosil yakıt rezervleri dünyamızın belirli bir süre daha ihtiyacını karşılayabilecek seviyede olup, bu tüketim miktarı ile rezervlerin yakın gelecekte tükeneceğini öngörmek güç olmayacaktır. Basit hesaplamandan da anlaşılacağı gibi fosil yakıtların enerjisini karşıladığı teknolojik sistemler de çalışmayacaktır. Bu koşullar çerçevesinde tüm dünya ekonomisinde büyük bir buhran yaşanacağı ortadadır. (Karaca,2012).

Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş ve rüzgar enerjisi, üretim

kapasitesi olarak sürekli kendini yenileyen bir yapıda olması sebebiyle daimi enerji üretimi yapabilme kapasitesine sahiptir. Fotovoltaik güneş panellerinin ve küçük rüzgâr türbinlerinin verimi coğrafya, koordinat ve iklim yapısına bağlı olarak enerji üretim kapasitesi değişkenlik gösterir. Tek başlarına bu sistemlerden birinin kullanılması durumunda verim düşük olabilecektir. Ancak bu iki sistemin beraber kurulum ve kullanılması ile daha fazla enerji üretilebilecektir. Birden çok mevsim yaşanan bölgelerde yazları güneş enerji üzerinden üretim yapılabilecekken güneşin daha az etkisinin olduğu mevsimlerde rüzgar enerjisi ile bu açık kapatılacak yeterli enerji üretiminin sağlanabilmesinin yolu açılacaktır. Çünkü yaz aylarında güneş gün içerisinde daha çok görünmekte ve enerji üretebilecek ısınımı sağlamaktadır. Hava sıcaklıkları düşüp güneşin gün içinde ısınım süresi azaldıkça bu enerji kaynağından alınan verim azalacaktır. Ters orantılı şekilde de rüzgar enerjisi yaz aylarına pek etkili olmamaktadır ve yeterli üretim sağlamamaktadır. Ancak gün ısınım süresi düştükçe ve havalar soğudukça rüzgar daha fazla etkisini göstermektedir. Rüzgar da bu mevsim şartları altında güneşin sağlayamadığı eksik enerji miktarını sağlayabilecek kapasiteye sahiptir. Bu mevsimlerde de rüzgarın enerjisiyle tüketim ihtiyaçları karşılanmaya çalışılacaktır. Bu sayede birden fazla mevsimin yaşandığı Türkiye gibi ülkelerde de her mevsim gerekli enerji üretimini sağlayacak bütün bir üretim formatı oluşmuş olacaktır. Tek mevsimli yerlerde ise bu sistemlerden uygun olanın kurulması ile gerekli ihtiyaç karşılanabilecek olup çok mevsimli bölgelerdeki gibi dönüşümlü bir enerji üretimi sistemi kullanmasına gerek kalmayacaktır.

Bu yüzden ilk olarak coğrafyanın gerekleri doğrultusunda hangi enerji sisteminin veya sistemlerinin kullanılması gerektiği araştırılmalı bu doğrultuda gerekli sistem-sistemler kurularak bir takvim yılı boyunca her dönemde ihtiyaçları karşılayacak yapı oluşturulabilir. (Uysal,2011).

Yapılan bu çalışmada üretilecek modellerle geleceğe dönük doğru tahmin hesaplanmış olup, en makul yöntem tercih edilerek matematiksel modellerin doğruluğu ve güneş enerjisinin verimliliği test edilecektir. Ulaşılan tahmin modeller ile rüzgâr ve güneş üretim santrallerinde kısa dönemli üretim tahmini yapılacaktır. Bu yapılacak çalışma ile yenilenebilir enerji üzerinde santrallerin enerji üretimi çalışmasına önemli bir destek sağlanması düşünülmektedir. Ön

araştırması yapılan matematiksel modellerin uygulanabilir doğruluğu bilimsel yöntemler kullanılarak test edilerek ispatlanmaya çalışılacaktır. Bu geliştirilen modeller ile enerji üretimi planlaması tahmini daha kolay ve doğru tahmin edilebilecektir.

Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi (EPIAŞ), rüzgâr ve güneş enerji sistemlerinin üretilmediği enerji miktarını yük alma talimatı ile doğalgaz çevrim santralleri ve termik santrallerin üretimini talep eder. Doğalgaz ve termik santralleri fosil yakıt kullandıkları için çevreye zarar vermektedir. Hem hava hem su hem de toprak kirliliği yaratmakta olup insanın ve habitatın yaşam dengesi üzerinde ciddi olumsuz etki yaratmaktadır. Bu sebeple yenilenebilir enerji santrallerinin üretim tahminlerini yüksek doğrulukla yapmasıyla daha etkin olarak kullanımı mümkün olacaktır. Bu konuda literatüre ait çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

Soubdhan ve arkadaşlarının fotovoltaik sistemlerde Kalman Filtresine göre dayanan tahminler doğrultusunda elde edilen veriler ile modeller oluşturmuşlardır. Bu modellerle de yenilenebilir enerji sistemine entegrasyonunu sağlamışlardır (Soubdhan ve diğerleri,2016).

Jiang ve arkadaşları, rüzgâr hızı tahminlerinin rüzgâr enerjisi endüstrisinde birçok önemli kullanım alanı olduğu konusunda çalışma yapmışlardır. Bu yaptıkları çalışmayı bir makale olarak yayınlamışlardır. Bu yapılan çalışmada daha önce gerçekleştirilmiş bir hata fark edilmiştir; bitişik Wind Turbine Generators (WTG) (rüzgâr türbini jeneratörleri) arasındaki benzer dalgalanma bilgilerini genellikle görmezden gelinmesi sebebiyle tahminlerin doğruluğunun da zayıfladığını belirtmişlerdir. Ve bu makalede bu dezavantajların üstesinden gelmek için bir hibrid rüzgâr hızı tahmin modeli önermişlerdir. Rüzgâr çiftliğindeki her WTG için doğru rüzgâr hızı tahminlerini elde etmek için, bu makalede yeni bir kısa vadeli rüzgâr hızı tahmin modeli önerilmiştir (Jiang ve Wang,2017).

Yenilenebilir enerji kaynaklarında geleceğe yönelik alternatif enerji üretim tahminlerinin doğru olarak yapılması tüketim planlarının da doğru yapılmasına katkı sağlayacaktır. Böylece tüketilecek enerjinin yönetimi daha güvenilir bir şekilde yapılabilecek ve enerji birim maliyeti düşecektir. Bu durumda enerjide dışa bağımlı ülkelerin dışa bağımlılığını azaltacak ve politik bir unsur olarak

öne çıkacaktır.

Sobri ve arkadaşları, bu çalışmadaki güneş fotovoltaik üretim tahmin yöntemleri kullanılarak tahmin model performanslarını artırmak için araştırmacılar tarafından tek modellerin benzersiz özelliklerini ortaya çıkarmak için geliştirmişlerdir. Bu kombinasyon, tek tek modellere kıyasla doğru sonuçlar vermiştir. Bu yazıda, tahmin modeli performanslarının değerlendirilmesi için uygulanan metrik değerlendirmeleri de ayrıntılı olarak ele almışlardır (Sobria,2018).

Rüzgâr ve fotovoltaik santrallerinde gün öncesi, ne kadar elektrik enerjisi üretilebileceğinin doğru tahmin edilmesi arz - talep dengesinin korunmasında büyük önem taşımaktadır. Mevcut fosil kaynakların sınırlı hale düşmesi ihtimali sebebiyle sadece yenilenebilir enerji ile yaşanan bir hayatta önden tahmin edilebilen üretim miktarına göre günlük tüketim harcaması planlaması yapılabilir.

Bu çalışmada meteorolojik verilerin de dikkate alınması ile rüzgâr ve fotovoltaik(PV) güneş enerji tesisleri için doğru üretim tahmini yapabilen matematiksel modeller oluşturulmuştur. Bu modellerin oluşturulmasında ÇRA(çoklu regresyon analizi) kullanılmıştır. Tekirdağ Meteoroloji Müdürlüğü'nden alınan ölçüm değerleri neticesinde örnekleri ile geliştirilen matematiksel modeller oluşturulup hesaplamalar yapılmıştır. Oluşturulan matematiksel model sayesinde sıcaklık, ışınım, rüzgâr ve C_p değişken olarak alınmak sureti ile üretilecek olan enerji üretim değeri tahmin edilmiştir.

Bu güvenilirliğin yüksek olması enerji üretim tahmininin daha doğru yapılacağı anlamına gelmektedir. Üretilecek enerjinin önceden tahmin edilip, elektrik enerjisi üretim santrallerinin gün öncesi, ne kadar elektrik enerjisi üreteceğini elektrik piyasası yöneticisi olan Elektrik Piyasası Anonim Şirketine (EPIAŞ) bildirmek zorundadır. Enerji üretim santrali üretim taahhüdünü yerine getiremez ise, EPIAŞ tarafından enerji dengesizliği cezası kesilir ve üretmediği veya fazla ürettiği enerjiyi, Piyasa Takas Fiyatı (PTF)'den daha az fiyata alır bu sorunların önlenmesi için büyük önem taşımaktadır. Bu modeller sayesinde tahminlerin daha doğru olduğu görülmüştür ve üretim planlaması sağlanmış olduğundan dengesizlik maliyeti azaltılmasında önüne geçilmiştir. Elde edilen sonuçlar neticesinde verilerden yola çıkarak enerji maliyet

hesaplamaları yapılmıştır.

Daha az gelişmiş ülkeler için güç ihtiyacının hali hazırda sanayileşmiş olanlardan çok daha hızlı büyüdüğü göz önüne alındığında, bu değişen enerji panoraması, gücün sağlanmasını önemli ölçüde etkileyecektir.

Gelişmekte olan bölgelere, sanayileşmiş ülkelerin kendi enerji üretim eylemlerini temizlemeleri gerekirken, gelişmekte olan ülkeleri ayak izlerini takip etmemeye teşvik etmek yerine enerji teknolojilerini doğrudan temizlemeye atlamak için cesaretlendirir.

Elektrifikasyon projelerine (genellikle büyük çevresel ve sosyal maliyetlerle) daha az gelişmiş ülkeler ve çok taraflı şirketler tarafından otuz yıllık büyük yatırımlara rağmen, yaklaşık 2 milyar insanın yaşadığı dünyadaki bölgeler hala elektrikten yoksundur. 1 milyardan fazla insanın güvenli içme suyuna erişimi yoktur. Milyonlarca ev aydınlatma için sadece gazyağı lambalarına ve radyolar için tek kullanımlık pillere güvenmektedir. Bu insanların çoğu için geleneksel şebeke kaynaklarından elektrik alma olasılığı yok denecek kadar azdır. Bununla birlikte güneş ve rüzgar enerjisi kaynaklarını kullanarak geliştirmekte olan bölgelere elektrik sağlama konusunda artan bir ivme vardır. Hem güneş hem de rüzgar enerjisi teknolojileri yani yerli yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak, uzun vadeli yerel işler ve gelişen endüstriler yaratarak enerji bağımsızlığı ve sürdürülebilir kalkınma sunmaktadır.

Elektriksiz köylere iletim ve dağıtım hatları üzerinden şebeke gücü getirmenin maliyeti büyüktür. Bunun sebebi evlerin küçük ev aleti kadar enerji talep etmesi ve bu yerleşim yerlerine hat çekilmesinin zorlu-uzun yol sebebiyle maliyeti büyük getirisi düşüktür. Bağımsız güneş ve rüzgar enerjisi sistemleri; aydınlatma, iletişim, fanlar, buzdolapları, su pompalama, vb. en düşük maliyetli minimal bir model kullanılarak, bazı hükümetler(Brezilya, Hindistan, Orta Amerika, Güney Afrika, Meksika vb) ve başka yerlerdeki bazı kamu hizmetleri için PV ve rüzgar sistemlerini merkezi veya dağıtılmış çözümler olarak elektrifikasyon planlaması için entegre bir geliştirme aracı olarak kullandı.

Yirmi yıl önce, PV teknolojisi nispeten bilinmiyordu. Dominik Cumhuriyeti, kırsal PV elektrifikasyon çabalarını geliştirmek için erken kanıtlama nedenlerinden biriydi. Kâr amacı gütmeyen grup Enersol Associates 1984

yılında Dominik işlerine teknik yardım ve eğitim vererek çalışmaya başladı.

Kâr amacı gütmeyen kuruluşlar ayrıca kırsal PV teknolojisi için bir pazar geliştirmek için çalıştı. Enersol, kırsal çiftçilere küçük PV sistemleri satın almak için düşük faizli krediler sunan döner bir fon oluşturulmasına yardımcı olmak için ABD Uluslararası Kalkınma Ajansı'ndan (USAID) tohum finansmanı kullanarak Barış Gücü ile yakın çalışmaya başladı.

Bu sivil toplum kuruluşunun (STK) çalışmaları, daha sonra Dominik Cumhuriyeti ve Honduras'ta kurulan Soluz gibi şirketler olarak özel girişime dönüştü. Yavaş yavaş gelişmekte olan dünyada, PV modülü üreticileri uzak, elektriksiz alanlara hizmet vermek için distribütör ağları kurmaya başladığında küçük güneş şirketleri oluşmaya başladı.

Şebekeden bağımsız PV sistemleri, kurulu 5 milyondan fazla sistemle küresel olarak yayıldı. Her yıl daha fazla kilowatt grid-tie PV sistemleri kurulmaktadır; ancak her yıl sayısal olarak daha küçük, kemer dışı sistemler kurulur.

Zamanla PV projelerinin odağı değişti. PV sistemlerinin sadece uzak bölgeler için kurulumu, PV yoluyla kırsal ekonomik kalkınmanın desteklenmesini içerecek şekilde genişletilmiştir. PV sağlamak topluluk su kaynaklarının uzaktan su pompalanması, soğutulması ve su arıtımı için güçtür.

Güneş damıtma, en kirli ve acı su kaynaklarından bile bireysel evsel içme suyu ihtiyaçlarını karşılayabilir. Daha büyük yük gereksinimleri için, PV ve rüzgar teknolojilerinin dizel jeneratörler ve akü depolama ile kombinasyonu, hibrit konfigürasyonların tek bir teknolojiden daha makul bir maliyetle daha yüksek sistem güvenilirliği sağladığını kanıtlamıştır.

Güneş termal enerjisi en rekabetçi ancak çoğu zaman gözden kaçan güneş teknolojisi seçeneğini temsil eder. Eysel güneş enerjili sıcak su ısıtma sistemleri, geri ödemenin onlarca yıl sürebileceği şebekeye bağlı PV sistemlerinden tipik olarak 5 ila 7 yıl arasında daha iyi maliyet geri ödemelerine sahiptir. Ek olarak, büyük ölçekli güneş ısıl konsantre güneş enerjisi (CSP) tesisleri, kilowatt saatlik maliyetin neredeyse yarısında şebeke gücü üretimi için PV'den daha iyi ölçek ekonomilerine sahiptir.

2. ENERJİ KAYNAKLARI

Günümüzde yaşayan insanların enerji ihtiyaçları geçmiş zamanlara göre hem artmış hem de çeşitlenmiştir. Bu ihtiyaçların karşılanmasında ve ekonomik büyümenin ülkesel bazda gerçekleştirilebilmesi için gerekli olan enerji gün içerisinde konut, ulaşım üretim açısından tarım, sanayi sektörlerinde kullanılmaktadır. Nüfusun gittikçe artması, ihtiyaçların her geçen gün çeşitlenmesi ve sanayinin bu ihtiyaçlara yetiyecek gelişimi sağlaması sonucu olarak büyük ölçekli enerji üretim ve çevrim sistemleri kurulmuştur .Bu sistemler de çıkardığı atıklar sebebiyle ekosisteme ciddi oranda zarar vermeye başlamış olup sürdürülebilirlikten uzaklaşmıştır. Bu yüzden artık günümüz insanı hem bu ihtiyaçları karşılamak hem bu ihtiyaçları için gerekli enerjiyi üretmek hem de bu enerjiyi üretirken çevresel faktörleri göz önünde bulundurmamak durumunda kalmıştır. Bu koşullar altında da alternatif enerji kaynaklarına yönelmiştir.(Hajisalem,2013)

Doğada buldukları haliyle değiştirilemeyen kaynaklar, birincil enerji kaynaklarıdır. Birincil enerji kaynakların belirli prosedüsel işlemlerden geçmesi sonucu alternatif olarak ulaşılan enerji ise, ikincil enerji kaynağıdır. Bu ikincil enerji kaynaklarına 'enerji taşıyıcısı' da denilmektedir. Enerji kaynakları 2 ana başlık altında inceleyebiliriz. İlk olarak yenilenemeyen enerji kaynakları olarak adlandıracağımız fosil yakıtlar oluşturur.

Bu kaynaklar; petrol, linyit, doğalgaz, taşkömürü, asfaltit, uranyum, toryum ve bitümlü şist gibi yer altı kaynaklarıdır. Rezervleri kadar vardırlar ve çoğaltılamazlar. Yerküre üzerinde dağılımı eşit değildir. Yani her yerde kolayca erişebilen ve sonsuz değildir. Bu yüzden yenilenemeyen olarak adlandırılırlar. İkinci olarak yenilenebilir enerji kaynakları olarak adlandıracağımız doğadaki kaynaklarından üretilebilen ve doğadaki döngü sayesinde daima-tekerrarlı bir şekilde üretilebilecek bir enerji şeklidir. Bu kaynaklar; hidrolik enerji, güneş enerjisi, deniz dalga enerjisi, hidrojen, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji ve biokütledir. Her iklim-coğrafyaya özgü bu şartları sağlayan doğal döngü içerisinde enerji üretiminin yapılabileceği kaynaklardır.

2.1. YENİLENEMEYEN ENERJİ KAYNAKLARI

Yenilenemeyen enerji kaynakları ağırlıklı olarak fosil kökenli kaynaklardır. Tarihe baktığımızda ilk kullanımı kömürle başlamıştır. Üretim araçlarında yaşanan gelişmelerle beraber günümüzde en çok petrol kullanılmaya başlanmıştır. Aynı şekilde verim bakımından önemli bir kaynak olarak doğalgaz da son yıllar da popüleritesini arttırmaya başlamıştır. Bu fosil yakıtların her geçen gün daha fazla kullanımı ile çevre ve hava kirliliği ciddi seviyelerde artmaya başlamıştır. İklim sorunu olarak karşımıza çıkmaya başlamıştır. Bu fosil yakıtların yakılması ile enerji elde edilmesi sürecinde ortaya karbondioksit (CO₂) ve karbonmonoksit (CO) gazları çıkmaktadır. Bu gazların havaya karışması insan sağlığı, çevre tahribatı açısından yakın çevreye yıkıcı olmakla beraber yaratacağı sera etkisiyle de dünyanın ısınmasına neden olarak çok ciddi tehlikeler oluşturmaktadır. Bu nedenle toplumlar; alternatif, yeniden üretilebilir, zararsız ya da daha az zararlı, enerji kaynaklarına yönelmeye başlamışlardır (Gezer,2013).

Fosil yakıtlar, geçmiş jeolojik çağlardan (yani eski güneş ışığından) depolanan güneş enerjisidir. Petrol, doğal gaz ve kömür miktarları büyük olsa da, bunlar sonludur ve kaynaklar, kaynağa bağlı olarak birkaç on yıldan birkaç yüz yıla kadar sanayileşmiş dünyaya güç sağlamak için yeterlidir. Ayrıca, şerit madenciliği ve petrol döküntülerinden kaynaklanan habitat kaybından ve yıkımından, büyük ölçüde karbondioksitin yan ürününün neden olduğu atmosferin küresel ısınmasına kadar fosil yakıt sömürüsü ile ilişkili büyük çevresel maliyetleri de vardır.

Yenilenebilir enerjinin avantajları çoktur: sürdürülebilirlik (tükenemez), yaygınlık (fosil yakıtlar ve minerallerin aksine dünyanın her yerinde bulunur) ve esas olarak kirlenici ve karbon içermez.

Yenilenebilir enerjinin dezavantajları şunlardır:

Değişkenlik, düşük yoğunluk ve genellikle dönüştürme donanımı için daha yüksek başlangıç maliyeti.

Farklı yenilenebilir enerji türleri için diğer dezavantajlar veya algılanan sorunlar şunlardır: görsel kirlilik, biyokütleden gelen koku, rüzgar santralleri ile algılanan kuş sorunları, güneş dönüşümü için büyük arazi gereksinimleri ve birçok jeotermal kaynaktan gelen tuzlu su örnek olarak verilebilir.

2.2 YENİLEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Yapılan araştırmalar neticesinde yenilenebilir enerji kaynaklarının da çevreye olumsuz etkileri olduğu ortaya konmuş ancak fosil kaynaklara görece çok daha düşük etkiye sahiptir. Ayrıca bu kaynakların enerji üretimindeki maliyeti daha düşüktür. Asıl önemli avantajı olarak da tükenmez yani sürekli döngü içerisinde üretilebilir oluşudur. Bu avantajları sayesinde giderek daha fazla ilgi çekmeye başlamıştır. Dünyada mevcut durumda yenilenebilir enerjilerin kullanım miktarına göre aşağıdaki gibi sıralanmaktadır.(Doğan,2015).

- Hidroelektrik Enerjisi
- Biokütle Enerjisi
- Jeotermal Enerjisi
- Rüzgâr Enerjisi
- Güneş Enerjisi
- Hidrojen Enerjisi
- Dalga, Akıntı ve Gelgit Enerjisi

Yenilenebilir enerji kaynaklarının gelişimi incelemek gerekirse, petrol krizleriyle fosil yakıtların bir süre sonra yok olacağıın kanısının sinyalleri alındı. Zamanla çevre kirliliği dikkat edilmesindeki gereken bir konu olarak öne çıkmaya başladı. Günümüzde fosil yakıtların tükenmesi bir yana çevreye verdiği büyük zarardan ötürü yeni enerji kaynakları önem kazandı.

Ülkemizdeki enerji üretiminin yarısını doğal gaz kaynaklıdır. Doğalgaz rezervimizin olmaması sebebiyle de bu kaynağı dışardan satın alarak enerjiye dönüştürüyoruz.

Enerjiye olan talebin artmasıyla geleneksel enerji kaynakları ile yeteri kadar karşılanmayışı yenilenebilir enerji kaynaklarına karşı talebi arttırmıştır. Buna bağlı olarak yenilenebilir enerji kaynaklarında yapısal unsurlar tekrar gözden geçirilerek sistem verimliliğini sağlayacak teknolojik çalışmalara hız verilmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının aktif ve verimli kullanımı zararlı gazların çevreye olumsuz etkilerinin azaltılmasında önemli bir yer almaktadır. Özellikle

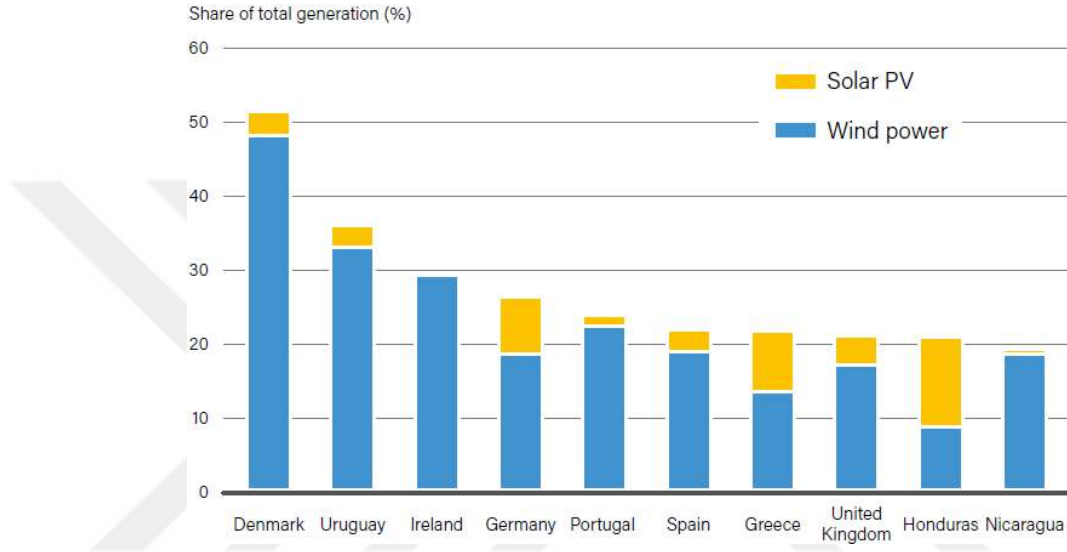
hemen hemen her coğrafyada verim alınabilecek güneş ve rüzgâr enerjisi üretme üzerine yapılan araştırmalarla ülkeler zararlı gazların çevreye olan olumsuz etkilerini azaltmak üzere çalışmaktadırlar. Bu şekilde yolan çıkan BM 1992 yılında Rio'da bir oturum gerçekleştirmiş ve Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Konvansiyonu Çevre Anlaşması imzalanmıştır. Bu anlaşmada alınan kararların başında sera gazı emisyon miktarının 2000 yılında 1990 yılı seviyesine geri getirilmesi olarak açıklanmıştır. Aynı şekilde bu oturumun devamı niteliğindeki 1997 yılındaki KYTO konferansında sera gazı emisyon miktarının 2008-2012 yılı arasında da 1990 yılı miktarının %5,2 daha aşığına çekilmesi öngörülerek AB'nin bu öngörüdeki hedefi %8 olarak belirtilmiştir. Sera gazı emisyonları, Kyoto konferansındaki saptanan hedeflere ulaşması dünyanın geleceği için birçok önemi vardır. Yenilenebilir enerjiden sağlanan alternatif enerjinin maliyeti, fosil yakıtlardan sağlanan enerjiye göre daha yüksektir. Bunun sebebi geleneksel enerji santrallerinin çevreye verdikleri zararın üretim maliyetlerine yansıtılmamasıdır. Ayrıca yenilenebilir enerjiye sağlanan kredilerin kısa sürede geri dönmesi istenmektedir. Bundan dolayıyla pazar mekanizması içinde kısa vadede kendini finans etmesi mümkün değildir. Bu nedenle yenilenebilir enerjinin gelişmesini sağlamak için bu mekanizmanın dışında yollar bulunarak enerji maliyeti mutlaka düşürülmelidir.

Ülkemizdeki yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımıyla ilgili devlet tarafından yasal adımlar hızlı bir şekilde atılması ve kolaylık sağlanmalıdır. Çünkü ülke olarak sahip olduğumuz yenilenebilir enerji kaynaklarının aktif olarak hizmete geçmesi ile sahibi bizim olduğumuz enerji kaynağımız olacaktır ve günümüz politikasında bu önemlidir.

Ülkemiz yenilenebilir enerji kaynakları açısından verimli bir ülkedir özellikle güneş ve rüzgar potansiyeli verimli olan alanlarımız çok fazladır. Diğer ülkelere nazaran ülkemiz bu sektörün gelişmesinde geri kalmış durumdadır. Bu sektöre devlet eliyle yapılacak teşviklerle bu sektör canlandırılabilir hem enerjide dışa bağımlılığımız azalır hem de yatağı istihdamla ekonomiye katkı sağlar .Bu sürecin yönetilmesi açısından teknik standartların da baştan belirlenmesi Yatırımcı açısından da bu sektörü cazibe merkezi haline getirebilecektir.

Ülkemiz son dönemdeki enerji tartışmaları içerisinde nükleer enerji alternatifine doğru sürüklenmektedir.

Ancak ülkemizde bu tarz kaynaklara gerek kalmadan doğru planlama içerisinde temiz, sürdürülebilir bir enerji üretim cennetine çevrilebilecek potansiyele sahibiz.(Karadağ,2009).



Şekil 2.1. Yenilenebilir Enerjiden Elektrik Üretim Payı, İlk 10 Ülke, 2018

Not: Bu rakama göre en iyi 10 ülke için verilerdir. REN 21 ile belirlenmiştir.

2018 yılında hükümet politikası ve düzenleyici çerçeveler yenilenebilir enerji sektörünün gelişimini şekillendirmeye devam etmiştir.

Çin'in iç pazarını kısıtlama kararının, güneş PV modüllerinin fiyat ve üretimi ile bazı yerlerde proje geliştirme üzerinde küresel etkileri olduğu için, beklenmedik bir politika değişikliğinin güneş PV endüstrisi için büyük sonuçları oldu.

Genel olarak, yıl, tarife bazlı araçlardan rekabetçi açık artırmalara küresel bir kaymanın devam ettiğini gördü. Yenilenebilir elektrik ihaleleri, 2018'de, 2017'de 29'dan en az 48 ülkede gerçekleştirildi. Bununla birlikte, besleme politikaları ulusal ve ulus altı politika çerçevelerinde hala rol oynamaktadır ve yıl sonuna kadar en az 111 ülkede uygulanmaktadır. Yenilenebilir enerji sektörü en büyük endüstriler arasında, kısmen rekabetçi açık artırma

süreçlerinin yükselmesi nedeniyle artan rekabet ve fiyat baskısı, tedarik zincirleri boyunca kar marjlarını zayıflattı. Örneğin, en büyük rüzgar türbini üreticilerinden bazıları bile birim satışların artmasına rağmen karların düştüğünü gördü.

Bazı durumlarda fiyat baskılarının yanı sıra olumsuz politika değişiklikleri ve bazı ülkelerdeki pazarların kayması veya daralması, üreticilerin ve tedarikçilerin birleşmesine, devralmalarına, hatta iflaslarına neden oldu.



2.3. TÜRKİYE'DE ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİNDE FOTOVOLTAİK GÜÇ SİSTEMLERİNİN YERİ

Fotovoltaik güç üretimi sisteminde gün geçtikçe maliyetlerdeki hızlı düşüş devam etmektedir.

-Türkiyede fotovoltaik sistemle üretilen elektrik maliyeti 'serbest piyasa' elektrik üretim maliyeti ile rekabet edebilecek düzeye yakındır.

-Teknik stabilizasyon ve teşvikle büyük ölçekli 'Fotovoltaik Güç Santrali' projesi hayata geçirmek ticari olarak daha çekici duruma gelecektir.

-500KWp ve altında güç üreten 'Fotovoltaik Güç Sistemleri' daha yaygın bir kullanım ağına sahip olacaktır.

-Ülkemizde her geçen gün artmakta olan enerji ihtiyacı ve bu ihtiyacı karşılamaya yönelik olarak gerçekleştirilen yatırımlar dikkate alındığında enerji kullanım karışımı içerisindeki 'Fotovoltaik' gücün daha çok yer alacağı kaçınılmazdır.

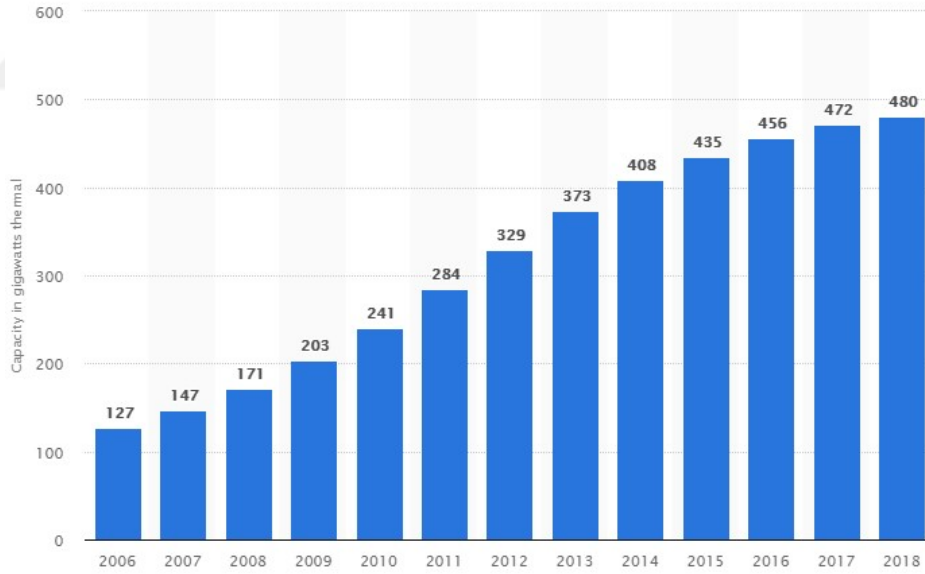
-Dünya üzerinde yeni bir pazar alanı oluşturan ve her geçen gün büyüyerek günümüzde büyüme hızı olarak en önde yer alan fotovoltaik güç sektöründe, ülkemizin sahip olduğu konum ve iklim çeşitliği sebebiyle hem yurt için hem de uluslararası pazarda güçlü şekilde yer alma potansiyeli vardır.

-Devlet tarafından atılacak adım ve öncü firmalara olacağı destekle, ülkemiz sanayi birikimimizin bu alan transfer edilmesi sağlanabilecektir.

2.4. DÜNYADA FOTOVOLTAİK ENERJİNİN KULLANIMI

Güneş termal enerjisinin küresel kümülatif kapasitesi 2006'dan 2018'e kadar çarpıcı bir şekilde arttıp,yaklaşık 127 gigawatt termalten yaklaşık 480 gigawatt termal'e ulaşmıştır. Güneş enerjisi için kapasite eklemeleri 2012-2013 yılları arasında zirveye ulaştı ve o zamandan beri yeni tesisler azaldı. Dünyada güneş termal enerjisinin kurulumunda Çin ve Avrupa büyük rol oynamıştır.

Güneş fotovoltaik (PV) pazarı son yıllarda muazzam bir büyüme kaydetti ve 2018'de, diğer tüm yenilenebilir kaynaklardan daha fazla güneş PV kapasitesi eklendi. Küresel güneş PV kapasitesi, Asya Pasifik bölgesi ve Çin'in küresel pazarda lider olmasıyla birlikte bu yıl 102,4 gigawatt'a ulaştı. Solar'ın hakimiyetinin ana nedenlerinden biri üretim maliyetlerinin azalmasıdır. Bununla birlikte, fiyatlar güneş enerjisi fiyatlarının gelişmekte olan ülkelerde diğer ülkelere nazaran çok daha fazla olduğu bölgeye göre değişebilir. Güneş enerjisi pazarındaki büyüme, küresel pazarların yenilenebilir ve dağıtılmış enerji teknolojilerine geçişini temsil etmektedir.



Şekil 2.2. Global güneş termal enerji kümülatif kapasitesi (2006-2018)

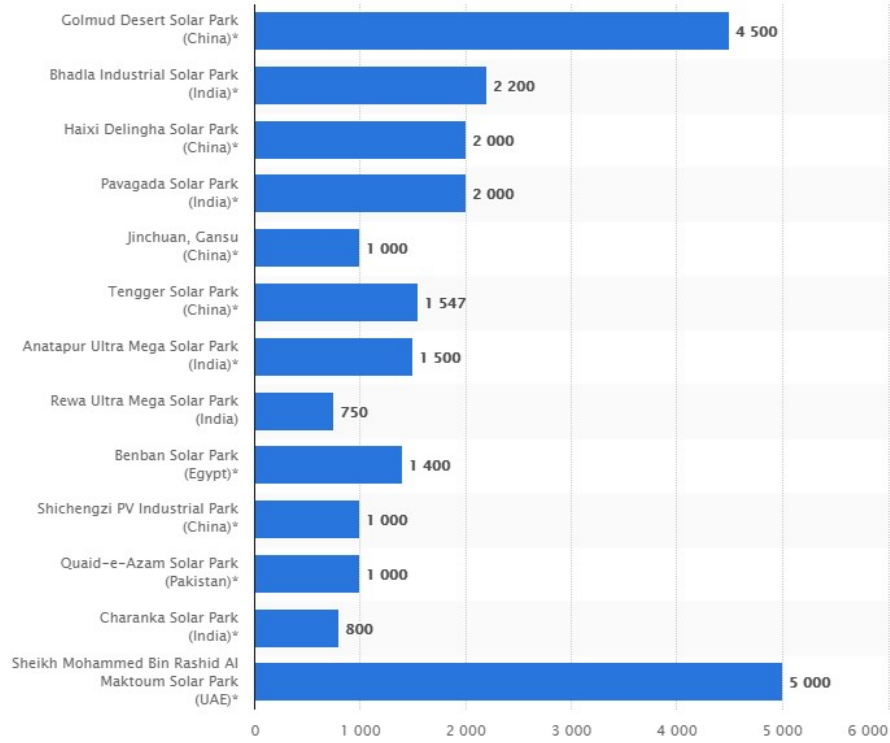
2.4.1. En Büyük Güneş Enerjisi Pazarları

2018 yılı itibariyle, Çin'de 176 gigawatt'tan fazla güneş PV kapasitesi kuruldu ancak Çin'in kamu hizmetleri ölçekli güneş sübvansiyon programı Mayıs

2018'de durduruldu ve uzmanlar pazar talebinin yavaşlayacağını öngörüyor. Amerika Birleşik Devletleri, 2018'de yaklaşık 50 gigawatt'lık bir kümülatif güneş PV kapasitesi ile dünyanın bir sonraki en büyük güneş enerjisi pazarına sahiptir. Fayda ölçekli tesisler, ABD pazarına hakim olmaya ve çoğu kurulumu hesaba katmaya devam etmektedir.

2.4.2. Dünyanın En Büyük Güneş PV Santralleri 2019

Dünyanın en büyük güneş enerjisi tesislerinin çoğu Hindistan ve Çin'de bulunmaktadır. Örneğin, Çin'deki Tengger güneş parkı, Tengger çölünün 1.200 kilometresini kapsayan Zhongwei, Ningxia'da bulunuyor ve 1.547 megavatlık bir güç üretiyor. Hindistan'da, Rajasthan Jodhpur bölgesinde bulunan Bhadla güneş çiftliği Aralık 2019'da faaliyete geçecek. 2.255 MW elektrik üretebilmesi ve 45 kilometrekareye yayılması bekleniyor. Bu durumda, güneş enerjisi santrali terimi ister farklı sahalara yayılmış olsun ister farklı gelişim aşamaları içinde olsun ya da olmasın, tek bir geliştirici veya konsorsiyum tarafından geliştirilen bireysel projeleri ifade eder. Güneş parkları tek bir varlık altında bir alanda birden fazla bitkidir. Günümüzde en büyük güneş parklarında 50'den fazla bireysel güneş enerjisi santrali bulunmaktadır. Bu konsept ilk olarak birkaç tesise ev sahipliği yapacak uygun yerler bulunduğu Hindistan ve Çin'de geliştirilmiştir.



Şekil 2.3. Kapasite itibarıyla Haziran 2019 itibarıyla dünyadaki en büyük güneş fotovoltaik santralleri

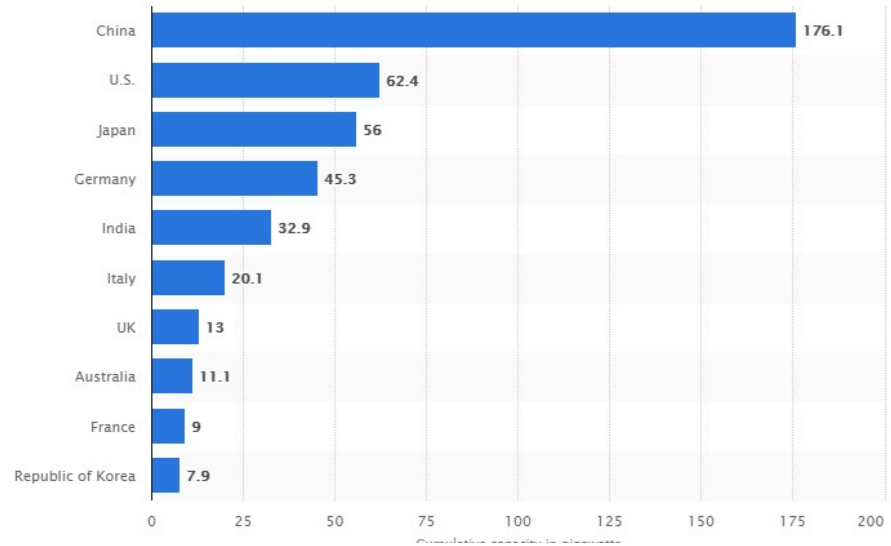
2.4.3. Asya'da Güneş Enerjisi Pazarı

Çin ve Hindistan, kümülatif güneş fotovoltaik (PV) kapasitesi bakımından dünyanın ilk beş ülkesi arasındadır. Genel olarak, Asya, 2018'de 70 gigawatt'lık güneş PV kapasitesi ile küresel güneş pazarına egemen oldu dünyanın geri kalanından daha fazlası. En önemlisi, birçok Güneydoğu Asya ülkesinde güneş enerjisi potansiyeli çok yüksektir ancak pazar büyük ölçüde kullanılmamıştır. Bu çoğunlukla güneş enerjisini teşvik eden enerji politikasının eksikliğinden ve optimal finansman modelleri veya altyapısı olmamasından kaynaklanmaktadır.

Ek notlar: Hem operasyonel hem de planlanan kapasiteler not edilmiştir;

- Golmud Desert Solar Park - son kapasite bilinmemektedir, ancak alan 4 ila 5 gigawatt için yeterli olmalıdır.
- Bhadla Endüstriyel Güneş Parkı - proje tamamlandığında 2.2 gigawatt üretebilecektir. Aralık 2019'a kadar faaliyete geçmesi bekleniyor.
- Haixi Delingha Solar Park - en az 2 gigawatt'lık bir kapasite için yeterli alan alanına sahiptir.

- Pavagada Solar Park - 2 gigawatt kapasiteye sahip olması planlanıyor.
- Jinchuan, Gansu - hiçbir nihai kapasite verilmedi. İlde, kuzeybatıda 1.000 megawatt'ın biraz altında bir tesisi olan birçok bitki ve güneyde bir kümelenme projeleri var.
- Tengger Desert Solar Park - alan 1.5 gigawatt'a kadar uyum sağlamalıdır.
- NP Kunta olarak da bilinen Anantapur Ultra Mega Güneş Parkı, 1.5 gigawatt'lık bir kapasiteye sahiptir.
- Benban Solar Park - 1.4 gigawatt'lık bir kapasite için planlandı.
- Qili Fotoelektrik Parkı - şu anda yapım aşamasında 100 megawatt ile çalışan 650 megawatt. Yeterli şebeke kapasitesi sağlanırsa, en az 5 gigawatt'a kadar uzayabilir.
- Shichengzi PV Endüstri Parkı - en az 1 gigawatt'a kadar potansiyel genişleme ile 600 megawatt'a ev sahipliği yapıyor.
- Quaid-e-Azam Solar Park - 1 gigawatt olması planlanıyor.
- Charanka Solar Park - 0.8 gigawatt kapasiteye ulaşması planlanıyor.
- Şeyh Muhammed Bin Rashid Al Maktoum Güneş Parkı - 230 megawatt şu anda faaliyette, ancak toplam 5 gigawatt kapasiteye ulaşması planlanıyor.



Şekil 2.4. Belirli ülkelere göre 2018 itibariyle küresel güneş enerjisi fotovoltaik kapasitesi(GW)([T. Wang](#), Sep 25, 2019)

Bu istatistik, 2018 yılı sonunda kümülatif güneş PV kapasitesi ile büyük ülkeleri temsil etmektedir. Çin'in kümülatif güneş PV (fotovoltaik) kapasitesi 2018'in sonunda 176.1 gigawatt'a ulaştı.

2.4.4. Güneş fotovoltaik

Politik güdümlü sübvansiyonların yardımıyla güneş fotovoltaik (PV) sektörü, rüzgar enerjisi ve biyokütle enerji sektörleri de dahil olmak üzere diğer pazarlarda yapılan anlaşmaları yansıtan yatırım hacimleriyle yatırımcıları çekmeye devam ediyor. Güneş kaynaklarından elde edilen elektrik, nükleer fisyon veya kömür yanmasından gelen enerjiden çok daha az güvenilir olmasına rağmen güneş enerjisi enerji piyasasında bir güç haline gelmiştir. Küresel kümülatif kurulu güneş PV kapasitesi, 2003'teki 2.6 gigawatt'tan 2018'e kadar 509.3 gigawatt civarındaydı. Çin, Japonya, Almanya ve ABD, güneş fotovoltaik tesisatları için en önemli pazarlardır.

Güneş radyasyonunu doğru akım elektriğine dönüştürme işlemi, inverterlerin ve güneş fotovoltaik modüllerinin kullanılmasını gerektirir. Bu tür modüller genellikle silikon gibi yarı iletken malzemelerden yapılan bir dizi güneş hücresinden oluşur. Güneş pili üretmek için en yaygın kullanılan malzemeler arasında çok kristalli (polikristalin olarak da bilinir) silikon veya monokristal (tek kristal olarak da adlandırılır) silikon bulunur. Cezai tarifeler, sübvansiyonlar ve vergi indirimleri gibi politika araçlarının bir sonucu olarak, güneş modüllerinin fiyatları 2002'de düşmeye başladı ve PV teknolojisi ilerledikçe düşüşün geleceğe doğru devam etmesi bekleniyor. Güneş pillerinin üretimi giderek Asya pazarlarına doğru kaymaya devam ederken, düşük maliyetler büyük olasılıkla güneş pili teknolojisi alanında yeniliği artıracak ve güneş PV gücünü daha uygun hale getirecektir (Wang,2019).

Güneş PV endüstrisi 2018'de önemli derecede büyüyen sorunlar yaşadı. Çin küresel üretime ve güneş PV dünya pazarına hakim olmaya devam etti; Sonuç olarak, ülkenin iç talebi kısıtlama kararı, Çin modülleri küresel piyasayı sekteye uğrattıkça sektörde çalkantılara yol açtı.

Ortaya çıkan aşırı miktarda hücre ve modül tedariki fiyatları düşürdü ve Çin'in kurulumlarındaki düşüşe karşı koyan önemli yeni pazarların açılmasına yardımcı oldu. Bu arada hücre ve modül üretim kapasitesi artmaya devam etti.

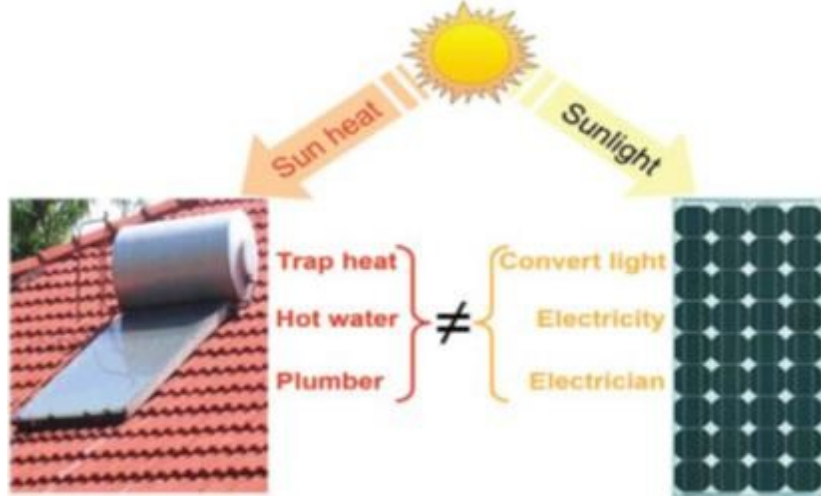
Düşük panel fiyatları ve yoğun rekabete bağlı olarak rekor düşük açık artırma fiyatları, sektörde daha fazla rekabet getirdi. Ticari anlaşmazlıklar Hindistan'daki proje boru hatlarını zayıflatarak ABD'deki büyümeyi de etkiledi. Genel olarak, üreticiler düşük satış fakat zorlu bir yıl geçirdi ve birçok üretici üretim maliyetinin altında paneller sattı. Bununla birlikte, rekabet ve fiyat baskısı yeni, daha verimli üretim kapasitesine yatırım yapılmasına ve özellikle Çin'de PV güneş enerjisi teknolojisindeki ilerlemelere yol açtı.

([http://www.ecogeneration.com.au/the-solarpv-panel-problem-high-promises-low-quality/.](http://www.ecogeneration.com.au/the-solarpv-panel-problem-high-promises-low-quality/))



3. FOTOVOLTAİK ENERJİ SİSTEMLERİ

Güneş, enerjisini iki ana biçim halinde verir: ısı ve ışıktır. İki temel tür güneş enerjisi sistemi vardır; ısınmak için ısıyı yakalayan güneş termik sistemleri ve Şekil 3.1’de gösterildiği gibi güneş ışığı doğrudan elektriğe dönüştüren güneş PV sistemleridir.



Şekil 3.1. Güneş enerjisi ile PV(Fotovoltaik) sistemleri arasındaki fark.

PV modülleri (fotovoltaik) güneş ışığına maruz kaldığında, Doğru Akım (DA) üretirler. Bir inverter daha sonra DA’yı Alternatif Akım (AA) elektriğe dönüştürür, böylece binanın Alternatif Akım Dağıtım Panolarından birine (AADP) olmadan beslenebilir. Her sistemde olduğu gibi PV sistemlerinde olumlu ve olumsuz yanları vardır. PV sistemlerin olumlu ve olumsuz nedenleri aşağıdaki gibi özetlenebilir: (Palil,02015).

PV enerjinin birçok avantaj ve deavantajına bakacak olursak;

Fotovoltaik Güneş Sistemlerinin Avantajları:

- Yüksek güvenilirlik (iyi sistem tasarımı),
- Düşük işletme maliyetleri,
- Yerel yakıt (ithal olmayan fosil yakıtlar),
- Uzun, kullanışlı ömürleri vardır (20 yaşından itibaren),
- Temiz enerji kaynağıdır
- Düşük işletme ve bakım maliyetleri.

- Enerji üretimi noktasıyla kullanım noktası arası mesafeler çok kısa olduğu için kayıpları yok denecek kadar azdır.
- Tasarlanmış olan yapısından dolayı güç çıkışları zorlanılmadan artırılabilir.
- Elektrik şebekesinden bağımsız çalışabileceği gibi invertör ve trafo grupları ile enterkonnekt sisteme enerji verebilir.
- Çevreye uyumluluğunu atık bir madde bırakmamak ile gerçekleştirdiği için kullanılması yaygındır.

Fotovoltaik PV Güneş Sistemlerinin Dezavantajları:

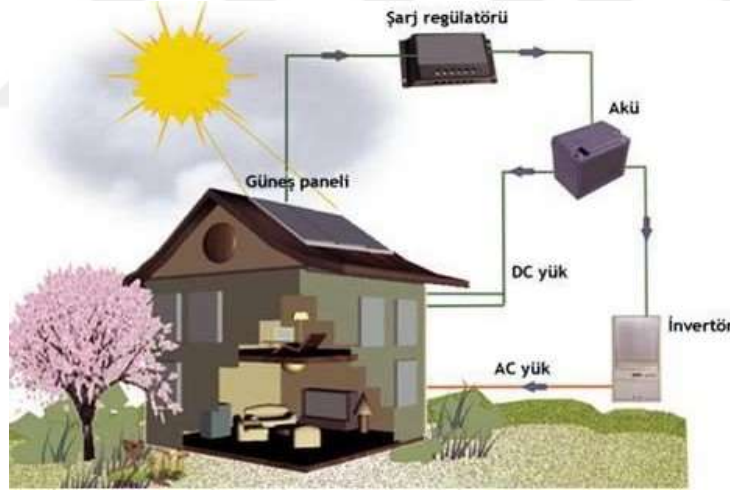
- Fotovoltaik sistemlerde çok fazla güç elde edilmesi istenmesi durumunda, çok fazla alanlar kullanılması gerekmektedir.
- Akşam saatlerinde enerji üretmez bundan dolayı depolama alanına ihtiyaç duyulur.
- Hassas ve narin yapıya sahip oldukları için modüller, güneş pillerinin çerçeveye sahip olmaları lazımdır.
- Güneş pillerinin üretimleri zor ve ileri teknoloji gerektiğinden ötürü maliyetleri genel olarak yüksektir. (Nakir,2007)
- Yüksek başlangıç sermayesi yatırımı
- Modüler enerji depolama maliyetleri artırır
- Altyapı eksikliği ve uzak bölgelerde teknik hizmetler
- Değişime dayalı değişken enerji üretimi meteorolojik koşullar.

Avantajının çok yüksek olduğu yanı sıra dezavantajının genelde üretim ve maliyet aşamasında olduğu saptanmaktadır.

3.1. ŞEBEKEDEN BAĞIMSIZ SİSTEM (OFF GRID SİSTEM)

Şebeke ağından bağımsız (off-grid) enerji sistemleri, özellikle yer altı şebeke sistemlerinin olmadığı-düşük seviyede olduğu bölgelerde, enerji üretimi için diğer alternatif olan jeneratöre yakıt taşımının oluşturacağı zahmet ve arttıracığı maliyet hesapladığında, belli bir birimin elektrik gereksinimini sağlamak için kullanılır. Bu sistemler genellikle rüzgâr veya güneşten alınan enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürerek, ihtiyaç olduğu zamanlarda kullanmak üzere bataryalarda depolarlar. Batarya çıkışlarındaki doğru gerilim, eviricilerle 220 V, 50 Hz sinüzoidal gerilime dönüştürülerek yüke uygulanmaktadır (Çamcı,2007). Bu sistemlere rüzgâr biyogaz ve petrolle çalışan elektrik jeneratörü eklendiğinde hibrid sistem olarak adlandırılır.

Şekil3.2 'de şebekeden bağımsız sistemin aşağıda yer almaktadır. (Anonim,2014).



Şekil3.2 Şebekeden bağımsız sistem.

Şebekeden Bağımsız Sistemlerin Bileşenleri

- PV Paneller
- Regülatör
- Aküler
- Akü Şarj Kontrol Ünitesi

- İnvvertörler

3.1.1. Güneş Panelleri

Elektrik yarı iletken malzemeden oluşan güneş pillerinde üretilir. Güneş ışınları güneş pillerine parladığında, bu katmanlar arasındaki elektromotor kuvveti oluşturulur ve elektrik akışı meydana gelir. Güneş radyasyon yoğunluğu yüksekliği ile elektrik akışı doğru orantılıdır. Güneş pillerinin üretiminde kullanılan en yaygın malzeme silikondur. Silisyum kumdan elde edilir ve yer kabuğunun en yaygın elementlerinden biridir (Čotar ve Filčić,2012).

Güneş Paneli Çeşitleri:

Güneş ışınım enerjisini elektriğe çevirmede PV (Fotovoltaik) paneller, optik ve elektrik özellikleri çevirime uygun olarak seçilmiş yarı iletken malzemelerle tasarlanırlar. Yaygın olarak güneş hücrelerinin yapımında aşağıdaki malzemeler kullanılmaktadır:

- Kristal silisyum
- Amorf silisyum
- Galyum arsenik (GaAs)
- Kadmiyum tellür (CdTe)
- Bakır indiyum diselenid (CuInSe₂)
- Optik yoğunlaştırıcı hücreler

Güneş panellerinin üretim teknolojilerine göre aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- 1. nesil güneş panelleri (Tek kristal ya da multikristal silisyum pul (wafer) teknolojisi)
- 2. nesil güneş panelleri (Amorf silisyum (a-Si), Multikristal silisyum ince film (mc-Si), Cadmium telluride (CdTe), Copper indium gallium diselenide (CIGS) alaşım)
- 3. nesil güneş panelleri (Nanokristal tabanlı güneş hücreleri, Photoelectrochemical (PEC) hücreler, Grätzel hücreleri, Polimer tabanlı hücreler, boya ile duyarlı hâle getirilmiş hücreler [Dye sensitized solar cell (DSSC) (MEB,2013).



Şekil 3.3. Fotovoltaik güneş paneli

3.1.2. Aküler

Fotovoltaik güneş paneli ile üretilen enerjisi eş zamanlı kullanılamayabilir. Üretilen enerjinin tüketilen enerjiden fazla olduğu dönemlerde bu enerjinin depolanması gerekmektedir.

Aynı şekilde bu sistem üretimin tüketimi karşılamadığı dönemde eksikliği gidermesi için de bir depolama aracı gereklidir. Bu enerji depolama aracı akülerdir. PV sistemlerde en sıklıkla kurşun-asit ve nikel kadmiyum tipi aküler kullanılmaktadır.

Yüksek kapasiteye ve düşük güç derecesine sahip bir batarya, uzun süre düşük miktarda elektrik (birkaç önemli cihazı çalıştırmak için yeterli) sağlar.



3.1.3. Akü Şarj Kontrol Ünitesi

PV hücrelerle üretilen elektrik doğrudan depo görevi gören aküye iletilmesi akülere hasar verebilmektedir. Bu hasarın minimize edilmesi adına şarj denetim birimleri kullanarak yüksek seviyede enerji yüklenmesini ve boşalmasını engeller. Başka bir deyişle akülerin hasar alabileceği şarj ve deşarj sürecini engelleyen birimlerdir.

3.1.4. Regülatör

Başta trafo mesafelerinin uzak olduğu kırsal kesim olmak üzere organize olmayan sanayi bölgelerinde fabrikalar ile aynı trafo kullanan yapılar için zaruri bir sistemdir. Elektrik sistemleri içerisinde olan kademe ayarından dolayı yakın mesafede bulunan yapılara gerekenden yüksek voltaj uzak olan yerlere ise gerekenden az voltaj elektrik almaktadır. Regülatör bu noktada işlevini göstermekte ve kademe ayarını lokal şekilde gerçekleştirmektedir. Bu sayede bireysel voltajın her lokasyon da gereken seviyede almasını sağlamaktadır. Bu sistem bütününe regülatör denmektedir.



Şekil 3.5. Şarj Regülatörü

3.1.5. İvertörler

Aletlerde enerji kullanımında alternatif akım gereklidir ancak pv akımlarının ürettiği enerji doğru akımdır. Bu enerji dönüşümü invertörler sayesinde yapılmaktadır. Doğru akımı alternatif enerjiye dönüştürmektedir.

Şebekeye bağlı olup olmamasına göre 2 farklı türde kullanılabilir. Şebeke ağı bağımsız olanlar için düşük gerilimli (12-48 V), şebeke ağı bağlantılı olanlar için yüksek gerilimli (110V ve üzeri) olarak kullanılır.(Sayın ve Koç,2012:3)



Şekil 3.6. İvertör.

3.2. ŞEBEKE BAĞLANTILI SİSTEM (ON GRİD SİSTEM/ GRİD-CONNECTED)

Şebeke ağı bağlantılı bu sistem işleyiş olarak ürettiği enerji şebekeye aktarır. Şebekeye iletilen enerji şebeke ağı üzerinden kullanılır ve bu enerjinin başkalarının satılabilmesinin olanağını sağlar. Bu sistemin OFF-GRİD sisteme göre en büyük avantajı enerjinin şebekeler veriliyor olması sebebiyle bir depolama ihtiyacını gerek kalmaz yani akü ve bağlı sistemlerine gerek bulunmamaktadır. Bu da maliyeti azaltmaktadır. Bu enerji üretim sistemi devlet tarafından da teşvik edilmekte ve enerjilerini şebekelere ileten üreticilerin elektiriği uygun fiyatlarla almaktadır.(Anonim,2014).



Şekil 3.7. Şebeke bağlantılı sistem.

Şebekeye bağlı fotovoltaik PV sistemler, merkezi elektrik şebekesine bağlanır ve üretilen elektriği şebekeye aktarır.

Güneş enerjisinden üretilen elektriğin, üretildiği anda ve üretildiği yerde hiçbir ilave olarak depolama (akü-batarya vb.) ara birimi olmadan şebekeyi beslediği ve anında kullanıldığı sistemler şebekeye bağlı (On-Grid) Sistemler olarak adlandırılmaktadır.

Bu sistemlerde elde edilen elektrik enerjisi direkt olarak kamunun Enterkonnekte Şebeke Hattına aktarılır. Üretilen fazla elektriği (örneğin tüketim-kullanım fazlasını) şebekeye satış imkanı mevcuttur. Bu alanda devletler tarafından güncel koşullara bağlı olarak kendine özgü farklı kanun, yönetmelik, alım garantisi süreleri ve tarifeler geliştirilmektedir. Örneğin olumlu teknolojik gelişmeler ile artan üretim kapasitesi, ticari koşullar vb. hususlara bağlı olarak ilk yatırım maliyetlerinde bir süreden bu yana düşüş olduğu görülmektedir.

Güneşten üretilen elektriğin az olduğu veya yetmediği kapalı bulutlu olduğu saatlerde, günlerde veya akşam vakti geceleri, eksik kalan elektrik enerjisini mevcut kamu hattından (otomatik olarak) sağlamak mümkündür. Sistemde kullanılacak iki ayrı sayaç ile veya çift yönlü tek sayaç ile tüm elektrik alış-verişi kayıt altına alınabilir, mahsuplaşır.

3.3. SICAKLIĞIN VE IŞINIMIN GÜNEŞ HÜCRELERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Sıcaklığın ve ışınımı güneş hücreleri üzerindeki etkisi Fotovoltaik güneş panellerinde güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürebilmek için yarı iletken malzeme kullanılır. Teknolojik yatırımlar sayesinde yarı iletken olan bu malzemenin kalitesi her geçen gün arttırılmaktadır. Bu gelişime rağmen verimlilik beklenen seviyeden düşük kalmaktadır. PV panellerin verimi arttırmak için bunun gibi birkaç sebep faktör daha sayılabilir. Bunlara örnek olarak; sıcaklık, güneş ışınım şiddeti, tozlanma, gölgelenme, kablolama da ki kayıp, sıcaklık ve panel eğim açısıdır.

Bu faktörler içerisinde panel sıcaklığı ile güneş ışınım şiddeti panelin verimini arttırmada en önemli etmenler olarak öne çıkmaktadır. Paneli kurarken bulunan coğrafi konum dikkate alınır ayrıca gün içerisinde güneşin farklı zaman dilimleri içerisinde geliş açısına göre panel yüzeyine yansıyan güneş ışınım şiddeti değişmektedir. Bu sebepten panel gücünü doğrudan güneş ışınım şiddeti etkiliyor diyebiliriz. Aynı şekilde ışınım şiddet düşmesi halinde de panelin gücünde azalma meydana gelmektedir. Paneli gücü ise panelin sıcak olmasıyla yükselmez aksi şekilde aralarında ters bir orantı bulunmaktadır ve ortam ne kadar sıcaksa panel gücü de o kadar düşük olmaktadır. (Karafil ve diğerleri,2016)

Elektrik üretimi panelin güneş ışınımını ilk almasıyla beraber başlamaktadır. Yeterli teknolojik gelişme gerçekleşmemesi sebebiyle verim birebir olmamaktadır. Bu yüzden gelen güneş enerjisinin elektrik enerjisine dönüşmeyen kısmı ısı enerjisi ortaya çıkarmaktadır. Isı enerjisinin ortaya çıkması panelin ısınmasına neden olur. Isınan güneş hücreleri akımın(I) artmasına sebep olur. Akımın artması ise gerilimin(V) düşmesine sebep olur. Gerilimin düşmesi ise çıkış gücünü düşürürsek yine verim kaybına neden olmaktadır.

3.4. PV ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLERİ

Kullanılabilir güç üretmek için PV hücreleri, elektrik yüklerini çalıştırmak için gerekli akımı veya voltajı sağlamak üzere seri ve paralel elektrik düzenlemeleriyle birbirine bağlanır. PV hücreleri seri olarak bağlanır,

gruplanır, lamine edilir ve plastik ve cam tabakalar arasında paketlenir, böylece bir PV modülü oluşturulur. Modül, sağlamlık sağlayan ve kullanım ve kurulum kolaylığı sağlayan bir çerçeveye (genellikle alüminyum) sahiptir. Modüllerden yüklere güç aktarmak için iletken bağlantılarının yapıldığı bağlantı kutuları PV modüllerinin arka kısımlarında bulunur.

Bir modüldeki hücre sayısı, amaçlandığı uygulamaya bağlıdır. Karasal güneş modülleri orijinal olarak 12 V kurşun-asit pilleri şarj etmek için tasarlanmıştır; bu nedenle, birçok modül nominal olarak 12 V olarak derecelendirilmiştir. Bu PV modülleri tipik olarak 36 seri bağlı hücreye sahiptir, ancak daha az hücreye sahip kendi kendini düzenleyen modüller de vardır. Bu modüller, 12 V'luk pilleri şarj etmek için yeterli bir voltaj çıkışı üretir, ayrıca elektrik devrelerindeki ve enerji kontrol ve yönetim sistemlerindeki voltaj düşüşlerini telafi eder.

Son yıllarda şebekeye bağlı PV'nin artmasıyla birlikte, daha fazla hücre ve daha yüksek gerilime sahip bu uygulamalar için artan sayıda daha geniş modül (örneğin 300 Wp) bulunmaktadır.

Tüm PV modülleri doğru akım (DC) gücü üretir. AC uygulamaları için, dizi test voltajını standart test koşulları (STC'ler) yerine gerçek dünyadaki çalışma koşulları altında inverter ile eşleştirmek önemlidir. Piyasada ayrıca bazı "AC modülleri" vardır, ancak gerçekte invertör modül bağlantı kutusunun arkasına yerleştirilmiştir; PV hücrelerinin kendileri her zaman DC gücü üretir.

En yaygın güneş pilleri temel olarak DC elektriği üretmek için ışık enerjisi (fotonlar) kullanan büyük p-n (pozitif-negatif olarak düşünülür) birleşik diyotlardır. Kavşak boyunca voltaj uygulanmaz; bunun yerine, hücreler aydınlatıldığında bağlı yükte bir akım üretilir. PV modüllerinin elektriksel davranışı normalde bir akım ve gerilim eğrisi (I-V eğrisi) ile temsil edilir. Benzer şekilde, bir güç eğrisi, I-V eğrisinin her bir noktasında akım ve voltajın çarpılmasıyla üretilir. Ancak, bu eğri üzerinde çalışmak için istenen tek nokta maksimum güç noktasıdır.

Şekil 3.8. tipik bir fotovoltaiik modülün I-V ve PV güç eğrilerini göstermektedir.

3.5. I-V EĞRİLERİ

Akım-voltaj ilişkileri PV cihazlarının elektriksel özelliklerini ölçmek için kullanılır ve eğrilerle gösterilir. Akım-voltaj veya I-V eğrisi, kısa devre akımı I_{sc} 'den yüklemeye ve açık devre voltajına kadar gerilime karşı akımı çizer V_{oc} . Eğriler PV sistemlerinin (hücreler, modüller, diziler) performans düzeylerini elde etmek için kullanılır. Yüksek kaliteli, tutarlı sonuçlar elde etmek için ekipman ve prosedürler için katı standartlar şarttır. I-V eğrisi, sabit hücre sıcaklığını korurken, yük direncini değiştirerek ve üretilen akımı ölçerken PV hücresini veya modülünü sabit bir ışınım seviyesine maruz bırakarak deneysel olarak elde edilir. Yatay ve dikey eksenler sırasıyla voltaj ve akımı ölçer.

I-V eğrisi tipik olarak iki uç noktadan geçer: kısa devre akımı, I_{sc} ve açık devre voltajı, V_{oc} . I_{sc} hücrenin pozitif ve negatif terminalleri kısa devre ile üretilen akımdır; terminaller arasındaki voltaj sıfırdır ve sıfır yük direncine karşılık gelir.

V_{oc} , sonsuz yük direncine karşılık gelen, akımsız açık devre koşulları altında pozitif ve negatif terminaller arasındaki voltajdır. I-V eğrileri tepe güç noktasını gösterebilir.

Dikdörtgen alanın eğrinin altında en büyük olduğu en sağ üst köşede bulunur.

PV hücresi geniş bir voltaj ve akım aralığında çalıştırılabilir. Yük direncini sıfırdan (kısa devre) sonsuza (açık devre) değiştirerek, hücrenin maksimum güç sağladığı nokta olarak en yüksek verimliliği belirlemek mümkündür. Güç, gerilim zamanları akımının ürünü olduğundan, maksimum güç noktası (P_m), akım (I_{mp}) zaman voltajı (V_{mp}) çarpımının maksimum olduğu I-V eğrisinde oluşur. Voltajsız kısa devre akımında veya akımsız açık devre voltajında güç üretilmez, bu nedenle maksimum güç üretimi bu noktalar arasında bir yerde olması beklenebilir. Maksimum gücün güç eğrisinde sadece bir noktada üretildiğini unutmayın; bu eğrinin dizinde meydana gelir. Bu nokta, güneş ışığını elektriğe dönüştürmede cihazın maksimum verimliliğini temsil eder.

Her I-V eğrisinin, PV güç sistemlerini uygun şekilde kurmak ve sorunlarını gidermek için anlaşılması gereken bir dizi farklı çalışma noktası vardır:

Kısa devre akımı (I_{sc}), bir hücre veya modül tarafından üretilen maksimum akımdır ve direnci olmayan bir harici devre bağlandığında ölçülür (yani, hücre kısa devre yapar). Değeri hücrenin yüzey alanına ve yüzeyde meydana gelen güneş radyasyonu miktarına bağlıdır. Amper cinsinden belirtilir ve bir hücrenin

ürettiği maksimum akım olduğundan, I_{sc} normalde tüm elektriksel akım taşıma kapasitesi tasarım hesaplamaları için kullanılır.

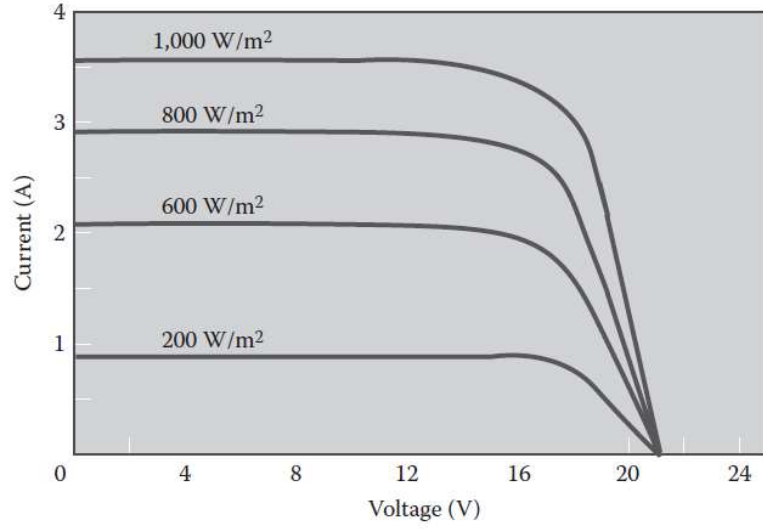
Etiket akımı, üretiminde bir PV hücresi veya modülü için ASTM tarafından belirtilen standart raporlama koşulunda (SRC) verilir. PV endüstrisi tarafından yaygın olarak kullanılan standart raporlama koşulu (SRC), 1.000 W / m²'lik bir güneş ışınımı, 25 °C'lik bir PV hücre sıcaklığı ve hava kütlesi 1.5 spektrumu (AM = 1.5) olarak adlandırılan standartlaştırılmış bir güneş spektrumu içindir. Bu duruma daha yaygın olarak standart test koşulu (STC) denir. Bununla birlikte, gerçekte, PV nispeten soğuk bir iklimde kullanılmadığı sürece, hücreler çok daha sıcak bir sıcaklıkta (genellikle 50 ° C veya daha fazla) çalışır ve bu da güç performanslarını azaltır. Sıcaklık etkisi, amorf hücrelere kıyasla kristal hücreler için çok daha belirgindir.

Maksimum güç çalışma akımı (I_{mp}), Amper cinsinden belirtilen ve dizinin akım-gerilim (I-V) eğrisindeki maksimum güç noktasına karşılık gelen bir hücre veya modül tarafından üretilen maksimum akımdır.

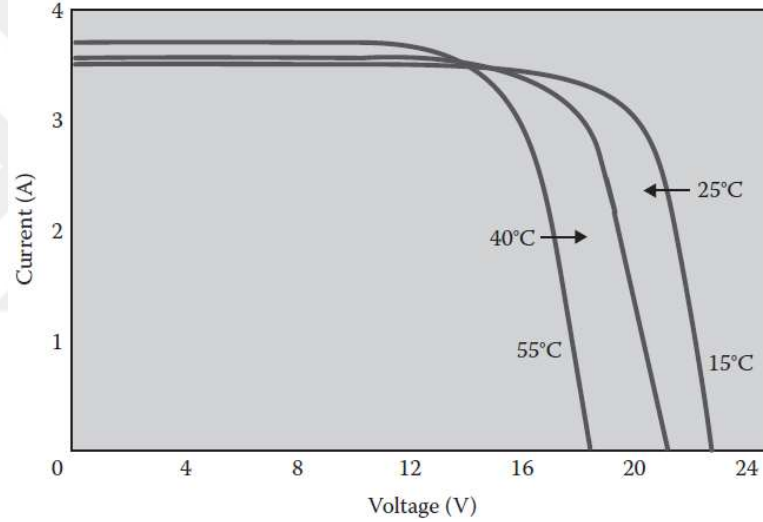
Açık devre voltajı (V_{oc}) hücre tarafından üretilen maksimum voltajdır. Bu voltaj, hücreye harici bir devre bağlı olmadığında ölçülür.

Nominal maksimum güç voltajı (V_{mp}), dizinin akım-voltaj (I-V) eğrisindeki maksimum güç noktasına karşılık gelir.

Maksimum güç (P_{mp}), bir PV hücresinden veya modülünden elde edilen maksimum güçtür ve I-V eğrisindeki maksimum güç noktasında meydana gelir. PV akımının (I_{mp}) ve voltajın (V_{mp}) ürünüdür. Buna maksimum güç noktası denir. Bir modül maksimum güç değerinin dışında çalışıyorsa, verilen güç miktarı azalır ve gereksiz enerji kayıplarını temsil eder. Bu nedenle, bu herhangi bir PV modülü için istenen çalışma noktasıdır.



Şekil 3.8. PV modül akımı azalan güneş ışınımı ile azalır.



Şekil 3.9. PV modülü voltajı, güç gibi sıcaklıkla düşer.

Tarihsel olarak, NASA *Jet Propulsion Laboratory* (JPL) dünya dışı uygulamalar için PV hücre koşullarını tanımladı ve gösterim sıkıştı. Gerçek dünyadaki çalışma koşullarının, kristalli modüller için sıcaklık etkisi nedeniyle modül performansında bir düşüş göreceğini unutmayın.

Tersine, çok soğuk iklimlerde, 25 ° C'nin altında çalışan bir modül anma değerinden daha fazla güç üretecektir. PV modülü tipik olarak herhangi bir PV sisteminin en güvenilir bileşenidir. Kurulum kalitesi ve modüller, motorlar, vb. arasındaki kablo bağlantıları gibi diğer bileşenler, nihai olarak PV sisteminin bir bütün olarak güvenilirliğini belirleyecektir. Ancak, modül arızaları nedeniyle sahada PV sistemlerinin sadece küçük bir kısmı (% 1'den az)

başarısız olmuştur. (*ANSI/IEEE Std 929-1999. 1999. IEEE recommended practice for utility interface of photovoltaic (PV) systems. New York: ANSI/IEEE.*)



3.6. TÜRKİYE’DE GÜNEŞ ENERJİSİNİN DURUMU

Ülkemiz coğrafi konumu itibariyle, güneş ışınlarını oldukça iyi bir şekilde alabilmektedir. Çizelge 3.1 de Türkiye'nin yıllık ortalama güneş enerjisi potansiyeli verilmiştir. Güneşlenme süresi saatlik veriler itibari ile en yüksek olan bölgemiz 3016 saatlik yıllık ortalama güneşlenme süresi ile Güneydoğu Anadolu bölgesidir. Bu bölgemizi sırasıyla Akdeniz, Ege, İç Anadolu, Doğu Anadolu, Marmara ve son olarak da 1966 saat güneşlenme süresi ile Karadeniz bölgesi izlemektedir. Ülkemizde aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli Çizelge 3.2’de verilmiştir (Köse ve diğerleri,2015).

Çizelge 3.1. Türkiye'nin yıllık ortalama güneş enerjisi potansiyeli.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi	3016 saat
Akdeniz Bölgesi	2923 saat
Ege Bölgesi	2726 saat
İç Anadolu Bölgesi	2712 saat
Doğu Anadolu Bölgesi	2693 saat
Marmara Bölgesi	2528 saat
Karadeniz Bölgesi	1966 saat

Çizelge 3.2. Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli.

Aylar	Aylık toplam güneş enerjisi (kcal/cm ² -ay) (kwh/m ² -ay)	Güneşlenme Süresi Saat/ay	
Ocak	4,45	51,75	103,0
Şubat	5,44	63,27	115,0
Mart	8,31	96,65	165,0
Nisan	10,51	122,23	197,0
Mayıs	13,23	153,86	273,0
Haziran	14,51	168,75	325,0
Temmuz	15,08	175,38	365,0
Ağustos	13,62	158,40	343,0
Eylül	10,60	123,28	280,0
Ekim	7,73	89,90	214,0
Kasım	5,23	60,82	157,0
Aralık	4,03	46,87	103,0
Toplam	112,74	1311	2640
Ortalama	308,0 cal/m ² -gün	3,6 kwh/m ² -gün	7,2 saat/gün

4. RÜZGÂR ENERJİSİ

Rüzgâr enerjisi teknolojileri, rüzgârın kinetik enerjisini mekanik enerjiye dönüştürür. Hava akımının kinetik enerjisi, bir tahrik mil vasıtasıyla rüzgâr türbini bıçaklarını döndürerek rüzgâr türbindeki jeneratöre güç sağlayan mekanik enerjiyi sağlayan itici gücü sağlar.

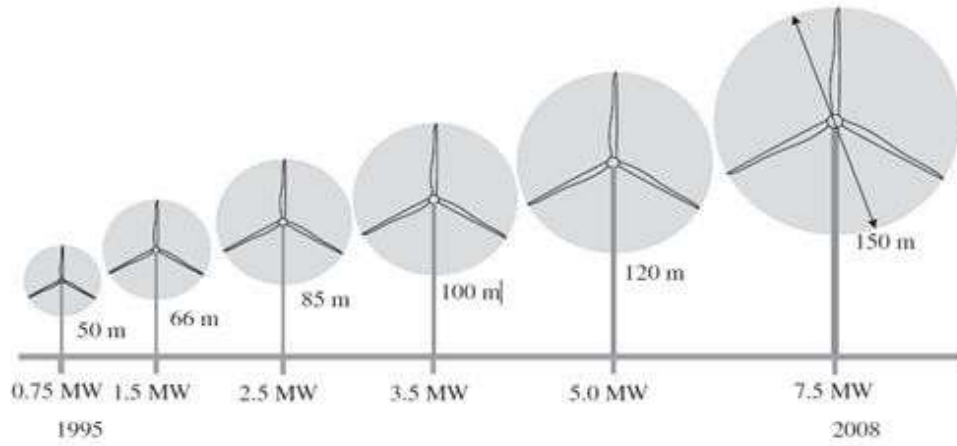
Modern rüzgâr enerjisi 1979 yılında Danimarkalı üreticiler Kuriant, Vestas, Nordtank ve Bonus tarafından üretilen rüzgâr türbinleri ile başlamıştır. Bu rüzgâr türbinleri, bugünün standartlarına göre tipik olarak küçük kapasitelere (10 kW-30 kW) sahip, ancak bugün gördüğümüz modern rüzgâr enerjisi endüstrisinin gelişiminde öncülük etti. Şebekeye bağlı rüzgâr türbinlerinin mevcut ortalama boyutu 1,16 MW civarındadır.

Rüzgâr enerjisi teknolojileri, yatay veya dikey eksenli rüzgâr türbinleri olup olmadıkları veya kıyıda mı yoksa açıkta mı olduklarına göre kategorize edilebilir. Rüzgâr türbinlerinin güç üretimi, türbin kapasitesi, rüzgâr hızı, türbin yüksekliği ve rotorların çapıyla belirlenir. Büyük ölçekli rüzgâr türbinleri, yatay eksen etrafında dönen üç bıçağa sahiptir. Dikey eksenli rüzgâr türbinleri, ancak teorik olarak yatay eksen türbinlerine göre aerodinamik açıdan daha verimli ve önemli bir pazar payına sahip değiller (Gielen,2012).

Türkiye, yaklaşık olarak 800.000 km²'lik bir arazi yüzeyine sahiptir. Türkiye'de rüzgâr enerjisi potansiyeli yüksektir. Kuzeyde Karadeniz, batıda Ege, güneyde Akdeniz, 8500 km uzunluğunda bir sahil şeridi ve rüzgâr enerjisi uygulamaları için en cazip bölgelere sahip olan Türkiye'de, rüzgâr enerjisi üretimi için çok uygundur. Çünkü rüzgâr hızı bu alanların çoğunda 3 m/s ye aşmaktadır. Rüzgâr ve güneş enerjisi yatırımları için ideal bir iklim, ortalama 7 saatten fazla güneş ışığı ve Ege, Siyah ve Akdeniz denizlerinden gelen rüzgâr hızı 7,7 m/s tır. Elektrik Sektörü için gözden geçirilmiş strateji belgesi uyarınca, 2020'ye kadar 20.000 MW a ulaşması hedeflenmekte, ayrıca rüzgâr enerjisi yatırımcıları 2023 yılına kadar toplam elektrik enerjisinin %20'sini üretmeyi hedeflemektedir (Anonim,2013).

4.1. RÜZGÂR TÜRBİNLERİ

Rüzgâr türbinleri, rüzgârın gücünü kullanarak elektrik üretmektedir. Rüzgâr bıçakların üzerinden geçerek kaldırma oluşturur ve bir dönme kuvveti uygulanır. Dönen bıçaklar, bir vites kutusuna giren motorun içinde bir şaft döndürür. Şanzıman, dönme hızını, dönüş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmek için manyetik alanlar kullanan jeneratör için uygun olana yükseltir. Bir rüzgâr türbini bıçak ağzının süpürme alanında kinetik enerji çıkarır hava akışındaki güç Denklemi (4.1) ile gösterilmiştir. Şekil 4.1 ile rüzgâr türbinin boyutlarının evrimleri gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Rüzgâr türbini boyutlarının evrimi.

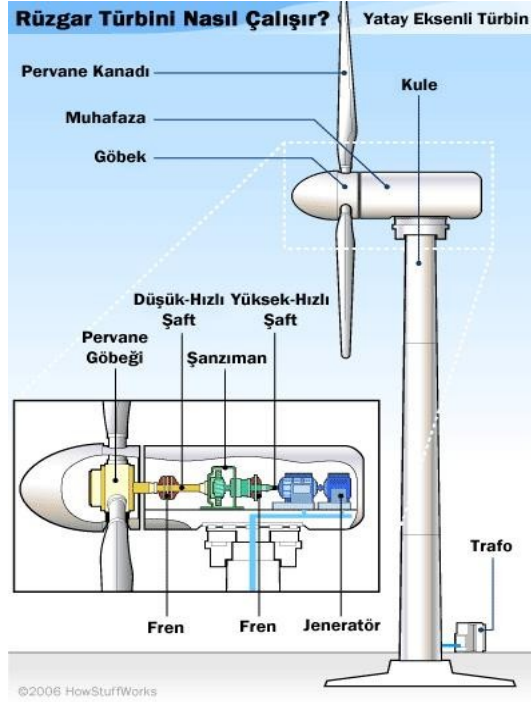
4.1.1. Rüzgâr Türbin Çeşitleri

Rüzgâr türbinleri boyut ve tiplerine göre genellikle dönme eksenlerine göre sınıflandırılmaktadır. Rüzgâr türbinleri dönme eksenlere göre şöyledir;

4.1.1.1. Yatay Eksenli Rüzgâr Türbinleri

Yatay eksenli türbinlerde dönme eksenini rüzgâr yönüne paralel olacak şekilde yapar. Türbinin kanatları rüzgârın yönüne dik açı yapmaktadır.

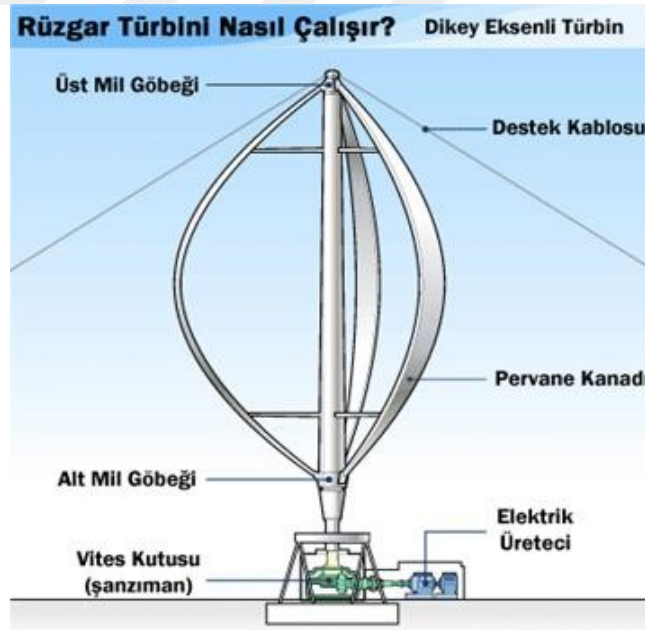
Yatay eksenli rüzgâr türbinleri Şekil 4.2'deki gibi genellikle rüzgârı önden alacak şekilde tasarlanmıştır. Bunun yanı sıra rüzgârı arkadan alan türbinler de bulunmaktadır. Yatay eksenli rüzgâr türbinlerinin dezavantajı türbinin sürekli rüzgâr almasını sağlayan dümen sistemine sahip olmasıdır.



Şekil 4.2. Yatay eksenli rüzgâr türbini.

4.1.1.2. Dikey Eksenli Rüzgâr Türbinleri

Bu tip türbinlerde mil düşeydir ve rüzgârın geliş yönüne doğru dik olacak şekilde tasarlanmıştır. Düşey eksenli rüzgâr türbinlerinin Savonius ve Darrieus isimli çeşitleri bulunmaktadır. Şekil 4.3 ile dikey eksenli rüzgâr türbinin yapısı gösterilmiştir. Jeneratör ve dişli kutusunun yere yerleştirilmesi sebebiyle bu türbini kulenin üzerine kurmak gerekmemektedir. Bu türbinlerde dümen sistemine de ihtiyaç duyulmaz. Düşey eksenli türbinlerin bakım ve onarımı da oldukça kolaydır. Elde edilen enerjinin nakli de kolaydır. Yere yakın olmasından dolayı alt seviyelerdeki rüzgâr hızının ve verimliliğin düşük olmasıdır. İlk hareket motoruna ihtiyaç duyulması, ayakta kalması için tellerle sabitleme mekanizmasına ihtiyaç duyulması ve fazla pratik olmaması da dezavantajlarıdır (Lara ve diğerleri,2009).



Şekil 4.3. Dikey eksenli rüzgâr türbinini.

Rüzgâr enerjisi bol, yenilenebilir, yaygın olarak dağılmış, temiz ve fosil yakıttan türetilen elektriğin yerine kullanılırsa sera etkisini azaltır.

- Rüzgâr enerjisi / enerjisinin daha faydalı biçimlere dönüştürülmesi rüzgâr türbinleri tarafından yapılır.
- Rüzgâr türbinleri genellikle güç üretmek için kullanılır, ancak bazı uygulamalarda suyu pompalamak için ana taşıyıcılar (rüzgâr değirmenleri)

olarak kullanılır.

- Rüzgâr enerjisi, ulusal elektrik şebekeleri için büyük ölçekli rüzgâr santrallerinin yanı sıra kırsal konutlara veya şebekeden izole edilmiş yerlere elektrik elektriği sağlamak için küçük bireysel bireysel türbin türbinlerinde kullanılır.

4.1.1.3. Yatay ve Dikey Rüzgar Türbinleri Arasındaki Farklar

Dikey Eksenli Rüzgâr Türbini;

- 1931'de Fransız havacılık mühendisi Darrieus G J M tarafından geliştirildi.
- Türbin, dönen bir şaft üzerine dikey olarak monte edilmiş bir dizi kanattan oluşur.
- Bunlar rüzgar yönüne bağlı değildir
- Jeneratör kolay bakım için yere yerleştirilebilir.
- Ana destek kulesi, kuledeki kuvvetin çoğu alta aktarıldığı için daha hafiftir.
- Pratik bir tasarımın getirdiği fiziksel stres ve sınırlamalardan dolayı verimsiz fakat teorik olarak daha verimlidir.

Yatay Eksenli Rüzgâr türbini;

- Genellikle iki veya üç bıçak vardır.
- Üç kanatlı rüzgâr türbinleri, kanatlar rüzgara bakacak şekilde "yukarı rüzgarlı" olarak çalıştırılır.
- İki kanatlı rüzgârla çalıştırılır.
- Kendi kendine başlayan yatay düzenleme daha geniş çalışma hızı aralığına sahiptir.
- Yatay rüzgâr türbinleri, 6x rüzgâr hızına kadar yüksek yüksek uç hızlarına, yüksek verimliliğe ve iyi güvenilirliğe katkıda bulunan düşük tork dalgalanmasına iletilmiştir (Q. H., Nagpurwala).

Bir rüzgâr türbininden güç üretimi rüzgâr hızının bir fonksiyonudur. Rüzgâr hızı ve güç arasındaki ilişki, her türbin modeline özgü ve bazı durumlarda sahaya özgü ayarlara özgü bir güç eğrisi ile tanımlanır. Genel olarak, çoğu rüzgar türbini yaklaşık 4 m / s (9 mil / s) rüzgar hızlarında güç üretmeye başlar, yaklaşık 13 m / s (29 mil / saat) değerinde nominal güç elde eder ve 25 m / s (56 mil / saat hızında güç üretimini durdurur). Rüzgâr kaynağındaki değişkenlik, türbinin sürekli değişen güç seviyelerinde çalışmasına neden olur.

İyi rüzgar enerjisi alanlarında, bu değişkenlik, türbinin bir yıl boyunca ortalaması alındığında toplam olası kapasitesinin yaklaşık %35'inde çalışmasına neden olur.

Bir rüzgâr türbininden üretilen elektrik miktarı üç faktöre bağlıdır:

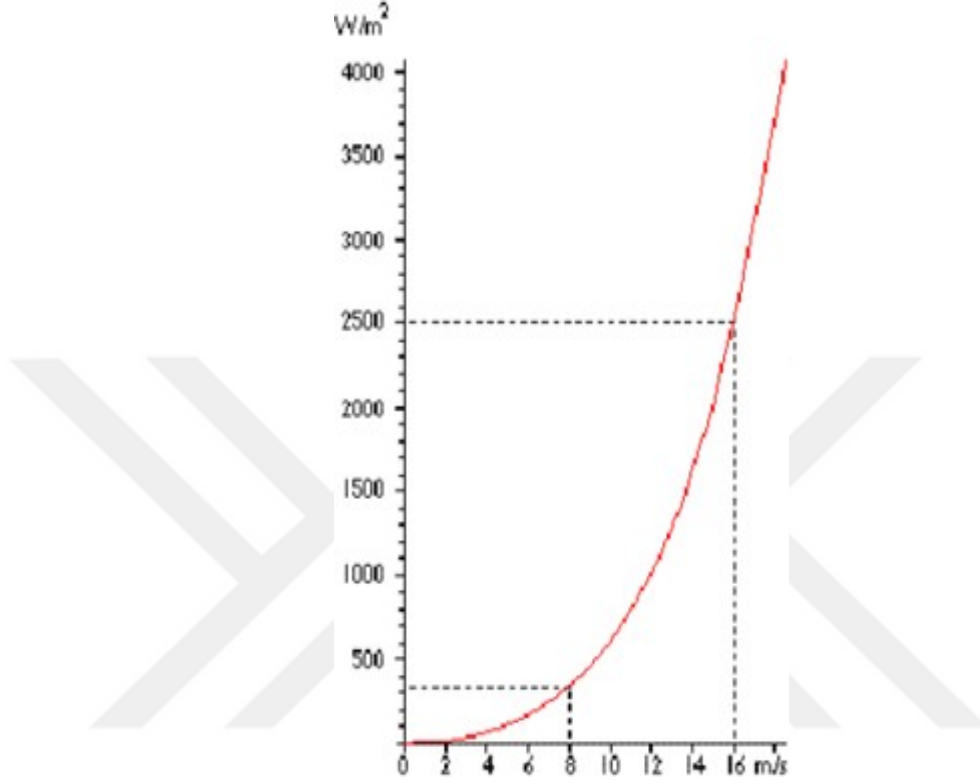
1) Rüzgâr hızı: Rüzgârdan elde edilen güç, rüzgâr hızı küpünün bir fonksiyonudur. Bu nedenle rüzgâr iki kat daha hızlı esiyorsa, enerji içeriği sekiz kat artacaktır. Rüzgâr hızının ortalama 8 m/s olduğu bir bölgedeki türbinler, ortalama rüzgâr hızının 6 m/s olduğu alanlardan yaklaşık %75-100 daha fazla elektrik üretir.

2) Rüzgâr türbini kullanılabilirliği: Bu rüzgâr eserken, yani rüzgâr türbini bakım yapılmadığında çalışabilme özelliğidir. Modern Avrupa makineleri için bu genellikle %98 veya üzerindedir.

3) Rüzgâr türbinlerinin düzenlenme şekli: Rüzgâr çiftlikleri, bir türbin rüzgârı diğerinden uzaklaştırmayacak şekilde düzenlenir. Bununla birlikte, çevresel etkenler, görünürlük ve şebeke bağlantısı gereksinimleri gibi diğer faktörler genellikle optimum rüzgâr yakalama düzeninden önceliklidir.

4.2. Rüzgâr Hızının Enerjiye Etkisi

Rüzgâr enerjisinden elektrik elde edilmesinde rüzgâr hızının oldukça önemli vardır. Elde edilecek enerji ortalama rüzgâr hızının küpü ile orantılıdır (eğer rüzgâr hızı 2 kat artar ise elde edilen enerji 8 kat artar). Şekil 4.4te verilmiştir.



Şekil 4.4. Rüzgâr hızındaki değişime bağlı olarak elde edilen enerji değişimi.

Yukarıdaki Şekil 4.4'te görüleceği üzere rüzgâr hızı 8 m/s iken elde edilen enerji 314 W/m²'dir. Rüzgâr hızı oranı 16 m/s olduğunda ise 2509 W/m²'dir (Ağçay,2007).

Denklem (4.2)'de rüzgârdaki enerji formülü verilmiştir:

$$P=1/2* \rho*V^3*\pi*r^2$$

P = rüzgârdaki enerji (watt)

p = havanın yoğunluğu (kg /m³)

V= rüzgâr hızı (m/s)

r = kanat yarıçapı (m)

Bir rüzgâr türbininde üretilen elektrik miktarı üç faktöre bağlıdır:

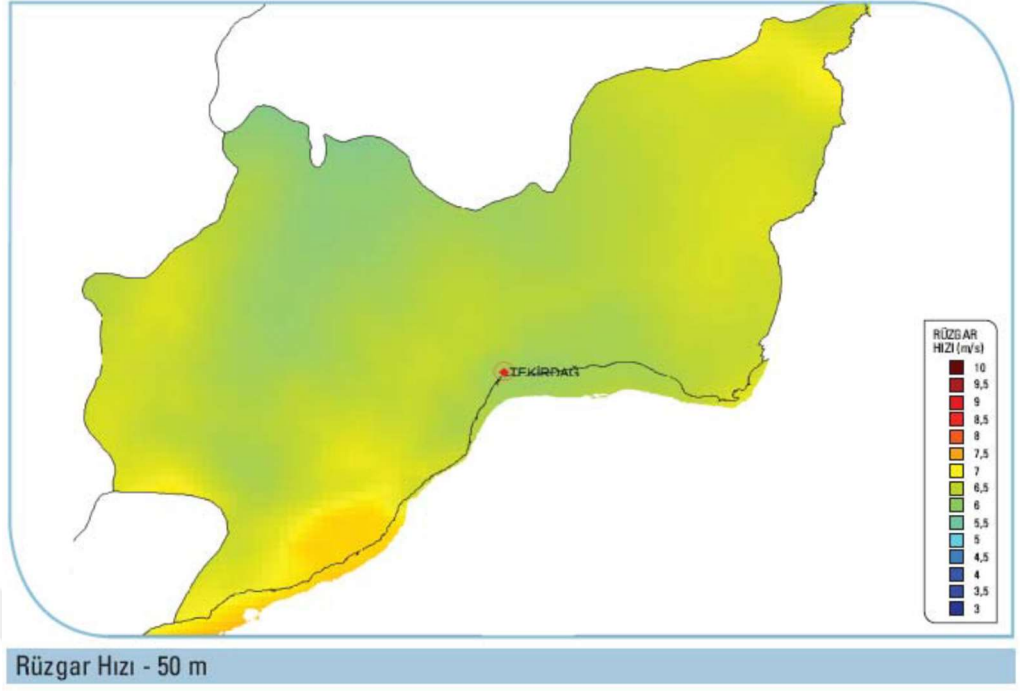
- 1) Rüzgâr hızı
- 2) Rüzgâr türbini kullanılabilirliği
- 3) Rüzgâr türbinlerinin düzenlenme biçimi

4.3 Türkiye' Rüzgar Enerjisi Durumu

Ülkemizdeki rüzgar enerjisinde kat edilen aşamayı analiz etmeden önce rüzgar enerjisi potansiyelini araştırılması gerekir. Ülkemizde meteorolojik ölçümlerin yapıldığı 'Meteoroloji Genel Müdürlüğü' (MGSM) ayrıca rüzgar enerjisi için üretimi için potansiyeli belirlemek amacıyla rüzgar ölçümlerini de gerçekleştirmektedir. Bu kapsamda ilk aşamada rüzgar enerji açısından yüksek potansiyel barındıran bölgelerde ön araştırmalar gerçekleştirilerek, üretime elverişli görülen bölgelere ise 'Rüzgar Enerjisi Gözlem İstasyonları' (RGİ) kurulmuştur. Bu istasyonlar üzerinden genellikle 10 m yükseklikte, birer saatlik ve 10 dakikalık dönemler içerisinde veri toplanmaya başlanmaktadır.

Yenilebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YGEM) gözlem istasyonlarında elden edilen verilen ulaştırıldığı kurumdur. Bu kurumda gelen veriler doğrultusunda ortalama rüzgar hızına bakılarak rüzgar enerjisi üretimi için yeterli olup olmadığına bakılmaktadır. Ancak ülkemizde yeterli yatırım yapılmaması sebebiyle ölçüm yapılabilecek MSGM istasyon sayısı yetersiz. Bu yüzden ülkemizdeki net potansiyel hesaplamasında yıllar arasında pek değişiklik yaşanmamaktadır. Bu alanda yatırımların arttırılması ile 'Türkiye Rüzgar Enerji Potansiyel Atlası' (REPA) içerisinde yer alan bilgiler daha sık ve verimli şekilde güncellenebilecektir. Ön çalışması tamamlanan alanlarda rüzgar hızı ve rüzgar güç yoğunluğu yeterli seviyede olanlara bu sektöre yatırım yapabilecek şirketlerin çıkmasına sebep olacak, devlet desteği ile süreç hızlandırılabilir.

Türkiye'de farklı alanlarda rüzgâr enerjisi üretimi yapılabilir. Bunların başlıcaları olarak; yüksek bayırlar, kıyı şeritleri ve dağların tepesinde ya da açık alanların yakınında bulunmaktadır.(Şenel ve Koç,2015).



Şekil 4.5. Tekirdağ Saray 50 m Rüzgar hız dağılım haritası (REPA).

5. MATERYAL VE YÖNTEM

5.1. Teknik İnceleme ve Hesaplanma

5.1.1. Projenin Tanımı

Tekirdağ Saray ilçesi bünyesinde bulunan ve gelen elektrik faturasının başka bir yöntemden elde edilmesinin sağlanması açısından bu alana güneş enerji santrali (GES) kurulması planlanmaktadır. Saray ilçesi içerisinde değerlendirilecek olan arazi yaklaşık olarak 500 metre karedir ve 10 kWh/gün gücünde güneş enerji santrali kurulması planlanmaktadır. Panellerin monte edileceği alan çatı üzeri düşünülmüştür ve alanı 79m² olarak hesaplanmıştır. Kullanılacak panel polikristal paneli düşünülmektedir. Teknik hesaplamalar PVsyst programı ile yapıp elde edilen veriler tablo oluşturulup kullanılacak panel tipi seçilmiştir.

5.1.2. Kuruluş Yeri

Bitirme projemizde kurmayı planladığımız 10 kWh/gün gücündeki güneş enerji santrali tesisini, Saray ilçesi içerisinde ki Başak Sok. No:3 de bulunan evin boş arsası ve bulunduğu binanın çatısı üzerinde gerçekleştirmesi düşünülmektedir.

5. 2. Evirici (İnverter)

Aletlerde enerji kullanımında alternatif akım gereklidir ancak pv akımlarının ürettiği enerji doğru akımdır. Bu enerji dönüşümü invertörler sayesinde yapılmaktadır. Doğru akımı alternatif enerjiye dönüştürmektedir.

Inverterlerin amaçları güneş panellerinden gelen doğru akımı, şebeke de kullandığımız alternatif akıma çevirmek için kullanılan ara cihazdır. Inverterler bu değişim işlemini yapmaktadırlar. Verimleri %93-98 aralığında değişmektedir.

Projemizde kullanılacak alan yakın olduğu için merkezi inventör kullanılmasına karar verilmiştir.

Özellikleri : GoodWe 10 KW İnverter

Birim Fiyatı : 6,030.00 TL

Adet : 1

5.3. Trafo (Transformator)

Elektrik enerjisi gerilimi istenilenden yüksek veya düşük seviyede olabilir, bunu şebeke elektrik hattına verilebilmesi amacıyla gereken seviye çıkarabilmek amacıyla kullanılan alet 'Trafo'dur.

Verimleri %98-99 aralığında değişmektedir.

Projemizde kullanılması uygun olduğuna karar verilen trafo;

'Metsan Trasformator'dur.

Birim Fiyatı : 7000 TL

Adet : 1

5.4. Diğer Cihaz ve Ekipmanlar

'GES PROJERİNDE' paneller önce kendi içlerinde birbirlerine ve dönüştürücülere, bu mekanizma şekliyle de trafoya bağlanır. Bu bağlama yapılırken kullanılan kablolar çelikten veya alüminyumdan yapılan taşıyıcılardır. Bu yatırımlar yapılırken hem üretimi hem panelleri uzaktan izleyebilecek olanakları sağlayan çeşitli yazılımlar da yatırımın içindedir. Bunları haricinde santralimiz kurulacağı için yangın alarmı ve yıkama sisteminin de kurulması gerekmektedir.

5.5. Evlerde Kullanılan Ev Aletlerinin Güç Harcamaları ve Kullanım Süreleri

Günlük yaşamda kullanılan elektrik enerjisinin %70 elektrikli ev aletlerinde geriye kalan %30'luk kısım ise aydınlatmada kullanılmaktadır. (KEÇEL,2007). Günlük yaşam için kullanılan enerji ihtiyacının bulunması için ev aletlerinin harcamış oldukları güç ve çalışma sürelerinin çarpılmasıyla elde edilir. Çizelge

5.1’de önerilen çalışma süreleri cihazların genel olarak haftada kaç saat kullanıldıklarını göstermektedir. Günlük tüketim miktarı her cihazın için aşağıdaki işlemlerle bulmak mümkündür.

Cihazın günlük harcadığı güç = Cihazın gücü * Kullanım süresi

Cihazın kullanım süresi ile cihazın gücünün gücü çarpılması ile cihazın harcadığı güç bulunabilir. Çizelge de daha detaylı görebilir.

Çizelge 5.1. Elektrikli ev aletlerine ait enerji tüketim değerleri ve ortalama aylık ve yıllık güç hesaplaması

Ürün	Cihaz Adeti (Adet)	Tüketimi (W)	Çalışma Süresi (Saat)	Haftalık Kullanım (Defa)	Yılda kaç ay kullanılıyor	Aylık Tüketimi (kWh/TL)	Yıllık Tüketimi (kWh/TL)
49 inc LED Ekran A+	1	98	5	7	12	13.72 kWh 9.74 TL	164.64 kWh 116.93 TL
520 L Buzdolabı A+	1	44	24	7	12	29.57 kWh 21.00 TL	354.82 kWh 252.00 TL
Çamaşır Makinesi A+	1	303	2,9	4	12	14.06 kWh 9.99 TL	168.71 kWh 119.82 TL
Elektrik Süpürgesi	1	750	0,8	1	12	2.40 kWh 1.70 TL	28.80 kWh 20.45 TL
Bulaşık Makinesi A+	1	510	2,18	5	12	22.03 kWh 15.65 TL	264.38 kWh 187.77 TL
Ütü	1	2800	2	2	12	41.60 kWh 29.55 TL	499.20 kWh 354.55 TL
Saç Kurutma Makinesi	1	2200	0,2	7	12	12.32 kWh 8.75 TL	147.84 kWh 105.00 TL
Fırın	1	2500	1,5	1	12	15.00 kWh 10.65 TL	180.00 kWh 127.84 TL
Laptop	1	90	4	7	12	10.08 kWh 7.16 TL	120.96 kWh 85.91 TL
Aspiratör	1	250	1	2	12	2.00 kWh 1.42 TL	24.00 kWh 17.05 TL
Telefon Şarjı	1	4	1	7	12	0.11 kWh 0.08 TL	1.34 kWh 0.95 TL
Kettle	1	2200	0,2	7	12	12.32 kWh 8.75 TL	147.84 kWh 105.00 TL
Tost Makinesi	1	2000	0,25	2	12	4.00 kWh 2.84 TL	48.00 kWh 34.09 TL
LED Ampul (3 Adet)	1	12	5	7	12	1.68 kWh 1.19 TL	20.16 kWh 14.32 TL
Klasik Ampul (3 Adet)	1	180	5	7	12	25.20 kWh 17.90 TL	302.40 kWh 214.77 TL

Çizelge 5.2: Elektrikli ev aletlerine ait ortalama aylık ve toplam yıllık enerji tüketim değerleri ve maliyeti.

Ortalama Aylık Tüketiminiz:

206.09 kWh

146.37 TL

Toplam Yıllık Tüketiminiz:

2473.09 kWh

1756.46 TL

Yukarıda yer alan hesaplama tabloları clkbogazici.com.tr sitesi içerisinde yer alan ‘Tüketim Hesaplama’ paneli üzerinden gerçekleştirilmiştir. Evde aktif kullanılan her bir elektronik cihaz seçenekler içerisinde seçilerek panel hazırlanmıştır. Panele eklenen her bir cihaz için tüketim tutarını panel otomatik olarak hesaplayarak ekrana getirmektedir.

İlk olarak seçilen cihazın evde kaç adet olduğu bilgisi eklenir. Tüketim tutarı bu adede göre kendisi otomatik olarak hesaplamaktadır. Tüketim tutarı W cinsinden belirtilmektedir. Belirtilen ürün evdekinden farklı olması halinde manuel olarak değiştirilebilmektedir.

İkinci olarak seçilen cihazın bir gün içerisinde aktif çalışma süresi yazılması gerekmektedir. Burada ev içerisinde yaşayanların günlük beyanları üzerinden sisteme saat cinsinden giriş yapılır.

Üçüncü olarak seçilen cihazın bir hafta içerisinde aktif kullanılan gün sayısı yazılması gerekmektedir. Buzdolabı gibi her gün açık kalan cihazların dışında bulaşık makinesi gibi belirli zamanlarda çalıştırılan cihazların da bulunması sebebiyle tam zamanlı çalışmayan cihazların aktif çalışma gün sayısı evde yaşayanların beyanları dikkate alınarak gün cinsinden giriş yapılır.

Son olarak seçilen cihazın bir takvim yılı içerisinde aktif kullanılan ay sayısı yazılması gerekmektedir. Klima gibi yazın kullanılan ürünleri de hesaba katabilmek amacıyla panelde yer almaktadır. Burada aktif kullanılma durumuna göre ay cinsinden sisteme giriş yapılır.

Aylık kullanım farkı olabileceği düşüncesi ile bu veriler sistem tarafından hesaplanarak hem aylık hem de yıllık toplam kullanım tutarı hesaplanmaktadır. Tüketim tutarı yüksek olması sebebiyle kWh cinsinden toplam tüketim verisi yer almaktadır. Ayrıca ilgili tüketim miktarına denk gelen TL cinsinden fatura tutarı da otomatik olarak hesaplanmıştır.

Enlem derece ve panellerin yerleştirilme açısı arasındaki ilişki, güneş panellerinin verimi arttırmakta büyük bir rolle sahiptir.

Çizelge 5.3.'de n yılın günlerini belirtmektedir. Burada yılın günleri, ekinoks dönemleri (21 Mart -21 Haziran -21 Eylül-21 Aralık) veya her ayın ortalamasını veren günler olarak alınmıştır (Bakırcı,2000).

Çizelge 5.3. Her ayın ortalama güneş ışınım değerini veren yılın günleri

Aylar	Tarih	n (yılın günü)
Ocak	17 Ocak	17
Şubat	16 Şubat	47
Mart	16 Mart	75
Nisan	15 Nisan	105
Mayıs	15 Mayıs	135
Haziran	11 Haziran	162
Temmuz	17 Temmuz	198
Ağustos	16 Ağustos	228
Eylül	15 Eylül	258
Ekim	15 Ekim	288
Kasım	14 Kasım	318
Aralık	10 Aralık	344

$$\text{Panel Sayısı} = \left(\frac{\text{Günlük Enerji İhtiyacı} \times \text{Sistem Verimliliği}}{\text{Bir Modülün Üreteceği Güç} \times \text{Günlük Ortalama Güneşlenme Süresi}} \right)$$

Çizelge 5.4. Proje panel montaj içeriği

Proje İçeriği
Solar PV Polikristal 250 watt
GoodWe 9 kw inverter
Kontrol ve İzleme Sistemi

Sabit Montaj Yapısı
Dc Kablolama
Toplama Panosu
İşçilik
Ac Kablolama

Çizelge 5.5. Santral Maliyet Tablosu

Cihazlar	Adet	Birim Fiyatı	Tutar
Paneller	45	1.529,44 TL	68.824,8 TL
Merkezi İnverter Sistemi	1	6.030 TL	6.030 TL
Transformator	1	7.000 TL	7.000 TL
Kaplolama ve montaj		6.472,48 TL	6.472,48 TL
Toplam			88.327,28TL

*Dolar bazından TL'ye çevrilmiştir.

Toplam maliyet=14121.08x5.7=**88.327,28TL**

5.6.Enerji Üretimi

Saray ilçesi bünyesine kurulacak olan GES Tesisi enerji hesabı toplamında 10 kW gücünde 40 panel için hesaplanmıştır.

79 m² panel alanına sahip tesis için yaklaşık 500m² arazi kullanılacaktır. Kurulacak olan tesisin yıllık olarak üreteceği elektrik üretimi hesabı şu şekildedir.

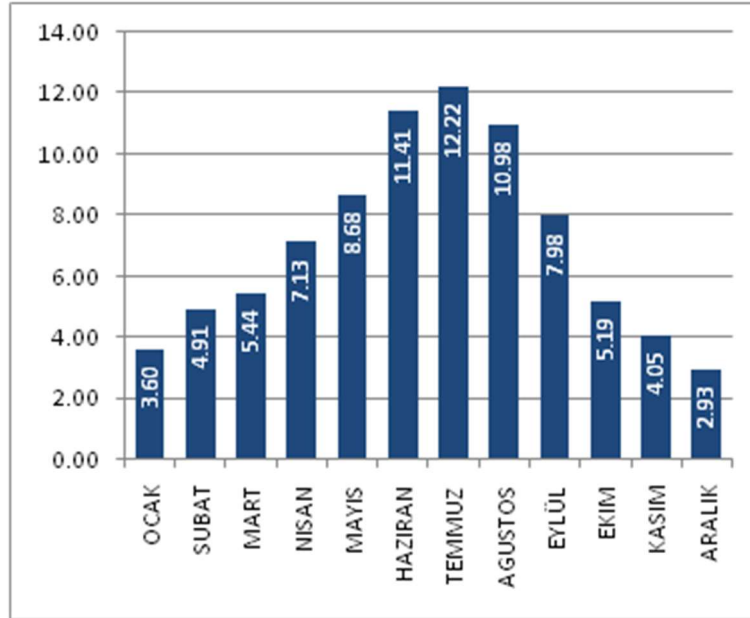
Hesaplamalarda kullanılan Güneş radyasyon verileri Enerji ve Tabii kaynaklar Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Müdürlüğü resmi web sitesindeki Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası'ndan (GEPA) alınmıştır.

Tekirdağ Saray semtinin değerleri şu şekildedir;

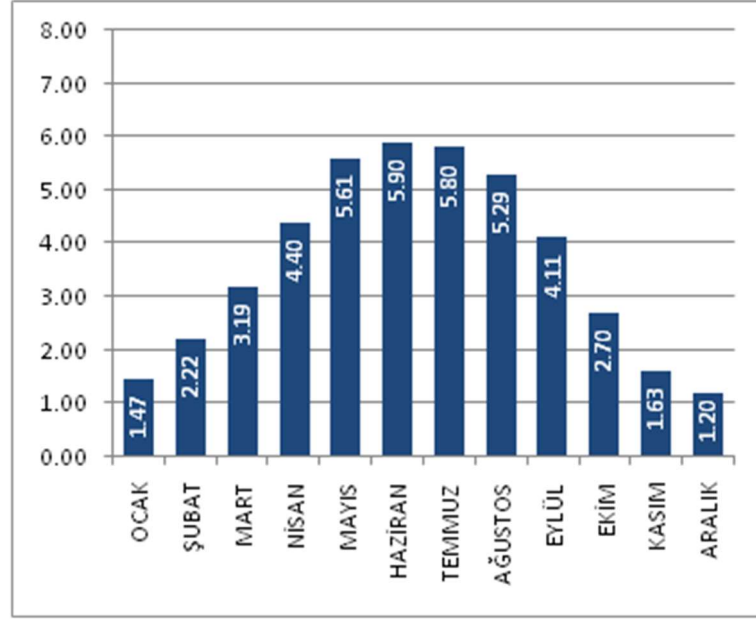
Çizelge 5.6.Global Radyasyon Değerleri (EİE.gov.tr-GEPA)

AY	Güneş Radyasyonu
Ocak	1,47
Şubat	2,22
Mart	3,19
Nisan	4,40
Mayıs	5,61
Haziran	5,90
Temmuz	5,80
Ağustos	5,29
Eylül	4,11
Ekim	2,70
Kasım	1,63
Aralık	1,20

Güneş radyasyonunun aylara göre dağılımı güneş enerji atlasının Saray semtine göre olan değerlerinden oluşturulmuştur:



Şekil 5.1. Saray günlük güneşlenme süresi (saat) (EİE.gov.tr-GEPA)



Şekil 5.2. Saray Global Radyasyon Değerleri (KWh/m²-gün) (EİE.gov.tr-GEPA)

Kapasite faktörü yapılan hesaplamalar sonucu ortaya çıkan bir değerdir. Güneş enerjisinden elektrik üretimi günün her saatinde gerçekleşmeyeceği için, kapasite faktörü diğer yenilenebilir enerji üretim teknolojilerine göre düşük kalmaktadır.

Üretim hesabı yapılırken bazı parametreler kullanılmaktadır. Bunlar; radyasyon kaybı, yansıma kaybı, gölgeleme kaybı, panel verimi, evirici verimi, trafo verimi, modül alanı ve modül adedidir.

Çizelge 5.7. Enerji hesap parametreleri

A	Radyasyon Kaybı	%2,40
B	Yansıma Kaybı	%2,80
C	Gölgeleme Kaybı	%1,30
D	Panel Verimi	%15
E	Evirici Verimi	%97,50
F	Trafo Verimi	%98
G	1 modül Alanı (m ²)	1,95
H	Modül Adedi	40
I	Panel Alanı (m ²)	79

Enerji hesabı parametreleri

$$\text{Tesis Verimi(TV)} = (1-A) \times (1-B) \times (1-C) \times D \times E \times F$$

$$= \%97,6 \times \%97,2 \times \%98,7 \times \%15 \times \%97,5 \times \%98$$

$$= \%13,42$$

$$\text{Aylık Üretim} = (\text{Günlük Radyasyon}) \times (\text{Aydaki Gün Sayısı}) \times \text{TV} \times G \times H$$

Enerji hesabı parametreleri ve hesaplamalar daha önce yapılmış olan bir proje üzerinden yapılmıştır. Ancak proje gizli belge niteliği taşıdığı için kaynakça gösterilememiştir.

Yukarıda verilen parametreler ve hesaplama yöntemi kullanılarak aşağıdaki tabloda yıllık üretim hesaplaması yapılmıştır.

Çatıya planlanan Güneş Enerjisi elektrik üretim sistemlerinin ömürlerinin 25 yıllık olduğunu, Türkiye'deki Güneş potansiyeli ve enerji maliyetleri düşünüldüğü zaman da sistem maliyetinin ortalama 7.5 yıl sürdüğü yani sistem kendi harcamalarını giderlerinin yaklaşık olarak 7.5 yıl da karşılamaktadır.

Çizelge 5.8. PV panel teknik özellikleri.

Azami Çıkış Gücü	225 Wp
Azami Güç Gerilimi (V)	29,4 V
Azami Güç Akımı (A)	7,66 A
Açık Devre Gerilimi (V)	35,75 V
Kısa Devre Akımı (A)	8,35 A
Panel Ağırlığı	17,5 kg
I_m (Maksimum Akım)	7,66 A
V_m (Maksimum Gerilim)	29,4 V
I_{sc} (Kısa Devre Akımı)	8,35 A
V_{oc} (Açık Devre Gerilimi)	35,75 V
Boltzmann sabiti (k)	$1,38 \times 10^{-23}$ J/K
Elektron yükü (q)	$1,6 \times 10^{-19}$ C
Referans sıcaklık (T)	(273+25) K
Seri hücre sayısı (Ns)	54
Seri iç direnç (Rs)	0,221
Paralel iç direnç (Rp)	415,405
Işık soğrulması (Gn)	1000
Kısa devre akımının sıcaklık katsayısı (K_i)	0,0032
Açık devre geriliminin sıcaklık katsayısı (K_v)	0,123
İdeallik faktörü(a)	1,3

5.7.Güneş Enerjisi Panel Hesabı ve Çalışması

Güneş enerjisi paneli sistemi kurulumu için belirlenen noktaya ait güneş koşulları dışında güneş panellerin kurulacağı nokta ve bu noktanın genişliği de bizim için önemlidir. Özellikle bina çatısı üzerindeki uygulamalarda bina çatı alanı genişliği üretilebilecek güç için önemli bir kısıtlamadır.

Bu bilgiler doğrultusunda binan çatısına yerleştirilebilecek olan panel sayısı belirlenmek istendi. Bunun için ilk aşamada çalışmada kullanılacak panelin seçilmesi gereklidir. Panel seçimi için panelin boyutları, fiyatı, tedarik kolaylığı, verimi ve çıkış gücü göz önünde bulundurulmuş parametreler arasındadır. Bu çalışmada araştırılan ve tercih edilen paneller boyutları ve çıkış güçleri öncelikli olmak üzere diğer parametreler de göz önüne alınarak seçilmiştir. Boyutlandırma ve çıkış gücü çalışmamızdaki gibi konu edilen binamız gibi kısıtlı alana sahip alanlar için önemli bir etmendir çünkü kısıtlı bir alanda faydalanılabilecek panel sayısı kısıtlı bir rakamda kalmaktadır. Bu yüzden alan kaplayan az sayıda yüksek çıkış gücü sağlayan model seçilerek daha yüksek verim alınan çözüm elde edilir hale getirilebilir. Bunu yapabilmek için polikrsital panel kullanılması tercih edilmiştir.

Piyasada bulunan paneller karşılaştırılmış olup arasından HHV Solar Technologies pvt. Ltd. marka 250 watt çıkış gücüne sahip 60 hücreli poli kristal paneller kullanılmıştır. PVSyst programı kullanılarak güneş enerjisi modellenmesi yapılmıştır.

5.7.1. PVSyst Simülasyon Programı

PVSyst programı, İsviçre Cenevre Üniversitesi tarafından geliştirilen, şebeke bağlantılı veya şebekeden bağımsız PV sistemler, PV sulama sistemleri ve DC şebekeler gibi fotovoltaik sistem tasarımlarının yapılıp sonuçlarının incelenmesi için kullanılan simülasyon programıdır. Bu program; benzerlerine kıyasla daha detaylı hesaplamalara ve farklı parametrelerin bir arada kullanılmasına olanak sağlamaktadır.

Bir PV sistemi; bir PV dizisi, akü ve güç koşullandırma elemanlarını kapsar. PV sistemi, güneş enerjisini DC enerjiye dönüştürür ancak kullanılan yükler

çoğunlukla AC yüklerdir. Bu nedenle sistemde bulunan inverter, DC'yi AC'ye çevirir. PV sistem iki şekilde çalışabilir; şebekeye bağlı ve şebekeden bağımsız. Şebekeye bağlı PV sistemin elektrik enerjisi doğrudan şebekeyi besler ve geleneksel enerji kaynağına paralel çalışır. Şebekeye bağlı PV sistemi, iletim ve dağıtım kayıplarının olmaması veya pillere ihtiyaç duyulmaması için, elektriğin son kullanıcıya yakın bir yere kurulması gerekir. Performansı; yerel hava durumuna, PV dizisinin yönüne, PV dizisinin eğimine ve inverter performansına bağlıdır.

5.7.2. Fotovoltaik Sistem Tasarımı:

Şebeke bağlantılı ve enerji depolamalı bir PV (Photovoltaics–Fotovoltaik) sistemin, PVsyst programı ile gerçekleştirilmesi aşağıda anlatılmıştır.

Coğrafi konuma ait verilerin PVsyst programına girişi yapmak için ilk olarak örnekleme ait sisteme bir proje adı verilir. Biz Saray ilçesinde bir örnekleme almamız sebebiyle proje adına Saray adını verdik. İkinci olarak örnekleme alınan eve ait koordinatlar sisteme tanıtılarak sırayla belirtilen işlemler gerçekleştirilir.

Geographical site parameters, new site

Geographical Coordinates | Monthly meteo | Interactive Map

Location

Site name: Saray

Country: Turkey | Region: Europe

Geographical Coordinates

Latitude: 41.4500 [°] (41° 27' 0") (+ = North, - = South hemisph.)

Longitude: 27.9230 [°] (27° 55' 22") (+ = East, - = West of Greenwich)

Altitude: 159 M above sea level

Time zone: 3.0 Corresponding to an average difference

Legal Time - Solar Time = 1h 8m

Meteo data Import

Meteorom 7.2

NASA-SSE

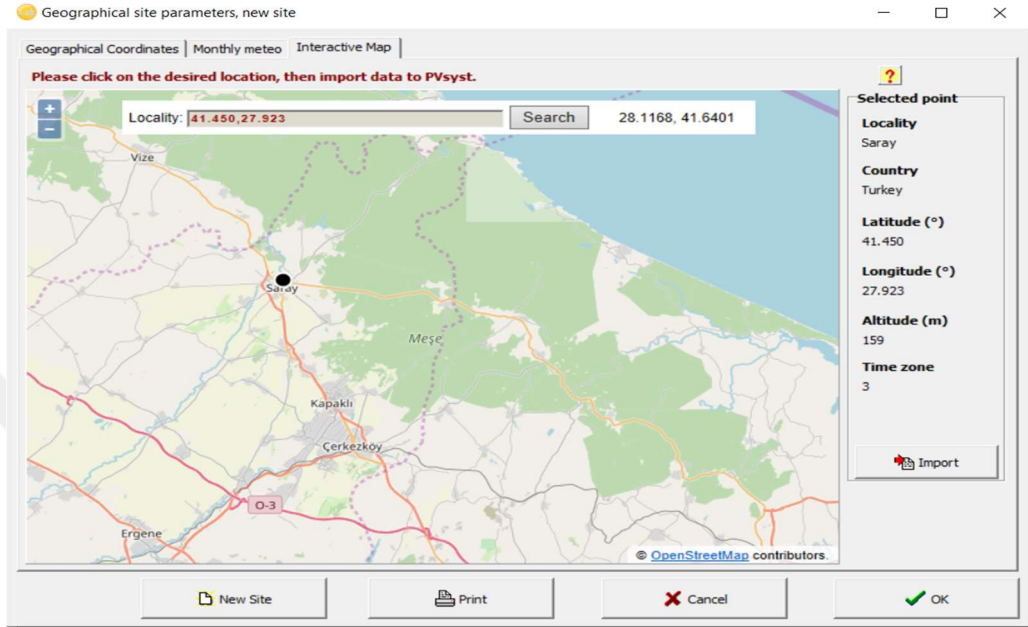
PVGIS TMY

NREL / NSRDB TMY

Tabular I/O (Excel)

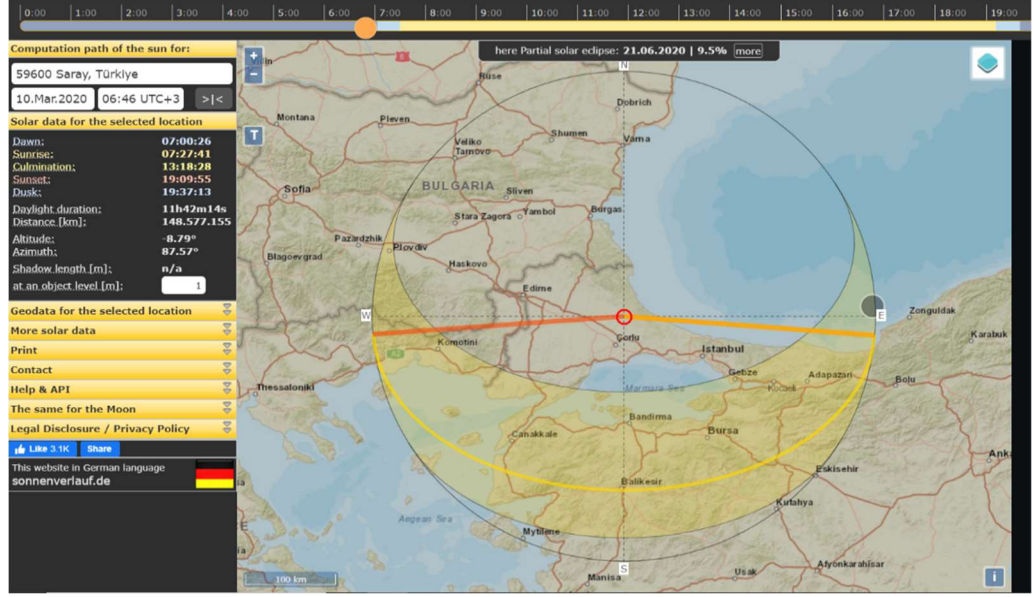
Şekil 5.3: Tekirdağ Saray ilçesine ait koordinatların PVsyst programına yazılması.

Program içerisinde Saray adını verdiğimiz projeye ait enlem ve boylam bilgileri yer almaktadır ve Metenom 7.2 ara yüzü ile program değerlere ulaşmıştır. Bulunduğu konum itibariyle 0.20 derece ışığın geri yansımaya kapasitesi bulunmaktadır.



Şekil 5.4: Tekirdağ saray ilçesine ait belirtilen koordinatların haritada yer alan lokasyonu.

Daha sonrasında program için de bizden azimuth ve height değerleri istenmektedir. Bu değerleri sunalc.org sitesi üzerinden enlem ve boylam değerleri yazılarak ulaşılabilir.



Şekil 5.5: sunalc.org sitesinde Tekirdağ Saray ilçesinde gerçekleştirilecek olan projenin koordinatları.

Enlem ve boylam bilgileri yazıldıktan sonra ilgili yerin konumunu bize açmaktadır.

all events of a solar eclipse for: Yeni, Deniz Sokak, 59600, Saray, Tekirdağ, TUR from 1500 B. C. to 3000 A. D. X

Latitude: 41.45° Height: 161m
Longitude: 27.923° TimeZone: UTC+3 | local time (without summer time) Select Date Range: 2001 - 2100

Calendar Date	Eclipse Type	Partial Eclipse Begins	Sun Alt	A or T Eclipse Begins	Maximum Eclipse	Sun Alt	Sun Azi	A or T Eclipse Ends	Partial Eclipse Ends	Sun Alt	Eclipse Magnitude	Eclipse Observer	A or T Eclipse Duration
31.05.2003	P	05:41(r)	0(r) ^s	-	06:04:03	03°	064°	-	07:02:01	14°	70.6%	61.8%	-
03.10.2005	P	11:17:48	39°	-	12:37:23	44°	173°	-	13:59:13	42°	50.7%	39.3%	-
29.03.2006	P	12:41:23	51°	-	13:56:58	51°	197°	-	15:11:21	44°	85.9%	83.3%	-
01.08.2008	P	12:34:20	65°	-	13:15:17	66°	180°	-	13:55:28	65°	12.7%	5.4%	-
15.01.2010	P	08:35(r)	0(r) ^s	-	09:10:27	05°	124°	-	09:56:16	12°	12.6%	5.1%	-
04.01.2011	P	10:06:50	13°	-	11:35:35	22°	156°	-	13:10:34	26°	71.9%	63.4%	-
03.11.2013	P	16:22:19	15°	-	16:37:08	13°	236°	-	16:51:48	11°	1.9%	0.3%	-
20.03.2015	P	11:50:12	44°	-	12:55:19	48°	172°	-	14:01:23	47°	45.0%	34.2%	-
21.06.2020	P	07:55:59	24°	-	08:35:34	31°	085°	-	09:17:38	39°	18.8%	9.4%	-
25.10.2022	P	12:32:30	36°	-	13:45:08	35°	196°	-	14:56:45	29°	48.2%	37.1%	-
02.08.2027	P	11:25:25	57°	-	12:37:00	65°	158°	-	13:48:38	65°	66.5%	59.4%	-
01.06.2030	A	06:55:59	13°	08:02:26	08:04:37	25°	082°	08:06:47	09:22:28	40°	93.8%	88.0%	4m20s
20.03.2034	P	12:48:52	48°	-	13:56:08	48°	195°	-	15:01:42	42°	44.6%	33.6%	-
16.01.2037	P	11:11:37	21°	-	12:43:03	27°	171°	-	14:16:52	26°	51.9%	40.2%	-
05.01.2038	P	17:08:31	06°	-	17:49(s)	0(s)	240°	-	17:49(s)	0(s)	42.5%	30.6%	-
02.07.2038	P	17:00:10	39°	-	17:43:16	31°	274°	-	18:23:40	24°	18.6%	9.3%	-
21.06.2039	P	20:38:32	00°	-	20:42(s)	0(s)	302°	-	20:42(s)	0(s)	5.7%	1.6%	-

The times correspond to the local time of the location, but do not include any summer time! If summer time then add 1h.
(r) = Sunrise, (s) = Sunset
Eclipse Type: T = Total, A = Annular, P = Partial

Şekil 5.6: sunalc.org programından elde edilen koordinatların azimuth değerleri.

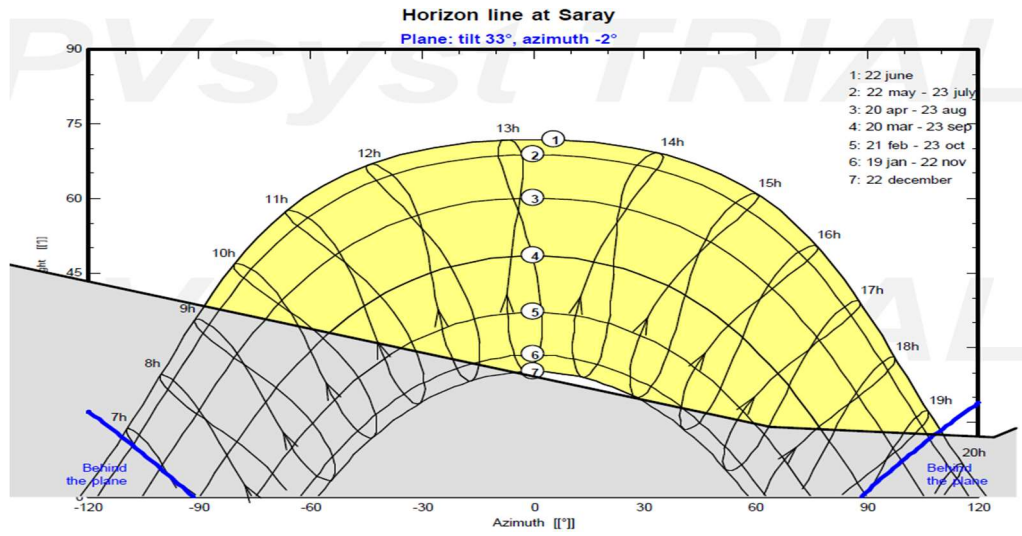
Bu tablodan da sun alt ve sun azi değerlerini programdaki azimuth ve height yerlerine girdikten sonra daha gerçeğe yakın değerler alabilmekteyiz. Güneş azimut açısı, Güneş'e doğru varsaymış olan doğrunun, yataydaki izdüşümünün güney doğrultusu ile arasında kalan açıdır. Kuzey yarımkürede, düzlem azimut, güney ve kolektör düzlemi arasındaki açı olarak tanımlanır ve bu açı doğuya

doğru negatif olarak alınır.

Points	Diffuse Factor	
No	Azimuth	Height[°]
1	-155.	49.0
2	64.0	14.0
3	124.0	12.0
4	171.0	26.0

Şekil 5.7: suncalc programından elde edilen azimuth değęerlerinin PVsyst programına aktarımı.

Güneşin belli bir saatten doğuşundan batışına kadar enerjisini farklı zamanlarda gösteriyor. Enerji kalitesi saatten saate değışiyor. Saat 13'de en iyi kaliteye sahipken saat sabahın 09:00'da ve akşam 19:00'dan sonra yavaş yavaş kalitesini kaybediyor. Aşağıdaki tabloda sun attitude ve sun azimuth değęerlerini seçtiğimiz gözükmemektedir.

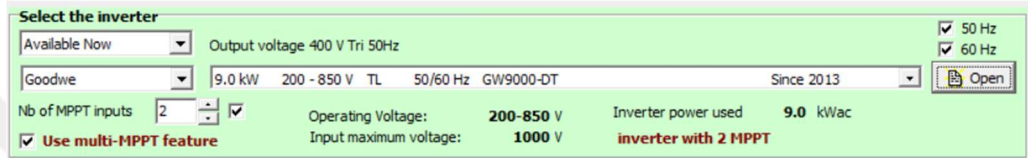


Şekil 5.8: PVsyst programında sun attitude ve sun azimuth değęerleri.

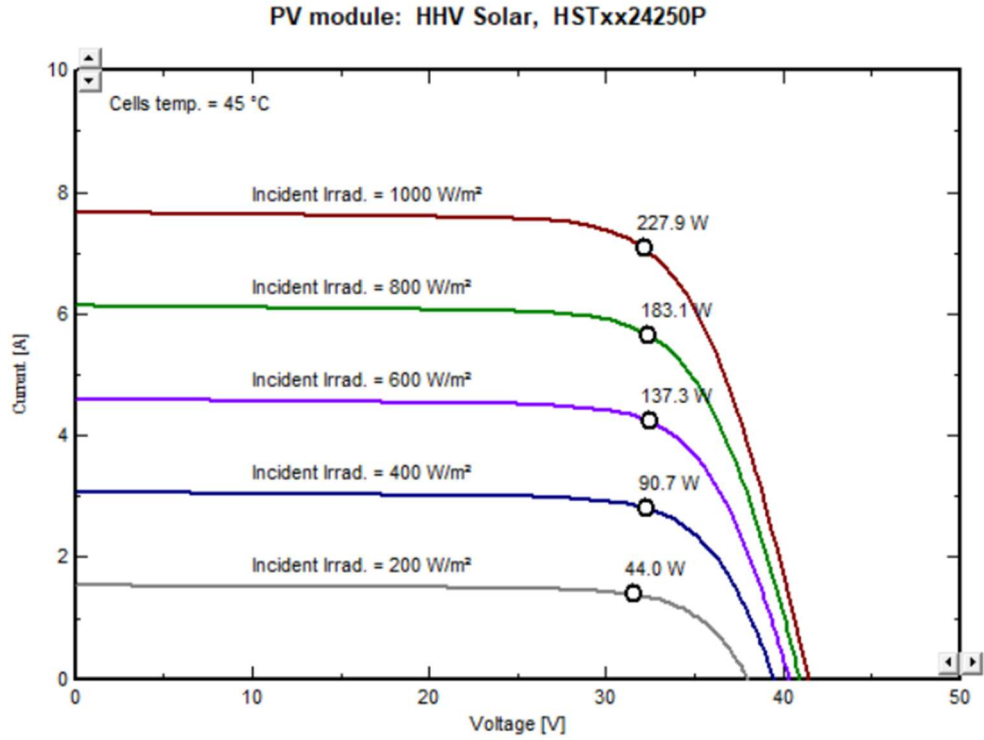
5.7.3. İverter (Evirici) ve PV Panellerin Belirlenmesi

5.7.3.1. İverter

Fotovoltaik paneller kullanılarak enerji üretme aşamasında evirici, alternatif enerjinin anlık olarak incelenmesi ve enerji depolama işlemleri hassas bir şekilde yapılmalıdır. Şebekeye bağlı herhangi bir sistemde, doğru akımı alternatif akıma dönüştürmek için inverter gereklidir. Inverter, tasarım için PVsyst yazılımında çok önemli bir yeri vardır. GoodWe 9 KW İverter seçmekteyiz.



Şekil 5.9: İverter seçim ekranı.

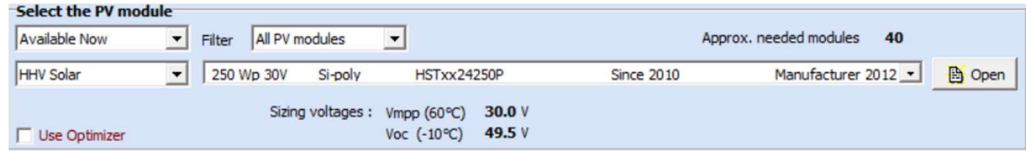


Şekil 5.10: PV modül karakteristik eğrisi.

Pv modülünün güneş ışınımı ile azalması görülmektedir.

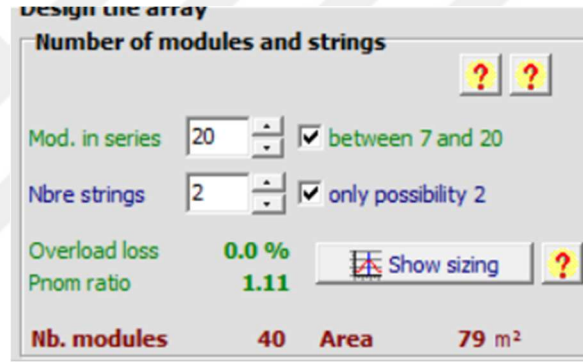
5.7.3.2. Sistemde Kullanılacak PV Modülünün Belirlenmesi

PVsyst programında, sistem tasarlanırken planlanan güç veya pv modüllerin yerleştirileceği mevcut alan üzerinden hesaplama yapılabilir. Bu çalışmada, 10kW olarak planlanmış kurulu güç değeri esas alınarak PV panel ve inverter seçimi yapılmıştır.



Şekil 5.11: PV modül seçim ekranı.

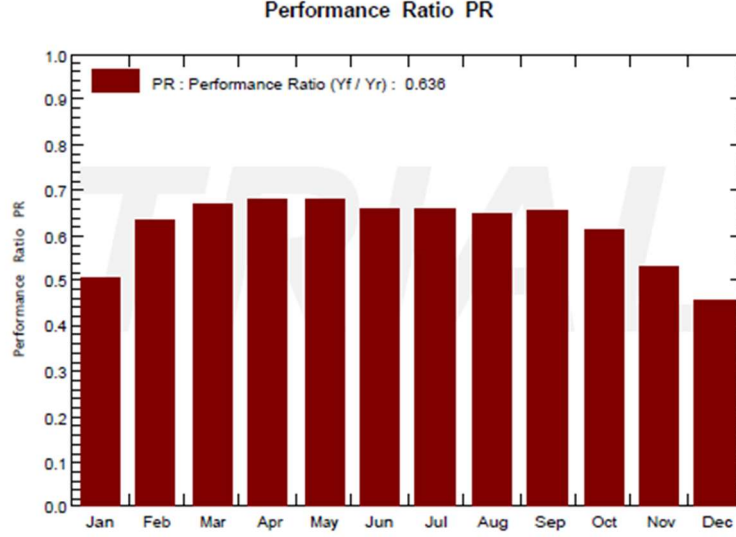
Solar PV Panel Polikristal 250 Watt panel seçilmiştir.



Şekil 5.12: Panel özellikleri.

5.7.3.3. PVSyst Simülasyon Sonuçları:

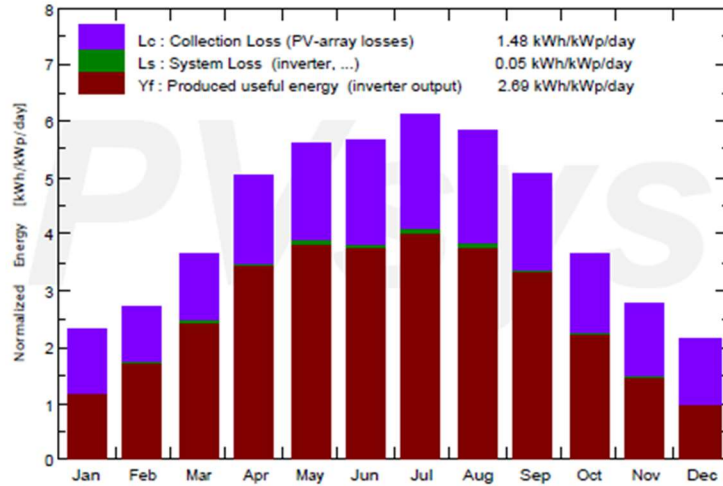
Aşağıdaki şekilde yılın her ayı için, performans oranının grafiksel gösterimidir. Ortalama oran 0.636'dur.



Şekil 5.13: Performans oranının aylık değişim grafiği.

PV dizi kaybını yıllık 1.48 kW/h olarak, sistem kaybı inverter yıllık 0.05 kWh olarak, üretilen kullanılabilir enerji yıllık 2.69 kWh olarak gösterilmiştir

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 10.00 kWp



Şekil5.14: Üretim vekayıp faktörleri.

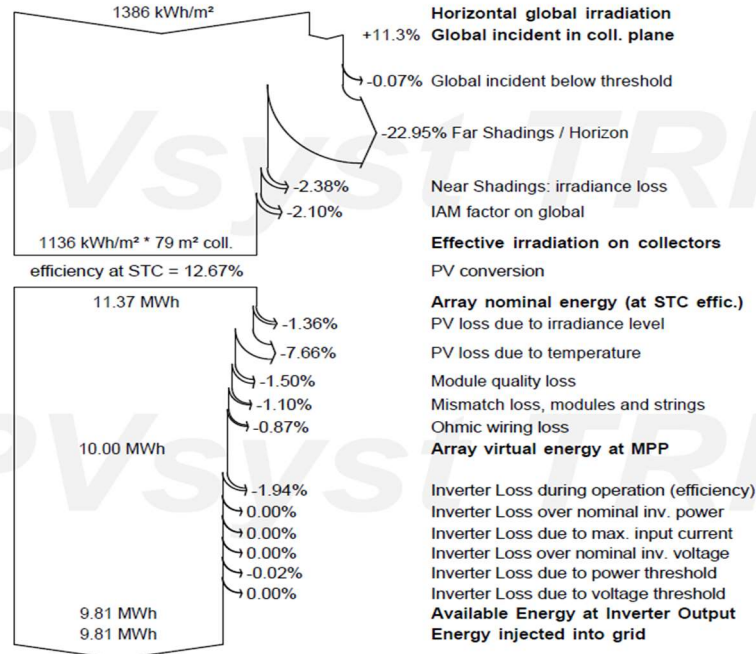
Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
January	47.2	27.61	4.46	72.0	39.0	0.374	0.366	0.508
February	58.4	35.15	4.87	76.0	52.3	0.492	0.482	0.634
March	96.2	56.70	8.46	113.2	83.6	0.774	0.758	0.670
April	140.9	71.31	11.85	151.4	116.1	1.051	1.031	0.681
May	177.4	71.29	17.38	173.1	138.5	1.203	1.180	0.682
June	182.3	83.20	21.70	170.6	133.6	1.150	1.128	0.662
July	199.0	78.60	24.78	190.0	151.4	1.274	1.249	0.657
August	172.6	73.36	24.84	181.1	142.8	1.200	1.177	0.650
September	128.9	54.80	19.63	151.8	118.0	1.014	0.995	0.655
October	85.1	47.67	15.60	112.8	78.4	0.706	0.692	0.614
November	55.4	30.19	10.28	83.5	49.3	0.455	0.445	0.533
December	42.3	26.00	6.05	66.7	32.7	0.312	0.305	0.458
Year	1385.6	655.90	14.22	1542.3	1135.7	10.005	9.809	0.636

Legends: GlobHor Horizontal global irradiation GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
 DiffHor Horizontal diffuse irradiation EArray Effective energy at the output of the array
 T_Amb T amb. E_Grid Energy injected into grid
 GlobInc Global incident in coll. plane PR Performance Ratio

Şekil5.15: Genel sonuçlar.

Loss diagram over the whole year



Şekil5.16: Sistem kayıpları.

Sistemde en fazla Pv kayıpları görülmekte olup yaklaşık olarak %7, Inverter kaybının ise yaklaşık olarak %2 olduğu görülmektedir. Senelik kayıpların diyagramı da yukarıda yer almaktadır (Şekil 5.16).

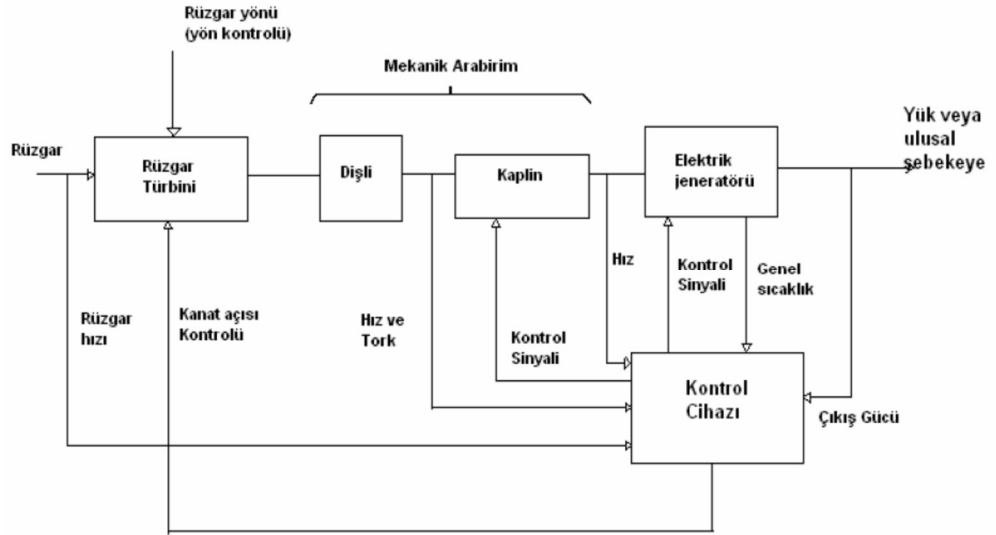
5.8. Rüzgâr Verilerin Elde Edilmesi

Gelişen elektrik üretim piyasasında yenilenebilir enerji kaynaklarının verimliliğini artırma ve daha iyi koşullarda elektrik ticareti yapabilmek için arz talep dengesinin korunması ve üretilecek elektrik miktarının bilinmesi büyük bir öneme sahiptir (ETKB,2015-2019). Bu amaçla güneş ve rüzgâr enerjisi santrallerinde gün öncesi tahmin edilecek gücün bilinmesi için saatlik; ışınım, sıcaklık, ortalama rüzgâr hızı ve C_p verilerinin bilinmesi önem arz etmektedir. Yapılan çalışmada Tekirdağ Meteoroloji Müdürlüğü'nden alınan ölçüm verileri ile geliştirilen matematiksel modeller oluşturulmuştur. Yapılan hesaplamalarda Tekirdağ Meteoroloji Müdürlüğü'nden alınan veriler modellerde yerine yazılarak tahmini güç değerleri hesaplanmıştır. Model oluşturulurken ışınım değerleri, sıcaklık, ortalama rüzgâr hızı ve C_p değerleri dikkate alınmıştır. Alınan veriler, oluşturulan modellerde yerine yazılarak doğruluğu test edilmiştir. Matematiksel modellerin oluşturulması için En Küçük Kareler Yöntemi ÇRA yapılarak elde edilmiştir. Yaygın olarak model testi için kullanılan, Çoklu belirlilik katsayısı (R^2), hataların karelerinin ortalamalarının karekökü (Root Mean Squared Errors=RMSE) değerleri her bir model için ayrı ayrı hesaplanmıştır. RMSE değerinin 5'ten küçük olması tahmin modelinin güvenilir olduğunu göstermektedir. Ayrıca bir başka test yöntemi olarak da aynı model için R^2 determinasyon katsayısı hesaplanmış ve R^2 değerleri güneş için 0,997, rüzgâr için 0,9995 olduğu belirlenmiştir. Çıkan sonuçlar tahmin modellerinin güvenilir olduğunu göstermektedir.

Genel olarak bir rüzgâr türbininin güç formülü aşağıdaki şekilde verilir:

$$P = \eta C_p \frac{1}{2} \rho A V^3$$

Rüzgâr türbinlerinde aerodinamik verim Betz Teoremine göre en fazla %59 dur. Rüzgâr türbinlerinin performans değerlendirmeleri kapasite faktörü, C_p ile belirlenmekte olup bu ifade kısaca $C_p =$ Türbin tarafından üretilen güç toplamı olarak ifade edilmektedir.



Şekil 5.17: Rüzgâr-elektrik sistemi.

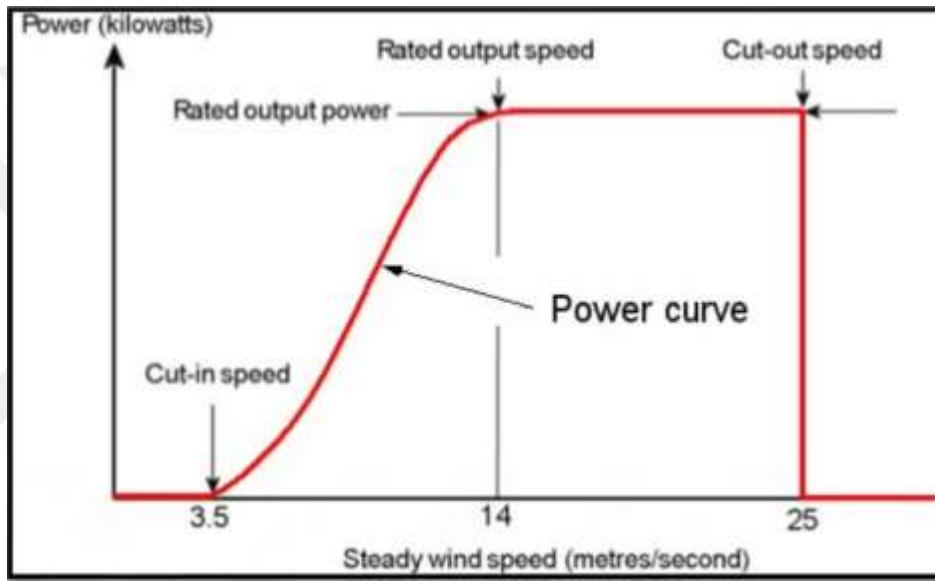
Bu çalışmada; rüzgâr türbini ve güneş panelinden oluşan bir hibrid sistem ile alınmıştır. Ev içi elektrik ihtiyacı karşılama amacıyla tez çalışmasının yapılabilirliği değerlendirilmiştir. Sistemde yer alan rüzgâr türbini, aksenal açılı sabit mıknatıslı ve çift rotorlu olacak şekilde düşünülp hesaplanmıştır. Güneş paneli olarak polikristal tipte bir panel tercih edilmiştir. Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan veriler -Saray ilçesi- kullanılarak rüzgâr türbini ve güneş panelinin bir yıllık periyotlarda yapacağı üretim hesaplamaları yapılmıştır. Bu çalışma Tekirdağ ili Saray ilçesi sınırları içerisinde kırsal alan olan bölge değerlendirilebilecek şekilde yapılmıştır. Bu bilgiler ışığında maliyet ve geri ödeme süreleri hesaplandığında evsel kullanım için tasarlanan bir hibrid sistemin kırsal alanda kullanılmasının daha faydalı olduğu tespit edilmiştir.

Şehirdeki elektriksiz alt yapının hazır olması ve yapılaşmanın rüzgâr akışını olumsuz etkilemesi, kırsal alanın altyapısının hazır olmaması ve rüzgâr akışını bozacak yapay engellerin olmaması dikkate alındığında, tespit edilen sonucun beklentilerle uyumaktadır. Yapılan hesaplamalarda güneşten ve rüzgârdan elde edilen enerjinin zamana göre değişken olduğu görülmüştür.

Rüzgâr ve güneş potansiyellerinin birbirini tamamlayacak şekilde sistem oluşturmanın enerji ihtiyacını karşılamada daha verimli olacağı tespit edilmiştir.

Çizelge 5.9. Küçük rüzgâr enerjisi jeneratörlerinin sınıflandırılması (Morshed, Rahman, Molina, and Ahmed, 2013).

Class	Power	Mass	Rotor diameter	Height of the cube
	(kW)	(kg)	(m)	(m)
Mini wind turbine	< 30	< 1000	< 15	< 25
Micro-wind turbine	< 1	< 50	< 3	< 10



Şekil 5.18. Tipik Güç Eğrisi

5.9. Rüzgâr Enerjisiyle Hesaplama

Dünyadaki yıllık enerji tüketimi hesaplaması gibi enerji üretiminin de hesaplaması yapılmaktadır. Birçok hesaplama yöntemi bulunmakla beraber en çok kullanılanları arasında 'Wasp' (Rüzgar Atlası Analiz ve Uygulama Programı) ve Wind Roseproprogramları yer almaktadır. 'WasP' programı, Danimarka'da yer alan 'RISO ULUSAL LABORATUARINDA' geliştirilmiştir. Bu program başta tahmini yıllık enerji üretimi, mikro-konumlandırma, rüzgar verilerinin değerlendirilmesi ve rüzgar çiftliği planlaması gibi başlıklar altında değişik modülleri bulunmaktadır. (Ashwill, 1991.)

'Elektrik İşlemleri Etüd İdaresi' tarafından tavsiye edilen programlar içerisinde

de yer almaktadır. (Blackwell ve diğeri, 1977:61) Visual Basic kodlaması yapılmış olup Excel programını arayüz yapmış olması sebebiyle daha kolay kullanılabilen Wind Rose ise daha basit bir kullanıma sahiptir. Tahmini yıllık enerji üretimi ve rüzgar değerlendirilmesi için sadece rüzgar verilerinin girilmesi yeterli olmaktadır.(Atlıhan,2006)

Tekirdağ'ın Saray ilçesinde 'Tekirdağ Kıyıköy Rüzgar Enerjisi Santrali' yer almaktadır. Santral Beşiktepe Üretim firmasına aittir.Santral 44 MWe kurulu güce sahiptir. Tekirdağ'da 8. Türkiye'de ise 280. sıradaki büyük enerji santrallerinden biridir. Santralde toplamda 15 adet 'Nordex' rüzgar türbini yer almaktadır. Santralde ortalama 93.072.368 kWh elektrik üretimi gerçekleştirilmektedir. Bu gerçekleştirilen üretim miktarı ile 28.119 kişiye ait bir tam gün içerisinde (ev, iş, sosyal hayat ve diğer tüm gereçleri için kullanabileceği) her alanda ihtiyaç duyabileceği tüm enerjiyi ya da sadece konut ve konut içi tüketim dikkate alındığında ise 29.547 konutun tüm talebini karşılayacak üretim kapasitesine sahiptir.

'Yenilebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizmasından'(YEKDEM) 2016 yılı itibariyle faydalanmaktadır. Bu kapsamda 1 kWh elektrik 0,0870 USD tutarı üzerinden 2025 yılına kadar devlete satılmaya devam edilecektir.

<https://enerjiatlası.com/ruzgar/tekirdag-kiyikoy-res.html>

Bu nedenle bizim kullanacağımız rüzgar türbini küçük güçlü rüzgar türbini olacaktır.

5.9.1.Küçük ve Orta Güçlü Rüzgar Türbinleri:

Net olarak bir rüzgar türbini için küçük ve orta güç bölgeleri tanımlanmamış olsa da mevcut ticari sistemlere bakılarak bir gruplandırma yapılabilir. Buna göre 100 W'tan - 3 Kw'a kadar olan türbinler küçük güçlü sistemler,3 kW 50 kW arası sistemler de orta güçlü sistemler olarak değerlendirilebilir. Küçük güçlü rüzgar türbinlerinde yaygın olarak yatay eksenli türbin sistemleri kullanılmakla beraber, kendine özgü avantajları sebebiyle dikey eksenli küçük güçlü türbinlerde kullanılmaktadır. Bu alanda faaliyet gösteren firmaların çoğu Amerika yapımıdır. SWWP, Bergey gibi firmalar uluslararası küçük ve orta güçlü rüzgar türbini ticaretinde dünyada ki yerleri hafife alınmayacak kadar büyüktür.

Küçük güçlü türbinlerin birkaçı ve fiyatları:

- 1- Ampair Dolphin 4 W (425 USD)
- 2- EXCEL 7.5-10 kW (27000 USD)
- 3- WindSide WS 4 C 360 W (23750 Euro)
- 4- WindSide WS 0.3 C 118 W (2931 Euro)
- 5- AWP 1KW (3500 USD)
- 6- Whisper H80 1 kW (2150 USD)
- 7- AIR 400 400 W (650 USD)

Küçük güçlü sistemlerdeki teknolojik altyapı, bilgi birikimi ve yatırım açısından ulusal kaynaklarla daha kolay gerçekleştirilebilir olması büyük güçlü sistemler arasında farklarındandır. Günümüzde küçük güçlü rüzgar sistemlerinin tümünde yüksek enerjili mıknatıs uyarlamalı senkron generatörler kullanılmakta olup elde edilen değişken genlik ve frekanstaki alternatif akım doğrultularak bir maksimum güç çekme algoritması ile akülere beslenmekte ya da uygun güç elektroniği devreleri sayesinde şebekeye paralel bağlanabilmektedir. Elektrik makine tasarımı, güç elektroniği ve kanat tasarımlarıyla ilgilenen bilim adamları ve KOBİ'lerin birlikte çalışması durumunda küçük güçlü rüzgar sistemleri kolaylıkla ve özgün tasarımlarla ulusal kaynaklarla üretilebilir ve bu alanda önemli bir ihracat olanağı ortaya çıkabilir.



Şekil 5.19: Projede rüzgar türbininin konulması planlanan alan.

Örnekleme konutun bulunduğu alanda yapılaşma oranı yüksektir. Olası rüzgar türbininin kurulması halinde yapılaşma içerisinde kalacaktır. Rüzgarın büyük kısmı çevredeki konutlar tarafından engelleneceğinden türbin yeteri kadar verim vermeyecektir. Proje yapılacak yatırımın geri dönüşümü sağlanamayacağından ve ayrıca ola ki türbinin kurulması çevre taşınmaz bahçeleri de olmak üzere tahribat yaratabileceği düşünülerek türbin yapılması planlanmamıştır.

Ancak yapılan bu alana rüzgar türbini konması amacı yoktur. Etrafında çok fazla bina olduğu için kendi değerini çıkartmaz.

6. TARTIŞMA VE SONUÇ

Fotovoltaik hücrelerin, sistem performansını yansıtması açısından önemli olan noktaları farklı ışınım şiddetleri ve çalışma şartları altındaki akım, gerilim, ürettikleri optimum güç değerlerinin ölçümüdür. Bunun nedeni, fotovoltaik cihazların bağlı oldukları akım, gerilim ve güç çıktıları ışınım gücü, çalışma sıcaklığı ve iklimsel parametrelerdir. Düzenli bakım yapılması, uygun şekilde yerleştirilmesi, uygun eğim açısı, gölgelendirme, temizlenmesi v.b faktörlerin dikkate alınması gerekmektedir.

Çalışmada PVsyst yazılım programı üzerinden çalışma yapılmıştır. Türkiye güneş enerjisi ve verimi bakımından Dünya'nın en zengin bölgeleri arasındadır. Ancak yapılan kapsamlı literatür çalışmalarında santral yatırımlarının oldukça az olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle çalışmamızda PV sistemler üzerinde yoğunlaşmıştır. Evin çatısına uygulanması düşünülen yerin coğrafi konumu PVsyst programına eklenmiş ve bölgenin meteoroloji verileri, simülasyon aracının sunduğu Meteororm 7.2 veritabanından sentetik olarak ortaya çıkmıştır. Bu çalışma için örnek bir bölge için kurulması planlanan PV güneş enerji sistemiyle elektrik enerjisi üretimi için analiz ve tasarım çalışması yapılmıştır.

Sonuç olarak Tekirdağ İli şartlarında (250 W gücünde) polikristal panelin verimliliğinin incelenip yorumlanması imkânı bulunmuştur.

Tasarım gereği kurulacak 250 wp gücündeki 40 panel ve 1 adet Rüzgâr türbini için planlanmış olup ancak rüzgar türbini sistemi için uygun olmadığı açıklanmıştır. Bunun için günlük 10kW güneş paneli gücüne ihtiyaç duyulmaktadır. Alınan bu enerjinin günlük ortalama 8,5 saat kesintisiz çalıştırmaktadır. Bu da 500 m² arazisinin kurulması için yeterlidir.

Güneş panellerinin fazla alan kaplamaması için evin çatısına 79 m² lik yere projelendirilmesi düşünülmüştür. Bahçe kısmına yerleştirilmesi düşünülürse gölgelenmelerden dolayı daha geniş yer kaplayacağı öngörülmektedir.

Verim, maliyet analizi çerçevesinde Tekirdağ ilindeki Saray ilçesindeki verilere göre en uygun panel seçilmiştir. Yapılan araştırmalar sonucunda

panelin ürettiği maksimum güç, gerilim, akım, panele gelen ışınım miktarı üzerinden verimler karşılaştırılmış ve sonuca varılmıştır.

Monokristal ve polikristal panellerin ürettikleri gerilim ve güç değerlerinin birbirine yakınlığı Gerçekleştirilen sistemde yapılan ölçümler sonucunda belirlenmiştir. Teorik olarak %15 ile %18 oranında verim elde edilen monokristal panelin Tekirdağ iklimi şartlarındaki ortalama verimi %15, teorik olarak %14 ile %16 oranında verim elde edilen Polikristal panelin Tekirdağ İklimi koşullarında ortalama verimi %14,9 olarak elde edilmiştir.

Bu değerlendirmelerin doğrultusunda maliyet bakım ve performansa göre polikristal panelin kullanılması doğru bulunmuştur.

Tekirdağ il sınırları içerisinde güneş enerjisi sisteminin uygulanması, sıcaklık 30°C ile 36°C arasında değişim gösteren yaz mevsimindedir. Yüksek verimi açısından polikristal panel kullanımı, Tekirdağ ili güneş ışınım miktarları düşünöldüğünde uygun olacağı söylenebilir.

Yapılan hesaplamalarda güneşten ve rüzgârdan elde edilen enerjinin zamana göre değişken olduğu görölmüştür. Rüzgâr ve güneş potansiyellerinin birbirini tamamlayacak şekilde sistem oluşturmanın enerji ihtiyacını karşılamada daha verimli olacağı tespit edilmiştir.

PVGIS-5 programında Tekirdağ Saray ilçesindeki 41.450, 27.923 koordinatlarında aylık PV enerjisi ve güneş ışınımı hesaplanmıştır. Şebekeye bağlı PV performansı aşığıdaki sonuçlarda analiz edilmiştir.

Ölkemiz şartlarında farklı iklim koşullarında kullanılan fotovoltaik modöllerin maruz kaldıkları sıcaklık ve güneşlenme süreleri ile değişen verimlilikleri ve bunun modül ömründeki etkilerini panelin iklim bölgelerine göre verimlilik ve sürdürülebilirlik saptanması amaçlanmaktadır.

Bu çalışmadaki elde edilen sayısal verilerden yola çıkarak Tekirdağ Saray ilçesi sınırları içerisinde kırsal alanda değerlendirilebilecek bölge için şartlar

gözenip araştırmalar yapılmıştır. Bu değerler neticesinde maliyet ve geri ödeme süresi hesaplandığında evsel kullanım için tasarlanan bir hibrid sistemin kırsal alanda kullanılmasının daha avantajlı olduğu tespit edilmiştir.

şehirdeki elektriksel alt yapının hazır olup ve yapılaşmanın rüzgâr hızını olumsuz etkilemesi, kırsal alanın altyapıya oldukça uzak olması ve rüzgâr akışını bozacak birçok engellerin olmaması dikkate alındığında, tespit edilen sonucun beklentilerle kıyaslanıp uyuşmaktadır. Yapılan hesaplamalarda güneşten ve rüzgârdan elde edilen enerjinin zamana göre değişken olduğu görölmüştür.



8.KAYNAKLAR

Ağçay, M.(2007). Türkiye'nin elektrik enerjisi arz talep dengesinin tespiti, üretim projeksiyonuna yönelik rüzgâr elektrik santrali tasarımı RES'in kurulum maliyetlerinin ve üretim parametrelerinin analizinin matlab&simulink ile yazılan programda yapılması, Lisans tezi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.

Alessandrini, S., Monache L. D., Sperati S. and J. N. Nissen.(2015). A novel application of an analog ensemble for short-term wind power forecasting, *Renewable Energy*, vol. 76, pp. 768-781.

Anonim. (2013, 4 Nisan). [Online]. Erişim: <http://www.gunessistemleri.com/fotovoltaik-sicaklik.php>

Anonim. (2014, 4 Nisan). [Online]. Erişim: www.schmid-pekintas.com/tr/off-grid.php.

Anonim.(2014,4Nisan).[Online].Erişim:<http://www.ezg.com.tr/blog/gunes-paneli-baglanti-yontemleri-93>

Anonymous. (2013,May 10). [Online]. Available: <http://www.cglawoffice.net/renewable-energy-resources-in-turkey>.

Arel (2020, May)

https://www.arel.edu.tr/files/website/enstitu/sosyal-bilimler-enstitusu/TEZ_YAZIM_KLAVUZU.pdf

Ashwill, T.D. (1991). Measured Data for Sndia34-Meter Vertical Axis Wind Turbine. SandiaNational Laboratories, Sand 91-2228.

- Atlıhan, A.B.(2006). Rüzgâr Enerjisi Ve Darrieus Rüzgâr Çarklarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 81s.
- Bakırcı,K.(2000). Optimum toplayıcı egim açısının aylara göre değisimi, Mühendis ve Makine, 487: 47-49.
- Barbieri, F. , Rajakaruna, S. and Ghosh, A.(2017).Very short-term photovoltaic power forecasting with cloud modeling: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 75, pp. 242-263.
- Blackwell, F. ,Sheldahl, R.E. and Feltz, L.V.(1977). Wind Tunnel Performance Data for theDarrieus Wind Turbine with NACA 0012 Blades.Sand 76-0130,61s
- Corea, F. V. G., Callejo M. A. M., Regidor M. P. M. and Sancho M. T. M.,(2016). Forecasting short-term solar irradiance based on artificial neural networks and data from neighboring meteorological stations, *Solar Energy*, vol. 134, pp. 119– 131.
- Čotar, A., Filčić, A.(2012). Photovoltaic Systems, IPA Adriatic CrossBorder Cooperation Rijeka.
- Çamcı, Ş. (2007).Konutlar için yakıt hücresi ve güneş pilleri kullanan, şebekeden bağımsız bir güç sisteminin tasarımı ve modellenmesi, Yüksek lisans tezi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye.
- De Giorgi, M. G., Congedo P. M., Malvoni M. and Laforgia D. (2015). Error analysis of hybrid photovoltaic power forecasting models: A case study of mediterranean climate, *Energy Conversion and Management*, vol. 100, pp. 117–130.
- Doğan, M.,(2015). Yenilenebilir enerjide tarımın rolü, Lisans tezi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, Türkiye.

https://sp.enerji.gov.tr/ETKB_2015_2019_Stratejik_Planı.pdf

- Foster, R.,Ghassemi A., Cota A,(2010). The value of day-ahead solar power forecasting improvement *Solar Energy Book*, vol. 129, pp. 192–203.
- Friedrich, L. and Afshari, A.,(2015). Short-term forecasting of the Abu Dhabi electricity load using multiple weather variables, *Energy Procedia*, vol. 75, pp. 3014 – 3026.
- Gezer, E. H.,(2013). Yenilenebilir enerji kaynakları ve Türkiye, Yüksek lisans ezi, Siyaset ve Sosyal Bilimler Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye.
- Gielen, D.(2012). Renewable energy technologies: cost analysis series, *Power Sector*, vol. 1, no. 5.
- Hajisalem, A. H.,(2013) Rüzgâr/FV güneş enerji sistemleri için PID kontrol parametrelerinin GA ve PSO ile optimizasyonu, Yüksek lisans tezi, Elektrik- Elektronik Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye.
- Hong, T. and Fan S., (2016).Probabilistic electric load forecasting: A tutorial review,*International Journal of Forecasting*, vol. 32, pp. 914–938.
- Jiang, P. Wang, Y., Wang J.(2017). Short-term wind speed forecasting using a hybrid model, *Energy*, vol. 119, pp. 561-577,
- Jimenez, L. A. F., Jimenez, A. M., A. Falces, M. M. Villena, E. G. Garrido, P. M. L. Santillan, E. Z. Alba and Santamaria P. J. Z.,(2012). Short-term power forecasting system for photovoltaic plants, *Renewable Energy*, vol. 44, pp. 311-317.
- Karaca, C.(2012). Güneş ve rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi üretimi sistemi tasarımı, Yüksek lisans tezi, Elektronik ve Bilgisayar Sistemleri Eğitimi Anabilim Dalı, Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye.

Karadağ, H. İ.(2009).Yenilenebilir enerji kaynakları arasında rüzgâr enerjisinin önemi ve rüzgâr türbini tasarımı, Yüksek lisans tezi, Makine mühendisliği bölümü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.

Karafil, A. , Özbay, H. ve Kesler, M.,(2016). Sıcaklık ve güneş ışınım değişimlerinin fotovoltaik panel gücü üzerindeki etkilerinin simülasyon analizi, *Elektrik- Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu*, Türkiye.

Keçel, S.(2007).Türkiye'nin değişik bölgelerindeki evsel elektrik ihtiyacının güneş panelleriyle karşılanmasına yönelik model geliştirilmesi, Yüksek lisans tezi, Endüstriyel teknolojisi eğitimi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye.

Khwaja, A. S., Naem, M., Anpalagan, A., Venetsanopoulos A. and B. Venkatesh.(2015). Improved short-term load forecasting using bagged neural networks, *Electric Power Systems Research*, vol. 125, pp. 109–115.

Köse, İ. Genç, İ. , İ., Demiralp, B.(2015).Türkiye'de yenilenebilir enerji potansiyelinin incelenmesi, *Akademia Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, c.1, ss. 10-19.

Lara, O. A., Jenkins, N., J. Ekanayake, Cartwright, P. H. and Hughes, M. (2009). Wind energy generation modelling and control, United Kingdom.

Larson, D. P., Nonnenmacher, L. and Coimbra, C. F. M.(2016). Day-ahead forecasting of solar power output from photovoltaic plants in the American Southwest, *Renewable Energy*, vol. 91, pp. 11- 20.

MEB,(2013). Sehpa üzerine panellerin montajı, *Ders Notları*, Ankara.

Nakir, İ.,(2007). Fotovoltaik güneş panellerinde GTS ve MGTS kullanarak verimliliğin artırılması , Yüksek lisans tezi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.

Palil, M. Q. N. B.,(2015). Analysis of efficiency of solar PV with solar tracking system in Malaysia climate, M.S. thesis, Mechanical Engineering Department, University Teknikal Malaysia Melaka, Malaysia.

Pfleiderer, C. and Petermann.(1978). “AkımMakineleri”, 124, İTÜ Yayınları, Kaan Ediz-YavuzTekin, İstanbul, s 425-459

RazaKhan, A., Mahmood A., Safdar A., Khan Z. A. and Khan N. A.(2016). Load forecasting, dynamic pricing and DSM in smart grid: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 54, pp. 1311–1322.

Sayın, S. ve Koç, İ.(2011). Güneş enerjisinden aktif olarak yararlanmada kullanılan fotovoltaik (PV) sistemler ve yapılar da kullanım biçimleri, *Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, c. 26, ss. 3.

Sobria, S. ,Kamalia, S. K. and Rahima, N. A.(2018). Solar photovoltaic generation forecasting methods: A review, *Energy Conversion and Management*, vol. 156, pp. 459–497.

Son, H. and Kim, C.(2017). Short-term forecasting of electricity demand for the residential sector using weather and social variables, *Resources, Conservation and Recycling*, vol 123, pp. 200-207.

Soubdhan, T., Ndong, J., H. O. Baba and M. T. Doa,(2016). A robust forecasting framework based on the Kalman filtering approach with a twofold parameter tuning procedure: Application to solar and photovoltaic prediction, *Solar Energy*, vol. 131, pp. 246–259.

Şenel, M. C. ve E. Koç.(2015). Dünyada ve Türkiye’de rüzgâr enerjisi durumu genel değerlendirme , *Mühendis ve Makine Dergisi*, c. 56, s. 663.

Trapero, J. R., Kourentzes N. and Martin A.(2015). Short-term solar irradiation forecasting based on Dynamic Harmonic Regression, *Energy*, vol. 84, pp. 289- 295.

Uysal, N. ,(2011). Konya ili için güneş ve rüzgâr enerjisinden elektrik üretimi ve kullanımının araştırılması, Yüksek lisans tezi, Makine Mühendisliği Bölümü, Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye.

Yılmaz, B.(2014). Yenilenebilir enerji (rüzgâr enerjisi) üreten işletmelerin Türkiye muhasebe standartları değerlendirilmesi, Doktora tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye.

Zhai, M. Y.(2015). A new method for short-term load forecasting based on fractal interpretation and wavelet analysis, *Electrical Power and Energy Systems*, vol. 69, pp. 241–245.

https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#PVP

http://www.ijsrp.org/research_paper_feb2012/ijsrp-feb-2012-06.pdf

<http://www.ecogeneration.com.au/the-solarpv-panel-problem-high-promises-low-quality/>

ANSI/IEEE Std 929-1999. 1999. IEEE recommended practice for utility interface of photovoltaic (PV) systems. New York: ANSI/IEE.

8.EKLER

EK 1: PV PANELE AIT DATASHEET



CRYSTALLINE SOLAR PV MODULE

225 – 250 WATT

MULTI - CRYSTALLINE

60 CELL MODULE

ELECTRICAL CHARACTERISTICS						
RATED POWER (Watt)	225	230	235	240	245	250
OPEN CIRCUIT VOLTAGE- V_{oc} (Volt)	36.76	36.00	36.36	36.00	36.88	37.10
MAXIMUM POWER VOLTAGE- V_{mp} (Volt)	29.49	29.00	29.00	29.00	29.25	29.50
SHORT CIRCUIT CURRENT- I_{sc} (Amp)	8.35	8.40	8.45	8.50	8.55	8.60
MAXIMUM POWER CURRENT- I_{mp} (Amp)	7.66	7.77	7.89	8.00	8.10	8.20
MODULE EFFICIENCY (%)	13.81	14.12	14.43	14.73	15.04	15.35
OUTPUT TOLERANCE (%)	±3					
CELLS	60, 156 x 156 (mm)					
CELL LAYOUT	10 x 6					
MAXIMUM SYSTEM VOLTAGE (V _{UV})	1000					

ELECTRICAL CONNECTION

JUNCTION BOX	Tycos (IP 65) / Huber+Suhner (IP 67)
OUTPUT CABLES	4mm ² , 1000mm length
CONNECTORS	MC4 Compatible / Huber+Suhner
PROTECTION	SHOTTKY BYPASS DIODES

MECHANICAL CHARACTERISTICS

MODULE DIMENSIONS (mm)	1650 x 987 x 42
WEIGHT (KG, APPROX)	17.5

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

OPERATING TEMPERATURE	-40°C to +85°C
-----------------------	----------------

GENERAL

FRAME	ANODISED ALUMINIUM
LOCKING	CORNER KEY TYPE

TEMPERATURE COEFFICIENTS

α_{Pm} (%/°C)	β_{Pm} (%/°C)	γ_{Voc} (%/°C)
+0.05	-0.34	-0.45
NOCT	45±2°C	

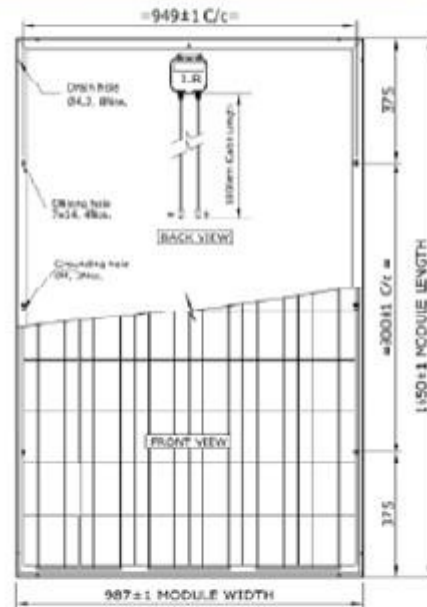
WARRANTY

10 YEARS PRODUCT WARRANTY
0 - 10 YEARS FOR 90% OF RATED POWER
10 - 25 YEARS FOR 80% OF RATED POWER

HHV SOLAR TECHNOLOGIES PVT. LTD.

No. 91,92,93,94 & 97, MIDC Industrial Area, Dabapeet, Nalamangala Taluk, Bangalore Rural 562 111, Karnataka, INDIA.

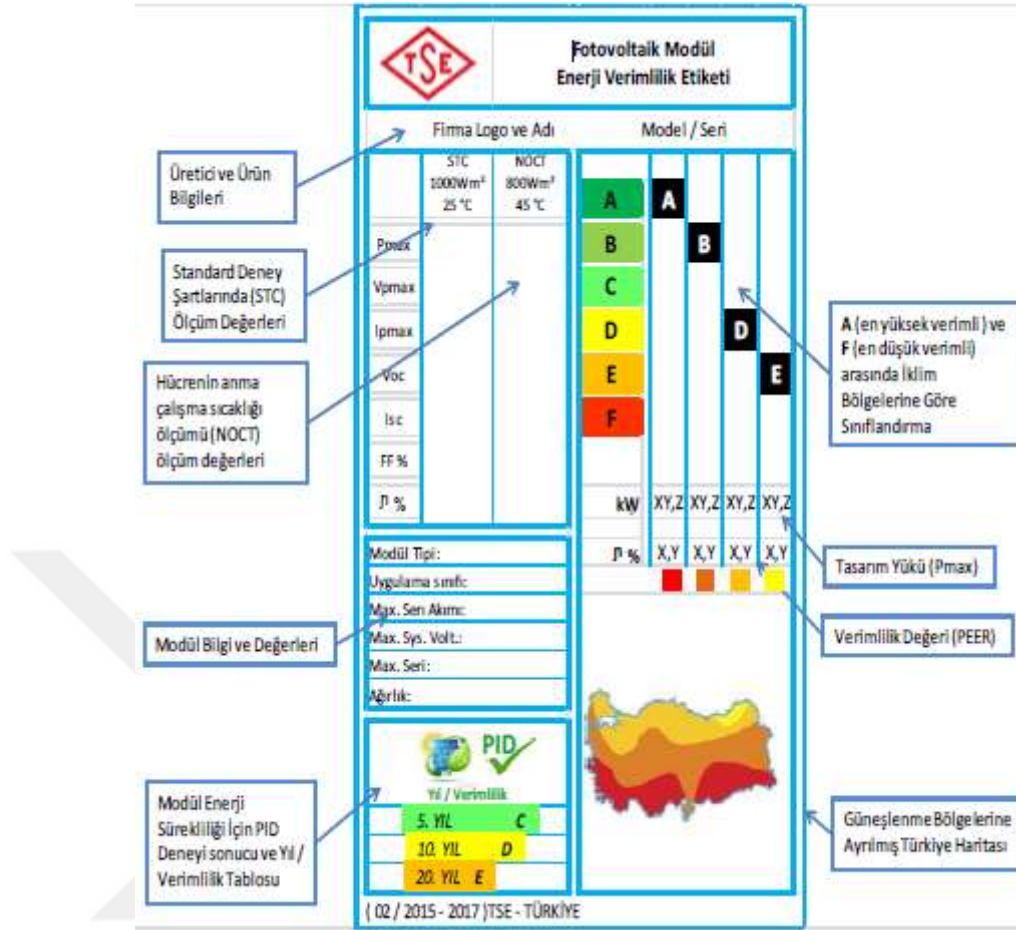
Ph: + 91 80 2263 3700; Fax: +91 80 2263 3811
info@hhvsolar.com ; www.hhvsolar.com



Note:

1. Design and Specifications are subject to change without notice.
2. Electrical Parameters measured at 25°C only (at 25°C, 1000W/m²)

EK 2 : FOTOVOLTAİK MODÜLLER ENERJİ ETİKETLEMESİ



EK 3: RÜZGÂR TÜRBİNİNE AİT DATASHEET

H2.7-500W Off-grid Ev İçin Rüzgâr Türbini Özellikleri	
Yapılandırma	3 Bıçaklar, Yatay eksen, Rüzgâr
Rotor Çap	Φ2.7 m / 8.9 ft
Süpürme Alanı	5.73 m ² / 61.7 ft ²
Dönüş Yönü	Saat Yönünde Rüzgârın
Bıçak Malzemesi	Fiberglas takviyeli kompozit
Anma Gücü	500W @ 11m/s / 24.6 mph
Maksimum Çıkış Gücü	570W @ 20m/s / 44.7 mph
Akü sıra Gerilimi	24 Vdc
Sistem Çıkış Voltajı	110/220 Vac
Rüzgâr Kesme Hızı	3 m/s / 6.7 mph
Nominal Dönme Hızı	600 r/min
Rüzgâr Çalışma Hızı	3-25 m/s / 6.7-82.0 mph
Rüzgârda Kalma Hızı	50 m/s / 164 mph
Alternator	Kalıcı mıknatıs alternatör, SCF teknolojisi
Alternator Ağırlığı	6.5 kg / 14.3 lbs
Generator Verimi	>0.78
Rüzgâr Enerjisi Kullanım Oranı	0.48 Cp
Enerji İzleme & kullanıcı kontrolü	LED ekran
Vites Kutusu	Yok, Ön jeneratör tasarımı ile doğrudan sürücü
Aşırı Rüzgâr Regülasyonu	Pasif Sarmal Kuyruk Tasarımı
Kapatma Yöntemi	Manuel & Otomatik elektromanyetizma Frenleme
Garanti	Jeneratör için 2 yıl ve diğer parçalar için 1 yıl

Grid-Connected System: Simulation parameters

Project : saray

Geographical Site	Saray	Country Turkey
Situation	Latitude 41.45° N	Longitude 27.92° E
Time defined as	Legal Time Time zone UT+3	Altitude 159 m
	Albedo 0.20	
	Meteonorm 7.2 (2004-2010), Sat=100% -	
Meteo data:	Saray Synthetic	

Simulation variant : 1

Simulation date 25/03/20
11h54

Collector Plane Orientation	Tilt 33°	Azimuth -2°
Sheds configuration	Nb. of sheds 39	Identical arrays
	Sheds spacing 1.50 m	Collector width 1.01 m
Shading limit angle	Limit profile angle 40.8°	Ground cov. Ratio (GCR) 67.6 %
	Transpositio n Perez	Diffuse Perez, Meteonorm
Models used		
Horizon	Average Height 26.3°	
Near Shadings	Linear shadings Unlimited load (grid)	

User's needs :
PV Array Characteristics

PV module	Si-poly	HSTxx24250	
Original PVsyst database	Model P		
Number of PV modules	Manufacturer HHV Solar	In series 20 modules	In parallel 2 strings
Total number of PV modules	Nb. modules 40		Unit Nom. Power 250 Wp
Array global power	Nominal (STC) 10.00 kWp		At operating cond. 8.89 kWp (50°C)
Array operating characteristics (50°C)	U mpp 629 V		I mpp 14 A
Total area	Module area 79.0 m²		Cell area 70.1 m ²
Inverter	Model GW9000-DT		
Original PVsyst database	Goodw	Manufacturer e	Unit Nom. Power 9.00 kWac
Characteristics	Operating Voltage 200-850 V		
	2 * MPPT 50		
Inverter pack	Nb. of inverters %		Total Power 9.0 kWac

PV Array loss factors

Thermal Loss factor	Uc (const) 20.0 W/m ² K	Uv (wind) 0.0 W/m ² K / m/s
---------------------	------------------------------------	----------------------------------------

Wiring Ohmic Loss
Module Quality Loss
Module Mismatch
Losses
Strings Mismatch loss

Global array res. 743 mOhm

Loss Fraction 1.5 % at STC

Loss Fraction 1.5 %

Loss Fraction 1.0 % at MPP

Loss Fraction 0.10 %



Grid-Connected System: Horizon definition

Project : saray

Simulation variant : 1

Main system parameters

Horizon

Near Shadings

PV Field Orientation

PV modules

PV Array

Inverter

User's needs

System type **Sheds on a building**

Average Height 26.3°

Linear shadings

tilt 33°

azimuth -2°

HSTxx24250

Model P

Pnom 250 Wp

Nb. of modules 40

Pnom total **10.00 kWp**

Model GW9000-DT

Pnom 9.00 kW ac

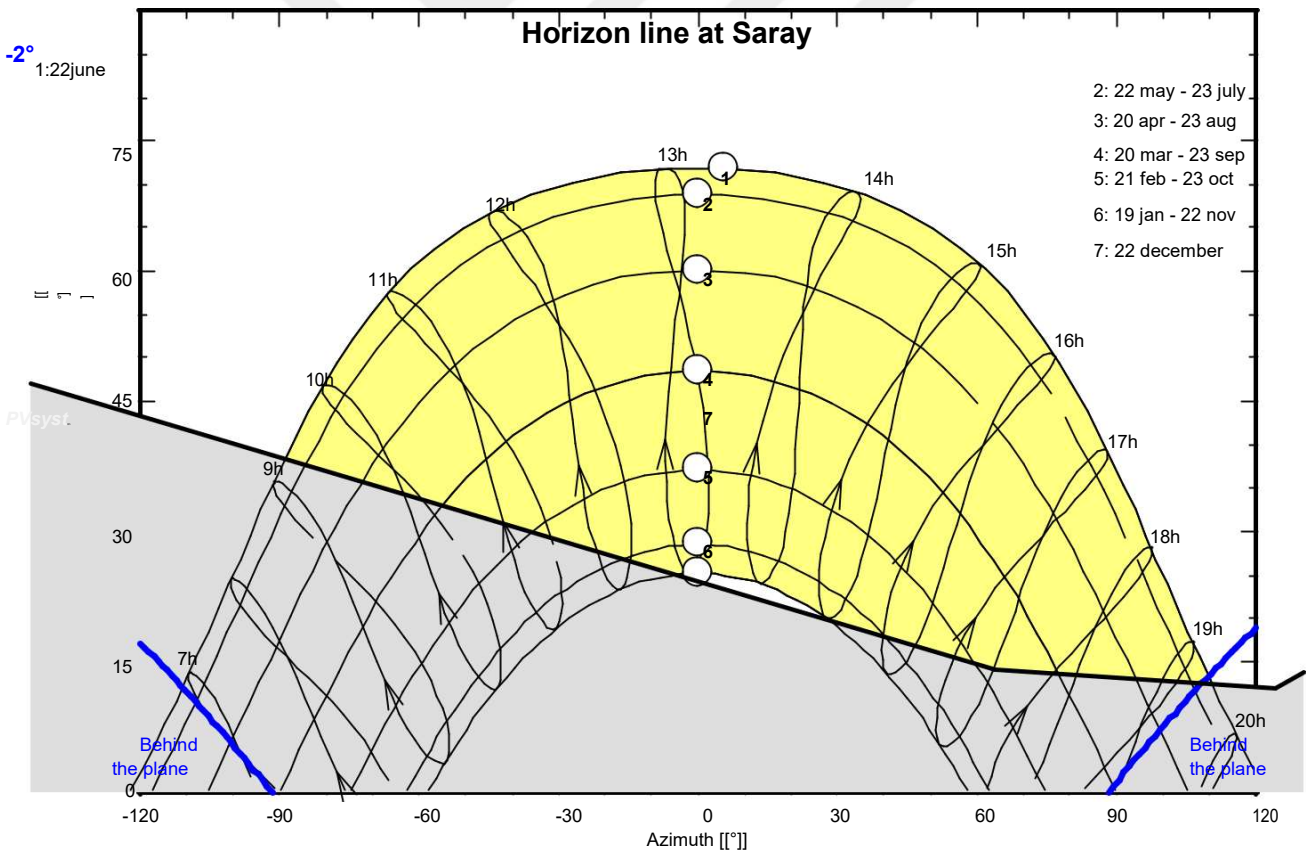
Unlimited load (grid) 26.3°

Diffuse Factor 0.73

Albedo Factor 100 %

Albedo Fraction 0.03

Height [°]	49.0	14.0	12.0	26.0
Azimuth [°]	-155	64	124	171



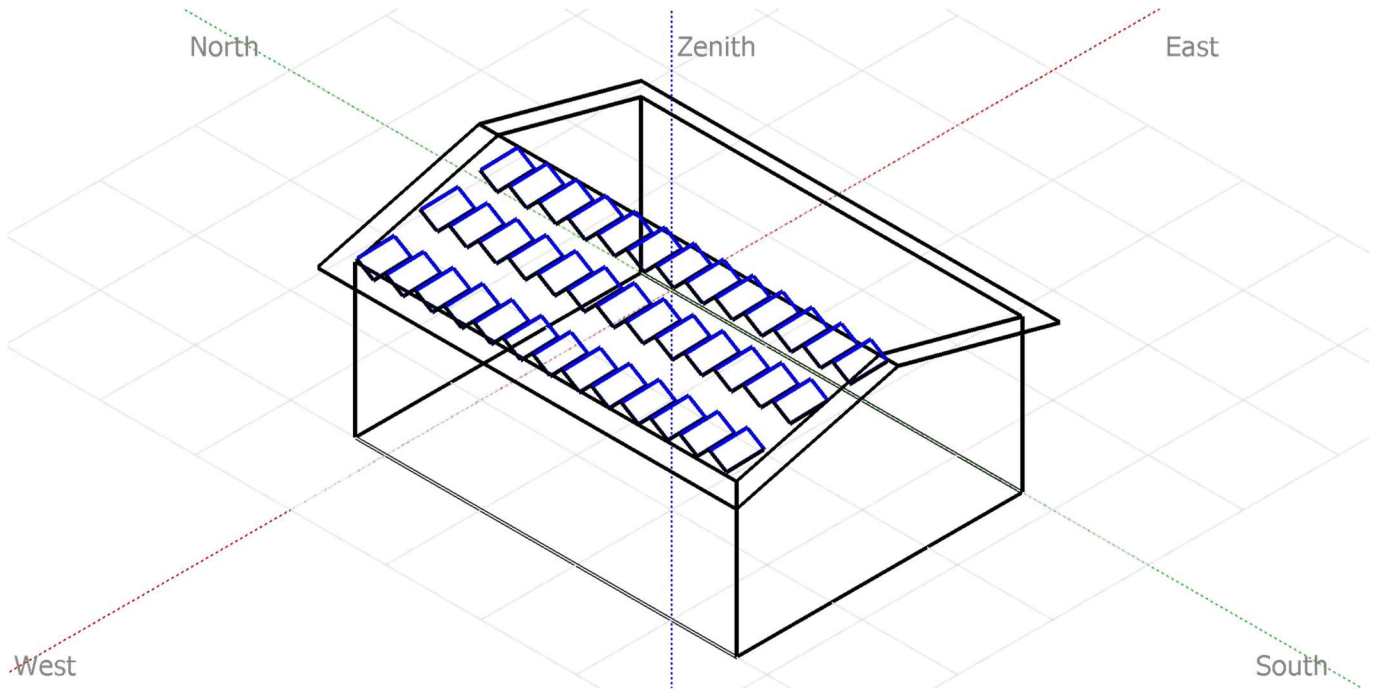
Grid-Connected System: Near shading definition

Project : saray

Simulation variant : 1

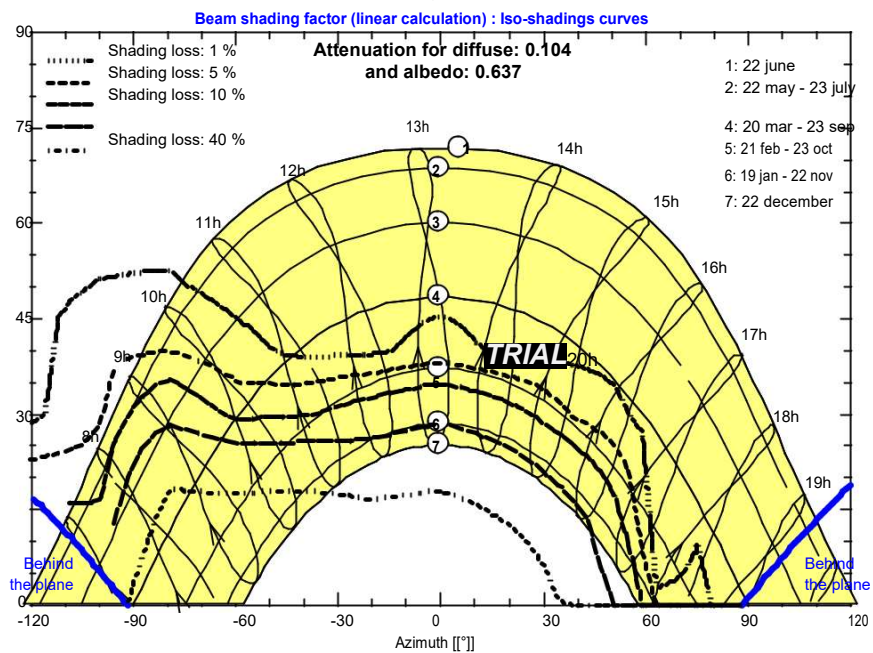
Main system parameters		Sheds on a building	
Horizon		System type	26.3°
Near Shadings		Average Height	33°
PV Field Orientation		Linear shadings tilt	33°
PV modules		Model	HSTxx24250P
PV Array		Nb. of modules	40
Inverter		Model	GW9000-DT
User's needs		Unlimited load (grid)	
		azimuth	-2°
		Pnom	250 Wp
		Pnom total	10.00 kWp
		Pnom	9.00 kW ac

Perspective of the PV-field and surrounding shading scene



Iso-shadings diagram

saray



Grid-Connected System: Main results

Project : saray

Simulation variant : 1

Main system parameters

Horizon

Near Shadings

PV Field Orientation

PV modules

PV Array

Inverter

User's needs

System type **Sheds on a building**

Average Height 26.3°

Linear shadings

tilt 33°

Model HSTxx24250P

Nb. of modules 40

Model GW9000-DT

Unlimited load (grid)

azimuth -2°

Pnom 250 Wp

Pnom total **10.00 kWp**

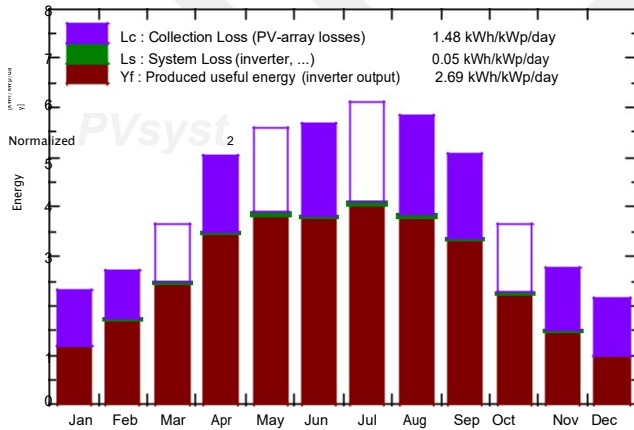
Pnom 9.00 kW ac

Main simulation results

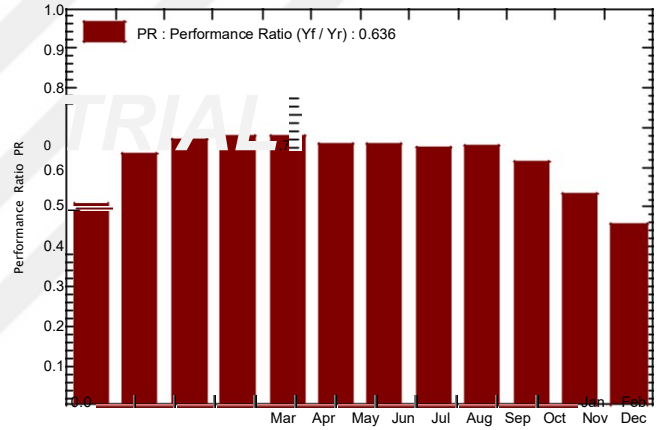
Produced Energy 9.81 MWh/year Specific prod. 981 kWh/kWp/year

Performance Ratio PR 63.60 %

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 10.00 kWp



Performance Ratio PR



1 30.4920.4820.634

PVSYST 58.435.154.8776.0

Balances and main results

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	MWh	MWh	
January	47.2	27.61	4.46	72.0	39.0	0.374	0.366	0.508
February								
March	96.2	56.70	8.46	113.2	83.6	0.774	0.758	0.670
April	140.9	71.31	11.85	151.4	116.1	1.051	1.031	0.681
May	177.4	71.29	17.38	173.1	138.5	1.203	1.180	0.682
June	182.3	83.20	21.70	170.6	133.6	1.150	1.128	0.662
July	199.0	78.60	24.78	190.0	151.4	1.274	1.249	0.657
August	172.6	73.36	24.84	181.1	142.8	1.200	1.177	0.650
September	128.9	54.80	19.63	151.8	118.0	1.014	0.995	0.655
October	85.1	47.67	15.60	112.8	78.4	0.706	0.692	0.614
November	55.4	30.19	10.28	83.5	49.3	0.455	0.445	0.533
December	42.3	26.00	6.05	66.7	32.7	0.312	0.305	0.458
Year	1385.6	655.90	14.22	1542.3	1135.7	10.005	9.809	0.636

Legends: GlobHor Horizontal global irradiation GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
 DiffHor Horizontal diffuse irradiation EArray Effective energy at the output of the array
 T_Amb T amb. E_Grid Energy injected into grid
 GlobInc Global incident in coll. plane PR Performance Ratio

Grid-Connected System: Special graphs

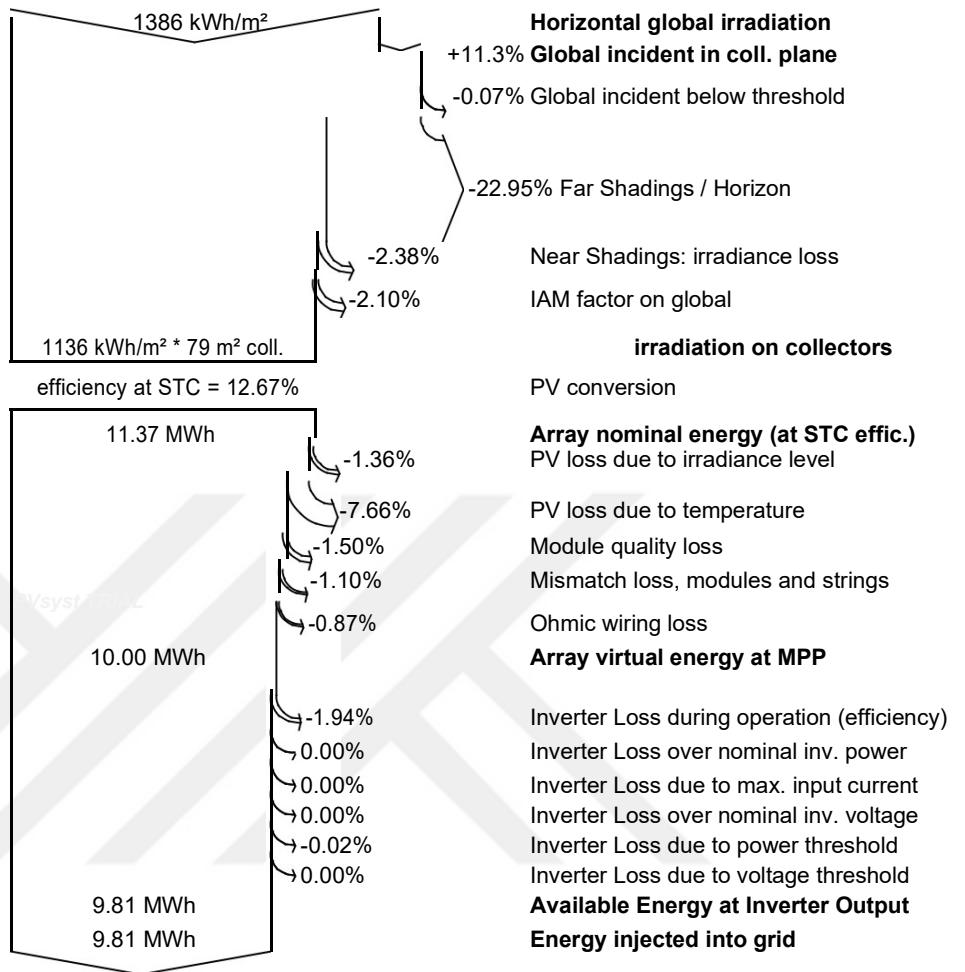
Project : saray

Simulation variant : 1

Main system parameters	System type	Sheds on a building	
Horizon	Average	26.3	
Near	Height	°	
Shadings	Linear		
PV Field Orientation	shadings		
	tilt	33°	azimuth -2°
PV modules	Model	HSTxx24250P	Pnom 250 Wp
PV Array	Nb. of modules	40	Pnom total 10.00 kWp
Inverter	Model	GW9000-DT	Pnom 9.00 kW ac
User's needs	Unlimited load	(grid)	



Grid-Connected System: Loss diagram



GEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı SOYADI: Sara Ahunbay İMRAHOR

Doğum Tarihi ve Yeri: 09.12.1992 /Bakırköy

Yabancı Dil: İngilizce

Öğrenim Durumu:

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mevzuniyet Yılı
Y.lisans	Makine Müh.	Arel Üniversitesi	2020
Üniversite	İmalat Müh.	Gazi Üniversitesi	2017