



T.C.

KİLİS 7 ARALIK ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KİLİS 7 ARALIK ÜNİVERSİTESİNDE KURULACAK BİR
GES PROJESİNİN PVSYST ARACILIĞI İLE TASARIM
VE ANALİZİ**

MEHMET SİNAN ÇINAROĞLU

KİLİS

2021

T.C.
KİLİS 7 ARALIK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

KİLİS 7 ARALIK ÜNİVERSİTESİNDE KURULACAK BİR
GES PROJESİNİN PVSYST ARACILIĞI İLE TASARIM
VE ANALİZİ

MEHMET SİNAN ÇINAROĞLU

DANIŞMAN: Dr. Öğr. Üyesi MUSTAFA NALBANTOĞLU

KİLİS
2021



T.C.
KİLİS 7 ARALIK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAY SAYFASI



Dr. Öğr. Üyesi Mustafa NALBANTOĞLU danışmanlığında, Mehmet Sinan ÇINAROĞLU tarafından hazırlanan “ **Kilis 7 Aralık Üniversitesinde Kurulacak Bir GES Projesinin PVsyst aracılığı ile Tasarım ve Analizi** ” adlı tez çalışması 22.06.2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/çokluğu ile Kilis 7 Aralık Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Bu tezin kabulü, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunun/...../2021 tarih ve/..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Jüri Üyeleri	Unvanı, Adı Soyadı (Kurumu: Üniversite, Fakülte, Ana Bilim Dalı)	İmza
Danışman	Dr. Öğr. Üyesi Mustafa NALBANTOĞLU (Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Elektrik Makinaları Ana Bilim Dalı)	
Üye	Dr. Öğr. Üyesi M. Mikail ÖZÇİLOĞLU (Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Bilimleri Ana Bilim Dalı)	
Üye	Prof. Dr. Metin DEMİRTAŞ (Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Makinaları Ana Bilim Dalı)	

Dr. Öğr. Üyesi Erdinç GÜLCÜ
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ÖZET

KİLİS 7 ARALIK ÜNİVERSİTESİNDE KURULACAK BİR GES PROJESİNİN PVSYST ARACILIĞI İLE TASARIM VE ANALİZİ

Mehmet Sinan ÇINAROĞLU

Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa NALBANTOĞLU

Sayfa: 82

Yıl: 2021

Teknolojideki son zamanlarda yaşanan gelişmeler ve alternatif enerji kaynaklarına duyulan ihtiyaç neticesinde temiz ve sürdürülebilir enerjinin önemi, her geçen gün yapılan çalışmalar ve araştırmalarla birlikte daha iyi anlaşılmaktadır. Bununla birlikte gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler, enerji yatırımlarının büyük bir kısmını, ham maddesi doğa olan yenilenebilir enerji kaynaklarına yapmaktadırlar. Yatırımlar yapılırken göz önünde bulundurulması gereken en önemli parametre ise ülkelerin kendi doğal kaynak potansiyelleridir. Kilis İli, meteorolojik verileri ve arazi yapısı göz önünde bulundurulduğunda fotovoltaik enerji santrallerinin kurulabileceği uygun lokasyonlar arasında yer almaktadır. Kilis İli için güneş enerjisi santralleri konusunda yatırımların yapılabilmesi ve yatırımcıları doğru yönlendirmek amacıyla akademik çalışmalara gereksinim duyulmaktadır. Bu çalışmada; Kilis İlinde bulunan, on-grid üç adet fotovoltaik enerji santralinin, son üç yıla ait enerji üretim değerleri ile PVsyst simülasyon programı aracılığıyla oluşturulan ve bahse konu santrallerle aynı özelliklerdeki sistemlerin verileri karşılaştırılmıştır. Ayrıca; Kilis 7 Aralık Üniversitesinin elektrik ihtiyacının bir kısmının fotovoltaik sistemlerle karşılanması için tasarlanacak Güneş Enerji Santrali'nden (Fotovoltaik GES) üretilebilecek enerji miktarı, simülasyon programında hesaplanmıştır. Yürütülen çalışma da hesap ve analizlerin yapılabilmesi için PVsyst 7.1 simülasyon programı kullanılmıştır.

Anahtar Sözcükler: PVsyst, Güneş enerjisi, Fotovoltaik sistemler, Kilis.

ABSTRACT

DESIGN AND ANALYSIS OF A SPP PROJECT USING PVSYST AT KILIS 7 ARALIK UNIVERSITY

Mehmet Sinan ÇINAROGLU

Department of Electrical Electronics Engineering
Kilis 7 Aralik University, Graduate Education Institute
Supervisor: Assist. Prof. Mustafa NALBANTOGLU

Page: 82

Year: 2021

Importance of clean and sustainable energy with the latest developments in technology and the necessity of alternative energy sources are better understood through continuous studies and research. However, developed and developing countries invest in renewable energy sources. While making these investments, to be considered the most important parameter is the natural resource potential of the countries. Kilis City is one of the suitable locations where solar power plants can be established because of its meteorological data and land structure. Academic studies are needed in order to invest about solar power plants and to encourage investors in Kilis City. In this study; the production values of a grid connected three photovoltaic power plants in Kilis City were compared with data of the system created in PVsyst simulation program with same characteristics as the said power plants. Also, if part of energy of Kilis7 Aralik University is supplied by photovoltaic systems, amount of energy produced by designed system was calculated in the simulation program. In this study; PVsyst 7.1 simulation program has been chosen for calculations and analyzes.

Keywords: PVsyst, Solar energy, Photovoltaic systems, Kilis.

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında; yardımlarını ve desteklerini hiçbir zaman benden esirgemeyen, hep yol gösterici olan danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Mustafa NALBANTOĞLU' na en içten duygularıyla teşekkürlerimi sunarım.

Tüm eğitim hayatım boyunca bana inanan, beni destekleyen maddi ve manevi daima yanımda olan annem Serap ÇINAROĞLU ve babam Ahmet ÇINAROĞLU başta olmak üzere tüm aileme, çalışmalarım esnasında bana gösterdikleri sabır ve desteklerinden dolayı kıymetli eşim Hülya ÇINAROĞLU' na ve sevgili kızım Elif ÇINAROĞLU' na tüm kalbimle teşekkür ederim.

Ayrıca; bu çalışmanın hazırlık safhasında gereken tüm kolaylıkları sağlayan çalışma arkadaşlarıma teşekkürlerimi bir borç bilirim.

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, kullanmış olduğum tüm bilgiler ve yorumlar için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi, hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili bu beyanıma aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

İmza

Mehmet Sinan ÇINAROĞLU

İÇİNDEKİLER

	sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	iv
İÇİNDEKİLER	v
TABLolar DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
RESİMLER DİZİNİ	x
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Amaç	2
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Dünyada Enerji Durumu	6
2.1.1. Türkiye'nin fotovoltaik GES potansiyeli	7
2.1.2. Türkiye'nin fotovoltaik enerji kullanımı	8
2.2. Fotovoltaik GES Sistemleri ve Özellikleri	10
2.2.1. Fotovoltaik hücrelerin yapısı ve çalışma prensipleri	10
2.2.1.1. Fotovoltaik hücre yapısı	10
2.2.1.2. Fotovoltaik hücrelerin çalışma prensipleri	11
2.2.1.3. Fotovoltaik sistemin elektriksel modellemesi	11
2.2.2. Fotovoltaik panellerin verimi	13
2.2.2.1. Verim	13
2.2.2.2. Fill (doluluk) faktörü (FF)	13
2.2.2.3. Kuantum verimi	13
2.2.3. Fotovoltaik panel verim oranı	14
2.2.4. Verimliliği etkileyen parametreler	15
2.2.4.1. Güneş ışınlama faktörü	15
2.2.4.2. Sıcaklığın etkisi	16
2.2.4.3. Rüzgârın hızı ve yönü	16

2.2.4.4.	<i>Fotovoltaik panel yüzeyinin temizliği ve hava kirliliği</i>	16
2.2.4.5.	<i>MPPT (maksimum güç noktası takipçi) etkisi</i>	17
2.2.4.6.	<i>Yansıma kayıpları</i>	17
2.2.4.7.	<i>Mismatch (uyumsuzluk) kayıpları</i>	17
2.2.5.	Güneş enerjisi sistem bileşenleri	17
2.2.5.1.	<i>Fotovoltaik paneller</i>	19
2.2.5.2.	<i>Akü</i>	19
2.2.5.3.	<i>Evirici</i>	20
2.2.5.4.	<i>Transformatör</i>	21
2.2.5.5.	<i>Şarj kontrol cihazı</i>	22
2.2.6.	Fotovoltaik sistemlerin dünyada ve ülkemizdeki güncel durumu	22
2.2.7.	Fotovoltaik sistemler ile üretilen enerji miktarını etkileyen faktörler	23
2.2.8.	Fotovoltaik panellerin binalarda kullanımı	24
2.2.9.	Şebekeye bağlı fotovoltaik GES tasarımı	25
2.2.9.1.	<i>Başvuru süreci</i>	26
2.2.9.2.	<i>Alan seçimi</i>	26
2.2.9.3.	<i>Çevresel etki değerlendirmesi (ÇED) yönetmeliği kapsamında alınması gereken belge</i>	27
2.2.9.4.	<i>Başvuruların derlenmesi ve değerlendirilmesi</i>	28
2.2.9.5.	<i>Tasarımda kullanılacak programlar</i>	28
2.2.9.6.	<i>Tasarımda kullanılan teçhizatlar</i>	28
2.2.9.7.	<i>Mevzuat ve yönetmelikler</i>	29
3.	MATERYAL VE YÖNTEM	30
3.1.	PVsyst 7.1 Paket Programı	30
3.2.	Kilis İli Coğrafi Konumu, İklimi ve Güneş Radyasyonu Değerleri	32
3.3.	Kilis İlinde Bulunan On-Grid Üç Adet Güneş Enerjisi Santrali	33
3.4.	Kilis 7 Aralık Üniversitesi	36
4.	ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	38
4.1.	Kilis İlinde Bulunan On-Grid Üç Adet Güneş Enerji Santralinin PVsyst Programı ile Performans Analizi	38

4.2. Kilis 7 Aralık Üniversitesinde Kurulacak Bir GES Projesinin PVsyst Programı ile Performans Analizi	43
4.3. Kilis 7 Aralık Üniversitesine Kurulacak GES Projesinin Ekonomik Durumu	44
4.4. Kilis İlinde Bulunan On-Grid Üç Adet Güneş Enerji Santrali Üretim Verileri ile PVsyst Simülasyon Programı Sonuç Raporunun Karşılaştırılması ve Analizi.....	47
4.5. Kilis 7 Aralık Üniversitesinde Kurulacak Bir GES Projesine Ait PVsyst Sonuç Raporunun Teknik ve Ekonomik Analizi	54
4.5.1. Teknik analizi	54
4.5.2. Ekonomik analizi.....	56
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	58
6. KAYNAKLAR.....	61
EKLER	67
EK-1 Akdemir GES Fotovoltaik Enerji Santraline Benzer Oluşturulan Sisteme Ait PVsyst Simülasyon Programının Verdiği Sonuç Raporu.....	67
EK-2 Ataoğlu GES Fotovoltaik Enerji Santraline Benzer Oluşturulan Sisteme Ait PVsyst Simülasyon Programının Verdiği Sonuç Raporu.....	70
EK-3 Geylan Enerji GES Fotovoltaik Enerji Santraline Benzer Oluşturulan Sisteme Ait PVsyst Simülasyon Programının Verdiği Sonuç Raporu	73
EK-4 Kilis 7 Aralık Üniversitesi GES Sistemine Ait PVsyst Simülasyon Programının Verdiği Sonuç Raporu	76
ÖZGEÇMİŞ	82

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 2.1.Ülkelerin 2020 yılı sonu yenilenebilir elektrik kurulu güç kapasiteleri	7
Tablo 2.2.Türkiye'nin yıllık güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı	8
Tablo 2.3.Türkiye'de bulunan enerji üretim santrallerinin 2020 yılı sonu itibariyle kaynaklara göre dağılımı	9
Tablo 2.4.Evirici tiplerinin piyasa dağılımları ve verimlilikleri	21
Tablo 2.5.En fazla güneş enerjisi kurulu güce sahip 5 ülke	23
Tablo 3.1.Santrallere ait konum ve arazi büyüklükleri bilgileri	33
Tablo 3.2.Santrallerdeki panel ve inverterlere ait marka/model ve adet bilgileri.....	34
Tablo 3.3.Akdemir GES santralının 2018,2019 ve 2020 yıllarına ait üretim değerleri..	34
Tablo 3.4.Ataoğlu GES santralının 2018,2019 ve 2020 yıllarına ait üretim değerleri ...	35
Tablo 3.5.Geylan Enerji GES santralının 2018,2019 ve 2020 yıllarına ait üretim değerleri	35
Tablo 3.6.PVsyst programına tanıtılan panelin özellikleri	37
Tablo 3.7.Kilis 7 Aralık Üniversitesi aylık enerji tüketim değerleri (MWh)	37
Tablo 4.1.PVsyst tarafından üretilen sentetik ışıınım verileri (kWh/m ² /ay).....	40
Tablo 4.2.Santral için üretilen sentetik veriler (kWh/m ² /yıl).....	43
Tablo 4.3.Santrallerin son üç yıllık üretim değerleri ve PVsyst üretim verileri	50
Tablo 4.4.PVsyst raporunda yer alan santrale ait parametreler	56

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.Türkiye'nin 2020 yılı sonu itibariyle elektrik enerjisi kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı	9
Şekil 2.2.Bir güneş paneli veriminin yıllara göre değişimi	15
Şekil 2.3.Türkiye'nin yıllara göre kurulu güç gelişimi.....	22
Şekil 3.1.Kilis İline ait aylık ortalama güneş radyasyonu değerleri	33
Şekil 4.1.Meteonorm 7.3 ile üretilen sentetik verilerin MGM ve GEPA ile karşılaştırılması.....	40
Şekil 4.2.Santrallere ait üretim değerleri ile PVsyst verilerinin karşılaştırılması.....	51
Şekil 4.3.PV panel tipi-alan-üretilebilecek enerji miktarı (GEPA, 2021)	52
Şekil 4.4.Santrallere ait üç yıllık enerji üretim değerleri ile PVsyst sonuçları ve EİGM verilerinin karşılaştırılması	53
Şekil 4.5.Kilis 7 Aralık Üniversitesine ait aylık tüketim ve üretim verilerinin karşılaştırılması.....	56
Şekil 4.6.Üretimin tüketimi karşılama oranı.....	57

RESİMLER DİZİNİ

Resim 2.1.Fotovoltaik hücre eşdeğer devre modeli.....	11
Resim 2.2.Fotovoltaik sistemin I-V karakteristik eğrisi	12
Resim 2.3.Şebekeden bağımsız fotovoltaik sistem.....	18
Resim 2.4.Şebekeye bağlı fotovoltaik sistem	18
Resim 3.1.PVsyst simülasyon programına ait açılış ekranı görüntüsü.....	31
Resim 3.2.Santralin kurulmasının planlandığı bölge.....	36
Resim 4.1.Grid-Connected bölümü	39
Resim 4.2.PVsyst programında coğrafi bilgilerin girilmesi	39
Resim 4.3.Sisteme ait panel eğim ve azimut açılarının belirlenmesi	41
Resim 4.4.PVsyst programında panel ve inverter seçimi	42
Resim 4.5.Panele ait verilerin PVsyst programına tanımlanması.....	44
Resim 4.6.PVsyst programında ekonomik analiz sekmesi	45
Resim 4.7.PVsyst simülasyon programına maliyet değerlerinin tanımlanması	46
Resim 4.8.Santrallere ait kayıp diyagramları.....	48
Resim 4.9. Santrale ait kayıp diyagramı	55

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

1. Simgeler

A_Q	: Panel etkin alanı (cm^2)
E_{ac}	: Elektrik enerjisinin belirli bir zamanda üretilen değeri (kWh)
GW	: Giga watt
H	: Panellerin üzerine düşen küresel ışıınım değeri (kWh/m^2)
I	: Akım şiddeti (A)
I_0	: Karanlık akım (A)
I_{e0}	: Yarı iletken doygun delik akımı (A)
I_e	: Yarı iletken delik akımı (A)
I_{kd}	: Kısa devre akımı (A)
I_{stc}	: STK koşullarında ki güneş radyasyon değeri (kWp/m^2)
kVA	: Kilo volt amper
kW	: Kilo watt
kWp	: Kilo watt peak
MW	: Mega watt
m^2	: Metre kare
P_{in}	: Panel girişi ölçülen güç (W)
P_m	: Panel çıkışı maksimum güç (W)
P_{nom}	: Sistemin toplam gücü (kWp)
V_{Ad}	: Açık devre gerilimi (V)
q	: Elektron yükü (eV)
η	: Güneş pilinin verimi
λ	: Solar aydınlanma (cd)
Γ	: Foton akısı (eV/cm^2)
$^{\circ}\text{C}$	: Santigrat derece
$^{\circ}\text{E}$	: Boylam
$^{\circ}\text{N}$	: Enlem

2. Kısaltmalar

AA	: Alternatif Akım
ÇED	: Çevresel Etki Değerlendirme
DA	: Doğru Akım

EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
EİGM	: Enerji İşleri Genel Müdürlüğü
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
FF	: Fill (Doluluk) Faktörü
FV	: Fotovoltaik
GEPA	: Güneş Enerji Potansiyel Atlası
GES	: Güneş Enerjisi Santrali
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MGNİ	: Maksimum Güç Noktası İzleyicisi
MPPT	: Maximum Power Point Tracking
PV	: Photovoltaic
RES	: Rüzgâr Enerjisi Santrali
SPO	: Sistem Performans Oranı
SPP	: Solar Power Plant
STK	: Standart Test Koşulları
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TKGM	: Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü
YEK	: Yenilenebilir Enerji Kanunu

1. GİRİŞ

Yeryüzünde; yaşamın sürdürülebilmesi için ihtiyaç duyulan en önemli unsur kuşkusuz enerjidir. Nerede ve nasıl yaşanıldığına bakılmaksızın; hayatımız ve günlük davranışlarımız, enerji tüketiminden kazanılan yararlar ve girdiler ile çevrilmiştir. Yeryüzünde yaşamın başlangıcından bu yana enerji birbirinden farklı kaynaklardan üretilmekte ve farklı şekillerde kullanılmaktadır (Akkaş ve Çam, 2020).

Günlük yaşantımızı devam ettirebilmek için ihtiyaç duyduğumuz enerji kaynaklarına örnek vermek gerekirse; evlerin ısıtılması için dizel veya benzin gibi petrol ürünleri, aydınlatma için elektrik ve bu elektriği üretebilmek için birbirinden farklı enerji kaynakları kullanılmaktadır. Enerji kaynakları yenilenebilir ve geleneksel enerji kaynakları olarak sınıflandırılmaktadır. Enerjinin kaynağını maddeler oluşturmaktadır (Bozkurt ve Kurtoğlu, 2014).

Fosil yakıtların; doğamız ve insanoğlu için birçok olumsuz yönü vardır. Hava kirliliğine, küresel ısınmaya, iklim değişikliklerine, oksijen miktarının azalmasına, karbondioksit oranının artmasına ve asit yağmurlarına sebep olmaları en büyük zararlarıdır. Bunlara ek olarak fosil yakıtlardan etrafa saçılan zehirli gazlar nedeniyle insan sağlığı üzerinde olumsuz etki bırakmaktadır (Yılmaz ve Öztürkmen, 2018).

Yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi, temiz ve sürdürülebilir olması sebebiyle her geçen gün artmaktadır. Çevreye karşı zararsız oluşları, kaynağı doğa olduğu için sürdürülebilir olması en önemli avantajlarıdır. Bununla beraber ilk kurulum maliyetlerinin yüksek olması ve verimlerinin istenilen seviyeye henüz gelmemesi ise en büyük dezavantajlarıdır. Ancak bu dezavantajlar, sürekli yapılan yeni çalışmalar ile giderilmektedir (Öymen, 2020).

Günümüze kadar yapılmış olan çalışmalar neticesinde bulunmuş yenilenebilir enerji kaynakları; güneş, rüzgâr, biokütle, jeotermal, hidrolik ve hidrojen olarak sınıflandırılabilir. Yaşadığımız coğrafyanın konumu ve potansiyeli düşünüldüğünde şüphesiz ki ülkemiz için en önemli enerji kaynağı, güneş enerjisi (fotovoltaik GES) sistemleridir (Bozkurt ve Kurtoğlu, 2014).

1.1. Amaç

Yenilenebilir enerji kaynaklarına olan farkındalığın arttırılması, tasarımların akademik verilere ve bilimsel temellere dayandırılarak yapılabilmesi için bu konuda ki çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Güneş enerjisi sistemlerine yapılacak yatırımlar için öncesinde fizibilite çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Günümüzde bu incelemeler, bazı bilgisayar programları vasıtasıyla yapılabilmektedir (Bilhan ve Emikönel, 2021).

Bu çalışmada; Kilis ilinde yer alan ve üretim yapan on-grid üç adet fotovoltaiik enerji santralinin, PVsyst 7.1 paket yazılım programı ile analizi yapılmıştır. Çalışmanın daha iyi sonuç verebilmesi için bu santraller; birbirlerine yakın güç değerlerinde seçilmiş ve son üç yıla ait üretim verileri kullanılmıştır. Analizi yapılan tesislerin, aktif olarak çalışan fotovoltaiik enerji santralleri olması sebebiyle bilgisayar analizleri ile gerçek üretim değerleri karşılaştırılmıştır.

Bununla birlikte çalışmada; Kilis 7 Aralık Üniversitesinin elektrik ihtiyacının fotovoltaiik sistemlerle karşılanmasının istenmesi durumunda, tasarlanacak sistemden üretilebilecek enerji miktarının simülasyon ortamında analiz edilmesi amaçlanmaktadır. Fakültenin coğrafi konumu PVsyst programında işaretlenerek Yerleşkenin bulunduğu bölgenin meteorolojik verileri, simülasyon aracında gömülü olan bir veri tabanından üretilmektedir. Tasarlanan fotovoltaiik GES' in performans analizi yapılmıştır. Analiz sonucu oluşan çıktılar ilk yapılan çalışma neticesinde ortaya çıkan simülasyon sonucu da dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

Bu yönüyle çalışmanın, bölgede fotovoltaiik GES konusunda yatırım yapmayı planlayan yatırımcıya ışık tutacağı değerlendirilmektedir. Ayrıca çalışma; incelenen fotovoltaiik GES' lerin, bulunduğu Kilis İli için büyük önem taşımaktadır. Kilis İli; coğrafi konumu ve potansiyeli bakımından fotovoltaiik enerji santrali konusunda çalışmaların yapılması gereken yerlerin başında gelmektedir. Bu alanda yapılacak çalışmalara bir kaynak olabilmek amaçlamaktadır.

2. GENEL BİLGİLER

Güneş enerjisine gösterilen ilgi her geçen gün artmaktadır. Bu konuda birçok akademik çalışmalar mevcuttur. Yapılan incelemeler ile birlikte çalışmaya ışık tutabilecek literatür taraması yapılmıştır.

Çolak (2010) yılında yaptığı çalışmasında; fotovoltaik enerji sistemlerinden elektrik elde edilmesi konusunu, çalışmanın yapıldığı dönemin özelliklerini de göz önünde bulundurarak, farklı coğrafi bölgeler için incelemiş ve maliyet hesaplarını yapmıştır. Fotovoltaik santral kurulması durumunun fizibilite çalışmalarında dikkat edilmesi gereken parametreleri belirtmiştir. Bu konuda ki mevzuat hakkında bilgi vermiştir. Fotovoltaik paneller hakkında bilgi vermiş ve beş farklı lokasyonda 10 MW güce sahip santralin kurulması durumunu PVsyst programı ile analiz etmiştir. Çalışmanın yapıldığı dönemin koşulları dikkate alındığında, o gün ki teknoloji ve imkânlar dâhilinde yatırımcının fotovoltaik enerji sistemlerine yatırım yapması durumunda zarara uğrayacağını belirtmiştir.

Öztürk ve Dursun (2011) yılında yaptıkları çalışmalarında; sistem bileşenlerini, bu bileşenlerin seçiminde dikkat edilmesi gereken durumları ve güneş enerjisi sistem analizini yapmışlardır. 2, 10 ve 20 kVA gücünde üç farklı sistemin şebekeye bağlı oldukları durum ile bağlı olmadıkları durumları irdelemişlerdir.

Eke (2012) yılında yaptığı çalışmasında; Muğla Sıtkı Kocaman Üniversitesi'ne yerleştirilen aynı bileşenlere ve güce sahip iki fotovoltaik sistemden ölçülen değerleri simüle etmiştir. Üretilen değerler ile simülasyon sonucu ortaya çıkan sonuçları karşılaştırmıştır. Bu vesile ile iki değer arasında %5 ten daha az fark olduğu ortaya çıkmıştır. Çalışmada, fotovoltaik sistem ilk olarak 28° sabit açıda tutulmuştur. Daha sonra iki eksenli güneş takip sistemi ile güneşin azimut ve solar altitude açıları takip edilerek ölçümler alınmıştır. Elde edilen sonuçlar karşılaştırılınca, iki eksenli güneş takip sistemiyle %30,79 daha fazla elektrik üretildiği belirtilmiştir.

Keskin (2012) yılında yaptığı çalışmasında; Türkiye'nin farklı coğrafi bölgelerinden seçmiş olduğu yedi şehir için birbirinden farklı fotovoltaik paneller kullanarak şebekeden bağımsız enerji depolamalı fotovoltaik sistem modellemeleri gerçekleştirmiş ve maliyet

analiz çalışmalarını yapmıştır. Çalışmasında PVsyst simülasyon programını seçmiştir. Çalışma sonucu elde edilen bulgular irdelenmiştir.

Sekuçoğlu (2012) yılında yaptığı çalışmasında; güneş enerji sistemi, rüzgâr enerji sistemi ve hibrit sistemler vasıtasıyla elektrik enerjisinin üretimini incelemiştir. Sistemlerin tasarlanması ve karşılaştırılmasını yapmış bununla birlikte ekonomik analizlerini ortaya koymuştur. Sistemin tasarımını ve sistemlere ait teknik-ekonomik analizin yapılması için PVsyst ve HOMER programlarını kullanmıştır. Çalışma bölgeleri olarak Belen, Karaman, Kırklareli, Konya, Gelibolu ve Sinop seçilmiştir. Sistemleri, on-grid ve off-grid olarak irdelenmiştir. Şebekeden bağımsız hibrit sistemlerin diğer iki sisteme nazaran ekonomik olduğunu ortaya koymuştur. Şebekeye bağlı sistemleri ise tarifelerini garanti durumuna göre incelemiş tarife garantili sistemin daha ekonomik olduğu sonucuna varmıştır.

Turhan ve Çetiner (2012) yılında yaptıkları çalışmalarında; binalardaki fotovoltaik enerji sistemlerinin performanslarını etkileyen parametreler hakkında bilgi vermişlerdir. Bahsettikleri parametreler ise bina konumu ve yüzey eğim açısı, gölge durumu, panel çeşidi, yapılan bakımlar ve temizliktir. Türkiye ve dünyadaki benzer uygulamalara örnekler vermiş ve bu kurulu sistemleri çalışmalarında incelemiştir. Çalışmalarındaki amaç; fotovoltaik enerji sistemleri hakkında çalışma yapacak veya tasarlayacak olan kişilere, tasarlayacakları sistemden yüksek ölçüde performans elde edebilmeleri için yardımcı olmaktır.

Bouzguenda vd. (2014) yılında yaptıkları çalışmalarında; Suudi Arabistan'da bulunan King Faisal Üniversitesi Mühendislik Fakültesi binasının çatısına, 2 kW kurulu güce sahip fotovoltaik enerji sistemi kurulmasının istenilmesi durumunun analizini PVsyst programı ile simüle etmişlerdir. Çalışmanın yürütüldüğü sırada, coğrafik durumlar ve sisteme yakın bulunan ağaçların etkilerini de dikkate almışlardır. Ancak çalışma neticesinde; çevre binaların ve ağaçların sistem üzerinde bir etkisinin olmadığını ortaya koymuşlardır. Yaz aylarında hava sıcaklığının çok yüksek olmasından dolayı sistem veriminin %16 kadar düştüğünü gözlemlemişlerdir.

Ekici ve Gülten (2015) yılında yaptıkları çalışmalarında; Elazığ ilindeki bir binanın çatısına fotovoltaik enerji sistemi kurulmasının istenilmesi durumunun tekno-ekonomik

analizini yapmışlardır. Bu analiz yapılırken bölgeye ait aylık ortalama ve yayılı güneş ışınımı değerlerini hesaplarken MATLAB programını kullanmışlardır. Sistemden üretilcek elektrik enerjisini hesaplarken PVsyst paket programını kullanmışlardır.

Irwan vd. (2015) yılında yaptıkları çalışmalarında; PVsyst programı yardımı ile şebekeden bağımsız çalışan bir güneş enerjisi sisteminin analizini yapmışlardır. Çalışmalarında şebekeden bağımsız sistem tasarlamakla birlikte senelik enerji üretiminin öngörülebilmesi için simülasyon programının kullanılması gerektiğini aktarmışlardır. Fotovoltaik paneller ile üretilen enerjinin kullanılabilir olan miktarı ve kullanılamayan çeşitli kayıpları göstermişlerdir.

Romaliya (2015) yılında yaptığı çalışmasında; Gucerat'ın Shapur kasabasına 1 MW'lık güce sahip bir fotovoltaik enerji santralinin kurulması durumunu, PVsyst programı ile analiz etmiştir. Çalışma sonucunda en yüksek solar radyasyon miktarına, panel eğim açısının bölgenin enlem açısına eşit olduğunda ulaşıldığını tespit etmiştir.

Haydaroğlu ve Gümüş (2016) yılında yaptıkları çalışmalarında; Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesinde yer alan 250 kWp kurulu gücündeki fotovoltaik enerji sisteminin analizini PVsyst simülasyon programı vasıtasıyla yapmışlardır. Ayrıca elde ettikleri bulguları, standartlarca belirlenen performans kriterlerine uygunluğunu irdelemişlerdir. Bununla birlikte; gerçek üretim değerleri ve PVsyst programının çıktılarını karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak; Aralık ve Ocak aylarında ki sonuçların birbirlerinden uzak fakat Şubat, Mart ve Nisan aylarında ki sonuçların birbirlerine yakın olduğunu ortaya koymuşlardır.

Nuhoğlu (2017) yılında yaptığı çalışmasında; Necmettin Erbakan Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mekanik Atölye bahçesinde yaptığı ölçümler ile tek eksen güneş takipli bir sistem ile sabit verimli bir enerji sistemin verimlerini kıyaslamıştır. Böylece aynı iki adet 255 W güce sahip güneş enerjisi panel sisteminin birlikte çalışması durumunu incelemiştir. Yaptığı ölçümler neticesinde tek eksenli güneş takip sisteminin %23 daha fazla verime sahip olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Sadikoğlu (2018) yılında yaptığı çalışmasında; Türkiye'de lisanslı ve lisanssız güneş enerji santral kurulması istenilmesi durumundaki süreçleri anlatmıştır. Daha sonra örnek olarak 1 MW gücünde fotovoltaik enerji santrali için tozlanmanın performans üzerindeki

etkileri ve maliyet değerlendirmeleri hakkında bilgi vermiştir. Fotovoltaik enerji sistemlerinin projelerinde kullanılan simülasyon programlarının yanılma yüzdelerine yer vermiştir.

şimşek (2018) yılında yaptığı çalışmasında; fotovoltaik GES' lerde verimliliği etkileyen faktörleri ortaya koymak için çeşitli yöntemlere değinmiştir. Gölbaşı ve Torbalı' da bulunan santrallerin performans değerlerini hesaplamıştır. alışmasında hesapları yapmak üzere PVsyst programını kullanmış ve gerçek değerler ile simülasyon sonucu bulunduğu değerleri karşılaştırmıştır. Sonuçların birbirine yakın olduğu neticesine varmıştır.

2.1.Dünyada Enerji Durumu

Enerji, şüphesiz ki ekonomik ve sosyal açıdan; yaşam standartlarında ve ölke gelişiminde ilerlemeyi sağlayan en önemli faktörlerden biridir. Sanayi de yaşanan büyük gelişmeler ve değişimlerle birlikte dünya nüfusundaki hızlı artış sonucunda enerjiye duyulan ihtiyaç da artmaktadır (Koç ve Kaya, 2015).

Günümüz yaşamında vazgeçilmez hale gelen enerji gereksinimi, geçmiş dönemlerde fosil kaynaklardan (petrol, kömür vb.) sağlanmakta idi. Ancak fosil yakıtların tükenebilir olduğu ve doğa üzerindeki olumsuz etkilerinin bulunduğu bilinmektedir. Günümüzdeki teknolojik gelişmeler ve artan ihtiyaçlar neticesinde, toplumlar ve kurumlar, temiz ve sürdürülebilir enerji arayışına gitmişlerdir. Enerji de dışa bağımlılığın da önüne geçmek için dünyanın birçok noktasında yenilenebilir (güneş, rüzgâr vb.) enerji kaynakları tercih edilmektedir (Karaoğlu, 2018).

Yenilenebilir enerji kaynakları; güneş, rüzgâr, hidrojen, biokütle, jeotermal, dalga ve hidrolik olarak sınıflandırılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, gelişmiş ve gelişmekte olan ölkelerde gerekli araştırmalar ve çalışmalar sonucunda, giderek artmaktadır. 2020 yılı sonu itibariyle, yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik kurulu güç kapasitelerinin ölkelere göre dağılımı Tablo 2.1.'de verilmiştir (Kapluhan, 2015).

Tablo 2.1.Ülkelerin 2020 yılı sonu yenilenebilir elektrik kurulu güç kapasiteleri

Enerji Kaynakları	Çin	ABD	Hindistan	Almanya	Türkiye	Avrupa	Dünya
Hidrolik	313	80	47	5,6	27,2	127	1114
Rüzgâr	188	89	33	56	6,8	169	539
Biyoenerji	15	16,7	9,5	8	0,63	40	122
Güneş PV	131	51	18,3	42	3,42	108	442
Güneş Termal	0	1,7	0,2	0	0	2,3	4,9
Jeotermal	0	3,6	0	0	1,06	0,9	13,5
Toplam	647	242	108	111,6	39,11	447,2	2235,4

Türkiye'nin yenilenebilir enerji ile ürettiği elektrik enerjisi miktarı; 2020 yılı sonu itibarıyla 39,11 GW değerindedir. Elektrik üretiminin toplamına bakıldığında zaman, enerji ihtiyacının yaklaşık olarak %32' si yenilenebilir enerji kaynakları ile sağlanmaktadır (Karagöl ve Kavaz, 2017). Güneş enerjisinin ülkemizde ki yıllara sair kullanım miktarına bakıldığında; gelişmekte olduğu ve yaygınlaşmaya devam ettiği belirtilebilir.

2.1.1. Türkiye'nin fotovoltaik GES potansiyeli

Türkiye; bulunduğu coğrafi konum sebebiyle, güneş enerjisi potansiyeli bakımından birçok ülkeye nazaran avantajlı durumdadır (Şahin, 2011). Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) tarafından yapılan çalışma ile Türkiye için ortalama yıllık toplam güneşlenme süresinin 2640 saat, (günlük toplam 7.2 saat) ve ortalama ışıyım şiddeti miktarının ise 1311 kWh/m²-yıl (günlük toplam 3.6 kWh/m²) olduğunu belirlenmiştir (Kamil ve Talha, 2006). Tablo 2.2.' de Türkiye'nin yıllık güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı verilmiştir. Buna göre ülkemizin en fazla güneş enerjisi alan bölgesi Güney Doğu Anadolu bölgesidir.

Tablo 2.2.Türkiye’nin yıllık güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı

Bölge	Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m ² -yıl)	Güneşlenme Süresi (Saat/yıl)
Güney Doğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971

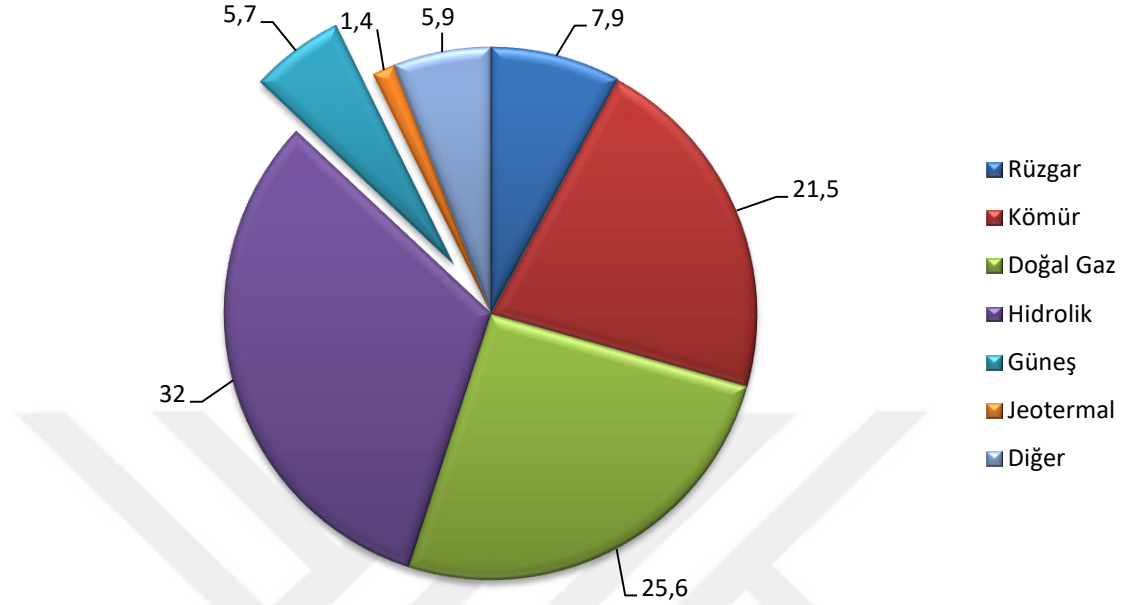
2.1.2. Türkiye’nin fotovoltaik enerji kullanımı

Türkiye’de güneş enerjisi yaygın olarak ısıtma ve elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanılmaktadır. Türkiye de güneş enerjisi ile elektrik enerjisi üretimi, bu konu da yapılan araştırmalar ve yatırımlarla birlikte her geçen gün biraz daha artmaktadır (Özçelik vd., 2020).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının verileri incelendiğinde; ülkemizin 2020 yılı sonu itibariyle elektrik enerjisi kurulu gücü 88551 MW olduğu görülmektedir. Ülkemizdeki elektrik enerjisi kurulu gücün kaynaklara göre dağılımı şekil 2.1.’ de verilmiştir. Fotovoltaik GES ile üretilen güç, toplam kurulu güç ile kıyaslandığında; güneş enerjisine dayalı kurulu güç, tüm kurulu güce %5,7 oranında katkı sağlamaktadır (T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK), 2020).

Türkiye’de lisanssız güneş enerji santralleri de dâhil olmak üzere 2020 yılı sonu itibariyle toplam 7423 tane enerji santrali mevcuttur. Bu santrallerin %79’u güneş enerji santralleridir. Türkiye’de bulunan santrallerin kaynaklara göre dağılımı tablo 2.3’te

verilmiştir. Santral sayılarına lisanssız güneş enerji santralleri de dâhildir (Aksangör, 2019).



Şekil 2.1.Türkiye'nin 2020 yılı sonu itibariyle elektrik enerjisi kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı

Tablo 2.3.Türkiye'de bulunan enerji üretim santrallerinin 2020 yılı sonu itibariyle kaynaklara göre dağılımı

Kaynak	Güneş	Hidrolik	Doğal Gaz	Rüzgâr	Jeotermal	Kömür	Diğer
Santral Sayısı (Adet)	5868	653	320	249	48	42	243

2020 yılı sonu itibariyle Türkiye'de faal halde 5868 adet güneş enerjisi ile elektrik enerjisi üretimi yapan santral bulunmaktadır. Bu santrallerin toplam kurulu gücü 5063 MW' a kadar ulaşmaktadır. Lisanssız güneş enerjisi santrallerin yaklaşık olarak %98' i bu kurulu gücü oluşturmaktadır. Güneş enerji santrallerinin yaklaşık olarak %2' si lisanslıdır (EPDK, 2020).

2.2.Fotovoltaik GES Sistemleri ve Özellikleri

Fotovoltaik GES sistemleri, güneş enerjisini elektrik enerjisine çeviren sistemlerdir. Güneş hücreleri fotovoltaik sistemin temel bileşenidir. Güneş hücrelerinden, farklı bağlantı şekilleri ile daha fazla gerilim, akım ya da güç elde etmek mümkündür. Güneş hücrelerinin birbirleri ile seri veya paralel olarak bağlanması ile oluşan yapı modül olarak adlandırılmaktadır. Fotovoltaik paneller, birbirleri ile seri ya da paralel olarak bağlanarak fotovoltaik dizi oluşturur (Şimşek, 2018).

2.2.1. Fotovoltaik hücrelerin yapısı ve çalışma prensipleri

2.2.1.1.Fotovoltaik hücre yapısı

Yarı iletken malzemelerden oluşmuş ve zıt kutuplara sahip iki katman, fotovoltaik hücrenin temel yapısını oluşturmaktadır. Silisyum, kadmiyum tellür, galyum arsenit gibi maddeler yarı iletken malzemelerin katman üretiminde kullanılmaktadır. Güneş hücreleri, üretim yöntemlerine ve üretildikleri yarı iletken malzemeye göre çeşitlendirilmektedirler (Aksangör, 2019).

Silisyum doğada en çok bulunan yarı iletken maddelerden biridir. Dolayısıyla; fotovoltaik hücre üretimlerinde en çok kullanılan malzemelerdendir. Bu hücreler; kristal silisyum güneş hücreleri olarak isimlendirilmektedirler. Silisyum, doğada saf halde bulunmadığından kristal silisyum güneş hücrelerinin üretilme maliyetleri yüksektir. Kristal silisyum güneş hücreleri, üretim yöntemlerine göre polikristalin ve monokristalin olarak sınıflandırılmaktadırlar. Polikristalin güneş hücrelerinin üretim maliyetleri monokristalin güneş hücrelerine nazaran daha düşüktür. Bu nedenle polikristalin güneş hücreleri daha çok tercih edilmektedirler (Uçar, 2018).

Fotovoltaik hücre çeşitlerinden bir diğeri ise ince film fotovoltaik hücrelerdir. Bu tip hücreler, fotovoltaik enerji piyasasında en az tercih edilen hücre çeşitlerindendir. Güneşten gelen ışınlamaları yüksek miktarda soğurabilmelerine rağmen verimleri oldukça düşüktür. Bu hücre tipleri, 1 mikron kalınlıkla üretilmektedir. Ancak; maliyetleri ve verimleri düşüktür. Ayrıca istenilen miktarda enerji üretebilmek için fazla alana yerleştirilmelilerdir (Güner ve Muharremoğlu, 2020).

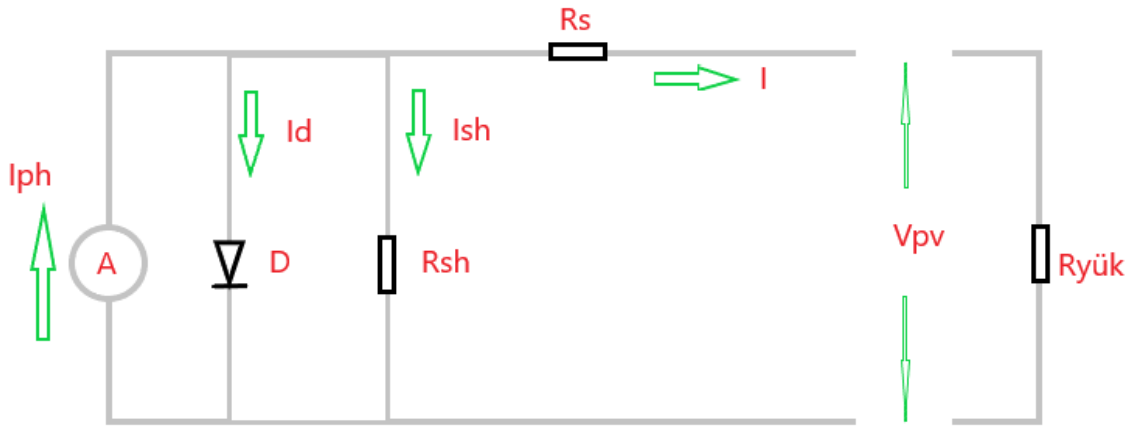
2.2.1.2.Fotovoltaik hücrelerin çalışma prensipleri

Fotovoltaik pillerin temel maddesi olan silisyum gibi yarı iletkenler; bor, alüminyum, fosfor, indiyum vb. maddelerle katkılanarak p veya n tipi yarı iletken malzemelere dönüştürülürler (Yücel, 2016).

Fotovoltaik pillerin çalışma prensibi, fotovoltaik ilke ile izah edilebilir. Fotovoltaik hücre üzerine düşen foton, yarı iletken malzeme tarafından soğurulur. Bu işlem ile güneş enerjisinin sahip olduğu enerji, hücreye aktarılır. Güneş pili üzerine düşen foton, yapısında daha çok elektron bulunduran p tipi yarı iletken malzemeden elektron koparır. P tipi yarı iletken malzemeden kopan elektron, içeriğinde daha az sayıda elektron bulunan n tipi yarı iletken malzemeye doğru akar. Elektronların yapmış olduğu bu hareketin tersi yönünde akım oluşur. Sonuç olarak DC enerji üretilmiş olur (Başay vd., 2019).

2.2.1.3.Fotovoltaik sistemin elektriksel modellemesi

Panellerin karakteristiklerini inceleyebilmek için fotovoltaik hücre eşdeğer devre modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen modelde elemanlar gerçeğe yakın bir şekilde tasarlanmıştır. Literatürde yaygın olarak kullanılan fotovoltaik hücre eşdeğer devresi resim 2.1.' de verilmiştir (Irwan vd., 2015).



Resim 2.1.Fotovoltaik hücre eşdeğer devre modeli

Burada I_{ph} foton enerjisi ile üretilen akımı, I_d diyot akımını, I_{sh} sızıntı akımını, R_{sh} paralel bağlı direnci, R_s seri bağlı direnci, $R_{yük}$ yük direncini ve V_{pv} fotovoltaik hücre gerilimini simgelemektedir (Başay vd., 2019).

Eşdeğer devreye Kirchhoff akımlar kanunu uygulanırsa;

$$I_{ph} - I_d - I_{sh} = 0 \quad (2.1)$$

Diyot akımı, elektronlar ve boşluklar tarafından oluşturulan akımların toplamıdır.

$$I_d = I_e + I_h \quad (2.2)$$

$$I_e = I_{e0} \times (e^{\frac{qV_d}{T_{kb}}} - 1) \quad (2.3)$$

$$I_{ph} = I_{h0} \times (e^{\frac{qV_d}{T_{kb}}} - 1) \quad (2.4)$$

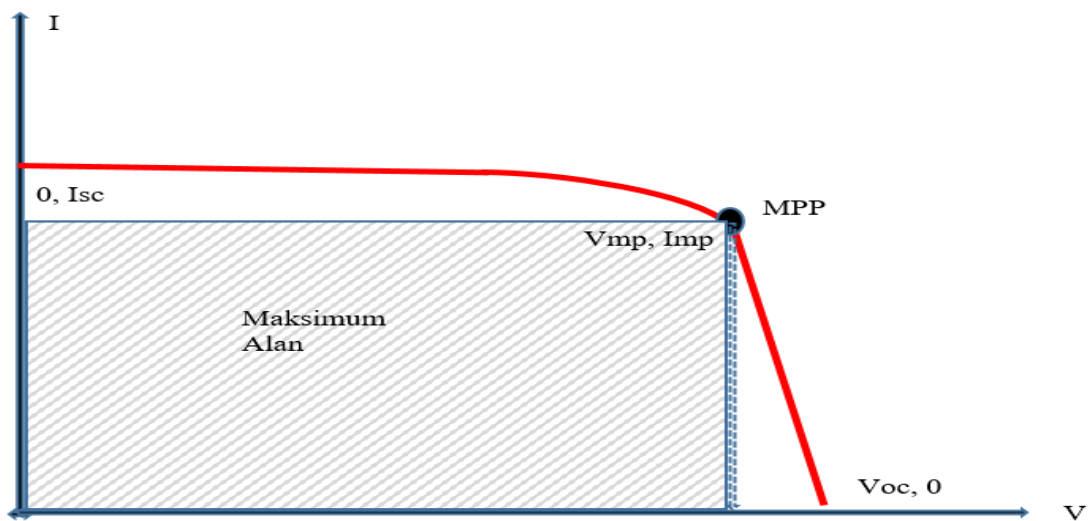
Denklem (2.3) ve denklem (2.4), denklem (2.2)' de yerlerine yazılırsa (Başay vd., 2019);

$$I_d = I_0 \times (e^{\frac{qV_d}{kAT}} - 1) \quad (2.5)$$

Burada q elektron yükünü (1.602×10^{-19} C), V_d diyot gerilimini, A idealite faktörünü k Boltzman sabitini (1.381×10^{-23} J/K) ve T Kelvin cinsinden sıcaklığı göstermektedir. $R_{sh} \gg R_s$ alınır;

$$I = I_{sh} - I_0 \times (e^{\frac{V_{pv}q}{kAT}} - 1) \text{ olarak elde edilir (Başay vd., 2019).} \quad (2.6)$$

Fotovoltaik sistemler, çıkışında lineer olmayan bir akım-gerilim (I-V) karakteristiğine sahiptirler. Resim 2.2.' de bir güneş pilinin herhangi bir sıcaklık ve ışınım altındaki karakteristik eğrisi verilmiştir. I-V eğrisinin altındaki maksimum dikdörtgen alanı güneş pilinin üretmiş olduğu maksimum gücü verir (Demirci, 1996).



Resim 2.2.Fotovoltaik sistemin I-V karakteristik eğrisi

2.2.2. Fotovoltaik panellerin verimi

2.2.2.1. Verim

Güneş panelinin verimi; panel çıkışında ölçülen en yüksek değerde ki gücün, panel üzerine düşen en yüksek değerde ki güce oranı olarak ifade edilebilir. Bu değer η ile gösterilir. Güneş panelinin çıkışından sağlanan gücün maksimum değeri, P_m ve panelin girişinden ölçülen gücün maksimum değeri, P_{in} olarak ifade edildiği takdirde, güneş panelinin verimi;

$$\eta = \frac{P_m}{P_{in}} \quad (2.7)$$

Bağıntısı ile ifade edilir (Demirci, 1996).

2.2.2.2. Fill (doluluk) faktörü (FF)

Doluluk faktörü olarak ta bilinen fill faktörü; kısa devre akımı ve açık devre gerilimine bağlı olarak fotovoltaik panelin maksimum çıkış gücünü ifade etmek için kullanılır. Güneş pilinin iç seri direncidir (Çabuk, 1992). Seri direnç ile ters orantılıdır. Bu sebeple direnç artınca fill faktörü azalır.

$$FF = \frac{P_m}{V_{ad} I_{kd}} \quad (2.8)$$

Bağıntısı ile ifade edilir (Tercan, 2000).

Güneş pilinin doluluk faktörü (FF) , kısa devre akımı (I_{kd}) , açık devre gerilimi (V_{ad}) , pil üzerine gelen ışınım şiddeti (P_{in}) ve panel alanı (A) bilinirse;

$$\% \eta = \frac{(V_{ad} I_{kd}) . FF}{P_{in} \cdot A} \times 100 \quad (2.9)$$

Denklem (2.3) ile verim hesaplanabilir.

2.2.2.3. Kuantum verimi

Güneş pillerine gelen fotonların oluşturduğu elektron-hol çifti sayısı, kuantum verimi olarak adlandırılır. Fotovoltaik panellerin kısa devre akımında, fotonların oluşturduğu elektrik akımına dönüşen taşıyıcı yüzdelerini kuantum verimi belirtir (Horoz, 2018).

Küçük dalga boylarında, kuantum verimi güneş pilinin p ekleminde daha büyüktür. Benzer şekilde büyük dalga boylarında ise n ekleminde daha büyük olduğu söylenebilir. Yük taşıyıcıları tekrar birleşip yok olması durumu, kuantum veriminin düşmesine sebebiyet verir. Kuantum veriminin hesabı;

$$\eta_Q(\lambda) = \frac{I_{kd}(\lambda)}{q \cdot A_Q \cdot \Gamma(\lambda)} \quad (2.10)$$

Bağıntısı ile ifade edilebilir (Sülü, 2019).

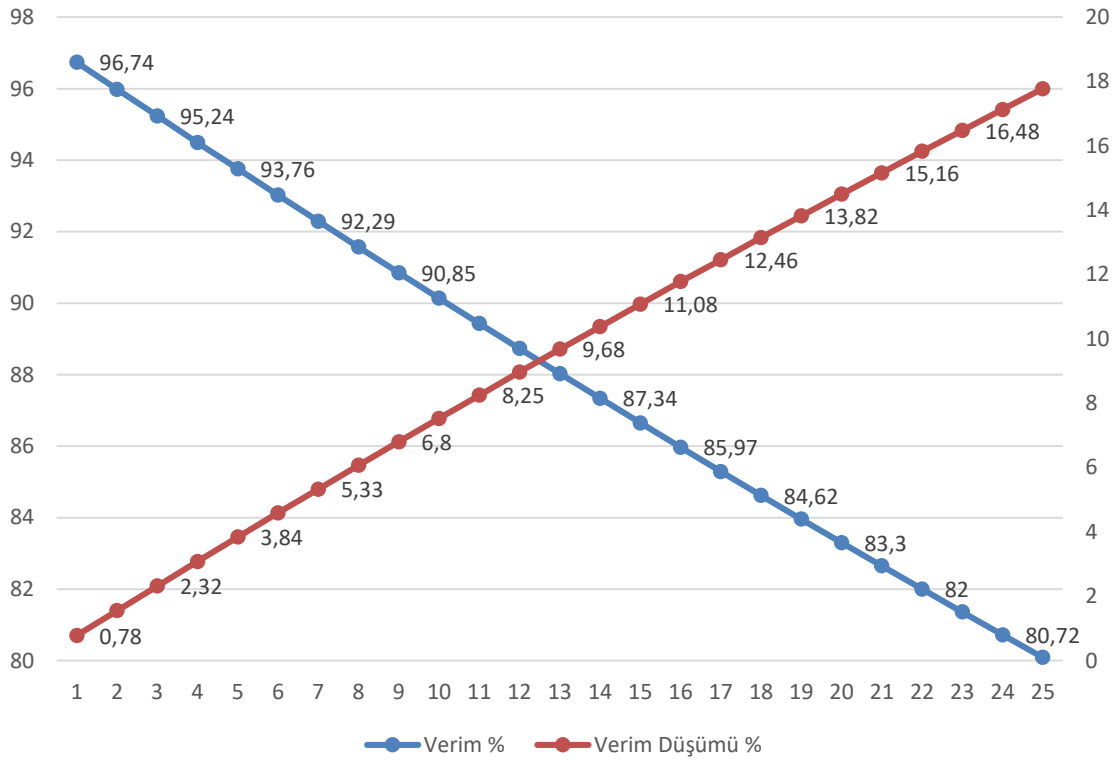
Denklem (2.4)'te; I_{kd} kısa devre akımını, q elektron yükü, A_Q etkin alanı ve Γ foton akısını belirtir.

2.2.3. Fotovoltaik panel verim oranı

Fotovoltaik panel verimleri, güneş enerji santrallerinin çıkış gücünü belirleyen en önemli unsurdur. Bununla birlikte güneş pilinin ömrü fotovoltaik enerji santralinin ömrünü belirler. Şu an ki mevcut teknolojik gelişmelerle birlikte, piyasadaki panellerin ömrü 25 yıl olarak belirtilmektedir. Piyasada, 25 yılın sonunda yaklaşık olarak %80 panel gücü garanti edilmektedir (Karakaş Ulusoy, 2019).

Fotovoltaik güneş pillerinin verimleri, üretimlerinden itibaren yıllık olarak yaklaşık %0,7 - %1 dolaylarında düşmektedir. Bu olayı örnekle açıklamak gerekirse; %0,78 verime sahip bir güneş panelinin 25 yıl sonra ki verim kaybını gösterir grafik şekil 2.2.' de verilmiştir (Yılmaz vd., 2016).

Grafik incelendiğinde; güneş paneli veriminin her yıl %0,78 düştüğü ve 25 yılın sonunda güneş paneli veriminin %80,72 olduğu görülmektedir. Güneş enerjisi santralinin performans durumu değerlendirilirken panellerin verimlerinde ki bu düşüşte dikkate alınması gerektiği anlamı çıkartılabilir.



Şekil 2.2.Bir güneş paneli veriminin yıllara göre değişimi

2.2.4. Verimliliği etkileyen parametreler

2.2.4.1. Güneş ışıınımı faktörü

Fotovoltaik güneş panelleri arasında, monokristal güneş panelleri düşük ışık altında bile yüksek verimle çalışmaktadırlar. Güneş ışıınımı faktörü, güneş panelleri üzerinde ki en fazla etkiye sahip olan parametredir. Güneş enerjisi sistemlerinin, üzerine düşen güneş ışıınımı miktarı artıkça akım değeri de doğru orantılı olarak artmaktadır. Fakat akımın artmasına rağmen gerilim değeri yaklaşık olarak sabit kalmaktadır (Bosman vd., 2020).

Yapılan araştırmalar neticesinde; Türkiye'nin yıllık toplam ortalama güneşlenme süresi 2.640 saat ve toplam ortalama ışıınım şiddeti ise 1.311 kWh/m² olduğu tespit edilmiştir. Bu araştırmalar ile birlikte Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli 380 milyar kWh/yıl olduğu hesaplanmıştır (Kan Kaynar, 2020).

Bu hesaplamalar ve tespitler doğrultusunda güneş enerjisinin, ülkemiz adına hem temiz hem de sürekli olması sebebiyle, önemli bir enerji kaynağı olduğu söylenebilir.

2.2.4.2.Sıcaklığın etkisi

Güneş panellerinin bulunduğu ortamın sıcak olması veya panellerin ısısının artması ile fotovoltaik panellerde kısa devre akım değeri artar. Bununla beraber; açık devre gerilimi azalır. Bu olayların oluşması, fotovoltaik panelin verimini düşürür. Polikristal ve monokristal hücrelerin verimi, sıcaklığın artmasıyla düşer. İnce film güneş pillerinin kullanımı ise sıcaklığın yüksek olduğu yerlerde sıcaklıktan az etkilenmesi sebebiyle daha çok tercih edilir. İnce film güneş hücrelerinden elde edilen güç, sıcaklıkta ki 1°C artış ile %0,5 oranında düşer. Amorf silisyum güneş hücrelerinde ise 1°C'lik artış sonucunda güç, %0,2 oranında düşmektedir (Sülü, 2019).

2.2.4.3.Rüzgârın hızı ve yönü

Fotovoltaik panellerin çıkışından sağlanan güç; sistem ısısından kaynaklı olarak rüzgâr hızına, bulut yapısına ve ortam sıcaklığına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Fotovoltaik hücre sıcaklığı, rüzgâr hızındaki değişikliklerden büyük oranda etkilenir. Ancak; rüzgâr yönünün panel sıcaklığında ki etkisi oldukça küçüktür (Karakaş Ulusoy, 2019).

2.2.4.4.Fotovoltaik panel yüzeyinin temizliği ve hava kirliliği

Güneş panellerinin verimi, panel yüzeyinin temizliğine ve hava kirliliğine bağlı olarak değişmektedir. Hava kirliliği, panellere perdeleme yaparak güneş ışınımından faydalanma konusunda olumsuz anlamda etkilemektedir. Dolayısıyla; paneller radyasyondan yeterli olarak faydalanamazlar. Bu sebeple; hava kirliliği, güneş panellerinin verimini düşürür. Güneş enerjisi panellerinin temizliklerinin yapılmaması ve üzerinde biriken toz, kum ve kar birikintileri gibi yabancı malzemeler de ayrıca güneş ışınımına perdeleme yapmaktadırlar. Aynı şekilde, bu durum hava kirliliği gibi panellerin verimlerini düşürmektedir (Rocha vd., 2008). Tozlanma hakkında yapılan araştırmalar ile fotovoltaik panellerin eğim açısı 15° ve üzerindeyse, yağmurun panel üzerinde biriken tozu temizleyebileceği varsayılmaktadır. Bu durumda, verim kaybı %0,5 ile sınırlı kalır. Eğer panel eğim açısı, 15°'nin altındaysa veya güneş santralinin bulunduğu bölgenin yağış miktarı yetersizse bu durumda panellerin yüzey temizliği belirli dönemlerde yapılmalıdır. Ancak; temizlik yapılırken kullanılan suyun saflığına dikkat edilmelidir. Suyun saflığı, istenilen düzeyde değilse temizlik sonucu panel yüzeylerinde kireç

birikebilir. Biriken kireç, güneş ışınlamına perdeleme yapar. Sonuç olarak bu durum; panel verimini olumsuz yönde etkilemektedir (Kymakis vd., 2009).

2.2.4.5.MPPT (maksimum güç noktası takipçi) etkisi

Üretici firmalar; inverter verimlerini hesaplarken fotovoltaik panellerin akım – gerilim eğrisinin, maksimum güç noktasında çalıştıklarını kabul etmektedirler. Fakat inverterin gerçek çalışma noktasının, maksimum güç noktasından sapmasına sebep olabilecek birçok etken bulunmaktadır. Örnek vermek gerekirse; maksimum güç noktasını bulmaya çalışan cihazlar optimum noktasının etrafında sürekli salınım yaparlar. Bu durum, hata ve kayıpların oluşmasına sebebiyet vermektedir. Oluşan kayıplar, inverter veriminin düşmesine neden olmaktadır (Sigifredo vd., 2013).

2.2.4.6.Yansıma kayıpları

Fotovoltaik panel üzerine gelen güneş ışıklarının bir kısmı panel tarafından emilirken bir kısmı ise geri yansır. Bu durumda oluşan kayıplar, yansıma kayıpları olarak ifade edilmektedir. Yansıma kayıplarını en aza indirmek için doğru kalite de malzeme kullanılmalıdır. Amorf silisyum paneller, kristal silisyum panellere nazaran daha az ışık emilimi yapar. Aynı zamanda panel ile güneş arasındaki açıya ve panelin kırılma indeksine bağlı olarak emilim oranı, dolayısıyla verim değişmektedir (Sülü, 2019).

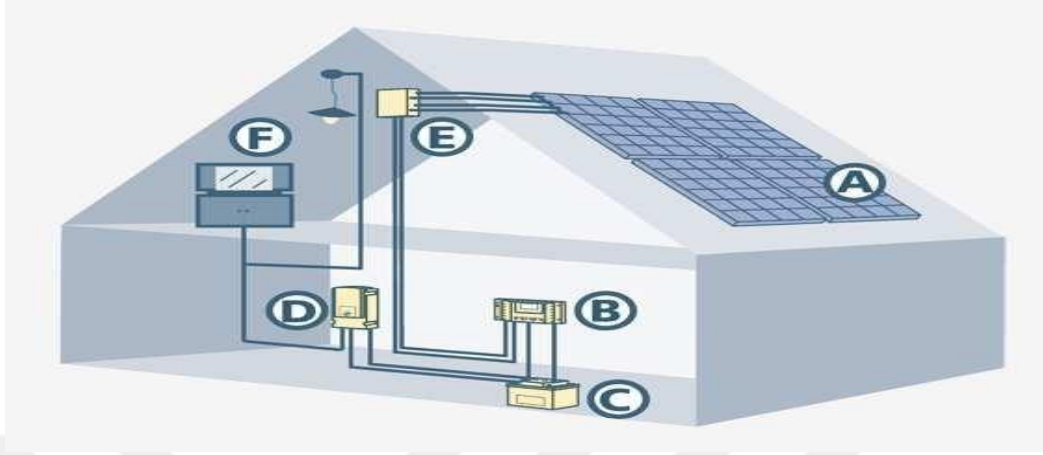
2.2.4.7.Mismatch (uyumsuzluk) kayıpları

Fotovoltaik panellerin çıkış güçleri, birbirleriyle paralel ya da seri bağlanmaları sonucunda oluşmaktadır. Ancak; oluşan yapının çıkış gücü, fotovoltaik panellerin tek tek güçlerinin toplamından daha azdır. Gölgeleme faktörü, panellerin eskimesi, üretim esnasında panellere tanınan toleranslar ve olumsuz hava şartlarından dolayı panellerin etkilenmesi gibi sebeplerden ötürü uyumsuzluk kayıpları ortaya çıkmaktadır (Kaushika ve Rai, 2007).

2.2.5. Güneş enerjisi sistem bileşenleri

Güneş enerjisi sistemleri, kullanım durumlarına göre şebekeye bağlı (grid connected / on-grid) ve şebekeden bağımsız (stand alone / off-grid) olarak sınıflandırılmaktadır. Şebekeden uzakta bulunan ve fotovoltaik sistemlerin kullanılması gereken yerlerde şebekeden bağımsız sistemler tercih edilmektedir. Resim 2.3.' te verilen şebekeden bağımsız fotovoltaik sistemler; genel olarak evirici, aküler ve fotovoltaik sistemden gelen

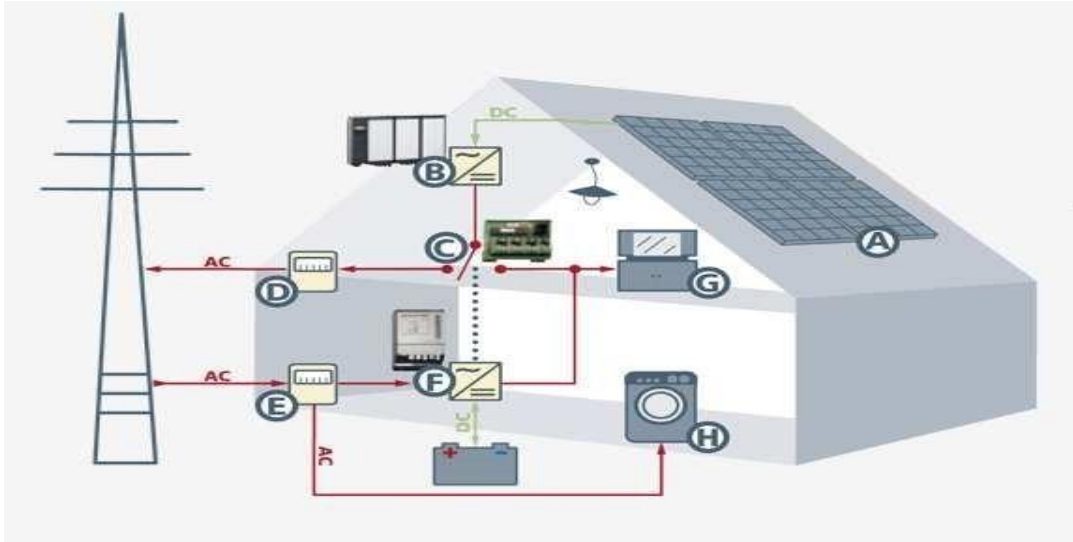
gerilim ve akımı düzenleyen şarj kontrol sistemlerinden oluşmaktadırlar (Bozeria vd., 2014).



Resim 2.3.Şebekeden bağımsız fotovoltaik sistem (www.soleranza.com)

(A. Panel B. Solar Şarj Kontrol C. Akü D. İnverter E. Bağlantı Kutusu F. Cihazlar)

Şebekeye bağlı fotovoltaik sistemler ise şebeke ile uyumlu bir şekilde çalışmaktadırlar. Güneş enerji sisteminden ürettikleri enerjiyi, kendi bünyelerinde kullanmakla birlikte şebekeye de satabilirler. Resim 2.4.'te şebekeye bağlı bir sistem verilmiştir (Nilay, 2016).



Resim 2.4.Şebekeye bağlı fotovoltaik sistem (www.soleranza.com)

(A. Panel B. Şebeke inverteri C. Röle D. Şebeke Satış Sayacı E. Şebekeden Alış Sayacı F. Sinüs İnverteri G. Kesintide Desteklenen Yükler H. Kesintide Desteklenmeyen Yükler)

Şebekeye bağlantılı olmalarından ötürü bu sistemlerde sürekli enerji akışı söz konusudur. Depolama ünitelerine veya aygıtlarına ihtiyaç duyulmamaktadır. Böylece akü maliyeti ortadan kalkmaktadır. Bununla birlikte; ilk tesis aşamasında aküden kaynaklı maliyet azalmış olur. Şebekeye bağlantılı olmalarından mevsimlere bağlı olumsuz hava koşullarından etkilenmezler. Dolayısıyla; enerji kesintisi yaşanmamaktadır. Eğer enerji fazlalığı olursa, bu enerji şebekeye verilebilir. Böylece bir kazanç ta elde edilmiş olur (Nilay, 2016).

Güneş enerji sistemleri genel olarak; güneş paneli, akü, inverter, şarj kontrol cihazı ve tüketici kısımlarından oluşmaktadırlar.

2.2.5.1.Fotovoltaik paneller

Fotovoltaik paneller; üzerine düşen güneş ışığını, fotovoltaik hücreler vasıtasıyla doğru akıma dönüştüren yapılardır. Fotovoltaik hücrelerin tek başlarına yüksek miktarda enerji üretmeleri söz konusu değildir. Bu sebeple; birçok hücrenin, birbirleriyle paralel ya da seri bağlanmasıyla fotovoltaik panel dediğimiz yapılar oluşmaktadır. Oluşan fotovoltaik panellerin tasarım maliyetleri ve verimleri, yapısında bulunan fotovoltaik hücrelerin çeşidine göre değişiklik göstermektedir. Yapılan araştırmalar ile en yüksek verim beklentisiyle tasarlanmış panelin, laboratuvar ortamında ölçülen verimi %43,5 olarak tespit edilmiştir (Kıyanççek, 2013).

Güneş panelleri; yapılarındaki güneş hücrelerinin türüne ve yapısına göre monokristalin fotovoltaik panel, polikristalin fotovoltaik panel, alüminyum çerçeveli ve camlı paneller, çerçevesiz paneller, metal tabanlı paneller olarak sınıflandırılmaktadır (Farız vd., 2015).

2.2.5.2.Akü

Güneş enerji sistemlerinde bulutlu günlerde veya gece vakti gibi elektriğin üretilmediği durumlarda, tüketicinin enerji gereksiniminin karşılanması için ya da yedek bir enerji kaynağına ihtiyaç duyulduğunda vb. senaryolara çözüm olarak aküler kullanılmaktadır (Keskin, 2012).

Aküler, fotovoltaik enerji santralleri için önemli bir konuma sahiptir. Bu nedenle; akülerin bakımları tam ve zamanında yapılmalıdır. Aynı zamanda, akülerin tamamen boşalmasından kaçınmak ve aşırı sıcak ortamlarda bulunmasına engel olmak gibi bir takım önlemler alınmalıdır (Gelen ve Ayık, 2019).

Fotovoltaik sistemlerde, akü grupları seçilirken genel olarak kurşunlu tip akü grupları seçilmelidir. Bu akü grupları, kısa süreli depolayıcı olarak kullanılmaktadır. Ayrıca; kurşunlu akü gruplarının etkin maliyet değerleri ve verimleri yüksektir. Bu akü grupları, büyük ve küçük şarj akımları şartlarında rahatlıkla çalışabilmektedirler (Turmuş, 2018).

Aküler, DC gerilim ile çalışmaktadırlar. Birbirleriyle paralel - seri bağlanarak istenilen değerde güç, elde edilebilir.

2.2.5.3.Evirici

Fotovoltaik panellerin üretmiş oldukları doğru akımı, alternatif akıma çevirmeye yarayan elemanlar eviricilerdir. Eviriciler, fotovoltaik santrallerin en önemli elemanlarından. Eviriciler; çalışma esnasında ilk olarak maksimum güç ayarı yaparlar. Bununla beraber; enerji santralinin üretim verilerini kayıt altına alırlar. Gerekli görüldüğü takdirde bu veriler rahatlıkla incelenebilmektedir. Aynı zamanda; eviriciler hem DC hem de AC taraf için aşırı gerilim ve akım koruması yapmaktadırlar (Tekkale, 2018).

Eviricilerin on-grid ve off-grid olmak üzere kullandıkları sisteme göre iki farklı çeşitleri vardır (Aksangör, 2019).

Eviricilerin doğru bir şekilde çalışabilmeleri için panel dizilerinin birbirleriyle uyumlu hale getirilmeleri önem arz etmektedir. Bu sebeple; diziyi oluşturan güneş panellerinin gölgelenme miktarları, kirlenme oranları, sıcaklık durumları ve konumlandırılma açıları aynı olmalıdır. Eviriciler, çalışma şekillerine göre merkezi ve dizi eviriciler olarak sınıflandırılmaktadır. Merkezi eviriciler, arızalandığı zaman sistem tamamen devre dışı kalmaktadır. Bu durum; sistemin sürdürülebilirliği açısından büyük bir dezavantajdır. Ancak; bununla birlikte bu eviricilerin verimleri oldukça yüksek maliyetleri ise düşüktür. Dizi eviricilere nazaran daha az bakıma ihtiyaç duymaktadırlar (Tekkale, 2018).

Dizi eviricilerin kullanıldığı sistemlerde, fotovoltaik diziler daha az miktarda kümelenmiş olmalıdırlar. Fotovoltaik dizilerde ki eviriciler MPPT cihazlarına bağlanmaktadırlar.

Teknolojide yaşanan gelişmelere paralel olarak eviricilerin verimleri de her geçen gün artmaktadır. Piyasa da bulunan eviricilerin büyük bir çoğunluğunun verimleri %98 dolaylarındadır. Dizi eviriciler daha çok, küçük projelerde kullanılmaktadır. Konut projeleri ile küçük ve orta ölçekli ticari projelerde yatırımcı tarafından dizi eviriciler

tercih edilmektedir. Daha büyük projelerde ise tercih sebebi merkezi eviricilerden yana olmaktadır (Tekkale, 2018).

Tablo 2.4. Evirici tiplerinin piyasa dağılımları ve verimlilikleri

Evirici	Piyasa (~%)	Verimlilik (~%)
Merkezi Evirici	54	98,5
Dizi Evirici	42	98
DC/DC Konvertör	3	98,8
Mikro Evirici	1	90-95

2.2.5.4. Transformatör

Fotovoltaik enerji santrali için bir diğer önemli eleman ise transformatörlerdir. Fotovoltaik sistemlerde, güçte ve frekansta herhangi bir değişiklik yapmadan gerilim ve akımı değiştirmektedirler. Transformatörler; şebeke gerilimini yüklere aktarır veya santralde üretilen gerilimi şebekeye yönlendirirler.

Trafo merkezleri genellikle elektrik bağlantısı yapılarak yer altına, iç mekâna veya tel örgülerle çevrilerek dış mekâna yerleştirilirler. Transformatörler, soğutma şekline göre yağlı tip ve kuru tip olarak sınıflandırılmaktadırlar (Yakupov vd., 2015).

GES santrallerinde kullanılacak transformatörlerin seçim aşamasında dikkat edilmesi gereken bazı kriterler bulunmaktadır. Daha önce yaşanan tecrübelerle dayanarak yenilenebilir enerji üretiminde kapasite tahsisinin, amacı dışında kullanımını engelleyen bazı sınırlamalar mevcuttur. Bu sınırlamaların ilki, dağıtım şirketine ait transformatörlere bağlanacak santral kapasitelerinin belirlenmesi sırasında ortaya çıkmaktadır. Burada amaç; transformatörden yararlanan diğer kullanıcıların enerji kalitesinin ve sürekliliğinin olumsuz etkilenmesinin önüne geçmektir. Sisteme kendi dağıtım transformatörü ile bağlanacak üreticiler için ise herhangi bir sınırlama söz konusu değildir. Örneğin 1000 kW gücünde bir santral, dağıtım şirketinin bağlantı izni vermesi durumunda 1250 kVA'lık şahıs transformatörü ile sisteme bağlanabilir (Şimşek ve Bizkevelci,).

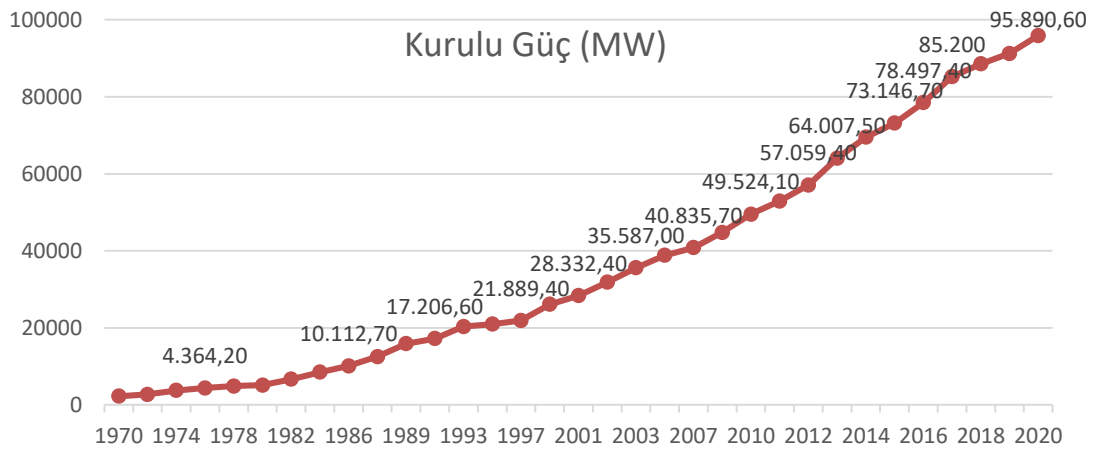
2.2.5.5.Şarj kontrol cihazı

Güneş panellerinden üretilen gücün düzenlenmesi ve akülerin şarj olabilmesi için sabit bir DC gerilime ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyacın karşılanmasında şarj kontrol cihazları kullanılmaktadır. Güneş panellerinden çıkan gerilim sabit değildir. Akülerin, DC kaynaktan uygun bir şekilde şarj edilebilmeleri için güneş panellerinden sağlanan gerilim, sabit ve düzenlenmiş olmalıdır. Akülerin doğru bir şekilde şarj edilebilmeleri ve tam dolduğu zaman, şebekeden beslemeyi keserek akülerin korunmasını sağlamak için şarj kontrol cihazları kullanılmaktadır (Aksangör, 2019).

2.2.6. Fotovoltaik sistemlerin dünyada ve ülkemizdeki güncel durumu

Güneş enerjisinin kullanımı, temiz ve sürdürülebilir olması sebebiyle, her geçen gün biraz daha artmaktadır. Birçok alanda ve coğrafyada, geniş bir yelpazede kullanım alanına sahiptir. Bu kapsamda; güneş enerjisi, enerji üretimi için fotovoltaik santrallerde, evsel ve küçük ölçekli ticari yapılarda, çatı uygulamalarında, açık alan aydınlatmasında, cep telefonlarının şarj edilmesinde, tesislerin aydınlatılmasında, güneş arabalarında, saatlerde, elektrikli araç şarj istasyonlarında ve daha birçok farklı alanlarda kullanılmaktadır (Kılıç, 2018).

TEİAŞ (Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi)'nin 2020 yılında yayınlamış olduğu kurulu güç raporuna göre Türkiye'nin kurulu gücü, rapor tarihi itibarıyla, 95.890,6 MW'dır. Türkiye'nin 2019 yılı sonu itibarıyla kurulu gücü 91.267 MW olarak belirlenmiştir. Şekil 2.3.'te Türkiye'nin yıllara göre kurulu güç gelişimi verilmiştir (Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ), 2020).



Şekil 2.3. Türkiye'nin yıllara göre kurulu güç gelişimi

Şekilde de görüldüğü gibi bu artışın sebebi, özellikle ülkemizdeki lisanssız üretim yapan fotovoltaik santrallerdir. Türkiye’de 2020 yılı itibariyle güneş enerjisi kurulu gücü 6.667,4 MW seviyesindedir. Bu gücün 6.257,6 MW’lık değeri ise lisanssız santrallerden sağlanmaktadır (TEİAŞ, 2020).

Dünyada ise güneş enerjisine duyulan ilgi giderek artmaktadır. Bu konuda; ilk sırada 254.355 MW’lık kurulu güç ile Çin Halk Cumhuriyeti yer almaktadır. Daha sonra ise sırasıyla ABD, Japonya, Almanya ve Hindistan gelmektedir. En fazla güneş enerjisi kurulu güce sahip olan 5 ülke tablo 2.5.’te verilmiştir.

Tablo 2.5.En fazla güneş enerjisi kurulu güce sahip 5 ülke (www.enerjiatlası.com)

Ülke	Çin	ABD	Japonya	Almanya	Hindistan
Kurulu Güç (MW)	254.355	75.572	67.000	53.783	39.211

Ülkemiz ise güneş enerjisi konusunda yüksek potansiyele sahip olmasına rağmen dünyada ilk 10 ülke içerisinde bulunmamaktadır. Türkiye’ güneş enerji santralleri sayısı sürekli artmaktadır. Buna rağmen ülkemiz dünya çapında henüz etkili bir konumda yer almamaktadır (Kaya vd., 2018).

Ülkemizin güneş enerji potansiyelinin 500 GW olduğu tahmin edilmektedir. Diğer tüm enerji kaynaklarıyla kıyaslandığında ülkemiz için en yüksek potansiyele sahip enerjinin, güneş enerjisi olduğu ortadadır (Karagöl ve Kavaz, 2017). Bu potansiyelin değerlendirilmesi, ekonomik olarak ve ulusal çıkarlar açısından kritik öneme sahip olduğu söylenebilir.

2.2.7. Fotovoltaik sistemler ile üretilen enerji miktarını etkileyen faktörler

Dünyanın kendine has coğrafik yapısı ve ülkemizin bulunduğu konum sebebiyle güneşten yeryüzüne gelen ışınların açısı, bölgeden bölgeye farklılık göstermektedir. Bu yüzden; panelin kurulduğu konum ile güneş ışınının geliş açısı değişiklik göstermektedir. Dolayısıyla; sistemin elektrik üretimi etkilenmektedir. Güneş enerji santrali kurulumu yapılırken bu konulara dikkat edilmelidir (Dağoğlu, 2019).

Fotovoltaik panellerin, eğim açısı ve yönleri elektrik üretiminin miktarını oldukça etkilemektedir. Bu nedenle; santralden yüksek verim alabilmek için panellerin kurulum aşamasında güneş ışığının olabildiğince üzerlerine dik açıyla gelmesinin sağlanması önemlidir. Gelişen teknoloji ile birlikte güneş takip sistemleri panellere monte edilmektedir. Dolayısıyla güneş ışığından en doğru açıyla faydalanmak mümkün hale gelmektedir (Haydaroglu ve Gümüş, 2016).

Güneş panellerine gelen ışınların büyük bir kısmı elektrik enerjisine dönüşür. Bir kısmı ısı enerjisine dönüşür. Bununla birlikte; bir kısmı ise geri yansır. Isı enerjisine dönüşen kısım, panelin sıcaklığını artırır. Bu durum; panel üzerinde olumsuz bir etkiye sebep olarak verimini düşürmektedir. Bu olumsuzluğun önüne geçebilmek için paneller soğutulmalıdır (Başay vd., 2019).

Fotovoltaik sistemler ile üretilen enerji miktarını etkileyen en önemli parametrelerden bir diğeri ise gölgelenmedir. Yerleşmenin yoğun olduğı yerlerde ki yapılar ya da ağaçlık alanlar gölgelenmeye sebebiyet vermektedir (Dağoglu, 2019). Ayrıca; panellerin birbirlerine yaptıkları gölgelenme de unutulmamalı ve bu durumun önüne geçmek için panellerin birbirleriyle olan mesafeleri iyi ayarlanmalıdır. Güneş enerji santrali kurulurken bu konulara dikkat edilmesi önem arz etmektedir (Akyürek vd., 2021).

2.2.8. Fotovoltaik panellerin binalarda kullanımı

Binalarda fotovoltaik sistem uygulamaları, bölgeden bölgeye farklılıklar gösterebilmektedir. Binaların bulunduğı bölgeye ve tasarımına göre paneller; çatılarda, dış cephede, gölgeleme elemanlarında, perde duvarlarında vb. kullanılabilir (Girgin, 2011).

Binalarda fotovoltaik panel kullanımının avantaj ve dezavantajları ise şöyledir (Girgin, 2011):

Avantajlar;

- Panellerin kurulacağı ayrı bir araziye gerek yoktur.
- Kurulduğı yapının enerjisinin bir kısmını ya da tamamını karşılar.
- Elektrik şebekesi yükünün ve kayıplarının azalmasını sağlar.
- Şebekenin olmadığı yerlerde enerji ihtiyacının karşılanmasını sağlar.

- Çevreye zararsızdır, sera etkisine sebep olan gaz salınımını yapmaz.
- Sessiz çalışır.
- Üretilen enerjinin fazlası şebekeye verilerek kazanç sağlanabilir.
- Zaman içinde daha fazla enerjiye ihtiyaç duyulduğunda sistem kolay bir şekilde yeniden tasarlanabilir.

Dezavantajlar;

- İlk yatırım maliyetleri yüksektir.
- Elde edilen enerji doğru akım olduğu için inverter kullanılmalıdır.
- Büyük yüzeylere ihtiyaç duymaktadır.
- Sıklıkla bakım ve temizlik yapılmalıdır.

Ülkemizdeki enerji tüketiminde binaların payı oldukça yüksektir. Bu sebeple; binalarda kullanılan enerjinin, fotovoltaik sistemlerden karşılanması doğamız ve ekonomimiz için faydalı olacaktır. Bu konudaki teşviklerin artırılması ve güneş enerjisinin binalarda ki kullanımı yaygınlaştırılmalıdır (Çelebi, 2013).

2.2.9. Şebekeye bağlı fotovoltaik GES tasarımı

On-grid fotovoltaik sistemler, bulundukları konumun enerji şebekesine inverterler aracılığıyla bağlanmaktadır. Bu sistemler, on grid sistem olarak ifade edilmektedirler. Güneş enerjisi sistemleri, bilindiği üzere güneş ışığı marifetiyle enerji üretimi yapmaktadırlar. Ancak; havanın kapalı olduğu zamanlarda enerji üretimi olmayacağı için tesisin ihtiyaç duyduğu enerji alternatif yöntemlerle sağlanmaktadır. Bu durum, enerjinin üretilmediği zamanlarda akülerden besleme yapılarak çözülebilir. Ayrıca on-grid sistemlerde enerjinin üretilmediği durumlarda, şebekeden enerji çekilerek tesisin ihtiyaç duyduğu enerji tedarik edilebilir (Kılıç, 2018).

Bu bölümde; fotovoltaik enerji santrali projesi geliştirilirken takip edilmesi gereken aşamalar kısaca anlatılmıştır. Fotovoltaik GES projesi planlanırken 3 ana aşama takip edilmelidir. Bu aşamalar; başvurunun yapılması, başvuruların derlenmesi ve değerlendirilmesi son olarak ise bağlantı ve sistem anlaşmasının imzalanmasıdır. Bu aşamalardan sonra yatırım süreci başlamaktadır (Farız vd., 2015).

2.2.9.1.Başvuru süreci

Bu işlem, fotovoltaik enerji santrali projesinin hayata geçirilmesi esnasındaki uygulanması gereken ilk adımdır.

Üretim tesisinin lisanssız olması durumunda, yatırımcı bazı şartları yerine getirmelidir. Bu şartlar ise şu şekildedir: Kurulu gücü 1 MW veya 6446 Sayılı Elektrik Piyasası Kanununun 14. maddesi çerçevesinde Bakanlar Kurulu kararı ile belirlenmiş kurulu güç üst sınırına kadar olan yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisleri olmalıdır. Ek olarak ürettiği enerjinin tamamını iletim veya dağıtım sistemine vermeden kullanan üretimi ve tüketimi aynı miktarda olan tesislerdir (Yolcan ve Köse, 2020).

Başvuru için enerji dağıtım şirketine teslim edilmesi gereken bazı evrak ve belgeler bulunmaktadır. Bu belgeler ise tapu kaydı ve kira sözleşmesi veya kullanım hakkını gösterir belge, başvuru ücretinin ilgili dağıtım şirketinin hesabına yatırıldığına dair makbuz, Lisanssız Elektrik Üretimi Yönetmeliği Ek-1’de yer alan lisanssız üretim başvuru formu, kurulacak tesisin teknik özelliklerini gösterir tek hat şeması, elektrik aboneliği ve onaylı aplikasyon krokisi ve teknik değerlendirme formudur. Ayrıca kurulacak olan sistemin çatı tipi ya da arazi tipi olması durumunda bazı belgeler eklenmelidir. Söz gelimi sistem; çatı tipiye yapı ruhsatı, eğer sistem arazi tipiye proje ve planlanan saha için kuru marjinal tarım arazisi olduğunu gösterir belge de sunulmalıdır (Farız vd., 2015).

2.2.9.2.Alan seçimi

Arazi tipi lisanssız güneş enerji santrali için seçilecek sahanın, ilk olarak arazi sınıf tespiti yapılmalıdır. Bu tespit işlemi için Tarım ve Orman Bakanlığı İl Müdürlükleri tarafından; arazinin mutlak tarım arazisi, özel ürün arazisi, dikili tarım arazisi ve sulu tarım arazisi olmadığını gösterir belgeler temin edilmelidir. Diğer bir deyişle arazi “ kuru marjinal tarım arazisi ” olmalıdır (Farız vd., 2015). Bu özelliğe sahip olan arazinin seçilebilmesi için Yıldız ve Yıldırım (2019) tarafından belirtilen dikkat edilmesi gereken parametreler aşağıda verilmiştir:

- Arazi eğimi uygun olmalıdır.
- Toprak derinliği mümkün olduğunca az olmalıdır.

- Arazinin etrafında güneşi engelleyecek ve gölgelenmeye sebebiyet verecek yapı ve oluşumların olmamalıdır.
- Arazi zemini kaya veya balçık yoğunluklu olmalıdır.
- Bölgenin güneş enerji potansiyeli uygun olmalıdır.
- Sel, çığ, taşkın gibi doğal afetlerden etkilenmeyecek bir konumda bulunmalıdır.
- Uygun bir dağıtım merkezine ya da hattına yakın olmalıdır.
- Araziye ulaşım kolay olmalıdır.
- Arazi yakınlarında tozlanmaya sebebiyet verecek yapılar bulunmamalıdır.
- Panel temizliği için ihtiyaç duyulacak kadar suya ulaşılabilir konumda yer almalıdır.

Çatı tipi uygulamalarda ise çatının eğimli olması, çatının sağlam olması, gölgelenmeye neden olabilecek yapı veya oluşumların bulunmaması, çatının güney cephe olması, çatının etrafında tozlanmaya sebebiyet verecek yapıların olmaması gibi durumlara dikkat edilmelidir.

2.2.9.3. Çevresel etki değerlendirmesi (ÇED) yönetmeliği kapsamında alınması gereken belge

Kurulması planlanan fotovoltaik enerji santralinin lisanslı veya lisanssız olması durumuna göre yatırımcı tarafından bu belgenin tedarik edilmesi söz konusu olmaktadır. ÇED belgesi, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüklerine veya Çevre ve Şehircilik Bakanlığına başvuru yapılarak temin edilebilmektedir. Çatı tipi uygulamalarda bu belgeye gereksinim duyulmamaktadır (Yolcan ve Köse, 2020).

Tesisin kurulu gücü 1 MW altında olması durumunda ÇED belgesi, dağıtım şirketi tarafından talep edilmemektedir. Ancak tesisin kurulu gücü 1-10 MW aralığında ise Çevresel Etki Değerlendirme Yönetmeliği gereği yatırımcı tarafından Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğüne belgenin tedariki için başvuru yapılmalıdır. Müdürlükçe yapılan inceleme ve değerlendirmeler neticesinde “ÇED Gereklidir” veya “ÇED Gerekli Değildir” kararı verilir. Bu durumlara ek olarak tesisin kurulu gücü 10 MW üzerinde ise ÇED raporunun hazırlanması zorunludur. ÇED raporunun başvurusu Çevre ve Şehircilik Bakanlığına yapılır. Bakanlık tarafından yapılan inceleme ve değerlendirme sonucunda “ÇED Olumlu” veya “ÇED Olumsuz” kararı verilir (Farız vd., 2015).

2.2.9.4.Başvuruların derlenmesi ve değerlendirilmesi

Başvuru sürecinde hazırlanan belgelerle birlikte İlgili Dağıtım Şirketine başvuruda bulunulmalıdır. İlgili Dağıtım Şirketince yapılan başvurular derlenerek; kurulan komisyon tarafından değerlendirmek üzere incelemeye alınır. Değerlendirme sonucunda kabul edilen/edilmeyen başvurular İlgili Dağıtım Şirketince duyurulur (Bayrakçı ve Gezer, 2019).

Dağıtım Şirketince derlenme aşaması tamamlanan başvurular, bir araya getirilerek teknik değerlendirme yapılmak üzere alınır. Bu başvurular, bağlantı ve sistem kullanımı bakımından bir birinden ayrı olarak değerlendirilir. Teknik değerlendirme neticesinde başvurular öncelik sıralamasına alınarak başvuruna ilan edilir (Farız vd., 20115).

2.2.9.5.Tasarımda kullanılacak programlar

Güneş enerjisi sistemleri tasarlanırken genel olarak PVsyst, PV*SOL, BlueSol, PV-CBS, PVWATTS, PVGIS, HOMER vb. simülasyon programları ile AutoCad ve Microsoft Office programları kullanılmaktadır (Kılıç, 2018).

Kurulması tasarlanan tesisin, kurulumunun yapılmadan önce fayda zarar hesabını ortaya çıkartabilmek için tasarımcılar tarafından sıklıkla PVsyst programı tercih edilmektedir. PVsyst programı ile güneş enerjili sulama sistemleri, şebekeden bağımsız sistemler ve şebeke bağlantılı sistemlerin tasarımı yapılabilmektedir. Ayrıca; santralin kurulması planlanan konuma ait (sıcaklık, nem, radyasyon vb.) meteorolojik veriler, programda güncel olarak mevcuttur. Bunlara ek olarak farklı marka ve modellere ait birçok inverter ve panellerin bilgileri PVsyst paket programında yer almaktadır (www.pvsyst.com).

Autocad programı vasıtasıyla kurulacak olan tesisin elektrik projeleri çizilmekte ve bu çizimler çıktı olarak alınabilmektedir (www.help.autodesk.com).

Diğer Office programları aracılığıyla da tesisin verim hesapları, sistem ihtiyaçları ve buna benzer birçok verinin analizi yapılmaktadır (www.support.microsoft.com).

2.2.9.6.Tasarımda kullanılan teçhizatlar

Fotovoltaik enerji sistemlerinde genel olarak güneş panelleri, inverterler, kontrol panoları vb. teçhizat elemanları kullanılmaktadır. Bunlara ek olarak ise çelik konstrüksiyon, kablolar, kablo kanalları, mekanik montaj malzemeleri, topraklama çubukları, mono blok

köşk, enerji nakil hatları vb. elemanlara sistem tasarımının yapılması esnasında ihtiyaç duyulmaktadır (Bayrakçı ve Gezer, 2019).

2.2.9.7.Mevzuat ve yönetmelikler

Şebeke bağlantılı (on grid) güneş enerji sistemleri, lisanslı ve lisanssız üretim tesisleri olarak sınıflandırılmaktadırlar. 1 MW ve üzerindeki kurulu güce sahip olan tesisler lisanslı, bu gücün altındaki değerlere sahip tesisler ise lisanssız üretim tesisleri olarak isimlendirilmektedirler. Şebeke bağlantılı fotovoltaik sistemler kurulurken yürürlükte bulunan mevzuat ve yönetmeliklere uygun tesis edilmelidirler.

Yürürlükte bulunan kanunlar; 18.05.2005 tarih ve 25819 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun ve 30.03.2013 tarih ve 28603 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunudur.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından hazırlanan ve yürürlükte olan yönetmelikler ise;

- Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği
- Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimi Yönetmeliği
- Rüzgâr veya Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi Kurmak Üzere Yapılan Önlisans Başvurularına İlişkin Yönetmelik
- İlgili EPDK Kurul Kararları ve Tebliğler

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1.PVsyst 7.1 Paket Programı

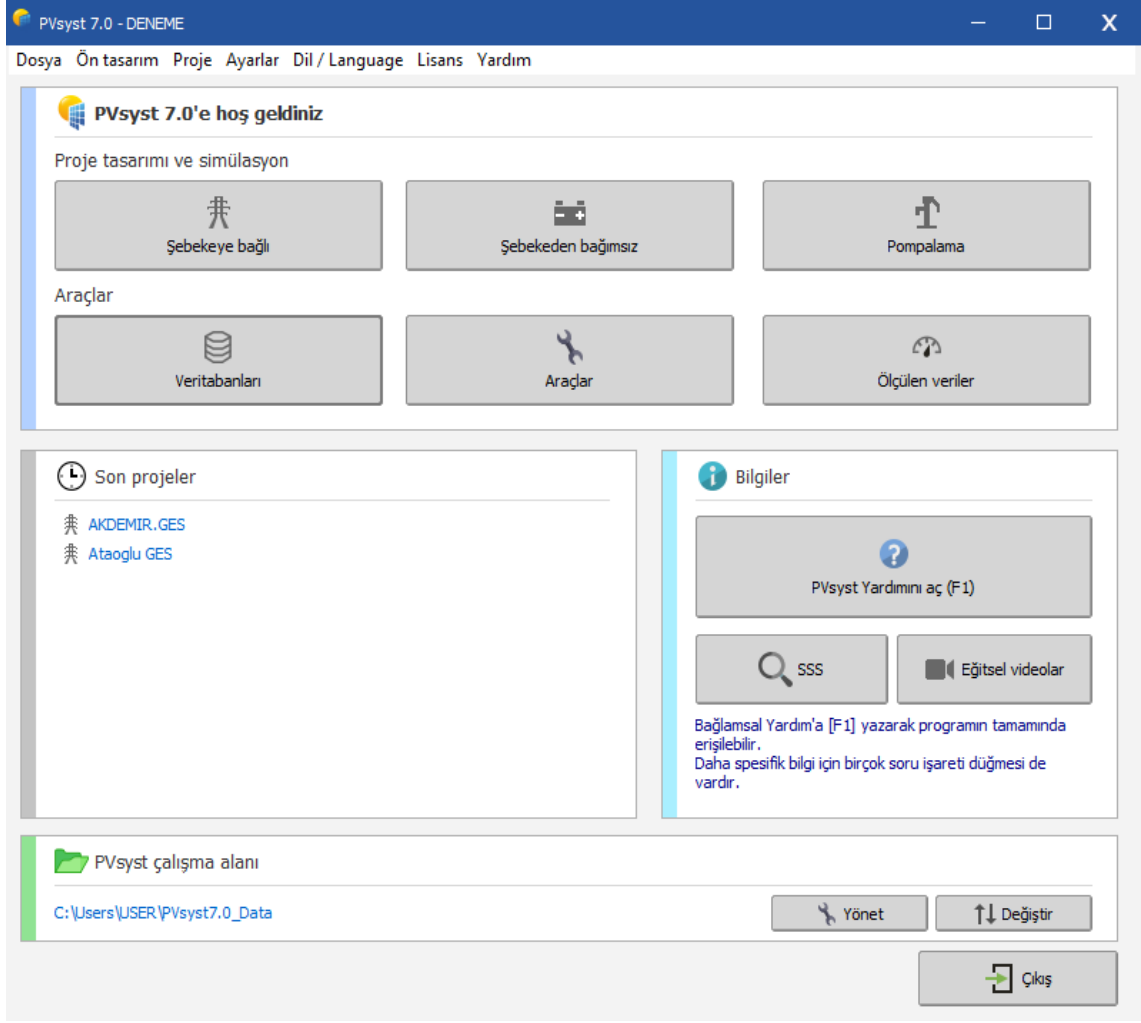
Bu çalışmada; analiz yapmak ve sistem tasarlamak için PVsyst 7.1 paket programı kullanılmıştır. PVsyst; fotovoltaik sistemlerin kurulum öncesi üretim verilerinin analizi, boyutlandırılması ve modellenmesi amacıyla kullanılan ücretli bir simülasyon programıdır. Bu program; off-grid (şebekeden bağımsız) veya on-grid (şebeke bağlantılı) santraller için panel, inverter, kurulacak bölgenin ışıınım ve meteorolojik verilerini kullanarak sisteme ait simülasyon sonucunu verir. Bu sayede kullanıcıyı sistemden elde edilebilecek faydalar ve oluşabilecek kayıplar hakkında bilgilendirir. Ayrıca; sistem üzerine düşen gölgelemelerin modellenmesi programın 3D uygulaması ile yapılabilir. Bu sayede gölgelenmenin sistem üzerine olan etkisi de hesaplanabilmektedir (www.pvsyst.com).

PVsyst simülasyon programı ile güneş enerjili sulama sistemleri, on-grid (şebeke bağlantılı) ve off-grid (şebekeden bağımsız) fotovoltaik sistemlerin tasarımlarını yapmak mümkündür. Ayrıca; program veri tabanında birçok marka, üreticiye ait panel ve inverter çeşitleri bulunmaktadır. PVsyst 7.1 simülasyon programı içinde veri tabanı bulunan Meteororm 7.3. üzerinden fotovoltaik sistemin konumlandırılmasının planlandığı bölgeye ait meteorolojik veriler sentetik olarak üretilebilmektedir.

PVsyst 7.1 simülasyon programının en son sürümüne Türkçe dil seçeneği eklenmiş ve kullanıcı ara yüzü de değiştirilmiştir. Resim 3.1’de programa ait açılış ekranı görüntüsü verilmiştir.

Ön tasarım (Preliminary design): Bir projeyi hızlı bir şekilde değerlendirmek için kullanılır. Belirli sistem parametrelerinden, panel ve inverter bilgileri olmadan aylık bazda üretim verileri elde edilebilmektedir. Sisteme ait yaklaşık bir maliyet tahmininde bulunma özelliği de mevcuttur.

Proje (Project): Programın ticari amaçlı, gerçek verilerini elde etmek için ve projenin detaylı bir şekilde incelenmesinde kullanılan bölümüdür. Kurulması planlanan güneş enerjisi santraline ait meteorolojik verilerin seçimi, sistem tasarımı, olası gölgelenme modelleri ve kayıpların hesaplanması gibi önemli bilgileri içerir.



Resim 3.1. PVsyst simülasyon programına ait açılış ekranı görüntüsü

Şebekeye bağlı (Grid-connected): On-grid bir santrale ait, şebekeye bağlantısına kadar olan tüm sistem elemanlarının, tanımlaması bu bölümde yapılmaktadır. PVsyst programının veri tabanında bulunan panel ve inverterlere ait marka, güç ve çeşit seçimi yapılabilir. Tüm tanımlamalar yapıldıktan sonra simülasyonun aşamasına geçilir.

Şebekeden bağımsız (Stand alone): Off-grid sistemlerin tasarımında kullanılan bölümüdür. Bu bölümde yükün karakteristiği ve miktarı belirtilir. Kullanıcının ihtiyaçları saatlik değerlerde tanımlanmalıdır. Sistemin üreteceği enerjinin yükü besledikten sonra ne kadarının depolanabileceği sonucunu verir.

Pompalama (Pumping): Elektrik depolaması olmadan güneş enerjisinden yararlanarak pompalama sistemlerini besler. Bu tür sistemler genel olarak pompa, fotovoltaik dizisi ve

bir kontrolörden oluşur. Daha çok sulama amaçlı tasarlanacak sistemlerin simülasyonunda kullanılır.

Veri tabanları (Databases): Aylık ve yıllık iklim verilerinin sentetik olarak üretilebildiği bölümdür. Ayrıca; PVsyst programının veri tabanında bulunmayan inverter, panel, batarya vb. sistem elemanlarına ait teknik ve fiziki tanımlamaların yapıldığı bölümdür.

Araçlar (tools): Fotovoltaik sistemlerin kurulum tahmini ve görselleştirilmesi bu kısımda bulunan ek araçlar vasıtasıyla yapılır.

Simülasyon programı; hesaplamalarına bazı parametreleride dâhil etmektedir. Bunlar; panele ait yıllık degradasyon değerleri, kablolama detayı, bölgenin hava kirlilik analizi, güneş ışıınım verileri, gölgeleme durumu, albedo oranları, şebeke sisteminin analizi ve santral yerleşim planlarıdır (Girgin, 2011).

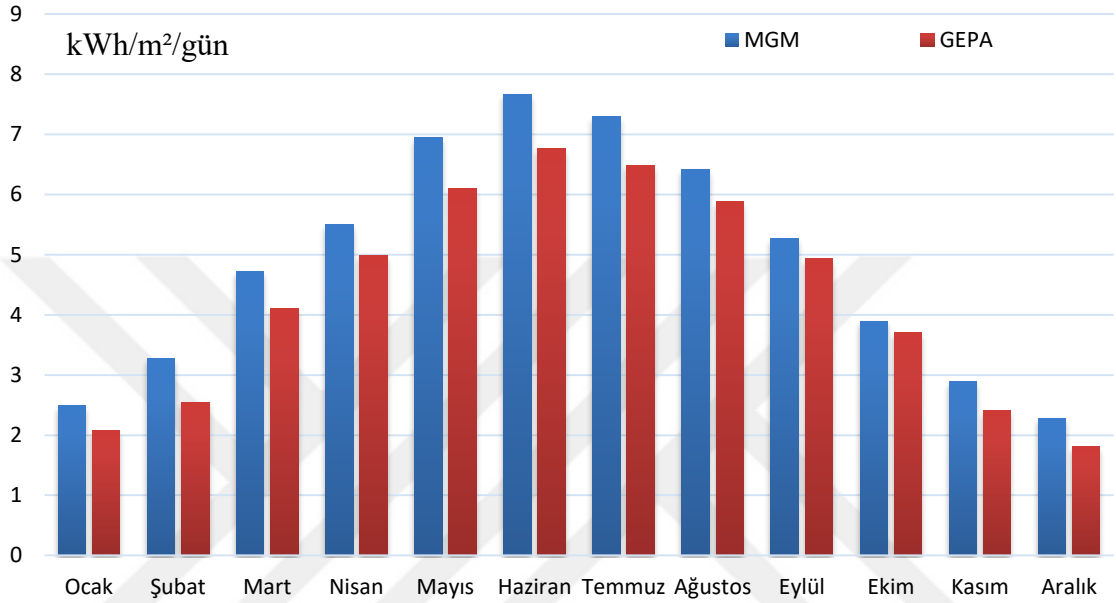
3.2.Kilis İli Coğrafi Konumu, İklimi ve Güneş Radyasyonu Değerleri

Kilis İli yüzölçümü, 1.521 km² dir. Kilis; Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde, Hatay-Kahramanmaraş oluğu ile Fırat Irmağı arasında uzanan Gaziantep Platosu' nun güneybatı kısmında, Türkiye-Suriye sınırı hattında, 36°N enlemi ve 32°E boylamı arasında kalan bölgededir. Şehir bu konumuyla Güneydoğu ve Akdeniz Bölgeleri arasındaki geçiş kuşağı üzerindedir (T.C. Kilis Valiliği, 2020).

Kilis İlının iklimi; genel özellikleri bakımından Akdeniz İklimi bölgesinde kalır. Akdeniz İklimi karakteristiği itibariyle yazın çoğunlukla tropikal, kışın ise ılıman etkidedir. Kilis ise Akdeniz ve Karasal İklimin kesiştiği bölgede bulunduğundan iki ikliminde bazı özelliklerini göstermektedir. Bu sayede, Kilis İlinde sıcak-kuru ve serin-nemli hava durumu özelliği bulunmaktadır. Ayrıca bulunduğu enlem ve boylam noktaları itibariyle güneşli gün sayısı oldukça yüksektir (T.C. Kilis Valiliği, 2020).

Şehir; yaklaşık olarak yıllık ortalama 2.975 saat güneşlenme süresine sahiptir. Kilis, Türkiye'de bu avantajı ile güneş enerjisi potansiyelinde önde gelen iller arasında yer almaktadır. 2020 yılı itibariyle, güneş enerjisi kurulu gücü yaklaşık olarak 8MW dır. Kilis' te toplam 5 adet güneş enerjisi santrali bulunmakta ve yıllık yaklaşık 11 GW enerji üretilmektedir. İlaveten, toplam kurulu gücü 13,86 olan 5 adet güneş enerjisi santrali yapım aşamasındadır (İpekyolu Kalkınma Ajansı, 2020).

Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından erişime sunulan, Aylık Ortalama Güneş Radyasyonu Değerleri (Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM), 2020) ve Enerji İşleri Genel Müdürlüğü'nün Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA) üzerinden Kilis İline ait küresel radyasyon değerlerini gösterir grafik şekil 3.1.' de gösterilmiştir (Enerji İşleri Genel Müdürlüğü (EİGM), 2021).



Şekil 3.1.Kilis İline ait aylık ortalama güneş radyasyonu değerleri

3.3.Kilis İlinde Bulunan On-Grid Üç Adet Güneş Enerjisi Santrali

Çalışmada; Kilis İlinde yer alan, Mısırcık Köyünde bulunan ve 1040 kWh güç değerinde Akdemir GES, Karamelik Köyünde bulunan ve 1029 kWh güç değerinde Ataoğlu GES ve Çakallıpınar Köyünde bulunan 1000 kWh güç değerinde Geylan Enerji GES fotovoltaiik enerji santralleri analiz yapılmak üzere seçilmiştir. Tablo 3.1.' de santrallerin konumları ve kuruldukları arazilerin büyüklükleri verilmiştir.

Tablo 3.1.Santrallere ait konum ve arazi büyüklükleri bilgileri

Santral	Konum	Arazi Büyüklüğü
Akdemir GES	37,3039 °E – 36,8269 °N	20.000 m²
Ataoğlu GES	37,1406 °E – 36,4752 °N	17.800 m²
Geylan Enerji GES	37,0717 °E – 36,8003 °N	20.000 m²

Santrallerde kullanılan panel ve inverter bilgileri ile adetleri tablo 3.2.' de verilmiştir.

Tablo 3.2.Santrallerdeki panel ve inverterlere ait marka/model ve adet bilgileri

	Panel		İnverter	
	Marka/Model	Adet	Marka/Model	Adet
Akdemir GES	Solarturk Energy marka, poly 255w 60 cells (Polikristal)	4080	ABB marka, TRIO-27 6 TL-OUTd-S1 US	34
Ataoglu GES	Voltec Solar marka, VSPS-260-60-A (Polikristal)	3957	Socomec marka, SUNSYS B10	42
Geylan Enerji GES	CEEG marka, SST 280-72 M (Monokristal)	3600	Huawei Tech marka Sun2000-33 KTL-A	26

Akdemir GES santralının 2018,2019 ve 2020 yıllarına ait üretim değerleri tablo 3.3.'te, Ataoglu GES santralının 2018,2019 ve 2020 yıllarına ait üretim değerleri tablo 3.4.' te ve Geylan Enerji GES santralının 2018,2019 ve 2020 yıllarına ait üretim değerleri ise tablo 3.5.' te sunulmuştur.

Tablo 3.3.Akdemir GES santralının 2018,2019 ve 2020 yıllarına ait üretim değerleri

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
2018	75,15	89,28	149,73	162,68	175,85	184,95	194,28	190,10	171,11	150,30	89,58	72,25	1705,3
2019	62,26	86,56	144,04	159,40	167,10	182,06	188,91	184,45	166,39	147,21	84,39	74,41	1647,26
2020	63,89	82,72	142,02	159,85	166,73	180,66	190,58	182,11	163,08	152,23	85,47	73,33	1642,71

Tablo 3.3. incelendiğinde Akdemir GES santralinde; 2018 yılında toplam 1705,3 MWh, 2019 yılında toplam 1647,26 MWh ve 2020 yılında ise toplam 1642,71 MWh enerji üretildiği görülmektedir.

Tablo 3.4.Ataoğlu GES santralinin 2018,2019 ve 2020 yıllarına ait üretim değerleri

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
2018	86,55	120,65	129,85	154,99	174,95	185,93	189,51	178,19	152,43	138,54	92,95	84,85	1689,44
2019	75,51	100,15	124,35	150,99	165,95	176,43	180,06	173,25	151,93	136,04	86,95	77,35	1599,04
2020	64,55	79,65	118,85	146,99	156,31	166,94	170,62	168,95	151,43	133,55	80,96	69,86	1508,66

Tablo 3.4. incelendiğinde Ataoğlu GES santralinde; 2018 yılında toplam 1689,44 MWh, 2019 yılında toplam 1599,04 MWh ve 2020 yılında ise toplam 1508,66 MWh enerji üretildiği görülmektedir.

Tablo 3.5.Geylan Enerji GES santralinin 2018,2019 ve 2020 yıllarına ait üretim değerleri

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
2018	75,85	112,02	118,98	151,04	162,85	180,96	183,05	175,37	150,12	133,71	82,52	74,84	1601,34
2019	78,84	104,54	126,8	153,03	166,05	178,5	177,66	168,25	149,49	131,28	83,74	76,13	1594,34
2020	71,63	103,56	122,12	148,99	163,35	175,82	179,93	172,22	148,68	130,52	83,05	75,86	1575,78

Tablo 3.5. incelendiğinde Geylan Enerji GES santralinde; 2018 yılında toplam 1601,34 MWh, 2019 yılında toplam 1594,34 MWh ve 2020 yılında ise toplam 1575,78 MWh enerji üretildiği görülmektedir.

3.4.Kilis 7 Aralık Üniversitesi

Çalışmada ayrıca, Kilis 7 Aralık Üniversitesinin elektrik ihtiyacının güneş enerjisi sistemleri ile karşılanması durumu ele alınmıştır. Sistem; mülkiyeti Kilis 7 Aralık Üniversitesine ait olan ve yerleşke dışında bir arazide kurulacak şekilde tasarlanmıştır. Sistemin tasarlanacağı bölgeye ait harita resim 3.2.' de verilmiştir.



Resim 3.2.Santralin kurulmasının planlandığı bölge

Bahse konu bölge; Kilis İli Merkez İlçesi Deveciler Mahallesi 560 Ada, 23 ve 24. parsellerde yer almaktadır. Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM)' nün erişime sunduğu parsel sorgulama uygulaması ile bölgenin; 36,7408 °N ve 37,1067 °E koordinatlarında yer aldığı tespit edilmiştir. Arazinin toplam büyüklüğü 24.000 m² dir. Ayrıca arazi üniversite yerleşkesine, 1.100 m uzaklıktadır (Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM), 2021).

Simülasyon programında; Kilis 7 Aralık Üniversitesi'nin enerji ihtiyacının karşılanması üzere kurulması planlanan santralde, yerli üreticiden tedarik edilebilecek bir fotovoltaik panel seçilmiştir. Seçilen panele ait standart test koşulları altındaki elektriksel veriler, mekanik veriler ve sıcaklık katsayıları Tablo 3.6.' da sunulmuştur.

Tablo 3.6.PVsyst programına tanıtılan panelin özellikleri (Aksangör, 2019)

Elektriksel Veriler (STK)			
Nominal Güç (Pmax)		280 W	
Açık Devre Gerilimi (Voc)		39,2 V	
Kısa Devre Akımı (Ioc)		9,67 A	
Nominal Gerilim (Vmpp)		31,2 V	
Nominal Akım (Impp)		8,97 A	
Modül Verimi (%)		17,20	
Mekanik Veriler		Sıcaklık Katsayıları	
Hücre Teknolojisi	Mono – Si	Nominal İşletim	45°C±2°C
Hücre Sayısı	60	Hücre Sıcaklığı	
Panel Uzunluğu	1640 mm	Pmax	-0,41%/°C
Panel Genişliği	992 mm	Voc	-0,31%/°C
Panel Kalınlığı	40 mm	Isc	0,05%/°C
Ağırlık	18,5 kg		

Tablo 3.7.' de Kilis 7 Aralık Üniversitesi'nin 2020 yılına ait güç tüketim değerleri verilmiştir.

Tablo 3.7.Kilis 7 Aralık Üniversitesi aylık enerji tüketim değerleri (MWh)

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Tüketim Verileri (MWh)	347.63	359.00	313.00	235.46	172.44	160.27	184.79	223.74	199.18	239.13	189.26	390.06	3013.96

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

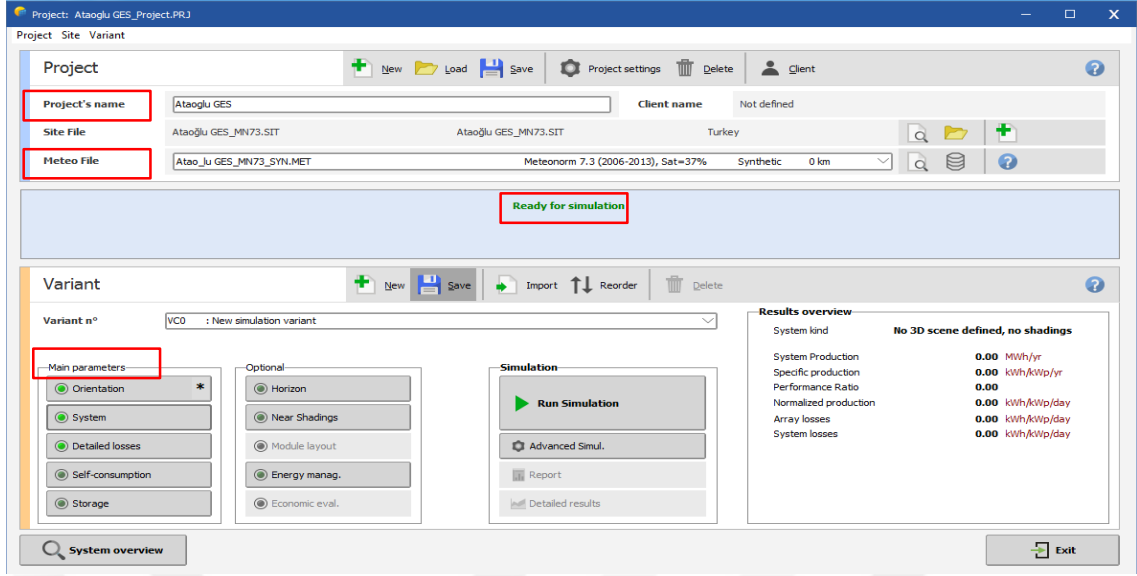
Bu bölümde; Kilis ilinde yer alan ve üretim yapılan on-grid üç adet fotovoltaik enerji santralinin, PVsyst 7.1 paket programı aracılığıyla analizi yapılmıştır. Tesislerin, aktif olarak çalışan fotovoltaik enerji santralleri olması sebebiyle son üç yıllık üretim verileri ile bilgisayar analiz sonuçları karşılaştırılmıştır.

Buna ek olarak; Kilis 7 Aralık Üniversitesinin enerji ihtiyacının güneş enerjisi sistemleriyle karşılanmasının istenmesi durumunda, tasarlanacak sistemden üretilebilecek enerji miktarı, simülasyon ortamında analiz edilmiştir. Santralin kurulmasının planlandığı alana ait coğrafi konum, PVsyst programında işaretlenmiştir. Yerleşkenin bulunduğu bölgenin meteorolojik verileri, simülasyon aracının veri tabanından üretilmiştir. Tasarlanan fotovoltaik sistemin performans analizi yapılmıştır. Analiz sonucu oluşan veriler, ilk yapılan çalışma neticesinde ortaya çıkan simülasyon sonucu da dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

4.1.Kilis İlinde Bulunan On-Grid Üç Adet Güneş Enerji Santralinin PVsyst Programı ile Performans Analizi

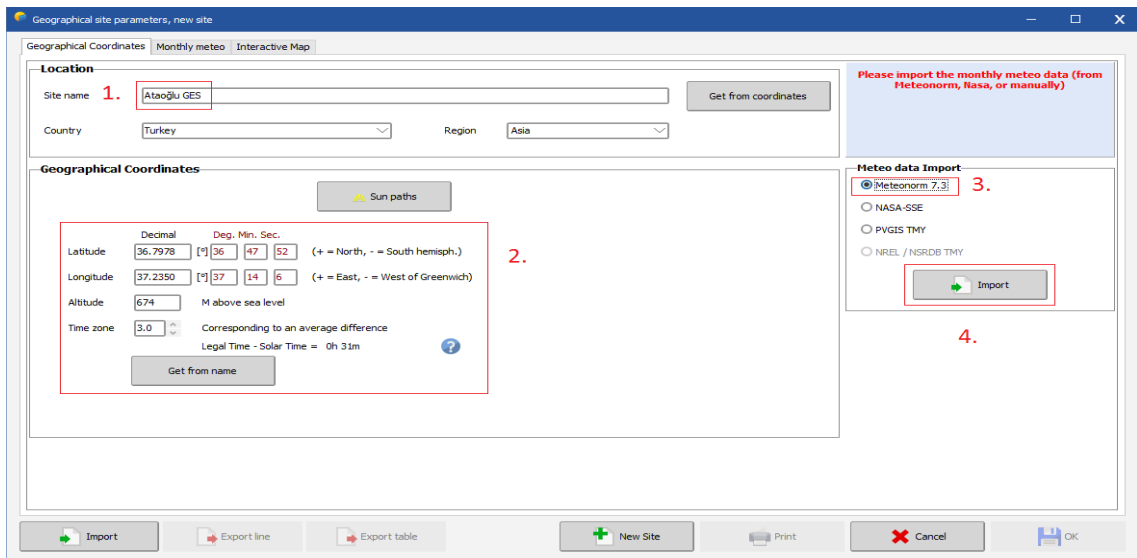
Çalışmada; Kilis İlinde yer alan, Mısırcık Köyünde bulunan ve 1040 kWh güç değerinde Akdemir GES, Karamelik Köyünde bulunan ve 1029 kWh güç değerinde Ataoğlu GES ve Çakallıpınar Köyünde bulunan 1000 kWh güç değerinde Geylan Enerji GES fotovoltaik enerji santrallerinin analizleri yapılmıştır. Tesislerin son üç yıllarına ait üretim değerleri ile PVsyst simülasyon programında, bahse konu santrallerle eşit özelliklerde oluşturulan sistemlerin üretim verilerinin karşılaştırılması ve analizi yapılmıştır. Analiz sonucunun daha iyi anlaşılabilmesi için santraller birbirlerine yakın güç değerlerinde seçilmiştir.

Simülasyon gerçekleştirilmeden önce programa, bazı tanımlamalar yapılmalıdır. Şebekeye bağlı bir sistem tasarlamak için; PVsyst simülasyon programının açılış ekranında, grid-connected bölümü seçilmelidir. Resim 4.1. de verilen grid-connected bölümüne ait ara yüzde ilk olarak proje isimlendirilir. Daha sonra meteo file kısmında santrale ait konum bilgileri girilerek o yöreye ait ışıma bilgileri elde edilir. Main parameters bölümünde ki santral için önemli parametreler girilmelidir. Bütün seçeneklerin önündeki işaretler yeşile dönünce; sistemin simülasyon aşamasına geçilmesi için bir engelin kalmadığı anlaşılmalıdır (Çınaroğlu ve Nalbantoğlu, 2020).



Resim 4.1.Grid-Connected bölümü

Santralin kurulacağı yöreye ait ışıınım değerleri programın veri tabanından alınmalıdır. Bu sebeple PVsyst simülasyon programında bulunan coğrafi alan yönetim bölgesinde ki harita da bölge işaretlenmelidir. Ancak; analizi yapılan santraller; haritada bulunmadığından bölgelere ait koordinat bilgileri (bkz. Tablo 3.1.) programa tanıtılmıştır. Tanıtma işlemi resim 3.1.' de verilen açılış ekranında ki veri tabanı (Databases) bölümünden yapılmaktadır. Resim 4.2.' de santrale ait coğrafi bilgilerin programa girilmesi gösterilmiştir. Bu sayede Meteonorm 7.3 üzerinden bölgeye ait meteorolojik veriler sentetik olarak üretilmiştir.

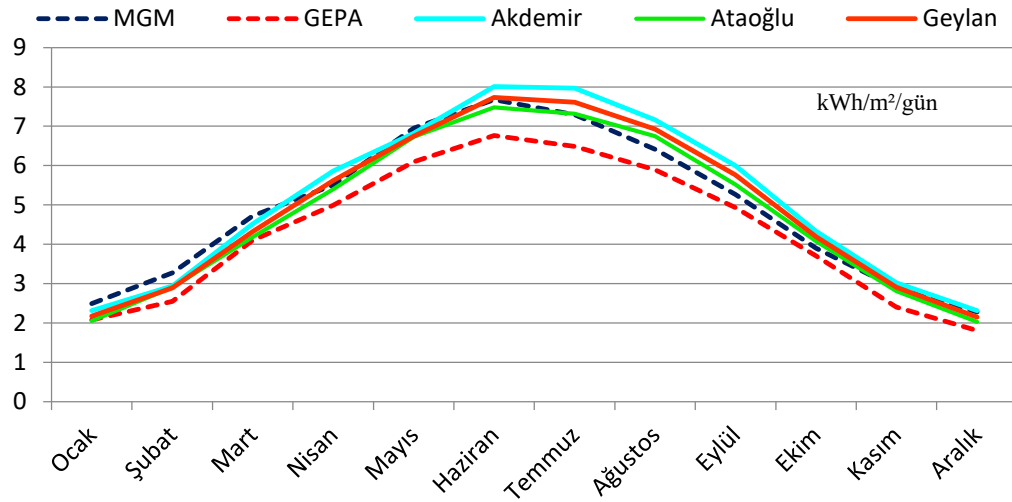


Resim 4.2.PVsyst programında coğrafi bilgilerin girilmesi

Üretilen verilerin doğruluğunun teyit edilmesi analizin daha sağlıklı bir sonuç vermesini sağlayacaktır. Çalışmada sentetik olarak üretilen ışıınım değerleri, Meteoroloji Genel Müdürlüğünün Türkiye Global Güneş Radyasyonu Uzun Yıllar Ortalaması verileri (MGM, 2020) ve Enerji İşleri Genel Müdürlüğünün Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA, 2021) üzerinden kontrol edilmiştir. Tablo 4.1.' de Meteonorm 7.3. ile bu üç santrale ait üretilen sentetik veriler sunulmuştur. Şekil 4.1.' de PVsyst programında üretilen sentetik veriler ile GEPA ve MGM verilerinin karşılaştırılması yapılmıştır.

Tablo 4.1.PVsyst tarafından üretilen sentetik ışıınım verileri (kWh/m²/ay)

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Akdemir	2,31	2,94	4,52	5,86	6,82	8,01	7,97	7,16	6,0	4,33	3,02	2,31
GES	2,05	2,91	4,18	5,4	6,73	7,48	7,32	6,75	5,52	4,08	2,81	2,03
Ataoglu	2,17	2,89	4,32	5,62	6,75	7,73	7,61	6,93	5,76	4,19	2,91	2,15
Geylan	2,17	2,89	4,32	5,62	6,75	7,73	7,61	6,93	5,76	4,19	2,91	2,15
Enerji	2,17	2,89	4,32	5,62	6,75	7,73	7,61	6,93	5,76	4,19	2,91	2,15
GES	2,05	2,91	4,18	5,4	6,73	7,48	7,32	6,75	5,52	4,08	2,81	2,03

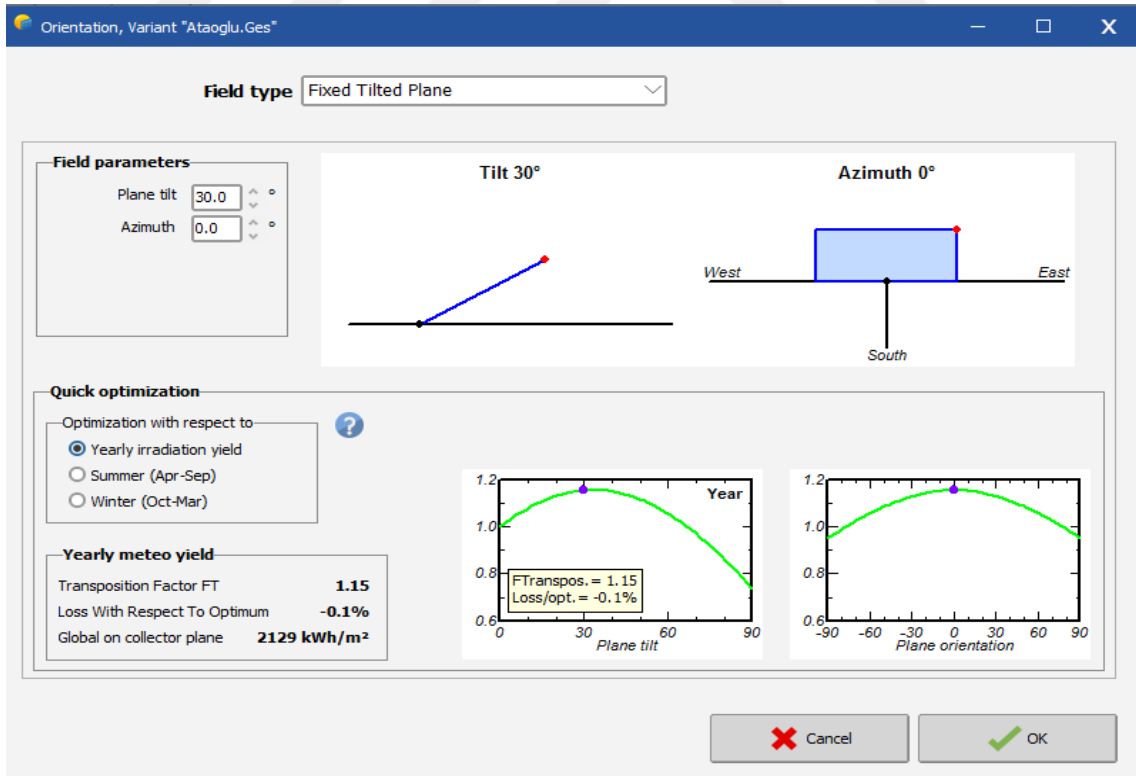


Şekil 4.1.Meteonorm 7.3 ile üretilen sentetik verilerin MGM ve GEPA ile karşılaştırılması

Şekil 4.1. incelendiğinde PVsyst 7.1 simülasyon programı tarafından üretilen sentetik verilerin, gerçeğe yakın olduğu görülmektedir. Dolayısıyla; bu verilerin kullanılmasında

herhangi bir sorun olmadığı anlaşılmaktadır. Ayrıca bu durumdan; PVsyst 7.1 simülasyon programının, güvenilir olduğu ve ürettiği veriler ile gerçeğe yakın sonuçların elde edilebileceği görülmektedir.

Güneş panellerinin en büyük dezavantajlarından biri, verimlerinin düşük olmasıdır. Bir panelin verimi %15-20 arasında değişmektedir. Bu olumsuzluğun önüne geçebilmek için fotovoltaik enerji santrallerinin verimlerini yükseltebilecek başka çözüm yolları geliştirilmelidir. Güneş takip sistemi bulunmayan güneş enerjisi santrallerinde maksimum verimi alabilmenin bir diğer yolu; panellerin eğim açısı ve azimut açılarının doğru hesaplanmasıdır (Haydaroğlu ve Gümüş, 2017). Bir sonraki adımda; santrale ait açı tanımlamaları yapılmalıdır. Resim 4.1. grid-connected ekranında ki main parameters bölümünden orientation seçilir. Analizi yapılan santrallerin panel eğim açıları 30° , azimut açıları 0° dir. Azimut açısı; güneş panellerinin baktığı yön ile güney arasında kalan açıdır. PVsyst simülasyon programında istenilen santrallere eş birer sistem tasarlamak olduğundan panel eğim açıları 30° ve azimut açıları 0° olarak tanımlanmıştır. Resim 4.3.’te ki görselde sisteme ait panel eğim ve azimut açıları gösterilmiştir.



Resim 4.3.Sisteme ait panel eğim ve azimut açılarının belirlenmesi

PVsyst simülasyon programı veri tabanında bir çok marka, model ve güçte panel ve inverter çeşitleri yer almaktadır. Kurulacak santral de kullanılması planlanan panel ve invertere ait mekanik ve elektriksel veriler, her bir model için program veri tabanında bulunmaktadır. Kullanılması planlanan panel ve/veya inverterin programın veri tabanında bulunmaması durumunda ise manuel olarak program veri tabanına tanımlanabilmektedir.

Çalışmada; santrallerde kullanılan aynı marka, model ve güç değerlerindeki panel ve inverterler (bkz.tablo 3.2.), simülasyon programında seçilmiştir. Bu tanımlama işlemi, main parameters bölümün de ki system sekmesi seçilerek yapılmıştır. Resim 4.4.'te sisteme ait panel ve inverterlerin programda seçilmesi gösterilmiştir.

Sistem parametreleri

Alt alan

Alt dizinin ismi ve yönü: PV dizisi
Yön: Sabit eğik düzlem
Eğim: 30°
Azimut: 0°

Ön boyutlandırma yardımı

Planlanan gücü giriniz: 1029.0 kWp
... veya mevcut alan(modül): 6465 m²

PV modül seçimi

Tüm modül: Filtre: Tüm PV modüller
Gerekten tahmini modül sayısı: 3958

Voltec Solar 260 Wp 26V Si-poly VSPS-260-60-A 2013 yılından beri Manufacturer: 2013

Optimizasyon kullan: Gerilim boyutlama: Vmpp (60°C): 26.9 V
Voc (-10°C): 42.5 V

İnvertör seçimi

Mevcut: Çıkış gerilimi 400 V Tris 50Hz
Socomec 10 kW 245 - 850 V TL 50 Hz SUNSYS B10 2012 yılından beri

İnvertör sayısı: 80 Çalışma gerilimi: 245-850 V İnvertör global gücü: 800 kWac
Maksimum giriş gerilimi: 1000 V 2 MPPT ile inverter

Dizi boyutlandırması

Modül ve zincir sayısı

Seri mod. sayısı: 23 10 ile 23 arasında
Zincir sayısı: 172 134 ile 172 arasında

Ağır yük kaybı: 0.4 %
Nom. güç oranı: 1.29

Modül sayısı: 3956 Yüzey: 6462 m²

İşletme koşulları

Vmpp (60°C): 620 V
Vmpp (20°C): 745 V
Voc (-10°C): 978 V

Yüzey ısıtım: 1000 W/m²
İmp (STC): 1423 A
Isc (STC): 1508 A

Veri maks: STC
Maksimum işletme gücü (1000 W/m² için ve 50°C): 926 kW

Isc (STC'de): 1508 A Alan nominal gücü (STC): 1029 kWp

Global sistem özeti

Modül sayısı: 3956
Modül yüzeyi: 6462 m²
İnvertör sayısı: 80
PV nominal gücü: 1029 kWp
Maksimum PV gücü: 1007 kWDC
Nominal AC gücü: 800 kWAC
Nom. güç oranı: 1.286

Sistem özeti

Basit taslak İptal OK

Resim 4.4.PVsyst programında panel ve inverter seçimi

PVsyst simülasyon programında, santralin kurulacağı bölgede paneller üzerinde gölgelenmeye neden olabilecek bina, ağaç vb. elemanlar için gölgeleme analizi yapmak mümkündür. Bu analiz için programda; gölgelenmeye sebebiyet verebilecek elemanların çizimleri yapılabilmektedir. Ancak; çalışmada yer alan santrallerin etrafında herhangi bir gölgeleme sağlayacak eleman bulunmadığından bu parametre tanımlanmamıştır.

Sistem simülasyonunun yapılabilmesi için gerekli olan ana parametreler girildikten sonra resim 4.1.' de ki Run Simulation sekmesi aktif hale gelir. Böylece simülasyon

başlatıldıktan sonra sisteme ait üretim verilerinin ve kayıpların da yer aldığı ayrıntılı rapor program tarafından oluşturulur.

4.2.Kilis 7 Aralık Üniversitesinde Kurulacak Bir GES Projesinin PVsyst Programı ile Performans Analizi

Çalışmada ayrıca, Kilis 7 Aralık Üniversitesinin elektrik ihtiyacının güneş enerjisi sistemleri ile karşılanması durumu ele alınmıştır. Sistem; mülkiyeti Kilis 7 Aralık Üniversitesine ait olan ve yerleşke dışında bir arazide kurulacak şekilde tasarlanmıştır. Üniversitenin enerji gereksinimini karşılamak üzere 1000 kW kurulu güç değerine sahip bir santralin tasarımı yapılmıştır

Santralin kurulmasının planlandığı bölgeye ait ışıınım değerleri programın veri tabanında yer almadığından bir önceki bölümde anlatıldığı şekilde on-grid sistem tasarım adımları takip edilmiştir. Bu sayede Meteonorm 7.3 üzerinden bölgeye ait meteorolojik veriler sentetik olarak üretilmiştir. Tablo 4.2.' de Meteonorm 7.3. ile üretilen sentetik veriler sunulmuştur.

Tablo 4.2.Santral için üretilen sentetik veriler (kWh/m²/yıl)

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Sentetik												
k	2,4	2,98	4,58	5,91	6,79	8,14	8,06	7,22	6,07	4,35	3,05	2,38
Veriler												

Simülasyon programında; Kilis 7 Aralık Üniversitesinin enerji ihtiyacının karşılanması üzere kurulması planlanan santralde, yerli üreticiden tedarik edilebilecek bir fotovoltaik panel kullanılmıştır. Böylece programda, 280 W gücünde mono-si fotovoltaik panel seçilmiştir. Seçilen panel programın veri tabanında yer almadığından yeni model oluşturulup programa tanıtılmıştır. Panele ait standart test koşulları altındaki elektriksel veriler, mekanik veriler ve sıcaklık katsayıları (bkz. Tablo 3.6.) simülasyon programının veri tabanına tanımlanmıştır.

Panel tanımlamak için PVsyst simülasyon programı ana sayfasında yer alan “Database” kısmında ki “PV Module” seçilmelidir. Tanımlama işlemi resim 4.5’ te sunulmuştur.

Resim 4.5.Panele ait verilerin PVsyst programına tanımlanması

Panelin tanımlaması yapıldıktan sonra projede “Select the PV module” kısmından panelin seçimi yapılmıştır.

Tasarlanan santralde kullanılmak üzere Generic firmasına ait Trio-27-6-Outd-S1-US 30 kW lık inverter seçilmiştir.

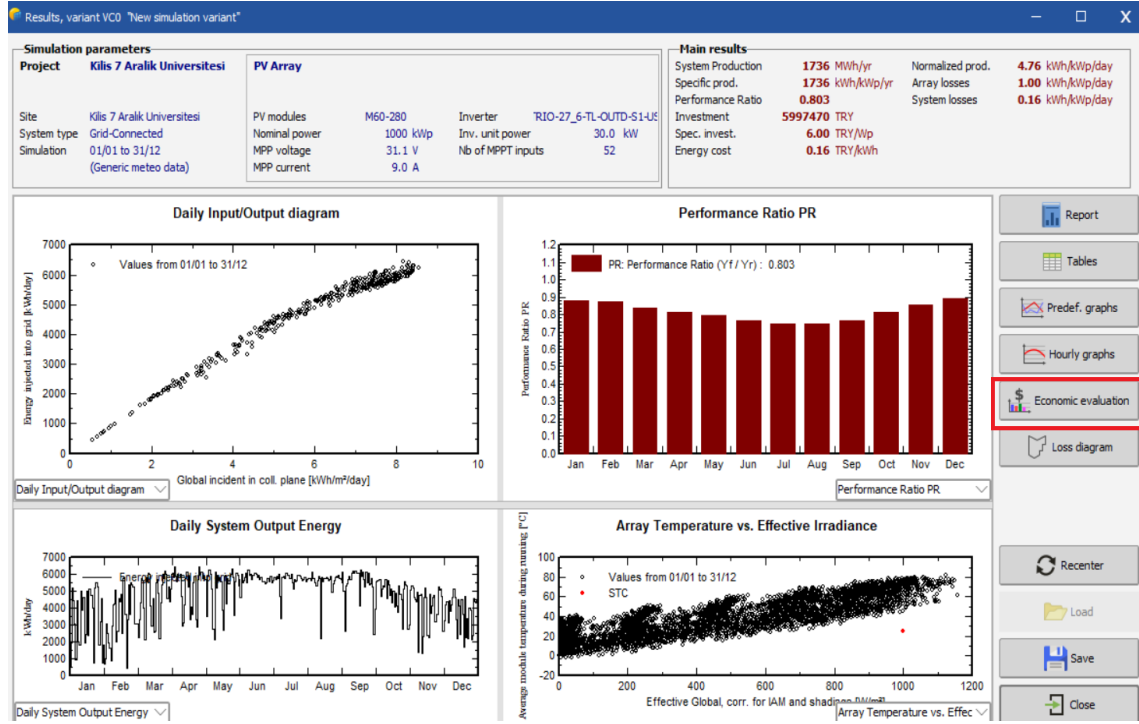
Kilis 7 Aralık Üniversitesinin enerji ihtiyacının karşılanması için 1 MW lık bir santral tasarlanmıştır. Tasarlanan santralde toplam 3.570 adet panel ve 26 adet inverter kullanılmıştır. Arazinin etrafında gölgelemeye sebebiyet verebilecek herhangi bir unsur bulunmamaktadır.

Sistem simülasyonunun yapılabilmesi için gerekli olan ana parametreler girildikten sonra simülasyon çalıştırılmıştır. Sisteme ait üretim verilerinin ve kayıpların da yer aldığı ayrıntılı rapor program tarafından oluşturulmuştur.

4.3.Kilis 7 Aralık Üniversitesine Kurulacak GES Projesinin Ekonomik Durumu

Bu çalışmada; Kilis 7 Aralık Üniversitesinin enerji gereksinimini karşılamak üzere 1000 kW kurulu güç değerine sahip bir santralin tasarımı yapılmıştır. Yapılan tasarımda

ekonomik analiz, gerekli piyasa araştırılması yapıldıktan sonra PVsyst 7.1. simülasyon programında gerçekleştirilmiştir. Simülasyon tamamlandıktan sonra açılan pencerede Resim 4.6.' da ki “Economic evaluation” sekmesi seçilerek santralde kullanılabilecek donanımlara ait birim fiyat değerleri tanımlanmıştır.



Resim 4.6.PVsyst programında ekonomik analiz sekmesi

Santral; Üniversitenin mülkiyetinde olan bir bölge üzerinde kurulacak şekilde tasarlandığından arazi giderleri ekonomik analizde tanımlanmamıştır. Ayrıca kurulum için gerekli olan sermaye, kurumun öz sermayesinden karşılanacağı kabul edilmiştir. Dolayısıyla kredi, sigorta vb. giderler hesaplama dâhil edilmemiştir.

Santralin enerji nakil hattı uzaklığı ihmal edilmiştir. Santralden üretilebilecek elektrik doğrudan Üniversitenin enerji ihtiyacının bir kısmını karşılayacaktır. Böylece; sistemden elde edilebilecek kWh başına gelir durumu, Üniversitenin kWh başına ödediği tutar olarak belirlenmiştir.

Arazi, ekstra hafriyat gerektirmeyecek şekildedir. Böylece; paneller konstrüksiyon üzerine kolay bir şekilde yerleştirilebilecektir. Dolayısıyla; bu durum için gerekli olan maliyet ekonomik analizde tanımlanmamıştır.

Yapılan tanımlamalarda; sistemin ekonomik ömrü, 25 yıl olarak belirlenmiştir. Santral giderleri olarak yıllık bakım ve onarım maliyetleri, piyasa araştırması sonucu varılan sonuç neticesinde, 30.000 TL olarak tanımlanmıştır.

Santral kurulumu için gerekli olan donanımlara ait birim fiyat ve diğer harcamaların simülasyon programına tanımlanması resim 4.7.' de verilmiştir.

The screenshot displays the 'Economic evaluation' window of the PVsyst software. It is divided into several sections:

- System summary:**
 - Project: Kilis 7 Aralık Üniversitesi
 - PV Array, Prom: 1000 kWp
 - Grid-Connected System
 - Produced Energy: 1736 MWh/year
- Financial summary:**
 - Installation costs: 5'997'470.00 TRY
 - Total yearly cost: 30'000.00 TRY/year
 - LCOE: 0.156 TRY/kWh
 - Payback period: 7.0 years
- Investment and charges:**
 - Values: Global (selected), by Wp, by m²
 - Currency: TRY - Turkish Lira
 - Rates: (button)
- Installation costs:**

Description	Quantity	Unit price	Total
PV modules			3'912'720.00 TRY
M60-280	3570.00	1'021.00	3'644'970.00 TRY
Supports for modules	3570.00	75.00	267'750.00 TRY
Inverter			656'500.00 TRY
TRJO-27_6-TL-OUTD-S1-US	25.00	25'250.00	656'500.00 TRY
Other components			56'585.00 TRY
Accessories, fasteners	3570.00	5.00	17'850.00 TRY
Wiring	15000.00	23.00	345'000.00 TRY
Combiner box	26.00	3'000.00	78'000.00 TRY
Monitoring system, display ...	1.00	70'000.00	70'000.00 TRY
Measurement system, pyra...	1.00	35'000.00	35'000.00 TRY
Surge arrester	1.00	20'000.00	20'000.00 TRY
Studies and analysis			135'000.00 TRY
Installation diğer			627'400.00 TRY
diğer	1.00	100'000.00	100'000.00 TRY
Land costs			0.00 TRY
Total installation cost			5'997'470.00 TRY
Depreciable asset			4'587'070.00 TRY
- Operating costs (yearly):**

Description	Yearly cost
Maintenance	20'000.00 TRY
Salaries	5'000.00 TRY
Reparation	5'000.00 TRY
Cleaning	5'000.00 TRY
Security fund	5'000.00 TRY
Land rent	0.00 TRY
Insurance	0.00 TRY
Bank charges	0.00 TRY
Administrative, accountin	0.00 TRY
Taxes	0.00 TRY
Subsidies	0.00 TRY
Diğer	10'000.00 TRY
Operating costs (OPEX)	30'000.00 TRY/year

Resim 4.7. PVsyst simülasyon programına maliyet değerlerinin tanımlanması

Sistemde kullanılabilecek donanımlara ait birim fiyatlar ve diğer ödemeler tanımlandıktan sonra simülasyon programı tarafından sistemin geri ödeme süresinin, 7 yıl olduğu belirlenmiştir. Bahse konu santrallere eş tasarlanan ve kurulumu yapılan santrallere ait geri ödeme süreleri yaklaşık olarak 8,5 yıldır. Bu durum piyasa araştırması neticesinde kurulum yapan firmalar tarafından yatırımcıya bildirilmektedir. Kilis 7 Aralık Üniversitesinde kurulabilecek santralin geri ödeme süresinin 7 yıl olmasının en önemli sebebi arazi için ekstra bir maliyete gereksinim duyulmamasıdır.

PVsyst 7.1. simülasyon programı detaylı sonuç raporuna göre; Kilis 7 Aralık Üniversitesi arazisine kurulacak 1 MW kurulu güç değerine sahip güneş enerjisi santrallinin kurulum maliyeti toplam 5.997.470 TL olarak hesaplanmıştır.

4.4.Kilis İlinde Bulunan On-Grid Üç Adet Güneş Enerji Santrali Üretim Verileri ile PVsyst Simülasyon Programı Sonuç Raporunun Karşılaştırılması ve Analizi

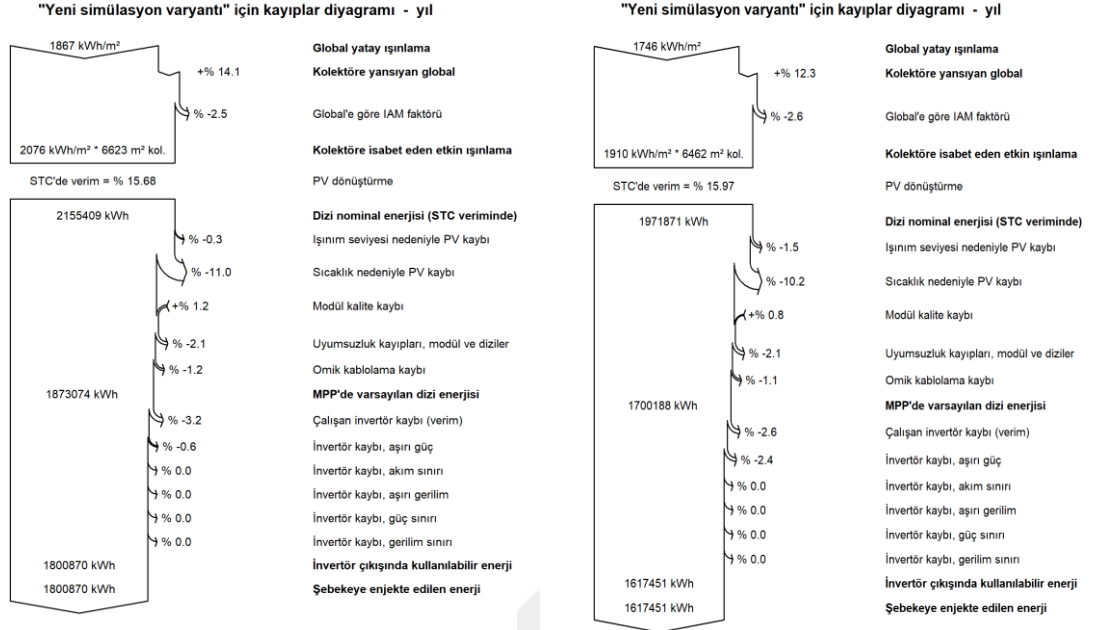
PVsyst programında, gerekli tanımlamalar yapıldıktan sonra simülasyon gerçekleştirilmiştir. Simülasyon programının vermiş olduğu raporda; sistem bileşenleri, ışınlım durumu, üretim miktarı ve kayıp diyagramları bulunmaktadır.

Programın sunmuş olduğu kayıp diyagramları incelendiğinde santrallerin mevcut bulundukları konumlara gelen ışınlım miktarları görülmektedir. Paneller, düz zemine yerleştirilmiş olup ayrıca etraflarında gölgelemeye sebebiyet verebilecek herhangi bir yapı ya da unsur bulunmadığından gölgeleme kaynaklı herhangi bir kayıp söz konusu değildir.

Güneş panellerinin, karakteristik özelliklerinden kaynaklı bazı kayıplar bulunmaktadır. Üretici tarafından, fotovoltaiik panellerin çalışma şartları belirlenirken standart test koşulları (25°C sıcaklık, 1000 Wh/m² ışınlım (Dölger vd., 2017)) altındaki performans seviyeleri esas alınmaktadır. Bu sebeple; yüksek sıcaklık ve düşük ışınlım değerlerinden kaynaklı kayıplar oluşmaktadır.

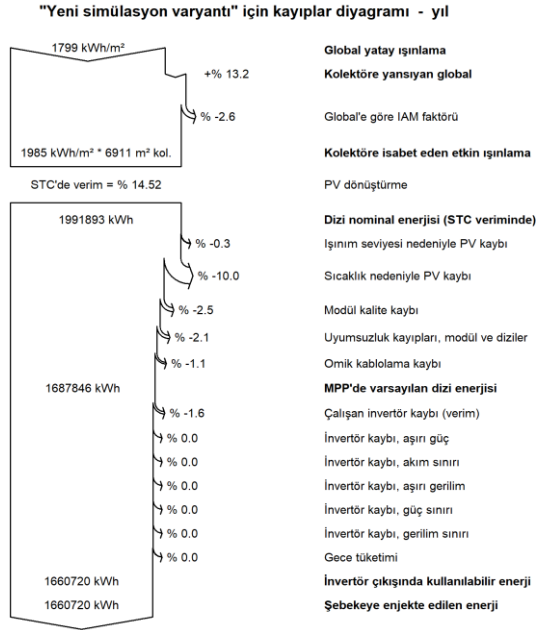
Mismatch kayıpları olarak ta bilinen uyumsuzluk kayıpları; güneş enerjisi santrallerinde bulunan her bir panelin üretmiş olduğu enerjinin eşit olmaması durumunda ortaya çıkmaktadır. Panel sayısının fazla olduğu arazi tipi gibi uygulamalarda bu kayıp miktarı da artmaktadır. Santrallere ait kayıp diyagramlarında bu kayıp türü görülmektedir.

Kayıp diyagramları incelendiğinde panele yansıyan ışınlım ile üretilebilecek enerjiden, oluşan bütün kayıplar çıkarıldıktan sonra şebekeye verilecek net enerji miktarı da görülmektedir. Ayrıca simülasyon programının verdiği raporda, santrallere ait aylık ve yıllık üretim verileri yer almaktadır. Santrallere ait kayıp diyagramları Resim 4.8a. (Akdemir GES), Resim 4.8b. (Ataoğlu GES) ve Resim 4.8c. (Geylan Enerji GES)'de sunulmuştur.



(a)

(b)



(c)

Resim 4.8.Santrallere ait kayıp diyagramları

PVsyst programına ait kayıp diyagramları incelendiğinde santrallerin bulunduğu konuma gelen yıllık ışınlam miktarları; Akdemir GES için 1867 kWh/m², Ataoğlu GES için 1746

kWh/m² ve Geylan Enerji GES için 1799 kWh/m² dir. Panel eğim ve azimut açılarının, geçekte olduğu gibi seçilmesiyle santrale gelen ışınım miktarları sırasıyla; 2076 kWh/m², 1910 kWh/m² ve 1985 kWh/m² değerindedir.

Simülasyon programının veri tabanında bulunan panellerin ayrıca boyut bilgileri de mevcuttur. Bu sayede tasarlanan fotovoltaik santralde ki panellerin kapladığı alan da hesaplanabilir. Çalışmada tanımlanan panellerin toplam kapladığı alan; Akdemir GES için 6623 m², Ataoğlu GES için 6462 m² ve Geylan Enerji GES için 6911 m² dir. Ancak; arazi tipi fotovoltaik enerji santralleri tasarlanırken paneller, belirli bir açıyla kurulmaktadır. Bu sebeple; paneller, bir birlerine gölgeleme etkisi yapmayacak şekilde konumlandırılmalıdır. Söz gelimi; Akdemir GES fotovoltaik enerji santralinde ki panellerin toplam yüzey alanı 6623 m² iken panellerin bir birlerine gölgeleme yapmaması için santral 20.000 m² boyutunda bir arazide tasarlanmıştır.

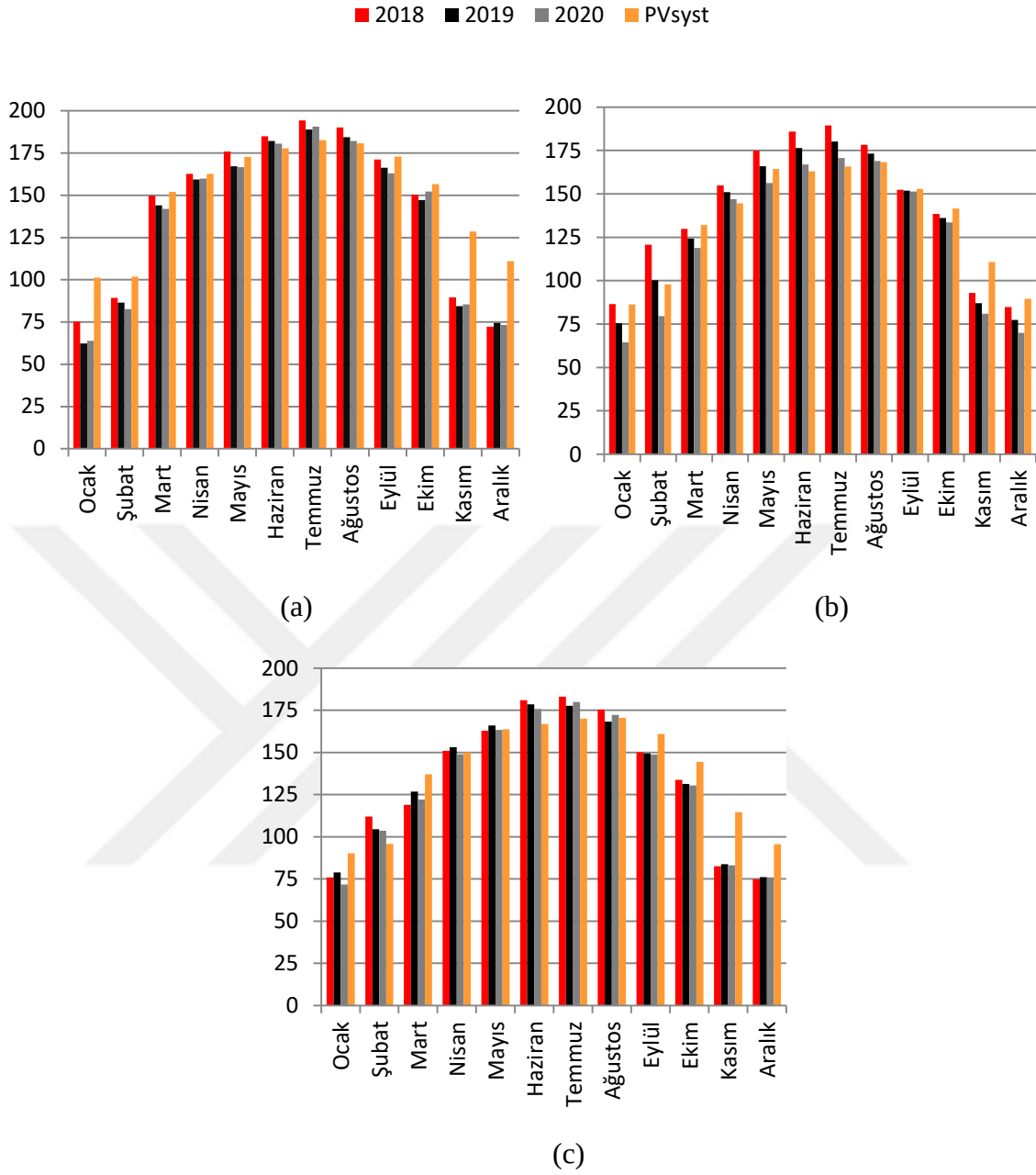
PVsyst simülasyon programı; üretilebilecek nihai enerji miktarını hesaplamadan önce, fotovoltaik enerji santrallerinin karakteristik özelliklerinden kaynaklı, bazı kayıpları da dikkate almaktadır. Bu kayıplar; düşük seviyede ki ışınlımlardan ve yüksek sıcaklıklardan kaynaklı kayıplar, mismatch kayıpları, omik kayıplar ve inverter kaynaklı kayıplardır (Kırbaş ve Çiftçi, 2019).

Tüm bu kayıplar ve panel verimi de hesaba katıldığında simülasyonu yapılan on-grid güneş enerji santrallerinin yıllık olarak şebekeye vereceği enerji; Akdemir GES için 1800,9 MWh, Ataoğlu GES için 1617,5 MWh ve Geylan Enerji GES için 1660,7 MWh olduğu görülmektedir.

Santrallerin 2018, 2019 ve 2020 yıllarına ait enerji üretim değerleri ile PVsyst programında hesaplanan üretim verileri Tablo 4.3.' te, bu iki durumun karşılaştırılması ise Akdemir GES için Şekil 4.2a., Ataoğlu GES için Şekil 4.2b. ve Geylan Enerji GES için Şekil 4.2c.' de sunulmuştur.

Tablo 4.3.Santrallerin son üç yıllık üretim değerleri ve PVsyst üretim verileri

Aylar	Akdemir GES				Ataoglu GES				Geylan Enerji GES			
	Üretim			PVsyst	Üretim			PVsyst	Üretim			PVsyst
	2018	2019	2020		2018	2019	2020		2018	2019	2020	
Ocak	75,15	62,26	63,89	101,3	86,55	75,51	64,55	86,3	75,85	78,84	71,63	90,1
Şubat	89,28	86,56	82,72	101,8	120,65	100,15	79,65	97,9	112,02	104,54	103,56	95,8
Mart	149,73	144,04	142,02	152,0	129,85	124,35	118,85	132,1	118,98	126,80	122,12	137,1
Nisan	162,68	159,40	159,85	162,7	154,99	150,99	146,99	144,6	151,04	153,03	148,99	150,2
Mayıs	175,85	167,10	166,73	172,8	174,95	165,95	156,31	164,4	162,85	166,05	163,35	163,8
Haziran	184,95	182,06	180,66	177,8	185,93	176,43	166,94	163,1	180,96	178,50	175,82	166,9
Temmuz	194,28	188,91	190,58	182,7	189,51	180,06	170,62	165,7	183,05	177,66	179,93	170,6
Ağustos	190,10	184,45	182,11	180,8	178,19	173,25	168,95	168,3	175,37	168,25	172,22	170,6
Eylül	171,11	166,39	163,08	172,9	152,43	151,93	151,43	152,9	150,12	149,49	148,68	160,9
Ekim	150,30	147,21	152,23	156,6	138,54	136,04	133,55	141,6	133,71	131,28	130,52	144,4
Kasım	89,58	84,39	85,47	128,5	92,95	86,95	80,96	110,8	82,52	83,74	83,05	114,6
Aralık	72,25	74,41	73,33	111,0	84,85	77,35	69,86	89,6	74,84	76,13	75,86	95,6
Toplam	1705,30	1647,26	1642,71	1800,9	1689,44	1599,04	1508,66	1617,5	1601,34	1594,34	1575,78	1660,7

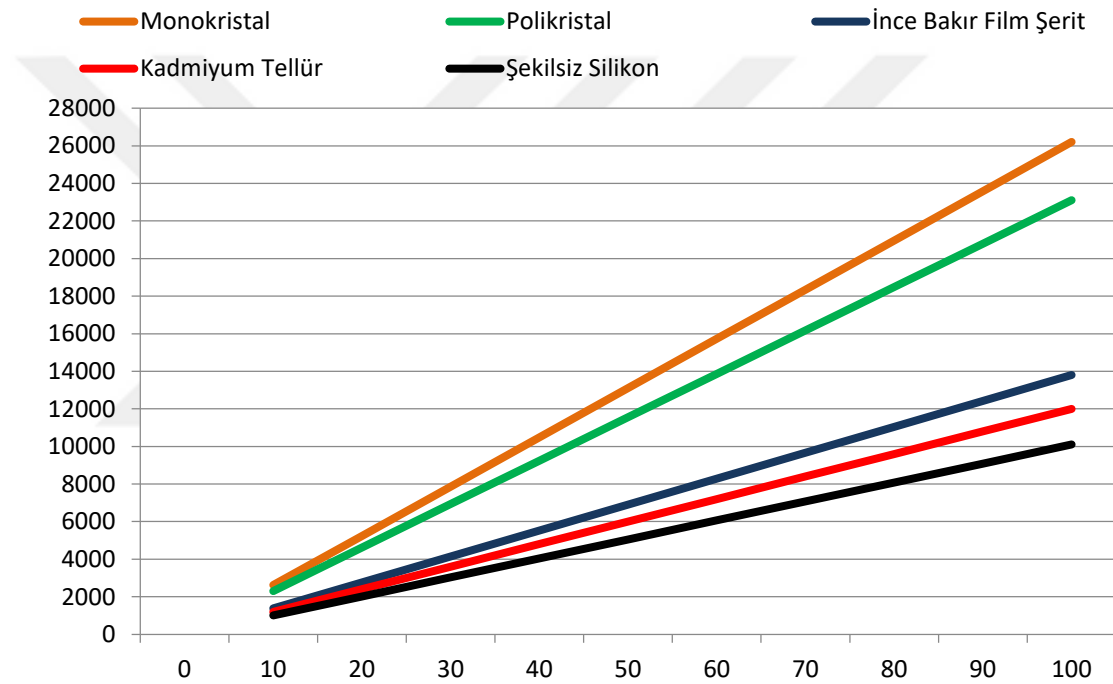


Şekil 4.2. Santrallere ait üretim değerleri ile PVsyst verilerinin karşılaştırılması

Grafiklere göre santrallerde; nisan, mayıs, eylül ve ekim aylarında genel olarak istenilen üretim seviyelerine ulaşılmıştır. Simülasyon programı ile santral üretim değerleri arasında oluşan küçük farkın; gölgeleme etkisi yapan bulutlu günlerin sebep olduğu veya sıcaklık artışına bağlı olarak sistemde oluşan kayıplardan kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Haziran, temmuz ve ağustos aylarında ışıınının artması ile santral üretim değerleri, istenilen üretim miktarlarının üzerine çıkmıştır. Ocak, şubat, mart, kasım ve aralık aylarında ise istenilen enerjinin çok altında bir üretim olduğu görülmektedir. Bu duruma

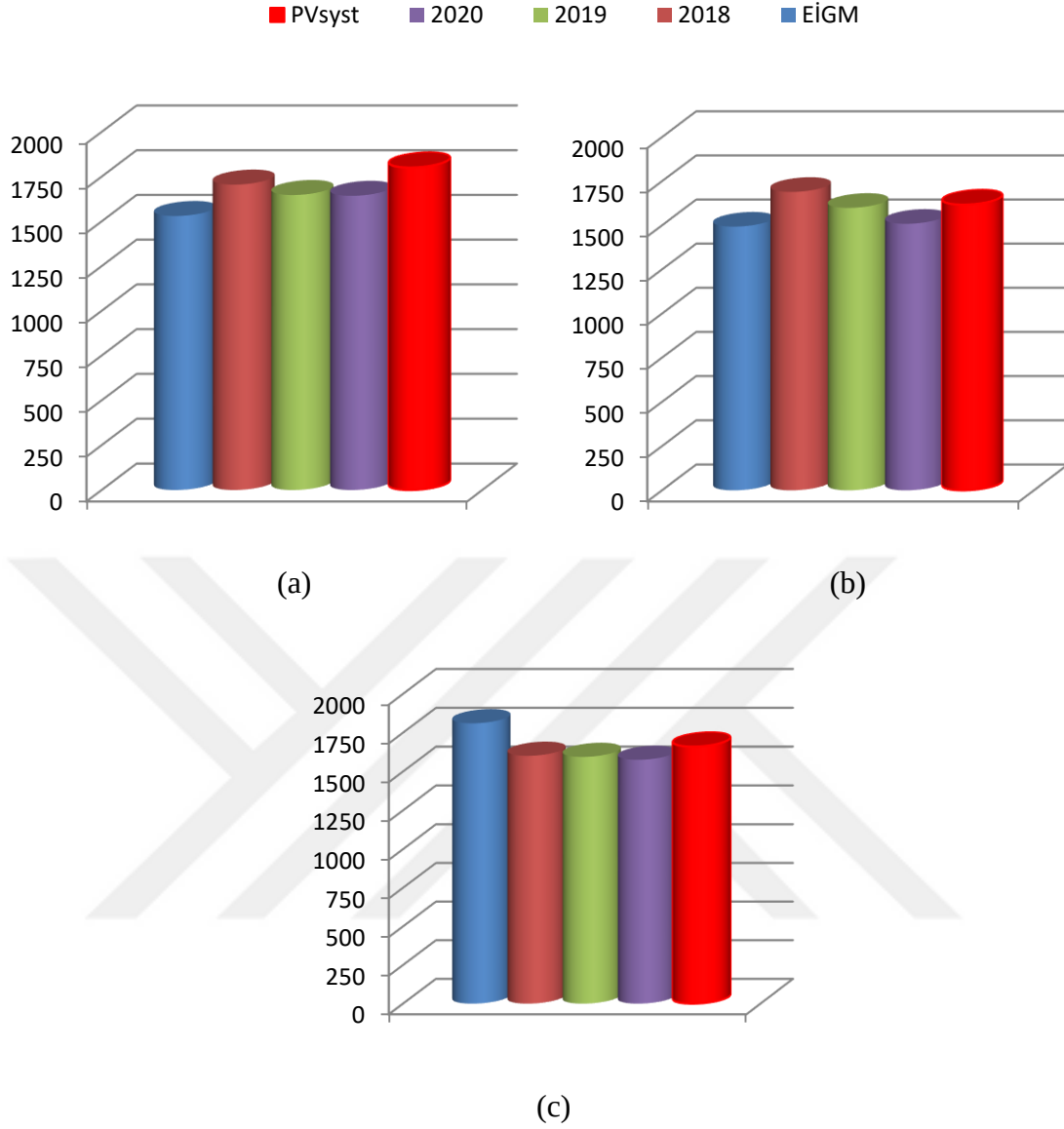
sebebe, birden fazla durum olabilir. Panel üzerinde biriken karlar, güney yönlü esen rüzgârların taşıdığı tozların panel üzerinde birikmesi, bulutlu gün sayısının tahmin edilenin üzerinde olması, şebekeden kaynaklı elektrik kesintileri vb. gibi durumlar; panel üzerine düşen ışıınım miktarının düşmesine dolayısıyla üretilen enerjinin azalmasına sebebiyet vermektedir.

Enerji İşleri Genel Müdürlüğünün erişime sunduğu farklı fotovoltaiik paneller ve alan büyüklükleri ile yıllık olarak üretilebilecek enerji miktarlarını gösterir grafik Şekil 4.3.'te verilmiştir (GEPA, 2021).



Şekil 4.3.PV panel tipi-alan-üretilebilecek enerji miktarı (GEPA, 2021)

Akdemir GES ve Ataoğlu GES tesislerinde polikristal, Geylan Enerji GES tesisinde ise monokristal paneller kullanılmıştır. Analizin daha sağlıklı bir sonuç verebilmesi için santrallere ait 3 yıllık enerji üretim değerleri, PVsyst simülasyon sonuçları ve Enerji İşleri Genel Müdürlüğü (EİGM) verilerinin karşılaştırılması sırasıyla Şekil 4.4a. (Akdemir GES), Şekil 4.4b. (Ataoğlu GES) ve Şekil 4.4c. (Geylan Enerji GES)'de verilmiştir.



Şekil 4.4. Santrallere ait üç yıllık enerji üretim değerleri ile PVsyst sonuçları ve EİGM verilerinin karşılaştırılması

Santrallerin; üç yıllık ortalama üretim değerleri ile PVsyst ve EİGM verileri karşılaştırılmıştır. Böylece; Akdemir GES için PVsyst %8,15 daha fazla, EİGM %8,11 daha az; Ataoğlu GES için PVsyst %1,34 daha fazla, EİGM %6,47 daha az ve Geylan Enerji GES için PVsyst %4,41 daha fazla, EİGM %13,84 daha fazla enerji üretilebileceği tahmin edilmektedir. Geylan Enerji GES için EİGM tahmini üretim verisinin daha fazla olduğu görülmektedir. EİGM verisi, Kilis için ortalama bir değerdir. EİGM ile yapılan tahminde santralin bulunduğu konum, santralde kullanılan panel, inverter marka ve verimleri, panellerin eğim ve azimut açıları ile kirlilik faktörü gibi durumlar hesaba

katılmamaktadır (Belmahdi ve Bouardi, 2019). Dolayısı ile PVsyst simülasyon programı, EİGM verilerinden daha hassas ve gerçeğe daha yakındır.

Grafikler incelendiğinde; santrallere ait üç yıllık üretim değerlerinin, PVsyst ve EİGM tahmini verilerine yakın olduğu görülmektedir. Akdemir GES ve Ataoğlu GES santralleri için EİGM verileri, PVsyst sonuç değerlerinden düşüktür. Ancak; Geylan Enerji GES santralinde EİGM verileri, PVsyst sonuç verisinden yüksektir. Bu duruma neden olabilecek birçok durum bulunmaktadır. Muhtemelen nedenlerden bir tanesi ise PVsyst programında, santrallerde kullanılan panellere ait marka ve model bilgileri tanımlanmaktadır. Bu durumda, santrallerde kullanılan panellerin kalitesi, verimi; dolayısıyla üretim değerini büyük ölçüde etkilemektedir (Akcan vd., 2020). Santrallerde kullanılan panellerin farklı marka ve kalitede olması, panel temizliğine gerekli özenin gösterilmemesi vb. durumlar, verimin azalmasına bununla birlikte santrallerden beklenen üretim değerinin düşmesine sebep olmaktadır (Bulut Karaca ve Uçar, 2018).

4.5.Kilis 7 Aralık Üniversitesi'nde Kurulacak Bir GES Projesine Ait PVsyst Sonuç Raporunun Teknik ve Ekonomik Analizi

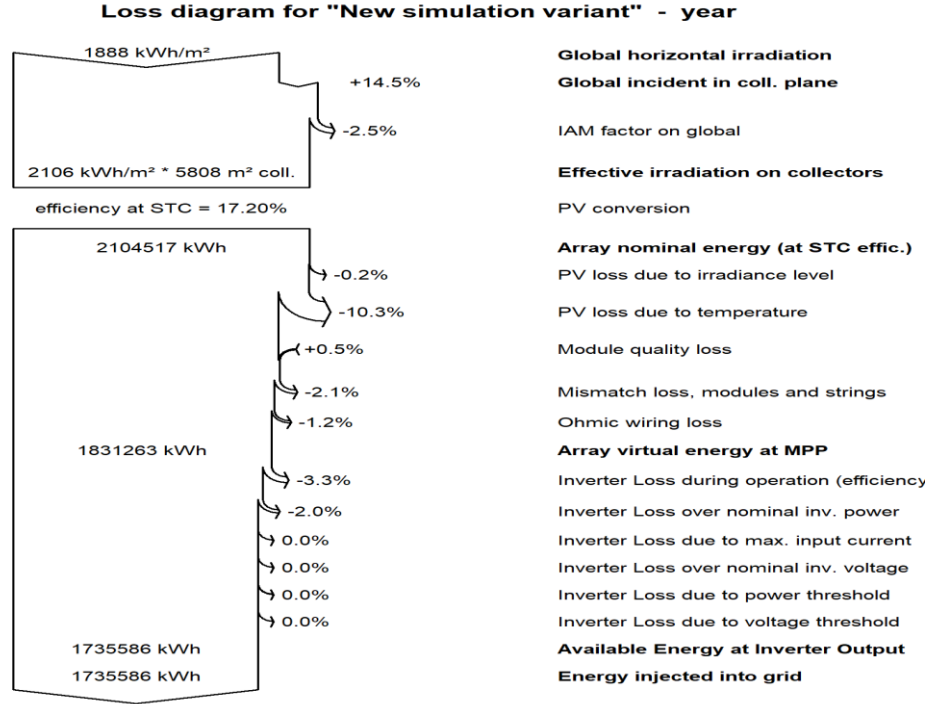
4.5.1. Teknik analizi

PVsyst 7.1. simülasyon programında yapılan tasarım sonucunda, aylık ve yıllık olarak sisteme ait enerji üretim verileri ve kayıp değerlerini gösterir detaylı rapor alınmıştır.

PVsyst programına ait kayıp diyagramı incelendiğinde santralin bulunduğu konuma gelen yıllık ışıınım miktarı; 1888 kWh/m² dir. Güneş panelleri düz zemine yerleştirilmiştir. Ayrıca etrafında gölgelenmeye sebebiyet verebilecek herhangi bir unsur bulunmamaktadır. Dolayısıyla panellere yansıyan ışıınım değerlerinde bir kayıp söz konusu değildir. Panel eğim ve azimut açılarının doğru seçilmesiyle santrale gelen ışıınım miktarından en verimli şekilde yararlanılmıştır. Panel yüzeyine gelen etkin ışıınım 2106 kWh/m² değerindedir. Simülasyon sonucu elde edilen enerji kayıp diyagramı resim 4.9.'da verilmiştir.

PVsyst simülasyon programının veri tabanında bulunan panellerin ayrıca boyut bilgileri de mevcuttur. Bu sayede tasarlanan fotovoltaiik santralde ki panellerin kapladığı alan da hesaplanabilir (Çınaroğlu ve Nalbantoğlu, 2021). Çalışmada, 3570 adet 280 W gücünde monokristal panel tanımlanmıştır. Toplam panel alanı 5808 m² ve yüzeylerine gelen

ışınım miktarı ile birlikte yıllık olarak 12.232 MWh enerji üretilebilmektedir. Ancak; sistemde kullanılan fotovoltaik panelin verimi % 17.2 olarak hesaplanmıştır. Böylece panel dizisinin üretebileceği enerji miktarı 2105 MWh' dir.



Resim 4.9. Santrale ait kayıp diyagramı

Fotovoltaik panel verimi ve tüm kayıplar hesaba katıldıktan sonra; simülasyonu yapılan sistemin yıllık olarak yaklaşık, 1.736 MWh enerji üretebileceği öngörülmektedir.

PVsyst 7.1. simülasyon programı aracılığıyla elde edilen sisteme ait detaylı raporda; yıl boyunca aylara göre üretilen enerji miktarı, panel yüzeyine gelen ışıınım ve ortalama sıcaklık değerleri bulunmaktadır.

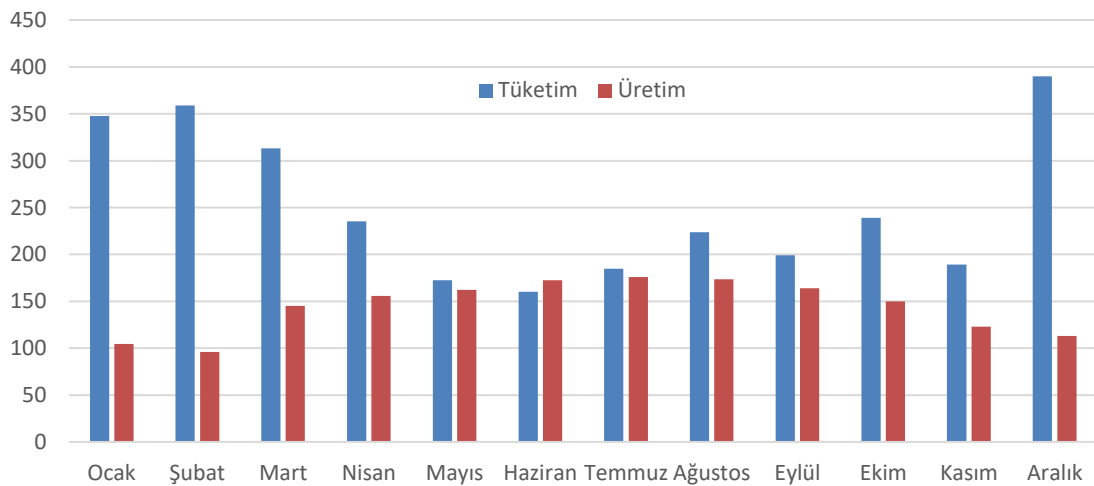
Tablo 4.4.' te tasarlanan santrale ait aylık küresel ışıınım, panel yüzeyindeki etkin ışıınım, fotovoltaik dizi ve üretilen enerji miktarları ile ortalama sıcaklık değerleri görülmektedir. Tablo 4.4. incelendiğinde; panel yüzeyine düşen ışıınım ve üretilen enerji miktarının en çok temmuz, en az ise şubat ayında olduğu görülmektedir. Bununla birlikte; ortalama sıcaklık değerinin en yüksek olduğu ay ağustos, en düşük ise ocak ayında olduğu görülmektedir.

Tablo 4.4.PVsyst raporunda yer alan santrale ait parametreler

	Küresel Işınım (kWh/m ²)	Etkin Işınım (kWh/m ²)	E _{dizi} (kWh)	E _{şebeke} (kWh)	Sıcaklık (°C)	PR
Ocak	74,3	119,0	108,1	104,6	3,6	0,880
Şubat	83,5	110,0	99,4	96,1	5,45	0,874
Mart	142,1	173,1	150,1	145,2	9,86	0,839
Nisan	177,2	191,6	161,2	155,8	14,21	0,814
Mayıs	210,5	204,0	167,9	162,2	19,8	0,795
Haziran	244,1	225,6	178,7	172,5	25,98	0,765
Temmuz	249,8	235,9	182,2	175,9	30,76	0,746
Ağustos	223,9	232,5	179,8	173,6	31,34	0,747
Eylül	182,2	215,4	169,9	164,1	24,64	0,762
Ekim	134,7	184,3	154,9	149,9	17,93	0,814
Kasım	91,6	143,4	126,8	122,8	10,07	0,857
Aralık	73,7	126,4	116,5	112,9	5,32	0,893
Yıllık	1887,6	2161,2	1795,4	1735,6	16,56	0,803

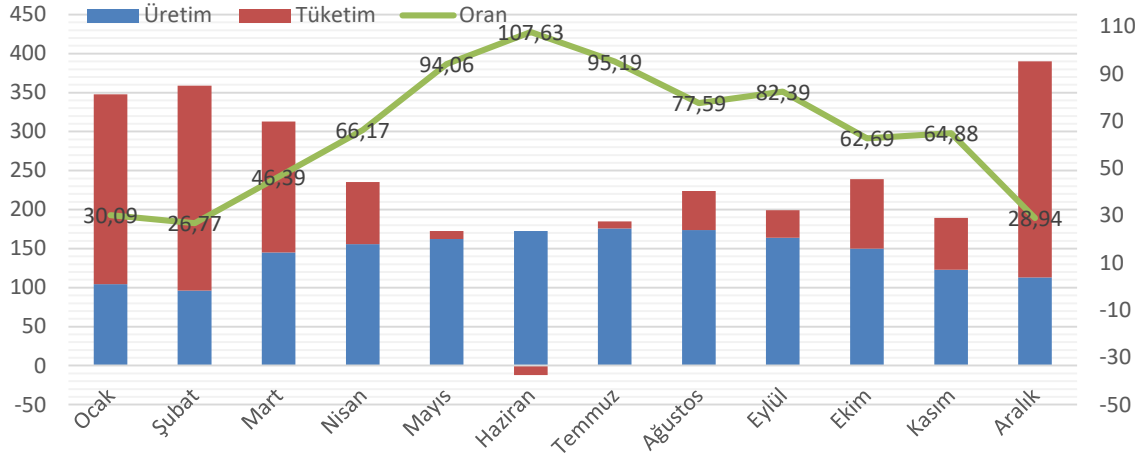
4.5.2. Ekonomik analizi

PVsyst simülasyon programı tahmini üretim değerleri ile Kilis 7 Aralık Üniversitesinin 2020 yılına ait güç tüketim verileri (bkz. Tablo 3.7.) Şekil 4.4.' teki grafik üzerinde karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.5.Kilis 7 Aralık Üniversitesine ait aylık tüketim ve üretim verilerinin karşılaştırılması

Tablo ve grafikler incelendiğinde Kilis 7 Aralık Üniversitesi'nin mülkiyetindeki araziye kurulacak 1MW kurulu güç değerindeki santralin üreteceği enerji, Üniversitenin yıllık enerji ihtiyacının ortalama olarak %57,59' unu karşıladığı görülmektedir. Şekil 4.6.' da, PVsyst simülasyon programı ile üretilebilecek enerji miktarının Üniversitenin aylara göre tükettiği enerji değerine karşılık gelen oranları verilmiştir.



Şekil 4.6. Üretimin tüketimi karşılama oranı

Grafik incelendiğinde Kilis 7 Aralık Üniversitesi'nde eğitime ara verildiği yaz döneminde, tasarlanan sistemin üretimi karşıladığı görülmektedir. Hatta haziran ayında santral üretim değeri tüketimi geçmektedir. Dolayısıyla; haziran ayında şebekeye enerji satışının olması ile santralden maddi bir gelir elde edilebilmektedir.

Kilis 7 Aralık Üniversitesi'nde eğitimin devam ettiği bahar ve güz dönemleri için grafik incelendiğinde; enerji tüketiminin bir hayli arttığı görülmektedir. Dolayısıyla; tasarlanan 1 MW kurulu güç değerine sahip güneş enerjisi santrali, bu dönemlerde Üniversitenin enerji ihtiyacını karşılamamaktadır. Özellikle hava sıcaklıklarının düştüğü ocak, şubat ve aralık aylarında tüketimin arttığı ve tasarlanan santralin enerji ihtiyacının yaklaşık %30'luk kısmının karşılandığı görülmektedir.

Tasarlanan sisteminin; Üniversitenin mülkiyetindeki bir arsaya kendi öz sermayesi ile kurulması ve santral kurulum maliyetinin geri ödeme süresinin yaklaşık 7 yıl olması durumları göz önünde bulundurulduğunda Kilis 7 Aralık Üniversitesi'nin enerjisinin bir kısmını bile fotovoltaik sistemlerle karşılamasının yerinde bir tercih olacağı değerlendirilmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Güneş enerjisi sistemlerine olan yatırımlar; temiz, sürdürülebilir ve sonsuz olması sebebiyle her geçen gün artmaktadır. Fotovoltaik sistemlere olan yatırımlar yapılmadan önce konu hakkında fizibilite çalışmalarının yapılması ve akademik çalışmaların incelenmesi fayda sağlayacaktır. Bu sebeple; literatür çalışmaları, güneş enerjisi sistemleri ile alakalı bazı bilgiler ve konu hakkındaki yasal mevzuatlar ile birlikte proje uygulamaları çalışmada yer almıştır.

Bu çalışmada; yenilenebilir enerji kaynaklarından olan ve ülkemiz için büyük bir potansiyele sahip güneş enerjisi sistemlerinden bahsedilmiştir. Kilis İli Mısırcık Köyünde bulunan ve 1040 kWh güç değerinde Akdemir GES, Karamelik Köyünde bulunan ve 1029 kWh güç değerinde Ataoğlu GES ve Çakallıpınar Köyünde bulunan 1000 kWh güç değerinde Geylan Enerji GES fotovoltaik GES' lerinin analizleri PVsyst 7.1. simülasyon programı aracılığıyla yapılmıştır. Yapılan analiz neticesinde; santrale ait kayıplar ve üretim verileri elde edilmiştir. Buna göre; simülasyon programında sistemlerle aynı özelliklerde oluşturulan santrallerin; Akdemir GES için 1800,9 MWh, Ataoğlu GES için 1617,5 MWh ve Geylan Enerji GES için 1660,7 MWh enerji üretilebileceği bulunmuştur. Santrallerin son üç yıla ait ortalama enerji üretim değerlerinin, PVsyst verilerine yakın olduğu görülmektedir.

Çizelgeler ve grafikler incelendiğinde santrallere ait üretim değerlerinde yıllık bazda değişiklikler gözlemlenmektedir. Bu durumun nedeni olarak birçok durum söz konusudur. Panel verimleri her yıl azalmaktadır. Dolayısıyla üretim değeri, takip eden yıllarda düşmektedir. Bununla birlikte mevsimsel farklılıklar, üretim durumunun belirlenmesinde önemli bir parametredir. Söz gelimi; bulutsuz ve güneşli günlerin fazla olduğu kış aylarında, üretim artmaktadır. Başka bir durumda ise aşırı sıcak geçen günlerde, ısı kaynaklı kayıplar olduğundan üretim azalmaktadır.

Santrallere ait üç yıllık üretim değerleri ile PVsyst simülasyon programının hesapladığı üretim verilerinin gerçek değerden sapması %10' un altında kaldığı görülmektedir. EİGM verilerine göre ise üretim değerleri %1' in üzerinde sapma göstermektedir. Ortaya çıkan farklılıklara sebep olabilecek durumlar ise hava şartlarına bağlı olarak değişen sıcaklık, bulutlu gün sayısının tahmin edilenden fazla olması, hava olaylarının tahmin edilen ile

aynı olmaması, panel üzerinde biriken kar, toz vb. yabancı maddelerin varlığı ve panel temizliğine yeteri kadar dikkat edilmemesi gibi etkenlerdir.

Ayrıca; Kilis 7 Aralık Üniversitesinde bir GES sisteminin kurulmasının istenilmesi durumunda elde edilecek enerji miktarı, PVsyst 7.1 simülasyon programında hesaplanmış ve analiz edilmiştir. Tasarlanan sistemin yıllık üretebileceği enerji miktarı 1735,6 kWh değerindedir. Üniversitenin 2020 yılı toplam enerji tüketim değeri 3013,96 kWh' dir. Kurulabilecek santral ile Üniversitenin ihtiyacı olan enerjiyi karşılama oranı %57,59' dur. Kilis 7 Aralık Üniversitesinde 1 MWh kurulu güç değerinde tasarlanabilecek santral, Üniversitenin yıllık enerji ihtiyacının yarısından fazlasını karşıladığı görülmektedir.

Tasarlanan sistem için ekonomik analiz PVsyst 7.1. simülasyon programı ile gerçekleştirilmiştir. Santral için gerekli olan sermaye yaklaşık olarak 5,997,470 TL değerindedir. Santralden elde edilebilecek kWh başına gelir simülasyon programında, Kilis 7 Aralık Üniversitesinin enerji sağlayıcı firmaya kWh başına ödediği bedel olarak tanımlanmıştır. Böylece santral maliyetinin geri ödeme süresi program tarafından 7 yıl olarak öngörülmektedir.

Yapılan bu çalışmaların sonuçları ışığında; tasarlanan sistemin yıllık üretimi ve getirileri göz önünde bulundurulduğunda böyle bir sistemin hayata geçirilmesi ile kamu sistemlerindeki elektrik tüketimi giderleri azalacaktır.

Yapılan analiz neticesinde üretim anlamında gerçeğe yakın bir değer ortaya koyması PVsyst simülasyon programının güvenilir bir yazılım olduğunu göstermektedir. Santral kurulmadan evvel hazırlanacak fizibilite raporlarında PVsyst gibi simülasyon programlarına yer verilmesi konu hakkında gerçeğe yakın tahminler oluşturduğundan yatırımcıyı doğru yönlendirecektir.

Çalışma; Kilis te bulunan üç santralin üretim verilerinin analizi ve Kilis 7 Aralık Üniversitesinin enerjisini, fotovoltaik sistemlerle karşılaması durumunun analizi konularında öncü durumdadır. Dolayısıyla bu çalışma; Kilis ilinde fotovoltaik enerji santralleri konusunda yatırım yapmayı düşünen kişi ve/veya kurumlara yol gösterici olma konusunda önemli bir yere sahiptir. Yapılan analiz, farklı simülasyon programlarında, diğer coğrafi bölgelerde veya farklı illerde tekrarlanarak geliştirilebilir. Analiz süresi

daha fazla yılı kapsayacak şekilde tekrarlanarak daha hassas veriler elde edilebilir. Hatta, farklı simülasyon programlarında durum mukayesesi de yapılabilir.

Ayrıca; çalışmada Kilis 7 Aralık Üniversitesi için tasarlanan sistemin kurulu gücü 1 MWh ile sınırlı tutulmuştur. Bu çalışmanın hayata geçirilmesi ve santral kurulu güç değerinin artırılması ile Üniversitenin enerji ihtiyacının tamamı temiz ve sürdürülebilir kaynaklar ile karşılanabilir.

Ülkemiz açısından yüksek potansiyele sahip güneş enerjisinden mümkün olduğunca fazla yararlanılması; enerjide ki yerleşmenin kolaylaşmasını bununla birlikte gelecek nesillere daha temiz bir doğa bırakabilmemizi mümkün kılacaktır.



6. KAYNAKLAR

- Akcan, E., Kuncan, M., Minaz, M.R. (2020). PVsyst yazılımı ile 30 Kw şebekeye bağlı fotovoltaik sistemin modellenmesi ve simülasyonu. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (18), 248-261. <https://doi.org/10.31590/ejosat.685909>
- Akkaş, Ö.P., Çam, E. (2020). Optimal operation of a virtual power plant in a day-ahead market considering uncertainties of renewable generation and risk evaluation. *El-Cezerî Journal of Science and Engineering*, 7 (2), 448-460. <https://doi.org/10.31202/ecjse.652767>
- Aksangör, N.N. (2019). *Ankara şartlarında bir fotovoltaik sistemin PVsyst programı yardımı ile performans analizi* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, Ankara Türkiye.
- Akyürek, E., Geliş, K., Yolladı, M. (2021). *Farklı gölgeleme durumlarının fotovoltaik panel karakteristiği üzerine etkisi*. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11(1), 161-168, <https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.766232>
- Bayrakçı, H., Gezer, T. (2019). *Bir güneş enerji santralinin maliyet analizi: Aydın ili örneği*. Teknik Bilimler Dergisi, 9(2), 46-54, <https://doi.org/10.35354/tbed.574190>
- Başay, V., Akyüz, C., Yılmaz, G. (2019). Uludağ çevresinde ormanlık ve orta yükseklikte dağlık bölgelerde kurulan güneş enerjisi santralinin verimliliğinin belirleyen etkenler. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 24(1), 181-192. <https://doi.org/10.17482/uumfd.444536>
- Bilhan, A., Emikönel, S. (2021). *Nevşehir ili güneş enerji potansiyelinin analizi ve kurulu güneş enerji santralleri*. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, Ejosat Özel Sayı 2021 (ARACONF), 289-294. <https://doi.org/10.31590/ejosat.900024>
- Belmahdi, B. & Bouardi, A.E. (2019). *Solar potential assessment using PVsyst software in the northern zone of Morocco*. 13th International Conference Interdisciplinarity in Engineering (INTER-ENG 2019) Procedia Manufacturing. (46), 367-382. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.03.104>
- Bosman, L.B., Leon-Salas, W.D., Hutzler, W. & Soto, E.A. (2020). PV system Predictive Maintenance: challenges, current approaches, and opportunities. *Energies MDPI*, 13(1398), 1-16. <https://doi.org/10.3390/en13061398>
- Bouzeria, H., Fetha, C., Bahi, T., Lekhchine, S., Rachedi, L. (2014). Speed control of photovoltaic pumping system. *International Journal of Renewable Energy Research*, 4 (3), 705-713. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijrer/issue/1607>
- Bouzguenda, M., Al Omair, A., Al Naeem, A., Al-Muthaffar, M. & Wazir, O.B. (2014). *Desing of an off-grid 2 kW solar PV system*. 2014 Ninth International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER). IEEE. Retrieved from <http://www.ieeeexplore.ieee.org/abstract/document/6844001>
- Bozkurt, Y., Kurtoglu, A. (2014). *Yenilenebilir enerji kaynakları*. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 30 (2), 93-104. <https://dergipark.org.tr/pub/jffiu/issue/1879>
- Bulut Karaca, Ü. Uçar, S. (2018). Konut çatı ve cephelerinde farklı fotovoltaik sistem uygulamalarının değerlendirilmesi. *Trakya Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(2), 65-76. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tujes/issue/41756/456029>
- Bulut, K., Ghaderi, D. (2020). *Maximum power point tracking by the small-signal-based PI and fuzzy logic controller approaches for a two-stage switched-capacitor DC-DC power boost convertor; applicable for photovoltaic utilizations*. El-Cezerî Journal of Science and Engineering, 7 (3), 1167-1190. <https://doi.org/10.31202/ecjse.733167>
- Çabuk, S. (1992). *İnce film SNO₂/CuO₂ güneş pilleri* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi, Adana Türkiye.

- Çelebi, G. (2013). *Bina düşey kabuğunda fotovoltaik panellerin kullanım ilkeleri*. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Dergisi 17 (3), <https://dergipark.org.tr/tr/pub/gazimmfd/issue/6653/89023>
- Çınaroğlu, M.S., Nalbantoğlu, M. (2020, Kasım). *Kilis ilinde bulunan on-grid bir güneş enerji santralinin PVsyst programı ile performans analizi*. 5th International Engineering and Natural Sciences Conference (INESEG). Dicle Üniversitesi, Diyarbakır. 199-208. http://www.inesegconferences.org/iensc/wp-content/uploads/2020/12/IENSC_2020.pdf
- Çınaroğlu, M.S., Nalbantoğlu, M. (2021). Şebekeye bağlı üç adet fotovoltaik enerji santralinin PVsyst programı ile analizi; Kilis örneği. *El-Cezeri*, 8(2), 675-687. <https://doi.org/10.31202/ecjse.865649>
- Çolak, Ş.Ç. (2010). *Fotovoltaik paneller yardımı ile güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretiminin maliyet analizi ve gelecekteki projeksiyonu* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul Türkiye.
- Dağoğlu, Ö. (2019). *Toplu konutlarda fotovoltaik sistem kullanımlarının farklı iklim bölgelerine göre değerlendirilmesi* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Fırat Üniversitesi, Elazığ Türkiye.
- Demirci, F. (1996). *Fotovoltaik güneş pillerinin çalışmasını etkileyen dış faktörlerin incelenmesi* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi, Sakarya Türkiye.
- Dülger, G., Çubukçu, M., Schmid, A. (2017). *Fotovoltaik Modüllerin Güç Ölçümü Belirsizliklerinin Analizi*, V. Elektrik Tesisat Ulusal Kongre ve Sergisi Bildirimleri. https://www.emo.org.tr/etkinlikler/etuk/etkinlik_bildirimleri_detay.php?etkinlikkod=272&bil kod=6832
- Eke, R. & Senturk, A. (2012). Performance comparison of a double-axis sun tracking versus fixed PV system. *Solar Energy*. 86, 2665-2672. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2012.06.006>
- Ekici, B.B., Gülten, A. (2015, Mayıs). *Elazığ ili için şebeke bağlantılı bir fotovoltaik sistemin performans analizi*. 2nd International Sustainable Buildings Symposium. Gazi Üniversitesi, Ankara. <http://www.isbs2015.gazi.edu.tr/belgeler/bildirimler/848-853.pdf>
- Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği, Erişim tarihi: 30.05.2021, <https://www.mevzuat.gov.tr/File/GeneratePdf?mevzuatNo=18985&mevzuatTur=KurumVeKurulusYonetmeli&mevzuatTertip=5>
- Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimi Yönetmeliği, Erişim tarihi: 30.05.2021, <https://www.epdk.gov.tr/Detay/DownloadDocument?id=IbcKiUwVRt8=>
- Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Erişim tarihi: 07.02.2021, *Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası*, <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/pages/79.aspx>
- Farız, T., Fırat, E., Ramazan, A., Engin, M., İklim, D., Esra, K., Can, B. (2015). *Lisanssız güneş enerjisi santrali geliştirme kılavuzu*. Lifenerji. http://investinmalatya.gov.tr/tr/files/02016-02-11_17-18-44-1455203924.pdf
- Gelen, A., Ayık, M. (2019). *Gerçek bir PV sistem için akü şarj devresi tasarımı*. International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, 3 (2), 196-198. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijmsit/issue/50263/655047>
- Girgin, M.H. (2011). *Bir fotovoltaik güneş enerjisi santralinin fizibilitesi, Karaman bölgesinde 1 MW'lık güneş enerjisi santrali için üretim değerlendirmesi ve ekonomik analizi* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi) İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul Türkiye.
- Güner, S., Muharremoğlu, A. (2020). Bir havalimanı otoparkına kurulabilecek fotovoltaik üretim sisteminin tasarımı ve enerji analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*. <https://doi.org/10.31590/ejosat.713529>

- Haydaroğlu, C., Gümüş, B. (2016). Dicle Üniversitesi güneş enerjisi santralının PVsyst ile simülasyonu ve performans parametrelerinin değerlendirilmesi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 7(3), 491-500. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/dumf/issue/29221/312788>
- Haydaroğlu, C., Gümüş, B. (2017, Ekim). *Sabit eksenli güneş enerjisi santralının optimum eğim açısının Diyarbakır bölgesi için belirlenmesi*. INESEC 2017 International Engineering Conference (EIC) Proceeding Book, Antalya. <http://www.inesegconferences.org/wp-content/uploads/2019/11/IEC2017-Proceeding-Book.pdf>
- Horoz, S. (2018). *Cr katkılı ZnS kuantum noktalarının karakterizasyonu ve fotovoltaik özelliklerinin incelenmesi*. Journal of the Institute of Science and Technology, 8(2), 89-97. <https://doi.org/10.21597/jist/issue/37124/428315>
- Irwan, Y.M., Amelia, A.R., Irwanto, M., Fareq, M., Leow, W.Z., Gomes, N., & Safwati, I. (2015). Stand-alone photovoltaic (SAPV) system assessment using PVSYST software. *Energy Procedia*, 79, 596-603. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.539>
- Kamil, B.V., Talha, M.G. (2006). *Türkiye’de güneş enerjisi potansiyeli ve bu potansiyelin kullanım derecesi, yönetimi ve yaygınlığı üzerine bir araştırma*. M.S.Kılıçkaya, S.Köse, F.Atay, V.Bilgin ve İ.Akyüz (Editörler), I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi (ss. 270-275). Erişim adresi: https://www.academia.edu/1424257/Türkiye_de_Güneş_Enerjisi_Potansiyeli_ve_Bu_Potansiyelin_Kullanım_Derecesi_Yöntemi_ve_Yaygınlığı_Üzerine_Bir_Araştırma
- Kan Kaynar, N. (2020). Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisinin Amasya ilindeki potansiyeli. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 4(2), 48-54. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/bilgesci/issue/56891/11112>
- Kapluhan, E. (2015). Enerji coğrafyası açısından bir inceleme: güneş enerjisinin Dünya’ daki ve Türkiye’ deki kullanım durumu. *Coğrafya Dergisi*, (29), 70-98. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/iucogrfya/issue/25074/264647>
- Karagöl, E.T., Kavaz, İ. (2017). Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji. *SETA Analiz, Sayı 197*. <https://setav.org/assets/uploads/2017/04/YenilenebilirEnerji.pdf>
- Karakaş Ulusoy, C. (2019). Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımındaki gelişmeler; güneş enerji sistemleri ve finansman modelleri. *ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi*, 6(13), 65-84. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/assam/issue/44925/559304>
- Karaoğlu, M. (2018). *Rüzgar ve rüzgar olayları*. Journal of Agriculture, 1(2), 39-48. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ja/issue/41974/504181>
- Kaushika, N.D. & Rai, A.K. (2007). An investigation of mismatch losses in solar photovoltaic cell networks. *Energy*, 32 (5), 755-759. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2006.06.017>
- Kaya, K., Şenel M., Koç, E. (2018). *Dünyada ve Türkiye’ de yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi*. Technological Applied Sciences, 13 (3), 219-234. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/nwsatecapsci/issue/38517/410134>
- Keskin, E. (2012). *Türkiye iklim koşullarında fotovoltaik güç sistemlerinin tasarımı ve maliyet analizi* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Hacettepe Üniversitesi, Ankara Türkiye.
- Kılıç, U. (2018). *Şebeke bağlantılı fotovoltaik enerji üretim sistemlerinin tasarlanması ve Türkiye’de farklı coğrafik bölgelerdeki performans analizi* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Marmara Üniversitesi, İstanbul Türkiye.
- Kırbaş, İ., Çiftçi, A. (2019). Feasibility study of a solar power plant installation: a case study of lake Burdur, Turkey. *El-Cezerî Journal of Science and Engineering*, 6 (3), 830-835. <https://doi.org/10.31202/ecjse.585399>

- Kıyanççek, E. (2013). *Fotovoltaik sistemlerin boyutlandırılması için pvs2 paket programının gerçekleştirilmesi* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniversitesi, Konya Türkiye.
- Koç, E., Kaya, K. (2015). Enerji kaynakları-yenilenebilir enerji durumu. *Mühendis ve Makina*, 56(668), 36-47. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/muhendismakina/issue/54338/736171>
- Kymakis, E., Kalykakis, S. & Papazoğlu, T.M. (2009). Performance analysis of a grid connected photovoltaic park on the Island of Crete. *Energy Conversion and Management*. 50 (3), 433-438. <http://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0196890408004615>
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Erişim tarihi: 01.10.2020, www.mgm.gov.tr/kurumci/radyasyon_iller.aspx?il=kilis
- Nilay, P. (2016). *Batman'da 1 MW'lık fotovoltaik enerji sisteminin tasarlanması* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Batman Üniversitesi, Batman Türkiye.
- Nuhoğlu, S. (2017). *Tek eksen güneş takipli fotovoltaik sistem tasarımı ve Konya için örnek bir uygulama* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya Türkiye.
- Özçelik, M., Karalı, İ., Kabul, A. (2020). Overview of solar energy conversion in Turkey. *International Journal of Energy and Smart Grid*, 4(1), 2-11 <https://doi.org/10.23884/IJESG>
- Özden, T., Karaveli, A., Akinoğlu, B. (2020). Comparison of the models of solar PV performance calculations for Ankara- Middle Anatolia. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (18), 54-60. <https://doi.org/10.31590/ejosat.653272>
- Öztürk, A., Dursun, M. (2011, Mayıs). 2, 10 ve 20 KVA'lık fotovoltaik sistem tasarımı. 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11). Fırat Üniversitesi, Elazığ. <http://web.firat.edu.tr/iats/cd/subjects/Electrical&Electronics/EAE-1.pdf>
- Öymen, G. (2020). *Yenilenebilir enerjinin sürdürülebilirlik üzerine rolü*. İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 19 (39), 1069-1087. <https://doi.org/10.46928/iticusbe.769022>
- Rocha, M.P., Rubio, J.E., Cardona, M.S. & Frieria, P.S. (2008). *Comparative analysis of the dust losses in photovoltaic modules with different cover glasses*. 23rd European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Valencia, Spain. Retrieved from <https://www.eupvsec-proceedings.com/proceedings?paper=3328>
- Romaliya, J.V. (2015). *Performance evaluation of grid-connected solar photovoltaic plant using PVSYST software*. Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (JETIR). Retrieved from <http://www.jetir.org/view?paper=JETIR1502036>
- Rüzgâr veya Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi Kurmak Üzere Yapılan Önlisans Başvurularına İlişkin Yönetmelik, Erişim tarihi: 30.05.2021, <https://resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/05/20170513-8.html>
- Sadıkoğlu, F. (2018). *1 MWp şebekeye bağlı güneş enerjisi santrali performans analizi* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya Türkiye.
- Sarı, V., Özyiğit, F. (2020). Sivas ilinin farklı ilçelerinde şebeke bağlantılı güneş enerji santralinin tasarımı ve analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (20), 425-437. <https://doi.org/10.31590/ejosat.797434>
- Sekuçoğlu, S.A. (2012). *Fotovoltaik (pv), rüzgâr ve hibrit sistemlerin tasarımı ve ekonomik analizi* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon Türkiye.
- Sigifredo, G., Joshua, S., Armando, F., Michael, R. & Dustin, S. (2013). *Performance of utility interconnected photovoltaic inverters operating beyond typical modes of operation*. IEEE 39th Photovoltaic Specialists Conference (PVSC). Doi: 10.1109/PVSC.2013.6745071

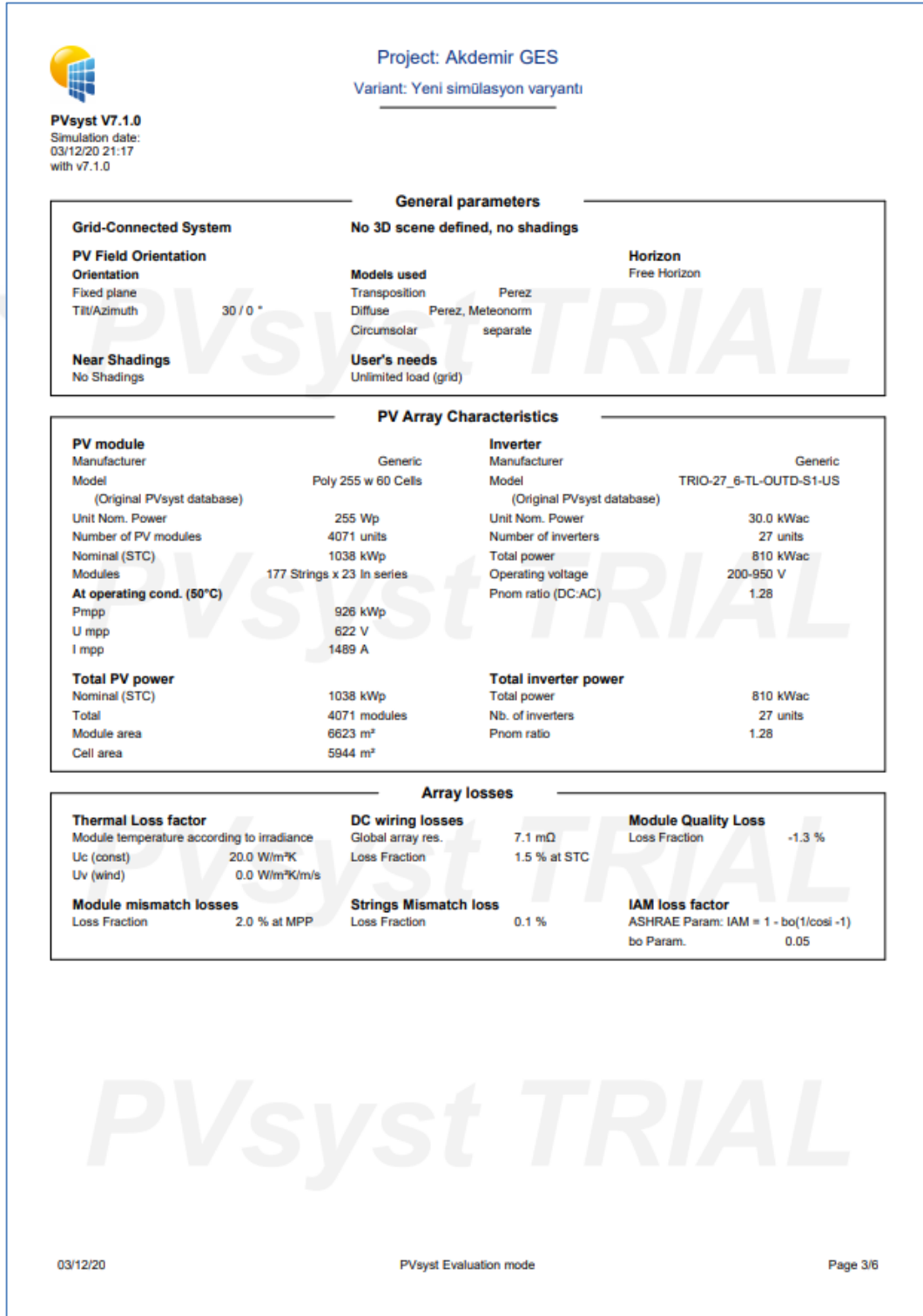
- Sülü, M. (2019). *Fotovoltaik güç santrallerinde enerji kaybı ve verimlilik entegrasyonu* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Kilis Türkiye.
- Şahin, B. (2011). *Güneş enerjili düz toplaçların (pv) yapı ögesi olarak mimaride kullanım olanakları – bir örnek oluşturma ve değerlendirme* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul Türkiye.
- Şimşek, B., Bizkevelci, E. (2013, Kasım). *Fotovoltaik güneş elektrik santrallerinin alçak gerilim şebekesine bağlantı esasları*. III. Elektrik Tesisat Ulusal Kongre ve Sergisi. https://www.emo.org.tr/etkinlikler/etuk/etkinlik_bildirileri_detay.php?etkinlik_kod=189&bilkod=5416
- Şimşek, S. (2018). *Fotovoltaik sistemlerde verimliliği etkileyen faktörlerin incelenmesi* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Hacettepe Üniversitesi, Ankara Türkiye.
- T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, Erişim tarihi 07.08.2020 <https://www.epdk.gov.tr/Detay/DownloadDocument?id=g4fqp29nhX0=>
- T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, Erişim tarihi: 30.05.2021, <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-39/kurul-kararlari-#>
- T.C. Kilis Valiliği, Erişim tarihi 02.10.2020, <http://www.kilis.gov.tr/cografi-yapi>
- T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı İpekyolu Kalkınma Ajansı, Erişim tarihi: 04.10.2020, www.investinkilis.gov.tr/Yenilenebilir-Enerji-Icerik-84.html
- Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, Erişim tarihi: 01.05.2021, <https://parselsorgu.tkgm.gov.tr>
- Tekkale, G. (2018). *Türkiye' nin çeşitli illerinde yapılacak arazi tipi lisanssız güneş enerjisi santrali yatırımlarının teknik ve finansal analizi* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul Türkiye.
- Tercan, M.B. (2000). *Güneş pili karakterizasyon yöntemleri* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Hacettepe Üniversitesi, Ankara Türkiye.
- Turhan, S., Çetiner, İ. (2012, Nisan). *Fotovoltaik sistemlerde performans değerlendirmesi*. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu. Uludağ Üniversitesi, Bursa. <http://www.catider.org.tr/pdf/sempozyum6/26.pdf>
- Turmuş, A. (2018). *Düzlemsel yansıtma destekli düzlemsel güneş paneli tasarımı – elektrik üretimi ve verim analizi* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Fırat Üniversitesi, Elazığ Türkiye.
- Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi, Erişim tarihi: 07.08.2020, www.teias.gov.tr/tr-TR/kurulu-guc-raporlari
- Uçar, S. (2018). *Çatı ve cephelerde fotovoltaik panel uygulamaları üzerine bir çalışma: Burdur örneği* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Arel Üniversitesi, İstanbul Türkiye.
- Yakupov, A., Ismagilov, F., Khayrullin, İ., Vavilov, V., Bekuzin, V. (2015). Evaluating the effectiveness of photovoltaic panels with a rotation mechanism for region of republic Bashkortostan. *International Journal of Renewable Energy Research*, 5(3), 815-820, <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijrer/issue/16070/167933>
- Yıldız, A., Yıldırım, E. (2019). Düzce çevresi su temini uygulamalarında kullanılacak 15 kWp fotovoltaik sistemin fayda-maliyet analizi. *EMO Bilimsel Dergi*, 9(2), 33-41. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1013352>
- Yılmaz, G., Öztürkmen, B. (2018). *GAP Bölgesi' nde yenilenebilir enerji kaynakları ve çevresel etkileri*. Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 3 (3), 52-58. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/humder/issue/42425/491472>
- Yılmaz, Ş., Uçan, K., Ketten, M., Narin, N. (2016). Meyve bahçelerinin sulanmasında güneş enerjisinden yararlanma olanakları. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Cilt:5 Özel Sayı. <https://doi.org/10.17100/nevtektek.210983>

- Yolcan, O., Köse, R. (2020). *Türkiye' nin güneş enerjisi durumu ve güneş enerjisi santrali kurulumunda önemli parametreler*. Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 6(2), 196-215. <https://doi.org/10.34186/klujes.793471>
- Yücel, Y. (2016). *Güneş enerjisinden yararlanmak amacı ile fotovoltaik sistemlerin binalarda kullanımı* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Arel Üniversitesi, İstanbul Türkiye.
- 5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun, Erişim tarihi: 30.05.2021, <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.5346.pdf>
- 6446 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu, Erişim tarihi: 30.05.2021, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/03 /20130330-14.htm>



EKLER

EK-1 Akdemir GES Fotovoltaik Enerji Santraline Benzer Oluşturulan Sisteme Ait PVsyst Simülasyon Programının Verdiği Sonuç Raporu





PVsyst V7.1.0
Simulation date:
03/12/20 21:17
with v7.1.0

Project: Akdemir GES
Variant: Yeni simülasyon varyantı

Main results

System Production

Produced Energy

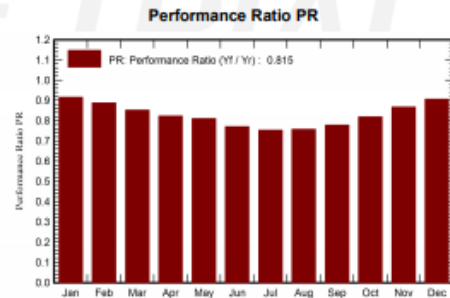
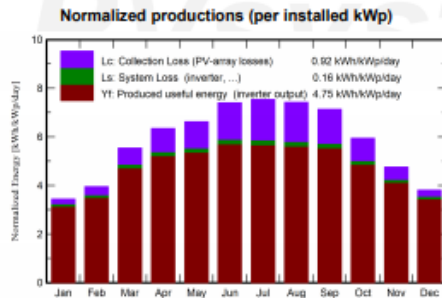
1801 MWh/year

Specific production

1735 kWh/kWp/year

Performance Ratio PR

81.45 %



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 ratio
January	71.5	36.04	2.87	106.7	104.0	104.5	101.3	0.915
February	82.4	37.94	4.65	110.5	108.0	105.1	101.8	0.887
March	140.1	52.23	9.88	171.8	167.9	156.9	152.0	0.852
April	175.7	61.53	14.23	190.4	185.9	168.1	162.7	0.823
May	211.5	79.22	20.14	205.5	199.5	178.6	172.8	0.810
June	240.2	54.11	26.47	222.2	215.2	184.1	177.8	0.771
July	247.1	56.50	31.01	233.7	226.9	189.2	182.7	0.753
August	221.9	53.68	30.28	230.0	224.2	187.2	180.8	0.757
September	179.9	40.95	24.41	214.0	209.3	178.8	172.9	0.778
October	134.2	37.48	18.52	184.3	180.3	161.8	156.6	0.819
November	90.6	28.96	9.95	142.7	139.5	132.6	128.5	0.867
December	71.5	29.50	4.66	118.0	115.1	114.4	111.0	0.906
Year	1866.6	568.14	16.49	2129.8	2075.6	1861.3	1800.9	0.815

Legends

GlobHor Global horizontal irradiation
DiffHor Horizontal diffuse irradiation
T_Amb Ambient Temperature
GlobInc Global incident in coll. plane
GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings

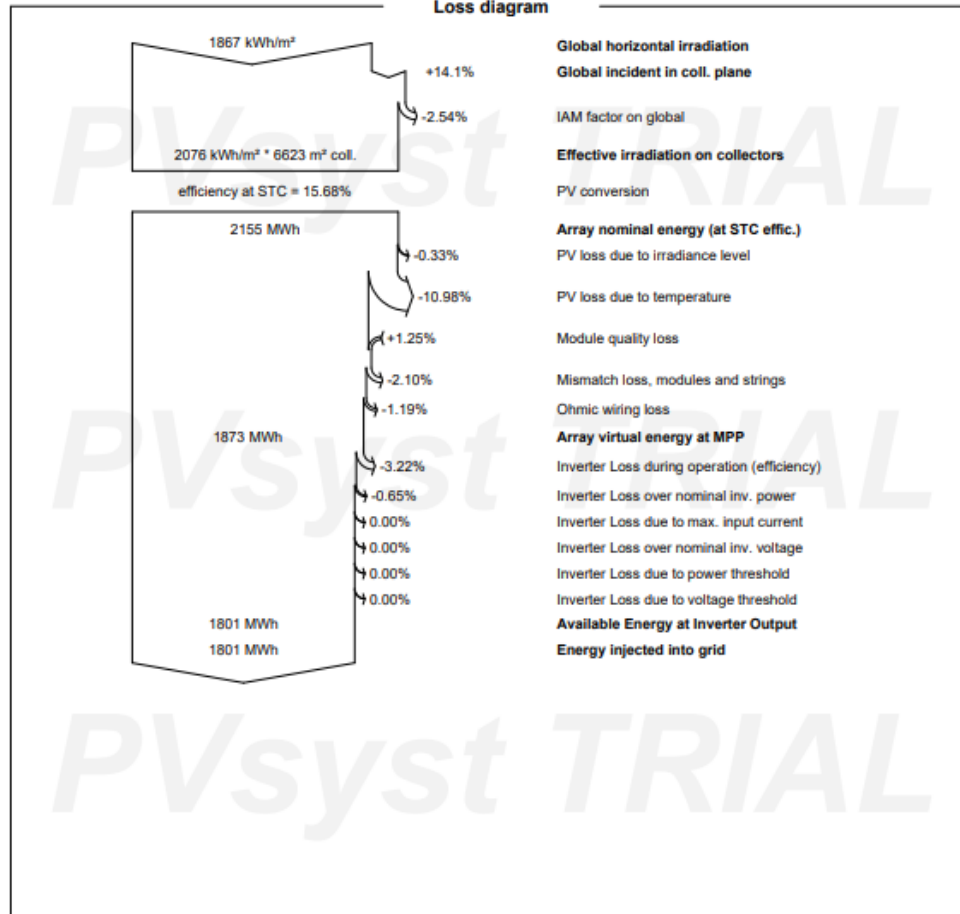
EArray Effective energy at the output of the array
E_Grid Energy injected into grid
PR Performance Ratio



PVsyst V7.1.0
Simulation date:
03/12/20 21:17
with v7.1.0

Project: Akdemir GES
Variant: Yeni simülasyon varyantı

Loss diagram



EK-2 Ataoglu GES Fotovoltaik Enerji Santraline Benzer Oluşturulan Sisteme Ait PVsyst Simülasyon Programının Verdiği Sonuç Raporu



Project: Ataoglu GES

Variant: Yeni simülasyon varyantı

PVsyst V7.1.0
 Simulation date:
 03/12/20 22:11
 with v7.1.0

General parameters

Grid-Connected System		No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation		Models used	
Orientation		Transposition	Perez
Fixed plane		Diffuse	Perez, Meteonorm
Tilt/Azimuth	30 / 0 °	Circumsolar	separate
Near Shadings		User's needs	
No Shadings		Unlimited load (grid)	
Horizon Free Horizon			

PV Array Characteristics

PV module		Inverter	
Manufacturer	Generic	Manufacturer	Generic
Model	VSPS-260-60-A	Model	SUNSYS B10
(Original PVsyst database)		(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	260 Wp	Unit Nom. Power	10.00 kWac
Number of PV modules	3956 units	Number of inverters	80 units
Nominal (STC)	1029 kWp	Total power	800 kWac
Modules	172 Strings x 23 In series	Operating voltage	245-850 V
At operating cond. (50°C)		Pnom ratio (DC:AC)	
Pmpp	926 kWp	1.29	
U mpp	651 V		
I mpp	1423 A		
Total PV power		Total inverter power	
Nominal (STC)	1029 kWp	Total power	800 kWac
Total	3956 modules	Nb. of inverters	80 units
Module area	6462 m²	Pnom ratio	1.29
Cell area	5776 m²		

Array losses

Thermal Loss factor		DC wiring losses		Module Quality Loss	
Module temperature according to irradiance		Global array res.	7.7 mΩ	Loss Fraction	-0.8 %
Uc (const)	20.0 W/m²K	Loss Fraction	1.5 % at STC		
Uv (wind)	0.0 W/m²K/m/s				
Module mismatch losses		Strings Mismatch loss		IAM loss factor	
Loss Fraction	2.0 % at MPP	Loss Fraction	0.1 %	ASHRAE Param: IAM = 1 - bo(1/cos(i) - 1)	
				bo Param.	
				0.05	

PVsyst TRIAL

03/12/20
PVsyst Evaluation mode
Page 3/6



Project: Ataoglu GES
Variant: Yeni simülasyon varyantı

PVsyst V7.1.0
Simulation date:
03/12/20 22:11
with v7.1.0

Main results

System Production

Produced Energy

1617 MWh/year

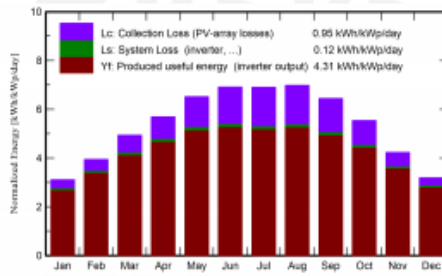
Specific production

1573 kWh/kWp/year

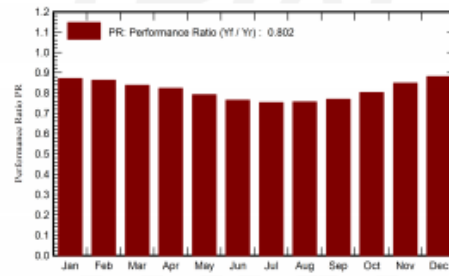
Performance Ratio PR

80.18 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



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 ratio
January	63.6	27.78	4.06	96.3	93.9	88.9	86.3	0.872
February	81.4	35.75	5.82	110.4	107.9	100.7	97.9	0.863
March	129.7	59.46	10.70	153.1	149.4	135.6	132.1	0.838
April	162.1	75.29	14.96	170.7	166.4	148.5	144.6	0.823
May	208.7	76.17	20.93	202.0	196.1	168.8	164.4	0.791
June	224.5	65.25	26.53	207.4	200.9	167.5	163.1	0.764
July	226.9	68.05	30.43	214.0	207.7	170.1	165.7	0.753
August	209.3	63.70	29.84	216.5	210.9	172.7	168.3	0.756
September	165.7	50.50	24.74	193.4	188.8	156.8	152.9	0.769
October	126.5	38.30	19.26	171.7	167.9	145.3	141.6	0.802
November	84.4	32.60	10.92	126.9	124.0	113.7	110.8	0.849
December	63.0	30.32	5.68	98.9	96.4	92.2	89.6	0.881
Year	1745.7	623.15	17.06	1961.2	1910.2	1660.9	1617.5	0.802

Legends

GlobHor Global horizontal irradiation
DiffHor Horizontal diffuse irradiation
T_Amb Ambient Temperature
GlobInc Global incident in coll. plane
GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings

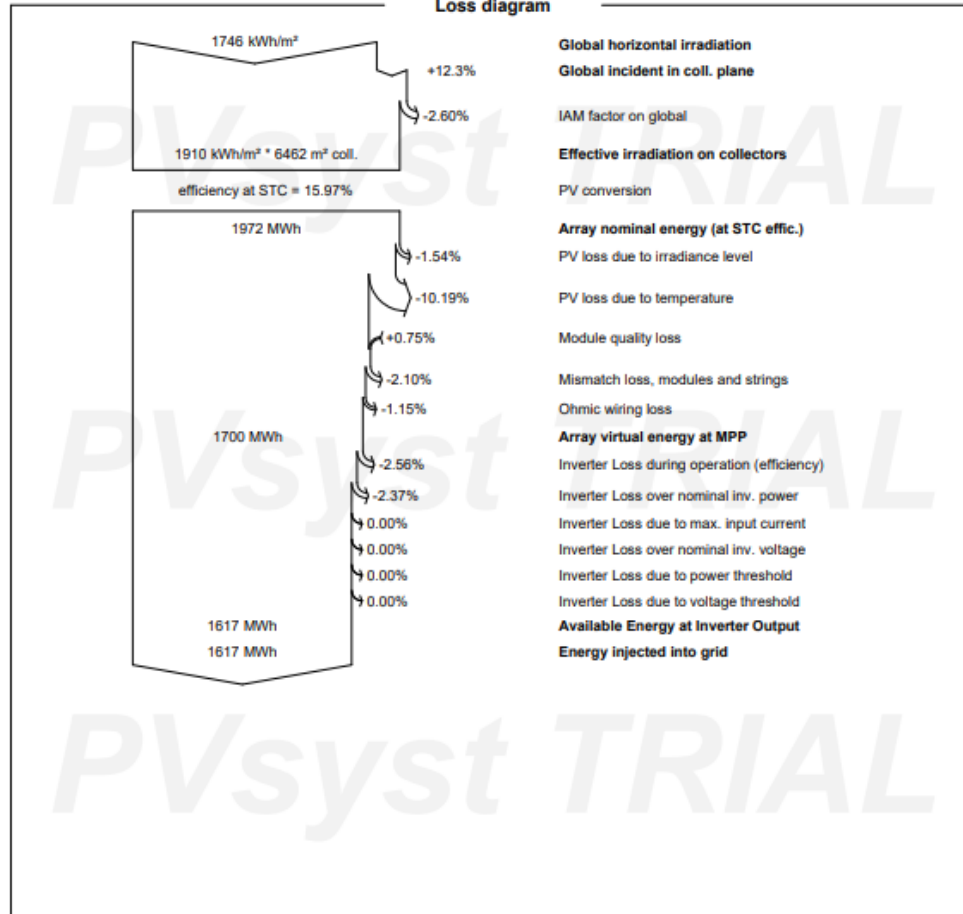
EArray Effective energy at the output of the array
E_Grid Energy injected into grid
PR Performance Ratio



PVsyst V7.1.0
Simulation date:
03/12/20 22:11
with v7.1.0

Project: Ataoglu GES
Variant: Yeni simülasyon varyantı

Loss diagram



EK-3 Geylan Enerji GES Fotovoltaik Enerji Santraline Benzer Oluşturulan Sisteme Ait PVsyst Simülasyon Programının Verdiği Sonuç Raporu



PVsyst V7.1.0
Simulation date:
03/12/20 21:03
with v7.1.0

Project: Geylan Enerji GES
Variant: Yeni simülasyon varyantı

Grid-Connected System

PV Field Orientation

Orientation
Fixed plane
Tilt/Azimuth 30 / 0 °

Near Shadings
No Shadings

General parameters

No 3D scene defined, no shadings

Models used
Transposition Perez
Diffuse Perez, Meteonorm
Circumsolar separate

User's needs
Unlimited load (grid)

Horizon
Free Horizon

PV module

Manufacturer Generic
Model SST 280-72M
(Original PVsyst database)

Unit Nom. Power 280 Wp
Number of PV modules 3580 units
Nominal (STC) 1002 kWp
Modules 179 Strings x 20 In series

At operating cond. (50°C)
Pmpp 905 kWp
U mpp 630 V
I mpp 1437 A

Total PV power
Nominal (STC) 1002 kWp
Total 3580 modules
Module area 6911 m²
Cell area 6170 m²

Inverter

Manufacturer Generic
Model SUN2000-33KTL-A
(Original PVsyst database)

Unit Nom. Power 30.0 kWac
Number of inverters 26 units
Total power 780 kWac
Operating voltage 200-1000 V
Max. power (≧40°C) 33.0 kWac
Pnom ratio (DC:AC) 1.29

Total inverter power
Total power 780 kWac
Nb. of inverters 26 units
Pnom ratio 1.29

Thermal Loss factor

Module temperature according to irradiance
Uc (const) 20.0 W/m²K
Uv (wind) 0.0 W/m²K/m/s

Module mismatch losses
Loss Fraction 2.0 % at MPP

DC wiring losses

Global array res. 7.4 mΩ
Loss Fraction 1.5 % at STC

Strings Mismatch loss
Loss Fraction 0.1 %

Module Quality Loss
Loss Fraction 2.5 %

IAM loss factor
ASHRAE Param: IAM = 1 - bo(1/cos(i) - 1)
bo Param. 0.05

03/12/20

PVsyst Evaluation mode

Page 3/7



PVsyst V7.1.0
Simulation date:
03/12/20 21:03
with v7.1.0

Project: Geylan Enerji GES
Variant: Yeni simülasyon varyantı

Main results

System Production

Produced Energy

1661 MWh/year

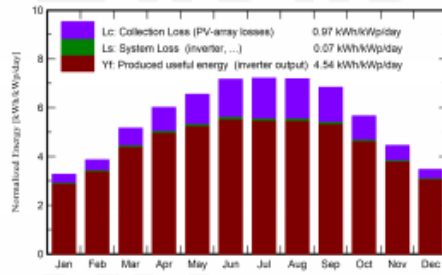
Specific production

1657 kWh/kWp/year

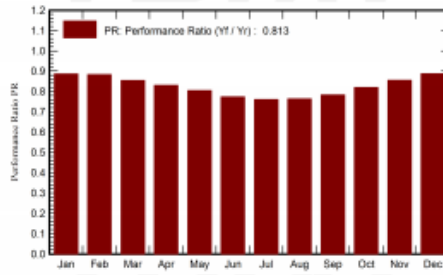
Performance Ratio PR

81.34 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
January	67.3	30.79	3.74	101.3	98.8	91.6	90.1	0.887
February	80.8	40.33	5.68	108.3	105.6	97.4	95.8	0.883
March	133.9	60.05	10.78	160.0	156.3	139.2	137.1	0.855
April	168.7	72.33	15.13	180.5	176.1	152.6	150.2	0.830
May	209.1	76.10	21.04	203.2	197.2	166.5	163.8	0.805
June	231.8	62.01	26.80	215.2	208.5	169.7	166.9	0.774
July	236.0	64.73	30.68	223.8	217.3	173.5	170.6	0.761
August	214.8	59.78	30.06	222.8	217.1	173.4	170.6	0.764
September	172.9	45.17	24.97	205.1	200.5	163.6	160.9	0.783
October	129.9	46.06	19.52	175.6	171.7	146.6	144.4	0.820
November	87.4	31.93	10.86	133.6	130.6	116.4	114.7	0.856
December	66.7	29.93	5.44	107.5	104.8	97.2	95.6	0.888
Year	1799.4	619.22	17.13	2036.8	1984.6	1687.7	1660.7	0.813

Legends

GlobHor Global horizontal irradiation
DiffHor Horizontal diffuse irradiation
T_Amb Ambient Temperature
GlobInc Global incident in coll. plane
GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings

EArray Effective energy at the output of the array
E_Grid Energy injected into grid
PR Performance Ratio

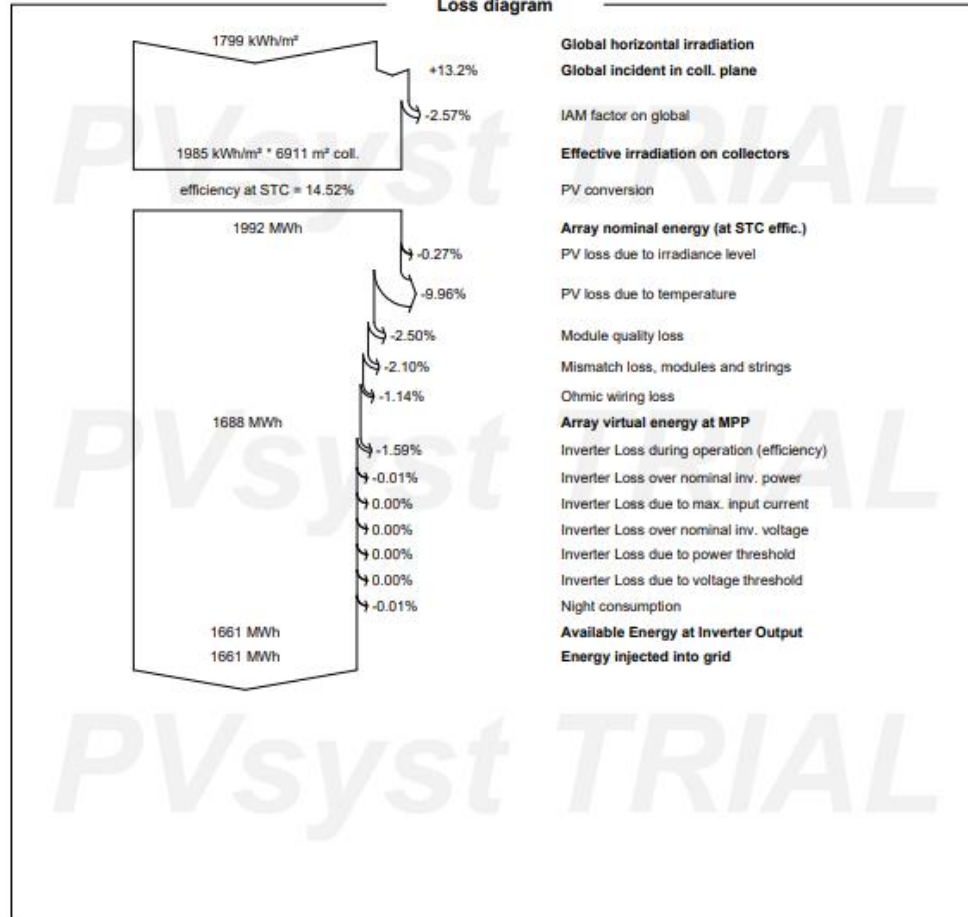


PVsyst V7.1.0
Simulation date:
03/12/20 21:03
with v7.1.0

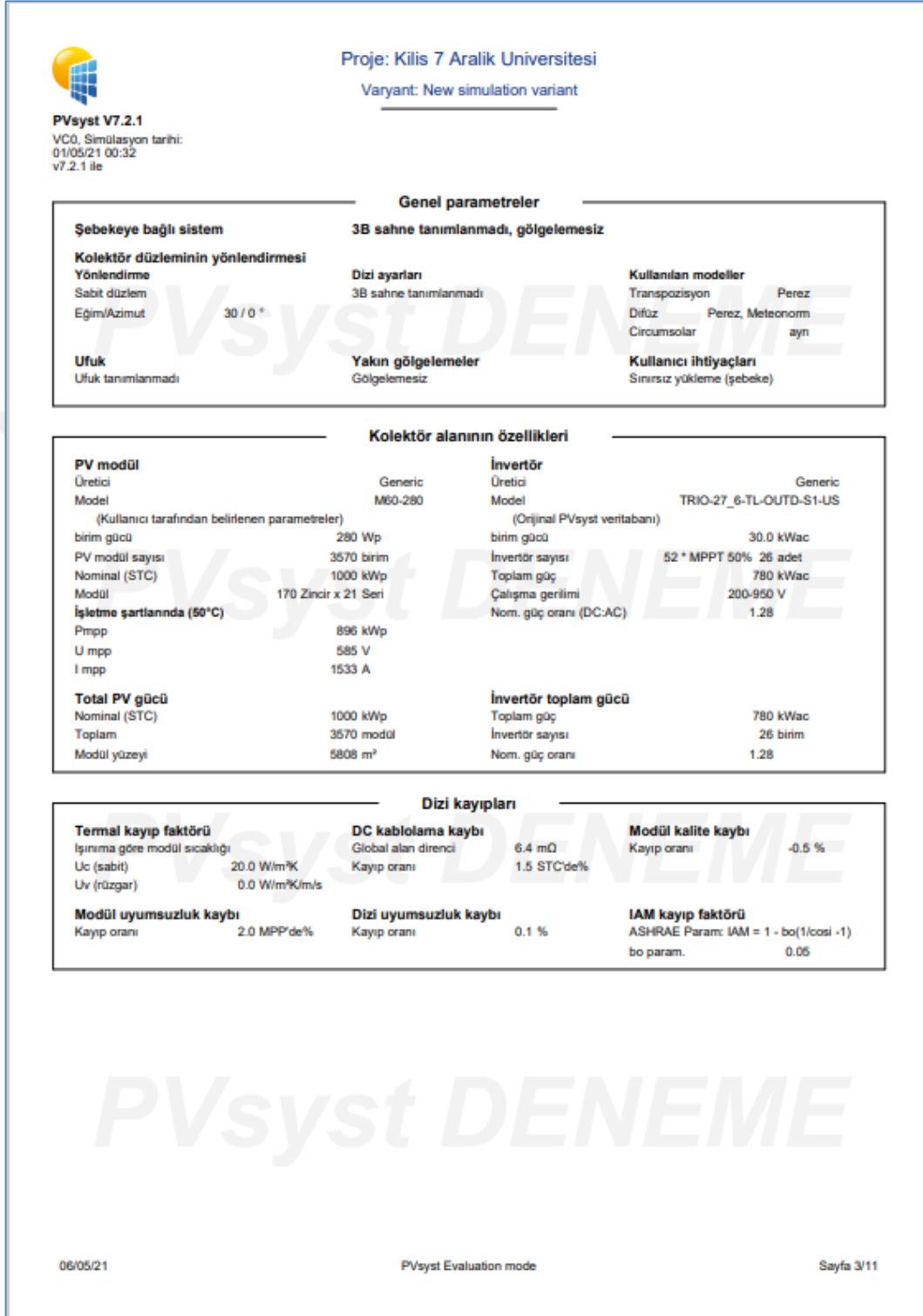
Project: Geylan Enerji GES

Variant: Yeni simülasyon varyantı

Loss diagram



EK-4 Kilis 7 Aralık Üniversitesi GES Sistemine Ait PVsyst Simülasyon Programının Verdiği Sonuç Raporu





PVsyst V7.2.1

VC0, Simülasyon tarihi:
01/05/21 00:32
v7.2.1 ile

Proje: Kilis 7 Aralık Üniversitesi

Varyant: New simulation variant

Genel sonuçlar

Sistem üretimi

Üretilen enerji

1736 MWh/yıl

Üretilebilir

1736 kWh/kWp/yıl

Performans oranı PR

80.34 %

Ekonomik değerlendirme

Yatırım

Global 5'997'470.00 TRY

Yıllık maliyet

Taksitler 0.00 TRY/yıl

LCOE

Enerji maliyeti 0.16 TRY/kWh

Özel

6.00 TRY/Wp

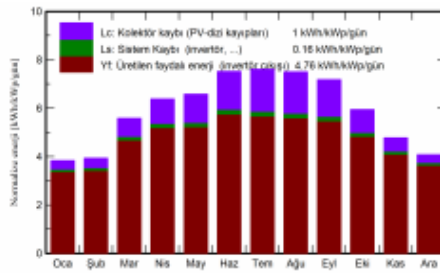
İşletme giderleri

30'000.00 TRY/yıl

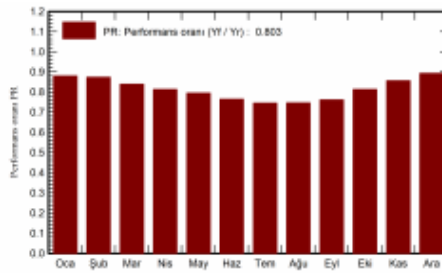
Geri ödeme süresi

7.0 yıl

Normalize üretim (kWp başı)



Performans oranı PR



Bilanço ve genel sonuçlar

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR oran
Ocak	74.3	25.70	3.60	119.0	116.2	108.1	104.6	0.880
Şubat	83.5	41.00	5.45	110.0	107.3	99.4	96.1	0.874
Mart	142.1	51.80	9.86	173.1	169.2	150.1	145.2	0.839
Nisan	177.2	63.50	14.21	191.6	187.0	161.2	155.8	0.814
Mayıs	210.5	74.40	19.80	204.0	198.0	167.9	162.2	0.795
Haziran	244.1	52.30	25.98	225.6	218.5	178.7	172.5	0.765
Temmuz	249.8	52.10	30.76	235.9	229.1	182.2	175.9	0.746
Ağustos	223.9	52.10	30.34	232.5	226.6	179.8	173.6	0.747
Eylül	182.2	41.90	24.64	215.4	210.6	169.9	164.1	0.762
Ekim	134.7	38.50	17.93	184.3	180.3	154.9	149.9	0.814
Kasım	91.6	29.90	10.07	143.4	140.2	126.8	122.8	0.857
Aralık	73.7	25.90	5.32	126.4	123.3	116.5	112.9	0.893
Yıl	1887.6	549.10	16.56	2161.2	2106.4	1795.4	1735.6	0.803

Açıklama

GlobHor Global yatay ışınlama

DiffHor Yatay difüz ışınlama

T_Amb Çevre sıcaklığı

GlobInc Kolektöre yansıyan global

GlobEff IAM ve gölgeleme için düzeltilmiş etkin Global

EArray Dizin çıkışında etkin enerji

E_Grid Şebekeye enjekte edilen enerji

PR Performans oranı



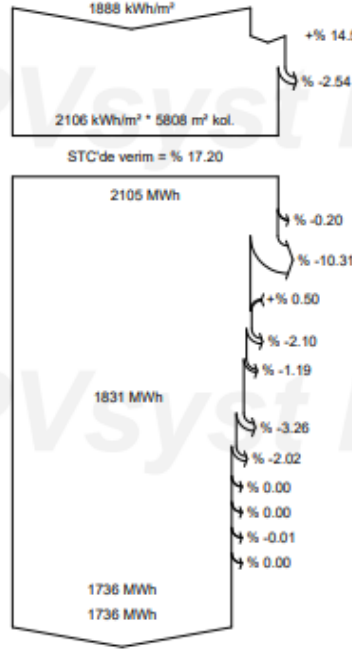
PVsyst V7.2.1

VC0, Simülasyon tarihi:
01/05/21 00:32
v7.2.1 ile

Proje: Kilis 7 Aralık Üniversitesi

Varyant: New simulation variant

Kayıplar diyagramı



Global yatay ışınlama

Kolektöre yansıyan global

Global'e göre IAM faktörü

Kolektöre isabet eden etkin ışınlama

PV dönüştürme

Nominal dizi enerjisi (STC veriminde)

Işınım seviyesi nedeniyle PV kaybı

Sıcaklık nedeniyle PV kaybı

Modül kalite kaybı

Uyumsuzluk kayıpları, modül ve diziler

Omik kablolama kaybı

MPP'de varsayılan dizi enerjisi

Çalışan invertör kaybı (verim)

Invertör kaybı, aşırı güç

Invertör kaybı, akım sınırı

Invertör kaybı, aşırı gerilim

Invertör kaybı, güç sınırı

Invertör kaybı, gerilim sınırı

Invertör çıkışında kullanılabilir enerji

Şebekeye enjekte edilen enerji



PVsyst V7.2.1

VC0, Simülasyon tarihi:
01/05/21 00:32
v7.2.1 ile

Proje: Kilis 7 Aralık Üniversitesi

Varyant: New simulation variant

Sistem maliyeti

Kurulum maliyetleri

Öge	Miktar birim	Maliyet TRY	Toplam TRY
PV modül			
M60-280	3570	1'021.00	3'644'970.00
Modül destekleri	3570	75.00	267'750.00
Invertör			
TRIO-27_6-TL-OUTD-S1-US	26	25'250.00	656'500.00
Diğer parçalar			
Donatılar, bağlantılar, vidalar	3570	5.00	17'850.00
Kablolama	15000	23.00	345'000.00
Birleştirme kutusu	26	3'000.00	78'000.00
İzleme sistemi, ekran	1	70'000.00	70'000.00
Ölçüm sistemi, piranometre	1	35'000.00	35'000.00
Parafudr	1	20'000.00	20'000.00
Etüt ve analizler			
Mühendislik	1	75'000.00	75'000.00
Ruhsat ve diğer idari ücretler	1	50'000.00	50'000.00
Çevre etütleri	1	5'000.00	5'000.00
Ekonomik analiz	1	5'000.00	5'000.00
Kurulum			
Modül başına global kurulum maliyeti	3570	20.00	71'400.00
Invertör başına genel kurulum maliyeti	26	1'000.00	26'000.00
Sevkiyat	1	20'000.00	20'000.00
Ayarlamalar	1	10'000.00	10'000.00
Şebeke bağlantısı	1	500'000.00	500'000.00
diğer			100'000.00
Toplam			5'997'470.00
Amortisman tabi			4'587'070.00

İşletme maliyetleri

Öge	Toplam TRY/yıl
Bakım	
Maaşlar	5'000.00
Tamir	5'000.00
Temizlik	5'000.00
Güvenlik sermayesi	5'000.00
Diğer	10'000.00
Toplam (OPEX)	30'000.00

Sistem özeti

Toplam kurulum maliyeti	5'997'470.00 TRY
İşletme maliyetleri	30'000.00 TRY/yıl
Üretilen enerji	1736 MWh/yıl
Üretilen enerji maliyeti (LCOE)	0.156 TRY/kWh



PVsyst V7.2.1

VC0, Simülasyon tarihi:
01/05/21 00:32
v7.2.1 ile

Proje: Kilis 7 Aralık Üniversitesi

Varyant: New simulation variant

Finansal analiz

Simülasyon dönemi

Proje süresi 25 yıl Başlangıç yılı 2022

Zaman içinde gelir değişimi

Enflasyon 0.00 %/yıl
Üretim varyasyonu (yaşlanma) 0.00 %/yıl
İskonto oranı 0.00 %/yıl

Gelire bağlı giderler

Gelir vergisi oranı 0.00 %/yıl
Diğer gelir vergisi 0.00 %/yıl
Temettü 0.00 %/yıl

Amortisman

Amortisman tabi 4'587'070.00 TRY
Hurda değeri 100'000.00 TRY
Toplam amortisman tabi 4'487'070.00 TRY
Amortisman süresi 25 yıl
Azalma katsayısı 1.00

Finansman

Öz kaynak 5'997'470.00 TRY

Elektrik satışı

Şebekeye satış tarifi 0.51 TRY/kWh
Tarife garantisi süresi 25 yıl
Yıllık bağlantı vergisi 0.00 TRY/kWh
Yıllık tarife varyasyonu 0.0 %/yıl
Tarife garantisi süresi sonunda alım fiyatı düşüşü 50.00 %

Yatırımın geri dönüşü

Geri ödeme süresi 7.0 yıl
Net bugünkü değer (NBD) 15'381'205.08 TRY
Yatırımın geri dönüşü (ROI) 256.5 %



PVsyst V7.2.1

VC0, Simülasyon tarihi:
01/05/21 00:32
v7.2.1 ile

Proje: Kilis 7 Aralik Universitesi

Varyant: New simulation variant

Finansal analiz

Detaylı ekonomik sonuçlar (TRY)

	Elektrik satış	İşletme gider.	Amortis. payı	Vergi. tabii gelir	Vergiler	Net kâr	Birimlik kâr	% İtfa
2022	885'147	30'000	179'483	675'664	0	855'147	-5'142'323	% 14.3
2023	885'147	30'000	179'483	675'664	0	855'147	-4'287'176	% 28.5
2024	885'147	30'000	179'483	675'664	0	855'147	-3'432'029	% 42.8
2025	885'147	30'000	179'483	675'664	0	855'147	-2'576'882	% 57.0
2026	885'147	30'000	179'483	675'664	0	855'147	-1'721'735	% 71.3
2027	885'147	30'000	179'483	675'664	0	855'147	-865'588	% 85.6
2028	885'147	30'000	179'483	675'664	0	855'147	-1'441	% 99.8
2029	885'147	30'000	179'483	675'664	0	855'147	843'706	% 114.1
2030	885'147	30'000	179'483	675'664	0	855'147	1'698'853	% 128.3
2031	885'147	30'000	179'483	675'664	0	855'147	2'554'000	% 142.6
2032	885'147	30'000	179'483	675'664	0	855'147	3'409'147	% 156.8
2033	885'147	30'000	179'483	675'664	0	855'147	4'264'294	% 171.1
2034	885'147	30'000	179'483	675'664	0	855'147	5'119'441	% 185.4
2035	885'147	30'000	179'483	675'664	0	855'147	5'974'588	% 199.6
2036	885'147	30'000	179'483	675'664	0	855'147	6'829'735	% 213.9
2037	885'147	30'000	179'483	675'664	0	855'147	7'684'882	% 228.1
2038	885'147	30'000	179'483	675'664	0	855'147	8'540'029	% 242.4
2039	885'147	30'000	179'483	675'664	0	855'147	9'395'176	% 256.7
2040	885'147	30'000	179'483	675'664	0	855'147	10'250'323	% 270.9
2041	885'147	30'000	179'483	675'664	0	855'147	11'105'470	% 285.2
2042	885'147	30'000	179'483	675'664	0	855'147	11'960'617	% 299.4
2043	885'147	30'000	179'483	675'664	0	855'147	12'815'764	% 313.7
2044	885'147	30'000	179'483	675'664	0	855'147	13'670'911	% 327.9
2045	885'147	30'000	179'483	675'664	0	855'147	14'526'058	% 342.2
2046	885'147	30'000	179'483	675'664	0	855'147	15'381'205	% 356.5
Toplam	22'128'675	750'000	4'487'970	16'891'605	0	21'378'675	15'381'205	% 356.5

ÖZGEÇMİŞ

1. KİŞİSEL BİLGİLER			
Adı Soyadı	:Mehmet Sinan ÇINAROĞLU		
Unvanı	:Elektrik Elektronik Mühendisi		
ORCID	:https://orcid.org/0000-0001-5176-7103		
Doğum tarihi	:		
Doğum yeri	:		
E mail	:		
2. ÖĞRENİM BİLGİLERİ			
Derece	Alan	Üniversite	Yıl
Lisans	Elektrik-Elektronik Mühendisliği	Dicle Üniversitesi	2012
3. YABANCI DİL BİLGİSİ			
1-)İngilizce			
4. MESLEKİ DENEYİM VE ÜYELİKLER			
1-) Aktif Yapı Denetim Ltd.Şti. (KİLİS 2012-2014)			
2-) Milli Savunma Bakanlığı (Ankara 2014- ...)			
5. YAYINLAR VE ÖDÜLLER			
1-) Çınaroğlu, M.S., Nalbantoğlu, M. (2020, Kasım). Kilis ilinde bulunan on-grid bir güneş enerji santralinin PVsyst programı ile performans analizi. 5th International Engineering and Natural Sciences Conference (INESEG). Dicle Üniversitesi, Diyarbakır. 199-208.			
2-) Çınaroğlu, M.S., Nalbantoğlu, M. (2021) “Şebekeye Bağlı Üç Adet Fotovoltaik Enerji Santralinin PVsyst Programı ile Analizi; Kilis Örneği”, El-Cezeri, 8(2), 675-687. https://doi.org/10.31202/ecjse.865649			