



T.C.
AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİ ÜRETİM VERİLERİ İLE BENZETİM
PROGRAMLARINDAN ELDE EDİLEN VERİLERİN
KARŞILAŞTIRILMASI: İNCELER GES ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DERYA DİP

HAZİRAN

DERYA DİP

**YENİLENEBİLİR ENERJİ VE
UYGULAMALARI ANABİLİM DALI**

HAZİRAN 2023

**GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİ ÜRETİM VERİLERİ İLE BENZETİM
PROGRAMLARINDAN ELDE EDİLEN VERİLERİN
KARŞILAŞTIRILMASI: İNCELER GES ÖRNEĞİ**

Derya DİP

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
YENİLENEBİLİR ENERJİ VE UYGULAMALARI ANABİLİM DALI**

Danışman

Dr. Öğr.Üyesi Engin Ufuk ERGÜL

**AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2023

ETİK BEYAN

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

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

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

Derya DİP

09.06.2023

GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİ ÜRETİM VERİLERİ İLE BENZETİM
PROGRAMLARINDAN ELDE EDİLEN VERİLERİN KARŞILAŞTIRILMASI:
İNCELER GES ÖRNEĞİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Derya DİP

AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2023

ÖZET

Dünyada her geçen gün artan enerji talebinin karşılanması noktasında, fosil yakıtlara ek olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının payı hızla artmaktadır. Fosil yakıtların çevreye olumsuz etkileri, yakın gelecekte azalacak ve tükenecek olması gibi sebeplerden dolayı temiz elektrik üretim sistemlerinin kullanımına yönelik farkındalık artmıştır. Ülkemiz birçok ülkeye göre güneş enerjisi potansiyeli bakımından oldukça iyi konumdadır. Bu konuda artan bilinç ve yenilenebilir enerji yatırımlarının devlet destekleri kapsamında olması bu alanda yapılan yatırımlar için avantaj sağlamıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisinden elektrik üretimi için çoğunlukla fotovoltaik (FV) sistemler kullanılmaktadır.

Fotovoltaik sistemlerin çıktılarına yaklaşık olarak erişebilme noktasında benzetim programları sıklıkla kullanılmaktadır. Her geçen gün gelişen programlar ve içerikleri sayesinde tesislere ait fizibilite raporları alınabilmekte ve farklı sistem tasarımlarıyla birlikte nihai sonuca varılabilmektedir.

Bu çalışmada Amasya İli Çiğdemlik Köyündeki mevcut güneş enerjisi santrali üretim verileri ile PVSOL, PVSYST, PVGIS ve PVWATTS benzetim programlarında elde edilen verilerin karşılaştırılması yapılmış ve aynı zamanda program sonuçları da kendi aralarında karşılaştırılmıştır. Gerçek üretim değerine en yakın sonuç PVSOL programı ile elde edilmiştir. En uzak sonuç ise PVSYST programı ile elde edilmiştir. Fotovoltaik benzetim programlarının, zamanla azalan hata oranlarıyla birlikte sonraki çalışmalar için altyapı olacağı düşünülmektedir.

Sayfa Adedi	: 69
Anahtar Kelimeler	: Güneş enerji santralleri, Benzetim programları
Danışman	: Dr.Öğr.Üyesi Engin Ufuk ERGÜL

COMPARISON OF SOLAR POWER PLANT PRODUCTION DATA AND THE
DATA OBTAINED FROM SIMULATION PROGRAMS: İNCELER GES EXAMPLE

(M. Sc. Thesis)

Derya DİP

AMASYA UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

Haziran 2023

ABSTRACT

In addition to fossil fuels, the share of renewable energy sources is increasing rapidly at the point of meeting the increasing energy demand in the world. Awareness of the use of clean electricity generation systems has increased due to reasons such as the negative effects of fossil fuels on the environment and the fact that they will decrease and run out in the near future. Our country is in a very good position in terms of solar energy potential compared to many countries. Increasing awareness on this issue and the fact that renewable energy investments are within the scope of government supports provided an advantage for investments made in this field. Photovoltaic (FV) systems are mostly used for electricity generation from solar energy, which is one of the renewable energy sources.

Simulation programs are frequently used to reach the outputs of photovoltaic systems. Thanks to the programs and contents that develop day by day, feasibility reports of the facilities can be obtained and the final result can be reached with different system designs.

In this study, the current solar power plant production data in Çiğdemlik Village of Amasya province was compared with the data obtained in PVSOL, PVSYST, PVGIS and PVWATTS simulation programs, and the program results were also compared among themselves. The closest result to the actual production value was obtained with the PVSOL program. The farthest result was obtained with the PVSYST program. Photovoltaic simulation programs are thought to be the infrastructure for further studies with decreasing error rates over time.

Page Number : 69
Keywords : Solar power plants, Simulation programs
Supervisor : Asst.Prof.Dr. Engin Ufuk ERGÜL

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu tez konusunu bana veren, çalışmalarım boyunca destekleyen, yönlendiren ve yazımı sırasında bana zaman ayırarak yardımını esirgemeyen tez danışmanım Engin Ufuk ERGÜL' e teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca tez dönemi boyunca benden desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen çok sevdiğim aileme, çok değerli arkadaşlarım Fatma Vildan BOZ ve Hatice ZİYAGİL'e teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
RESİMLER DİZİNİ	xiii
HARİTALAR DİZİNİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Literatür Taraması	2
2. YENİLENEBİLİR ENERJİ.....	6
2.1. Güneş Enerjisi.....	7
2.1.1. Güneş enerjisi kullanımının tarihsel gelişimi	8
2.2. Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli.....	9
2.3. Amasya İlinin Güneş Enerjisi Potansiyeli	11
3. FOTOVOLTAİK SİSTEMLER	15
3.1. Fotovoltaik Sistem Elemanları	18
3.1.1. FV paneller	18
3.1.2. Evirici	22
3.1.3. Akü	23
3.1.4. Solar kablo	23

	Sayfa
3.1.5. Kontrüksiyon sistemler	24
4. MATERYAL VE YÖNTEM.....	26
4.1. Benzetim Programları	26
4.1.1. PVSOL	27
4.1.2. PVSYST	33
4.1.3. PVGIS	35
4.1.4. PVWATTS	36
4.2. Santrale Ait Genel Bilgiler	37
4.3. Gerçek ve Benzetim Programlarından Elde Edilen Üretim Verileri	38
4.3.1. Gerçek üretim verileri	38
4.3.2. PVSOL programından elde edilen üretim verileri	38
4.3.3. PVSYST programından elde edilen üretim verileri	40
4.3.4. PVGIS programından elde edilen üretim verileri	41
4.3.5. PVWATTS programından elde edilen üretim verileri	42
5. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	44
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	46
KAYNAKLAR	47
EKLER	50
EK-1: Tesiste kullanılan FV panele ait bilgiler	51
EK-2: Tesiste kullanılan eviriciye ait bilgiler	52
EK-3: PVSOL program raporunda bulunan üretim tahmini sayfası	56
EK-4: PVSYST programından elde edilen rapor	57
EK-5: PVGIS programından elde edilen rapor	67

Sayfa

EK-6: PVWATTS programından elde edilen rapor68

ÖZGEÇMİŞ..... 69



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Türkiye'nin bölgelerine göre güneş radyasyon değerleri ve ortalama güneşlenme süreleri.....	10
Çizelge 2.2. Amasya ilinin iklim sınıflandırması.....	11
Çizelge 2.3. Amasya ili ve ilçelerinin global radyasyon değerleri.....	14
Çizelge 4.1. Gerçek üretim verileri.....	38
Çizelge 4.2. PVSOL programından elde edilen üretim verileri.....	40
Çizelge 4.3. PVSYST programından elde edilen üretim verileri.....	41
Çizelge 4.4. PVGIS programından elde edilen üretim verileri.....	42
Çizelge 4.5. PVWATTS programından elde edilen üretim verileri.....	43
Çizelge 5.1. Tüm üretim verileri.....	44

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. 2022 yılı itibariyle Türkiye’de elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı.....	6
Şekil 2.2. Türkiye’nin güneş enerjisine dayalı elektrik kurulu gücünün yıllara göre değişimi.....	10
Şekil 2.3. Türkiye’nin güneş enerjisine dayalı elektrik kurulu gücünün toplam güç içerisindeki oranı	11
Şekil 2.4. Amasya global radyasyon değeri	13
Şekil 2.5. Karadeniz bölgesindeki bazı illerin yıllık ortalama toplam güneşlenme süreleri	13
Şekil 3.1. Şebekeye bağlı FV sistem şeması.....	15
Şekil 3.2. Şebekeden bağımsız FV sistem şeması.....	16
Şekil 3.3. Hibrit FV sistem şeması.....	16
Şekil 3.4. Binaya entegre FV sistem örneği.....	17
Şekil 3.5. Konsantre FV sistem örneği.....	17
Şekil 3.6. Yüzer FV sistem örneği.....	18
Şekil 3.7. Monokristal güneş paneli.....	19
Şekil 3.8. Polikristal güneş paneli.....	20
Şekil 3.9. İnce film güneş paneli.....	21
Şekil 3.10. Çift yüzlü güneş paneli.....	21
Şekil 3.11. Konsantre güneş paneli.....	22
Şekil 3.12. Solar kablo örneği.....	24
Şekil 5.1. Tüm üretim verilerinin karşılaştırılması.....	45

RESİMLER DİZİNİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. Çatı tipi güneş enerji santrali için kullanılan evirici örneği.....	23
Resim 3.2. Çatı tipi güneş enerji santrali konstrüksiyon sistemi örneği.....	25
Resim 4.1. PVSOL proje bilgileri sayfası.....	28
Resim 4.2. PVSOL sistem türü, iklim ve şebeke sayfası.....	28
Resim 4.3. PVSOL tüketim bilgileri sayfası.....	29
Resim 4.4. PVSOL tasarım sayfası.....	29
Resim 4.5. PVSOL kablo bilgileri sayfası.....	31
Resim 4.6. PVSOL planlar ve parçalar sayfası	31
Resim 4.7. PVSOL finansal analiz sayfası.....	32
Resim 4.8. PVSOL sonuç sayfası	32
Resim 4.9. PVSOL sunum bölümü.....	33
Resim 4.10. PVSYST program açılış sayfası.....	34
Resim 4.11. PVSYST program arayüzü.....	34
Resim 4.12. PVGIS program arayüzü.....	36
Resim 4.13. PVWATTS program arayüzü.....	37
Resim 4.14. İnceler GES tesisi.....	37
Resim 4.15. PVSOL programında yapılan İnceler GES tasarımı.....	39
Resim 4.16. PVSYST gölgelemeler kısmında yapılan tasarım.....	41
Resim 4.17. PVWATTS programı çizim bölümü.....	43

HARİTALAR DİZİNİ

Harita	Sayfa
Harita 2.1. Türkiye güneş enerji potansiyeli haritası	9
Harita 2.2. Amasya ili güneş enerji potansiyeli haritası.....	12



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, yanda açıklamaları verilmek üzere aşağıda listelenmiştir.

Simgeler

Açıklama

kW	Kilowatt
kWp	Kilowatt peak
kWh	Kilowattsaat
MW	Megawatt
MWh	Megawattsaat
J	Joule

Kısaltmalar

Açıklama

FV	Fotovoltaik
ETKB	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
GEPA	Güneş enerjisi potansiyel atlası
PVGIS	Photovoltaic geographical information system
AC	Alternatif akım
DC	Doğru akım
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
GES	Güneş enerji santrali
YEGM	Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü

1. GİRİŞ

Enerji, günümüzde vazgeçilmez yaşam kaynaklarından bir tanesi konumundadır. Bununla birlikte enerji, ülkelerin gerek sosyal gerekse ekomonik kalkınması açısından önemli girdileri arasında yer almaktadır. Enerji kullanım alanlarının yaygınlaşması fosil kaynaklara olan ihtiyacı artırmıştır (Tugal, 2014). Artan talebin aksine fosil kaynakların sınırlı olması alternatif enerji kaynaklarının araştırılmasına yol açmıştır. Sonunda tükenecek olan sınırlı kaynaklar olan fosil yakıtların aksine, yenilenebilir enerji kaynakları bol miktarda bulunur ve sürekli olarak yenilenebilir. Fosil yakıtların sebep olduğu sera gazı emisyonu, küresel ısınma gibi çevreye verdiği zararlar da ele alındığında, ilerleyen zamanlarda daha da artmak üzere çevre ve insanlar üzerinde olumsuz etkiler oluşturabileceği aşikârdır. Dünya sera gazı emisyonlarını azaltmanın ve iklim değişikliğinin etkilerini hafifletmenin yollarını ararken, yenilenebilir enerji giderek daha önemli bir konu haline gelmiştir.

Elektrik enerjisi ihtiyacının büyük bir bölümü termal veya hidroelektrik enerji üretim santrallerinden elde edilmektedir. Buralarda üretilen elektrik enerjisinin olumsuz etkileri mevcuttur. Bu olumsuz etkilerden olan hava kirliliği ve çevresel olumsuzluklarla ilgili endişenin artmasıyla birlikte, elektrik üretimi için fotovoltaik (FV) sistemler gibi yenilenebilir enerji teknolojileri üzerine yapılan çalışmalar artmaktadır (Akcan, Kuncan ve Minaz, 2020). Güneş enerjisinin devamlı olması, doğaya negatif etkilerinin hemen hemen hiç olmaması ve yakıt maliyetinin bulunmaması bu enerji türünü diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından farklı bir noktada tutmaktadır (Ceylan, 2017).

Güneş enerji potansiyeli yüksek olan Türkiye için, FV sistemler kritik öneme sahiptir. Güneş panellerinin monokristal, polikristal, ince film gibi çeşitleri mevcuttur. FV enerji sistemlerinin performansı üzerinde, coğrafi konum ve güneş alma miktarının yanı sıra güneş paneli özellikleri de etkilidir (Akcan, Kuncan ve Minaz, 2020).

Gelişen ve değişen teknolojiyle beraber hâlihazırda FV sistemlerinin tahmini performans uygulamaları hakkında veri elde edebilmek için gerekli analizler, dijital ortamda farklı benzetim programlarıyla oluşturulabilmektedir.

Bu programlar FV sistemlerin enerji üretim değerlerindeki verimliliğinin ne olacağını ve çalışma tutumunu araştırma konusunda önemli bir fayda sağlamaktadır. Güneş enerjisi benzetim programları ile birçok farklı sistem tasarımı geliştirilebilir. Benzetim programları vasıtasıyla yapılan üç boyutlu sistem tasarımı ile güneş panellerine düşen gölgelenmeler gerçek ortam ile aynı anda izlenebilir. Programların sağladığı imkânlarla FV sistem tasarımcıları, kurulumun gerçekleştirileceği coğrafi bölgeye, ihtiyaç olan enerji miktarına göre uygun seçimler yaparak en doğru sonuca ulaşabilir (Ceylan, 2017).

Elektrik üretimini sağlayacak sistemlere olan talep, her geçen gün artmaktadır. Bu artışa karşılık verebilmek için, yenilenebilir enerji tabanlı FV sistemler öne çıkmaktadır. Bu nedenle FV sistemlere olan talep artmaktadır (Akcan, Kuncan ve Minaz, 2020). Kurulacak olan tesislere özel olarak maliyet analizinin yapılabilmesi, üretim değerlerinin tahmin edilebilmesinin yanı sıra tasarımcının, mühendisin veya yatırımcının profesyonel model oluşturmada benzetim programları kilit noktadadır.

Bu tez çalışması kapsamında, Amasya ili Çiğdemlik köyünde kurulu olan güneş enerji santrali (GES) üretim verileri ile benzetim programları aracılığıyla elde edilen verilerin karşılaştırılarak analizinin yapılması ve bunun sonucunda elde edilen verilerin doğruluk oranları değerlendirilmiş, aynı zamanda benzetim programlarının da kendi aralarında karşılaştırılması yapılarak sapmalara neden olan etmenler irdelenmiştir. Bu tez çalışmasının gelecekte yapılması planlanan bilimsel çalışmalara ve uygulama çalışmalarına önemli bir kaynak oluşturacağı düşünülmektedir.

1.1. Literatür Taraması

Tez konusu olarak çalışılan konu ile alakalı olarak önceden yapılmış çalışmalar araştırılmış ve derlenmiştir.

“ Binaya Entegre Fotovoltaik (FV) Sistemlerin Simülasyon ve Gerçek Üretim Verilerinin Karşılaştırılması” adlı yüksek lisans tezinde Yetgin, halihazırda bulunan bir tesisin çatısına kurulmuş olan ve 2020 yılının Ağustos ayından itibaren itibaren üretim verileri kaydedilen GES’in gerçek değerlerini ve sistemin özelliklerini PVSYST 7.2.14 benzetim programına işleyerek sonuç elde etmiştir. Benzetim neticesinde sistemin üretim verileri, kayıp verileri ve sistemin performans parametrelerini elde etmiştir. Performans

parametreleri analizi için IEC 61724 standardını temel almıştır. Çalışma neticesinde, gerçek değerler ile benzetim değerlerinin yıllık olarak üretim sonuçları değerlendirmeye alındığında değerler arasında yakın sonuçlar olduğunu gözlemlemiştir. Gerçek üretim verileri ile program çıktıları arasındaki farklılıkların hangi etmenlerden kaynaklanabileceğini belirlemek için "one at a time" kullanılmıştır ve çevresel etmenlerden dolayı farklılıklar oluştuğu belirtilmiştir (Yetgin, 2022).

“ Güneş Enerji Santrallerinin Simülasyon İle Üretim Verilerinin Karşılaştırılması ve Analizi” adlı çalışmada Arslan, bir yılı aşkın süredir faaliyet gösteren Uşak ve Kayseri illerinde bulunan 3 farklı fotovoltaik santralin gerçek üretim verileri ile benzetim programları kullanılarak elde edilen üretim verilerini karşılaştırmıştır. Araştırmacı Uşak ve Kayseri ilinde kurulu güçleri 862 kWp - 1148 kWp arasında olan arazi ve çatı tipi güneş enerji santrallerini tercih ederek analiz gerçekleştirmiştir. Her üç santral için PVSOL (Meteonorm), PVSYST (Meteonorm, Nasa, PVGIS) ve PVGIS (Era5 ve Sarah) programlarından veriler üretmiş ve üretim sonuçlarını karşılaştırmıştır. Çalışma sonucunda ortalama %3,83 lik hata oranıyla PVSYST (Meteonorm veri tabanı) programı kullanılarak elde edilen benzetim sonuçları gerçeğe en yakın sonucu vermiştir (Arslan, 2022).

“ Edirne İli Güneş Enerji Potansiyelinin Araştırılması ve Örnek Bir Güneş Enerji Santrali Analizi” adlı yüksek lisans tezinde, Edirne ili için güneşten enerji üretme kapasitesi ve Edirne'de yapılması planlanan güneş enerji santralinin analizi yapılmıştır. Bu analizler, PVGIS ve PVSYST 6.70 benzetim programları kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen veriler sonucunda Edirne'de kurulması planlanan güneş enerji santralinin yatırım maliyetini kısa zamanda karşılayacağı belirtilmiştir (Acar, 2022).

“ Lisanslı Fotovoltaik Güneş Enerji Santrali Yatırımının Finansal Analizi: Van İli Örneği” adlı araştırma makalesinde Yalılı, Van ili Edremit ilçesinde bulunan lisanslı ve şebekeye bağlı 1 MW gücündeki GES için finansal analiz ve üretim verileri üzerine bir çalışma gerçekleştirerek yatırımın ileride kârlı olup olmadığını irdelemiştir. Enerji üretim verilerinin elde edilmesinde PVGIS programını kullanmıştır. Yatırımın öz sermaye kullanılarak ya da bu alandaki özel kredilerin kullanılması durumuna göre analizler ve yorumlar yapmıştır. Bahsi geçen santral yatırımının öz sermaye ile gerçekleştirilmesi durumunda makul olabileceği, yatırımda kredi kullanılması durumunda ise olumsuz bir yatırım olacağı neticesine ulaşılmıştır (Yalılı, 2021).

“ Bir Güneş Enerji Santralinin Üretim İle Simülasyon Değerlerinin Karşılaştırılması ve Kayıp Analizi: Beştepe Enerji Örneği ” adlı yüksek lisans tezinde Öztürk, Aksaray ilinde yatırım gerçekleştiren Beştepe Enerji’nin tedarikçi firmaların kendilerine sunmuş olduğu fizibilite raporları ve PVSYST programından elde edilen fizibilite sonuçları kıyaslamıştır. Sonuçlara göre PVSYST programının üretim verileri gerçek üretim verilerinden %3,74 daha fazla olduğu görülmüştür (Öztürk, 2021).

“ Değişken Özellikli Fotovoltaik Güneş Enerji Santrallerinin Mevcut Verilerle PVSYST Programında Üretim Ve Performans Analizi” adlı çalışmada Kılıcı, Kayseri şehrinde; panellerin tek ve çift yüzlü olmasına göre ve sistemin sabit, açısı değiştirilebilen tek eksenli güneş takip sistemi şeklinde olmalarına göre farklı sistem tasarımları yapmıştır. Bu tasarımlara ait üretim analizi yapmıştır. Her bir sistemin kurulu gücü eşit ve 1,189.76 kWp’tir. 5 farklı şekilde tasarlanan sistemlerin üretim analizleri PVSYST programı aracılığı ile yapılmıştır. Hareketli ve çift yüzeyli panel ile yapılan sistem 2391.6 MWh enerji üreterek en yüksek enerji üretimine sahiptir. Sabit sistemler kendi arasında incelendiğinde; sabit çift yüzeyli panelin olduğu sistem, tek yüzeyli sisteme oranla %6 daha fazla enerji ürettiği gözlemlenmiştir. Hareketli sistemler incelendiğinde; çift yüzeyli panel %4 oranında daha fazla enerji ürettiği gözlemlenmiştir. Sabit sistem ile hareketli sistemler karşılaştırıldığında ortalama %13 ile %15 arasında hareketli sistemin daha fazla enerji ürettiği sonucuna varılmıştır (Kılıcı, 2020).

“ Ankara Şartlarında Bir Fotovoltaik Sistemin PVSYST Programı Yardımı İle Performans Analizi” adlı tezinde Aksangör, Ankara’da bulunan bir kampüse ait bazı binaların elektrik ihtiyacının GES ile karşılanması durumunda tasarlanacak sistemden elde edilecek enerji miktarını ve sistemin performansını benzetim programında hesaplanmasını hedeflemiştir. Çalışmada PVSYST benzetim programı tercih edilmiştir. Meteorolojik veriler, programın sunduğu Meteororm 7.2 veritabanından çekilmiştir. Sistemin kurulu gücü 604,8 kWh’tir. Çalışma sonucunda Aksangör, sistemin performans oranını %84,1 olarak belirtmiştir (Aksangör, 2019).

“ Çatı uygulamalı bir güneş enerji santralinin farklı yazılımlarda optimizasyon çalışması; Bursa örneği” adlı çalışmada, Bursa ilinin, Nilüfer ilçesi, Kayapa Organize Sanayi Bölgesinde, bulunan 1220 m²’lik çatı alanına sahip bir fabrikanın aylık fatura üzerinden bir yıllık gerçek tüketim verilerine dayanarak hesaplanan 126.176 kWh/yıl enerji ihtiyacını

karşılama adına, çatı tipi şebekeye bağlı güneş enerjisi santral sistemi tasarımı yapılmıştır. Yapılan çalışmada, tasarlanan santralin yazılımlar arası sonuçlarını karşılaştırmak adına, PVSOL, PVSYST, EzDesinger, HelioScope ve PVGIS olmak üzere beş farklı güneş enerjisi tasarım ve benzetim yazılımı kullanarak incelenmiş ve programlar arası farklar ortaya koyulmuştur. Yapılan tasarım sonucunda 167.2 kWp güneş enerji santrali gücü ön görülmektedir. Kullanılan farklı yazılımların hesaplama sonuçlarına göre, santralde üretilen tahmini yıllık enerji miktarı 162.242 kWh/yıl ile 226.607 kWh/yıl değerleri arasında değiştiği görülmektedir (Türkyılmaz, 2023).

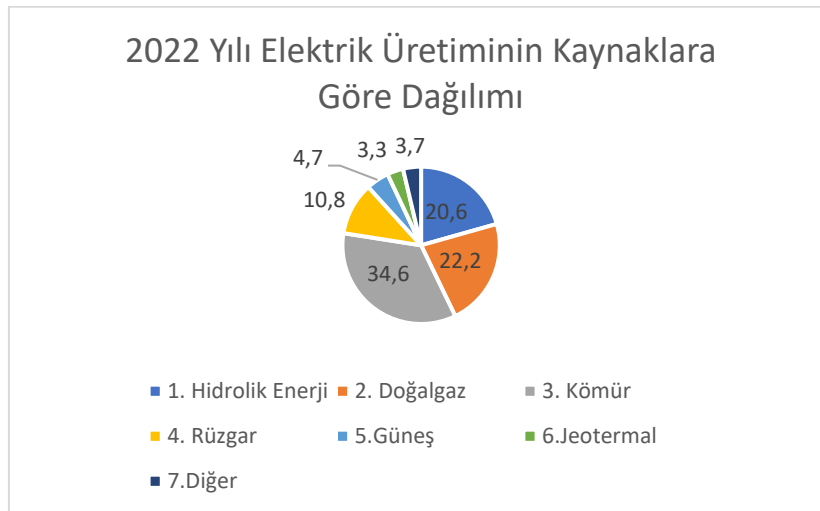
“ Güneş Enerjisi Benzetim Programlarının Gerçek Verilerle Doğruluk Analizi” adlı yüksek lisans tezi çalışmasında, Konya ve Karaman illerinde bulunan güneş enerji santrallerinin gerçek tasarım modelleri ve üretim verileri, bu alanda kullanılan benzetim programları ile karşılaştırılarak yazılımların performansı irdelenmiştir. Çalışmada PVSYST, PVSOL ve PVGIS benzetim programları ile analiz yapılmıştır. Konya ve Karaman illerinde 250 kW ile 1 MW arasında değişen kurulu güçlere sahip arazi tipli üç GES’in ölçülen değerleri kıyaslanmıştır. Tüm sahalar için en doğru sonucun sırasıyla PVSOL, PVGIS ve PVSYST yazılımlarının verdiği ve PVGIS yazılımının ERA5 veri tabanı ile yapılan benzetim hariç tüm yazılımların %5 hata oranının altında bir analiz gerçekleştirdiği belirtilmiştir (Kınalı, 2019).

2. YENİLENEBİLİR ENERJİ

Mevcut kaynakların etkin kullanımı, nüfus artışı ve sanayileşme ülkelerde enerji talebini arttırmıştır. Tüketim hızıyla oluşum hızı birbirinden çok uzak olan yenilenemez enerji kaynakları, ihtiyacı karşılayamaz duruma gelmiştir. Enerji ihtiyacının devamlılığını sağlamak amacıyla alternatif enerji kaynaklarına yönelim mecburi hale gelmiştir. Fosil yakıtların azalması ve enerji ihtiyacının artması noktasında oluşan dengesizliği yenilenebilir enerji kaynakları ile dengelemek gerekmektedir. Başlıca yenilenebilir enerji kaynakları şunlardır:

- Rüzgâr enerjisi
- Güneş enerjisi
- Hidrolik enerji
- Jeotermal enerji
- Biyokütle enerjisi

Şekil 2.1’den de görüleceği üzere 2022 yılında elektrik üretimi, en yüksek veri ile %34,6’sı kömürden, %22,2’si doğalgazdan, %20,6’sı hidrolik enerjiden, %10,8’i rüzgardan, %4,7’si güneşten, %3,3’ü jeotermal enerjiden ve %3,7’si diğer kaynaklardan elde edilmiştir (ETKB, 2023).



Şekil 2.1. 2022 yılı itibariyle Türkiye’de elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı (ETKB, 2023)

Ülkemizde elektrik enerjisi üretim santrali sayısı, 2023 yılı Mart ayı sonu itibarıyla lisanssız santaller de dahil olmak üzere 11 845 olmuştur. Mevcut santrallerin 751 tanesi hidroelektrik, 67 tanesi kömür, 361 tanesi rüzgâr, 63 tanesi jeotermal, 346 tanesi doğal gaz, 9 767 tanesi güneş, 49 tanesi ise diğer kaynaklı santrallerdir (ETKB, 2023).

2.1. Güneş Enerjisi

Güneş, 1,5 günde $1,7 \times 10^{22}$ J enerji üretmektedir. Üretilen bu enerji, Dünya'daki 3 trilyon varil petrol kaynağının temin edebileceği bütün enerjiye tekabül etmektedir. İnsanların yıllık kullandığı toplam enerji $4,6 \times 10^{20}$ J'dir. Kullanılan bu enerji güneşten neredeyse bir saatte sağlanmaktadır. Bu sebeple güneşten gelen bu enerji, oldukça önemlidir. Aynı zamanda güneşten gelen enerji, çok yönlülüğü ile beraber üç şekilde kullanılabilir: güneş enerjisi ısıya, güneş yakıtlarına veya elektriğe dönüştürülebilir. (Hayat ve ark., 2018)

Ülkemiz coğrafi konumundan dolayı diğer ülkelere nazaran güneş ışığından daha fazla faydalanmaktadır. Konum avantajından dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisi kullanımında ülkemizde hızlı bir artış görülmektedir.

Güneş enerjisi kullanmanın çeşitli avantajları vardır; temiz ve yenilenebilir bir enerji kaynağıdır, sera gazı emisyonları üretmez veya iklim değişikliğine sebep olmaz, güneş panelleri, çatılar ve bina cepheleri dâhil olmak üzere çeşitli yapılara kurulabilir ve bu da onu esnek bir enerji kaynağı haline getirir. Son yıllarda FV panellerinin maliyetinin önemli ölçüde düşmesiyle birlikte güneş enerjisinden elektrik üretimi giderek yaygın hale gelmektedir. Bununla birlikte, güneş enerjisi ile ilgili bazı zorluklar da vardır. Ana zorluklardan biri, kesintili bir enerji kaynağı olmasıdır, yani yalnızca güneş parlarken kullanılabilir. Bu noktada da tutarlı bir elektrik kaynağı sağlamak için piller gibi enerji depolama çözümlerinin kullanılmasını gerektirir. Diğer bir zorluk olarak ise, FV panel üretiminin, üretim sürecinde toksik malzemelerin kullanılması gibi çevresel etkileri olabilir. Bu zorluklara rağmen, güneş enerjisi gelecek için sürdürülebilir bir enerji kaynağı olarak büyük bir potansiyele sahiptir ve teknoloji geliştikçe ve maliyetler düştükçe benimsenmesinin artmaya devam etmesi beklenmektedir.

2.1.1. Güneş enerjisi kullanımının tarihsel gelişimi

İnsanlar tarih boyunca tükenmeyen ve yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanmak için çalışmalarını sürdürmüştür. G

üneş enerjisinden yararlanmak için yapılan çalışmalar milattan önceye dayanmaktadır. Çalışmalar teknoloji ve bilgi birikimi ile harmanlanıp bugüne kadar sürdürülmüş ve sürdürülmeye devam etmektedir.

- Sokrates, evlerin güney cephesine farklı cephelerden daha çok pencere koyarak güneşten faydalanılmasını sağlamıştır.
- 1600'lü yıllarda Galileo'nun mercekleri geliştirmesiyle beraber enerji kaynağı olan güneş ile ilgili çalışmalar kolaylaşmış ve konuya olan ilgi artmıştır.
- 1700'lü senelerde ise Fransız araştırmacı Belidor güneş enerjisiyle kullanılan bir su pompası tasarlamıştır.
- 1860'da Fransız bilim insanı Mouchot, parabolik aynalar vasıtasıyla güneş ışınımını toplayarak buhar makinesi yapmıştır. Bununla birlikte Mouchot'un güneş ocakları ve güneş pompaları ile ilgili birçok çalışması vardır.
- 1900'lü senelerin başında Amerikalı Shuman, suyu güneş enerjisi ile ısıtıp buhar elde etmiştir.
- 1860-1914 yılları arasında güneş enerjisi alanında 50'den fazla patent alınmıştır. 1914 senesinde başlayan 1.Dünya Savaşı'nın getirileriyle petrol önemli hale gelmiş ve güneş enerjisiyle ilgili yapılan çalışmalar araştırma aşamasında durmuştur. 1973'de petrol krizi çıkınca insanlar, yenilenebilir enerjiden daha fazla faydalanmak istemiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında masrafı az olan güneş enerjisi üzerine çalışmalar artmıştır. Güneş enerjisinden faydalanılıp evlerdeki su ısıtılmıştır.
- 1984'te Los Angeles'ta Luz Inc. ilk endüstriyel tip enerjiyi üretmiştir. Kurduğu sistem ile 354 MW güç üretmiş ve bu sistemde parabolik ayna kullanmıştır.
- 1990'lı yıllarda ise biri 10 MW'lık Kaliforniya'da, diğeri de 30 MW'lık Ürdün'de olmak üzere iki adet güneş kulesi sistemi kurulmuştur.
- 2000'li yıllardan itibaren güneş enerjisi alanındaki araştırmalar, çalışmalar ve yatırımlar hızla devam etmiştir (Nexten, 2022).

2.2. Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli

Türkiye, 36° – 42° Kuzey paralelleri ile 26° – 45° Doğu meridyenleri arasında, orta kuşakta yer almaktadır. Coğrafi konumu gereği diğer ülkelere göre güneşlenme süresi bakımından avantajlıdır. Türkiye'nin güneşlenme süreleri, Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA) verilerine göre şu şekildedir:

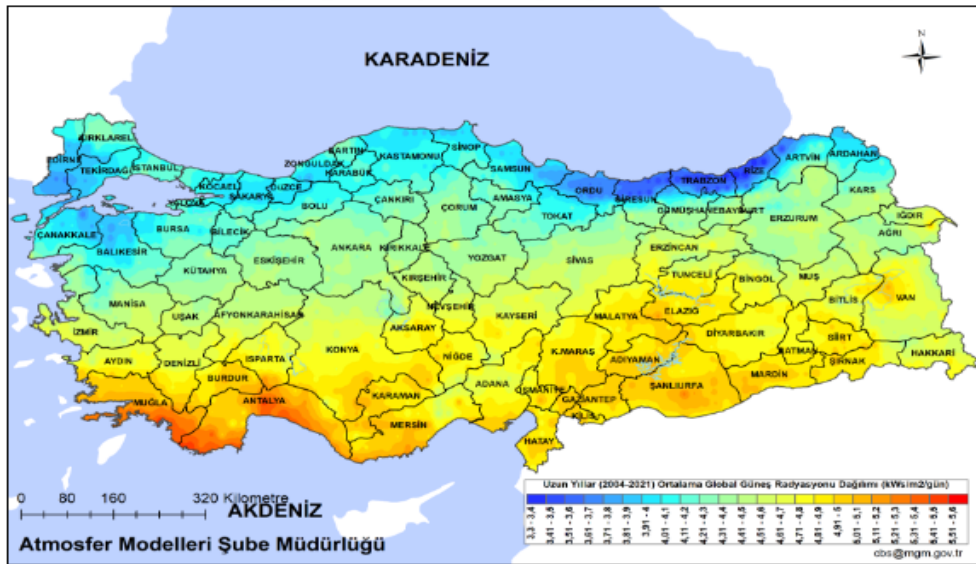
Ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi: 2741,07 saat/yıl

Ortalama günlük toplam güneşlenme süresi: 7,50 saat/gün

Ortalama yıllık toplam ışıınım şiddeti: 1527,46 kWh/m²-yıl

Ortalama günlük toplam ışıınım şiddeti: 4,18 kWh/m²-gün

Harita 2.1. incelendiğinde Türkiye' de güneş radyasyonu oranının güneye doğru arttığı, güney ve doğu illerinde güneş enerji potansiyelinin yüksek olduğu ve özellikle Antalya, Konya, Karaman, Muğla illerinin güneş enerji potansiyelinin yüksek olduğu görülmektedir (YEGM, 2023).



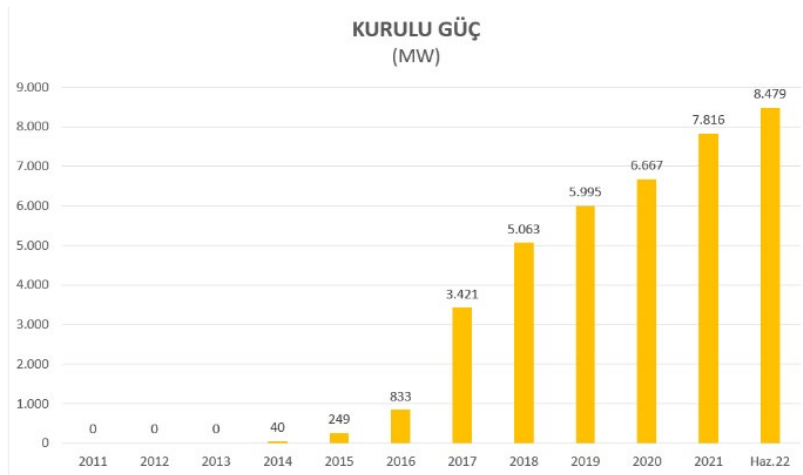
Harita 2.1. Türkiye güneş enerji potansiyeli haritası (GEPA, 2023)

Çizelge 2.1.' de görüldüğü üzere Türkiye'nin en fazla güneş alan bölgesi Güneydoğu Anadolu Bölgesi, ikinci bölgesi ise Akdeniz Bölgesi'dir.

Çizelge 2.1. Türkiye'nin bölgelerine göre güneş radyasyon değerleri ve ortalama güneşlenme süreleri (GEPA)

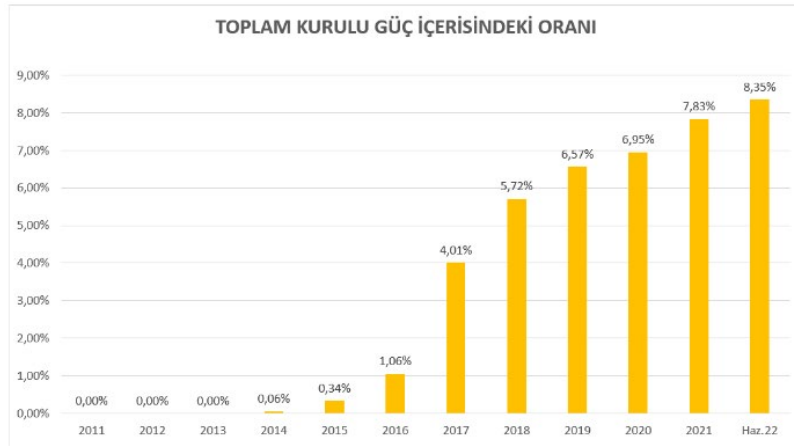
Bölge	Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m ² -yıl)	Güneşlenme Süresi (saat/yıl)
Güneydoğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971

Şekil 2.2.' de T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre Haziran 2022 sonu itibariyle güneş enerjisine dayalı elektrik kurulu gücünün 8479 MW olduğu görülmektedir. Güneş enerjisine dayalı elektrik kurulu gücü bir önceki yıla göre yaklaşık olarak %7,82 artmıştır.



Şekil 2.2. Türkiye'nin güneş enerjisine dayalı elektrik kurulu gücünün yıllara göre Değişimi (ETKB, 2023)

Şekil 2.3.'te görüldüğü üzere Türkiye’de güneş enerjisine dayalı elektrik kurulu gücünün toplam güç içerisindeki oranı %8,35’tir. Bu oranın özellikle 2016-2017 yılları arasında büyük bir artış gösterdiği ve her geçen yıl artışın devam ettiği görülmektedir.



Şekil 2.3. Türkiye’nin güneş enerjisine dayalı elektrik kurulu gücünün toplam güç içerisindeki oranı (ETKB, 2023)

2.3. Amasya İlinin Güneş Enerji Potansiyeli

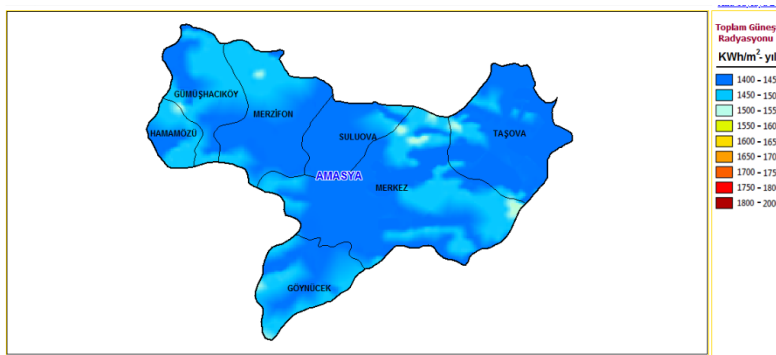
Amasya; Orta Karadeniz’in iç kısımlarında 34° 57’ 06’’- 36° 31’ 53’’ Doğu Boyamları ile 41° 04’ 54’’- 40° 16’ 16’’ Kuzey Enlemleri arasında bulunan bir ilimizdir. Amasya ili, kışın soğuk hava akımlarının etkisinde olsa da yükseltisinin fazla olmaması ve şehri denize kapatan kuzeydeki dağlık sahanın çok yüksek olmaması gibi nedenlerden dolayı kar yağışlarının az olduğu, kışın sıcaklığın çok fazla azalmadığı ve yaz sıcaklıklarının nispeten yüksek olduğu bir şehirdir (Yılmaz, 2020).

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden (MGM) alınan verilere göre Amasya şehri iklim sınıflandırmaları Çizelge 2.2.’de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Amasya ilinin iklim sınıflandırması (MGM, 2023)

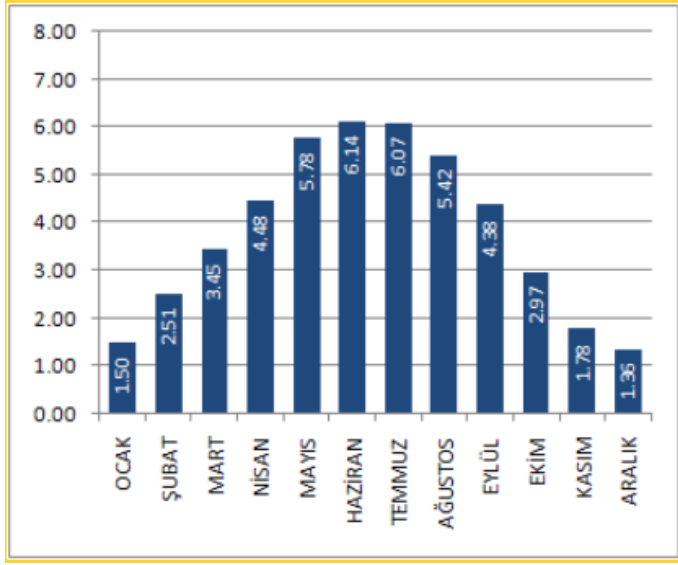
İklim Sınıflandırması	İklim Tipi
Aydeniz	Yarı kurak
Erinç	Yarı Nemli
DeMartonne	Yarı Kurak- Nemli Arası
Trewartha	Kışları Serin- Yazları Sıcak
Thornthwaite İklim Sınıflandırması	Yarı Kurak- Az Nemli

Meteoroloji Genel Müdürlüğünün verilerine göre Amasya ili güneş enerji potansiyeli Harita 2.2’de verilmiştir. Diğer bölgelere kıyasla Karadeniz bölgesinin güneş enerji potansiyeli düşüktür. Amasya’da güneş radyasyonu ortalamasının yaklaşık 1400-1550 kWh/m²-yıl değerleri arasında olduğu görülmektedir. Bu değer Türkiye’nin ortalama yıllık toplam ışıyım şiddetinden düşüktür (Alaçam, 2022).



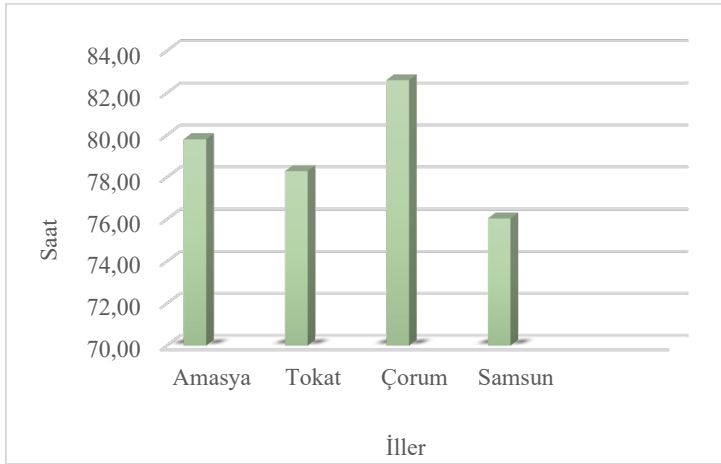
Harita 2.2. Amasya ili güneş enerji potansiyeli atlası (GEPA, 2023)

Güneşlenme süresi yanında diğer bir önemli etmen güneş ışınlarının geliş açısıdır. Çünkü güneş ışınlarının dik veya eğik gelmesi radyasyon (ısıma) miktarı üzerinde etkilidir. Güneşin geliş açısının dik veya dike yakın gelmesi radyasyon miktarını artırıcı, daha düşük açıyla gelmesi ise azaltıcı etki yapmaktadır. Yaklaşık 41° Kuzey enleminde yer alan Amasya’da güneş ışınlarının ufuk düzlemi üzerindeki maksimum yükseltisi 21 Haziran tarihinde 72 ° 48’ya, minimum yükseltisi ise 21 Aralık tarihinde 25° 54’ya ulaşmaktadır. Buna göre Amasya’ya yazın güneşin gelme açısı daha fazla olduğu için, bu dönemde güneş radyasyonu daha fazla almaktadır (Yılmaz, 2020). Şekil 2.4.’te yaz aylarında radyasyon değerinin fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 2.4. Amasya Global Radyasyon Değeri (kWh/m²-gün) (GEPA, 2023)

Amasya ilinin çevresindeki illere göre yıllık ortalama güneşlenme süreleri Şekil 2.5’de verilmiştir. Çorum ilinin çevredeki diğer illere göre daha yüksek güneşlenme süresine sahip olduğu ve bu süreye yakın diğer ilin ise Amasya olduğu görülmektedir.



Şekil 2.5. Karadeniz bölgesindeki bazı illerin yıllık ortalama toplam güneşlenme süreleri (GEPA, 2023)

GEPA’dan alınan verilere Amasya’nın merkez ve ilçelerine ait ışınlım şiddetleri Çizelge 2.3.’de verilmiştir. Yıllık ortalama süresi 3,82 kWh/ m²-gün olarak görülmektedir. Merkez ve ilçelerde en fazla ışınlım şiddeti Temmuz ayında görülmektedir.

Çizelge 2.3. Amasya ili ve ilçelerinin global radyasyon değerleri (GEPA, 2023)

İşınım Şiddeti (kWh/m ² -gün)	Merkez	Gümüşhacıköy	Göynücek	Hamamözü	Merzifon	Suluova	Taşova
Ocak	1,46	1,53	1,56	1,58	1,60	1,58	1,53
Şubat	2,51	2,41	2,43	2,60	2,57	2,47	2,41
Mart	3,47	3,39	3,52	3,49	3,43	3,42	3,39
Nisan	4,51	4,46	4,53	4,51	4,46	4,44	4,44
Mayıs	5,79	5,81	5,79	5,87	5,81	5,73	5,71
Haziran	6,14	6,15	6,16	6,19	6,15	6,11	6,08
Temmuz	6,08	6,14	6,07	6,20	6,14	6,01	5,99
Ağustos	5,43	5,41	5,46	5,46	5,41	5,38	5,38
Eylül	4,40	4,38	4,43	4,44	4,38	4,34	4,29
Ekim	2,99	2,94	3,09	2,98	2,94	2,94	2,93
Kasım	1,79	1,79	1,82	1,80	1,79	1,79	1,75
Aralık	1,37	1,34	1,41	1,36	1,34	1,34	1,33
Ortalama	3,8283	3,8125	3,8558	3,8733	3,835	3,7958	3,7691

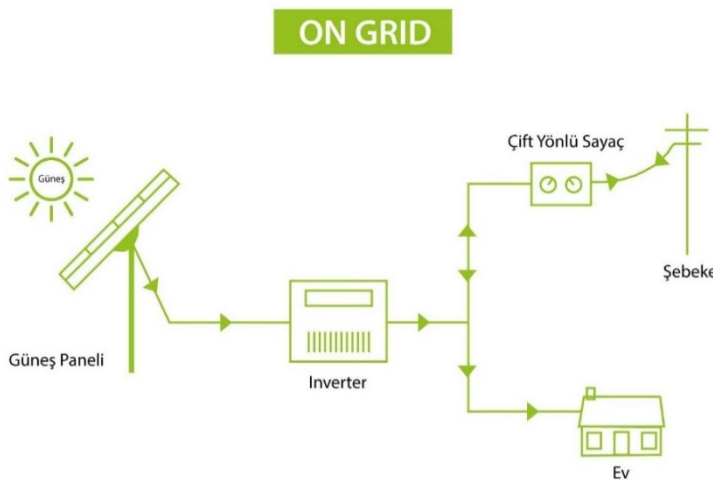
3. FOTOVOLTAİK SİSTEMLER

Yenilenebilir enerji kaynaklarından bir tanesi olan güneş enerjisinden elektrik üretimi için fotovoltaik güneş hücrelerine başvurulmaktadır. Hücreler, üzerine düşen fotonları doğru akım (DC) elektrik enerjisine dönüştürerek güneş enerjisinden faydalanırlar. Bu dönüşüm işleminin gerçekleştirilmesinde yarı iletken materyaller kullanılmaktadır. Yarı iletken malzemelerden bazıları; silisyum, galyum arsenit, kadmiyum tellurid ya da bakır indiyum diselenid olarak sıralanabilir.

FV paneller, bir evin, işyerinin ve hatta tüm bir topluluğun ihtiyaçlarını karşılamaya yetecek kadar elektrik üretebilen bir güneş enerjisi dizisi oluşturmak için birbirine bağlanacak şekilde tasarlanmıştır. Bir FV panelinin boyutu ve çıktısı, güneş pillerinin verimliliği, aldıkları güneş ışığı miktarı ve ortamın sıcaklığı gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Yapılacak yatırım için en iyi verimi sağlayacak seçenekler üzerine yoğunlaşılmalıdır.

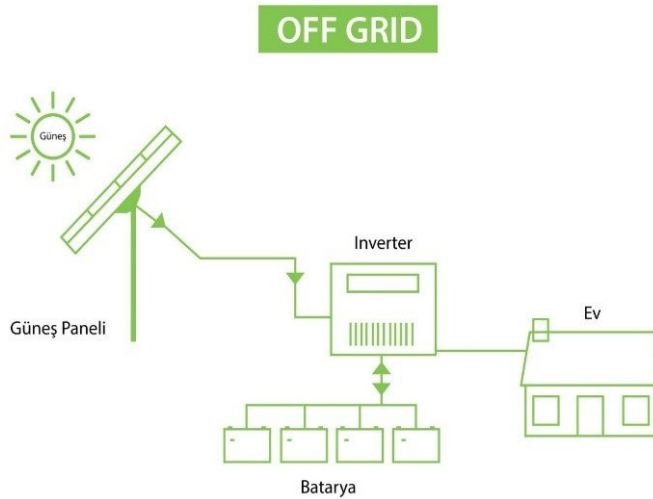
Birkaç tür FV sistem vardır. En yaygın olanlardan bazıları sırasıyla aşağıda verilmektedir.

Şebekeye bağlı FV sistem (On-Grid): Bu tür bir sistem, elektrik şebekesine bağlanır ve fazla elektriğin şebekeye geri gönderilmesine izin verir ve enerji depolama ihtiyacını azaltmaktadır. Şekil 3.1.'de şebekeye bağlı bir sistem görülmektedir. Sistem güneş paneli, evirici (inverter) ve çift yönlü sayaçtan oluşmaktadır.



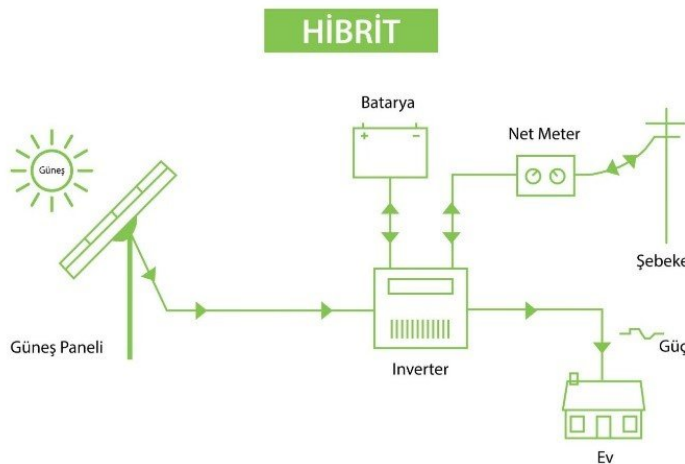
Şekil 3.1. Şebekeye bağlı FV sistem şeması (Türkyılmaz, 2023)

Şebekeden bağımsız FV sistem (Off-Grid): Bu tür sistemler elektrik şebekesine bağlı değildir ve gündüz üretilen fazla enerjiyi gece kullanmak üzere depolama elemanlarına ihtiyaç duyarlar. Şekil 3.2.'de şebekeden bağımsız bir FV sistemin yapısı görülmektedir. Bu tür sistemlerde panel ve eviriciye ek olarak depolama işlevini gerçekleştirmek üzere akü veya bataryalar kullanılır.



Şekil 3.2. Şebekeden bağımsız FV sistem şeması (Türkyılmaz, 2023)

Hibrit FV sistem: Bu sistem türü hem şebekeye bağlı hem de şebekeden bağımsız sistemleri birleştirir. Güneş enerjisinin varlığına ve elektrik ihtiyacına bağlı olarak on-grid veya off-grid çalışabilir. Şekil 3.3.'te görüldüğü üzere hibrit sistemlerde, şebekeye bağlı ve şebekeden bağımsız sistemlerde kullanılan elemanlar birarada kullanılmaktadır.



Şekil 3.3. Hibrit FV sistem şeması (Türkyılmaz, 2023)

Binaya entegre FV sistem: Bu tip sistem, çatı kiremitleri, cepheler veya pencereler gibi bina yapısına entegre edilir. Şekil 3.4.'te binaya entegre bir FV sistem görülmektedir. Bu sistemlerde panel ve evirici bina çatısının uygun bölümüne kurularak ihtiyaç olan elektrik enerjisi bu sistemden karşılanır.



Şekil 3.4. Binaya entegre FV sistem örneği (Şençiçek, 2017)

Sistem tasarımı yapılırken bina için doğru sistem tipini seçmek, maksimum verimlilik ve güvenlik için önemlidir. Bu sistem enerji maliyetlerini azaltmak ve sürdürülebilirlik profilini iyileştirmek isteyen herhangi bir bina sahibi için değerli bir yatırım olabilir.

Konsantre FV sistem: Bu sistem, güneş ışığını küçük bir FV hücre alanına odaklamak için mercekler veya aynalar kullanır ve verimliliklerini artırır. Şekil 3.5.'de konsantre FV sisteme ait bir örnek gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Konsantre FV sistem örneği (Demirtaş, 2020)

Yüzer FV sistem: Bu tip sistem, geniş yüzey alanından yararlanmak ve arazi kullanımını azaltmak için rezervuarlar veya göller gibi su kütlelerinin üzerine kurulur.

Şekil 3.6.'da 40 MW'lık yüzer bir fotovoltaik sistem görülmektedir. Bu projede trafo ve evirci gibi diğer ekipmanlar özel tasarım ile su üzerinde tutulmuştur (Tülü, 2022).



Şekil 3.6. Yüzer FV sistem örneği (Tülü, 2022)

3.1. Fotovoltaik Sistem Elemanları

Fotovoltaik sistemlerde elektrik enerjisi elde etmek için kullanılan ana eleman güneş panelleridir. Güneş panellerinin yanı sıra, eviriciler, akü, solar kablolar, sayaç, pano ve konstrüksiyon sistemler system elemanları arasında yer almaktadır. Sistem boyutu ve kullanım amacına bağlı olarak, daha fazla bileşen veya eleman eklenebilir.

3.1.1. FV paneller

Güneş enerjisi sistemleri için ana eleman fotovoltaik panellerdir. Sistemin çalışmasını belirleyen en önemli özellik panellerin karakteristiğidir. Ayrıca tesis maliyetinin çoğunluğunu panel fiyatı oluşturmaktadır. Santrale göre en uygun panel seçiminin yapılması bir tesis kurulumunun ilk basamağıdır.

FV panel olarak da bilinen güneş paneli, güneş ışığını fotovoltaik etkiyi kullanarak elektriğe dönüştüren bir cihazdır. Bir güneş panelinin temel bileşenleri, silisyum gibi yarı

iletken malzemelerden yapılmış güneş pilleridir. Güneş ışığı bu hücelere çarptığında, elektronların hareket etmesine neden olarak bir elektrik akımı oluşturur.

Güneş panelleri genellikle evler, işletmeler ve diğer uygulamalar için elektrik üretmek için kullanılır. Çatılara, arazilere veya bol güneş ışığı alan diğer dış mekânlara kurulabilirler. Güneş panelleri tarafından üretilen elektrik, ışıklara, ev aletlerine ve diğer elektrikli cihazlara güç vermek için kullanılabilir veya başkaları tarafından kullanılmak üzere şebekeye beslenebilir.

Bir güneş panelinin verimliliği, kullanılan malzemelerin kalitesi, aldığı güneş ışığı miktarı ve panelin sıcaklığı gibi birçok faktör tarafından belirlenir. Teknolojideki gelişmeler, verimliliğin artmasına ve maliyetlerin düşmesine yol açarak güneş enerjisini giderek daha popüler bir yenilenebilir enerji kaynağı haline getirmiştir.

Her biri kendine özgü özelliklere ve avantajlara sahip birkaç güneş paneli türü vardır. Bunlar aşağıda verilmektedir:

Monokristal güneş panelleri: Bu paneller, tek bir silisyum kristalinden yapılır ve tipik olarak %15 ile %20 arasında yüksek bir verimlilik oranına sahiptir. Ayrıca diğer güneş paneli türlerinden daha pahalıdır. Şekil 3.7.'de 72 hücreli güneş paneli görülmektedir.



Şekil 3.7. Monokristal güneş paneli

Polikristal güneş panelleri: Bu paneller, çok sayıda silisyum kristalinden yapılır ve tipik olarak %13 ile %16 arasında daha düşük bir verimlilik oranına sahiptir. Monokristal panellerden daha ucuzdur ve bütçesi kısıtlı olanlar için iyi bir seçimdir. Monokristal güneş panelleri, tek bir saf silisyum kristalinden yapılır, polikristal güneş panelleri ise çoklu silisyum kristallerinden yapılır. Şekil 3.8.'de polikristal güneş paneli örneği görülmektedir.



Şekil 3.8. Polikristal güneş paneli (Taşcıoğlu, 2015)

İnce film güneş panelleri: Bu paneller, ince yarı iletken malzeme katmanlarından yapılır ve tipik olarak %7 ile %13 arasında daha düşük bir verimlilik oranına sahiptir. Bununla birlikte, diğer güneş paneli türlerinden daha ucuz ve daha esnek olmaları, onları belirli uygulamalar için iyi bir seçim haline getirmektedir. Şekil 3.9.'da ince film güneş paneli örneği verilmiştir.



Şekil 3.9. İnce film güneş paneli (Altaai, 2023)

Çift yüzlü güneş panelleri: Bu paneller, güneş ışığını her iki taraftan emebilir ve genel verimliliklerini artırır. Tipik olarak diğer güneş paneli türlerinden daha pahalıdırlar ancak belirli kurulumlar için iyi bir seçim olabilirler. Çift yüzlü güneş paneline ait bir örnek Şekil 3.10’da verilmiştir.



Şekil 3.10. Çift yüzlü güneş paneli örneği (Altaai, 2023)

Konsantre güneş panelleri: Bu paneller, güneş ışığını küçük bir alana odaklamak için mercekler veya aynalar kullanır ve üretilen elektrik miktarını artırır. Genellikle büyük ölçekli güneş enerjisi santrallerinde kullanılırlar ve konut veya küçük ölçekli uygulamalar için uygun değildirler. Şekil 3.11.’de konsantre güneş paneli örneği verilmiştir.



Şekil 3.11. Konsantre güneş paneli (Altaai, 2023)

Her güneş paneli tipinin kendi avantajları ve dezavantajları vardır, bu nedenle bir güneş paneli seçerken özel ihtiyaçların ve bütçenin göz önünde bulundurulması önemlidir.

3.1.2. Evirici

Evirici, bir güneş panelinden veya pilden gelen doğru akım (DC) elektriğini, elektrikli cihazlara güç sağlamak için kullanılabilecek alternatif akım (AC) elektriğine dönüştüren elektronik bir cihazdır. Bu cihazlar, güneş paneli sisteminin önemli bir bileşenidir çünkü çoğu ev ve işyeri cihazlarını, elektronik aksamalarını ve aydınlatmayı çalıştırmak için AC elektriği kullanır.

Diğer sistem elemanları gibi evirici seçimi yapılırken de sisteme uygun olacak şekilde eviricinin sahip olduğu sertifika, teknik özellikleri, teknik destek ve servis ağı faktörleri değerlendirilerek seçim yapılmalıdır. İki ana evirici tipi vardır:

Dizi eviriciler: Bu eviriciler en yaygın tiptir ve tipik olarak konut ve ticari güneş paneli sistemlerinde kullanılır. Bir dizi güneş paneline bağlanırlar ve panellerden gelen DC elektriği, eve veya işyerine güç sağlamak için kullanılabilecek AC elektriğine dönüştürürler.

Merkezi eviriciler: Arızalandıkları zaman tüm sistemin devre dışı kalması sistem açısından dezavantajdır. Fakat bu eviricilerin verimleri yüksek ve maliyetleri düşüktür.

Bu iki ana türe ek olarak, hem güneş panellerinden gelen DC elektriği hem de şebekeden veya bir yedek jeneratörden gelen AC elektriği dönüştürebilen hibrit eviriciler de vardır.

Bu eviriciler, hem şebekeye hem de yedek aküye bağlı hibrit güneş sistemlerinde kullanılır (Çınaroğlu ve Nalbantoğlu, 2021).

Ayrıca eviriciler, bir güneş paneli sisteminin performansının izlenmesinde önemli bir rol oynar. Panellerin ürettiği elektrik miktarını takip edebilir, her bir panelin verimini izleyebilir ve sistemde herhangi bir sorun olduğunda sistem sahibini uyarabilirler. Resim 3.1.'de çatı tipi GES için kullanılan eviriciler gösterilmiştir. Resim İnceler GES tesisine aittir.



Resim 3.1. Çatı tipi güneş enerji santrali için kullanılan evirici örneği

3.1.3. Akü

FV sistemlerde enerji depolanması işlemini gerçekleştirmek üzere aküler kullanılmaktadır. Paneller aracılığıyla üretilen enerji gündüz akülere depolanır, daha sonra ise aküde depolanan bu enerji kullanılabilir. Akülerde istenmeyen durumların önüne geçebilmek için şarj kontrol cihazı da kullanılmalıdır. Sıklıkla kullanılan akü çeşitleri; jel akü, OPzV akü, OPzS akü ve kuru tip akü olarak sıralanabilir (Doğanay, 2021).

3.1.4. Solar kablo

Solar kablo, fotovoltaik sistemleri bağlamak için kullanılan özel olarak tasarlanmış bir kablodur. Sert hava koşullarına ve aşırı sıcaklıklara dayanacak şekilde tasarlanmıştır. Kablolar genellikle güneş ışığına ve ısıya dayanıklı özel bir yalıtım malzemesi ile kalaylı bakır veya alüminyumdan yapılır.

Bu kablolar, güneş panellerini bir güneş enerjisi sisteminin eviricilerine ve diğer elektrikli bileşenlerine bağlamak için kullanılır. Kablonun boyutu, akım taşıma kapasitesi ve güneş panelleri ile evirici arasındaki mesafe ile belirlenir.

Güneş enerjisi sistemlerinde kullanılmak üzere özel olarak tasarlanmış solar kabloların kullanılması, maksimum verimlilik, güvenlik ve dayanıklılık sağlamak için önemlidir. Şekil 3.12.'de 6 mm^2 bir solar kablo örneği görülmektedir.



Şekil 3.12. Solar kablo örneği (Ayetek, 2018)

3.1.5. Konstrüksiyon Sistem

Güneş enerji santralleri için en önemli elemanlardan bir tanesi de konstrüksiyon sistemlerdir. Çatı ve panel tipine göre yapılacak seçim sistem altyapısını oluşturmaktadır. Resim 3.2.'de çatı tipi bir GES için hazırlanan konstrüksiyon sistem görülmektedir.



Resim 3.2. Çatı tipi konstrüksiyon sistem örneği



4. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde tez çalışması kapsamında kullanılan PVSOL, PVSYST, PVGIS ve PVWATTS programları tanıtılmış ve sonrasında programdan elde edilen çıktılar verilmiştir.

4.1. Benzetim Programları

Kurulması planlanan veya kurulmuş yenilenebilir enerji santralleri için ilk olarak irdelenen konulardan bir tanesi santral konumuna göre elde edilecek yıllık veya aylık bazdaki üretim verilerinin ne olacağıdır. Bu verilerin hesaplanmasında benzetim programları sıklıkla kullanılmaktadır. Ayrıca programlar, FV santrallerin finansman aşamasında geri dönüş hesaplarının yapılmasında ve donanım geliştiriciler tarafından yeni malzemelerin çıktılarını almak için de kullanılmaktadır. Santral için birkaç farklı senaryo denenip raporlar akabinde gerek yatırımcı tarafında gerekse uygulama aşaması için yol haritası oluşturulmaktadır.

Benzetim programlarına entegre hava bilgileri genelde meteorolojik servislerden alınmaktadır. Santral bölgesi verilerinin otomatik olarak sistemde kayıtlı olmaması durumunda gerekli eklemeler yapılmalıdır.

Santral yakınında gölgelenmeye sebep olabilecek ağaç, bina vs. çevresel faktörlerin programa yansıtılması çıktıları etkileyecektir. Programların doğruluk oranları ile ilgili iyileştirme çalışmaları sürekli devam etmekte ve gerekli güncellemeler yapılmaktadır. Bu noktada doğru verilerin elde edilmesinde programın kullanıcı deneyimi de çok önemlidir. Santral özelinde elde edilen raporlar sayesinde önemli bilgiler edinilmekte ve bu programlar yatırımcıya yön verme noktasında önem arz etmektedir.

Güneş enerji sistemlerinin analizi, benzetimi ve enerji hesabı Homer, PVSOL, PVSYST, Helioscope, PVWATTS, Polysun, RetScreen, PVDesign, PVGIS, BlueSol gibi programlar yardımı ile yapılabilir.

Bu tez çalışmasında PVSOL, PVSYST, PVGIS ve PVWATTS programları kullanılarak elde edilen üretim verileri ve gerçek üretim verileri arasında karşılaştırma yapılmıştır.

4.1.1. PVSOL

Valentin Software benzetim yazılımları 1998 yılında PVSOL yazılımını piyasaya sürmüştür (www.valentin-software.com). Alman yazılımı olan bu program birçok ülkede kullanılmaktadır. PVSOL, FV sistemler üzerinde üç boyutlu tasarım yapılmasını sağlayan bir yazılım programıdır. Gölge benzetimleriyle beraber, halihazırda var olan çatı üzerine veya arazi üzerine kurulum yapmamızı sağlar ve farklı tasarım seçenekleriyle (yatay yerleşim, dikey yerleşim, gölgeleme vs.) kıyaslama imkanı sunar. Birkaç modüllü küçük çatı sistemlerinden ticari çatılar, orta ölçekli sistemlerden büyük güneş santrallerine kadar tüm FV tasarımlarında kullanılır.

PVSOL yazılımı ile;

- Küçük evsel çatı sistemlerinde üç boyutlu depolamalı, depolamasız ya da hibrit tasarım yapılabilir,
- Doğrudan ilgili endüstriyel çatının kendisi üzerine yerleşim yapılabilir ve gölgeleme benzetimi yapılabilir,
- Mahsuplaşmalı ya da sulama arazilerinde zemin üzerine yerleşim imkanı sunar,
- İlgili konuma gitmeden sistem üzerinden çatıya ön yerleşim yapabilme imkanı sunar,
- Yapılan yerleşim ile beraber kullanılacak ürünlerin listesi ve ürün adedi çıkarılabilir,
- 3D gölgeleme ile kazanç tahmininde yüksek doğruluk sağlar,
- Çatı yerleşimi yapılırken çatıda veya yerleşim alanı çevresinde gölgelemeye sebep olacak noktalar sistemde 3D olarak eklenebilir ve bu gölgelemeden dolayı oluşacak üretim düşüşü incelenebilir.

- ***PVSOL program arayüzü***

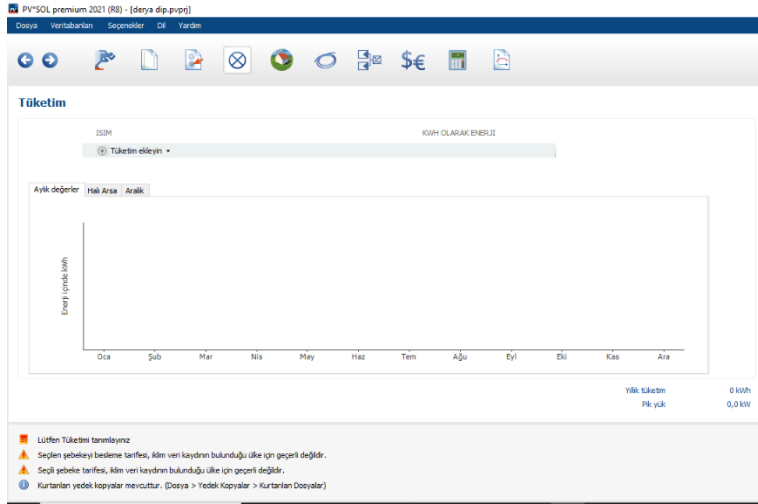
Program ilk çalıştırıldığında karşılaşılan sayfa proje bilgileri sayfasıdır. Açılış sayfası Resim 4.1.'de verilmektedir. Burada projeye ait bilgiler, yatırımcıya ait bilgiler ve tasarımcıya ait bilgilerin girişi yapılmaktadır.

Resim 4.1. PVSOL proje bilgileri sayfası

Bir sonraki sayfa sistem türü, iklim ve şebeke bilgileri sayfasıdır. Sistemin ana teması bu sayfada belirlenmektedir. Resim 4.2.'de görüldüğü üzere bu sayfada ilk olarak sistem türü seçilir. Konum ve iklim verilerinin girişi yapılır. Çalışma yapılacak konumun program üzerinde kayıtlı olmaması durumunda gerekli bilgiler eklenerek devam edilir.

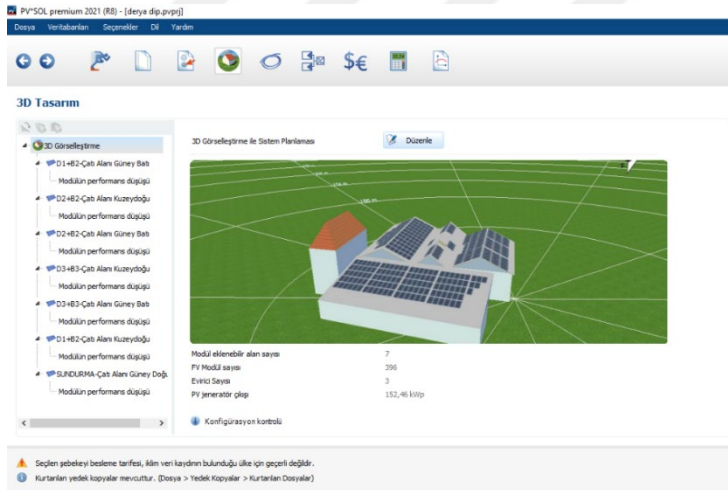
Resim 4.2. PVSOL sistem türü, iklim ve şebeke sayfası

Sistem özellikleri sayfasından sonraki bölüm tüketimin belirlendiği bölümdür. Burada tüketimi olan bir sistem tasarımı yapılacak ise ilgili ev veya endüstriyel çatıya ait faturada yer alan yıllık tüketimi, yıllık ya da aylık olarak tanımlanmaktadır. Resim 4.3.'te tüketim sayfası görülmektedir.



Resim 4.3. PVSOL tüketim bilgileri sayfası

Projeye ait genel bilgilerin belirlenmesinin ardından tasarım kısmı gelmektedir. Resim 4.4.'te görülen “Düzenle” butonuyla çizim başlatılır. Doğrudan harita üzerinden çatı seçimi yapılabileceği gibi, kullanıcı tarafından da çizim gerçekleştirilebilir.



Resim 4.4. PVSOL tasarım sayfası

Bu sayfa içerisinde tasarım gerçekleştirilirken kullanılacak alt başlıklar mevcuttur:

Çizim Bölümü: Tasarıma başlanılan ve yerleşim yapılan sayfadır. Burada gölgelenmeye sebep olacak ağaç veya binalar eklenebilir. Bina ve çatının ölçüleri girilerek istenilen bina tasarlanabilir. Güneş benzetimi bir gün ya da bir yıllık olarak izlenebilir. Çizim sayfasında açılan alt bölümler takip edilerek tasarımın büyük bir çoğunluğu tamamlanır.

Nesne Görünümü Bölümü: Çatı kenar çerçevesi, yürüme yolu, çatı bacası, pencere gibi çatı üzerindeki engellerin belirlendiği ve yerleşim yapılmaması gereken alanlar bu kısımda belirtilir.

Modül Ekleme Kısım: Veri tabanında 21.000 adetten fazla FV modül bulunmaktadır(www.valentin-software.com). Burada tasarımda kullanılacak modül seçimi yapılabilir veya yeni modül eklenebilir. Yeni eklenen modül kullanıcının sadece kendi profilinde gözükmektedir.

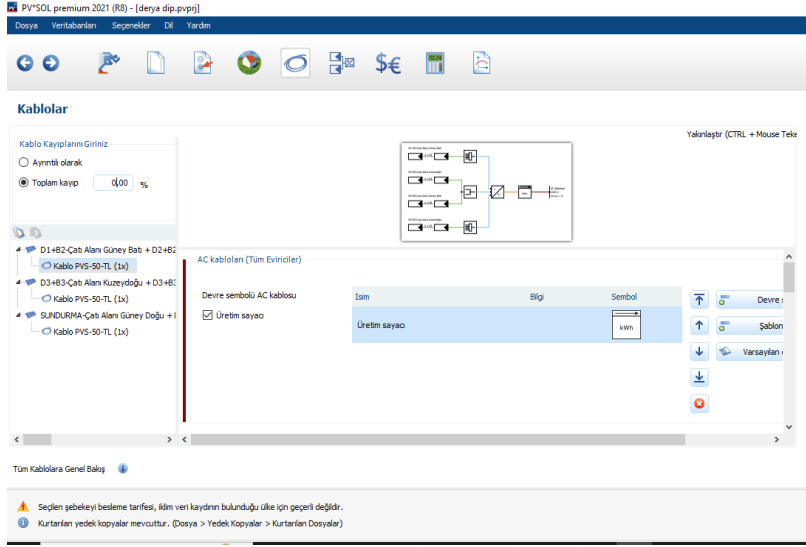
Panel Yerleşimi: Panel belirlendikten sonra yapılan yerleşime istinaden gölgeleme benzetiminde yaşanan gölgelenme kaynaklı üretim kayıpları gösterilmektedir.

Evirici Seçimi: Çatı yerleşimi tamamlandıktan sonra evirici seçimi yapılmaktadır. Bu işlem sırasında PVSOL veri tabanında yer alan 5.100 eviriciden biri ya da birkaçı seçilebilir. Farklı seçim yapıldığı takdirde en uygun evirici programda en üstte verilmektedir.

Dizi: Panel seçimi yapıldıktan sonra yazılım otomatik olarak yerleşimi sağlamaktadır. Dizilim yatay veya dikey olarak değiştirebilir. Aynı zamanda yerleşimi manuel olarak yapma imkanı sunulmaktadır.

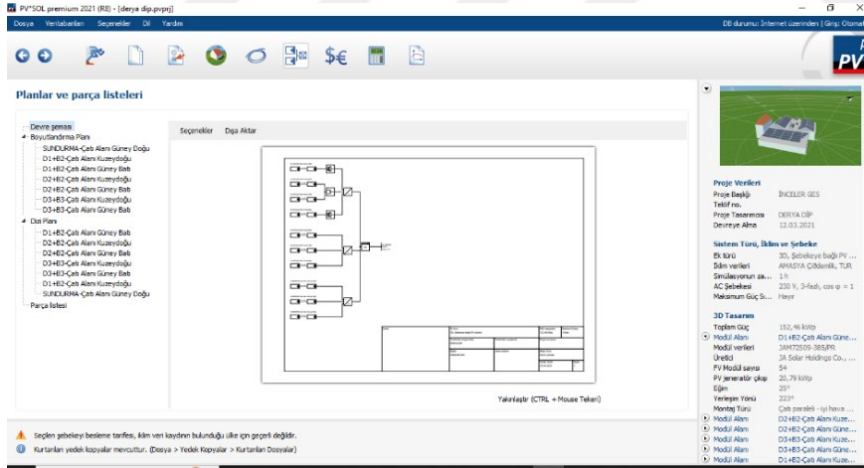
Kablo Planı: Program kablolamayı yapmaktadır. Ancak eviricilerin konumuna uygun ya da sistem tasarımına göre şekillendirilmek istenirse manuel olarak kablo yerleşimini yapabilmektedir.

Tasarımın büyük çoğunluğu çizim bölümünde yapıldıktan sonra kablo metraj tanımlama adımına gelinir. Bu sayfada kablo metrajları ve sistemde kullanılacak koruma elemanları tanımlanmaktadır. Bu bilgiler doğrultusunda yaşanacak kayıplar hesaplanır. Metrajın tam bilinmediği durumlarda tahmini bir kayıp oranı belirtilebilir. Resim 4.5’de PVSOL kablolar sayfası gösterilmiştir.



Resim 4.5. PVSOL kablolar sayfası

Daha sonra asarımı yapılan sisteme ait parça listesi ve devre şeması Resim 4.6.'da görüldüğü üzere planlar ve parça listesi sayfasında verilmektedir. Bu bilgilerin excel yada pdf şeklinde dışa aktarılması da mümkündür.



Resim 4.6. PVSOL planlar ve parçalar sayfası

Sonraki aşamada finansal analiz hesabı kısmı açılır. Tarifelerin tanımlandığı bölümdür. Resim 4.7.'de finansal analiz sayfası gösterilmiştir.

PV*SOL premium 2021 (R8) - [deya.dip.pvprj]

Dosya Veritabanları Seçenekler Dİ Yardım

Finansal Analiz

Ekonomik Parametreler

Finansal Analiz Parametreleri

Düzenle

Değerlendirme Dönemi: 20 Yıllar, Anaparaya uygulanacak faiz: 1 %, Yatırım Maliyetleri: 228690 €

Enerji Dengesizliği / Şebekeye Besleme Kavramı: Tam besleme

Doğrudan Üçüncü Kişilere Satılan Elektrik Fiyatı: 0,0000 €/kWh

Finanse edilebilirlik beklentisi verim oranına göre (P50 / P90)

Tepkik Miktarı

Uygulanan besleme tarifeleri

Şebeke Beslemesinin Geçerliliği = Operasyon Başlangıcı ☐

Bilgi	Tarife Adı	Geçerlilik başlangıcı	Geçerlilik sonu	Ekle
EEG 2020 (Januar)	Gebäudeanlage	23.05.2022	31.12.2042	
EEG 2020 - Umlage auf Eigenverbrauch - Alle Anlagenarten		23.05.2022	22.05.2042	

Tepkik Miktarı için Enflasyon Oranı: 0,0 %/Yıl

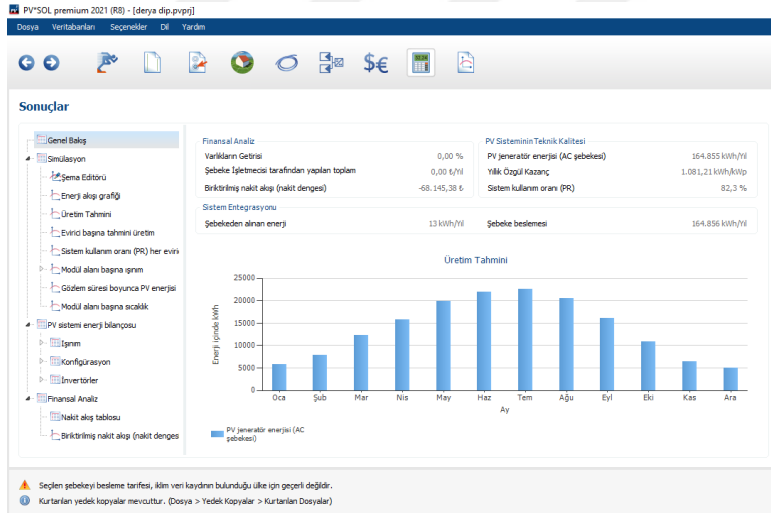
Kişisel Tüketim Tarifesi için Enflasyon Oranı: 0,0 %/Yıl

Seçilen şebekeye besleme tarifesi, iklim veri kaydının bulunduğu ülke için geçerli değildir.

Kurtarılan yedek kopyalar mevcuttur. (Dosya > Yedek Kopyalar > Kurtarılan Dosyalar)

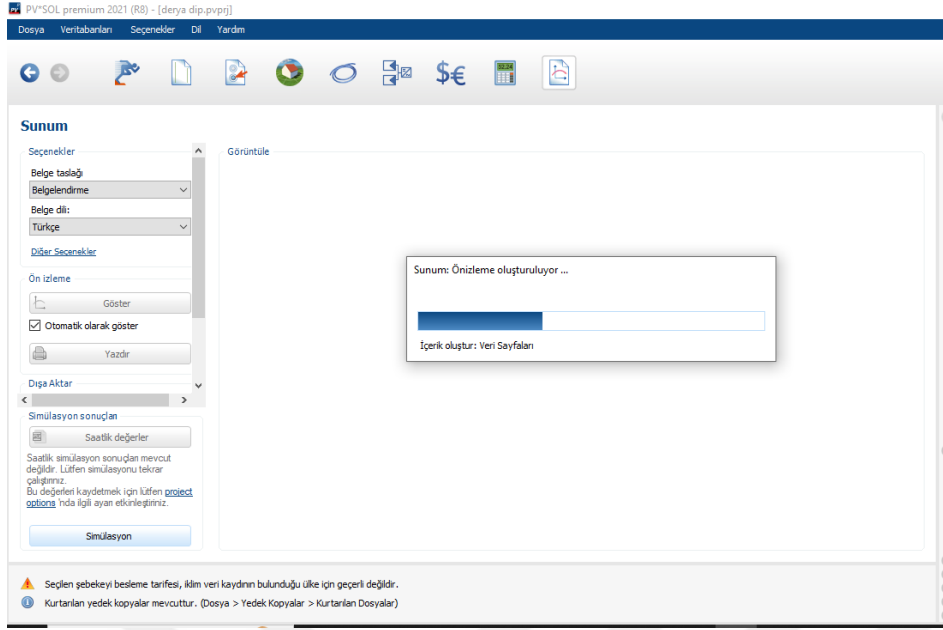
Resim 4.7. PVSOL finansal analiz sayfası

Tasarımı tamamlanan tesise ait üretim amortismanının ve genel tahmini üretim çizelgelerinin görüntülediği yer sonuç bölümüdür. Doğru amortisman süresi için tarife girişi önemlidir. Resim 4.8.'de sonuç sayfasında sunulan üretim grafiği görülmektedir.



Resim 4.8. PVSOL sonuçlar sayfası

Son olarak tasarım sonucunda elde edilen sunum içeriği talep edilen şekilde düzenlenebilmektedir. Farklı dil seçenekleri kullanılabilir ve sunum farklı formatlarda dışa aktarılabilir. Programın son bölümü olan bu bölümde Resim 4.9.'da görüldüğü üzere çalışmaya ait sunum raporu oluşturulmaktadır.



Resim 4.9. PVSOL sunum bölümü

4.1.2. PVSYST

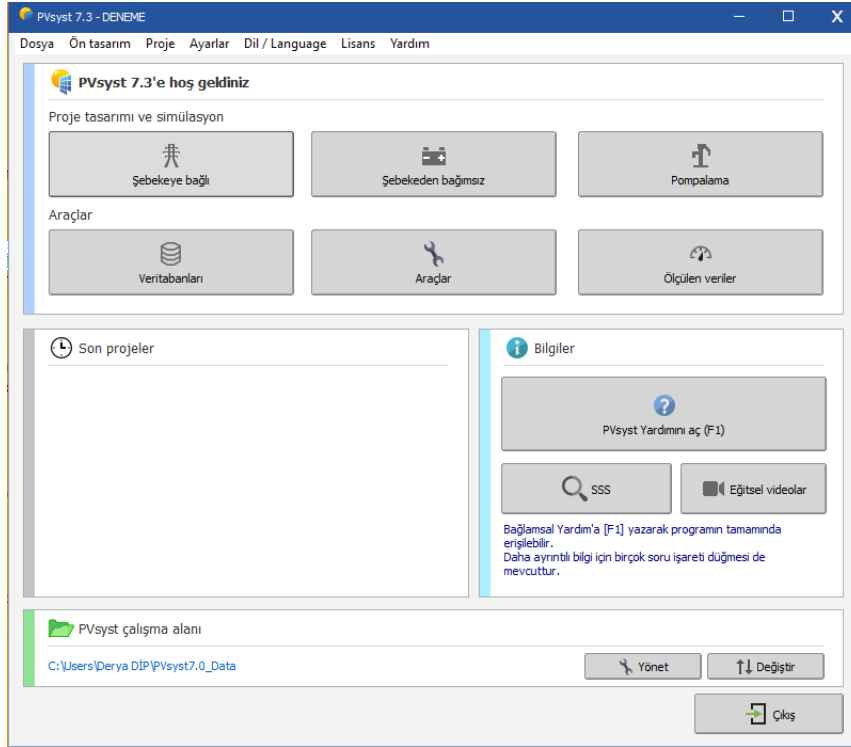
PVSYST programı, İsviçre Cenevre Üniversitesi tarafından geliştirilen, şebekeye bağlı veya şebekeden bağımsız FV sistemler, sulama sistemleri ve DC şebekeler gibi fotovoltaiik sistem projelerinin gerçekleştirilebildiği bir programdır. PVSYST; kullanıcıların detaylı hesaplama yapmalarına ve farklı parametrelerin kullanılmasına olanak sağlar.

PVSYST programında ilerlerken çalışma yapılacak çatıya dair bilinmesi gereken bilgiler şu şekildedir:

- Enlem/boylam değeri
- Çatının eğimi
- Binanın azimut değeri
- ***PVSYST program arayüzü***

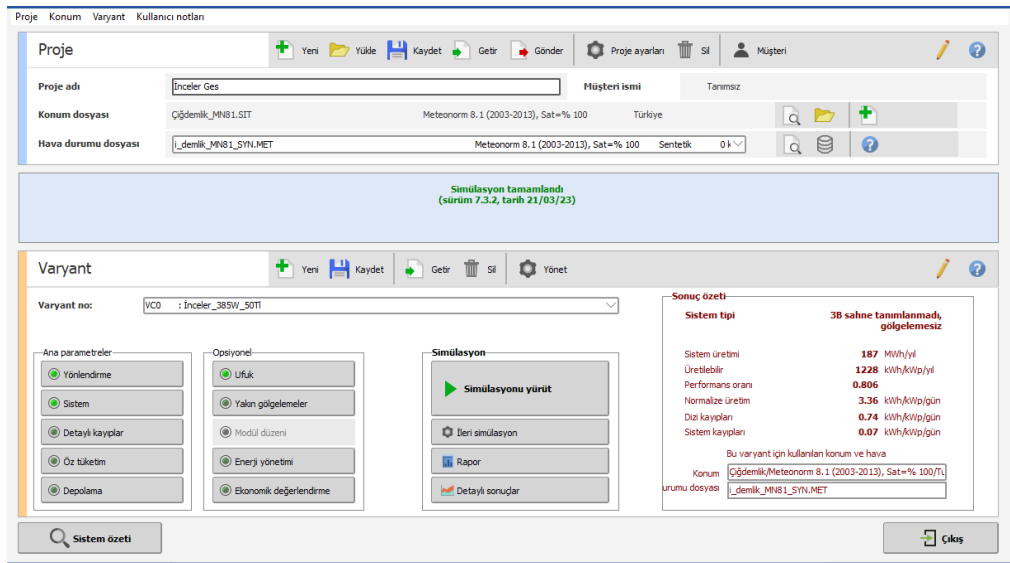
Program açılış sayfası olarak karşılaşılan proje bilgileri sayfasında; sistem türü, hava durumu bilgileri ve coğrafi konum bilgileri girilir. Enlem boylam bilgileri girilerek seçilen nokta kabul edilir. Hava durumunu çeken birkaç farklı seçenek sunulmaktadır. Bunlar

Meteonorm 8.0., NASA-SSE, PVGIS TMY, Soiest TMY, Solar'dır. Resim 4.10.'da PVSYST programını açıldığında karşılaşılan sayfa gösterilmiştir.



Resim 4.10. PVSYST programı açılış sayfası

Sistem türünün seçimi yapıldıktan sonra projenin asıl tasarlanacağı arayüz açılmaktadır. PVSYST sistem arayüzü Resim 4.11.'de gösterilmiştir.



Resim 4.11. PVSYST sistem arayüzü

Yönlendirme Kısmı: Güneş paneli ve azimut açısı bilgilerinin programa girişi yapılmaktadır. PVSYST programında yönlendirme ve sistem bölümüne ait veriler sisteme giriş yapılır daha sonra diğer bölümlere ait verileri sisteme aktarmadan da sistemin varsayılan değeri alınarak sistemdeki verilere göre benzetim yapılmasına izin verir. Ancak, ayrıntılı bir analiz yapılmak istenirse gölgeleme, kayıplar ve ufuk bilgileri girilir.

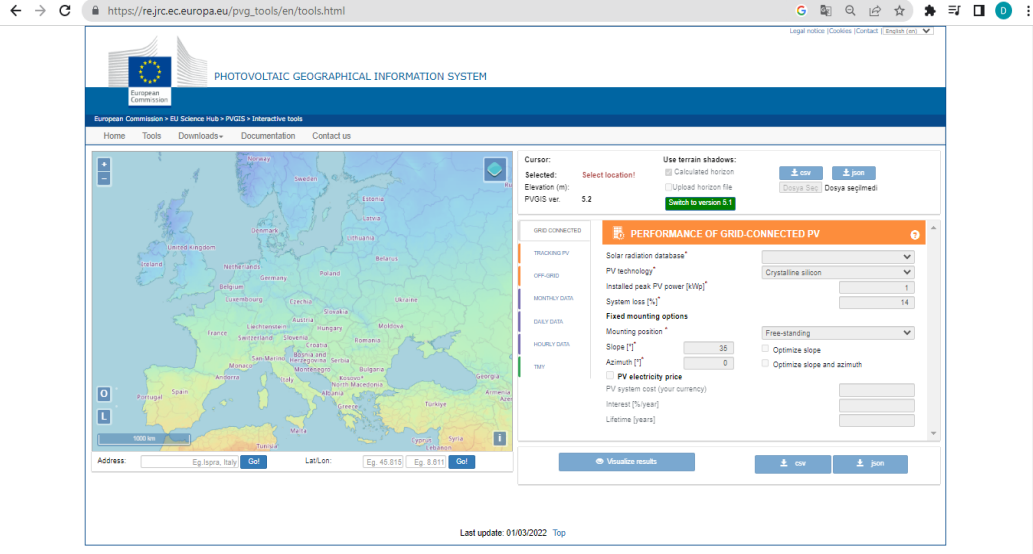
Sistem Kısmı: Bu bölümde kullanılan panel ve evirici seçilmektedir. Halihazırda veri tabanında bulunmayan marka modellerin eklenme olanağı vardır. Ayrıca seri-dizi bilgileri de bu sayfada belirtilmektedir.

Yakın Gölgelemeler: PVSYST programı ile 3D boyutlu olarak santralin yakınında bulunan ağaç, bina ya da gölgelemeye sebep olacak materyaller eklenebilir.

Benzetim Bölümü: Santrale ait bütün verilerin rapor ve tablolar halinde sunulduğu bölümdür. Rapor kısmına tıklandığında; güneş santralinin kurulum yeri bilgilerine, panel açısı bilgisine, panel ve evirici bilgilerine, seri ve paralel bağlı panel bilgisine, FV sistem kayıp bilgilerine (termal, tozlanma, yansıma, uyumsuzluk, vb.), ufuk çizgisi veri ve grafiğine, 3 boyutlu çizime ve gölgeleme kaybı grafiği ile FV sisteminin, üretim verilerine ve performans bilgisine ve enerji akış diyagramına ulaşılır.

4.1.3. PVGIS

PVGIS Avrupa Komisyonu'nun Ortak Araştırma Merkezi tarafından geliştirilen ve Avrupa'da ve ötesinde belirli bir yerin güneş enerjisi potansiyeli hakkında bilgi sağlayan ücretsiz çevrimiçi bir programdır. Belirli bir konum için aylık ve yıllık ortalamalar ile iklim verileri dâhil olmak üzere güneş radyasyonu ve fotovoltaik performans verilerine ulaşılabilir. Resim 4.12.'de PVGIS programına giriş yapıldığında karşılaşılan ekran gösterilmiştir.



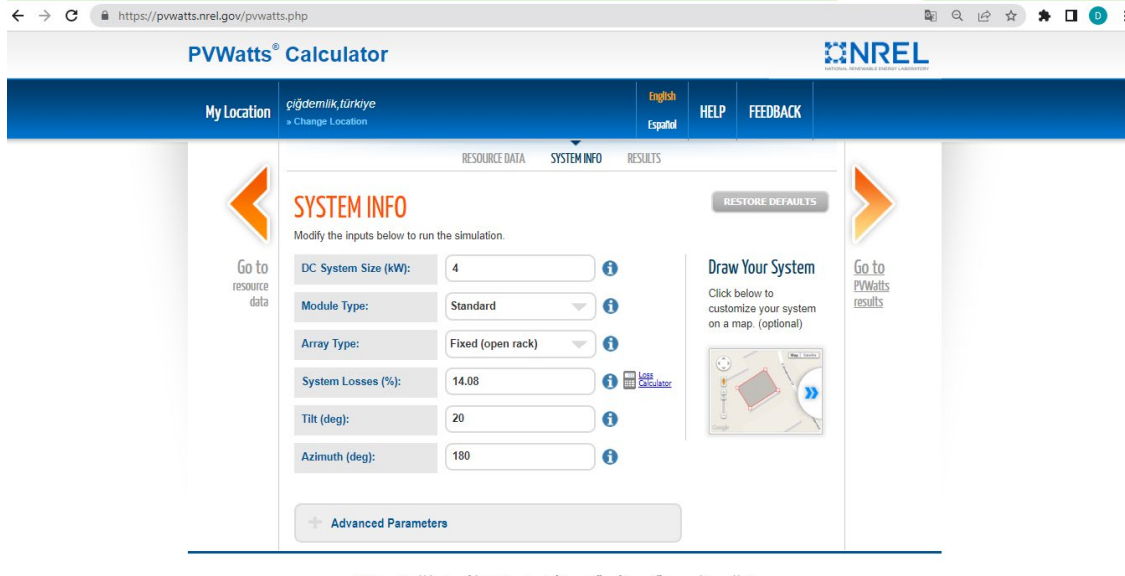
Resim 4.12. PVGIS program arayüzü

4.1.4. PVWATTS

PVWATTS, Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı (NREL) tarafından geliştirilen ve kullanıcıların FV sistemlerinin elektrik üretim potansiyelini tahmin etmelerini sağlayan bir yazılım aracıdır. Ön güneş enerjisi değerlendirmeleri, sistem tasarımı ve performans modellemesi için güneş enerjisi endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

PVWATTS, bir FV sisteminin güneş enerjisi çıkışını tahmin etmek için konum, hava durumu verileri, sistem boyutu, eğim açısı, azimut açısı ve diğer parametreler gibi çeşitli faktörleri dikkate alır. Dünyanın dört bir yanındaki binlerce meteoroloji istasyonundan ölçülen veriler kullanılarak kalibre edilen, uydudan türetilen güneş radyasyonu verilerine dayanan bir matematiksel model kullanır.

Program yazılımı çevrimiçi olarak açıldığında ilk sayfada konum bilgileri girilir ve devam edildiğinde Resim 4.13'te görüleceği üzere program arayüzü açılır. Burada kullanıcılar sistem boyutu, modül tipi, eğim açısı ve azimut açısı PVWATTS'a girebilir ve kilowatt saat (kWh) veya megawatt saat (MWh) cinsinden tahmini aylık ve yıllık enerji üretimini görebilir.



Resim 4.13. PVWATTS program arayüzü

4.2. Santrale Ait Genel Bilgiler

Çalışma kapsamında incelenilen santral, Amasya İli Merkez İlçesi Çiğdemlik Köyü (Enlem: 40.728843061361644, Boylam: 35.97853329054796) mevkiinde bulunmaktadır.

Santralde 396 adet 385-Watt yerli üretim Viensol markalı FV panel, 3 adet 50 kW çıkış gücüne sahip ABB (FVS – 50-TL-SX2) marka evirici kullanılmıştır. Resim 4.14'te görüleceği üzere santral, soğuk hava deposu çatısı ve sundurma üzerine kurulmuştur.



Resim 4.14. İnceler GES Tesisi

4.3. Gerçek ve Benzetim Programlarından Elde Edilen Üretim Verileri

Santrale ait gerçek üretim verilerine Auro Vision uygulaması üzerinden ulaşılmıştır. Bu programda santralin bugüne kadar toplam üretim, günlük, haftalık, aylık ve yıllık üretim verilerine ulaşılabilir.

4.3.1. Gerçek üretim verileri

Uygulama üzerinden santralin günlük üretim verileri alınarak, aylık toplam üretilen elektrik grafiği oluşturulmuştur. Tesisin toplam yıllık üretimi Çizelge 4.1.'de görüldüğü üzere 151 289 kWh'tir.

Çizelge 4.1. Gerçek üretim verileri

Aylar	Aylık Toplam Üretim (kWh)
Ocak	3363
Şubat	2701
Mart	11769
Nisan	16232
Mayıs	19014
Haziran	19322
Temmuz	21149
Ağustos	20816
Eylül	16215
Ekim	10537
Kasım	5908
Aralık	4263
Yıllık Toplam Üretim	151 289

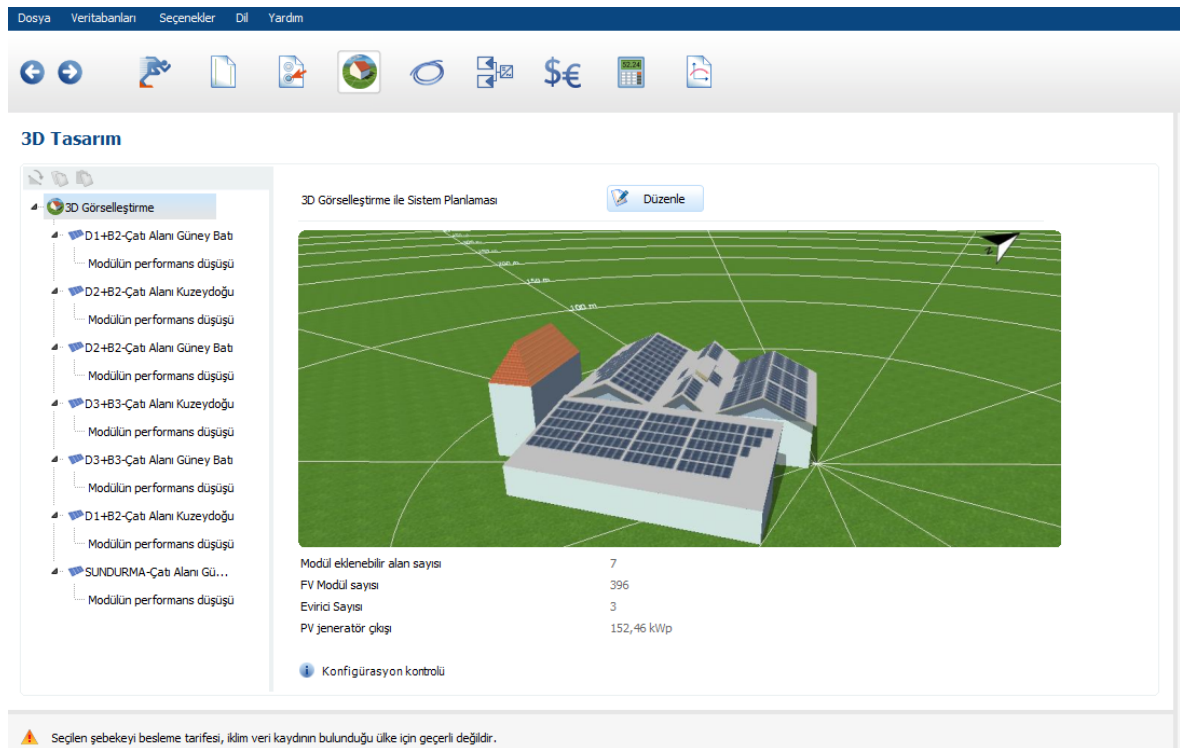
4.3.2. PVSOL programından elde edilen veriler

Program deneme sürümü ile işlem adımları şu şekilde gerçekleştirilmiştir:

1. İlk sayfada tesis sahibine, tesis adresine ait veriler ve tasarımcıya ait bilgiler eklenmiştir
2. Bir sonraki sayfada şebekeye bağlı sistem türü ve konum bilgisi eklenmiştir. Amasya-Çiğdemlik verileri hâlihazırda kayıtlı olmadığı için programa eklenmiştir.

3. Sistem 3 boyutlu tasarlanmıştır ve panel yerleşimleri gerçekte olduğu gibi yapılmıştır. Panel listesinde Vien-Sol markasına ait bilgi bulunmadığından dolayı ekleme yapılmıştır.
4. Evirici girişleri de ayarlandıktan sonra program işlem sırasına göre adımlar takip edilmiş ve üretim raporu elde edilmiştir.

Resim 4.15.'te İnceler GES tesisine ait PVSOL programında yapılan çizim verilmiştir. Çizim gerçek santral yerleşimine göre birebir Tesisin hemen yanında bulunan bina gölgeleme faktörüne sebep olacağından çizime eklenmiştir.



Resim 4.15. PVSOL programında yapılan İnceler GES tasarımı

Çizelge 4.2.'de PVSOL programında elde edilen toplam yıllık üretim miktarı 164 852 kWh olarak görülmektedir. Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları en yüksek üretimin görüldüğü aylardır. Bu aylar içerisinde en yüksek üretim Temmuz ayında gerçekleşirken, tüm aylar içerisinde en düşük üretim Aralık ayında gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.2. PVSOL programından elde edilen üretim verileri

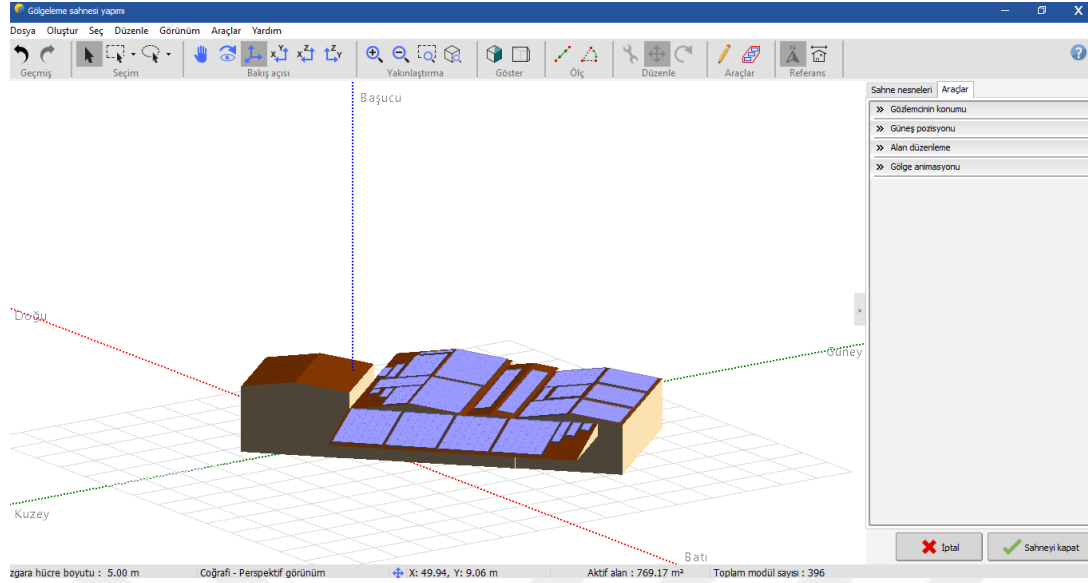
Aylar	Aylık Toplam Üretim (kWh)
Ocak	5844
Şubat	7870
Mart	12241
Nisan	15711
Mayıs	19942
Haziran	21916
Temmuz	22540
Ağustos	20585
Eylül	16033
Ekim	10799
Kasım	6397
Aralık	4972
Yıllık Toplam Üretim	164 852

4.3.3. PVSYST Programından Elde Edilen Veriler

PVSYST programı deneme sürümü ile veri üretimi yapılırken izlenen adımlar şu şekildedir:

1. Başlangıç sayfasında şebekeye bağlı sistem seçimi yapıp diğer sayfaya geçilmiştir.
2. Bu sayfada meteorolojik veriler ve konum bilgisi programa tanıtılmıştır. Hava bilgilerinin çekileceği program olarak Meteonorm 8.1. tercih edilmiştir.
3. Yönlendirmeler kısmına gelinip tesisin 3 ayrı yönlendirmeye sahip olması nedeniyle eğim ve azimut değerleri girilip kaydedilmiştir.
4. Sistem kısmında kullanılan panel ve evirici seçilmiştir. Viensol Marka panel kayıtlı olmadığı için programa eklenmiştir.
5. Ufuk bölümünde konum bilgileri girilmiş ve ufuk grafiğine ulaşılmıştır.
6. Son olarak soğuk hava deposunun bitişiğinde bulunan binanın gölgelemeye sebep olması nedeniyle gölgeleme kısmında sistem tasarımı yapıp, benzetim başlatılmıştır.

Tesisin bitişiğinde bulunan binanın gölge faktörü olması nedeniyle PVSYST yakın gölgelemeler bölümünde tasarım gerçekleştirilmiş ve çalışma Resim 4.16.'da gösterilmiştir.



Resim 4.16. PVSYST gölgelemeler kısmında yapılan tasarım

Benzetim sonucunda elde edilen üretim verileri Çizelge 4.3.'de verilmiştir. PVSYST programına göre yıllık toplam üretim 181 119 kWh olarak görülmektedir. PVSYST programında da en yüksek üretim Haziran, en düşük üretim Aralık ayında gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.3. PVSYST programından elde edilen üretim verileri

Aylar	Aylık Toplam Üretim (kWh)
Ocak	6158
Şubat	8430
Mart	13427
Nisan	18121
Mayıs	23299
Haziran	25547
Temmuz	23970
Ağustos	22105
Eylül	17019
Ekim	11027
Kasım	6581
Aralık	5435
Yıllık Toplam Üretim	181 119

4.3.4. PVGIS programından elde edilen veriler

Çevrimiçi program olan PVGIS programına giriş yapıldıktan sonra:

- Santral konum bilgileri enlem ve boylam olarak girilmiştir.
- Ekranda istenilen bilgiler sırası ile girilmiştir. Şebekeye bağlı sistemden devam edilmiştir. PVGIS programı güneş radyasyonu veri tabanı olarak 3 farklı veri tabanı sunmaktadır. Yapılan çalışmaların akabinde veri tabanının daha doğru sonuçlar elde ettiği görüldüğü için bu çalışmada PVGIS-SARAH seçilmiştir.
- Tesiste kullanılan panel silisyum yapıda olduğundan silisyum seçimi yapılmıştır.
- Sistem gücü kWp olarak girilmiştir.
- Çatı tipi tesis seçimi yapılmıştır.
- Son olarak eğim ve bina azimut değeri girilerek rapor elde edilmiştir.

Çizelge 4.4.'te görüleceği üzere PVGIS programında yıllık toplam üretim 168 294 kWh olarak elde edilmiştir. En yüksek üretim miktarına Temmuz ayında ulaşılmıştır. Aralık ve Ocak aylarında üretim miktarı birbirine yakın olmakla birlikte en az üretim bu aylarda gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.4. PVGIS programından elde edilen üretim verileri

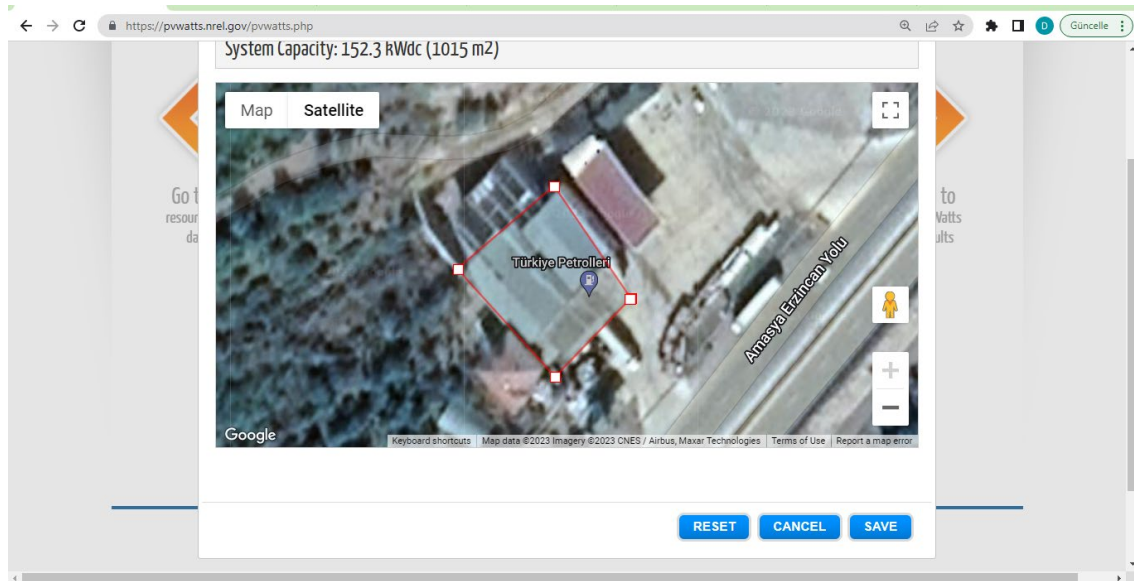
Aylar	Aylık Toplam Üretim (kWh)
Ocak	5431
Şubat	7579
Mart	12092
Nisan	16879
Mayıs	19652
Haziran	21850
Temmuz	22795
Ağustos	21616
Eylül	16808
Ekim	11035
Kasım	7323
Aralık	5234
Yıllık Toplam Üretim	168 294

4.3.5. PVWATTS programından elde edilen veriler

Çevrimiçi olan PVWATTS programına giriş yapıldıktan sonra;

1. İlk sayfada konum bilgileri girilmiştir ve tesis adresine gidilmiştir.
2. Devam edilen sayfada sırası ile DC güç, modül tipi, panel montaj tipi, sistem kaybı, eğim ve azimut açıları girilmiştir.

3. Bu program basit anlamda çizim olanağı da vermektedir. Resim 4.17.'de görüldüğü üzere tesise ait çatı sınırları çizilmiş ve sonuç raporu elde edilmiştir.



Resim 4.17. PVWATTS programı çizim bölümü

Çizelge 4.5.'te PVWATTS programına ait üretim verileri verilmiştir. Temmuz ayında en yüksek, Ocak ayında en düşük üretim verisine ulaşılmıştır. Yıllık toplam üretim ise 168 614 kWh'tır.

Çizelge 4.5. PVWATTS programından elde edilen üretim verileri

Aylar	Aylık Toplam Üretim (kWh)
Ocak	5544
Şubat	8338
Mart	12209
Nisan	15157
Mayıs	19529
Haziran	22475
Temmuz	24897
Ağustos	22184
Eylül	17179
Ekim	10714
Kasım	6168
Aralık	4220
Yıllık Toplam Üretim	168 614

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Elde edilen tüm üretim verileri ve gerçek üretim verileri Çizelge 5.1’de verilmektedir. Çizelge 5.1.’e bakıldığında yıllık toplam üretimde gerçek değere en yakın değeri PVSOL programı vermiştir. En uzak değeri ise PVSYST programı vermiştir. Çizelge 5.1’de dikkat çeken bir diğer husus ise Ocak ve Şubat aylarında benzetim programlarının birbirine yakın değerler verdiği; gerçek üretim değerlerinin bu değerlere göre düşük olduğudur. Tesis sahibi ile yapılan görüşme sonrasında bu aylarda meydana gelen evirici arızasından dolayı üretimde düşüş meydana geldiği öğrenilmiştir.

Çizelge 5.1. Tüm üretim verileri

Aylar	PVSOL	PVSYST	PVGIS	PVWATTS	Gerçek Üretim Değerleri
Ocak	5844	6158	5431	5544	3363
Şubat	7870	8430	7579	8338	2701
Mart	12241	13427	12092	12209	11769
Nisan	15711	18121	16879	15157	16232
Mayıs	19942	23299	19652	19529	19014
Haziran	21916	25547	21850	22475	19322
Temmuz	22540	23970	22795	24897	21149
Ağustos	20585	22105	21616	22184	20816
Eylül	16033	17019	16808	17179	16215
Ekim	10799	11027	11035	10714	10537
Kasım	6397	6581	7323	6168	5908
Aralık	4972	5435	5234	4220	4263
Toplam (kWh)	164 852	181 119	168 294	168 614	151 289

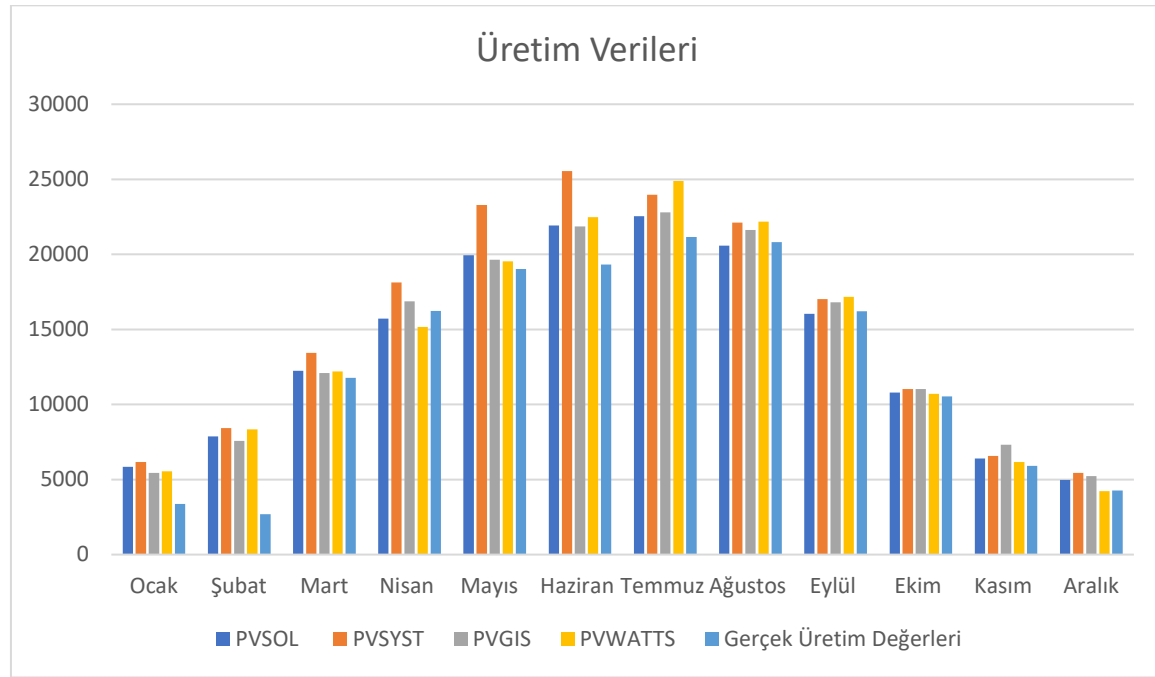
Gerçek değere en yakın olan program verisi gerçek değerden %8,96, en uzak değer ise %19,71 fazladır.

Çevrimiçi olarak kullanılan iki programın yıllık toplam üretimde birbirine çok yakın değerler verdiği ve PVSOL programından sonra gerçek değere yakın sonuçların bu programlardan elde edildiği tespit edilmiştir.

Tüm üretim verilerinin aylara göre oluşturulduğu Şekil 5.1.’de Ocak ve Şubat aylarındaki gerçek üretim değerlerinin benzetim programlarından alınan üretim verilerine göre az

olmasının yanısıra, Mayıs ve Haziran aylarında PVSYST programının tüm verilere göre fazla değer ürettiği dikkat çekmektedir.

Şekil 5.1. incelendiğinde tüm üretim değerlerinin birbirine en yakın olduğu ay Ekim ayı olarak görülmektedir. Bu ayda gerçek üretime en yakın değeri **PVWATTS** programı yakalamıştır.



Şekil 5.1. Tüm üretim verilerinin karşılaştırılması

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışması kapsamında Amasya ilinde kurulu olan 152 46 kWp gücündeki çatı GES için gerçek üretim verileri ile benzetim programlarından elde edilen verilerin karşılaştırılması üzerine araştırma yapılmıştır. Gerçek yıllık toplam üretim miktarı 151 289 kWh iken bu sonuca en yakın değer 164 852 kWh olarak PVSOL programında elde edilmiştir. Çalışma sırasında kullanılan PVSOL programında bina çizimi yapılmış, paneller gerçekte olduğu gibi yerleştirilmiş, kullanılan evirici bilgileri girilmiş ve sonuç elde edilmiştir.

Çalışmada toplamda dört farklı programda çalışılmış, program seçimlerinde sistem tasarımı sağlayan iki program ve tasarım yapmadan sonuç üreten iki program olarak kategoriye ayrılmıştır. Basit ve hızlı şekilde enerji ihtiyacına göre çevrimiçi programlara başvurulabilir. Çevrimiçi programların da makul sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Sisteme yakın ve daha doğru sonuca ulaşmak istenildiğinde ise tasarım imkânı ve panel, evirici, kablo, gölgeleme bilgilerinin ve kayıp faktörlerinin eklenebildiği programlara başvurulmalıdır.

Benzetim programları ile gerçek üretim değerleri arasında tam olarak örtüşme sağlanamasa da yaklaşık değerlere ulaşılmaktadır. Üretim verilerindeki farklılıklar programsal altyapıların birbirinden farklı olmasının yanı sıra, bölgenin iklimsel verilerindeki değişimler, panellerdeki kirlenme miktarlarının bilinmemesi, panellerin çalışma sıcaklığının artması, santralde gerçekleşebilecek arızalar, kablo veya eviricilerden kaynaklı ya da gölgeleme gibi birçok etmene bağlı olabilmektedir.

Benzetim programları üretim verilerine ek olarak finansal analiz imkânı da sağlamaktadırlar. İnceler GES tesis maliyeti 2020 yılında hesaplanan proje maliyetine göre 1.501.298,25 (KDV hariç) TL bütçeye sahiptir. PVSOL programı finansal analiz kısmında tesise ait faturadan alınan tüketim bilgisi girşi yapılarak elde edilen İnceler GES maliyeti ise 1.699.166,7 TL olarak hesaplanmıştır.

En doğru sonuca ulaşabilme noktasında tesis özelinde belirlenecek parametreler nihayetinde farklı senaryolar denenebilir ve optimum üretim verilerinin elde edildiği seçenek hayata geçirilebilir.

KAYNAKLAR

- Acar, M. (2022). Edirne İli Güneş Enerji Potansiyelinin Araştırılması Ve Örnek Bir Güneş Enerji Santrali Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Akcan, E., Kuncan, M. ve Minaz, M.R. (2020). PVsyst Yazılımı ile 30 kW Şebekeye Bağlı Fotovoltaik Sistemin Modellenmesi ve Simülasyonu, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (18), 248-261.
- Aksangör, N.N. (2019). Ankara şartlarında bir fotovoltaik sistemin PVsyst programı yardımı ile performans analizi, Yayınlanmamış Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Alaçam, B. (2022). 10 kw'lık çatı tipi fotovoltaik bir sistemin modellenmesi ve gerçek üretim verileri ile karşılaştırılması, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Amasya.
- Altaai, I.K. (2023). Güneş Takip Sistemi İle Güneş Panellerinin Çift Taraflı Ve Tek Taraflı Kullanımının Karşılaştırmalı Analizi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Kütahya.
- Arslan, M. (2022). Güneş enerji santrallerinin simülasyon ile üretim verilerinin karşılaştırılması ve analizi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya.
- Bayrak, F. (2017). *Fotovoltaik Panellere Bütünleştirilmiş Farklı Pasif Yöntemlerin Sistem Verimliliğine Etkisinin Sayısal Ve DeneySEL Analizi*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Bergman T. L., Lavine A. S., Incropera F. P. and Dewitt D. P. (2011). *Chapter 3 Heat Transfer from Extended Surfaces, Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. (Yedinci Baskı). USA. John Wiley & Sons.
- Bilen K., Işık B., Gezer S. ve Kıyık F. (2021). “Hava soğutmalı fotovoltaik panellerde kanatçık tipinin soğutmaya etkisinin teorik olarak incelenmesi”, *Politeknik Dergisi*. URL: <http://dergipark.org.tr/politeknik/archive>. Son Erişim Tarihi: 17.06.2021
- Boz, O. (2011). *Günümüzün Alternatif Enerji Kaynağı Güneş Pilleri*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Büktaş, B. (1979). Güneş Enerjisi İnsanlığın Hizmetinde, *Bilim ve Teknik*, Sayı: 142, 20-23.
- Ceylan, O. (2017). *Fotovoltaik Programlarının Simülasyon Sonuçlarının Doğruluğunun İncelenmesi*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Cengel Y. A. and Ghajar A. J. (2015). ‘Chapter 3 Steady Heat Conduction, Heat and Mass Transfer’, 5th Edition, Mc Graw Hill Education, USA.

Çolak, M., (2003). *Fotovoltaik Sistemler Ders Notu*. İzmir 2003.

Demirtaş, N. (2020). Yoğunlaştırıcı Fotovoltaik Modüller İçin Atmosferde Normal Şartlar Altında Oksitlenmeye Bağlı Verimlilik Analizi Ve Hücre Alicisi Geliştirilmesi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.

Dinçer, F. (2011). Türkiye’de güneş enerjisinden elektrik üretimi potansiyeli - ekonomik analizi ve AB ülkeleri ile karşılaştırmalı değerlendirme, *KSU Mühendislik Dergisi*, 14 (1).

Erkul, A. (2010). Monokristal, Polikristal Ve Amorf-Silisyum Güneş Panellerinin Verimliliğinin İncelenmesi Ve Aydınlatma Sistemi Uygulaması, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Ertürk, G. (2018). Enerji Depolamalı Fotovoltaik Güneş Panellerinde Gölgeleştirmenin Enerji Ve Ekserji Verimliliği Üzerine Etkisinin Araştırılması, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.

Kayabaşı, R. ve Kaya, M. (2019). Fotovoltaik Modüllerin Atık Isılarından Termoelektrik Jeneratör ile Elektrik Üretimi, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (16), 310-324.

Kınalı, M.Y. (2019). Güneş Enerjisi Simülasyon Programlarının Gerçek Verilerle Doğruluk Analizi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya.

Kılıcı, O. (2020). Değişken özellikli fotovoltaik güneş enerji santrallerinin mevcut verilerle PVsyst programında üretim ve performans analizi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Hayat, M. B., Ali, D., Monyake, K. C., Alagha, L. and Ahmed, N. (2018). Solar energy-A look into power generation, challenges, and a solar-powered future. *International Journal of Energy Research*. doi:10.1002/er.4252

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), (2022). Türkiye güneş enerjisi. URL: <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-gunes>. Son Erişim Tarihi 10.03.2022

Amasya Valiliği (2022). Amasya coğrafi konumu. URL: <http://www.amasya.gov.tr/cografi-konum>. Son Erişim Tarihi 14.03.2022

Nexten (2022). Güneş enerjisi tarihçesi. URL: <https://nexten.com.tr/tr/gunes-enerjisi-tarihi/>. Son Erişim Tarihi 02.04.2022

Ds New Solar (2022). En çok kullanılan benzetim programları. URL: <https://tr.ds solar.com/info/7-most-popular-solar-FV-system-design-and-simu34957124.html>. Son Erişim Tarihi 04.04.2022

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM), (2022). Amasya iklim sınıflandırması. URL: <https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-siniflandirmalari.aspx?m=AMASYA>. Son Erişim Tarihi 14.03.2022

Taşcıoğlu, A. (2015). *Monokristal Ve Polikristal Güneş Panellerinin Bursa Koşullarındaki Güç Performansı Üzerine Bir Araştırma*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Tugal, N. (2014). *Enerji Talebi ve Enerji Talebini Belirleyen Faktörler:Türkiye Uygulaması*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Afyonkarahisar.

Tülü, B. (2020). Hidroelektrik santral baraj gölü üzerine 2 MW'lık yüzer fotovoltaik sistem kurulumunun ekonomik analizi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.

Türkyılmaz, A. (2023). Çatı uygulamalı bir güneş enerji santralinin farklı yazılımlarda optimizasyon çalışması; Bursa örneği, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.

Yetgin, F. (2022). Binaya Entegre Fotovoltaik (FV) Sistemlerin Simülasyon Ve Gerçek Üretim Verilerinin Karşılaştırılması'' Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya.

Yalılı, M. (2021). Lisanslı Fotovoltaik Güneş Enerji Santrali Yatırımının Finansal Analizi: Van İli Örneği, BEÜ Fen Bilimleri Dergisi 10 (3), 1055-1074, 2021

Yılmaz, Y. (2020). Amasya Şehri'nin İklim Yapısı ve Özellikleri. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 24 (Aralık Özel Sayı) , 167-186.



EKLER

EK-1: Tesiste kullanılan FV panele ait bilgiler

MONO CRYSTALLINE MODULE



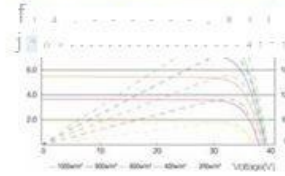
ÖZELLİKLER/ SPECIFICATIONS

Model Type	365W STC	370W STC	375W STC	380W STC	385W STC	400W STC
Nominal Güç / Maximum Power (P _{max})	365W	370W	375W	380W	385W	400W
Nominal Güç Voltajı / Maximum Power Voltage (V _{mp})	39.3V	39.6V	39.8V	39.9V	39.9V	41.5V
Nominal Güç Akımı / Maximum Power Current (I _{mp}) Açık	9.29A	9.33A	9.41A	9.50A	9.65A	9.65A
Devre Voltajı / Open Circuit Voltage (V _{oc})	48V	48.3V	48.5V	48.9V	49.0V	49.7V
Kısa Devre Akımı / Short Circuit Current (I _{sc})	9.77 A	9.84A	9.89A	10.04A	10.10A	10.22A
Modül Verimliliği / Module Efficiency STC Çalıştır	18.8%	19.0%	19.30%	19.80%	19.83%	19.85%
Sıcaklığı / Operating Temperature Max- Sistem	-40°C to +85°C					
Voltajı / Max. System Voltage Max. Direct Akımı/	1.000V					
Max. Reverse Current Güç Toleransı / Power	1.5A					
Tolerant	0 - (+) 5%					
Sıcaklık Katsayısı / Temperature Coefficient (P _{max})	-0.43 %/°C					
Sıcaklık Katsayısı / Temperature Coefficient (V _{max})	-0.40, 32 %/°C					
Sıcaklık Katsayısı / Temperature Coefficient (I _{sc})	+0.05 %/°C					

Mekanik Özellikler / Mechanical Characteristics

Hücre Tip / Cell Type	Mono -Crystalline 158,75 x 158,75 Mm
Hücre Sayısı / No. Of Cells	72 (6x12+P65)
Ölçüler / Dimensions	2000 x 1000 x 40 Mm(+)
Ölçüler / Dimensions	1980X 991X 40 Mm(±)
Ağırlık / Weight	21 Kg
Bağlantı Kutusu/ Junction Box	IP 65 / IP 67 Rated, with Bypass Diodes
Çıkış Kablo / Output Cable	4 mm ² (EU) / 12 AWG (US), 1000 Mm

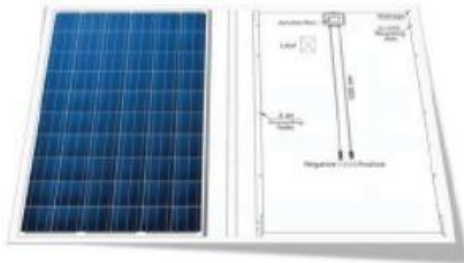
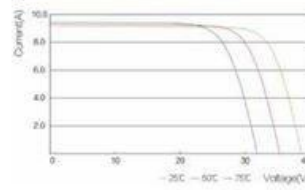
AKIM GERİLİM GRAFİĞİ/I-V CURVE



Yükleme Detayları / Packing Detail

Modül Boyutu / Dimensions	2000 x 1000 x 40 Mm (41)		
Konteyner / Container	20' GP	40' GP	40' HC
1 Paletteki Ürün Sayısı / Module Per Pallets	30	30	30
1 Konteynerdeki Palet Sayısı / Pallets Per Container	10	26	28
1 Konteynerdeki Modül Sayısı / Module Per Container	300	780	840

SICAKLIK GRAFİĞİ/°C DEPENDENCE



EK-2: Tesiste kullanılan eviriciye ait bilgiler



Solar inverter **PVS-50/60-TL**

The PVS-50/60-TL is FIMER's cloud connected three-phase string solution enabling cost efficient large decentralized photovoltaic systems for both commercial and utility applications.

From 50 to 60 kW

EK-2: (Devamı)

String inverter - PVS-50/60-TL

This new addition to the PVS string inverter family, with 3 independent MPPT and power ratings of up to 60 kW, has been designed with the objective to maximize the ROI in large systems with all the advantages of a decentralized configuration for both rooftop and ground-mounted installations.

Compact design

Thanks to technological choices aimed at optimizing installation times and costs, the product design features the power module and wiring box enclosed in a single compact chassis thus saving installation resources and costs.

The inverter comes in multiple versions also allowing the possibility to connect to third-party DC string combiners.

Ease of installation

The horizontal and vertical mounting possibility creates flexibility for both rooftop and ground mounted installations.

Moreover the cover is equipped with hinges and locks that are fast to open and reduce the risk of damaging the chassis and interior components when commissioning and performing maintenance actions.

Advanced cloud connected features

Standard wireless access from any mobile device makes the configuration of inverter and plant easier and faster. Improved user experience thanks to a built-in User Interface (UI) enables access to advanced inverter configuration settings.

The Installer for Solar Inverters mobile app and configuration wizard enable a quick multi-inverter installation, saving up to 70% commissioning time.

Fast system integration

Industry standard Modbus (RTU/TCP)/SUNSPEC protocol enables fast system integration. Two ethernet ports enable fast and future-proof communication for PV plants.

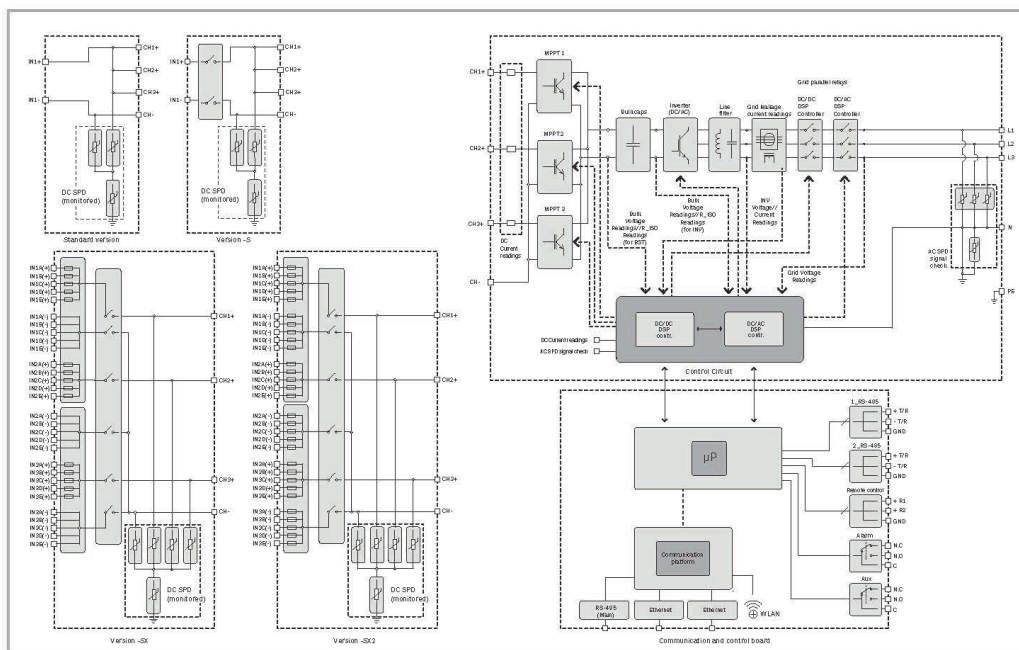
Plant portfolio integration

Monitoring your assets is made easy, as every inverter is capable to connect to Aurora Vision cloud platform to secure your assets and profitability in long term.

Highlights

- Up to 3 independent MPPT
- Two power ratings: 50 kW at 400 V_{ac} and 60 kW at 480 V_{ac}
- Horizontal and vertical installation
- Easy access to wiring box thanks to hinges and cam latches positioned on cover
- Power module and wiring box in a single compact chassis
- Wi-Fi interface for commissioning and configuration
- Reactive power management capability
- Remote monitoring and firmware upgrade via Aurora Vision cloud platform (logger free)
- Provides 10% extra power in case of limited ambient temperature
- Improved operating altitude. Can work up to 4000 mt.
- Built-in dynamic export limitation control algorithm

PVS-50/60-TL string inverter block diagram



EK-2: (Devamı)

String inverter - PVS-50/60-TL

Technical data and types		
Type code	PVS-50-TL	PVS-60-TL
Input side		
Absolute maximum DC input voltage (V_{maxdc})	1000 V	
Start-up DC input voltage (V_{start})	420...700 V (Default 420 V)	420...700 V (Default 500 V)
Operating DC input voltage range ($V_{dmin}...V_{dmax}$)	0.7x V_{start} ...950 V (min 300 V)	0.7x V_{start} ...950 V (min 360 V)
Rated DC input voltage (V_{dcr})	610 Vdc	720 Vdc
Rated DC input power (P_{dcr})	52000 W	61800 W
Number of independent MPPT	3 (version SX and SX2) / 1 (version standard e S)	
Maximum DC input power for each MPPT (PMPPT_max)	19300W@30°C / 17500W@45°C	23100W@30°C / 21000W@45°C
MPPT input DC voltage range ($V_{dPPTmin} ... V_{dPPTmax}$) at P_{dcr}	480-800 Vdc	570-800 Vdc
Maximum DC input current ($I_{dcr,max}$) for each MPPT	36 A	
Maximum input short circuit current for each MPPT	55 A (165 A in case of parallel MPPT)	
Number of DC input pairs for each MPPT	5 (SX and SX2 versions), 1 (standard and S version)	
DC connection type	Screw terminal block (Standard and -S version) or PV quick fit connector ¹⁾ (-SX and SX2 version)	
Input protection		
Reverse polarity protection	Yes, from limited current source	
Input over voltage protection for each MPPT	Type 2 / Type 1 + 2 (option)	
Photovoltaic array isolation control	According to local standard	
DC switch rating for each MPPT (version with DC switch)	75 A / 1000 V for each MPPT	
Fuse rating (version with fuses) / max fuse rating	16A (1000V) / 20A (1000V)	
Output side		
AC grid connection type	Three-phase (3Ph/N/PE or 3Ph/PE), grounded WYE system only	
Rated AC power (P_{acr} @cosφ=1)	50000 W	60000 W
Maximum AC output power ($P_{ac,max}$ @cosφ=1)	55000 W up to 30°C ²⁾	66000 W up to 30°C ²⁾
Maximum apparent power (S_{max})	55000 VA up to 30°C ²⁾	66000 VA up to 30°C ²⁾
Rated AC grid voltage (V_{acr})	400 V	480 V
AC voltage range	320...480 V ³⁾	384...571 V ³⁾
Maximum AC output current ($I_{ac,max}$)	80 A	
Contributory fault current	92 A	
Rated output frequency (f ₀)	50 Hz / 60 Hz	
Output frequency range (f _{min} ...f _{max})	47...63 Hz / 57...63 Hz ⁴⁾	
Nominal power factor and adjustable range	>0.995; 0...1 inductive/capacitive with maximum Sn	
Total current harmonic distortion	<3%	
Maximum AC cable	95mm ² copper or stranded aluminum	
AC connection type	Screw terminal block; cable gland (admitted cable diameter 25...44mm)	
Output protection		
Anti-islanding protection	According to local standard	
Maximum external AC overcurrent protection	100 A	
Output overvoltage protection	Type 2	
Operating performance		
Maximum efficiency (η _{max})	98.3%	98.5%
Euro efficiency	98.0%	98.0%
Communication		
Embedded communication Interfaces	3x RS-485, 2X Ethernet (RJ45), WLAN (IEEE802.11 b/g/n @ 2.4 GHz)	
Communication protocol	Modbus RTU / TCP (Sunspec compliant); Aurora Protocol	
Remote monitoring services	Standard level access to Aurora Vision monitoring portal	
Advanced features	Integrated Web User Interface; Embedded logging and direct transferring of data to Cloud	

EK-2: (Devamı)

Technical data and types		
Type code	PVS-50-TL	PVS-60-TL
Environmental		
Ambient temperature range	-25...+60°C (-13...140 °F) with derating above 45 °C (113 °F) with derating above 45 °C (113 °F)	
Relative humidity	4% ... 100% condensing	
Sound pressure level, typical	75 dB(A) @ 1 m	
Maximum operating altitude	4000 m (13123 ft) with derating above 2000 m / 6561 ft	
Physical		
Environmental protection rating	IP65	
Cooling	Forced air	
Dimension (H x W x D)	760 mm x 1100 mm x 261.6 mm / 29.6" x 43.3" x 10.27"	
Weight	68 kg / 150 lbs (SX version)	
Mounting system	Single mounting bracket	
Safety		
Marking	CE	
Safety and EMC standard	IEC/EN 62109-1, IEC/EN 62109-2, EN 61000-6-2, EN 61000-6-3, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12 EN 62311, EN 301 489-1, EN 301 489-17, EN 300 328	
Grid standard (check your sales channel for availability)	CEI 0-21, CEI 0-16, DIN V VDE V 0126-1-1, VDE-AR-N 4105, G59/3, DRRG/DEWA, Chile LV/MV EN 50438, RD 1566, RD 413, UTE C15-7-712-1 P.O. 12.3, AS/NZS 4777.3, BDEW, NRS-097-2-1, MEA, PEA, IEC 61727, ISO/IEC Guide 67(System 5) IEC 61883, VFR-2014, IEC 62116, Synergrid C10/11, IRR-DCC-MV, CLC-TS-50549-1/-2, G99, EN 50549-1/-2	
Available product variants		
Input connections with terminal blocks + surge arrester Type 2 in both DC and AC sides	PVS-60-TL	PVS-60-TL
Input connections with terminal blocks + DC switch + surge arrester Type 2 in both DC and AC sides	PVS-60-TL-S	PVS-60-TL-S
16 quick Input connections + fuses (single pole) + DC switch + surge arresters Type 2 in both DC and AC sides	PVS-60-TL-SX	PVS-60-TL-SX
16 quick Input connections + fuses (both poles) + DC switch + surge arresters Type 2 in both DC and AC sides	PVS-60-TL-SX2	PVS-60-TL-SX2
Optional available		
SPD Type 1 + 2 on the DC side ⁵⁾	Available	Available
Display ⁶⁾	Available	Available
Negative Grounding kit	PVS-60/60-GROUNDING KIT	PVS-60/60-GROUNDING KIT

- 1) Please refer to the document "String inverters – Product manual appendix" available at www.fimer.com for information on the quick-fit connector brand and model used in the inverter
- 2) Due to country specific regulations this value can be limited to the rated value (60 kW for PVS-60-TL, 80 kW for PVS-60-TL)
- 3) The AC voltage range may vary depending on specific country grid standards

- 4) The Frequency range may vary depending on specific country grid standards
- 5) Article with dedicated part number, only for SX2 version
- 6) Inverter version with display can be selected by dedicated part number.
- This option is not available in combination with the "SPD type 1+2" option
- Remark. Features not specifically listed in the present data sheet are not included in the product**



For more information
please contact
your local FIMER
representative or visit:

fimer.com

We reserve the right to make technical changes or modify the contents of this document without prior notice. With regard to purchase orders, the agreed particulars shall prevail. FIMER does not accept any responsibility whatsoever for potential errors or possible lack of information in this document.

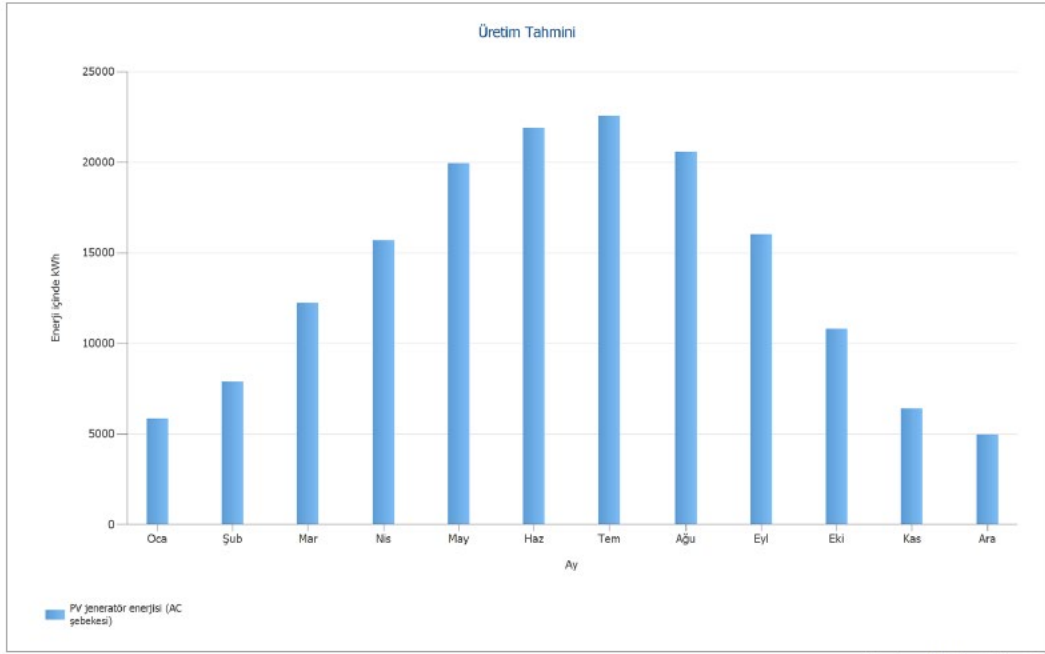
We reserve all rights in this document and in the subject matter and illustrations contained therein. Any reproduction, disclosure to third parties or utilization of its contents – in whole or in parts – is forbidden without prior written consent of FIMER. Copyright© 2021 FIMER. All rights reserved.



FIMER_PVS-60-60-TL_EN_Rev_C 11.05.2021

EK-3: PVSOL program raporunda bulunan üretim tahmini sayfası

Proje Tasarımcısı: DERYA DIP



Resim: Üretim Tahmini

EK-4: PVSYST programından elde edilen rapor



Sürüm 7.3.2

PVsyst - Simülasyon raporu

Şebekeye bağlı sistem

Proje: İnceler Ges

Varyant: İnceler_385W_50TI

Bina üzerinde

Sistem gücü : 152 kWp

Çiğdemlik - Türkiye

Hazırlayan

EK-4: (Devamı)

**PVsyst V7.3.2**

VC0, Simülasyon tarihi:
30/04/23 15:13
v7.3.2 ile

Proje: İnceler Ges
Varyant: İnceler_385W_50TI

Proje özeti			
Coğrafi konum	Konum	Proje ayarları	
Çiğdemlik	Enlem	40.73 °N	Albedo
Türkiye	Boylam	35.98 °E	0.20
	Rakım	383 m	
	Saat dilimi	UTC+3	
Hava durumu verileri			
Çiğdemlik			
Meteonorm 8.1 (2003-2013), Sat=% 100 - Sentetik			

Sistem özeti			
Şebekeye bağlı sistem	Bina üzerinde		
Kolektör düzleminin yönlendirmesi	Yakın gölgelemeler	Kullanıcı ihtiyacı	
Sabit düzlemler 3 yönlendirme	Lineer gölgelemeler	Sınırsız yükleme (şebeke)	
Eğim/azimut			
8 / 138.5 °			
8 / 48 °			
8 / -132.3 °			
Sistem bilgisi			
PV alanı		İnvertör	
Panel sayısı	396 adet	Öge sayısı	3 adet
Toplam nom. güç	152 kWp	Toplam nom. güç	150 kWac
		Nom. güç oranı	1.016

Sonuçların özeti					
Üretilen enerji	181118 kWh/yıl	Üretilbilir	1188 kWh/kWp/yıl	Perf. oranı PR	79.97 %

İçindekiler	
Proje ve sonuçların özeti	2
Genel parametreler, Kolektör alanının özellikleri, Sistem kayıpları	3
Ufuk tanımlaması	5
Yakın gölgelemelerin tanımlanması - İzo gölgeleme diyagramı	6
Genel sonuçlar	8
Kayıplar diyagramı	9
Ön tanımlı grafikler	10

EK-4: (Devamı)



PVsyst V7.3.2

VC0, Simülasyon tarihi:
30/04/23 15:13
v7.3.2 ile

Proje: İnceler Ges
Varyant: İnceler_385W_50TI

Genel parametreler

Şebekeye bağlı sistem	Bina üzerinde	
Kolektör düzleminin yönlendirmesi		
Yönlendirme	Dizi ayarları	Kullanılan modeller
Sabit düzlemler 3 yönlendirme		Transpozisyon Perez
Eğim/azimut 8 / 138.5 °		Difüz Perez, Meteoronorm
8 / 48 °		Circumsolar ayrı
8 / -132.3 °		
Ufuk	Yakın gölgelemeler	Kullanıcı ihtiyaçları
Ortalama yükseklik 14.2 °	Lineer gölgelemeler	Sınırsız yükleme (şebeke)

Kolektör alanının özellikleri

PV modül	İnvertör	
Üretici Generic	Üretici Generic	
Model viensol-mono kristal	Model PVS-50-TL	
(Kullanıcı tarafından belirlenen parametreler)	(Orijinal PVsyst veritabanı)	
Birim gücü 385 Wp	Birim gücü 50.0 kWac	
PV modül sayısı 396 adet	İnvertör sayısı 3 adet	
Nominal (STC) 152 kWp	Toplam güç 150 kWac	
Alan #1 - PV alanı		
Karışık yön.		
#1/2: 7/8 zincir		
Eğim/Azimut 8/138 °		
8/48 °		
PV modül sayısı 270 adet	İnvertör sayısı 2 adet	
Nominal (STC) 104 kWp	Toplam güç 100 kWac	
Modül 15 Zincir x 18 Seri		
İşletme şartlarında (50°C)		
Pmpp 96.2 kWp	Çalışma gerilimi 300-950 V	
U mpp 680 V	Maks güç (=>30°C) 55.0 kWac	
I mpp 142 A	Nom. güç oranı (DC:AC) 1.04	
	İnvertörde güç paylaşımı	
Alan #2 - Alt alan #2		
Yönlendirme #3		
Eğim/Azimut 8/-132 °		
PV modül sayısı 126 adet	İnvertör sayısı 3 * MPPT 33% 1 adet	
Nominal (STC) 48.5 kWp	Toplam güç 50.0 kWac	
Modül 7 Zincir x 18 Seri		
İşletme şartlarında (50°C)		
Pmpp 44.9 kWp	Çalışma gerilimi 300-950 V	
U mpp 680 V	Maks güç (=>30°C) 55.0 kWac	
I mpp 66 A	Nom. güç oranı (DC:AC) 0.97	
	MPPT'ler arasında güç paylaşımı yok	
Total PV gücü	İnvertör toplam gücü	
Nominal (STC) 152 kWp	Toplam güç 150 kWac	
Toplam 396 modül	İnvertör sayısı 3 adet	
Panel yüzeyi 769 m²	Nom. güç oranı 1.02	
Hücre yüzeyi 712 m²		

EK-4: (Devamı)

**PVsyst V7.3.2**

VC0, Simülasyon tarihi:
30/04/23 15:13
v7.3.2 ile

Proje: İnceler Ges
Varyant: İnceler_385W_50TI

Dizi kayıpları								
Termal kayıp faktörü			Modül kalite kaybı			Modül uyumsuzluk kaybı		
Işınım göre modül sıcaklığı			Kayıp oranı			Kayıp oranı		
Uc (sabit)			-1.3 %			2.0 MPP'de%		
Uv (rüzgar)								
20.0 W/m²K								
0.0 W/m²K/m/s								
Dizi uyumsuzluk kaybı								
Kayıp oranı			0.1 %					
IAM kayıp faktörü								
Yansıma etkisi (IAM): Fresnel, normal cam, n = 1.526								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.998	0.981	0.948	0.862	0.776	0.636	0.403	0.000

DC kablolama kaybı			
Global kablolama direnci		10 mΩ	
Kayıp oranı		1.5 STC'de%	
Alan #1 - PV alanı		Alan #2 - Alt alan #2	
Global alan direnci		79 mΩ	
Kayıp oranı		1.5 STC'de%	
		Global alan direnci	
		169 mΩ	
		Kayıp oranı	
		1.5 STC'de%	

EK-4: (Devamı)



PVsyst V7.3.2

VC0, Simülasyon tarihi:
30/04/23 15:13
v7.3.2 ileProje: İnceler Ges
Varyant: İnceler_385W_50TI

Ufuk tanımlaması

Horizon from PVGIS website API, Lat=40°43'44", Long=35°58'44", Alt=383m

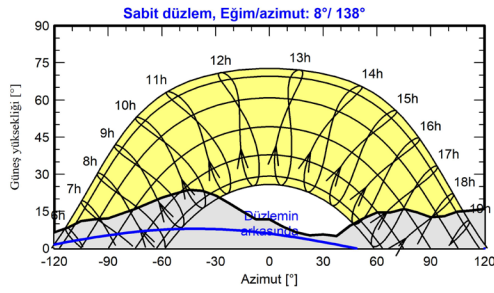
Ortalama yükseklik	14.2 °	Albedo faktörü	0.45
Difüz faktörü	0.93	Albedo oranı	100 %

Ufuk profili

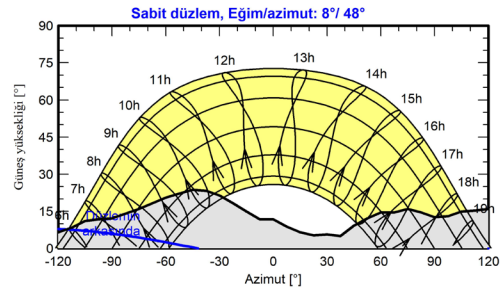
Azimet [°]	-180	-173	-165	-158	-150	-143	-135	-128	-120	-113	-105	-98	-90
Yükseklik [°]	16.8	16.0	13.0	11.5	9.5	8.4	6.5	5.3	6.5	8.4	11.1	11.8	12.2
Azimet [°]	-83	-75	-68	-60	-53	-45	-38	-30	-23	-15	-8	0	8
Yükseklik [°]	14.1	16.0	18.3	20.6	22.2	23.7	23.3	21.4	18.3	14.9	11.8	11.8	8.8
Azimet [°]	15	23	30	38	45	53	60	68	75	83	90	98	105
Yükseklik [°]	6.5	5.3	5.7	5.0	9.2	12.2	14.5	14.5	16.0	14.5	12.6	13.0	14.9
Azimet [°]	113	120	128	135	143	150	158	165	173	180			
Yükseklik [°]	15.3	16.0	17.6	19.5	20.6	21.8	22.5	22.5	21.8	16.8			

Güneş yörüngesi (yükseklik/azimet diyagramı)

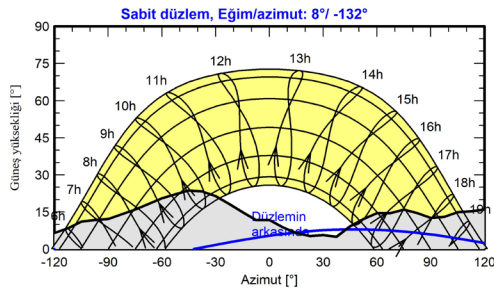
Yönlendirme #1



Yönlendirme #2



Yönlendirme #3



EK-4: (Devamı)

**PVsyst V7.3.2**VC0, Simülasyon tarihi:
30/04/23 15:13
v7.3.2 ileProje: İnceler Ges
Varyant: İnceler_385W_50TI

EK-4: (Devamı)



PVsyst V7.3.2

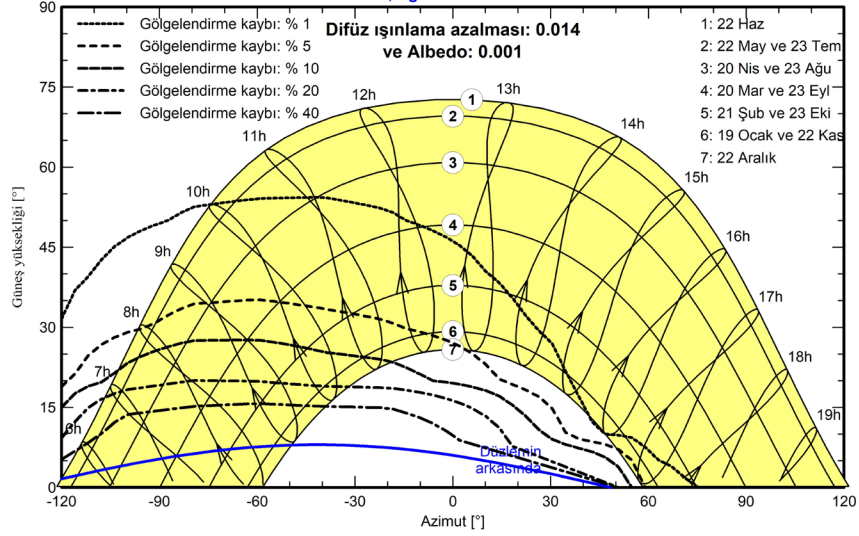
VC0, Simülasyon tarihi:
30/04/23 15:13
v7.3.2 ile

Proje: İnceler Ges
Varyant: İnceler_385W_50TI

İzo gölgeleme diyagramı

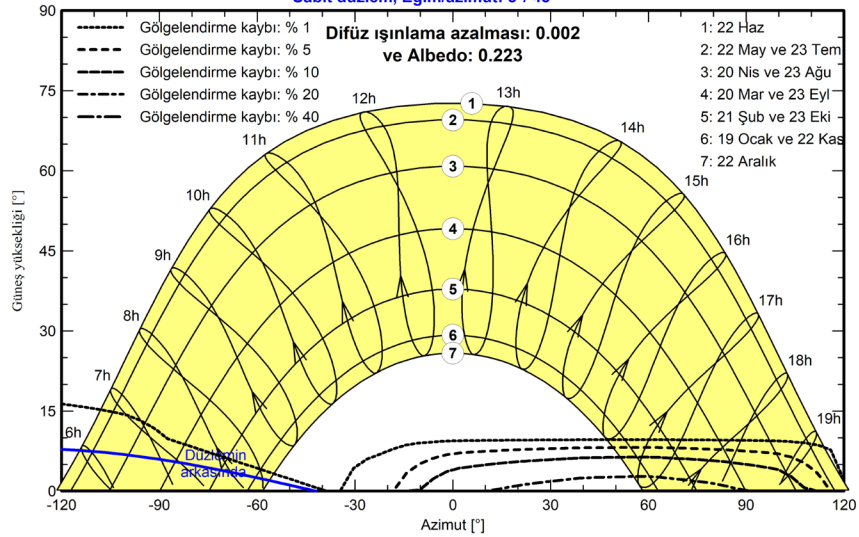
Yönlendirme #1

Sabit düzlem, Eğim/azimut: 8°/ 138°



Yönlendirme #2

Sabit düzlem, Eğim/azimut: 8°/ 48°



EK-4: (Devamı)



PVsyst V7.3.2

VC0, Simülasyon tarihi:
30/04/23 15:13
v7.3.2 ile

Proje: İnceler Ges
Varyant: İnceler_385W_50TI

Genel sonuçlar

Sistem üretimi

Üretilen enerji 181118 kWh/yıl

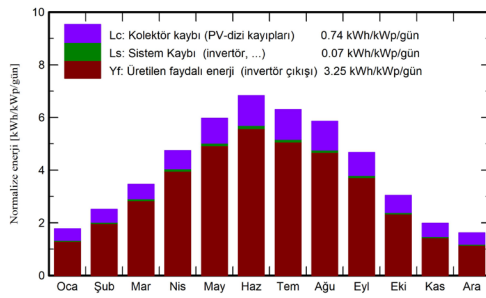
Üretilebilir

1188 kWh/kWp/yıl

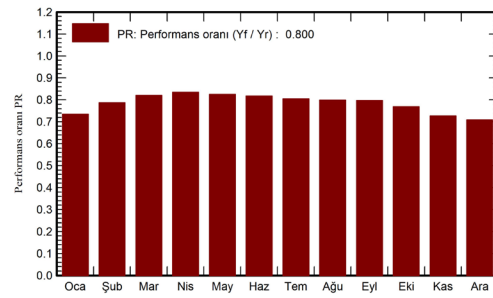
Performans oranı PR

79.97 %

Normalize üretim (kWp başı)



Performans oranı PR



Bilanço ve genel sonuçlar

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray kWh	E_Grid kWh	PR oran
Ocak	57.3	28.00	1.07	54.9	44.0	6352	6158	0.735
Şubat	72.7	38.71	3.15	70.3	59.9	8650	8430	0.787
Mart	109.8	55.66	6.93	107.3	96.8	13740	13427	0.821
Nisan	144.4	75.30	11.03	142.4	132.1	18510	18121	0.835
Mayıs	187.0	79.08	15.89	185.1	173.7	23774	23299	0.825
Haziran	206.4	70.25	19.73	204.9	194.0	26066	25547	0.818
Temmuz	196.8	77.42	23.26	195.4	184.3	24446	23970	0.804
Ağustos	183.9	72.53	23.41	181.4	169.7	22539	22105	0.799
Eylül	143.2	47.44	18.67	140.1	129.0	17376	17019	0.797
Ekim	97.0	43.80	13.63	94.1	81.9	11290	11027	0.769
Kasım	61.6	27.08	7.12	59.4	48.2	6774	6581	0.727
Aralık	52.5	24.61	2.74	50.3	39.2	5617	5435	0.709
Yıl	1512.6	639.88	12.27	1485.5	1352.9	185133	181118	0.800

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

EK-4: (Devamı)

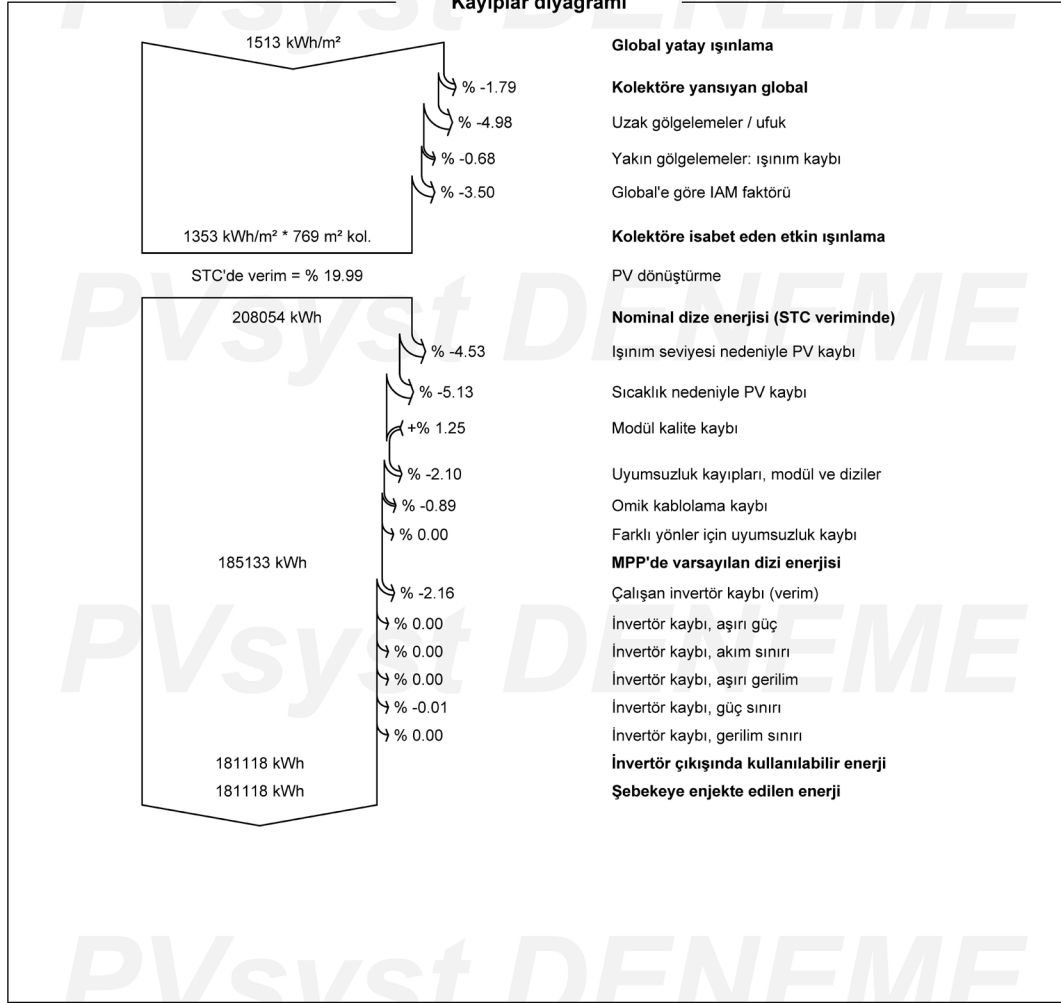


PVsyst V7.3.2

VC0, Simülasyon tarihi:
30/04/23 15:13
v7.3.2 ile

Proje: İnceler Ges
Varyant: İnceler_385W_50TI

Kayıplar diyagramı



EK-4: (Devamı)



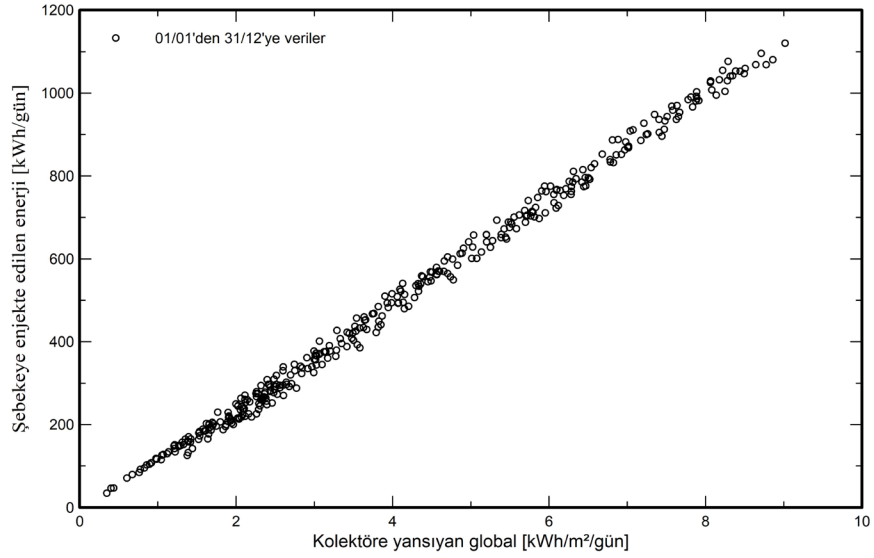
PVsyst V7.3.2

VC0, Simülasyon tarihi:
30/04/23 15:13
v7.3.2 ile

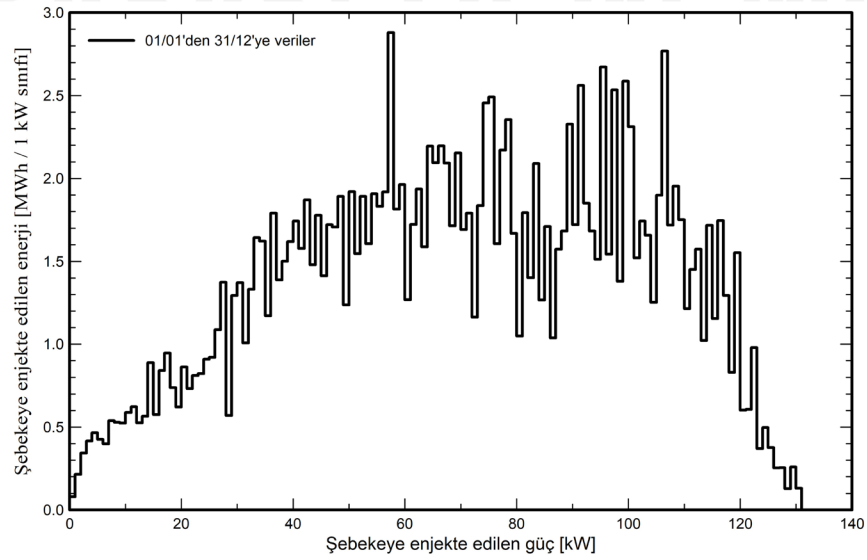
Proje: İnceler Ges
Varyant: İnceler_385W_50TI

Ön tanımlı grafikler

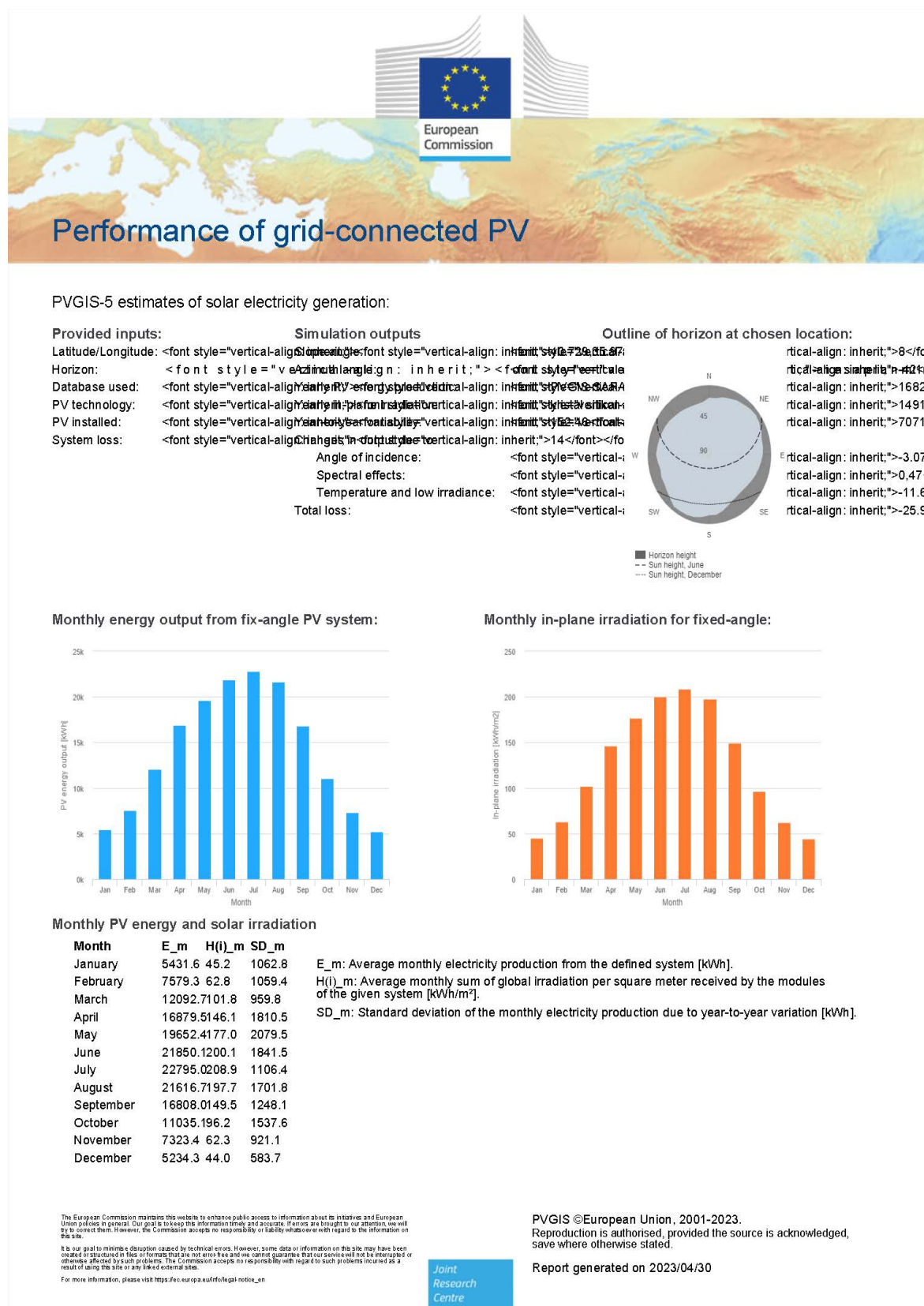
Günlük giriş / çıkış diyagramı



Sistem çıkış gücü dağılımı



EK-5: PVGIS programından elde edilen rapor



EK-6: PWATTS programından elde edilen rapor



Caution: Photovoltaic system performance predictions calculated by PVWatts® include many inherent assumptions and uncertainties and do not reflect variations between PV technologies nor site-specific characteristics except as represented by PVWatts® inputs. For example, PV modules with better performance are not differentiated within PVWatts® from lesser performing modules. Both NREL and private companies provide more sophisticated PV modeling tools (such as the System Advisor Model at <https://sam.nrel.gov>) that allow for more precise and complex modeling of PV systems.

The expected range is based on 30 years of actual weather data at the given location and is intended to provide an indication of the variation you might see. For more information, please refer to the NREL report: The Error Report.

Disclaimer: The PVWatts® Model ("Model") is provided by the National Renewable Energy Laboratory ("NREL"), which is operated by the Alliance for Sustainable Energy, LLC ("Alliance") for the U.S. Department of Energy ("DOE") and may be used for any purpose whatsoever.

The names DOE/NREL/ALLIANCE shall not be used in any representation, advertising, publicity or other manner whatsoever to endorse or promote any entity that adopts or uses the Model. DOE/NREL/ALLIANCE shall not provide any support, consulting, training or assistance of any kind with regard to the use of the Model or any updates, revisions or new versions of the Model.

YOU AGREE TO INDEMNIFY DOE/NREL/ALLIANCE AND ITS AFFILIATES, OFFICERS, AGENTS, AND EMPLOYEES AGAINST ANY CLAIM OR DEMAND, INCLUDING REASONABLE ATTORNEY'S FEES, RELATED TO YOUR USE, RELIANCE, OR ADOPTION OF THE MODEL FOR ANY PURPOSE WHATSOEVER. THE MODEL IS PROVIDED BY DOE/NREL/ALLIANCE "AS IS" AND ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE EXPRESSLY DISCLAIMED. IN NO EVENT SHALL DOE/NREL/ALLIANCE BE LIABLE FOR ANY SPECIAL, INDIRECT OR CONSEQUENTIAL DAMAGES OR ANY DAMAGES WHATSOEVER, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO CLAIMS ASSOCIATED WITH THE LOSS OF DATA OR PROFITS, WHICH MAY RESULT FROM ANY ACTION IN CONTRACT, NEGLIGENCE OR OTHER TORTIOUS CLAIM THAT ARISES OUT OF OR IN CONNECTION WITH THE USE OR PERFORMANCE OF THE MODEL.

The energy output range is based on analysis of 30 years of historical weather data, and is intended to provide an indication of the possible interannual variability in generation for a fixed (open rack) PV system at this location.

PVWatts Calculator

RESULTS

168,616 kWh/Year*

Month	Solar Radiation (kWh / m ² / day)	AC Energy (kWh)
January	1.46	5,544
February	2.40	8,338
March	3.18	12,209
April	4.19	15,157
May	5.38	19,529
June	6.49	22,475
July	7.02	24,897
August	6.21	22,184
September	4.91	17,179
October	2.88	10,714
November	1.69	6,168
December	1.12	4,220

Annual 3.91 168,614

Location and Station Identification

Requested Location	çığdemlik,türkiye
Weather Data Source	(INTL) ANKARA, TURKEY 163 mi
Latitude	40.12° N
Longitude	32.98° E

PV System Specifications

DC System Size	152.3 kW
Module Type	Standard
Array Type	Fixed (roof mount)
System Losses	14.08%
Array Tilt	8°
Array Azimuth	48°
DC to AC Size Ratio	1.089
Inverter Efficiency	96%
Ground Coverage Ratio	0.4%
Albedo	From weather file
Bifacial	No (0)
Monthly Irradiance Loss	Jan Feb Mar Apr May June July Aug Sept Oct Nov Dec 0% 0% 0% 0% 0% 0% 0% 0% 0% 0% 0% 0%

Performance Metrics

DC Capacity Factor	12.6%
--------------------	-------

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı-Soyadı : Derya DİP

Eğitim Derecesi	Okul/Program	Mezuniyet Yılı
Lisans	Erciyes Üniversitesi	2019

İş Deneyimi/Yıl	Çalıştığı Yer	Görevi
2020 - 2021	Tootech Sağlık Teknolojileri	Ar-Ge Mühendisi
2022 - Devam	Derel Enerji Mühendislik	Kurucu

Yabancı Dili

İngilizce

Bilimsel Faaliyetler (Yayınlar, Bildiriler, Katıldığı Projeler)

1. Dip, D. and Ergül, E.U. (2023, April 08-10). A Comprasion Of Solar Power Plant Generation Data And Data Obtained From Simülation Programs, 9th International Congress of Science, Engineering and Applied Sciences in a Changing World, İzmir, Turkey