

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FOTOVOLTAİK PROGRAMLARININ SİMÜLASYON SONUÇLARININ
DOĞRULUĞUNUN İNCELENMESİ**

Ozan CEYLAN

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. Kubilay TAŞDELEN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2017**



©2017 [Ozan CEYLAN]

TEZ ONAYI

Ozan CEYLAN tarafından hazırlanan "Fotovoltaik Programlarının Simülasyon Sonuçlarının Doğruluğunun İncelenmesi" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman Yrd. Doç. Dr. Kubilay TAŞDELEN
Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi Yrd. Doç. Dr. Tuna GÖKSU
Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi Yrd. Doç. Dr. Kerim Kürşat ÇEVİK
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi



Enstitü Müdürü Prof. Dr. Yasin TUNCER

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Ozan CEYLAN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	4
3. MATERYAL VE METOD.....	7
3.1. Güneş Enerjisi	7
3.1.1. Dünyanın güneş enerjisi varlığı.....	12
3.1.2. Türkiye'nin güneş enerjisi varlığı.....	13
3.2. FV Sistemler	18
3.2.1. Bağlantı şekillerine göre FV sistemler	18
3.2.1.1. Şebekeden bağımsız(OFF GRİD) FV sistemler.....	18
3.2.1.2. Şebekeye bağlı (ON GRİD) sistemler	20
3.2.1.3.Karma sistemler (Hibrit).....	22
3.2.2. FV sistem bileşenleri.....	22
3.2.2.1. FV göze, modül, panel ve diziler	22
3.2.2.2. Güneş ışınım ölçer	24
3.2.2.3. Akü (Depolama ünitesi).....	24
3.2.2.4. İnverter (Evirici)	25
3.2.2.5. Şarj kontrol ünitesi.....	26
3.3. FV Gözelerin Verimini Etkileyen Faktörler	27
3.3.1. Sıcaklığın etkisi	27
3.3.2. Yüzey parametresinin etkisi.....	27
3.3.3. Spektral etki	28
3.3.4. Foto açısal etki	28
3.4. Dünya Üzerinde FV Sistem Gelişmeleri.....	29
3.5. Türkiye’de FV Sistem Gelişmeleri	30
3.6. FV Simülasyon Programları	32
3.6.1. PV*SOL	33
3.6.2. PVGIS.....	35
3.6.3. Polysun.....	36
3.6.4. Helioscope.....	37
4. ÜLKEMİZDE BULUNAN BİR GES’İN FARKLI SİMÜLASYON PROGRAMLARI İLE ENERJİ ANALİZİ	38
4.1. Genel Bilgiler	38
4.2. Enerji Analizi Yapılacak olan Santral Sahasının Konum ve Meteorolojik Özellikleri.....	38
4.3. GES’in Kurulu Gücü, Ünite Sayısı ve Kapasitesi.....	41
4.4. FV Programların Simülasyon Sonuçlarının Karşılaştırılarak Doğruluğunun İncelenmesi	41
4.4.1. PVGIS harita tabanlı program ile simülasyon analizi.....	41
4.4.2. PV*SOL programı ile simülasyon analizi	44

4.4.3. Polysun programı ile simülasyon analizi.....	47
4.4.4. Helioscope programı ile simülasyon analizi.....	50
5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER	56
KAYNAKLAR.....	62
ÖZGEÇMİŞ.....	67



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FOTOVOLTAİK PROGRAMLARININ SİMÜLASYON SONUÇLARININ DOĞRULUĞUNUN İNCELENMESİ

Ozan CEYLAN

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Kubilay TAŞDELEN

Günümüzde teknoloji ve sanayideki gelişmeler, dünyada insan nüfusunun giderek artması gibi gelişmeler sonucunda elektrik ve elektronik cihazların kullanımına olan talep giderek artmaktadır. Toplumun ihtiyaçları da bu doğrultuda değişkenlik göstermektedir. İhtiyaç duyulan enerji talebinin büyük bir bölümü petrol, doğal gaz ve kömür gibi fosil ve nükleer yakıtlardan elde edilmektedir. Bu yakıtlar yenilenemediği için bir gün tükeneceğinin düşünülmesi, hava kirliliği ve küresel ısınma gibi çevreye verdiği zararlar göz önünde bulundurularak gelecekte insan yaşamı ve çevre dengeleri üzerinde oluşabilecek tehditlerin önüne geçilebilmesi için alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarının bulunup geliştirilmesine yönelik çalışmalar hızla artarak önemli bir hale gelmiştir.

Bu çalışmalar ışığında güneş enerjisinin sürekli bulunabilir olması, yakıt maliyetinin olmayışı ve çevreye verdiği zararların yok denecek kadar az olması güneş enerjisini diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından daha önemli bir konumda tutmaktadır. Özellikle fotovoltaik (FV) sistemler ile güneş enerjisinden elektrik elde edebilmek için gereken bileşen teknolojilerinin hızla gelişimi, FV sistemlerin bu tür enerji üretimi ihtiyaçlarında tercih edilmesine olanak sağlamaktadır. Gelişen güneş enerjisi teknolojisi ile birlikte günümüzde FV sistemlerin performans tahmin uygulamalarının analizleri için sanal ortamda çeşitli simülasyon programlarının tasarımlarının yapıldığı gözlemlenmiştir.

FV sistem tasarımcıları için, sistem kurulumunun yapılacağı coğrafi bölgeye, enerji talebine ve sistem güvenilirliği gibi parametrelere göre en uygun şekilde seçilebilir olması gibi sunduğu detaylı analiz yapabilme özellikleri ile simülasyon programlarının kullanımı oldukça önemlidir.

Bu tez çalışmasında, simülasyon ortamında PV*SOL, Helioscope, Polysun ve PVGIS FV simülasyon programları kullanılarak, belirlenen koordinatlarda iklim verilerinin, yük talebinin ve temel sistem bileşenlerinin benzetimi yapılarak ihtiyacın şekillenmesi ve Isparta'da bulunan 1 MW kurulu gücü olan güneş enerjisi santralının genel karakteristiğinin görselleştirilmesi amaçlanmıştır.

Benzetimde kullanılan veriler için, ulusal ve uluslararası kaynaklı gerçek ölçüm değerlerinden ve simülasyon programların veri tabanlarından yararlanılmıştır.

Aynı dönem içerisinde gerçek ortam verileri ile simülasyon verileri karşılaştırılıp simülasyon programlarının doğruluğu incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisi, FV simülasyon programları, Helioscope, PV*SOL, PVGIS, Polysun.

2017, 67 sayfa



ABSTRACT

M.Sc. Thesis

INVESTIGATION OF THE ACCURACY OF PHOTOVOLTAIC PROGRAMS SIMULATION RESULTS

Ozan CEYLAN

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Electrical Electronic Engineering**

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Kubilay TAŞDELEN

Today, the demand for the use of electric and electronic devices is steadily increasing as a result of developments such as technology and industrial developments, increasing people population in the world. The needs of society also vary in this direction. Much of the demand for energy is derived from fossil and nuclear fuels such as oil, natural gas and coal. Considering the fact that these fuels can not be renewed one day and considering the damages caused to the environment such as air pollution and global warming, efforts to find and develop alternative renewable energy sources have become increasingly important in order to prevent the threats on human life and environment balances in the future.

Solar energy is more important than other renewable energy sources because solar energy is constantly available, fuel costs are low, and the damage to the environment is low. Especially the rapid development of photovoltaic (FV) systems and the component technologies required to generate electricity from solar energy allows FV systems to be preferred for such energy production needs. Along with the development of solar energy technology, it has been observed that various simulation programs are designed in the virtual environment for the analysis of performance estimation applications of FV systems. With FV simulation programs, many types of FV solar energy system can be designed, OnGrid (grid-connected solar energy), offgrid (grid independent solar energy) designs can be made. For FV system designers, the use of simulation programs is crucial with the ability to perform detailed analysis such as the geographical area where the system installation will be performed, the optimal selection according to parameters such as energy demand and system reliability. It is aimed to visualize the general characteristics of the system by preparing 3D models with solar energy FV simulation programs. When all these things are considered together, it seems that simulation programs are widely used in the industrial field.

For PV system designers, the use of simulation programs is very important with the ability to perform detailed analysis such as the geographical area

where the system installation will be performed, the optimum selection according to parameters such as energy demand and system reliability.

In this thesis, it was aimed to simulate the climate data, load demand and basic system components by using PV*SOL, Helioscope, Polysun and PVGIS, PV simulation programs in the simulation environment and visualize the general characteristics of the plant. The data used in the simulations were measured using simulation programs obtained from actual measured values from national and international sources and / or from reliable databases. In addition, the amount of electricity generated by the PV power plant was transferred to the PC environment, and the simulation data of the PV system was compared with the real environment data, and the accuracy of the simulation programs was examined.

In the comparison made, it was observed that the Helioscope PV simulation program is the program with the least error rate giving the closest result to the real environment data. It is observed that the error rates of the other programs compared to each other are PVGIS, Polysun , PV * SOL.

Therefore, PV simulation programs are thought to be able to provide further infrastructures for future work together with reduced error rates.

Keywords: Solar energy, Photovoltaic simulation programs, Helioscope, PV*SOL, PVGIS, Polysun.

2017, 67 pages

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Yrd. Doç. Dr. Kubilay TAŞDELEN'e teŐekkürlerimi sunarım. Literatür araştırmalarımnda yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım Elektrik-Elektronik Mühendisi Gökhan ALSANCAK, Elektrik-Elektronik Mühendisi Gökhan SAĞLAM ve Elektrik-Elektronik Mühendisi Onur SAKAR'a teşekkür ederim.

Araştırmanın yürütülmesinde ve sonuçlandırılmasında maddi ve manevi yardımlarını gördüğüm CW Enerji A.Ő. Makine Mühendisi Ali KAÇAK'a, CW Enerji A.Ő. Elektrik-Elektronik Mühendisi Ziya GÜN olmak üzere tüm CW Enerji A.Ő. personeline teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme ve eŐime sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Ozan CEYLAN
ISPARTA, 2017

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Yeryüzüne gelen yıllık ortalama güneş radyasyonu.....	8
Şekil 3.2. Güneşten gelen ışınım dağılımı	8
Şekil 3.3. Türkiye'nin güneşlenme haritası	16
Şekil 3.4. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli atlası	17
Şekil 3.5. Şebekeden bağımsız FV sistem bileşenlerin genel yapısı	19
Şekil 3.6. Tipik bir şebeke bağlantılı FV sistemin blok şeması	21
Şekil 3.7. FV hücre, modül, panel dizisi.....	23
Şekil 3.8. FV göze teknolojilerinin gelişim sırasına göre sınıflandırılması	23
Şekil 3.9. Portatif güneş ışınım örneği	24
Şekil 3.10. Güneş pili ile akünün şarj edilmesi	25
Şekil 3.11. Farklı firmaların piyasaya sunmuş olduğu şarj kontrol üniteleri.....	26
Şekil 3.12. Yeryüzündeki FV sistemlerin yıllık bazda kurulu gücü dağılımı	29
Şekil 3.13. 2016 yılı FV sistem kurulu gücünün ülkelere göre dağılımı	29
Şekil 3.14. FV sistemlerin kurulu gücünün yakın gelecek için artış beklentileri	30
Şekil 3.15. Türkiye'deki lisanssız enerji üretim santralleri proje başvuru sayısı dağılım grafiği	31
Şekil 3.16. Türkiyedeki lisanssız GES proje başvuru sayısı dağılım grafiği	31
Şekil 3.17. Konya Kızören GES	32
Şekil 3.18. PV*SOL simülasyon programının ara yüzü	34
Şekil 3.19. PVGIS simülasyon programının ara yüzü.....	35
Şekil 3.20. Polysun simülasyon programının ara yüzü	36
Şekil 3.21. Helioscope simülasyon programının ara yüzü.....	37
Şekil 4.1. Isparta ilinde bulunan GES'in konumu	38
Şekil 4.2. 1929-2016 yılları arasında gözlemlenen meteoroloji genel müdürlüğünün resmi meteorolojik verileri	39
Şekil 4.3. Isparta'nın güneş enerji potansiyelinin ilçelere göre dağılımı	39
Şekil 4.4. Isparta global radyasyon değerleri (kWh/m ² -gün).....	40
Şekil 4.5. Isparta güneşlenme süreleri (saat)	40
Şekil 4.6. Çalışma kapsamında kullanılan PVGIS simülasyon programının ara yüzü.....	42
Şekil 4.7. PVGIS programında yapılan hesaplamanın analiz sonuçları	43
Şekil 4.8. MeteoSyn harita tabanı üzerinden GES'in koordinatları	44
Şekil 4.9. Santral kurulu gücü ve gerekli alan.....	45
Şekil 4.10. PV*SOL programı teknik veriler sekmesi	45
Şekil 4.11. Çalışma kapsamında kullanılan PV*SOL simülasyon programının ara yüzü.....	46
Şekil 4.12. PV*SOL programında yapılan hesaplamanın analiz sonuçları	46
Şekil 4.13. Güneş ışınım miktarı	47
Şekil 4.14. Harita tabanı üzerinden GES'in koordinatları	48
Şekil 4.15. FV panel seçimi sekmesi	48
Şekil 4.16. Evirici sayısı ve dizilişi	49
Şekil 4.17. Polysun programında yapılan hesaplamanın analiz sonuçları	50
Şekil 4.18. Helioscope simülasyon program analizi için GES'in koordinatları	51
Şekil 4.19. Santralde kullanılan FV panel sekmesi.....	51
Şekil 4.20. Helioscope programının FV sistem bileşenleri sekmesi	52

Şekil 4.21. Helioscope programında yapılan hesaplamanın aylık bazda analiz sonuçları	53
Şekil 4.22. Helioscope programının sistem bileşenlerinin çevresel etkilerin oluşturduğu enerji kaybı	54
Şekil 4.23. Helioscope simülasyon programının yıllık enerji üretim detayları	55
Şekil 5.1. Yıllık enerji üretim değerleri.....	57
Şekil 5.2. Yıllık toplam enerji üretim değerleri	60



ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Dünya'nın farklı bölgelerindeki yıl bazında ölçümlenen güneş enerjisi ışınım miktarı.....	13
Çizelge 3.2. Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı.....	14
Çizelge 3.3. Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli	15
Çizelge 3.4. Güneş piline ışığın spektral etkisi.....	28
Çizelge 4.1. PVGIS programının sistem bileşenlerinin ve çevresel etkilerinin oluşturduğu enerji kaybı.....	43



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AR-GE	Araştırma ve Geliştirme
IEC	Uluslararası Elektroteknik Komisyonu
DEKTMK	Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi
DMİ	Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
EİE	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
ETKB	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
FV	Fotovoltaik
GEPA	Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası
GES	Güneş Enerji Santrali
YEGM	Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
CO ₂	Karbondioksit
GaAs	Galyum arsenit
GWh	Giga Watt Saat
°K	Kelvin sıcaklık birimi
Kcal	Kilokalori
kW	Kilo Watt
kWh	Kilo Watt Saat
kWp	Kilo Watt Peak
I-V	Akım-Gerilim
MW	Mega Watt
MWh	Mega Watt Saat
P-V	Güç- Gerilim
Wp	Watt Peak

1. GİRİŞ

Günümüzde teknoloji ve sanayideki gelişmeler, dünyada insan nüfusunun giderek artması gibi gelişmelerle birlikte elektrik ve elektronik cihazların kullanımına olan talep giderek artmaktadır (Gomes de Brito MA vd., 2013).

Toplumun ihtiyaçları da bu doğrultuda değişkenlik göstermektedir. İhtiyaç duyulan enerji talebinin büyük bir bölümü petrol, doğal gaz ve kömür gibi fosil ve nükleer yakıtlardan elde edilmektedir (Villa LFL vd., 2013). Bu yakıtlar yenilenemediği için bir gün tükeneceğinin düşünülmesi, hava kirliliği, küresel ısınma gibi çevreye verdiği zararlar göz önünde bulundurularak, gelecekte insan yaşamı ve çevre dengeleri üzerinde oluşabilecek tehditlerin önüne geçilebilmesi için alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarının bulunup geliştirilmesine yönelik çalışmalar hızla artarak önemli bir hale gelmiştir (Sundareswaran vd., 2014).

Bu çalışmalar ışığında güneş enerjisinin sürekli bulunabilir olması, yakıt maliyetinin olmaması ve çevreye verdiği zararların yok denecek kadar az olması güneş enerjisini diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından daha önemli bir konumda tutmaktadır. Özellikle fotovoltaiik (FV) sistemler ile güneş enerjisinden elektrik elde edebilmek için gereken bileşen teknolojilerinin hızla gelişimi, FV sistemlerin bu tür enerji üretimi ihtiyaçlarında tercih edilmesine imkan tanımaktadır (Suda vd., 2016; Kaplan, 2012).

Güneş enerjisi ile çalışan bu FV sistemler çoklu megawatt (MW) sistemler ile küçük alanlı hücreler aralığında dünya piyasasında mevcuttur. FV hücreler genellikle standart temel durumlarına göre onların verimlilikleri açısından sınıflandırılırlar. FV sistemler temel çevre ve sistem bileşen koşullarının etkisi altında akım-gerilim karakteristiği olarak isimlendirilen, akım-gerilim (I-V) karakteristiğinin yanı sıra çıkış gücünü de temsil eden güç-gerilim (P-V) karakteristikleri de yapılan uygulamalar için önem taşımaktadır (Emery,1999; Kaplan, 2012).

FV hücreler gözeye çarpan fotonların yardımı ile güneş ışığını elektrik enerjisine dönüştürür. Yarı iletken bir diyot olarak çalışan bir güneş hücresinde kullanılmayan elektrik enerjisini seri bağlı bir diyot üzerinden boşaltır.

Gelişen güneş enerjisi teknolojisi ile birlikte günümüzde FV sistemlerin performans tahmin uygulamalarının analizleri için sanal ortamda çeşitli simülasyon programlarının tasarımlarının yapıldığı gözlemlenmiştir.

Bu simülasyon programları FV sistemlerin enerji üretim değerlerinin verimliliğini temel olarak tahmin edebilmekte olup, aynı zamanda çalışma davranışını da tahmin edebilmede önemli bir özelliktir. Güneş enerjisi simülasyon programları ile birçok çeşitte güneş enerjisi sistemi tasarımı yapılabilir. Simülasyon programları ile 3 boyutlu sistem tasarımı, program üzerinde yerleştirerek güneş panellerine düşen gölgelenmeler gerçek ortam ile eş zamanlı görülebilir. Simülasyon programlar sayesinde FV sistem tasarımcıları sistemin farklı bileşenlerini kurulumun yapılacağı coğrafi bölgeye, enerji talebine ve sistem güvenilirliği gibi parametrelere göre en uygun şekilde seçebilir (Kıyanççek, 2013).

Tüm bunlar bir arada düşünüldüğünde simülasyon programlarının endüstriyel alanda yaygın olarak kullanılmaya aday olduğu görülmektedir.

Bu tez çalışmasında, simülasyon ortamında PV*SOL, Helioscope, Polysun ve PVGIS FV simülasyon programları kullanılarak, belirlenen koordinatlarda iklim verilerinin, yük talebinin ve temel sistem bileşenlerinin benzetimi yapılarak ihtiyacın şekillenmesi ve Isparta'da bulunan 1MW kurulu gücü olan Güneş Enerjisi Santrali (GES)'nin genel karakteristiğinin görselleştirilmesi amaçlanmıştır. Benzetimde kullanılan veriler, ulusal ve uluslararası kaynaklı gerçek ölçüm değerlerinden ve simülasyon programlarının veri tabanlarından yararlanılmıştır. Aynı dönem içerisinde GES'in gerçek ortam verileri (elektrik enerjisi miktarı, gözeler ulaşan güneş ışınımı miktarı ve güç kayıpları) ile simülasyon verileri karşılaştırılarak FV sistemin enerji talebi ve güvenilirliği gibi parametrelere göre en uygun şekilde seçilmesi amaçlanıp kullanılan

simülasyon programların gerçek verilere ne kadar yakın olup olmadığı incelenmiştir.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

Şebekeden bağımsız FV güç sisteminin tasarımı ve optimum verimlilik üzerine gerçekleştirilen çalışmaların bir kısmı aşağıda belirtilmiştir.

Kıyanççek (2013) yapmış olduğu çalışmada, PVS² adlı paket programı kullanılarak güneş enerjisi sistemleri hakkında kullanıcıya genel bilgiler verilerek ihtiyacın şekillenmesini ve fazla masraftan kaçınarak maliyetin düşürülmesini, tasarımı etkileyen coğrafi koşulların üretime etkilerini, ihtiyaç miktarı hesaplanmasını, malzeme seçimi işlemlerinde kolaylıklar sağlanmasını, seçilen malzemelerin uyumluluk kontrolünü ve mali analiz işlemleri ile tasarımın genel karakteristiğinin görselleştirilmesini amaçlamıştır. Geliştirilen program sayesinde FV sistem tasarımcıları sistemin farklı bileşenlerini kurulumun yapılacağı coğrafi bölgeye, enerji talebine ve sistem güvenilirliği gibi parametrelere göre en uygun şekilde seçilmesini sağlamıştır.

Gümüş ve Haydaroğlu (2016) yaptıkları çalışmada, FV GES'in tasarımında ve analizinde simülasyon programlarının kullanımının oldukça önemli olduğunu belirtmişlerdir. PVsyst simülasyon programı, FV sistem simülasyonu için sunduğu araçlar ile detaylı analiz yapabilme olanağıyla bu programlar içerisinde öne çıktığını söylemişlerdir. Çalışmada Dicle Üniversitesi bünyesinde kurulmuş olan 250 kWp'lik GES'in simülasyonu PVsystV6.39 simülasyon programı ile yapılmış ve Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC) 61724 standardında belirtilen performans kriterlerine uygun olarak performans analizinin yapıldığını ve aynı zamanda santralin Aralık 2015 ile Nisan 2016 dönemi arasındaki üretim değerlerinin simülasyon sonuçları ile karşılaştırıldığını belirtmişlerdir.

Mangan vd. (2013) çalışmalarında, Türkiye'nin ılımlı nemli, sıcak nemli ve soğuk iklim bölgelerine yönelik enerji simülasyonları yapmışlar, mevcut enerji tüketimlerinin ve CO₂ salınımının azaltılması için senaryolar geliştirmişlerdir. Her bir senaryo için enerji simülasyonları ile elde edilen sonuçları karşılaştırmış ve uygun seçeneğin belirlenmesini amaçlamışlardır. Enerji simülasyonları,

EnergyPlus dinamik termal simülasyon motorunun kapsamlı arayüzü olan Design Builder simülasyon programı ile PV*SOL Expert programlarını kullanarak yapmışlardır. Enerji simülasyon programı aracılığı ile elde edilen hesaplama sonuçları tartışarak, enerjinin etkin yaklaşımına dayalı ileriye dönük yapılacak çalışmalara ışık tutulmasını hedeflemişlerdir.

Kandasamy vd. (2013) çalışmalarında, şebekeye bağlı FV güneş enerjisi sisteminin performansı simülasyon ortamında PVSyst paket programı kullanarak değerlendirmişlerdir. FV güneş enerjisi sisteminin performans oranını ve çeşitli güç kayıplarını hesaplamışlardır. Sonuç olarak Hindistan'da bulunan Tamil Nadu eyaletinin güneyindeki belirli yerlerde 1 MW FV güneş enerjisi sisteminin uygulanabilirliği, güneş enerjisi üretimi ve yaşam döngüsüne katkısı tartışılarak karşılaştırmışlardır.

Sauer vd. (2015) çalışmalarında, FV sistemlerde FV modülün performansını etkileyen güneş ışınımı ve FV modül sıcaklığına göre doğru modelin seçilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Standart FV modülü için en yakın sıcaklık ve ışınım verileri uygulanarak, modülün gücünü PVSyst simülasyon programında arttırmışlardır. Bu gelişmelerin, enerji verimi tahmini için kullanılan PVSyst programının proje maliyeti hakkında alınacak kararlar için önemli olacağını belirtmişlerdir.

Kothari vd. (2010) çalışmalarında, günümüze kadar mevcut FV simülasyon program senaryolarının mevcut olduğunu ve bazı programların FV uygulamalar ve ek yenilenebilir enerji simülasyonu özellikleri için özellikle tasarlandığını belirtmişlerdir. FV simülasyon programlarını tanımlamak için dünyaca yaygın araştırmalar yapmışlardır. Genel kriterlere göre tanımlanan simülasyon programları değerlendirmişlerdir.

Sharma vd. (2014) çalışmalarında, günümüze kadar eğitim ve araştırma amaçlı olduğu kadar ticari uygulama için de piyasada bulunan tüm FV simülasyon yazılımlarının sunulduğunu belirtmişlerdir. Bu amaçla, çalışmalarında sunulan FV simülasyon yazılımının tüm detaylarını sağlamak için kapsamlı bir araştırma

yapmışlardır. Araştırılan simülasyon yazılımını ticari ve eğitsel kullanılabilirliği ve maliyeti, çalışma platformları, çalışma kapasiteleri, kapsamaları ve çıktıları, bunların güncellenebilirliği vb. kriterlere göre değerlendirmişlerdir.

Jain ve Tiwari (2012) çalışmalarında, çoğu gelişmekte olan ülkede, sürdürülebilir elektrik üretimi ve temini için ana çözümün, yenilenebilir güneş enerjisinin doğru kullanımından geçtiğini belirtmişlerdir. Fosil yakıt temelli enerjiye bağımlılığın üstesinden gelebilecek bir çözüm için, 16 daireden oluşan ve toplam 576 m² toplam çatı alanına sahip olan Jaipur (Hindistan) Malviya Nagar'ın bir konut binası için güneş FV hücresinin optimizasyonunu yapmışlardır. FV hücrenin tüm sistemini HOMER simülasyon programı kullanarak optimize ve simüle etmişlerdir. Optimizasyon sonucu, toplam 160 kW FV hücrenin gerekli olduğunu ve elektrik üretimi maliyetinin 0,184 \$ olacağını bildirilmişlerdir.

Kumar ve Sudhakar (2015) çalışmalarında, gelişmekte olan ülkelerde artan enerji talebi, enerji güvenliği sorununu tetiklemesi, bu yenilenebilir kaynakların kullanılmayan potansiyelini kullanmayı gerekli hale getirdiğini ve şebekeye bağlı FV sistemlerin büyük oranda yenilenebilir enerjide en iyi alternatifler haline geldiğini belirtmişlerdir. Şebekeye bağlı tesislerin performans analizinin, yeni şebekeye bağlı sistemlerin tasarımında, işletilmesinde ve bakımında yardımcı olabildiğini belirtmişlerdir. Hindistan'da bulunan Ramagundam'da devreye giren 10 MW'lık FV şebekeye bağlı elektrik santralinin, 4.97 kWh/m²/gün ve yaklaşık 27.3°C yıllık ortalama sıcaklığa sahip olan en büyük GES'lerden biri olduğunu, mevsimlik bir eğimle çalışacak şekilde tasarlandığını söylemişlerdir. Çalışmalarında güneş enerjisi tesisatının tasarım özelliklerini ve yıllık performansını detaylandırmışlardır. Çeşitli güç kayıp türleri (sıcaklık, dahili şebeke, güç elektroniği vb.) ve performans oranını da hesaplamışlardır. Tesisin performans sonuçlarını, PVSyst ve PVGIS yazılımından elde edilen simülasyon değerleri ile de karşılaştırmışlardır.

3. MATERYAL VE METOD

Tezin bu bölümünde çalışmada kullanılan FV sistem bileşenlerinin teknolojileri, dünyada ve ülkemizde güneş enerjisinin varlığı ve FV simülasyon programları hakkında bilgiler verilmiştir.

3.1. Güneş Enerjisi

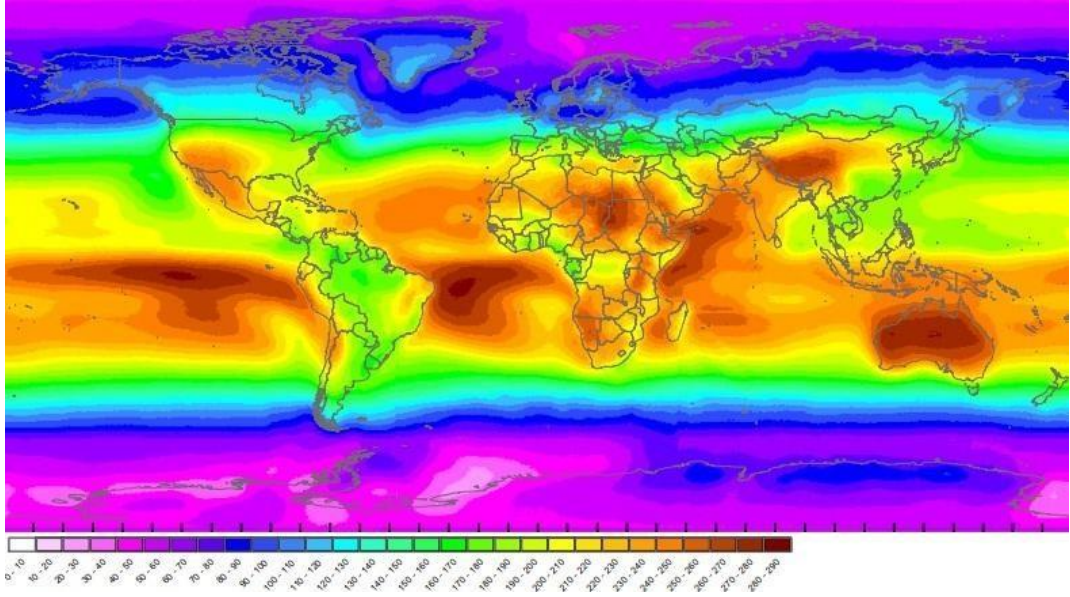
Yaşamın kaynağı olan Güneş dünya için gerekli doğal sistem enerjisinin büyük bölümünü sağlayan temel bir enerji kaynağıdır.

Kendisini oluşturan maddelerin kütle çekimi ile birbirlerini çekmeleri sonucu meydana gelmiştir. Çapı yaklaşık olarak 1.4 milyon kilometre olup, dünya yarıçapının yaklaşık olarak 109 katına denk gelmektedir. İç çevresinde çok sıcak ve yoğun gazlar bulunan bir küredir. Yeryüzünden yaklaşık olarak 151.106 milyon km uzaklıktadır.

Güneş maddesinin % 84'ü Hidrojen, % 6'sı Helyum ve % 0.13'ü de diğer elementlerden (oksijen, karbon ve azot) oluşmaktadır.

Güneşin gücünün, bir saniyede güneş sistemine verdiği enerji çok büyük olmasına rağmen yerküre atmosferinin dışına ulaşan miktar, küçük bir bölümü olmaktadır. Atmosferin dış yüzeyine ulaşan enerji 173.104 kW değerindeyken, yeryüzüne ulaşan miktarın yaklaşık olarak 1.395 kW'a düşmektedir. Bu eksilmeler ortaya çıkmadan önce, atmosferin dışında ışınlam değeri 1367 W/m²'dir. Bu değerin güneş sabiti olarak alındığında, yeryüzüne ulaşan güneş ışınlam değeri 1000 W/m² olarak kabul edilmektedir (Karamanav, 2007).

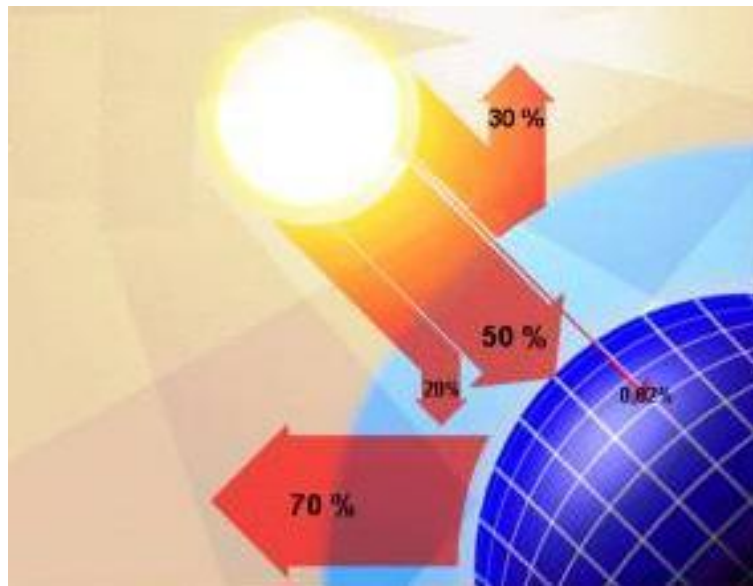
Şekil 3.1.'de yeryüzüne gelen yıllık ortalama güneş radyasyonu haritası verilmiştir (Ayaz, 2012).



Şekil 3.1. Yeryüzüne gelen yıllık ortalama güneş radyasyonu

Işınım şiddeti Ocak ayında en yüksek değerinde olurken, Temmuz ayında ise en düşük değerde olmaktadır.

Şekil 3.2.'de görüldüğü gibi atmosfer yüzeyine gelen güneş ışınımının yaklaşık %30'u atmosfer tarafından geri yansıtılır. Güneş ışınımının %20'si atmosfer ve bulutlarda soğurulur ve geriye kalan %50'si atmosferi geçerek yeryüzüne ulaşır (EİE, 2017).



Şekil 3.2. Güneşten gelen ışınım dağılımı

Güneş merkezindeki sıcaklık milyonlarca dereceye ulaşırken, yayımlanan ışınımın spektrumunu belirleyen dış yüzey tabakasının (fotoser) sıcaklığı 6000°K'dir. Işınım, elektromagnetik özelliğe sahip olup gücün spektral dağılımı (birim dalga boyunda birim alana, birim zamana gelen enerji) sıcaklığın bir fonksiyonudur. Diğer yıldızlardan yeryüzüne elektromagnetik spektrumun değişik aralıklarında enerji gelmektedir. Enerji taşıyan birimler gibi düşünülebilecek "fotonlar", spektrumun görünür bölgesinin kırmızı yanında daha küçük enerji, mavi-mor yanında daha büyük enerji taşırlar. Seçilen bir dalga boyundaki fotonun taşıdığı enerji ve o dalga boyunda birim yüzeye birim zamanda gelen foton sayısı, seçilen dalga boyundaki gücü tanımlar. Dünyamıza güneşten gelen spektrumun, kırmızının ötesinde kalan kızılötesi ve morun ötesinde kalan morötesi bölgelerinde bulunan ışınımında toplam enerjiye önemli bir katkısı vardır.

Genellikle güneş ışınımı değerlendirilirken atmosfer dışındaki seçilen nokta olarak ele alınıp buna air mass zero (hava kütle sıfırı) adı verilir. Hava küre dışında birim yüzeye gelen toplam güç, tüm spektrumun üzerinden entegre edilirse, ulaşılan değer 13267 W/m² olup bu değer "güneş değişmezi" olarak kullanılır.

Deniz seviyesinde açık bir havada optiksel hava-kütle; güneş ışınlarının ulaşmış olduğu gerçek yolun, güneş tam tepedeyken ulaşmış olduğu yola oranı olarak tarif edilmektedir. Güneş tam tepedeyken bu değer, air mass olarak belirtilir.

Hava şartlarına bağlı olarak direkt güneşten gelen ışınların, saçılmış ışına oranı değişir. Örneğin; havanın kapalı olduğu bir gün güneş ışınlarının büyük bir kısmı, etrafa yayılmış ışınlardan oluşacaktır. Eğer güneşli bir gün ise güneş enerjisinin büyük bir kısmı direkt ışınlardan oluşacaktır. Direkt ve yaygın(diffüz) ışınım çeşitlerinin toplamı global ışınım olarak tanımlanmaktadır. FV sistemlerin seçiminde, güneş ışınım verilerinin (hava durumu, kısa süreli zaman değişimi ve uzun süreli zaman periyodu) önemi azımsanmayacak derecede fazladır (Karamanav, 2007).

Dünya genelinde hem çevre hem de insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri hem de rezervleri sınırlı olan fosil yakıt kökenli enerji üretim sistemleri ile konvansiyonel kökenli üretim sistemleri yerine, nüfusun giderek artış göstermesi ve teknolojik yeniliklere bağlı olarak enerji talebinin hızla artması sonucu çevreye ve insan sağlığına olumsuz etkileri daha az olan yenilenebilir enerji kaynaklarını bulmaya ve yeni teknolojiler geliştirmeye yönelik çalışmalar önemli bir hal kazanmıştır (Arabul, 2010).

Günümüzde kullanılan tüm enerji kaynaklarına baktığımız zaman bunların hepsinin temelinde güneş enerjisinin olduğunu görürüz. Güneş enerjisi nükleer yakıtlar dışında dünyada kullanılan tüm yakıtların ana kaynağı, yerkürenin temel enerji kaynağıdır. Kullanmakta olduğumuz rüzgâr enerjisi, biokütle enerjisi, hidroelektrik enerjisi ve fosil yakıtlardan elde edilen birçok enerji güneş enerjisinin bir ürünü olarak ortaya çıkmaktadır.

Dünyaya ulaşan güneş enerjisi, birkaç yüz kilometrelik dar bir bölge olan fotosferden (ışık küreden) gelmekte, her bir saatte ulaşan enerji miktarı tüm dünya nüfusunun tüketmiş olduğu enerji miktarından daha fazladır. Bu bölgenin dışında üç belirgin saydam bölge daha bulunmaktadır. İlk bölge yüzlerce kilometre yüksekliğindeki tersleyici katman olup, daha hareketli gazlardan oluşur. Bundan sonraki bölge olan 2. bölgenin adı kromosferdir. Kromosfer daha kalındır (yaklaşık dokuz bin km) fakat daha az yoğunluktadır, ayrıca kromosfer bölgesinin sıcaklığı fotosferden daha fazladır. En son bölge olan 3.bölgeye ise güneş tacı denilmektedir. Güneş tacında yoğunluk çok düşük olup sıcaklık çok yüksektir (Çıtanak, 2014).

Güneş enerjisiyle dünyamız aydınlanabilmekte, iklimsel döngüler sağlanabilmekte, güneşin bir türevi olan rüzgâr meydana gelmekte ve daha önemlisi fotosentezle canlı yaşamı sürdürülebilmektedir. Fosil kaynakların kısıtlı ve yerine yenisi konulamayacak bir enerji kaynağı olması, üretim ve tüketim yöntemlerinden kaynaklanan çevre kirliliği; yenilenebilir, sınırsız ve çevreye uyumlu kaynaklar ile teknolojilerinin araştırılmasını ve geliştirilmesini zorunlu hale getirmiştir. Bu sebeplerden dolayı güneş enerjisinin de dâhil

olduğu yenilenebilir enerji kaynakları her geçen gün önem kazanmaktadır. Güneşten ışınımlarla dünya üzerine bir yılda yaklaşık olarak 173 milyar MWh enerji ulaşmaktadır. Ulaşan enerji miktarı da dünyada bulunan fosil yakıt rezervlerinin yaklaşık olarak 160 katıdır. Aynı zamanda bu enerji; yıllık olarak dünyada fosil yakıt kaynaklar, nükleer kaynaklar ve su gücü tarafından üretilerek kullanılan enerjinin 15.000 katına karşılık gelmektedir (Durak, 2014).

Sınırsız ve yenilenebilir enerji kaynağı olması, kullanımının rahatlığı ve temizliği, vreye olan olumsuz etkilerinin neredeyse yok denecek kadar az olması gibi nedenlerden dolayı diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına nazaran daha kolay yaygınlaşabilecek konumdadır. Diğer enerji kaynaklarına nazaran güneş enerjisi sistemi kurulum maliyetlerinin yüksekliği, bileşenlerinin düşük verimleri gibi bazı teknolojik ve ekonomik dezavantajların minimize edilmesi halinde güneş enerjisini gelecekte daha da önemli bir konuma getirecektir (DEKTMK, 2009).

Güneş enerjisinin diğer enerji kaynaklarına göre avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir (ıtanak,2014):

- Güneş enerjisi yenilenebilir bir enerji kaynağıdır.
- Güneş enerjisi zararsız bir enerji türüdür. Gaz, duman, toz, karbon veya kükürt gibi zararlı maddeler içermemektedir.
- Güneş, dünyada bulunun bütün ülkelerin buldukları konum gereğince, enerji üretimi verimleri farklı olsa da yararlanabileceği bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Bu sayede ülkelerin ekonomileri daha düzgün olacak ve daha fazla yatırım yapabilme olanakları ortaya çıkacaktır.
- Güneş enerjisi sistemleri, hiçbir ulaştırma harcaması yapılmadan her yerde kurulabilir.
- Güneş enerjisi detaylı bir teknoloji gerektirmemektedir. Hemen hemen tüm ülkeler, ufak çaplı sanayileşme ile güneş enerjisinden basitçe faydalanabilirler.

Günümüzde güneş enerjisi ile enerji üretiminde karşı karşıya kalınan sorunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Güneş enerjisi her zaman aynı yoğunlukta bulunamayabilir.
- Güneşten enerji üretmek için kurulması gereken sistemin yatırım maliyeti ve yatırımdan sonra kurulan tüm sistem bileşenlerinin bakım giderleri içinde bulunduğumuz teknolojik aşamada yüksektir.
- Güneşten yeryüzüne ulaşan enerji miktarı kontrol edilemez.
- Birçok kullanım alanında, enerji arz ve talebi arasındaki zaman farkı ile karşılaşmaktadır.
- Güneşten yeryüzüne ulaşan ışınım miktarının yoğun olduğu dönemlerde gereken durumlarda kullanılmak üzere enerjinin depolanmasını gerektirir. Enerji depolaması ise beraberinde birçok sorun ortaya çıkarmaktadır.

3.1.1. Dünyanın güneş enerjisi varlığı

Fosil yakıt kaynak rezervlerinde artan dünya nüfusunun etkisiyle azalma yaşanması, petrol fiyatlarındaki yükseliş, küresel ısınma vb. faktörler son yıllarda dünyada bulunmakta olan tüm enerji kaynakları arasında güneş enerjisinin popüleritesini ve teknolojisinin daha da ileriye gitmesi için yapılan çalışmaları arttırmıştır. Yerküre atmosferi dışında güneş ışınım enerjisi 1370 W/m^2 iken, yansımaya ve kırılmaların etkisiyle yerküreye ulaşan güneş enerjisi miktarı $0-1100 \text{ W/m}^2$ olmaktadır (YEGM, 2017).

Yeryüzüne ulaşan güneş enerjisinden en iyi faydalanan bölge ekvatorun 35° Kuzey ve Güney enlemleri arasında bulunan coğrafi koordinatlarıdır. Belirtilen bu bölge “Dünya Güneş Kuşağı” olarak isimlendirilmektedir.

Bir yılın ortalaması baz alınarak yaklaşık olarak 2000-3500 saat arası güneş ışınımına ve $3500-7000 \text{ Wh/m}^2/\text{gün}$ arasında değişen güneş ışınımı varlığına sahiptir. Dünya'nın farklı bölgelerinde yıl bazında ölçümlenen güneş enerjisi ışınımı miktarları Çizelge 3.1.'de verilmiştir (Ural, 2006).

Çizelge 3.1. Dünya'nın farklı bölgelerindeki yıl bazında ölçümlenen güneş enerjisi ışınım miktarı

Bölge	kWh/m ²
Kuzey Avrupa	800
Orta Avrupa	1000
Akdeniz Bölgesi	1700
Ekvator (Çöl Bölgeleri)	2200

Güneş enerjisinin ısıtma, soğutma vb. birçok alanda kullanımı giderek artmaktadır. 30 yıl içerisinde dünya enerji ihtiyacının %26'sı FV sistemlerden elde edileceği tahmin edilmektedir. Ayrıca 2020'li yıllarda güneş enerjisi diğer enerji kaynaklarıyla rekabet edebilecek konuma gelmesi düşünülmektedir.

3.1.2. Türkiye'nin güneş enerjisi varlığı

Dünya üzerinde yenilenebilir esaslı enerji kaynaklarına yönelik kullanımlar ve teknolojik gelişmeler üzerine yapılan çalışmalar artmaktadır. Coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi varlığı açısından birçok ülkeye göre şanslı sayılabilecek durumda bulunan ülkemizde de bu yoldaki çalışmalar hız kazanmıştır. Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) tarafından, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdür

lüğü (DMİ) 1966-1982 yılları güneşlenme süresi ve ışınım şiddeti ölçüm verilerinden yararlanarak yapılan çalışmaya göre, Türkiye'nin yıl bazında ortalama olarak toplam güneşlenme süresinin 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), toplam ışınım şiddetinin 1,311 MWh/m² – yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m²) olduğu saptanmıştır (YEGM, 2017).

Ancak, daha sonra yapılan çalışmalar bu verilerin Türkiye'nin gerçek güneş enerjisi varlığından az olduğunu göstermiştir. 1992 yılından bu yana EİE ve DMİ, güneş enerjisi değerlerinin daha sağlıklı biçimde ölçülmesi amacıyla enerji amaçlı güneş enerjisi ölçümleri almaktadırlar. Devam eden ölçüm çalışmaları sonucunda, Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA)'na göre, yıl

bazında ortalama olarak toplam güneşlenme süresi 2.737 saat, günlük toplam 7,5 saat olarak ölçümlenmiştir. Yıl bazında toplam ışınım şiddeti ise 1.527 kWh/m²/yıl, günlük toplam 4,2 kWh/m² olarak ölçümlenmiştir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı,2017).

Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı Çizelge 3.2.'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı

BÖLGE	TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ (kWh/m ² – yıl)	GÜNEŞLENME SüRESİ (Saat/yıl)
G.DOĞU ANADOLU	1460	2993
AKDENİZ	1390	2956
DOĞU ANADOLU	1365	2664
İÇ ANADOLU	1314	2628
EGE	1340	2738
MARMARA	1168	2409
KARADENİZ	1120	1971

Çizelge 3.2.'de görüldüğü gibi ülkemizin en fazla güneş enerjisi potansiyeline sahip bölgesi Güney Doğu Anadolu Bölgesidir. Güney Doğu Anadolu Bölgesini enerji potansiyeli bakımından Akdeniz Bölgesi takip etmekteyken güneş enerjisi potansiyelinin en düşük olduğu bölge Karadeniz Bölgesidir.

Çizelge 3.3.'te aylara göre Türkiye güneş enerji potansiyeli ve güneşlenme süresi değerleri verilmiştir (EİE,2017).

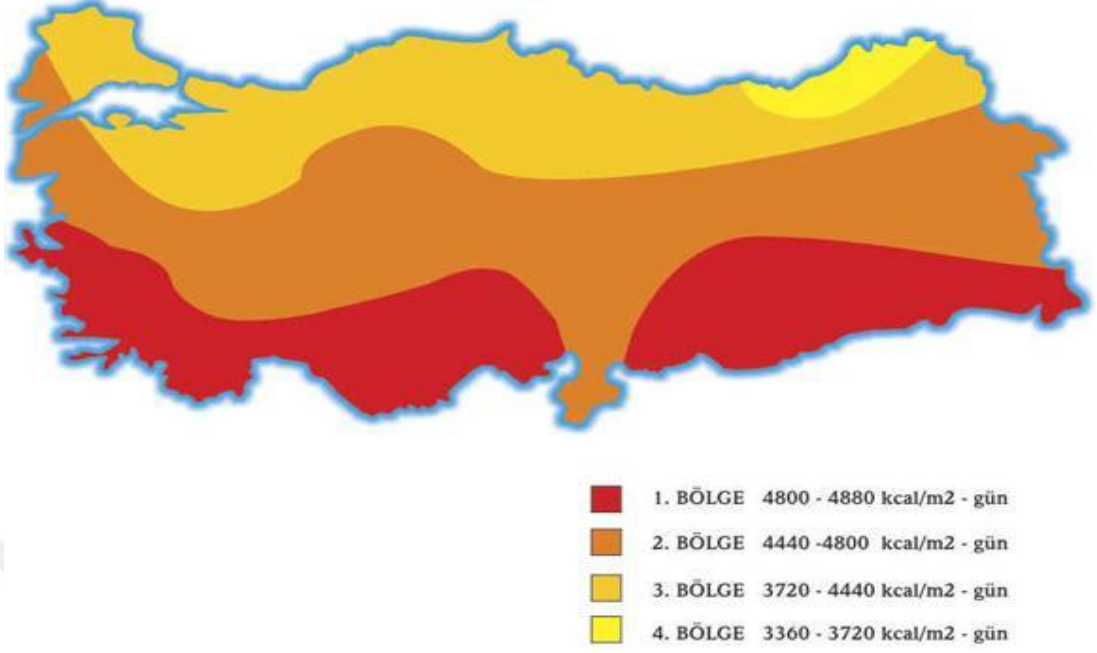
Çizelge 3.3. Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli

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

Çizelge 3.3.'te de görüldüğü gibi ay bazında güneş enerji potansiyelinin en yüksek olduğu ay temmuz iken en düşük olduğu ay aralık ayıdır.

Türkiye'nin güneş ışınlarını alma potansiyeli haritası Şekil 3.3.'te gösterilmiştir.

TÜRKİYE GÜNEŞLENME HARİTASI

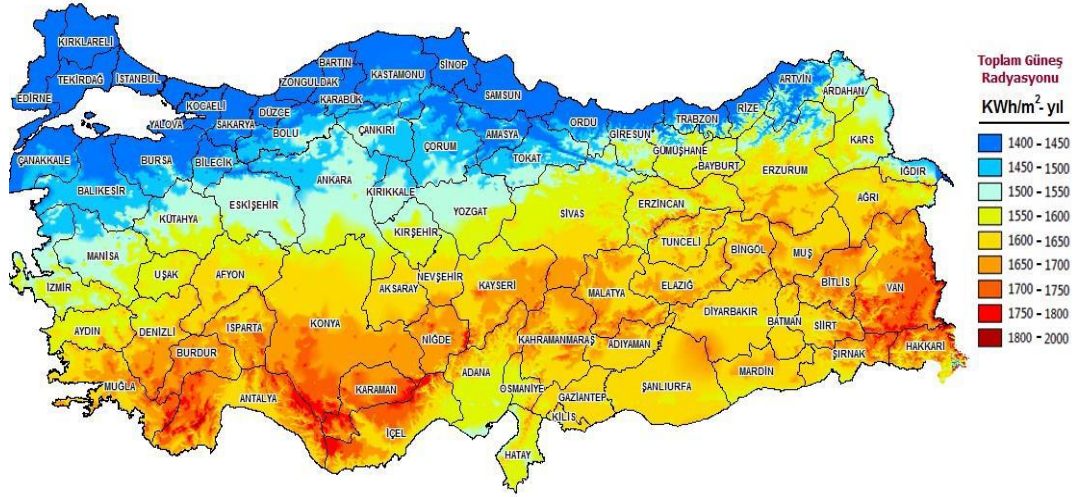


Şekil 3.3. Türkiye'nin güneşlenme haritası

Türkiye'nin güneşlenme haritasına göre güney bölgelerimizin güneş alma açısı kuzey bölgelerimize göre daha fazla olduğu görülmektedir. Haritada gösterilen 1. kuşak güneş alma açısı en fazla olan kuşaktır. 1. kuşağı sırasıyla 2.kuşak, 3.kuşak ve 4.kuşak takip etmektedir. Burada 4. kuşak güneş alma açısı en düşük olan kuşaktır (Vega, 2017).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), EİE'nin yapmış olduğu şekilde belirtilmiş olan GEPA'nın çalışması sonucunda Türkiye'de 56,000 MW termik santral kapasitesine eşdeğer güneş enerji kapasitesinin olduğunun ve bu kapasiteyi kullanmaya yönelik teknolojik çalışmaların hızlanması durumunda yıl bazında yaklaşık olarak 380 milyar kWh elektrik enerjisi üretmenin mümkün olduğu tespit edilmiştir (Varınca vd., 2006).

Şekil 3.4.'te Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyel atlası gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyel atlası

Şekil 3.4.'den de anlaşılacağı üzere ülkemiz yıllık 1400-1800 kWh/m² aralığında güneş ışınımı alan bir bölgededir. Oysaki güneş ışınımından olması gereken miktarın çok altında yararlanılmakta olup mevcut durumda Türkiye'deki toplam FV pil kapasitesi yaklaşık olarak 1 MW civarındadır. 2014 yılında, ülkemizin 123,9 milyon ton petrol eşdeğeri olan birincil enerji talebinde doğal gaz %32,5'lik dilim ile birinci sırada, kömür %29,2'lik dilim ile ikinci sırada, petrol %28,5'lik dilim ile üçüncü sırada yer alırken en son olarak ise %9,8'lik dilim ile yenilenebilir enerji kaynakları bulunmaktadır (ETKB, 2016).

Öngörülere göre toplam birincil enerji talebinin 2020 yılında 146, 2023 yılında 157, 2025 yılında 165, 2030 yılında 185, 2035 yılında ise 208 Milyon Ton Petrol Eşdeğeri olması beklenmektedir (YEGM, 2017).

Ülkemizde 2016 yılı sonu itibariyle kurulu gücü 402 MW olan 34 adet GES'e ön lisans, kurulu gücü 12,9 MW olan 2 adet GES'e lisans verilmiştir ayrıca, lisanssız elektrik üretim santrallerinin kurulmasının akabinde 1043 adet GES tespit edilmiştir. Bu santrallerin toplam kurulu gücü 819,6 MW olarak ölçülmüş olup, 2 adet lisanslı GES ile birlikte toplam kurulu gücümüz 832,5 MW'a ulaşmıştır (ETKB, 2017).

Bu beklentilerin akabinde yenilenebilir enerji kaynaklarına verilen önemin daha da artması ülkemizin enerji talebini karşılamak için yapılan ithalatın hatırı sayılır bir miktar azalmasını sağlayacaktır.

3.2. FV Sistemler

FV sistemler elektrik enerjisi üreten ve çevre dostu olan bir yöntemdir. Günümüzde pahalı enerji kaynaklarına daha çok alternatif enerji kaynakları araştırılmaktadır. Bu yüzden, FV teknolojiler gelecekteki araştırmalar için de önemli bir role sahiptir. FV güneş enerjisi uygulamasını yapmaya başlamadan önce bulunduğu coğrafi konumdaki çevresel faktörleri de göz önünde bulundurmak gerekmektedir (Uygulamanın yapılacağı konumda önceki sezonun hava durumu, hava kirliliği oranı, ışınım değerleri, önceden yapılan uygulamalarda ay bazında güneş enerjisi üretimi oranları vs.).

FV bir sistem kurulduktan sonra sistemin doğru çalışması ve enerji verimliliğinin kontrol edilerek yüksek verimliliğin sağlanması, sistem verilerinin izlenerek ve kaydedilerek arızaların erken teşhisi ve neden olduğunun anlaşılması gibi detaylara dikkat etmek gerekmektedir (Bica ve Cristian, 2008).

3.2.1. Bağlantı şekillerine göre FV sistemler

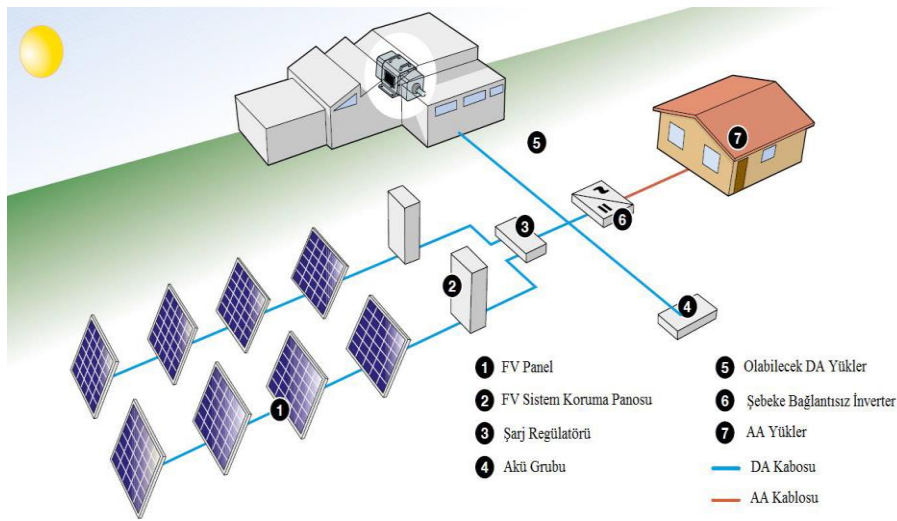
3.2.1.1. Şebekeden bağımsız(OFF GRİD) FV sistemler

Şebekeden bağımsız FV sistemler, merkezi yerlerden uzak ve şebeke bağlantısının ulaşmadığı yerlerde enerji talebine göre dizayn edilerek devreye alınan sistemlerdir. Şebekeden bağımsız FV sistemler, depolama birimli veya depolama birimsiz olarak kullanılmaktadır. Bu tür sistemler, depolama birimi olarak jeneratör veya başka sistemler yerine akü kullanılmaktadır. Akü FV gözelerde üretilen enerjiyi depolayarak, güneşten gelen ışınımın yetersiz olduğu durumlarda ekipman veya cihazın enerji talebine göre sistemi enerjilendirilir. Akünün bakımları aksatılmadan rutin olarak yapılmalıdır. Ayrıca derin döngüye uygun ve çevrim sayısı fazla olan stasyonier tip aküler

tercih edilmelidir. Akünün şarj ve deşarj akım döngüsünün kontrolünü sağlamak için FV sisteme şarj kontrol elemanı da eklemek gerekmektedir. Şarj kontrol cihazı akünün doluluk oranına göre gözeden gelen enerjiyi ve ekipmanın çekmiş olduğu enerji arasındaki döngüyü otomatik olarak ayarlayarak hem akünün tamamen boşalmasına hem de akünün olması gerekenden fazla şarj olmasına engel olur. Bu özelliği sayesinde akü grubunun ömrünü azımsanmayacak şekilde arttırarak hem sistem verimini arttırmaktadır hem de bakım maliyetlerini azaltmaya yardımcı olmaktadır.

Şebekeden bağımsız FV sistemler, hem doğru akımlı hem de alternatif akımlı ekipman veya cihazları enerjilendirmektedir. Sistem bileşenlerinin montajı yapılırken, doğru akımlı ekipman veya cihazlar doğrudan enerjilendirilirken; Alternatif akımlı ekipman veya cihazların enerjilendirilmesi için doğru akımın, alternatif akıma dönüştürülmesi gerekmektedir. Bunun içinde yarı iletken anahtarlama elemanlarından (IGBT, Diyot) oluşan evirici kullanılmalıdır (Çalıköğlü, 2010).

Ayrıca piyasada şebekeden bağımsız sistemlerde kullanılan bazı evirici modellerin içerisinde şarj regülatörü opsiyonu da bulunmaktadır. Şekil 3.5.'te şebekeden bağımsız FV sistem bileşenlerin genel yapısı görülmektedir.



Şekil 3.5. Şebekeden bağımsız FV sistem bileşenlerin genel yapısı

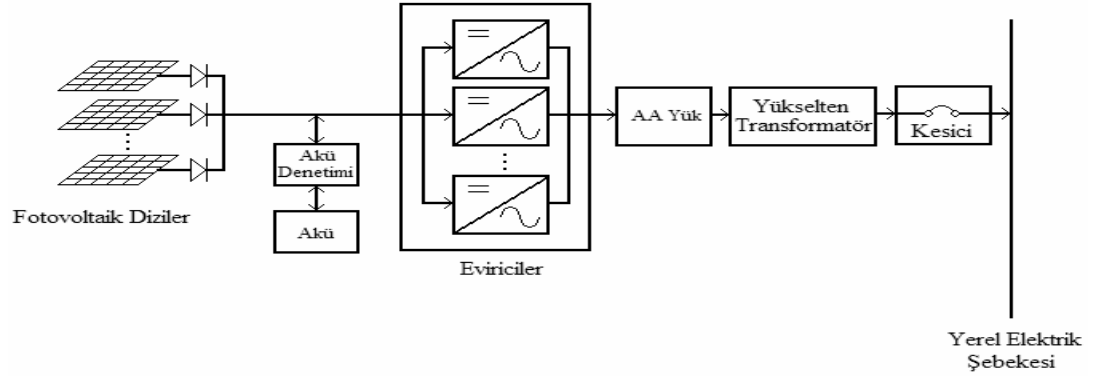
FV sistemlerin şebekeden bağımsız (stand-alone) olarak kullanıldığı tipik uygulama alanları aşağıda sıralanmıştır.

- Haberleşme istasyonları, kırsal radyo, telsiz ve telefon sistemleri
- Petrol boru hatlarının katodik koruması
- Metal yapıların (köprüler, kuleler vb.) korozyondan koruması
- Elektrik ve su dağıtım sistemlerinde yapılan telemetrik ölçümler, hava gözlem istasyonları
- Bina içi ya da dışı aydınlatma
- Dağ evleri ya da yerleşim yerlerinden uzaktaki evlerde TV, radyo, buzdolabı gibi
- Elektrikli aygıtların çalıştırılması
- Tarımsal sulama yâda evsel kullanım amaçlı su pompajı
- Orman gözetleme kuleleri
- Deniz fenerleri
- İlk yardım, alarm ve güvenlik sistemleri
- Deprem ve hava gözlem istasyonları
- İlaç ve aşısı soğutma

3.2.1.2. Şebekeye bağlı (ON GRİD) sistemler

Şebekeye bağlı sistemler, şebekenin bulunduğu yerlerde doğrudan şebekeye bağlantı yapılarak sistemde üretilen enerjiyi dağıtım hattına aktaran sistemlerdir. Şebekeye bağlı üretim yapan FV sistemlerde, depolama ünitesine gerek duyulmaz. Şebekeye bağlı sistemler gerek duyulduğunda depolama biriminde depolanan enerjiyi evirici vasıtasıyla alternatif akıma dönüştürerek şebekeye enerji aktarabilir veya çevre koşullarının elverişsiz veya sistem enerji üretiminin yetersiz olduğu durumlarda gerek duyulursa şebeke üzerinden bu enerjiyi evirici vasıtasıyla doğru akıma dönüştürerek depolayabilir. Evirici çıkışında çift yönlü sayaç kullanılarak tüketim talebinin olduğu yerlerde farklı ekipman ve cihazlar enerjilendirilebilir (Abamor, 2016). Ayrıca iki adet enerji analizörü ile şebekeye aktarılan ve şebekeden alınan enerjinin tüm parametreleri (fazlar arası gerilim, akım ve güç) ölçülebilir ve kaydedilebilir.

Şekil 3.6.'da şebeke bağlantılı FV sistemin blok şeması görülmektedir (Bahtiyar, 2006).



Şekil 3.6. Tipik bir şebeke bağlantılı FV sistemin blok şeması

FV sistemlerde bulunan enerji ve kumanda panoları, FV panellerin çıkış uçlarının montajının yapıldığı ve enerji dalgalanması vb. gibi ani durumlarda sistemi koruyan şalt malzemelerinin bulunduğu bölümlerdir. Bu panolarda, termik-manyetik şalter, evirici, manyetik kaçak akım, faz koruma röleleri vb. gibi anahtarlama ve koruma elemanları bulunmaktadır.

Sistemin en önemli parçası olan eviriciler, FV gözeler vasıtasıyla üretilen doğru akımı, alternatif akıma dönüştürmeye yarayan yarı iletken anahtarlama elemanlarından (IGBT, Diyot) oluşan cihazlardır. Şebekeye bağlı FV sistemler için üretilen en gelişmiş eviricilerin enerji verimlilikleri yaklaşık olarak %98 civarındadır (Fraunhofer Ise, 2017).

Şebeke bağlantılı eviriciler talep gücü farklılıklarına göre ikiye ayrılmaktadır. İlkinde FV panel çıkış uçları tek bir evirici ile bağlantılandırılır ve çoğunlukla yüksek güçlü sistemlerdir. İkincisi ise, her bir FV panel çıkış uçları için bir eviriciye giriş yapılarak çıkış uçları toplanarak bağlantılandırılan düşük güçlü sistemlerdir (Abamor, 2016).

Elektrik üretim santrali olarak kullanılan FV sistemlerde, bağlantı noktası, sistemin kurulu gücüne göre değişiklik göstermektedir. Kurulu gücü, 50 MVA'a

kadar olan sistemler, 34,5 kV dağıtım hattı gerilim seviyesinden, 50 MVA üzeri olanlar ise, 154 kV veya 380 kV iletim hattı gerilim seviyesinden şebekeye bağlanır (Çalikoğlu, 2010).

3.2.1.3.Karma sistemler (Hibrit)

Karma sistemler birden çok çeşitli elektrik üreten sistemlerin bir araya getirilmiş halidir. Rüzgâr türbinleri, biyogaz sistemleri, su kaynaklı sistemler, fosil yakıtlı sistemler vb. sistemler bir arada toplanarak ani bir enerji kesintisinde veya talebi karşılayamadığı durumlarda diğer sistemler devreye girerek enerji sürekliliğini sağlamış olur.

3.2.2. FV sistem bileşenleri

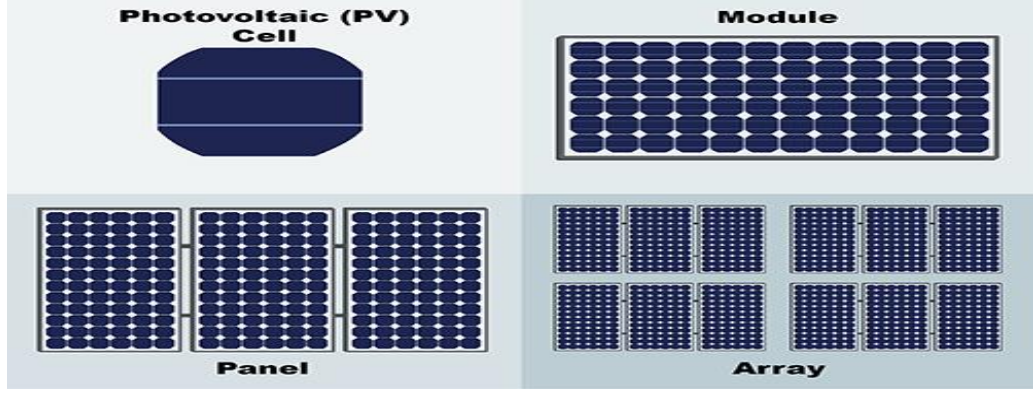
Bir FV sistemi oluşturan bileşenler aşağıdaki gibidir.

- ✓ FV göze, modül, panel ve diziler
- ✓ Güneş ışınımı ölçer (Solarimetre)
- ✓ Akü
- ✓ İnverter (DA/AA Eviriciler)
- ✓ Denetim(MPPT)/ Şarj Regülâtörü birimleri
- ✓ Yük gibi birimlerden oluşmaktadır.

3.2.2.1. FV göze, modül, panel ve diziler

FV sistemin en önemli bileşeni gözelerdir. FV gözeler güneşten yüzeylerine düşen ışınım enerjisini, elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletken malzemelerden oluşturulmuştur.

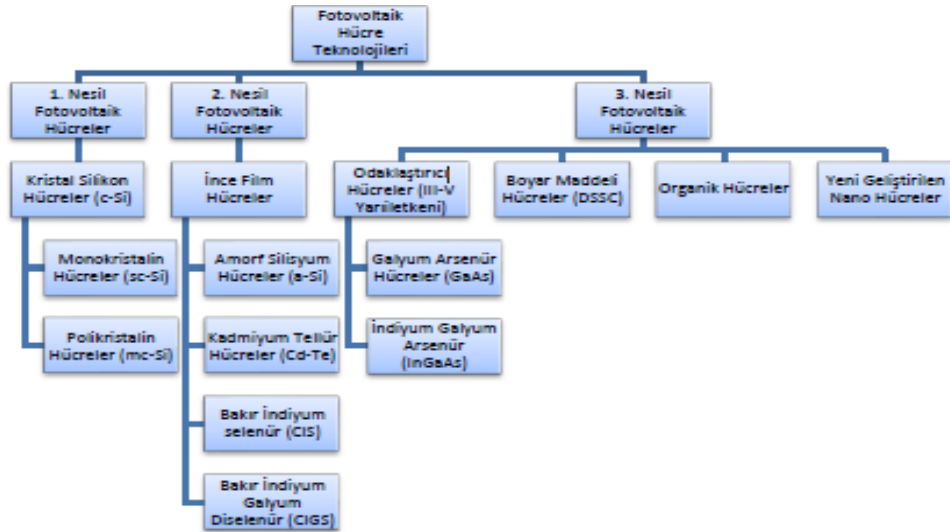
FV gözeler değişken güneşlenme sürelerinde ve açılarında, her bir göze için ortam koşullarına bağlı olarak fotoakım ve fotovoltaj üretirler. Talep edilen enerji için birçok gözeyi seri ve/veya paralel olarak montajının yapılması gerekmektedir. Böylece FV paneller oluşturulur. Şekil 3.7.'de FV hücre, modül, panel ve solar dizisi gösterilmektedir (Fsec, 2017).



Şekil 3.7. FV hücre, modül, panel dizisi

FV göze teknolojisinde kullanılan malzemeler ve imalat çeşitleri bakımından oldukça zengindir ve halen teknolojisinin geliştirilmesi için “Araştırma Geliştirme (AR-GE)” çalışmaları devam etmektedir. Bu çalışmalar eşliğinde henüz laboratuvar ortamında imal edilen ve halen AR-GE döneminde olup piyasaya sunulmayan FV gözeler vardır. Bunlar Galyum arsenür (GaAs), Graetzel (Boyar maddeli göze, DSSC) gözeler, organik gözeler ve nano gözelerdir. FV göze teknolojilerinin gelişim sırasına göre sınıflandırılması şekildeki gibidir. Mevcut durumda piyasada sunulan gözeler ise 1. ve 2. nesil FV gözelerdir.

Şekil 3.8.’de FV göze teknolojilerinin gelişim sırasına göre sınıflandırılması gösterilmiştir (Keskinel, 2015).



Şekil 3.8. FV göze teknolojilerinin gelişim sırasına göre sınıflandırılması

3.2.2.2. Güneş ışınım ölçer

Bazı ışınım ölçer cihazlar anlık veri kaydı yapabilmektedir bu da FV sistemlerin verimlilik hesaplarının daha doğru yapılabilmesi için kolaylık sağlayabilmektedir.

Güneş ışınımı ölçümlerinde kullanılan cihazlar aşağıdakilerdir;

- Piranometre
- Pirheliometre
- Albedometre

Şekil 3.9.'da portatif güneş ışınım örneği verilmiştir.



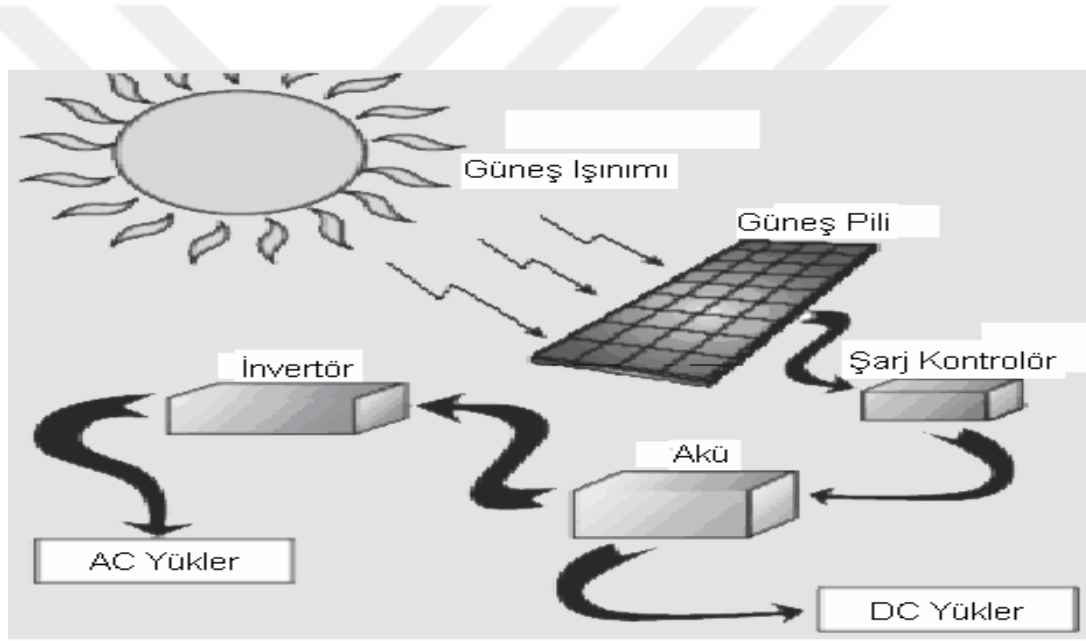
Şekil 3.9. Portatif güneş ışınım örneği

3.2.2.3. Akü (Depolama ünitesi)

Doğru akımla veya alternatif akımla çalışan ekipman ve cihazlar için şebekeye bağlı FV sistemlerde herhangi bir enerji kesintisi olduğu zaman sistemin çalışmasına devam etmesini sağlar. Şebekeden bağımsız FV sistemler için ise gözelerde üretilen elektrik enerjisini depolar ve enerji talebi durumunda ekipmanı enerjilendirir.

FV sistemlerde kullanılan aküler, yüksek şarj/deşarj verimi, derin döngüye uygun olması, düşük maliyet ve yüksek çevrim ömrü ve devir sayısı 1500'den fazla olması gibi özellikleri içeren aküler olup diğer akü çeşitlerine göre ön plana çıkmaktadır (Durak, 2014). Bu yüzden dolayı FV sistemlerde daha çok ani güç kesintilerinin neden olabileceği duruşların önüne geçebilmek için ve enerji depolama kaynağı olarak hazırda duran gerektiği an devreye girerek enerji kesintisini FV sistem bileşenlerine hissettirmeyecek şekilde özel üretilen stasyonier tip akülerin kullanımı tercih edilmektedir. Ayrıca minimum bakım ve uzun ömürlü olması da tercih edilme sebeplerinden biridir.

Şekil 3.10.'da güneş pili ile akünün şarj edilmesi gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Güneş pili ile akünün şarj edilmesi

3.2.2.4. İverter (Evirici)

Eviriciler, doğru dalga biçiminden, değişken sinüsoidal dalga biçimi elde eden, çıkış frekansı ve geriliminin birbirinden bağımsız olarak ayarlanabildiği düzeneklerdir. Bir FV sistemde bulunan FV gözelerin çıkışında üretilen doğru akım ile bir ekipman enerjilendirilebilir. Fakat alternatif akım ile beslenen ekipmanlar da FV gözeler ile enerjilendirilmek istenilirse DA/AA dönüşümü yapılması için akü ile ekipman arasına evirici montajına gerek duyulmaktadır.

Eviricileri dalga formuna göre; kare dalga, modifiye sinüs ve tam sinüs evirici olmak üzere 3'e ayırmak mümkündür (Aydöner, 2010).

3.2.2.5. Şarj kontrol ünitesi

Şarj kontrol ünitesi, akünün şarj ve deşarj akım döngüsünün kontrolünü sağlayan birimdir.

FV göze çıkışındaki fotoakım ve fotovoltaj değerlerinin güneşten gelen ışınım miktarıyla değişkenlik göstermesinden dolayı voltajın kontrol edilerek değişken olmaması gerekmektedir. Şarj kontrol cihazı akünün doluluk oranına göre gözeden gelen enerjiyi ve ekipmanın çekmiş olduğu enerji arasındaki döngüyü otomatik olarak ayarlayarak hem akünün tamamen boşalmasına hem de akünün olması gerekenden fazla şarj olmasına engel olur (Çekinir, 2012; Durak, 2014).

Değişik firmaların piyasaya sunmuş olduğu şarj kontrol üniteleri şekil 3.11.'de görüldüğü gibidir.



Şekil 3.11. Farklı firmaların piyasaya sunmuş olduğu şarj kontrol üniteleri

Şarj kontrol cihazlarının bağlantı uçlarında gözelerin + ve - uç girişleri, akünün anlık durumu için + ve - uç girişleri ve ekipman + ve - uç girişleri bulunmaktadır.

3.3. FV Gözelerin Verimini Etkileyen Faktörler

FV gözelerin enerji kazanım verimi için uygulanması gerekenler şunlardır:

- Kurulumun yapıldığı stratejik ve jeopolitik konumunun iyi seçilmesi, FV gözünün kaliteli olmasıdır.
- Güneş ışınımının göze ulaşığı açı, 90°'den büyük olan açıda vuran foton (ışık) elektrik kazanımı için en verimlisidir.
- Havanın nem oranının düşük olması enerji kazanımı için daha verimlidir.

3.3.1. Sıcaklığın etkisi

Güneş pillerinin çalışmasında sıcaklığın önemli bir etkisi vardır. Güneş pillerinin kısa devre akımı sıcaklığın düzgün bir şekilde artmasıyla yükselme eğilimi gösterir. Yarı iletken enerji bant aralıkları genellikle sıcaklıkla azaldığından açık devre voltajı ve dolum faktörü azalır. Enerji bant aralığı oda sıcaklığında lineer olarak değişme gösterirken düşük sıcaklıklarda ise doğrusal olmayan bir değişme gösterir (Karamanav, 2007).

FV sistemler yapıları bakımından incelendiğinde İnce film FV gözeler kristal FV gözelerine göre sıcak iklimlerde her yıl % 30 daha fazla enerji üretir (Makrides vd., 2012). Yüksek sıcaklıklardan daha az etkilenmesi ve dönüşüm verimliliğinin daha yüksek olması sebebiyle ince film FV gözeler sıcak iklimlerde mono kristal FV gözelerine göre tercih edilebilir (Kesler vd., 2014). Her 1°C'lık sıcaklık artışı, üretilen güç değerini % 0.5 oranında azaltmaktadır. Amorf silisyum malzemeli gözelerde ise 1°C'lık artış, üretilen güç değerini % 0.2 oranında azaltmaktadır (KTEMB, 2017).

3.3.2. Yüzey parametresinin etkisi

Işığın yansımalarını azaltmada kullanılan yaklaşımlardan biri de özel yapılı yüzeylerdir. Özel yapılı yüzeyler ve silisyum ince tabakaların kullanımı artmaktadır. Silisyum tabakaların yüzeylerinde küçük piramitler seçici dağılama yöntemi kullanılarak elde edilirler. Bu piramitlerin yüzeylerinden yansıyan ışık,

diğer piramitlerden de yansıyarak pilin içine girer.Güneş pillerinde anti yansıtıcı kaplama kullanılmasıyla yansıma kayıpları azaltılmış olur. Işığın yüzeye düştüğü her noktadaki toplam yansıma, silisyuma dik gelen ışıktaki olduğu gibidir. Yüzeydeki toplam yansıma %0.33 ile %11 seviyeleri arasındadır. Yüzeyleri piramitleştirme tekniği kullanılarak yansımayı önleyici kaplama olmaksızın yüksek performanslar elde edilebilir.

3.3.3. Spektral etki

Monokromatik ışık, yarıiletken içinde elektron-oyuk çiftinin oluşmasına neden olur. Hücrelerde fotonların bütün enerjileri kullanılmaz. Görünür dalga boylarında verim en yüksektir, kızılötesi bölgelerde ise en düşüktür.

Çizelge 3.4.'te Güneş piline ışığın spektral etkisi gösterilmiştir.

Çizelge 3.4. Güneş piline ışığın spektral etkisi

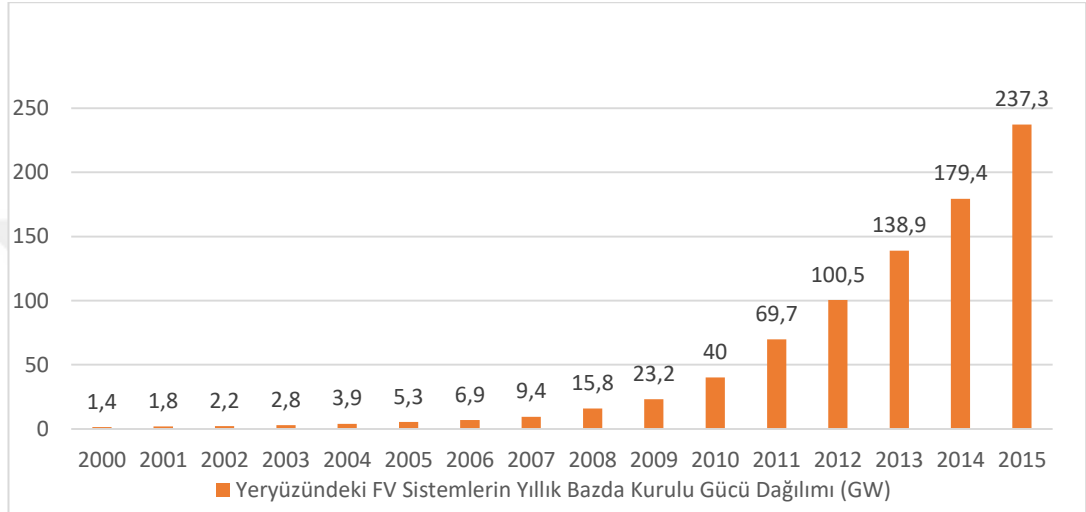
RENK	DALGABOYU(nm)	VOLT
MOR	410	3.11
MAVİ	470	3.34
YEŞİL	520	3.52
SARI	590	3.44
TURUNCU	650	3.22
KIRMIZI	725	3.20

3.3.4. Foto açısal etki

Yarıiletken malzemeden yapılmış olan güneş piline gelen fotonlar, yüzeye çarpınca ışığın bir kısmı yüzey tarafından yansıtılırken, geriye kalan diğer kısmı yarıiletken tarafından soğurulur (Karamanav, 2007).

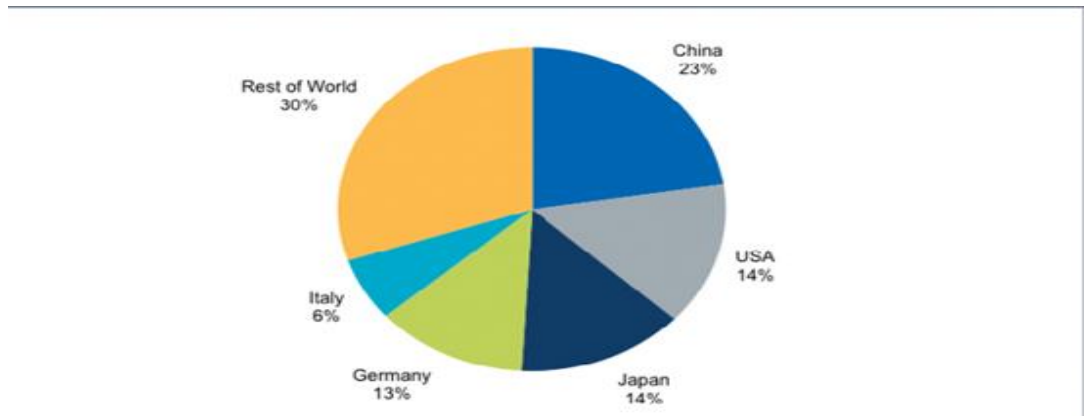
3.4. Dünya Üzerinde FV Sistem Gelişmeleri

Yeryüzünde bulunan FV sistemlerin kurulu gücünün son yıllarda büyüme hızı giderek artmaktadır. Şekil 3.12.'de görüldüğü gibi 2013 yılında 138.9 GW olan tahmini kurulu gücü 2014 yılında yaklaşık olarak %30 büyüyerek 179.4 GW'a ulaşmıştır (Cleantechnica, 2014).



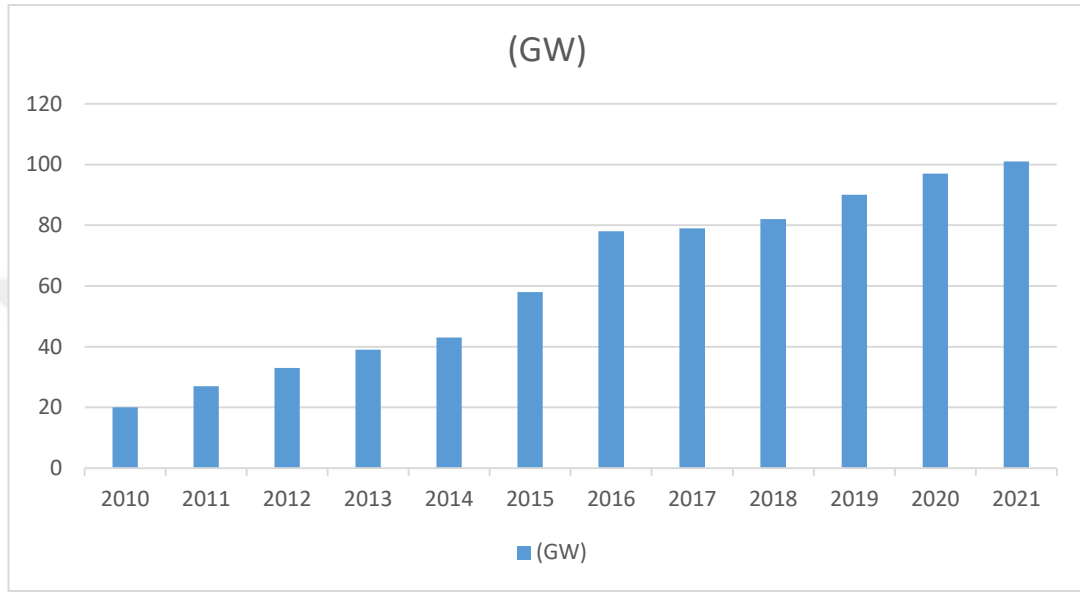
Şekil 3.12. Yeryüzündeki FV sistemlerin yıllık bazda kurulu gücü dağılımı

Şekil 3.13.'te görüldüğü gibi bahsi geçen FV sistemlerin kurulu gücünün yaklaşık %23'ü ile Çin ilk sırada yer almaktadır. Çini, %14 ile Amerika ve Japonya, %13 ile Almanya, %6 ile İtalya takip etmektedir. Geriye kalan %30'luk dilimde ise geriye kalan diğer dünya ülkeleri bulunmaktadır (PVTECH,2016).



Şekil 3.13. 2016 yılı FV sistem kurulu gücünün ülkelere göre dağılımı

Şekil 3.14.'te görüldüğü gibi Information Handling Services adlı dünya çapında yatırımlar için araştırmalar yapan şirketin araştırma verilerine göre önümüzdeki yakın gelecekte de bu büyümenin devam etmesi beklenmektedir. 2020'li yıllardan sonra diğer enerji üretim sistemleri ile rekabet edebileceği tahmin edilmektedir (Sunwindenergy, 2017).



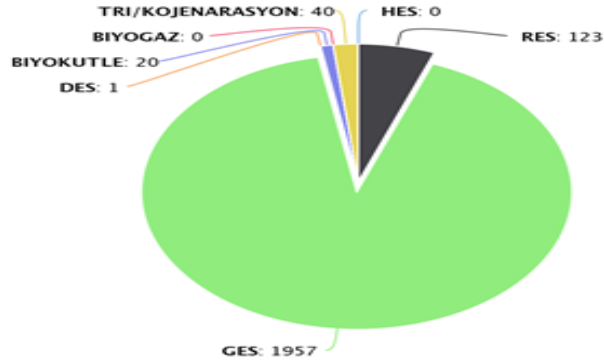
Şekil 3.14. FV sistemlerin kurulu gücünün yakın gelecek için artış beklentileri

3.5. Türkiye’de FV Sistem Gelişmeleri

FV göze üretiminde, gelişen teknoloji ile maliyetlerde geçmişe göre çok hızlı bir azalma görülmektedir. Bu alanda yapılacak AR-GE çalışmaları sonucunda yapılan yatırımları, devletimizin bu çalışmaları desteklemeleri ile geliştirilecek teknikler sonucu, fiyatların daha da düşeceği öngörülmektedir. Ülkemizde 2016 yılı sonu itibariyle kurulu gücü 402 MW olan 34 adet GES’e ön lisans, kurulu gücü 12,9 MW olan 2 adet GES’e lisans verilmiştir ayrıca, lisanssız elektrik üretim santrallerinin kurulmasının akabinde 1043 adet GES tespit edilmiştir. Bu santrallerin toplam kurulu gücü 819,6 MW olarak ölçülmüş olup, 2 adet lisanslı GES ile birlikte toplam kurulu gücümüz 832,5 MW’a ulaşmıştır (ETKB, 2017).

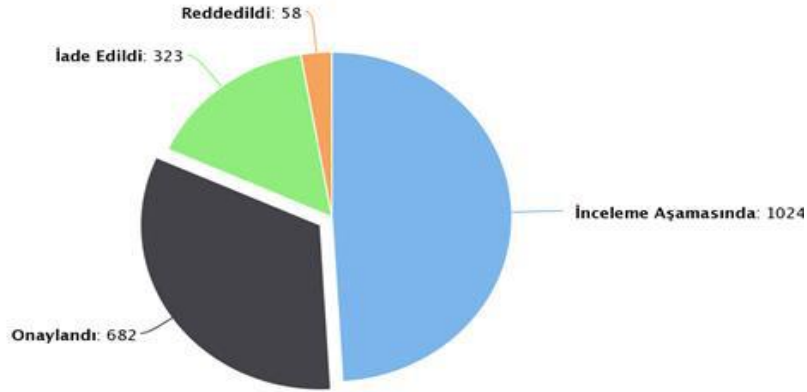
Ülkemizdeki, FV santral projeleri ve kurulumu gerçekleştirilen tüm şebeke bağlantılı lisanssız enerji üretim tesislerine ait başvuruların dağılımı şekil

3.15.'deki gibidir. Toplamda Lisanssız olarak, 1957 adet GES proje başvurusu gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.15. Türkiye'deki lisanssız enerji üretim santralleri proje başvuru sayısı dağılım grafiği

Şekil 3.16.'da görüldüğü gibi yapılan bu 1957 GES proje başvurularından, 682 tanesi onaylanmış, 323 tanesi iade edilmiş, 58 tanesi reddedilmiş ve 1024 tanesi de inceleme aşamasındadır. Onay işlemi yapılan 682 GES proje başvurusundan, 150 tanesi santral kurulumlarını tamamlayarak, tesis onay işlemlerini gerçekleştirmiştir (Abamor, 2016).



Şekil 3.16. Türkiye'deki lisanssız GES proje başvuru sayısı dağılım grafiği

Ülkemizde bulunan belli başlı GES'ler;

- Kayseri OSB GES (50 MW)
- Konya Kızören GES (22.5 MW)
- Derinkuyu GES(17 MW)
- Makascı Mühendislik GES(10 MW)

Ülkemizde en çok dikkat çeken GES'lerden biri olan Konya Kızören GES 2016 Mayıs'ta devreye alınmıştır. Kurulu gücü toplam 22,5 MW olan Kızören GES Türkiye'nin en büyük GES'lerinden biridir. Ayrıca online scada mimarisi olan Şekil 3.17.'de gördüğümüz Kızören GES, uzaktan sistem takibi ile üretim parametrelerinin anlık durumlarını izleme fırsatını sunan Türkiye'deki tek GES olma özelliğini de taşımaktadır (Teknoraysolar, 2016).



Şekil 3.17. Konya Kızören GES

Ülkemizde bulunan GES'ler ele alındığında, dünyadaki GES'lere göre daha küçük görünse de, hem bu alanda yapılan AR-GE çalışmaları sonucundan ortaya çıkan teknolojik ilerlemeler, hem de kullanım alanlarının giderek artması ve çevre dostu bir enerji üretim özelliği olması, bu alanda gelişmelerin daha hızlı olacağını göstergesi olarak ortaya çıkmaktadır.

3.6. FV Simülasyon Programları

Günümüzde yaygın olarak kullanılan FV simülasyon programları ile birçok çeşitte FV güneş enerjisi sistemi tasarlanabilir, On-Grid (şebeke bağlantılı güneş enerjisi), Off-Grid (şebekeden bağımsız güneş enerjisi) ve güneş enerjili sulama sistemleri tasarımı yapılabilir. Güneş enerjisi simülasyon programları ile 3 boyutlu modellemeler hazırlayarak ve bu modellere güneş panellerini program üzerinde yerleştirerek güneşin doğuşu ve batışındaki güneş panellerine düşen gölgelenmeleri gerçek zamanlı görünebilir. Simülasyon programlar sayesinde

FV sistem tasarımcıları sistemin farklı bileşenlerini kurulumun yapılacağı coğrafi bölgeye, enerji talebine ve sistem güvenilirliği gibi parametrelere göre en uygun şekilde seçilerek sistem performans tahminleri yapılabilmektedir.

FV simülasyon programları FV sistemlerin verimliliğini temel olarak tahmin edebilmekte olup aynı zamanda çalışma davranışını da tahmin edebilmede önemli bir özelliktir. Tüm bunlar bir arada düşünüldüğünde simülasyon programların endüstriyel alanda yaygın olarak kullanılmaya aday olduğu görülmektedir.

Günümüzde en çok tercih edilen FV simülasyon yazılım programları PVsyst, PV*SOL, RETScreen, HOMER, SolarPro, Polysun, PVGIS, Helioscope, PV F-Chart, INSEL, NREL SAM'dır.

Bu çalışmada PV*SOL, PVGIS, Polysun ve Helioscope simülasyon programları tercih edilmiştir.

3.6.1. PV*SOL

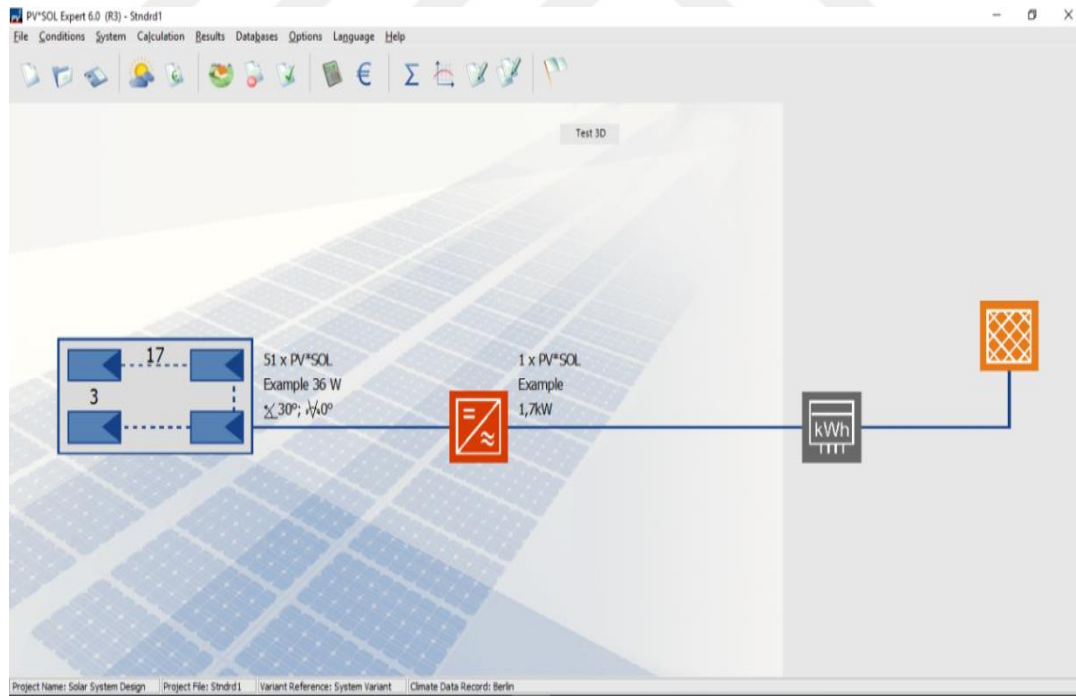
Günümüzde gerçek ortamda yapılan FV çalışmaların verimlerini tam olarak hesaplamak son derece önemlidir. PV*SOL simülasyon programı ile 5000 adet FV modüle kadar monte edilmiş tüm FV sistemlerin gölgelendirmelerini hesaplayabilmektedir. PV*SOL simülasyon programında 3D menü navigasyonu da bulunmaktadır. Bu menü, arazi görünümü, nesne görünümü, modül kapsama alanı, modül montajı, modül konfigürasyonu ve kablo planı seçenekleri ile 6 bölümden oluşmaktadır.

Şebekeden bağımsız sistemler için, alternatif akım ile bağlı yükler üzerinde profesyonelce planlama ve benzetim yapılabilmektedir. FV sistem tasarımı oluşturabilmek için sırasıyla; Harita tabanı üzerinden istenilen enlem ve boylam parametreleri, FV modülün teknik özellikleri, toplam kapasiteleri ve montaj bilgileri(montaj eğimi, yatay azimut açısı ve montaj sahası özellikleri), Evirici sayısı, teknik özellikleri ve dizilişi, sistem kurulumunda kullanılacak olan tüm

enerji kablolarının uzunluğu ve kesitleri, 3D görsel tasarım seçeneği ile FV bileşenlerin görselleştirilmesi adımları takip edilmektedir. PV*SOL simülasyon programında iklim veri tabanı olarak MeteoSyn kullanılmaktadır. İstenilirse kullanıcının tercihi doğrultusunda mevcut ölçülen değerlerden ekleme yoluyla ya da kullanıcının kendisinin aylık ortalama değerlerine göre hesaplamalar yapılabilmektedir.

PV*SOL simülasyon programı girilen parametrelere dayalı olarak bir verim simülasyonu görüntüler. Veri tabanında bulunan her FV modül için matematiksel karakteristik çizginin yeniden hesaplanması söz konusudur. Bu da modül verimlerinin tam olarak hesaplanacağı anlamına gelmektedir. PV*SOL simülasyon programının öğrenciler ve şirketler için iki ayrı ücretlendirilmesi olduğu belirtilmektedir (Valentin, 2017).

Şekil 3.18.'de PV*SOL simülasyon programının ara yüzü gösterilmektedir.



Şekil 3.18. PV*SOL simülasyon programının ara yüzü

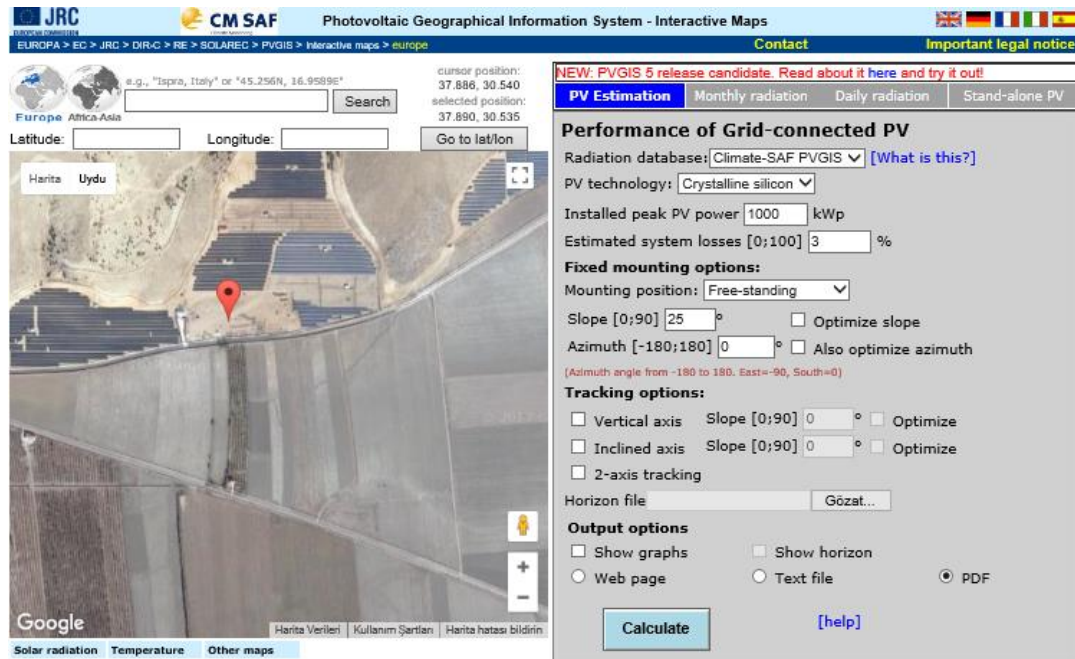
3.6.2. PVGIS

PVGIS Avrupa Komisyonu'nun kendi bünyesindeki bilim servislerinden Ortak Araştırma Merkezi tarafından uygulanan ücretsiz bir güneş FV enerji hesap makinesidir.

PVGIS(Photovoltaic Geographical Information System) güneş radyasyon haritalarına göre Avrupa, Afrika ve Asya'daki FV sistem ve tesislerinin güneş enerjisi üretim değerlerini hesaplayan çevrimiçi online ücretsiz FV enerji hesaplayıcı simülasyon programıdır.

Bu uygulama kullanıcı tarafından, harita üzerinden istenilen enlem ve boylam parametreleri, FV modülün çeşidi ve toplam kapasiteleri, sistem performans oranı, modül montaj özellikleri ve açıları, izleme özellikleri gibi parametrelerin belirlenmesiyle bir FV sistemin aylık ve yıllık, güneş ışınım değerlerini kWh/m², potansiyel elektrik üretimini kWh cinsinden hesaplar (European Commission, 2017).

Şekil 3.19.'da PVGIS simülasyon programının ara yüzü gösterilmektedir.



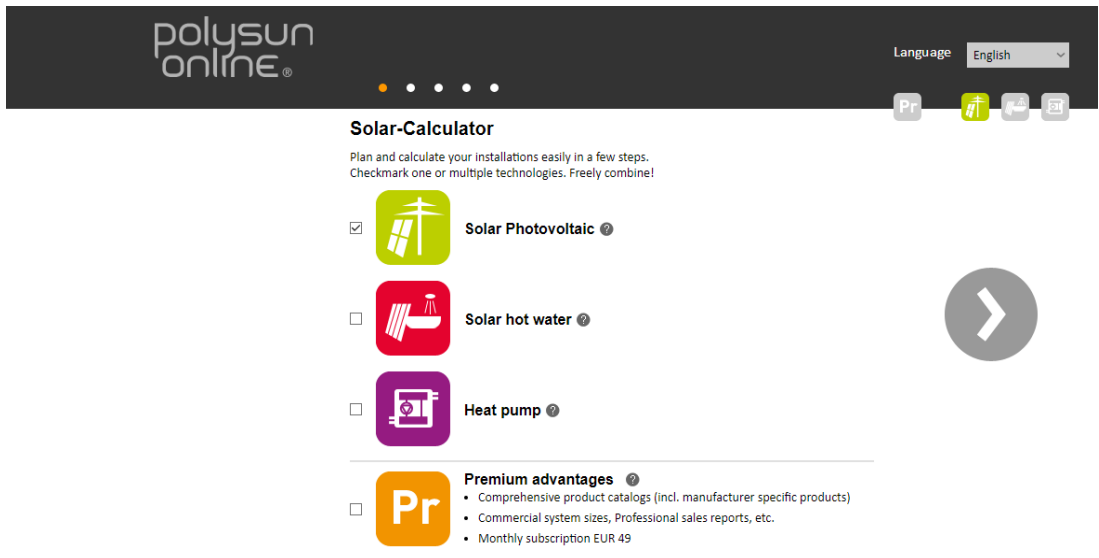
Şekil 3.19. PVGIS simülasyon programının ara yüzü

3.6.3. Polysun

Vela Solaris şirketinin FV simülasyon programı olan Polysun yazılımı, yenilenebilir enerji alanında doğru güncel hava durumu verileri ve kapsamlı bileşen veritabanları ile kurulumların sistem tasarımı, enerji analizi ve hesaplanması ile ilgili önemli bir seçenek sunar. FV sistem tasarımını yapabilmek için harita tabanı üzerinden istenilen enlem ve boylam parametreleri, FV modülün nominal gücü, toplam kapasiteleri ve montaj bilgileri(montaj eğimi, yatay azimut açısı), Evirici sayısı ve her bir eviricinin nominal gücü adımları izlenmektedir.

Polysun FV simülasyon programının hem bireysel kullanıma uygun olan sürümü hem de daha detaylı kullanıma uygun olan sürümü de (Küçük ve büyük tesisatların planlanmasında maksimum detaylandırma, gelişmiş evirici düzeni ve gölgeleme simülasyon özelliği) ücretlidir. İnternette ücretsiz olarak sunulan sürümü de mevcuttur. Ücretsiz olan sürümü, FV güneş enerjisi ve ısı pompası sistemleri için mükemmel bir başlangıç ve iyi bir destektir. Ayrıca, üç teknolojiyi birleştiren hibrit (karma) sistemlerinde analizleri yapılabilmektedir (Velasolaris, 2017).

Şekil 3.20.'de Polysun simülasyon programının ara yüzü gösterilmektedir.



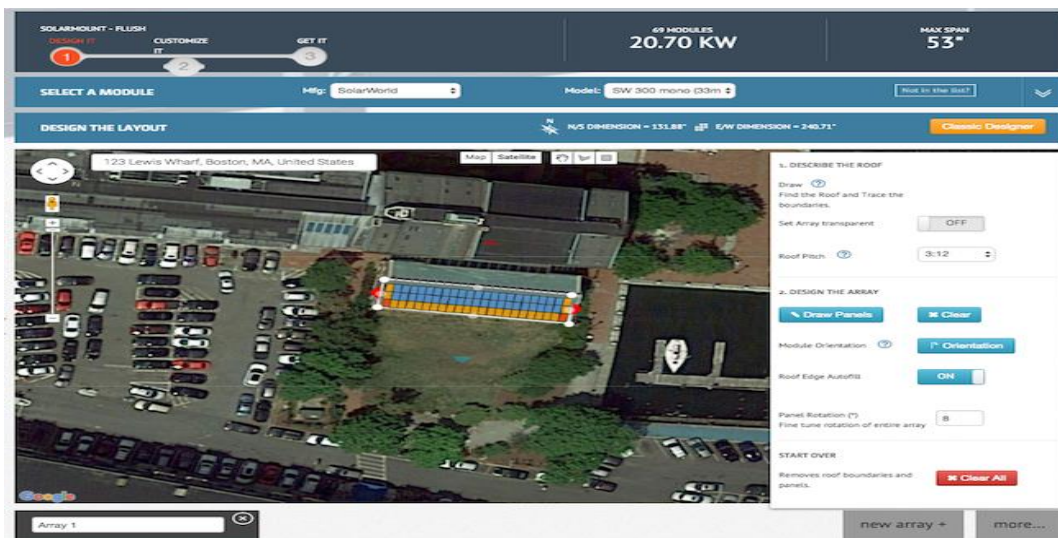
Şekil 3.20. Polysun simülasyon programının ara yüzü

3.6.4. Helioscope

Folsom Lab şirketinin FV simülasyon programı olan Helioscope, Güneş dizilerinin tasarımını, mühendisliğini basitleştirmek için Helioscope programını geliştirmişlerdir. Detaylı parametre seçenekleri ile simülasyon yapılabilen Helioscope programında, GES montajı yapanların tasarım hızlarının arttırmasına yardımcı olur.

Helioscope programında FV sistem tasarımı oluşturabilmek için sırasıyla; Harita tabanı üzerinden istenilen enlem ve boylam parametreleri, FV modülün teknik özellikleri, toplam kapasiteleri ve montaj bilgileri(montaj eğimi, yatay azimut açısı ve montaj sahası özellikleri), Evirici sayısı, teknik özellikleri ve dizilişi, sistem kurulumunda kullanılacak olan tüm enerji kablolarının uzunluğu ve kesitleri, 3D görsel tasarım seçeneği ile FV bileşenlerin görselleştirilmesi adımları takip edilmektedir. Kurulu gücü 5 MW'a kadar olan sistemlerin simülasyonunu yaparak performans analizi yapılabilir. Helioscope simülasyon programında iklim veri tabanı olarak NSRDB / NREL entegrasyonu kullanılmaktadır. Helioscope simülasyon programının aylık kullanım ücreti bulunmaktadır (Folsom Labs, 2017).

Şekil 3.21.'de Helioscope simülasyon programının ara yüzü gösterilmektedir.



Şekil 3.21. Helioscope simülasyon programının ara yüzü

4. ÜLKEMİZDE BULUNAN BİR GES'İN FARKLI SİMÜLASYON PROGRAMLARI İLE ENERJİ ANALİZİ

Isparta ilinde bulunan 1 MW kurulu güce sahip GES'in 01.01.2017-23.12.2017 tarihleri arası enerji üretim verileri ile simülasyon verileri karşılaştırılıp simülasyonda kullanılan PV*SOL, PVGIS, Polysun ve Helioscope simülasyon programlarında modellenerek, programların gerçeğe ne kadar yakın sonuçlar verdiği incelenmiştir.

4.1. Genel Bilgiler

Bir GES'in yıllık enerji üretimi, ekonomik analizinin en önemli parçalarından biri olarak belirtilmektedir. Bu bağlamda, yıllık enerji üretimi ile ilgili çalışmalar yapılırken hassasiyetin mümkün olduğunca artırılabilmesi için dünya üzerinde de çok yaygın olarak kullanılan simülasyon yazılım programları kullanılarak enerji analizi yapılmaktadır.

4.2. Enerji Analizi Yapılacak olan Santral Sahasının Konum ve Meteorolojik Özellikleri

Isparta ilinde bulunan GES'in konumu şekil 4.1.' de görüldüğü gibidir.



Şekil 4.1. Isparta ilinde bulunan GES'in konumu

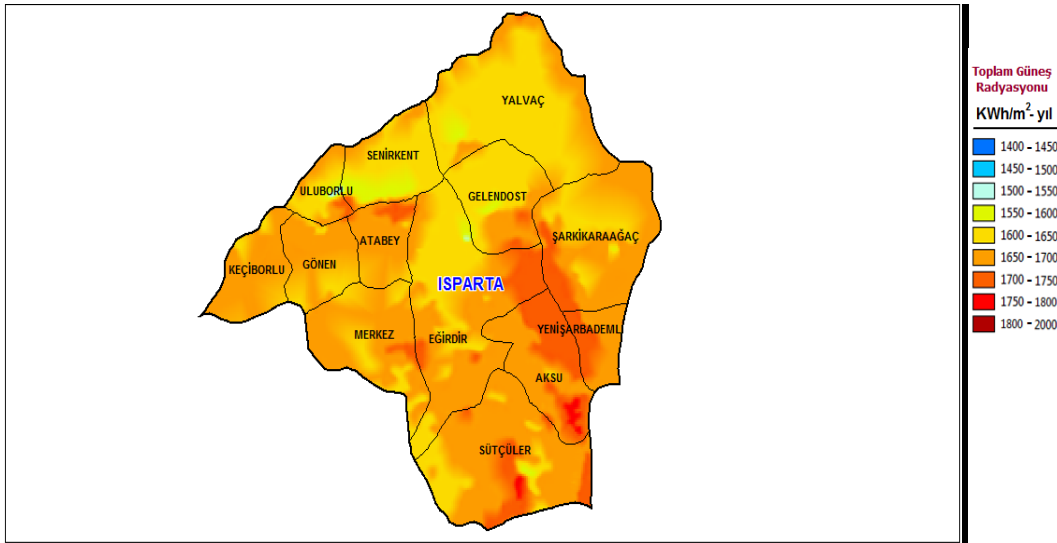
Şekil 4.2.'de Isparta iline ait 1929-2016 yılları arasında gözlemlenen meteoroloji genel müdürlüğünün resmi meteorolojik verileri gösterilmektedir.

ISPARTA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Son İklim Periyoduna (1929 - 2016)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	1.8	2.9	5.9	10.7	15.5	20.0	23.4	23.2	18.6	13.0	7.6	3.5	12.2
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	6.3	7.7	11.6	16.6	21.8	26.5	30.3	30.6	26.4	20.5	13.9	8.1	18.4
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-2.0	-1.4	0.8	4.8	8.6	12.3	15.3	15.1	10.9	6.7	2.6	-0.4	6.1
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.5	4.4	5.5	6.5	8.3	10.2	11.2	10.5	9.3	7.1	5.2	3.2	84.9
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	12.9	11.4	10.8	10.2	10.6	6.5	2.8	2.2	3.7	6.4	7.8	12.4	97.7
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	80.6	68.8	58.9	53.2	55.7	33.2	13.7	12.1	18.6	37.7	45.2	87.1	564.8
Son İklim Periyoduna (1929 - 2016)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	18.4	22.5	29.5	29.5	33.1	38.1	42.3	41.2	35.6	33.2	26.3	22.3	42.3
En Düşük Sıcaklık (°C)	-19.2	-21.0	-18.5	-7.7	-1.2	1.2	4.9	6.4	-0.8	-4.2	-11.5	-15.4	-21.0

Günlük Toplam En Yüksek Yağış Miktarı	Günlük En Hızlı Rüzgar	En Yüksek Kar
04.01.1953 108.6 mm	12.01.1968 110.5 km/sa	29.03.1946 59.0 cm

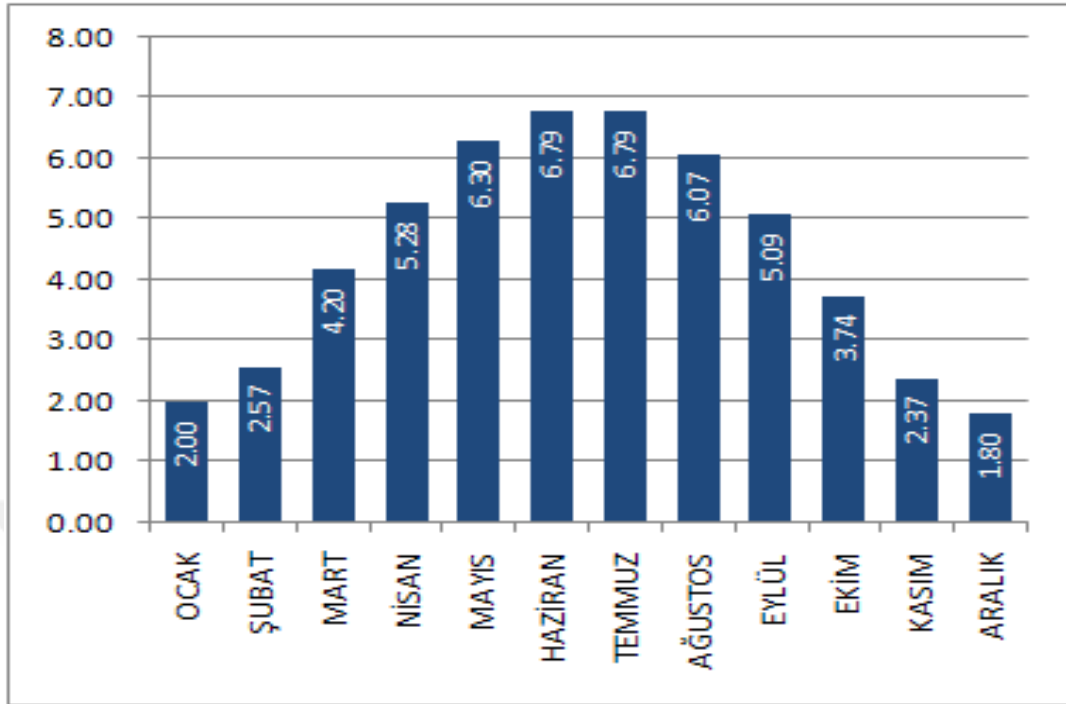
Şekil 4.2. 1929-2016 yılları arasında gözlemlenen meteoroloji genel müdürlüğünün resmi meteorolojik verileri

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) verilerine göre Isparta'nın güneş enerji potansiyelinin ilçelere göre dağılımı şekil 4.3.'te gösterilmiştir.



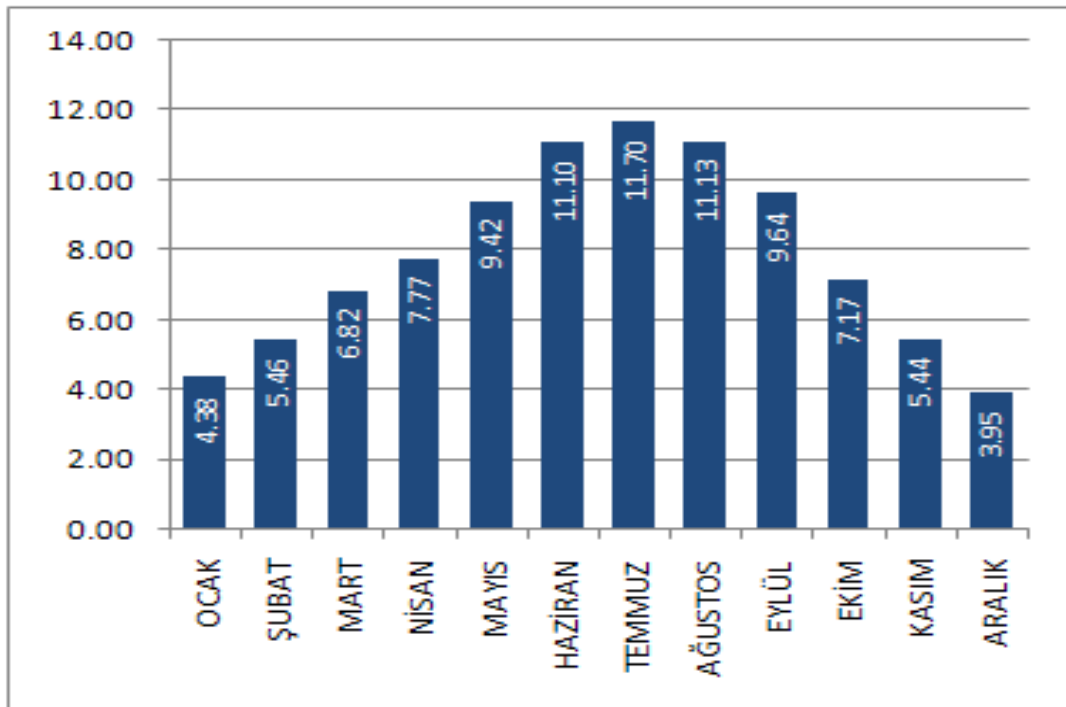
Şekil 4.3. Isparta'nın güneş enerji potansiyelinin ilçelere göre dağılımı

Şekil 4.4. 'te Isparta'nın global radyasyon değerleri verilmiştir.



Şekil 4.4. Isparta global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün)

Isparta'nın güneşlenme süresi ise Şekil 4.5.'te gösterilmiştir (YEGM, 2017).



Şekil 4.5. Isparta güneşlenme süreleri (saat)

4.3. GES'in Kurulu Gücü, Ünite Sayısı ve Kapasitesi

Analizi yapılacak olan santralin kurulu gücünün 1 MW'lık bölümü tercih edilmiştir. Bu tercihin yapılmasında hem ekonomik hem de teknik nedenler belirleyici olmuştur. Bu tezin konusu olan GES'in farklı simülasyon programları ile enerji analizi bu kriter göz önüne alınarak yapılmıştır. GES'te 3784 adet 265 Wp polikristal teknoloji güneş paneli, 15 adet nominal gücü 60 kW olan trifaze evirici ve farklı kesitlerde ve uzunlukta bakır enerji kablosu kullanılmıştır.

FV simülasyon programlarında yapılan analizlerde farklı güneş panelleri kullanılacağı ve buna göre karşılaştırmalar yapılacağı için değişik sayılarda güneş paneline sahip olacaktır. Bununla birlikte kullanılacak olan kristal teknoloji güneş panelleri genel olarak 260-270 Wp nominal güç kapasitesi aralığında yer aldığından dolayı simülasyon programlarında 3700-3850 adet arasında güneş paneli kullanılmıştır.

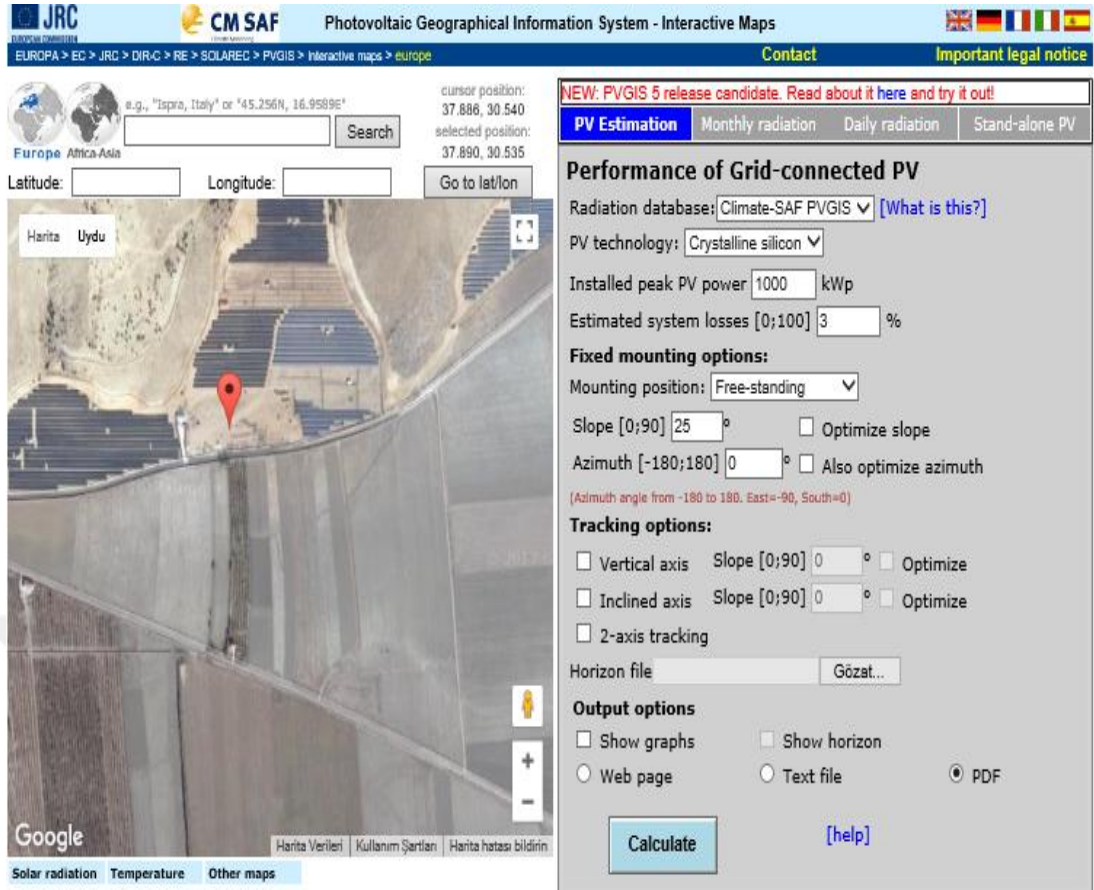
Ayrıca kullanılan eviriciler farklı farklı olacağı için toplam güç kapasitesi aynı fakat farklı miktarlarda bulunmaktadır.

4.4. FV Programların Simülasyon Sonuçlarının Karşılaştırılarak Doğruluğunun İncelenmesi

Bu programlar sayesinde FV sisteminin, enerji talebi ve güvenilirliği gibi parametrelere göre en uygun şekilde seçilmesi amaçlanıp kullanılan programlarla performans tahminleri yapılmıştır.

4.4.1. PVGIS harita tabanlı program ile simülasyon analizi

GES'in özelliklerine göre parametrelerinin seçildiği PVGIS programının ara yüzü Şekil 4.6.' da gösterilmektedir.

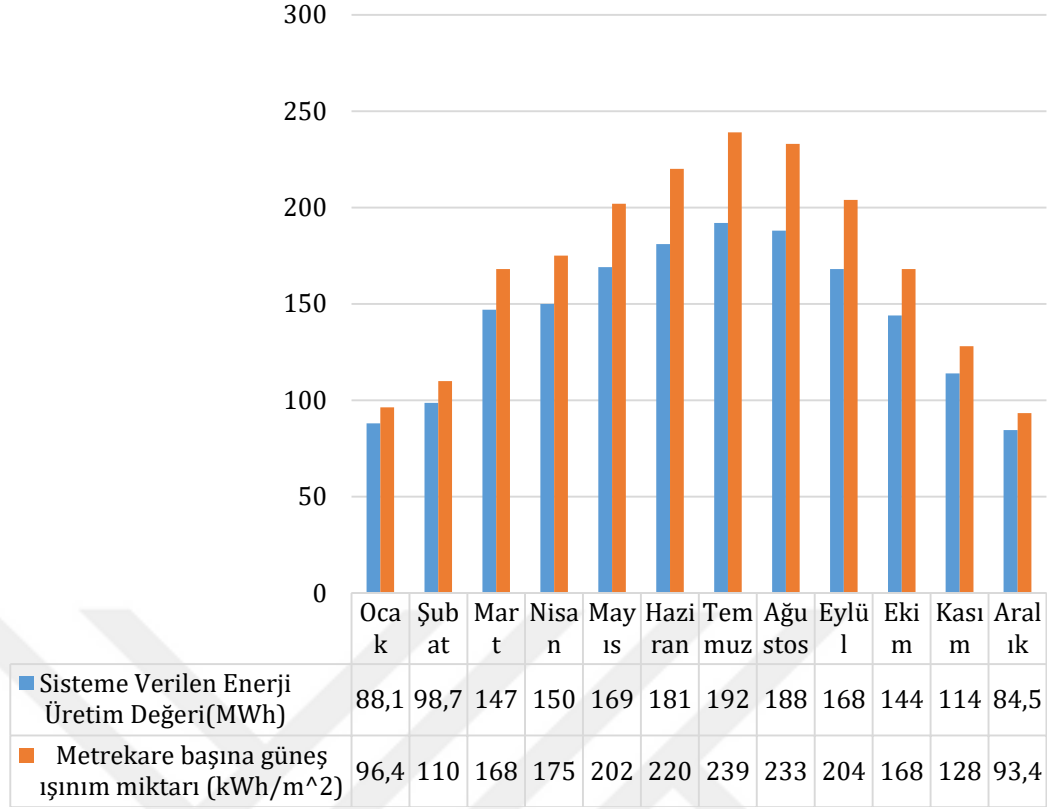


Şekil 4.6. Çalışma kapsamında kullanılan PVGIS simülasyon programının ara yüzü

Çalışma kapsamında yapılan işlemler;

- Ara yüzünde de görüldüğü gibi Google harita tabanından GES'in koordinatları seçilmiştir.
- FV güneş paneli olarak kristal silikon malzemeli FV güneş gözesi teknolojisi seçilmiştir.
- Sistem kurulu gücü olarak 1000 kWp seçilmiştir.
- FV güneş panellerinin, montaj eğimi 25° ve 0° yatay azimut açısı ile tam güneye yönlendirilmiştir. Ayrıca montaj biçimi de zemine montajlı olarak seçilmiştir.

PVGIS programında girilen bu parametreler ile yapılan hesaplamaların analiz sonuçları Şekil 4.7.' de gösterilmektedir.



Şekil 4.7. PVGIS programında yapılan hesaplamaların analiz sonuçları

Şekil 4.7.'de görüldüğü gibi Isparta ilinde bulunan 1 MWp'lık GES'in PVGIS programında yapılan analiz sonuçlarına göre günlük ve aylık enerji üretimi toplamları ile evirici çıkışında sisteme verilen toplam yıllık enerji üretimi 1,72 GWh olduğu gözlemlenmiştir. Metrekare başına güneş ışınım miktarı yıllık 2040 kWh/m² olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek enerji üretiminin yapıldığı ve güneş ışınım miktarının olduğu ayın temmuz olduğu gözlemlenmiştir (239 kWh/m²).

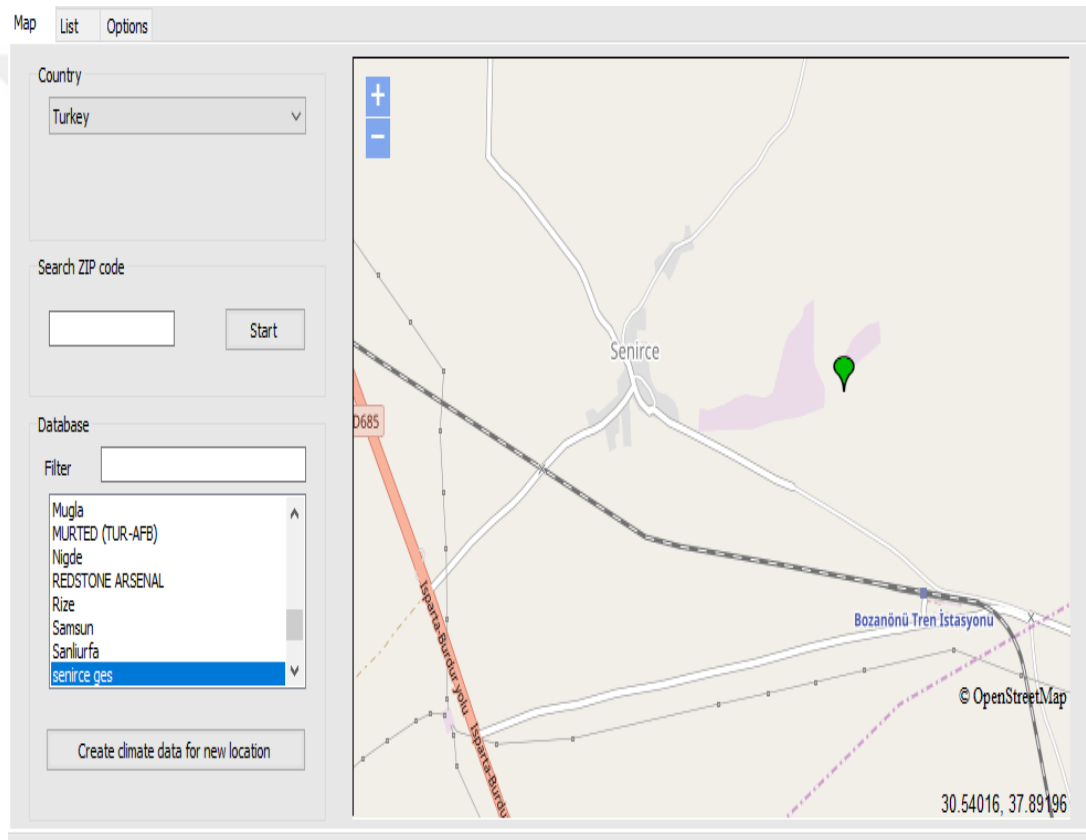
Çizelge 4.1. PVGIS programının sistem bileşenlerinin ve çevresel etkilerin oluşturduğu enerji kaybı

Sıcaklık ve düşük güneş ışınımından dolayı oluşan kayıp oranı	%10.1
Ani açısal etkiden dolayı oluşan kayıp	%2.6
Diğer oluşan kayıplar (evirici, kablolar vb.)	%3
Genel FV sistemin toplam kaybı	%15.1

Parametreler girilirken evirici ve güneş panelinin teknik özelliklerinin, dizilişinin ve sayısının seçilememesi bu simülasyon programının en büyük dezavantajıdır.

4.4.2. PV*SOL programı ile simülasyon analizi

PV*SOL programı ile simülasyon analizi için ilk olarak Şekil 4.8.'de gösterildiği gibi PV*SOL programında kullanılan MeteoSyn harita tabanı üzerinden GES'in koordinatları seçilmiştir.



Şekil 4.8. MeteoSyn harita tabanı üzerinden GES'in koordinatları

Şekil 4.9.' da görüldüğü gibi santral kurulu gücü 1 MW olarak seçilmiştir. Bu talep için toplamda 6448 m²' lik alanın gerektiği hesaplanmıştır. Tüm paneller için çoklu evirici kullanımı tercih edilmiştir.

Inverter Concept

One System Inverter

Multiple Inverters :

Number of Arrays:

PV Output: kWp

Gross PV Surface Area: m²

PV Solar Surface: m²

Losses

Check

System Diagram

Simulation

Şekil 4.9. Santral kurulu gücü ve gerekli alan

Şekil 4.10.' de görüldüğü gibi PV*SOL programı teknik veriler sekmesinde panelin sayısı, teknik özellikleri ve montaj bilgileri, evirici sayısı, dizilişi ve teknik özellikleri bölümleri bulunmaktadır.

PV Module 8.33 Solar 8.265MSG

Create preview of roof layout with Photo Plan

Photo Plan

Import

Export

Installation Type

Free-Standing

With Ventilation

Without Ventilation

Generator Output

Define Module Number No. of Modules

Determine Output from Roof Area

Roof Parameters

Resulting PV Array Output kWp

Orientation

Set Inclination

Orientation (Azimuth) °

Single Axis Tracking

Irradiation: 1.953 kWh/m²a

Inclination (Tilt Angle) °

Dual Axis Tracking

Graph

Tilt Angle max. Irradiation: ???°

Inverter Santerno SUNWAY TG 14DE 600V

No. of Inverters:

Installed Inverter Output [kW]:

MPP Tracking Range [V]: -

Configuration per Inverter

No. of Modules in Series: Configuration

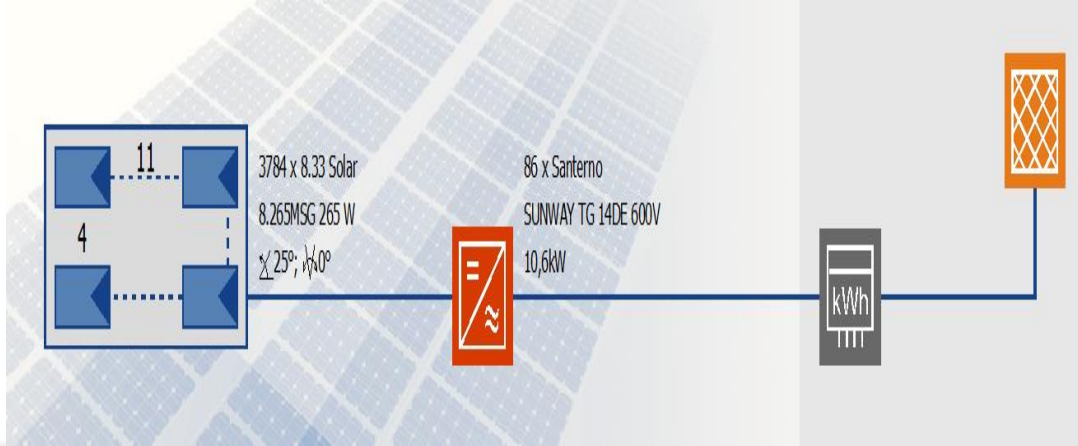
MPP Voltage (STC) [V]:

No. of Parallel Strings:

Şekil 4.10. PV*SOL programı teknik veriler sekmesi

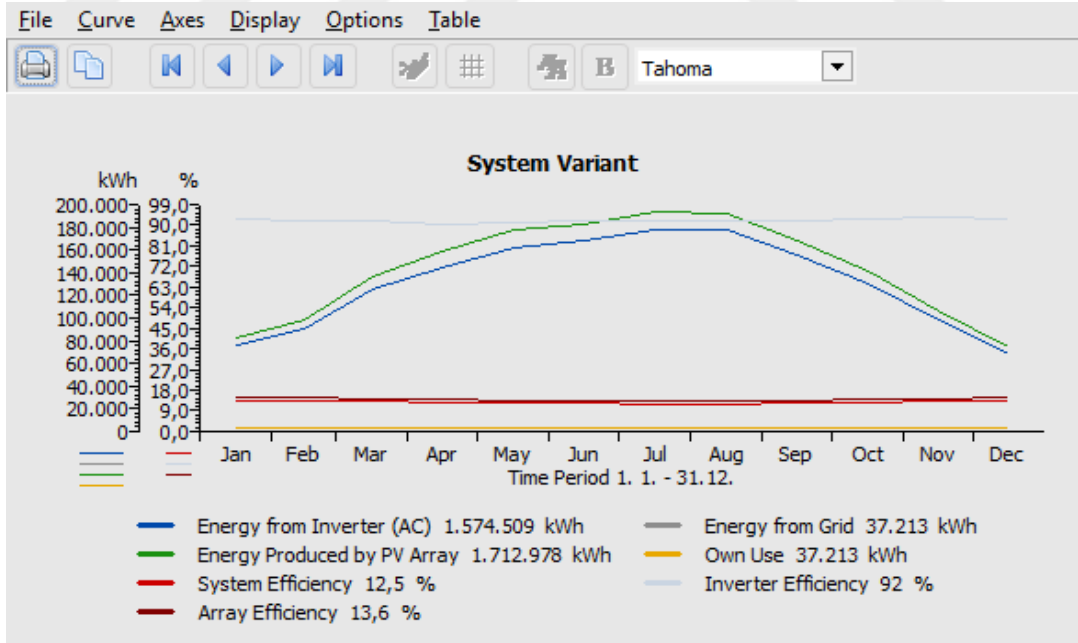
1 MW kurulu güç için 8.33 solar marka 3784 adet 265 Wp kristal teknolojili FV panel kullanılmıştır. FV panellerinin montaj biçimi zemine montajlı olarak seçilmiştir. Montaj eğimi 25⁰ ve 0⁰ yatay azimut açısı ile tam güneye yönlendirilmiştir. Ayrıca 86 adet Santerno marka 10.6 kW nominal güce sahip evirici kullanılmıştır. Her bir evirici 44 adet 265 Wp FV panelden enerjilendirilecek şekilde tasarımı yapılmıştır.

GES'in özelliklerine göre parametrelerinin seçildiği PV*SOL programının arayüzü Şekil 4.11.'de gösterilmektedir.



Şekil 4.11. Çalışma kapsamında kullanılan PV*SOL simülasyon programının arayüzü

PV*SOL programında girilen bu teknik parametreler ile yapılan hesaplamaların analiz sonuçları Şekil 4.12.'de gösterilmektedir.

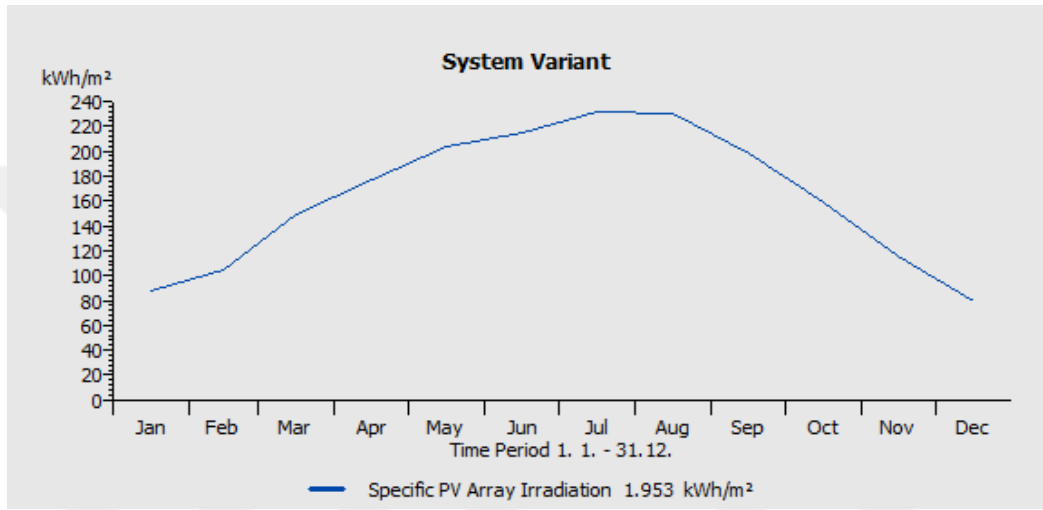


Şekil 4.12. PV*SOL programında yapılan hesaplamaların analiz sonuçları

Şekil 4.12.'de görüldüğü gibi Isparta ilinde bulunan 1 MWp'lık GES'in PV*SOL programında yapılan analiz sonuçlarına göre günlük ve aylık enerji üretimi

toplamları ile FV panel çıkışında yıllık enerji üretiminin 1,712978 GWh olduğu gözlemlenmiştir. %92 evirici enerji verimliliğinden dolayı oluşan %8' lik enerji kaybı sonucunda evirici çıkışında 1,574509 GWh yıllık enerji üretimi olduğu gözlemlenmiştir.

Günlük ve aylık metrekareye düşen güneş ışınım miktarı Şekil 4.13.'te gösterilmiştir.



Şekil 4.13. Güneş ışınım miktarı

Yıllık bazda metrekareye düşen toplam güneş ışınımı miktarı 1.953 kWh/m² olarak hesaplanmıştır. Şekil 4.14.'te de görüldüğü gibi en yüksek ışınım miktarı temmuz ayında en yüksek 223 kWh/m² ile göze çarpmaktadır.

4.4.3. Polysun programı ile simülasyon analizi

Polysun programı ile simülasyon analizi için ilk olarak şekil 4.14.'te gösterildiği gibi google harita tabanı üzerinden GES'in koordinatları seçilmiştir.

Project and location

Define project name and location

Project name

Description

Image of the object (max. 500kB)

Address



Şekil 4.14. Harita tabanı üzerinden GES'in koordinatları

Şekil 4.15.'te görüldüğü gibi santral kurulu gücü 1 MW olarak seçilmiştir. Bu talep için toplamda 6250 m²' lik alanın gerektiği hesaplanmıştır.

Photovoltaic module

Define the PV-panel field; Product, number of panels, tilt angle, orientation

Tilt angle (Optimum on flat roof: 38 °)

Orientation (Optimum: South)

Find PV-module

Manufacturer - Photovoltaic module - Nominal power (W)

Anonymous - PV-Modul-265W - 265
Anonymous - PV-Modul-270W - 270
Anonymous - PV-Modul-275W - 275
Anonymous - PV-Modul-280W - 280
Anonymous - PV-Modul-285W - 285

System size known as:

Number of modules

Gross area

Nominal power

Number of modules (6250.03 m², 1002.76 kWp)

Şekil 4.15. FV panel seçimi sekmesi

1 MW kurulu güç için 3784 adet 265 Wp FV panel kullanılacaktır. FV panellerinin montaj biçimi zemine montajlı olarak seçilmiştir. Montaj eğimi 25° ve 0° yatay azimut açısı ile tam güneşe yönlendirilmiştir. Polysun programında FV panel çeşitlerinin malzeme tipi ve diğer teknik özelliklerinin seçilemiyor olması olumsuz yönlerinden biridir.

Şekil 4.16.'da evirici sayısı ve dizilişi bölümleri gösterilmektedir.

Inverter layout

Select an Inverter manufacturer and Polysun calculates all possible inverter layouts.

Find manufacturer **Pr**

Manufacturer **Pr**

Local grid voltage

Matching inverter types Use all matching inverters **Pr**

Inverter layout (Count x Inverter [Power Ratio])

3 x Inverter 160k [71%] + 1 x Inverter 160k [122%]
2 x Inverter 160k [69%] + 2 x Inverter 160k [94%]
2 x Inverter 160k [78%] + 2 x Inverter 160k [81%]
1 x Inverter 160k [79%] + 3 x Inverter 160k [79%]
3 x Inverter 160k [70%] + 1 x Inverter 160k [132%]
2 x Inverter 160k [76%] + 2 x Inverter 160k [83%]

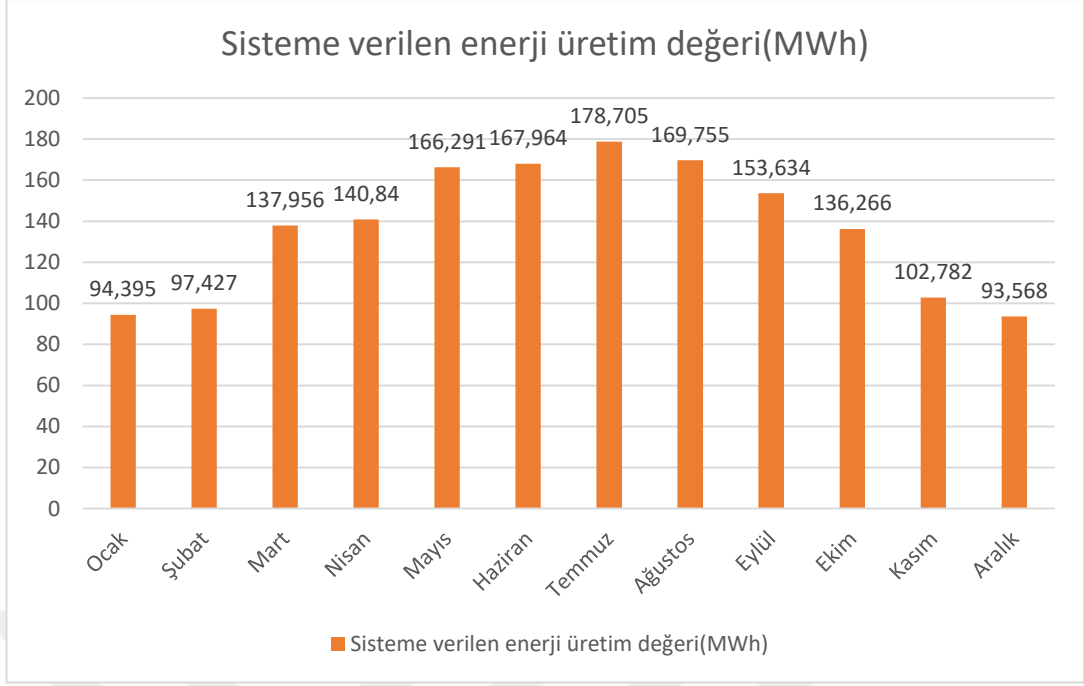
Composition

3 x Inverter 160k : 16 Strings x 22 Modules
1 x Inverter 160k : 8 Strings x 25 Modules

Şekil 4.16. Evirici sayısı ve dizilişi

Şekil 4.16.'da görüldüğü gibi besleme voltajı seçeneğinde 50 Hz, 3 faz olarak şebeke voltajı ve frekansı seçilmiştir. Ayrıca Polysun programının bu bölümünde eviricilerle ilgili teknik detaylar ayrıntılı olarak sunulmamaktadır, bu yüzden 3784 adet 265 Wp teknik özelliklerde seçilen FV panellere uygun seçimi program otomatik olarak yapmaktadır.

Polysun programında girilen bu teknik parametreler ile yapılan hesaplamaların analiz sonuçları Şekil 4.17.'de gösterilmektedir.



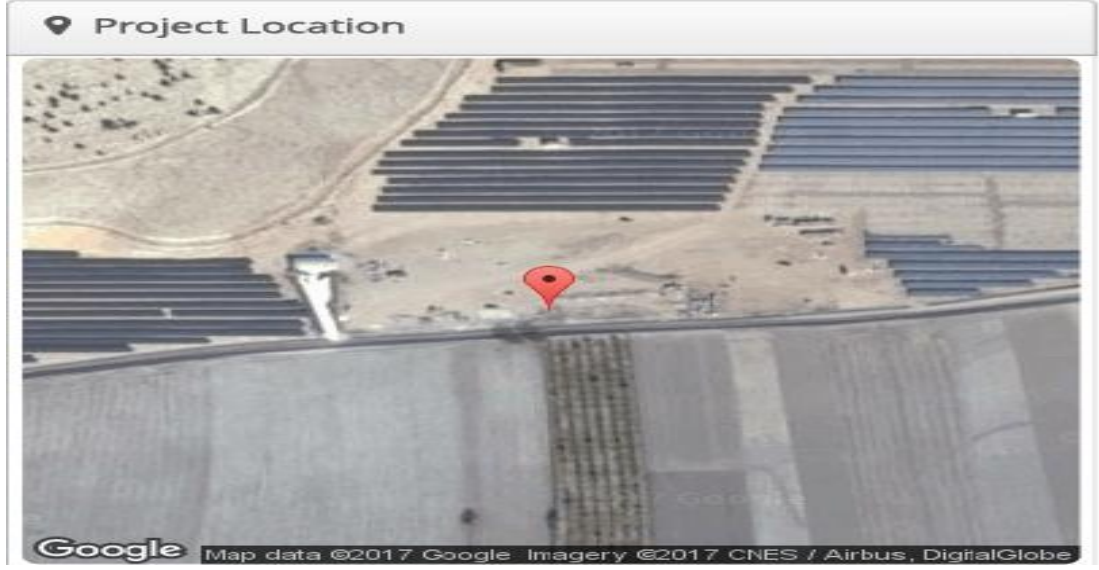
Şekil 4.17. Polysun programında yapılan hesaplamanın analiz sonuçları

Şekil 4.17.'de de görüldüğü gibi Isparta'da bulunan 1 MWp'lık GES'in Polysun programında yapılan hesaplamanın analiz sonuçlarına göre aylık enerji üretimi toplamları sonucunda evirici çıkışında yıllık enerji üretiminin 1,639586 GWh olduğu gözlemlenmiştir. Aylık bazda evirici çıkışında üretilen en yüksek enerji üretiminin ise temmuz ayında 178,705 MWh olduğu gözlemlenmiştir.

Bu programda analiz sonuçlarında aylık ya da yıllık bazda güneş ışınımı değerlerini sunan bir grafiğin olmaması olumsuz yönlerinden biridir.

4.4.4. Helioscope programı ile simülasyon analizi

Helioscope programı ile simülasyon analizi için ilk olarak Şekil 4.18.'de gösterildiği gibi Google harita tabanı üzerinden GES'in koordinatları seçilmiştir.



Şekil 4.18. Helioscope simülasyon program analizi için GES'in koordinatları

Şekil 4.19.'da görüldüğü gibi Helioscope programının santralin kurulacak olan alan sekmesinde FV panelin sayısı, montaj şekli, montaj açıları, santral kurulu gücü, FV panellerin bulunduğu dizi sayısı görülmektedir.

Wiring Zones			
Description	Combiner Poles	String Size	Stringing Strategy
Wiring Zone	12	22-22	Along Racking

Field Segments									
Description	Racking	Orientation	Tilt	Azimuth	Intrarow Spacing	Frame Size	Frames	Modules	Power
Field Segment 1	Fixed Tilt	Horizontal (Landscape)	25°	0°	4.0 m	4x11	86	3,784	1.00 MW

Şekil 4.19. Santralde kullanılan FV panel sekmesi

1MW kurulu güç için 3784 adet kristal teknoloji FV panel kullanılacaktır. FV panellerinin montaj biçimi zemine ve sabit montajlı olarak seçilmiştir. FV panel montaj eğimi 25° ve 0° yatay azimut açısı ile tam güneğe yönlendirilmiştir. 86

adet FV panellerden oluşan diziler bulunmakta ve her dizide 4x11 şeklinde 44 adet FV panel bulunmaktadır.

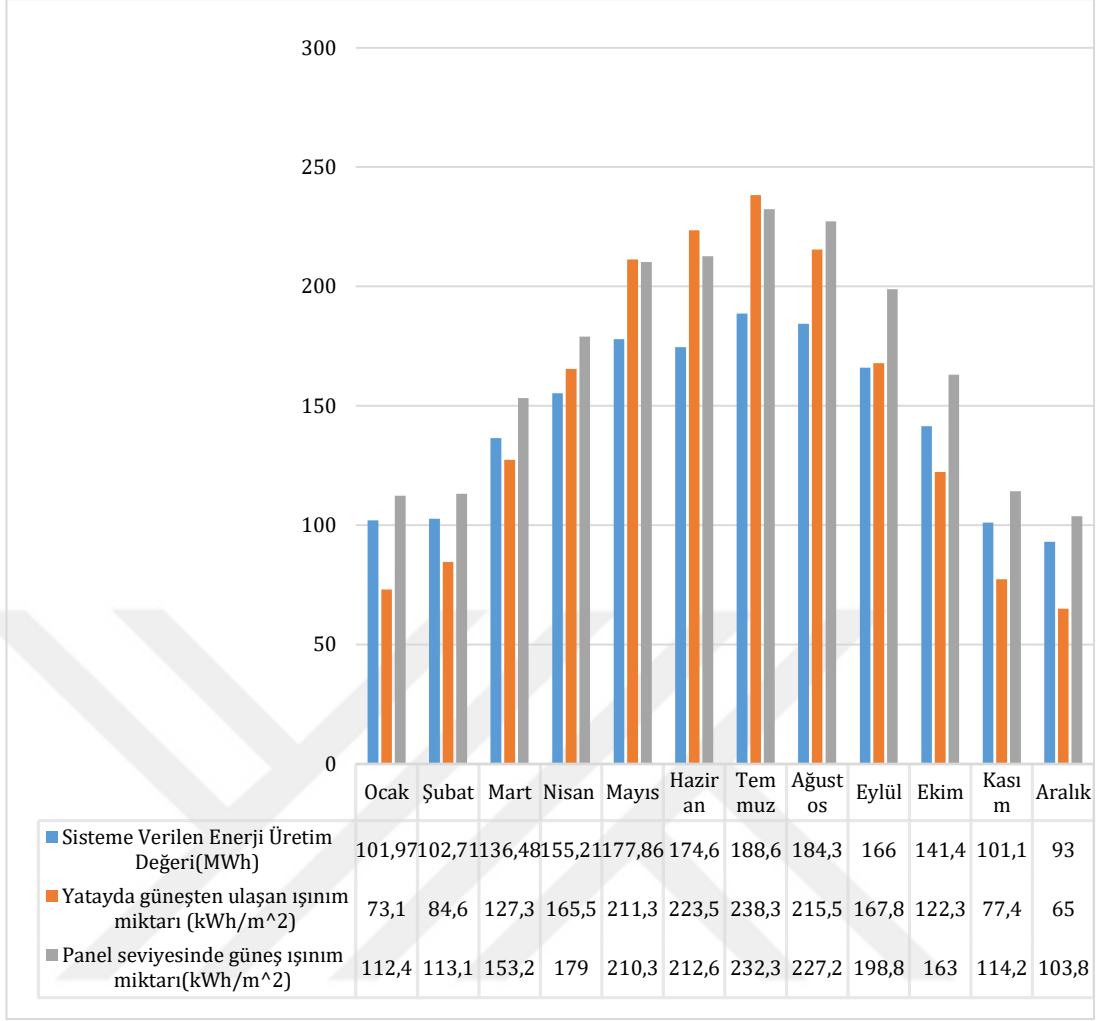
Şekil 4.20.' de görüldüğü gibi Helioscope programının FV sistem bileşenleri sekmesinde panelin sayısı, teknik özellikleri ve evirici sayısı, dizilişi ve teknik özellikleri, alternatif akım ve diziler arası enerji kablosu kesiti ve kaç metre olduğu ile ilgili bilgiler bulunmaktadır.

Components		
Component	Name	Count
Inverters	Sunny Tripower 60-US-10 (400 VAC) (SMA)	15 (915.0 kW)
AC Home Runs	25 mm ² (Copper)	15 (1,692.3 m)
Home Runs	25 mm ² (Copper)	15 (5.8 m)
Combiners	11 input Combiner	8
Combiners	12 input Combiner	7
Strings	4 mm ² (Copper)	172 (17,273.9 m)
Modules	Hanwha Q Cells, Q.PEAK-G3 265 (265W)	3,784 (1.00 MW)

Şekil 4.20. Helioscope programının FV sistem bileşenleri sekmesi

1 MW kurulu güç için Hanwha marka 3784 adet 265 Wp monokristal FV panel kullanılmıştır. Ayrıca 15 adet Sunny marka 60 kW nominal güce sahip evirici kullanılmıştır. 1936(22x88) adet FV panel için 8 adet evirici 1848(22x84) adet FV panel için 7 adet evirici kullanılmıştır. Alternatif akım iletimini sağlayabilmek için evirici çıkışlarına iletken kesiti 25 mm² olan toplam 7,4923 metre bakır enerji kablosu gerekmektedir. Diziler arası FV panel ile evirici arası enerji iletimini sağlayabilmek için iletken kesiti 4 mm² olan toplam 17,2739 metre bakır enerji kablosu gerekmektedir.

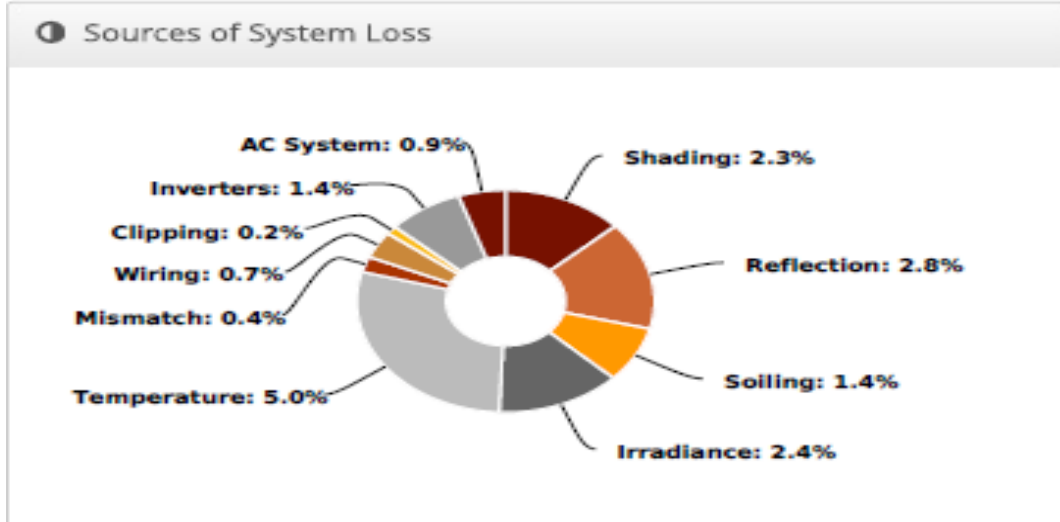
Helioscope programında girilen bu teknik parametreler ile yapılan hesaplamada aylık FV Panellerin ürettiği enerji üretimi, güneş ışınım değerleri ve evirici çıkışında enerji üretimi Şekil 4.21.' de gösterilmektedir.



Şekil 4.21. Helioscope programında yapılan hesaplamaların aylık bazda analiz sonuçları

Şekil 4.21.' de görüldüğü gibi Isparta ilinde bulunan 1 MW kurulu güce sahip GES'in Helioscope programında yapılan analiz sonuçlarına göre aylık yatayda güneşten ulaşan ışınım miktarı en fazla 238.3 kWh/m² ile temmuz ayında en fazla değere ulaştığı gözlemlenmiştir. Panel seviyesinde güneş ışınım miktarı 232,3 kWh/m² ile temmuz ayında en fazla değere ulaşmıştır. Şebekeye verilen enerji miktarı ise en yüksek temmuz ayında 188,6606 MWh olarak görülmüştür.

Helioscope programında yapılan analizde sistem bileşenlerinin ve çevresel etkilerle oluşan enerji kaybı Şekil 4.22.' de görüldüğü gibidir.



Şekil 4.22. Helioscope programının sistem bileşenlerinin ve çevresel etkilerin oluşturduğu enerji kaybı

Şekil 4.22.'de de görüldüğü gibi ortam sıcaklığının FV panele etkisinden dolayı %5, paralel bağlı FV panellerde by pass diyotlarının ısınması sonucu oluşabilen uyumsuzluktan dolayı %0.4, iletim kablolarının mesafelerinden oluşan gerilim düşümünden dolayı %0.7, doğru akımın alternatif akıma dönüşümü esnasından oluşan kırılmadan dolayı %0.2, doğru akımı alternatif akıma dönüştüren eviricilerde kullanılan malzemelerden dolayı %1.4, evirici çıkışında alternatif akımlı sistemde oluşan %0.9, FV panel üzerinde oluşan gölgelenmelerden dolayı %2.3, FV panelde oluşan yansımalarından dolayı %2.8, FV panel üzerinde oluşan tozlanmadan dolayı %1.4, FV panel çıkışı ışınımdan dolayı %2.4'lük toplam %17.5'lik dilimde enerji kaybı görülmektedir.

Helioscope programında yapılan hesaplamaların sonucunda yıllık enerji üretim detayları Şekil 4.23.'te görüldüğü gibidir.

⚡ Annual Production			
	Description	Output	% Delta
Irradiance (kWh/m ²)	Annual Global Horizontal Irradiance	1,771.7	
	POA Irradiance	2,020.0	14.0%
	Shaded Irradiance	1,973.2	-2.3%
	Irradiance after Reflection	1,918.4	-2.8%
	Irradiance after Soiling	1,890.9	-1.4%
	Total Collector Irradiance	1,890.9	0.0%
Energy (kWh)	Nameplate	1,927,840.7	
	Output at Irradiance Levels	1,881,982.3	-2.4%
	Output at Cell Temperature Derate	1,787,607.1	-5.0%
	Output After Mismatch	1,780,476.5	-0.4%
	Optimal DC Output	1,768,233.8	-0.7%
	Constrained DC Output	1,764,421.3	-0.2%
	Inverter Output	1,739,070.0	-1.5%
	Energy to Grid	1,723,420.0	-0.9%

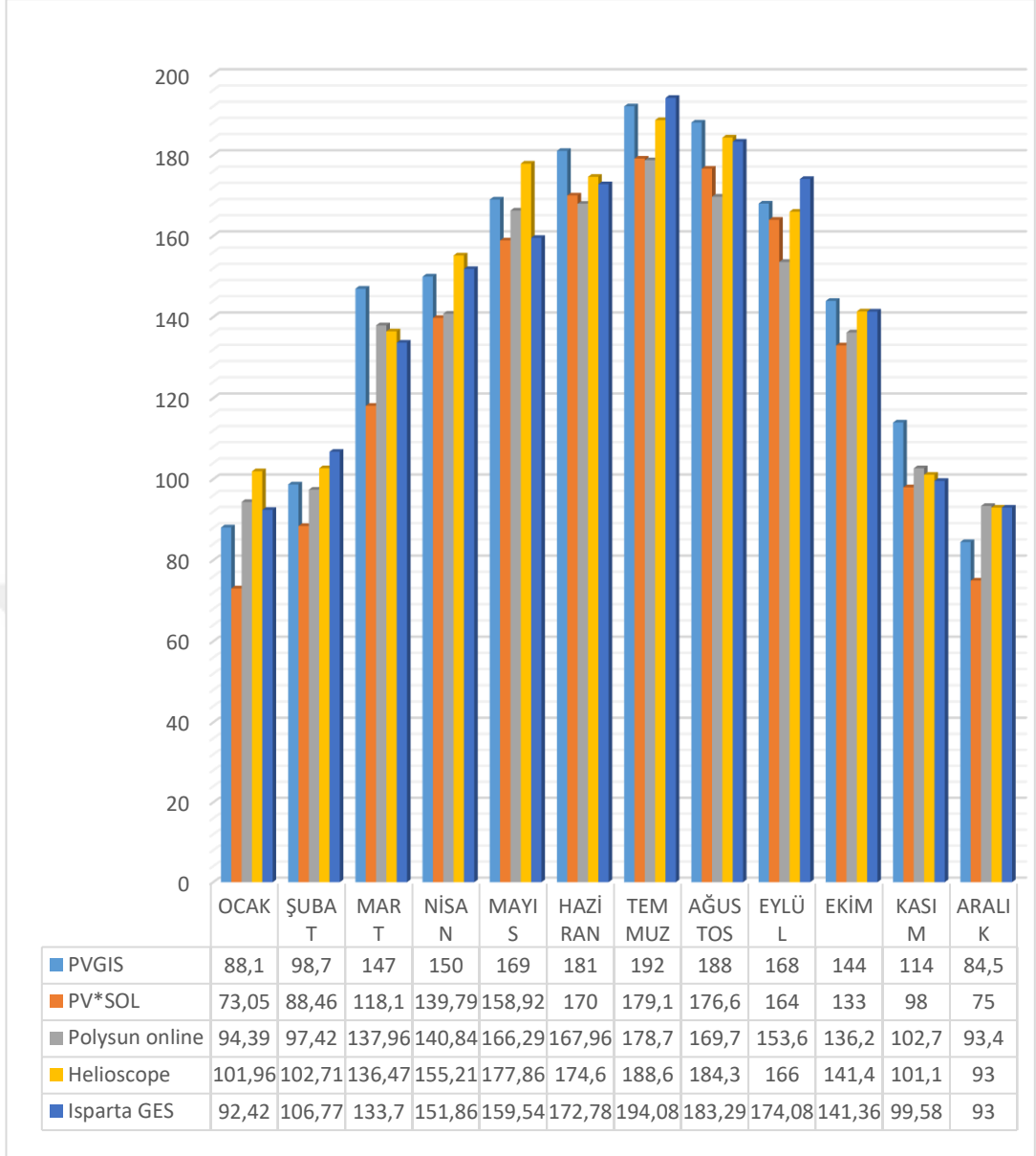
Şekil 4.23. Helioscope simülasyon programının yıllık enerji üretim detayları

Şekil 4.23.'te de görüldüğü gibi Isparta ilinde bulunan 1 MWp kurulu güce sahip GES'in Helioscope programında yapılan hesaplamaların analiz sonuçlarına göre günlük ve aylık enerji üretimi toplamları sonucunda evirici çıkışında yıllık enerji üretiminin 1,739070 GWh olduğu gözlemlenmiştir.

5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması kapsamında güneş enerjisiyle elektrik üretimi konusu incelenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda 1 MW kurulu güce sahip koordinatları belirtilen FV GES'in tasarımında ihtiyacın şekillenmesi ve tasarımı etkileyen coğrafi koşulların üretime etkileri, malzeme seçimi işlemlerinde kolaylıklar sağlanması ve seçilen malzemelerin uyumluluk kontrolü ile enerji verimliliği oranları, ürettiği ve yük üzerinde harcanan enerji verilerinin ölçümlerini ve metrekareye düşen güneş ışınım miktarları simülasyon ortamında PV*SOL, Helioscope, Polysun ve PVGIS simülasyon programları kullanılıp hesaplanarak tasarımın genel karakteristiğinin oluşumu amaçlanmıştır.

Bölüm 4'de belirtilen tarihler arası bahsi geçen santralin hem gerçek ortamda hem de simülasyon programlarında yapılan enerji analizine göre, toplam enerji üretimi miktarları aşağıdaki Şekil 5.1.' de görüldüğü gibidir.



Şekil 5.1. Yıllık enerji üretim değerleri

Ocak ayı aylık elektrik üretim değerlerini baz aldığımızda, Isparta GES üretim değerlerine en yakın değeri 94,39 MWh ile Polysun vermektedir. İkinci olarak 88,1 MWh ile PVGIS en yakın değeri vermektedir. Helioscope ise 101,96 MWh ile gerçek üretim değerini göre en yüksek değeri vermektedir. PV*SOL ise 73,05 MWh üretim değeri ile en düşük üretim değerini verip gerçek değere en uzak değerdir.

Şubat ayı aylık elektrik üretim değerlerini baz aldığımızda, Isparta GES üretim değerlerine en yakın değeri 102,71 MWh ile Helioscope vermektedir. İkinci olarak 98,7 MWh ile PVGIS en yakın değeri vermektedir. 97,42 MWh enerji

Üretim değeri ile Polysun nc sıradadır. PV*SOL ise 88,46 MWh retim değeri ile en düşük üretim değerini veren programdır.

Mart ayı aylık elektrik üretim değerlerini baz aldığımızda, Isparta GES retim değerlerine en yakın değeri 136,48 MWh ile Helioscope vermektedir. İkinci olarak 137,95 MWh ile Polysun en yakın değeri vermektedir. PVGIS ise 147 MWh ile gerçek üretim değerini göre en yüksek değeri vermektedir. PV*SOL ise 118,1 MWh retim değeri ile en düşük üretim değerini verip gerçek değere en uzak değerdir.

Nisan ayı aylık elektrik üretim değerlerini baz aldığımızda, Isparta GES retim değerlerine en yakın değeri 150 MWh ile PVGIS vermektedir. İkinci olarak 155,21 MWh ile Helioscope en yakın değeri vermektedir. 140,84 MWh enerji üretim değeri ile Polysun nc sıradadır. PV*SOL ise 139,79 MWh retim değeri ile en düşük üretim değerini veren programdır.

Mayıs ayı aylık elektrik üretim değerlerini baz aldığımızda, Isparta GES retim değerlerine en yakın değeri 158,92 MWh ile PV*SOL vermektedir. İkinci olarak 166,29 MWh ile Polysun en yakın değeri vermektedir. PVGIS ise 169 MWh retim değeri ile üçüncü sıradadır. Helioscope ise 177,86 MWh retim değeri ile en yüksek üretim değerini verip gerçek değere en uzak değerdir.

Haziran ayı aylık elektrik üretim değerlerini baz aldığımızda, Isparta GES retim değerlerine en yakın değeri 174,6 MWh ile Helioscope vermektedir. İkinci olarak 170 MWh ile PV*SOL en yakın değeri vermektedir. Polysun ise 167,96 MWh retim değeri ile üçüncü sıradadır. PVGIS ise 181 MWh retim değeri ile en yüksek üretim değerini verip gerçek değere en uzak değerdir.

Temmuz ayı aylık elektrik üretim değerlerini baz aldığımızda, Isparta GES retim değerlerine en yakın değeri 192 MWh ile PVGIS vermektedir. İkinci olarak 188,6 MWh ile Helioscope en yakın değeri vermektedir. PV*SOL ise 179,1 MWh retim değeri ile üçüncü sıradadır. Polysun ise 178,7 MWh retim değeri ile en düşük üretim değerini verip gerçek değere en uzak değerdir.

Ağustos ayı aylık elektrik üretim değerlerini baz aldığımızda, Isparta GES üretim değerlerine en yakın değeri 184,3 MWh ile Helioscope vermektedir. İkinci olarak 188 MWh ile PVGIS en yakın değeri vermektedir. PV*SOL ise 176,6 MWh üretim değeri ile üçüncü sıradadır. Polysun ise 169,7 MWh üretim değeri ile en düşük üretim değerini verip gerçek değere en uzak değerdir.

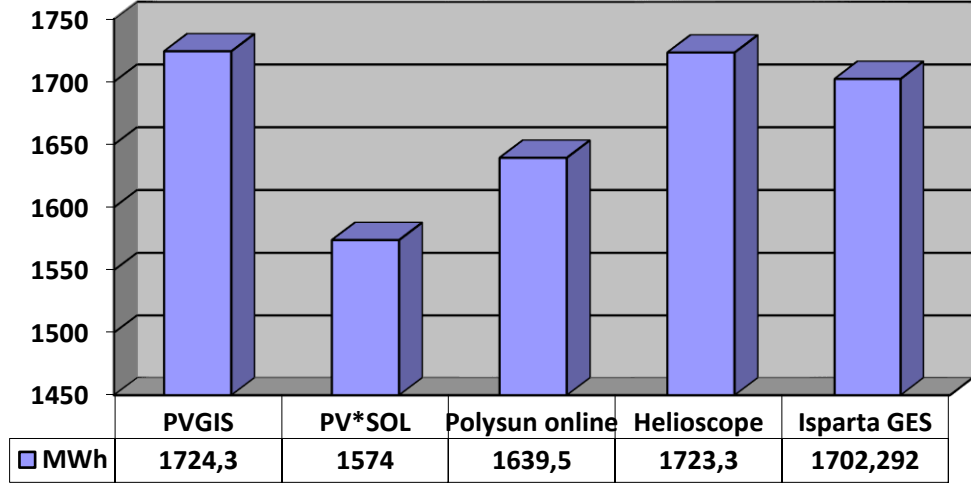
Eylül ayı aylık elektrik üretim değerlerini baz aldığımızda, Isparta GES üretim değerlerine en yakın değeri 168 MWh ile PVGIS vermektedir. İkinci olarak 166 MWh ile Helioscope en yakın değeri vermektedir. PV*SOL ise 164 MWh üretim değeri ile üçüncü sıradadır. Polysun ise 153,6 MWh üretim değeri gerçek değere en uzak değerdir.

Ekim ayı aylık elektrik üretim değerlerini baz aldığımızda, Isparta GES üretim değerlerine en yakın değeri 141,4 MWh ile Helioscope vermektedir. İkinci olarak 144 MWh ile PVGIS en yakın değeri vermektedir. Polysun ise 136,2 MWh üretim değeri ile üçüncü sıradadır. PV*SOL ise 133 MWh üretim değeri ile en düşük üretim değerini verip gerçek değere en uzak değerdir.

Kasım ayı aylık elektrik üretim değerlerini baz aldığımızda, Isparta GES üretim değerlerine en yakın değeri 101,1 MWh ile Helioscope vermektedir. İkinci olarak 102,7 MWh ile Polysun en yakın değeri vermektedir. PV*SOL ise 98 MWh ile gerçek üretim değerini göre en düşük üretim değeri ile üçüncü sıradadır. PVGIS ise 114 MWh üretim değeri ile en yüksek üretim değerini verip gerçek değere en uzak değerdir.

Aralık ayı aylık elektrik üretim değerlerini baz aldığımızda, Isparta GES üretim değeri ile aynı üretim değeri olan 93 MWh ile Helioscope vermektedir. İkinci olarak 93,4 MWh ile Polysun en yakın değeri vermektedir. PVGIS ise 84,5 MWh üretim değeri ile üçüncü sıradadır. PV*SOL ise 75 MWh üretim değeri ile en düşük üretim değerini verip gerçek değere en uzak değerdir.

Bu süre zarfında toplam üretim miktarları Şekil 5.2.'de gösterildiği gibidir.



Şekil 5.2.Yıllık toplam enerji üretim değerleri

Şekil 5.2.'de görüldüğü gibi 21,008 MWh daha yüksek üretim değeri ile Isparta GES toplam enerji üretimi değerine göre en yakın Helioscope simülasyon programıdır. İkinci sırada 22,008 MWh daha yüksek üretim değeri ile PVGIS bulunmaktadır. Üçüncü sırada 62,792 MWh daha düşük üretim değeri ile Polysun bulunmaktadır. Isparta GES toplam enerji üretim değeri verilerine göre en uzak değere sahip simülasyon programı ise 128,292 MWh daha düşük üretim değeri ile PV*SOL programıdır.

FV güneş enerji sistemlerinin tasarımında ve analizinde simülasyon programlarının kullanımı oldukça önemlidir. FV sistem tasarımcıları sistemin farklı bileşenlerinin kurulumun yapılacağı coğrafi bölgeye, enerji talebine ve sistem güvenilirliği gibi parametrelere göre en uygun şekilde seçilebilir olması ve fazla masraftan kaçınarak maliyetin düşürülmesi gibi sunmuş olduğu olanaklar sayesinde detaylı analiz yapabilme özellikleri ile ilerideki çalışmalara daha çok altyapı sağlayabilir.

Ayrıca bu durumlar sonucunda kıyaslaması yapılan simülasyon programlarının gerçek ortam verilerine göre oluşan enerji üretimi sapma oranlarının daha aza indirgenmesi gerekmektedir. Bunun için seçilen parametre seçeneklerinde, GES'in enerji üretimini doğrudan etkileyen haftalık, aylık ve yıllık sistem bakımları sekmesinin sunulması, ışınım miktarını doğrudan etkileyen harita tabanlarının güncel tutulması ve sistem bileşenlerinin teknik özelliklerinin

laboratuvar testlerine göre seçilerek daha detaylı sunulması gerçek ortam enerji üretimi verilerine göre simülasyon verilerinin sapma oranlarının daha aza indirgenmesini sağlayabilir.



KAYNAKLAR

- Abamor, S., 2016. Şebeke Bağlantılı FV Enerji Santrallerinin Elektrik Güç Kalite Parametrelerinin İzlenmesi ve Analizi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 99s, Şanlıurfa.
- Arabul, A. Y., 2010. Yakıt Pillerinin Şebekeden Bağımsız Ev Uygulaması. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 84s, İstanbul.
- Ayaz, R., 2012. Farklı FV Teknolojilerinin Gerçek Ortam Verileri Kullanılarak Modellenmesi ve İstanbul Şartlarında Optimum Eğim Açılarının Belirlenmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 57s, İstanbul.
- Aydöner, D., 2010. Binaya Entegre FV Sistem Tasarımı ve Kurulumu. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 81s, Kocaeli.
- Bahtiyar, B., 2006. FV Sistemleri İçin Gerçek Zamanlı Bir İzleme Merkezi Tasarım ve Uygulaması. Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 147s, Muğla.
- Bica, D., Cristian, D., 2008. Photovoltaic Laboratory for Study of Renewable Solar Energy, UPEC 43rd International In Universities Power Engineering Conference, 1-4 September, Padova, Italy, 1-5.
- CleanTechnica, 2014. Erişim Tarihi: 01.09.2017. <https://c1cleantechnicacom-wpengine.netdna-ssl.com/files/2014/09/cumulative-solar-power-growth-globally.png>
- Çalıköğlü, S., 2010. Şebeke Bağlantılı FV Güç Sistemleri ile Elektrik Üretimi. Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 93s, Kocaeli.
- Çekinir, S., 2012. FV Güç Sistemlerinin Modellenmesi ve Benzetimi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 98s, İzmir.
- Çıtanak, N., 2014. Güneş Enerjisi Kaynağından Elektrik Enerjisi Üretimi. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 67s, Elazığ.
- Durak, B., 2014. Güneş Enerjisi ile Çalışan Küçük Ölçekli Pompalama Sisteminin Doğrudan ve Enerji Yedeklemeli Çalışma Modlarının Karşılaştırılması. İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 81s, İstanbul.
- Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi(DEKTMK), 2009. Dünya'da ve Türkiye'de Güneş Enerjisi, Erişim Tarihi: 25.09.2017, <http://www.dektmk.org.tr/upresimler/GUNES.pdf>

- Emery, K., 1999. The Rating of Photovoltaic Performance, IEEE Transactions on Electron Devices, 46(10), 1928-1931.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), 2017. Güneş. Erişim Tarihi: 31.08.2017. <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Gunes>
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2016. 2016 Yılı Bütçe Sunumu. Erişim Tarihi: 01.10.2017. <http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FB%3%BCt%3%A7e+Konu%5%9Fmas%4%B1%2FSay%4%B1n+Bakan+B%3%BCt%3%A7e+Sunu%5%9F+Metni.pdf>
- European Commission, 2017. Erişim Tarihi: 28.08.2017. <http://re.jrc.ec.europa.eu/PVgis/>
- Florida Solar Energy Center (FSEC), 2017. Cells, Modules, & Array. Erişim Tarihi: 11.09.2017. http://www.fsec.ucf.edu/en/consumer/solar_electricity/basics/cells_modules_arrays.html
- Folsom Labs, 2017. Erişim Tarihi: 23.10.2017. <https://www.folsomlabs.com/>
- FRAUNHOFER ISE, 2017. Photovoltaics Report. Erişim Tarihi: 10.09.2017 <https://www.ise.fraunhofer.de/en/publications/studies/photovoltaic-s-report.html>
- Gomes de Brito, M.A., Galotto, L., Sampaio, L.P., Melo, G.A., Canesin, C.A., 2013. Evaluation of the Main MPPT Techniques for Photovoltaic Applications. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 60(3), 1156-1167.
- Haydaroğlu, C., Gümüş, B., 2016. Güneş Enerjisi Santralinin PVsyst İle Simülasyonu ve Performans Parametrelerinin Değerlendirilmesi. NAFTA, 17, 491-500.
- Jain, M., Tiwari, N., 2012. Optimization and Simulation of Solar Photovoltaic Cell Using HOMER: A Case Study of a Residential Building. International Journal of Current Engineering and Research (IJSR), 3(7), 1221-1223.
- Kandasamy, C. P., Prabu, P., Niruba, K., 2013. Solar Potential Assessment Using PVSYST Software. In Green Computing, Communication and Conservation of Energy (ICGCE), 2013 International Conference, 12-14 December, Chennai, India, 667-672.
- Kaplan, Z., 2012. FV Sistem Tasarımı, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 62 s, Kütahya.
- Karamanav, M., 2007. Güneş Enerjisi ve Güneş Pilleri. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 76s, Sakarya.

- Keskinel, S., 2015. Enerji Verimliliği Kapsamında Binalarda FV Güç Sistemlerinin Uygulamalı Analizi . İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 89s, İstanbul.
- Kesler, S., Kivrak, S., Dincer, F., Rustemli, S., Karaaslan, M., Unal, E., Erdiven, U., 2014. The Analysis of PV Power Potential and System Installation in Manavgat, Turkey a Case Study in Winter Season. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 31, 671-680.
- Kıbrıs Türk Elektrik Mühendisleri Derneği (KTEMB), 2017. Erişim Tarihi: 25.11.2017. <http://www.ktemb.com/download-forms/tr/FOTOVOLTAİK%20SİSTEMLER.pdf>
- Kıyanççek, E., 2013. FV Sistemlerin Boyutlandırılması İçin PVs2 Paket Programının Gerçekleştirilmesi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 66s, Konya.
- Kothari, D. P., Lalwani, M., Singh, M., 2010. Investigation of Solar Photovoltaic Simulation Softwares. International Journal of Applied Engineering Research, 1(3), 585-601.
- Kumar, B. S., Sudhakar, K., 2015. Performance Evaluation of 10 MW Grid Connected Solar Photovoltaic Power Plant in India. Energy Reports, 1, 184-192.
- Küpel, A. Ö., 2005. Güneş Pilleri ve Verimleri. Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 175s, Eskişehir.
- Makrides, G., Zinsser, B., Phinikarides, A., Schubert, M., Georghiou, G.E., 2012. Temperature and Thermal Annealing Effects on Different Photovoltaic Technologies, Renew. Energy, 43, 407-417.
- Mangan, S. D., Oral, G. K., 2013. Türkiye'nin Farklı İklim Bölgelerinde Bir Konut Binasının Enerji Etkin İyileştirilmesi. Tesisat Mühendisliği Kongresi, 17-20 Nisan, İzmir, 921-931.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2017. Resmi İstatistikler. Erişim Tarihi: 01.10.2017. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=ISPARTA>
- PVTECH, 2016. Erişim Tarihi: 01.09.2017 [https://www.FV-tech.org/images/made/assets/images/editorial/IHS FORECAST Feb 2016 750 398 s.png](https://www.FV-tech.org/images/made/assets/images/editorial/IHS_FORECAST_Feb_2016_750_398_s.png)
- Sauer, K. J., Roessler, T., Hansen, C. W., 2015. Modeling The Irradiance and Temperature Dependence of Photovoltaic Modules in PVsyst. IEEE Journal Of Photovoltaics, 5(1), 152-158.

- Sharma, D. K., Verma, V., Singh, A. P., 2014. Review and Analysis of Solar Photovoltaic Softwares. International Journal of Current Engineering and Technology, 4(2), 725-731.
- Suda, C., Metin, B., Cengiz, K., Er, E., Öğün, M., Topçuoğlu, K., 2016. FV Güç Sistemi Modellemesi. Küresel Mühendislik Çalışmaları Dergisi, 3(1), 61-71.
- Sundareswaran, K., Peddapati, S., Palani, S., 2014. MPPT of PV Systems Under Partial Shaded Conditions Through a Colony of Flashing Fireflies. IEEE Transactions on Energy Conversion, 29(2), 463-472.
- Sunwindenergy, 2017. Erişim Tarihi: 01.09.2017. http://www.sunwindenergy.com/sites/default/files/FV_ihs_markit.jpg
- Tekno Ray Solar, 2016. Konya Kızören GES. Erişim Tarihi: 01.09.2017. <https://www.teknoraysolar.com.tr>
- Ural, E., 2006. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Türkiye Çevre Vakfı Yayınları, 175s, Ankara.
- Valentin, 2017. Erişim Tarihi: 28.08.2017. <http://www.valentin-software.com/en/products/photovoltaics/57/PVsol-premium>
- Varınca K., Kamil B., Gönüllü T., 2006, Türkiye'de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma, 1. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, 21-23 Haziran, Eskişehir, 270-275.
- Vega, 2017. Erişim Tarihi: 20.08.2017. <http://www.vegaenerji.com/turkiyevegunes.html>
- Velasolaris, 2017. Erişim Tarihi: 28.08.2017. <http://www.velasolaris.com/english/product/online-calculator.html>
- Villa, L.F.L., Ho, T.P., Crebier, J.C., Raison, B., 2013. A Power Electronics Equalizer Application for Partially Shaded Photovoltaic Modules. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 60(3), 1179-1190.
- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM), 2017. Türkiye'nin Mevcut Enerji Durumu. Erişim Tarihi: 26.08.2017. <http://www.eie.gov.tr/verimlilik/sunum2017/8.Bildiriler/T%C3%BCrkiye%27nin%20Mevcut%20Enerji%20Durumu.pdf>
- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM), 2017. Güneş Enerjisi Ve Teknolojileri. Erişim Tarihi: 10.09.2017. http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx

Yenilenebilir Enerji Genel M¼d¼rl¼g¼ (YEGM), 2017. G¼neř Enerjisi Potansiyel Atlası. Erişim Tarihi: 13.09.2017.
<http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/pages/32.aspx>



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ozan CEYLAN

Doğum Yeri ve Yılı : Antalya, 1992

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : asatozanceylan@gmail.com

Eğitim Durumu

Lise : Antalya Lisesi, 2010

Lisans : PAÜ, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Müh.

Yüksek Lisans : SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Müh.

Mesleki Deneyim

AKE Asansör 2015-2015

TEKNİSYENLER Asansör 2015-2016

MASS Arıtma Sistemleri 2016-..... (halen)