

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



FOTOVOLTAİK SİSTEMLERİN KURULUM VE
MALİYET ANALİZİNİN ÖRNEK BİR OTELE
UYGULANMASI

Fatih ÇAÇAN

Yüksek Lisans Tezi
Yenilenebilir Enerji Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Hasan GÜL

MAYIS-2018

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FOTOVOLTAİK SİSTEMLERİN KURULUM VE MALİYET ANALİZİNİN
ÖRNEK BİR OTELE UYGULANMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fatih ÇAÇAN

142135102

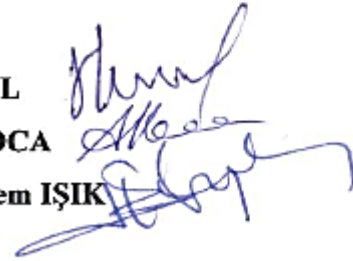
Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 12.01.2018

Tezin Savunulduğu Tarih: 12.04.2018

Tez Danışman : Prof. Dr. Hasan GÜL

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Ahmet KOCA

Dr. Öğr. Üyesi Erdem IŞIK



NİSAN-2018

ÖNSÖZ

Seminerimin hazırlanması sırasında yardımlarını benden esirgemeyen çok değerli danışman hocam Prof. Dr. Hasan GÜL'e ve Uzman Murat ERDEM Hocama çok teşekkür ederim. Ayrıca İnşaat Mühendisi Özcan ÇAÇAN'a, Çelik Konstrüksiyon Proje Mühendisi Zeynel KORKMAZ'a, İçkale Yapı Denetim'e, Elektrik-Elektronik Mühendisi Çetin YEŞİL'e desteklerinden dolayı çok teşekkür ederim.



Fatih ÇAÇAN
ELAZIĞ – 2018

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET	V
SUMMARY	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ	VII
TABLolar LİSTESİ	IX
KISALTMALAR.....	X
1. GİRİŞ.....	1
2. GÜNEŞ ENERJİSİ.....	3
2.1. Güneş Enerjisinin Avantajları	4
2.2. Güneş Enerjisinin Dezavantajları	4
2.3. Türkiye’de Güneş Pilleri ve Uygulamaları	5
2.4. Güneş Enerjisi Teknolojileri	7
2.5. Fotovoltaik Hücreler.....	7
2.5.1. Fotovoltaik Hücrelerinin Yapısı Ve Çalışma Prensibi	9
2.5.2. Fotovoltaik Sistemler	10
3. TÜRKİYE’NİN GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	12
4. GRAND WALL OTELİ 25,73 kW/p ŞEBEKEYE BAĞLI UYGULAMA ANALİZLERİ.....	13
4.1 GES İle Enerjisi Sağlanacak Elektronik Cihazlar	14
4.2. Güneş Enerji Sisteminde Kullanılan Cihazlar ve Özellikleri.....	15
4.2.1. Kullanılan Panellerin Verileri ve Özellikleri.....	15
4.2.2. Kullanılan İnvertörün Verileri ve Özellikleri	15
4.2.3. Kullanılan Kablonun Özellikleri	16
4.3. Güneş ışınları hesaplanması ve İklim verileri	18
4.3.1. Güneş Işınlarının Yere Düşme Açılarının Hesaplaması.....	18
4.3.2. İllere Göre Panellerin Kurulum Açısındaki En Uygun Değer	19
4.3.3. Sistemin Kurulumu Yapılacak Olan İlin İklimsel Verileri	21
4.3.3.1. Sunny Desing Programı Diyarbakır İli İçin İklim Verileri	21

4.3.3.2.	Türkiye Solar harita Veriler [29].....	23
4.3.3.3.	RetScreen Programı Verileri	24
4.3.3.4.	Türkiye Meteoroloji Genel Müdürlüğü İklim Verileri.....	25
4.4.	Hesaplamalar	26
4.4.1.	Fotovoltaik Modül(Panel) Seçimi	26
4.4.2.	Evirici Seçimi	26
4.4.3.	FV Modül Dizelerinin Belirlenmesi ve MPPT Giriş Akım Hesabı	27
4.4.4.	Evirici Giriş Dizileri Modül Planı Ve Evirici Giriş Gerilim Hesabı.....	28
4.4.5.	DC Kablo Güç Kaybı Ve Gerilim Düşüm Hesabı	30
4.4.6.	DC Bağlantı Kablo Seçimleri.....	32
4.4.7.	AC Kablolama Ve Hesaplamaları	35
4.4.8.	AG Kısa Devre Hesabı.....	38
4.4.9.	Topraklama Direnci Hesabı.....	38
4.5.	Çizim ve Görüntüler.....	41
4.5.1.	Autocad Teknik Çizimler	41
4.5.2.	Simülasyon ve Gölge Görüntüleri.....	47
4.6.	Maliyet analizi.....	56
4.7.	Sistemin Çevre Açısından Değerlendirilmesi	58
4.7.1.	Enerji kaynaklarının CO2 açısından karşılaştırılması	58
4.7.2.	Kaynak Türlerine Göre Çevresel Etkiler	59
4.7.3.	Karbondioksit hesabı.....	59
4.7.4.	Çevresel Faktörler Ton Eşdeğer Petrol (TEP).....	59
4.7.5.	Çevreye sağlanan faydaların kıyaslanması.....	60
5.	SONUÇLAR VE TARTIŞMA	61
	KAYNAKLAR.....	63
	ÖZGEÇMİŞ.....	65

ÖZET

Yenilenebilir enerji kaynağı olan güneşten yararlanmak için birçok teknoloji geliştirilmiş ve yeni sistemler kullanılmaya başlanmıştır. Geliştirilen bu teknolojilerin bir kısmı güneşten ısı enerjisi elde edilmesinde kullanılırken, bir kısmı da güneş ışınlarından faydalanılarak elektrik üretiminde kullanılmaktadırlar. Bununla ilgili ülkemizde güneş enerjisinden, en çok güneş enerjisini ısı enerjisiye dönüştüren güneş kolektörleri kullanılmaktadır. Ayrıca son yıllarda güneş enerjisinden doğrudan elektrik üretimi sağlayan fotovoltaik güneş pillerinin üretimi ve kullanımı gelişmektedir. Yeni bir teknolojik gelişme de güneş enerjisinin iklimlendirmede kullanılmasıdır.

Çalışma kapsamında RetScreen, Sunny Desing, Autocad ve PVSOL programları kullanılmıştır. RetScreen’de bu sistemde üretilen enerji ile elektrik enerjisi üretiminde mevcut olan CO karşılaştırılması yapılmıştır. Böyle sistemlerde geniş bir analiz kapsamına sahip PV-SOL programının kullanılması tavsiye edilmektedir. Fotovoltaik sistemin, şebekeden uzak noktalara yapılması halinde yüksek maliyetli enerji nakil hattına olan giderleri minimize edebilir.

Anahtar Kelimeler: Güneş Enerjisi, Güneş Teknolojileri, Fotovoltaik Hücreler, Güneş Enerjisi Sistemleri, Güneş İklimi, Sistem Maliyetleri, PV-Sol, RetScreen, Güneşli Tasarım, Autocad, Masraf, Panel Kurulum Açısı

SUMMARY

Application of a Sample Hotel of the Installation and Cost Analysis of Photovoltaic Systems

To benefit from the sun that is a renewable and domestic energy source, many technologies have been developed and new systems are being used. While some of these technologies are used in obtaining solar energy from the sun, and some of them are also being used in electricity generation by using solar rays. Regarding this topic, in our country are used the most solar collectors to convert to thermal energy from solar energy. In addition, the production and use of photovoltaic solar cells, which provide direct electricity generation from solar energy and are developing in recent years. A new technological development is also the use of solar energy in the air conditioning process.

In the scope of study, RetScreen, Sunny Design, Autocad and PVSOL programs were used. At RetScreen, the CO produced in this system was compared with the CO in electric energy production. In such systems, it is recommended to use the PV-SOL program with a wide range of analysis. When the Photovoltaic System is far away from the network, it can reduce the cost to the high cost energy transmission line.

Keywords: Solar Energy, Solar Technologies, Photovoltaic Cells, Solar Energy Systems, Solar Climate, System Costs, PV-Sol, RetScreen, Sunny Design, Autocad, Cost, Panel Installation Angle

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Türkiye'nin güneşlenme haritası.....	6
Şekil 2.2. Fotovoltaik Pillerin Çalışma Prensibi	8
Şekil 2.3. Fotovoltaik hücre Fotovoltaik modül (Güneş paneli)	8
Şekil 2.4. Fotovoltaik Hücrelerinin Çalışma Prensibi.....	9
Şekil 2.5. Fotovoltaik Sistemlerin Çalışma Prensibi.....	10
Şekil 4.1. Küresel ışıının yıllık toplamı.....	21
Şekil 4.2. Aylara göre gündüzleri Diyarbakır ili ortam sıcaklığı	22
Şekil 4.3. Panellerin yerleşim ve kurulum açısı görüntüsü	22
Şekil 4.4. Türkiye Solar harita Verileri	23
Şekil 4.5. Türkiye Solar harita Verileri	23
Şekil 4.6. Yapı görünüşü	41
Şekil 4.7. Panel saha yerleşim kesit görünüşü	42
Şekil 4.8. Panellerin otelin üstündeki yerleşimi gösterimi.....	43
Şekil 4.9. Panellerin saha yerleşimi gösterimi ölçülü	44
Şekil 4.10. Tek hat Şeması	45
Şekil 4.11. Tek Hat Şeması-2.....	46
Şekil 4.12. Google PRO Earth görüntüsü	47
Şekil 4.13. PV-SOL saha yerleşim görüntüsü.....	48
Şekil 4.14. PV-SOL saha yerleşim yönü görüntüsü-1.....	48
Şekil 4.15. PV-SOL saha yerleşim görüntüsü-2	49
Şekil 4.16. PV-SOL saha yerleşim üst bakış görüntüsü.....	49
Şekil 4.17. PV-SOL saha yerleşim kenar ölçüleri.....	50
Şekil 4.18. PV-SOL saha yerleşim ön bakış görüntüsü	51
Şekil 4.19. PV-SOL saha yerleşim Üsten görünüşü.....	51
Şekil 4.20. PV-SOL saha yerleşim yan bakış görüntüsü.....	52
Şekil 4.21. PV-SOL saha yerleşim gölge skalası	53
Şekil 4.22. PV-SOL saha yerleşimde %'lik gölge oranları görüntüsü.....	53
Şekil 4.23. Panelsiz Gölgeleme Görünüşü	54
Şekil 4.24. Yere Düşen Gölge Durumu-1	54
Şekil 4.25. Yere Düşen Gölge Durumu-2	55

Şekil 4.25. RETScreen programına göre maliyet grafiği	57
Şekil 4.26. PV-SOL programına göre maliyet grafiği	58



TABLÖLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli	6
Tablo 2.2. Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı	7
Tablo 4.1. Kullanılan PV Modülün Özellikleri (Sunny Design)	15
Tablo 4.2. Kullanılan İnvertörün Özellikleri	16
Tablo 4.3. YVV(NYY) TS 212 kablolar teknik özellikleri	17
Tablo 4.4. İllere Göre Panellerin Kurulum Açısındaki En Uygun Değer.....	19
Tablo 4.5. RetScreen radyasyon ve sıcaklık verileri.....	24
Tablo 4.6. RetScreen İklim verileri 1.....	24
Tablo 4.7. RetScreen İklim verileri 2.....	25
Tablo 4.8. Meteoroloji İklim Verileri	25
Tablo 4.9. 9 DC kablo güç kaybı-gerilim düşüm hesabı sembolleri ve anlamları.....	30
Tablo 4.10. İletken kesit tablosu	39
Tablo 4.11. Kurulacak olan sistemin maliyet analizi.....	56
Tablo 4.12. Örnek Otelde Kullanılan Cihazların Yıllık Enerji Maliyeti	57
Tablo 4.13. Enerji Üretim Türlerine Göre CO2 salımları (g/kWh)	58
Tablo 4.14. Enerji türlerinin çevresel etkilerinin karşılaştırılması	59

KISALTMALAR

AÖRA	: Atmosfer Öncesi Gelen Radyasyon
BUF	: Bulanıklık Faktörü
CdTe	: Kadmiyum Tellürid
CuInSe₂	: Bakır İndiyum Diselenid
DİFAF	: Difüz Açı Faktörü
FV-PV	: Fotovoltaik piller
GaAs	: Galyum Arsenit
GES	: Güneş Enerjisi Santrali
MPPT	: Maksimum Güç Noktası Takibi
PV-FV	: Fotovoltaik modül
TKDK	: Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu
TurSEFF	: Türkiye Sürdürülebilir Enerji Finansman Programı
YAF	: Yansıtılmış Açı Faktörü
YEGM	: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
YYRA	: Yeryüzüne Yatay Düzlemde Gelen Radyasyon

1. GİRİŞ

Güneş pilleri, üzerine güneş ışığı düştüğünde güneş enerjisini direkt elektrik enerjisine çeviren sistemdir. Bu güneş enerjisi çeviriminde herhangi hareketli parça yoktur. Güneş pillerinin çalışma prensibi, Fotovoltaik olayına göredir. İlk olarak bu konu üzerinde 1839 yılında Becquerel, elektrolit içerisine daldırılmış elektrotların birbirine uyguladığı gerilimin, elektrolit üzerine temas eden ışığa bağlı olduğunu gözlemlemesiyle Fotovoltaik Sistem olayını bulmuştur. Katı cisimlerde benzer bir olay da ilk kez Selenyum Kristali üzerinde 1876 yılında G.W. Adams ve R.E. Day birlikte göstermiştir. Bununla başlayıp, ilerleyen yıllarda yapılan çalışmalarda bakır oksit ile Selenyum'a bağlı foto diyotların, fotoğrafçılıkta ışık metreleri olarak kullanılması da beraberinde getirmiştir. 1914 senesinde fotovoltaik diyotların verimliliği %1 değerine ulaşmışsa da gerçek anlamıyla güneş enerjisini %6 verimlilikte elektrik enerjisine çeviren fotovoltaik diyotları ilk olarak 1954 yılında Chapin, Silikon Kristali üzerinde gerçekleştirmiştir. Fotovoltaik güç sistemleri için dönüm noktası olarak kabul edilen bu tarihi izleyen yıllarda araştırmalar ve ilk tasarımlar, uzay araçlarında kullanılacak güç sistemleri için yapılmıştır. Fotovoltaik Enerji Sistemleri'nde 1960'ların ilk zamanlarından beri uzay çalışmalarında güvenilir bir kaynaktır [1].

1970 yılının ilk zamanlarına kadar, güneş pilinin uygulamaları belirli bir sınırdaki kaldı. Güneş pilinin dünya merkezinde de enerji üretim sistemi olarak kullanılmasına yönelik araştırmalar ve geliştirme çabası 1954'lerde başlamasına rağmen, gerçek manada ilgilenme 1973'lü yıllarda başlayan "1. petrol bunalımında ve ilerleyen yıllarda olmuştur. USA'da, Avrupa'da ve Japonya'da yüksek maliyetli ve geniş kapsamlı araştırmalar ve geliştirme çalışmaları başlatılmıştır. Bir taraftan uzay çalışmalarında kendini ispatlamış 7 Silikon Kristali'ne bağlı güneş pilini daha verimli yapma çabaları ve diğer taraftan alternatif olması için çok daha düşük yarı iletken malzemeye ihtiyaç duyulan ve bu nedenle daha uygun maliyetle üretilebilecek ince filmlili güneş pillerinin üzerinde yapılan araştırma ve geliştirmeye hız verilmiştir [1].

Güneşten gelen enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürmenin, basit, çevre dostu olan Fotovoltaik Sistemler üzerindeki çalışmaların, maliyetini düşürerek yaygınlaştırılması misyonu yıllarca üniversitelerin üstlendiği ve yürütmeye çalıştığı bir görev olmuş ve bu sebeple halkın gözünde hep laboratuvarında olan bir çalışma gibi kalmıştır. Fakat son 20

yılda dünyanın her tarafında çevresel konuda duyarlılığın artması ile ve halktan gelen baskıyla, uluslararası çalışan büyük firmaları fosile bağı olmayan temiz enerji kaynakları üzerinde çalışma yapmaya zorlamıştır. Büyük şirketlerin de bu konuya dahil olmasıyla Fotovoltaik Sistem alanında teknolojik gelişmeler ve temiz enerji kaynağına artan talep ve buna dayalı bir şekilde büyüyen üretim durumu, maliyetin hızla düşmesini de beraberinde getirmiştir. Son zamanlara kadar alışılmış olan elektrik enerjisi üretme şekilleri ile karşılaştırıldığında yüksek maliyetli olarak bilinen Fotovoltaik Enerji Sistemi, artık yakın gelecekte elektrik üretimine katkı sağlayan sistem olarak değerlendirilmektedir. Özellikle güç üretiminde hesaba katılmayan ve bilinmeyen maliyet olarak değerlendirilebilecek “sosyal maliyet” de düşünüldüğünde, Fotovoltaik Sistem’in fosil kaynaklara bağı sistemlerden daha uygun maliyetli olduğu söylenebilir [1].

Güneş enerjisinden yararlanmak için geliştirilen teknolojileri Fotovoltaik ve Isı Güneş Teknolojileri olarak iki başlık altında toplayabiliriz. Fotovoltaik Güneş Teknolojisi, güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine çeviren yarı-iletken maddelerdir. Bu teknolojiye olan talepler de son yıllarda artmaktadır ve geliştirilmektedir. Ülkemizde yapılan teşvikler de önemli bir pazar payı içermektedir. Isı Enerji Teknolojisi ise güneş enerjisini ısı enerjisine dönüştüren ve bu ısıyı doğrudan kullandığı gibi elektrik enerjisine de dönüştürebilen teknolojilerdir.

2. GÜNEŞ ENERJİSİ

Güneş enerjisi, güneşte çekirdek kısmında yer alan füzyon ile açığa çıkan ışıma gücüdür. Güneşte bulunan hidrojenin helyuma dönüşme durumunda ki füzyon sürecinde oluşur. Dünya atmosferinin dış kısmındaki güneş enerjisinin şiddet oranı, yaklaşık olarak 1370 W/m^2 kadardır. Fakat yeryüzüne gelme durumunda, $0-1100 \text{ W/m}^2$ değerleri arasında farklılık göstebiliyor. Güneşten gelen enerjinin dünyaya ulaşan küçücük bir bölümü dahi, dünyada hali hazırda kullanılan enerjiden kat kat yüksektir. Güneşten gelen enerjiden faydalanma konusunda yapılan çalışmalar özellikle 1970'lerden sonra yükselişe geçmiş, güneş enerjisi sistemlerinde teknolojik gelişme ve maddi açıdan düşme gözlemlenmiş, ayrıca çevre açısından da doğayı kirletmeyen bir enerji türü şeklinde kendini ispatlamıştır [2].

- Dünya ve Güneş birbirlerine 150 milyon km uzaklıktadır [2].
- Dünya'ya güneşten gelen enerji, Dünya'nın bir yılda tükettiği enerjinin yirmi bin katı kadardır [2].
- Güneş, 5 milyar sene sonra tükenecek [2].
- Güneş ışıınının bir kısmı yer yüzeyine ulaşmaz, %30'u dünyanın atmosferinden geri yansır [2].
- Güneş ışıınının %50'si dünya atmosferini geçip yüzeye gelir. Gelen bu enerjiyle ve Dünya'nın sıcaklığının yükselmesiyle yeryüzünde yaşam mümkün olur. Rüzgarın hareketleri ve okyanuslarda olan dalgalanmalara da bu ısı sebep olur [2].
- Güneş ışıınının %20'si dünya atmosferi ve bulutlar tarafından tutulur [2].
- Yer yüzeyine gelen güneş ışıınının %1'den düşüğünü bitkiler fotosentez için kullanır. Bitkiler, fotosentez sırasında güneş ışığıyla birlikte karbondioksit ve su kullanarak, oksijen ve şeker üretirler. Fotosentez, yeryüzündeki bitkilerin yaşam kaynağıdır [2].
- Dünya'ya gelen ışıınının tamamı, ısıya dönüşerek uzaya geri döner [2].

2.1. Güneş Enerjisinin Avantajları

Güneşten gelen enerjinin diğer enerji türlerine oranla birçok üstün özelliği vardır. Güneşten gelen enerjinin etkin ve kullanılabilir kılınmasını sağlayan özelliklerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- Güneş enerjisi bitmeyen ve düşmeyen bir enerji türüdür [4].
- Güneş enerjisi, temiz bir enerji türüdür. Çevreye zararlı bir salınım yapmaz [4].
- Güneş, dünyadaki bütün ülkelerin faydalanabileceği bir enerji türüdür. Bununla birlikte ülkelerin dışa bağımlılığı bitecektir [4].
- Güneş enerjisinin hiçbir ulaştırma maliyeti yoktur ve her yerde rahatlıkla sağlanabilmektedir [4].
- Güneşi az yada fazla gören yerlerde sadece verim farkı olur, her yerde güneş enerjisinden faydalanılabilir [4].
- Güneş enerjisi oluşabilecek her tür olumsuzluğun etkisinde kalmaz. Örneğin, iletim-ulaşım şebekelerinde yapılan herhangi bir değişiklikte güneş enerjisini etkilemez [4].
- Güneş enerjisi karma teknoloji gerektirmemektedir. Birçok ülke, yerel sanayi kuruluşları sayesinde bu enerji türünden rahatlıkla faydalanabilir [4].

2.2. Güneş Enerjisinin Dezavantajları

- Güneş enerjisi yoğunluk açısından düşüktür ve sürekliliği yoktur. İhtiyaç duyulan anda istediğimiz yoğunlukta bulamayabiliriz [4].
- Güneş enerjisinden faydalanmak için yapılması gereken sistemlerin ilk yatırım gideri günümüzde çok yüksektir [4].
- Güneşten gelen enerji miktarı isteğe bağlı değil ve kontrol edilemiyor [4].
- Birçok kullanım yerinde, enerji arzı ve talebi arasında zaman farkı sıkıntısı vardır. Güneş enerjisinden gelen enerjinin fazla olduğu zamanda kullanılmak üzere depolanmasını gerektirir. Enerji depolanması çok fazla sorun oluşturur [4].

2.3. Türkiye’de Güneş Pilleri ve Uygulamaları

Ülkemizde bu konu üzerinde çalışmalar 1980 yıllarında başlamıştır. İlk güneş pili ile çalışan ısı pompası, Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Laboratuvarında kurulmuştur. Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından da 1983 yılından itibaren başlatılan çalışmalar sonucunda ilk güneş pilleri ile çalışan laboratuvar ölçekli güç santrali Didimdeki Araştırma Laboratuvarında 1998 yılı Haziranında tesis edilmiştir. 1990'ların sonuna doğru bu yöndeki çalışmalar artarak devam etmiş ve dört adet güneş pili ile çalışan ve yaklaşık toplam kurulu gücü 50 kWp olan sistemlerde telekomünikasyon amaçlı olarak Afyonkarahisar, Gökcek, Uşak ve Kahramanmaraş'a kurulmuştur [4].

Güneydoğu Anadolu Bölgesinde toplam kapasitesi 100 kWp kurulu güce erişmiş olan güneş Fotovoltaik güç üniteleri Berke Barajında bazı ünitelerde enerji taleplerini karşılamak için kurulmuştur.

Fotovoltaik Sistemlerin uygulamasına yönelik özel sektör çalışmaları sürmektedir. Ayrıca güneş piliyle çalışan aydınlatmalar, araçlar, trafik ışıkları şeklinde de uygulama alanları vardır [4].

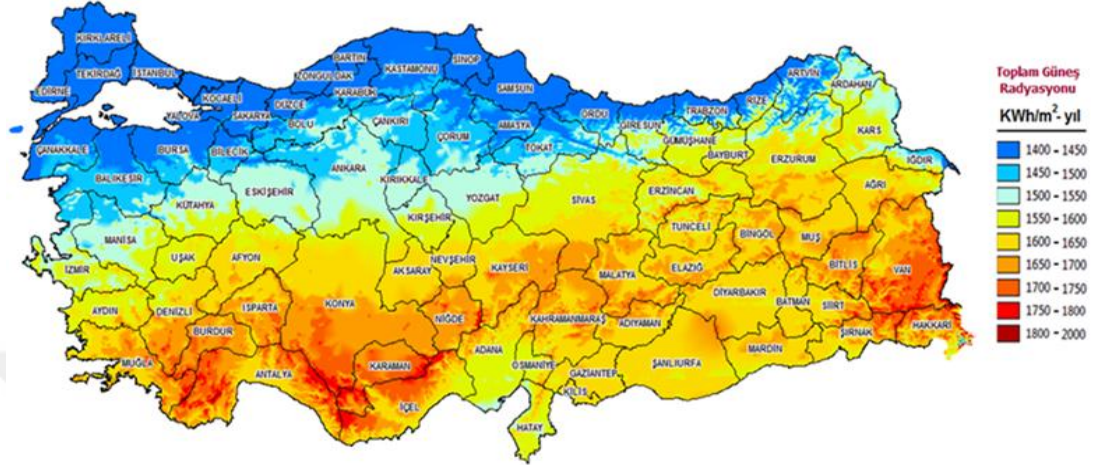
Ülkemiz coğrafi konumu nedeni ile temiz enerji türleri arasında olan güneş enerjisi bakımından çok şanslıdır. Ortalama alınırsa güneşten sağlanan enerji, yıllık 36×10^6 taş kömüre eş değer enerji sağlayan potansiyeli vardır. Yılda 2640 saat güneş ışını olan ülkemizde, ortalama güneş enerjisi miktarı yaklaşık 290 w/m^2 'dir [4].

Güneş enerjisiyle pasif ısıtma sistemlerinin binaların ısıtma yüküne çok fazla katkı sağladığı inkar edilemez düzeydedir. Ülkemizde Karadeniz Bölgesi ile Kuzey Doğu Anadolu dışında güneşten gelen enerjinin konutlarda olan ısıtmaya olan katkısı yapılan uygulama çalışmalarıyla ispatlanmıştır. Ülkemizde de Pasif Güneş Enerji Sistemleri üzerinde, bazı üniversiteler ve enstitülerde yapılan çalışmalar dışında çalışmanın olmadığını söyleyebiliriz. Bu amaca dayalı olarak ülkemizde yapılan güneş evleri aşağıda sıralanmıştır [4].

- Ülkemiz 'de ilk güneş evi 1975'de Ortadoğu Teknik Üniversitesin 'de yapılmıştır. Bu yapı 2 katlı olup alanı $96,6 \text{ m}^2$ 'dir.
- Çukurova Güneş Evi alanı 33 m^2 'dir ve 1981 Temmuz ayında kurulmuştur.
- Maden Tetkik Arama Enstitüsü Güneş Evi'nde ise, Fotovoltaik pil ile çalışan sistemler vardır. 14 kWp yine 1981'de Muğla'da yapılmış ve uygulama alanı $113,5 \text{ m}^2$ 'dir.

- Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü Laboratuvarında da 1986'da toplam uygulama alanı 3000 m² olan bir güneş evi bulunmaktadır [4].

Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli



Şekil 2.1. Türkiye'nin güneşlenme haritası [3].

Ülkemiz güneş enerjisi potansiyeli bakımından birçok ülkeye göre daha iyi durumdadır. YEGM tarafından yapılan çalışmalara göre Tablo 2.1 görüleceği üzere ülkemizin ortalama toplam yıllık güneşlenme süresi 2628 saat (günlük ortalama 7,2 saat), ortalama toplam ışıınım şiddeti 1311 kWh/m²-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m²) olarak belirlenmiştir [3].

Tablo 2.1. Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli [4]

Aylar	Aylık toplam güneş enerjisi (kWh/m ² -ay)	Güneşlenme süresi (saat/ay)
Ocak	51,75	103,0
Şubat	63,27	115,0
Mart	96,65	165,0
Nisan	122,23	197,0
Mayıs	153,86	273,0
Haziran	168,75	325,0
Temmuz	175,38	365,0
Ağustos	158,40	343,0
Eylül	123,28	280,0
Ekim	89,90	214,0
Kasım	60,82	157,0
Aralık	46,87	103,0
Toplam	1311	2640
Ortalama	3,6 kWh/m ² -gün	7,2 saat/gün

Ülkemizin en çok güneş enerjisi alan bölgesi Güney Doğu Anadolu Bölgesidir ve ikinci sırada Akdeniz Bölgesi vardır (Tablo 2.2). En az güneş enerjisi alan bölgesi ise Karadeniz Bölgesidir (Tablo 2.2).

Tablo 2.2. Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı [4]

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

2.4. Güneş Enerjisi Teknolojileri

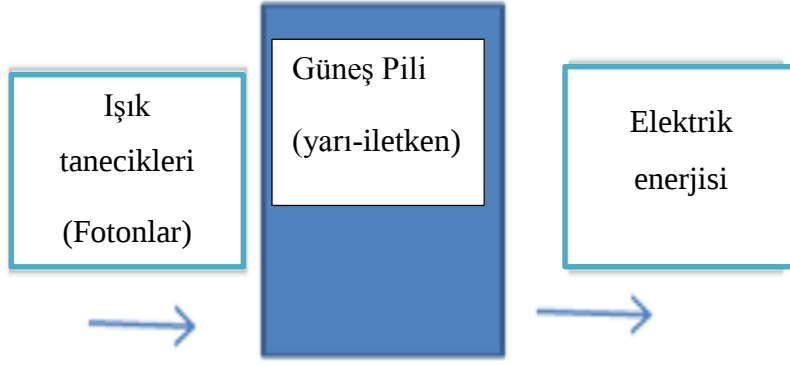
Güneş enerjisinde kullanılan teknoloji yöntemleri, malzemeleri ve teknolojik açıdan çok çeşitlilik göstermeleri ile beraber iki ana gruba ayrılabilirler:

Fotovoltaik Güneş Teknolojisi: Fotovoltaik hücre olarak bilinen yarı-iletken malzemeler güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine çevirirler.

Isıl Güneş Teknolojileri: Bu sistemde öncelikle güneş enerjisi ile ısı enerjisi üretilir. Bu ısı enerjisi direkt kullanılabilir veya elektrik enerjisi de üretilebilir.

2.5. Fotovoltaik Hücreler

Fotovoltaik hücreler, diğer adıyla güneş hücreleri, yüzeyine gelen güneş ışığını direkt elektrik enerjisine çeviren yarı-iletken maddelerdendir (Şekil 2.2). Bu yarı-iletken maddeler Fotovoltaik ilkesine bağlı bir şekilde çalışır yani yüzeyine ışık düştüğü zaman uç kısımlarda elektrik gerilimi olur.



Şekil 2.2. Fotovoltaik Pillerin Çalışma Prensibi

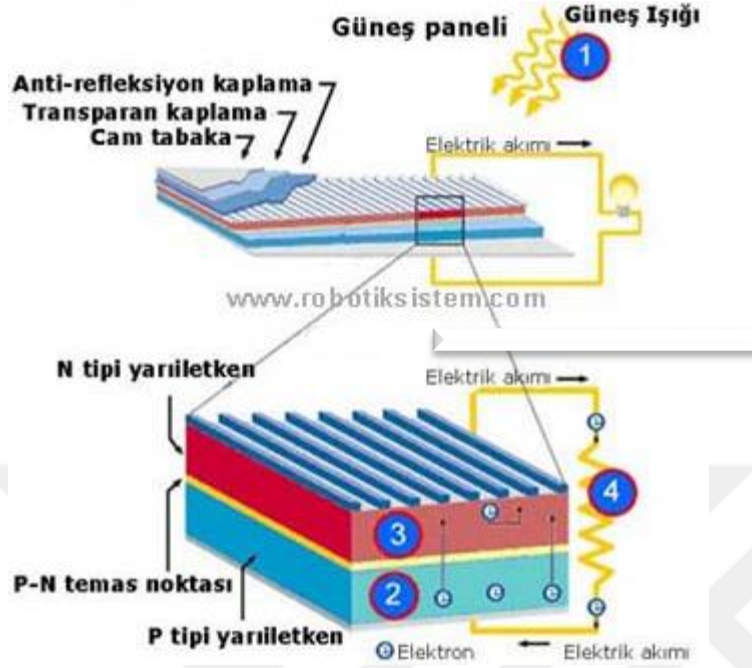
Şekil 2.3. görüleceği üzere fotovoltaik modüllerin yüzeyleri dikdörtgen, kare, daire şeklinde biçimlendirilebilen güneş hücreleri alanları genel itibarıyla 100 cm² civarı bir değerde, kalınlıkları ise 0,2- 0,4 mm arasındadır [2].

Fotovoltaik hücrelerden istenilen güç çıkışı elde etmek için fazla sayıda güneş hücresi birbirine seri ya da paralel bağlı bir şekilde yüzey üzerine montajı yapılarak fotovoltaik modül ya da güneş hücresi modülü oluşturulur (Şekil 2.3.).



Şekil 2.3. Fotovoltaik hücre Fotovoltaik modül (Güneş paneli)

2.5.1. Fotovoltaik Hücrelerinin Yapısı Ve Çalışma Prensibi



Şekil 2.4. Fotovoltaik Hücrelerinin Çalışma Prensibi [27]

Fotovoltaik hücreler, doğrultucu diyotlar, transistörler gibi yarı-iletken maddeler ile yapılırlar. Ayrıca bu hücrelerin yapısı da basitçe p (yarı iletken)-n (yarı iletken) eklemden oluşan diyota benzer (Şekil 2.4.). Fotovoltaik hücre yapımından kullanılan yarı-iletken maddelerden en aktif olanları silisyum, galyum arsenit, kadmiyum tellür maddeleridir.

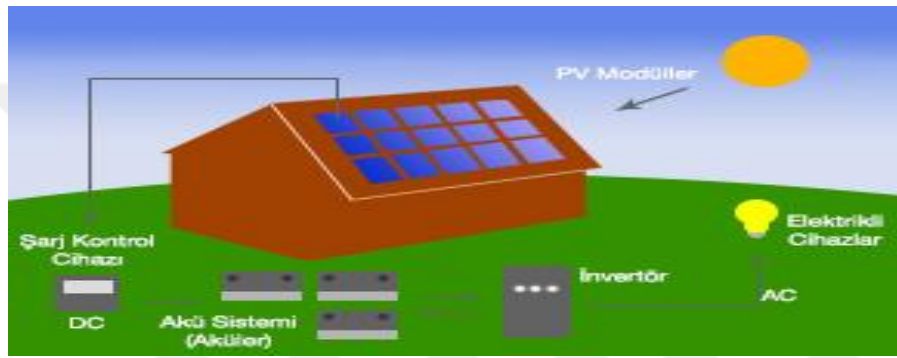
Yarı-iletken sistem oluşturulduktan sonra güneş ışınlarıyla gelen fotonlar sayesinde n tipinden kopan elektronlar p tipine doğru ilerler. Bu olay iki tarafta da yük dengesi oluşuncaya kadar sürer (Şekil 2.4.) [4].

Bunlardaki elektron düşüklüğü ve diğerinde olan fazlalığı, buradaki bölgenin her iki tarafında da bir elektrik alanının oluşmasını sağlar. Yarı-iletken tarafından emilen ışık akışının fotonları, yarı-iletken parçanın iki tarafında ayrı ayrı toplanan elektron-hol çiftlerini oluşturur. Bununla birlikte, sistemin aydınlanan yüzüyle ve buraya düşen ışığın yoğunluğu ile orantılı bir elektrik akımı oluşur. Oluşan bu akım doğru akımdır (Şekil 2.4.) [4].

2.5.2. Fotovoltaik Sistemler

Fotovoltaik hücreler elektrik enerjisinin ihtiyaç olduğu her yerdeki uygulamalarda kullanılabilir. Fotovoltaik modüller kullanıldıkları uygulamaya dayalı bir şekilde invertörler, akümülatörler, akü şarj denetimi aygıtları ve çeşitli elektronik destek devreleri ile birlikte kullanılarak bir Fotovoltaik Sistemi oluştururlar (Şekil 2.5.) [5].

Fotovoltaik Sistem Elemanları



Şekil 2.5. Fotovoltaik Sistemlerin Çalışma Prensibi [27]

Fotovoltaik Modül (Güneş Paneli): Güneş enerjisini doğrudan DC elektrik enerjisine dönüştüren modüllerdir.

İnvertör: Doğru akımı (DC), Alternatif akıma (AC) dönüştürmeyi sağlayan elektrikselsel bir güç elemanıdır.

Akümülatör: Güneş enerjisinin kullanımını destekleyen elemanlardır. Elektrik enerjisinin kimyasal olarak depolar.

Solar Şarj Regülatör: Sistem enerjisinin ve yüklerin durumuna göre şarj-deşarj işlemini gerçekleştiren, yöneten, çalışma modunu otomatik seçen akıllı elektronik devredir.

Mikroişlemciler: Güneş panelini, akümülatör ve yükleri sürekli bir şekilde kontrol edip en verimli enerji akışını yönlendirir [5].

a) Fotovoltaik Sistemlerin Kullanım Şekilleri

İki çeşit uygulaması vardır. Bunlar Fotovoltaik Sistemleri kullanım şekli olarak; şebekeye bağlı sistemler ve şebekeden bağımsız sistemlerdir.

Şebekeden Bağımsız Sistemler

Elektrik şebekesinin bulunmadığı yerlerde yeterli sayıda fotovoltaik modül kullanılarak oluşturulan sistemlerdir. Güneş enerjisinin yeterli olmadığı zamanlarda yani gece kullanılması için sistemde akü bulundurulmalıdır. Güneş panelleri gün içerisinde elektrik enerjisi üreterek bunu akülerde depolar, kullanılma ihtiyacı duyulan enerji, akümülatörden çekilir [5].

Şebekeye Bağlı Sistemler

Şebekeye bağlı sistemler yüksek güçte olduğu gibi küçük güçte de olabilen santraller şeklindedir. Yapıların çatı ve cephelerinde bulunan panellerden üretilen güç elektrik şebekesine gönderilir. Güneş panellerinden üretilen güç farklı bir sayaç üzerinden farklı bir tarife ile satılır. Şebekeden bağımsız sistemlere oranla daha az eleman vardır. Güç tüketimi ve üretimi aynı yerde olduğundan kayıpları çok azalır.

Şebekeye bağlı sistemlerin yapı tipi olanları, çift yönlü sayaç ile şebekeye bağlanır, yüksek üretim yapan sistemlerin bağlantıları ise trafolarla orta ve yüksek gerilim hatlarına bağlanırlar. Üretim ve tüketim aynı yerdeyse çift yönlü sayaç, farklı yerlerdeyse çift sayaç kullanılır [5].

3. TÜRKİYE’NİN GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Türkiye, coğrafi yeri sebebiyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeline göre birçok ülkeden daha şanslı durumdadır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nde (MGM) hali hazırda olan 1966-1982 yılları arası yapılan güneşlenme süresi ve ışı nım şiddeti ölçüm verilerinden faydalanarak YEGM tarafından yapılan çalışmaya göre ülkemizin ortalama toplam yıllık güneşlenme süresi 2640 saat (günlük ortalama 7,2 saat), ortalama toplam ışı nım şiddeti 1311 kWh/m²-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m²) olarak belirlenmiştir. Birçok ülkede genellikle en çok kullanılan Fotovoltaikler silikon esaslı olanlardır. Bu Fotovoltaik pillerin verimlerini şöyle sıralayabiliriz; polikristal tip olanlar %15-20, monokristal olanlar ise %20-26 arasında değişebilmektedir. Verimdeki farklılıklarına rağmen, Watt başına fiyatları hemen hemen aynı sayılır. Ülkemizde olan güneş enerjisi potansiyeli ile tükettiğimiz enerjinin kat kat fazlasını güneşten sağlayabiliriz [1-4].

4. GRAND WALL OTELİ 25,73 kW/p ŞEBEKEYE BAĞLI UYGULAMA ANALİZLERİ

Diyarbakır ilinde 100 yatak kapasiteli bir otelin enerji ihtiyacının güneş enerjisi ve elektrik enerjisi kullanılması durumlarının maliyet ve çevre açısından karşılaştırılması yapılmıştır.

Bu çalışmada güneş teknolojilerinin uygulanması ile yaklaşık 28 kW/e enerji üretimi yapılacaktır. Üretilecek olan bu enerjinin bir kısmı ile uygulamanın yapılacağı otelde kullanılan bazı ekipmanların (Aydınlatma-TV-Klima ve Buzdolabı) enerji ihtiyacı karşılanıp, arta kalan enerjinin de şebekeye satışı işlemlerinin teorik olarak uygulaması yapılmıştır.

- Teorik olarak yapılacak olan bu uygulamada gerçek veriler kullanılacaktır (CSUN panel verileri, SMA Sunny Tripower Inverter verileri, Ege kablo veya Başoğlu kablo verileri, NASA verileri ve Meteoroloji verileri kullanılacaktır.).
- Enerji ihtiyacı karşılanacak olan ekipmanların güçleri
 - ✓ TV: Vestel SATELLITE 42FA5100 LED TV, (42 inç) Güç: 52 W/h
 - ✓ Buzdolabı: Vestel EKO SBY90 Buzdolabı, Güç: 0,377 Kwh/24saat
 - ✓ Aydınlatmada farklı güçlerde LED armatürler kullanılmıştır.
 - ✓ Klima: LG Mega Inverter V 9K BTU Klima, Ortalama Güç: 0,75 Kw/h
- Otelin bulunduğu Diyarbakır ilinin güneş verileri dikkate alınarak güneş enerjisi ile ilgili paket programlar kullanılmıştır.
- Maliyet analiz kısmı için çeşitli firmalar ile görüşülüp fiyat teklifleri alındıktan sonra tekliflerin ortalaması alınıp çıkan fiyata göre hareket edilip rapor hazırlanmıştır.
- Tez çalışmasında kaynak olarak kullanılacak güneş enerjisi ve elektrik enerjisi karşılaştırması maliyet ve çevre üzerindeki etkileri açısından değerlendirilmiştir.

4.1. GES İle Enerjisi Sağlanacak Elektronik Cihazlar

Kurulacak olan GES ile enerjisi karşılanacak ekipmanlar.

Buzdolabı: Vestel EKO SBY90 Buzdolabı, Güç: 0,377 kWh/24saat [18]

TV: Vestel SATELLITE 42FA5100 LED TV, (42 inç) Güç: 52 W/h [18]

Klima: LG Mega Inverter V 9K BTU Klima, Ortalama Güç: 0,75 kW/h

Kapasite Güç tüketimi

Isıtma: 2500 W/h Isıtma: 860 W/h

Soğutma: 3200 W/h Soğutma: 690 W/h [19]

Vestel LED Armatürler

- E27 ampül : 10 W/h
- E14 ampül : 4,5 W/h
- Spot / Downlight LUX : 23 W/h
- Panel Backlit PRO (60x60cm) : 28 W/h
- Panel Backlit PRO (60x120cm) : 57 W/h [18]

4.2. Güneş Enerji Sisteminde Kullanılan Cihazlar ve Özellikleri

4.2.1. Kullanılan Panellerin Verileri ve Özellikleri

Tablo 4.1. Kullanılan PV Modülün Özellikleri (Sunny Design)

Üretici: CSUN		Hücre teknolojisi: Poly		
PV modülü: CSUN-310-72P Waratah		Belgelendirme: EU		
Elektriksel Özellikler		Sıcaklık katsayıları		
Anma gücü	310,00Wp	MPP gerilimi	----	----
Güç toleransı	0/3 %	Açık devre gerilimi	(-0,292% / °C)	(-130,8 mV / °C)
MPP gerilimi	36,10 V	Kısa devre akımı	(0,045% / °C)	(-130,8 mA / °C)
MPP akımı	8,58 A			
Açık devre gerilimi	44,80 V	Eskime sonucu derece düşüşü		
Kısa devre gerilimi	9,04 A	Açık devre gerilimi toleransı		0
İzin verilen sistem gerilimi	1000,00 V	MPP gerilimi toleransı		0
PV modülü verimlilik derecesi	16,01%	MPP akımı toleransı		0
Topraklama önerisi	Topraklama yok	Tolerans kısa devre akımı		0
Mekanik özellikler				
PV modülündeki hücre sayısı	72			
Genişlik	990 mm			
Uzunluk	1956 mm			
Ağırlık	23,80 kg			

4.2.2. Kullanılan İnvertörün Verileri ve Özellikleri

Üretici : SMA Solar Technology

Model : Sunny Tripower STP 25000TL-30 [21]

Tablo 4.2. Kullanılan İnvertörün Özellikleri

Invertör	STP 25000TL-30	Giriş değerleri	
		Maks. DC gücü	25,55 kW
Genel veriler		Maks. girişi gerilimi	1000 V
Koruma sınıfı	IP65	Ölçülen giriş gerilimi	600 V
Genişlik	665 mm	Min. Giriş gerilimi	150 V
Derinlik	690 mm	Başlatma gerilimi	188 V
Ağırlık	61,0 kg	Maks.MPP gerilimi	800 V
Verimlilik derecesi		Maks. Giriş akımı	33,0 A / 33 A
Maks. Verimlilik derecesi	98,20%	MPP girişi başına dizi sayısı	3 / 3
Avrupa verimlilik derecesi	98,10%	Çıkış değerleri	
		Maks. AC görünür güç	25,00 kVA
		Ölçülen güç	25,00 kW
		Min. Faz farkı faktörü	0
		AC nominal gerilim aralığı	160-280 V
		AC şebeke frekansı	44 - 65 Hz
		Besleme fazları	3

4.2.3. Kullanılan Kablonun Özellikleri

Kablo Üreticisi: Başoğlu Kablo

Model: SOLARA PV BC-SUN PV1-F HFFR

Photovoltaic Halojensiz Güneş Enerji Sistem Kabloları

Tablo 4.3. YVV(NYY) TS 212 kablolar teknik özellikleri [22]

Anma kesiti mm ²	Tel Sayısı	İletken Çapı mm	Yalıtkan Kılıf Et Kalınlığı mm	Dış Kılıf Et Kalınlığı mm	Dıştan Dışa çap mm	Büküm Çapı cm	Direnç Ohm/km	Akım Taşıma Kapasitesi Toprakta-Havada A - A	Ağırlık kg/km
1x1,5	1	1,38	1,5	1,8	8	11	11,9	37-26	65
1x2,5	1	1,80	1,5	1,8	8,4	11	7,14	50-35	80
1x4	1	2,26	1,5	1,8	8,9	12	4,47	65-46	110
1x6	1	2,80	1,5	1,8	9,4	13	2,97	83-58	140
1x10	1-7	4,1	1,5	1,8	10,7	14	1,79	110-80	195
1x16	1-7	5,2	1,5	1,8	11,7	15	1,12	145-105	270
1x25	7	6,4	1,5	1,8	12,9	18	0,712	190-140	370
1x35	7-19	7,7	1,5	1,8	14,1	20	0,514	235-175	480
1x50	19	9,2	1,5	1,8	15,6	23	0,379	280-215	640
1x70	19	11	1,5	1,8	17,2	26	0,262	350-270	850
1x95	19	12,7	1,6	1,8	19,4	29	0,189	420-335	1115
1x120	37	14,4	1,6	1,8	21,4	30	0,150	480-390	1340
1x150	37	16,1	1,8	1,8	23	33	0,122	540-445	1660
1x185	37	18	2,0	2,0	25,7	36	0,0972	620-510	2030
1x240	61	20,5	2,2	2,0	29	44	0,0740	770-620	2650
1x300	61	22,7	2,4	2,0	32	48	0,0590	820-710	3370
2x1,5	1	1,38	0,3	1,8	11	14	12,1	30-21	170
2x2,5	1	1,80	0,9	1,8	13	16	7,28	41-29	220
2x4	1	2,26	1,0	1,8	14	17	4,56	53-38	290
2x6	1	2,80	1,0	1,8	15	18	3,03	66-48	350
2x10	1-7	4,1	1,0	1,8	17	21	1,83	88-66	480
3x1,5	1	1,38	0,8	1,8	12	15	12,1	27-18	190
3x2,5	1	1,80	0,9	1,8	13	16	7,28	36-25	260
3x4	1	2,26	1,0	1,8	15	19	4,56	46-34	340
3x6	1	2,80	1,0	1,8	16	20	2,03	58-44	420
3x10	1-7	4,1	1,0	1,8	17	21	1,83	77-60	580
4x1,5	1	1,38	0,8	1,8	13	16	12,1	27-18	230
4x2,5	1	1,80	10,9	1,8	14	17	7,28	36-25	300
4x4	1	2,26	1,0	1,8	16	19	4,56	46-34	410
4x6	1	2,80	1,0	1,8	17	21	3,03	58-44	510
4x1	1-7	4,1	1,0	1,8	20	23	1,83	77-60	780
4x16	1-7	5,2	1,0	2,0	23	27	1,15	100-80	1100
3x25/16	7	6,4	1,5	2,0	27	33	0,727	130-105	1420
3x35/25	7-19	7,7	1,5	2,0	30	36	0,524	155-130	1790
3x50/25	19	9,2	1,5	2,2	36	44	0,387	185-160	2290
3x70/35	19	11	1,5	2,2	40	49	0,268	230-200	3066
3x95/50	19	12,7	1,6	2,4	45	55	0,193	275-245	4097
3x120/70	37	14,4	1,6	2,6	50	61	0,153	315-285	5700
3x150/70	37	16,1	1,8	2,8	52	69	0,124	355-325	6132
x185/95	37	18	2,0	3,0	59	77	0,991	400-370	7625
3x240/120	61-37	20,5	2,2	3,2	66	82	0,574	460-435	9950
3x300/150	61-37	22,7	2,4	3,4	73	92	0,0601	520-500	12500

4.3. Güneş ışınları hesaplanması ve İklim verileri

4.3.1. Güneş Işınlarnının Yere Düşme Açılarının Hesaplaması

Bir bölgede güneş ışınlarının yere düşme açısını bulmak için aşağıda verilen işlemler yapılır:

1. Güneş ışınlarının dik açıyla hangi paralel dairesine düştüğü belirlenir.
2. Uygulama yapılacak yerin hangi paralel üzerinde olduğu belirlenilir.
3. Güneş ışınlarının yere dik düştüğü yer ile uygulama yapılacak yer arasında kaç paralel fark olduğu bulunur.
4. Aradaki paralel farkı 90° den çıkartılır.

* Paraleller arası birer derece olduğuna göre, her paralelde güneş ışınlarının düşme açılarında birer derecelik fark olur. Örneğin; güneş ışınları, 10° Kuzey paraleline 90° ile düşüyorsa, aynı gün 11° Kuzey ve 9° Kuzey parallerine güneş ışınları; $90^\circ - 1^\circ = 89^\circ$ ile düşer.

* Bir paralel dairesine güneş ışınlarının dik düştüğü tarihten dört gün sonra, bir sonraki paralel dairesine dik düşecektir [14].

Örneğin;

21 Mart'ta güneş ışınları Ekvator'a dik düşmektedir.

Bu günden dört gün sonra, yani 25 Mart'ta 1° Kuzey Paraleline dik düşecektir.

21 Aralık'ta güneş ışınları $23^\circ 27'$ Güney paraleline (Oğlak Dönencesi'ne) dik düşmektedir.

X Kuzey paraleli ile $23^\circ 27'$ Güney paraleli arasında;

X: Kuzey enlem paraleli

$X^\circ + 23^\circ 27' = Y^\circ$ Z' fark vardır.

$90^\circ - Y^\circ = A^\circ$ B' lik bir açıyla güneş ışınlarını alır [14].

23 Eylül ve 21 Mart'ta güneş ışınları öğlen vakti Ekvator'a dik düşer.

40° Kuzey paraleli ile Ekvator arasında 40° paralel vardır. Buna göre;

$90^\circ - X^\circ = C^\circ$ bulunur [14].

21 Haziran'da güneş ışınları 23° 27' Kuzey paraleline (Yengeç Dönencesi'ne) dik düşer.

X° Kuzey paraleli ile 23° 27' Kuzey paraleli arasında

$X^\circ - 23^\circ 27' = Y^\circ Z'$ fark vardır.

$90^\circ - Y^\circ Z' = D^\circ E'$ lik bir açıyla güneş ışınlarını alır [14].

4.3.2. İllere Göre Panellerin Kurulum Açısındaki En Uygun Değer

Hesaplamalar 21 Mart' a göre yapılmıştır.

Tablo 4.4. İllere Göre Panellerin Kurulum Açısındaki En Uygun Değer

İLLER	X° Kuzey Enlem Değerleri (° N ')	Dünya Eksen Eğikliği	Y° Z' Kurulum İçin Uygun En Düşük Açı (Yıl Boyu Max Güneş Işını Alan Panel Açısı) (Derece (°) / Dakika ('))
ADANA	37 N 01	23°27'	29/32
ADİYAMAN	37 N 46	23°27'	28/47
AFYON	38 N 45	23°27'	27/48
AĞRI	39 N 44	23°27'	26/49
AKSARAY	37 N 40	23°27'	28/53
AMASYA	40 N 40	23°27'	25/53
ANKARA	39 N 56	23°27'	26/37
ANTALYA	36 N 54	23°27'	30/39
ARDAHAN	41 N 07	23°27'	25/26
ARTVİN	41 N 11	23°27'	25/22
AYDIN	37 N 51	23°27'	28/42
BALIKESİR	39 N 39	23°27'	26/54
BARTIN	41 N 38	23°27'	24/54
BATMAN	37 N 52	23°27'	28/41
BAYBURT	40 N 16	23°27'	26/17
BİLECİK	40 N 09	23°27'	26/24
BİNGÖL	38 N 53	23°27'	27/40
BİTLİS	38 N 22	23°27'	28/21
BURDUR	37 N 43	23°27'	28/50
BURSA	40 N 11	23°27'	26/22
BOLU	40 N 44	23°27'	25/49
ÇANAKKALE	40 N 09	23°27'	26/24
ÇANKIRI	40 N 36	23°27'	25/57
ÇORUM	39 N 14	23°27'	27/19
DENİZLİ	37 N 46	23°27'	28/47

<u>DİYARBAKIR</u>	<u>37 N 55</u>	<u>23°27'</u>	<u>28/38</u>
DÜZCE	40 N 50	23°27'	25/43
EDİRNE	41 N 40	23°27'	24/53
ELAZIĞ	38 N 41	23°27'	27/52
ERZİNCAN	39 N 44	23°27'	26/49
ERZURUM	39 N 55	23°27'	26/38
ESKİŞEHİR	39 N 46	23°27'	26/47
GAZİANTEP	37 N 05	23°27'	29/28
GİRESUN	40 N 55	23°27'	25/38
GÜMÜŞHANE	40 N 27	23°27'	26//06
HAKKARİ	37 N 34	23°27'	28/59
HATAY	36 N 52	23°27'	29/41
IĞDIR	39 N 55	23°27'	26/41
ISPARTA	37 N 46	23°27'	28/47
MERSİN	36 N 48	23°27'	29/45
İSTANBUL	41 N 01	23°27'	25/32
İZMİR	38 N 25	23°27'	28//08
K.MARAŞ	37 N 35	23°27'	28/58
KARABÜK	41 N 12	23°27'	25/21
KARAMAN	37 N 11	23°27'	29/21
KARS	30 N 36	23°27'	25/57
KASTAMONU	41 N 22	23°27'	25//11
KAYSERİ	38 N 43	23°27'	27/50
KIRIKKALE	39 N 50	23°27'	26/43
KIRKLARELİ	41 N 44	23°27'	24/49
KIRŞEHİR	39 N 09	23°27'	27/24
KİLİS	36 N 44	23°27'	29/49
KOCAELİ	40 N 46	23°27'	25/47
KONYA	37 N 52	23°27'	28/41
KÜTAHYA	39 N 25	23°27'	27//08
MALATYA	38 N 21	23°27'	28//12
MANİSA	38 N 36	23°27'	27/57
MARDİN	37 N 18	23°27'	29/15
MUĞLA	37 N 12	23°27'	29/21
MUŞ	38 N 44	23°27'	27/49
NEVŞEHİR	38 N 38	23°27'	27/55
NİĞDE	37 N 59	23°27'	28/34
ORDU	41 N 00	23°27'	25/33
OSMANİYE	37 N 03	23°27'	29/30
RİZE	41 N 02	23°27'	25/31
SAKARYA	40 N 46	23°27'	25/47
SAMSUN	41 N 17	23°27'	25/16
SİİRT	37 N 56	23°27'	28/37
SİNOP	42 N 01	23°27'	24/32

SİVAS	39 N 45	23°27'	26/48
ŞIRNAK	37 N 30	23°27'	29//03
TEKİRDAĞ	40 N 59	23°27'	25/34
TOKAT	40 N 19	23°27'	26/14
TRABZON	41 N 00	23°27'	25/33
TUNCELİ	39 N 07	23°27'	27/26
URFA	37 N 08	23°27'	29/25
UŞAK	38 N 41	23°27'	27/52
VAN	38 N 28	23°27'	28//05
YALOVA	40 N 39	23°27'	25/54
YOZGAT	39 N 50	23°27'	26/43
ZONGULDAK	41 N 27	23°27'	25//06

4.3.3. Sistemin Kurulumu Yapılacak Olan İlin İklimsel Verileri

Güneş enerji sisteminin kurulacağı Diyarbakır iline ait iklim verileri farklı programlardan alınacak, sistemin kurulumu için yapılacak hesaplarda bu programlardan alınan verilerin ortalama değer bulunarak, sistem için yapılacak hesaplarda kullanılacaktır.

İl: Diyarbakır

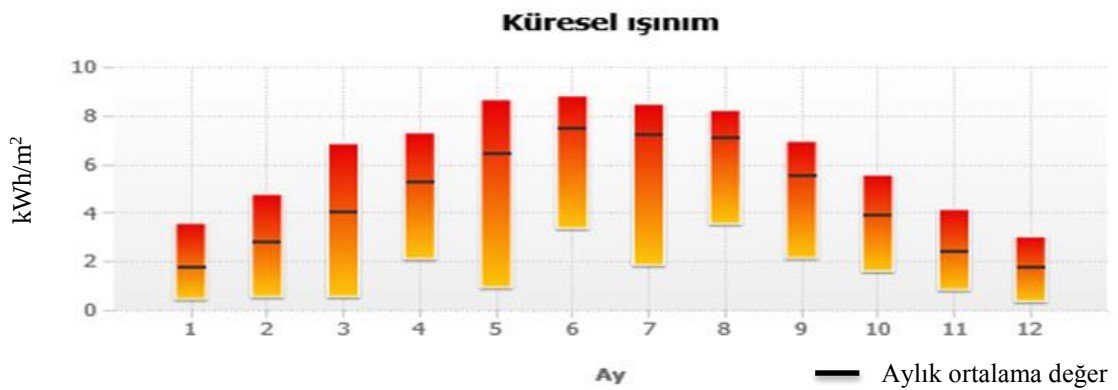
Enlem: 37° 55' 36" N / Boylam: 40° 12' 44" E (Tablo 4.4.)

Rakım: 675 m Yüzölçümü: 685 m²

İklim Verilerini Karşılaştırma

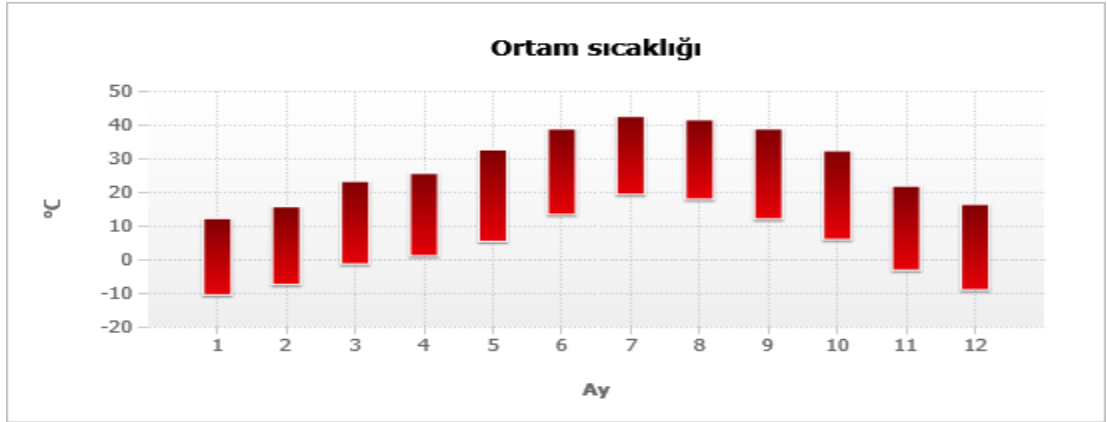
4.3.3.1. Sunny Desing Programı Diyarbakır İli İçin İklim Verileri

Şekil 4.1. görüldüğü üzere bu grafikten ortalama küresel ışınım değeri bulunmuştur.



Şekil 4.1. Küresel ışınımın yıllık toplamı 1.666,87 kWh/m²

Şekil 4.2. görüldüğü üzere bu grafikten ortalama sıcaklık değeri bulunmuştur.

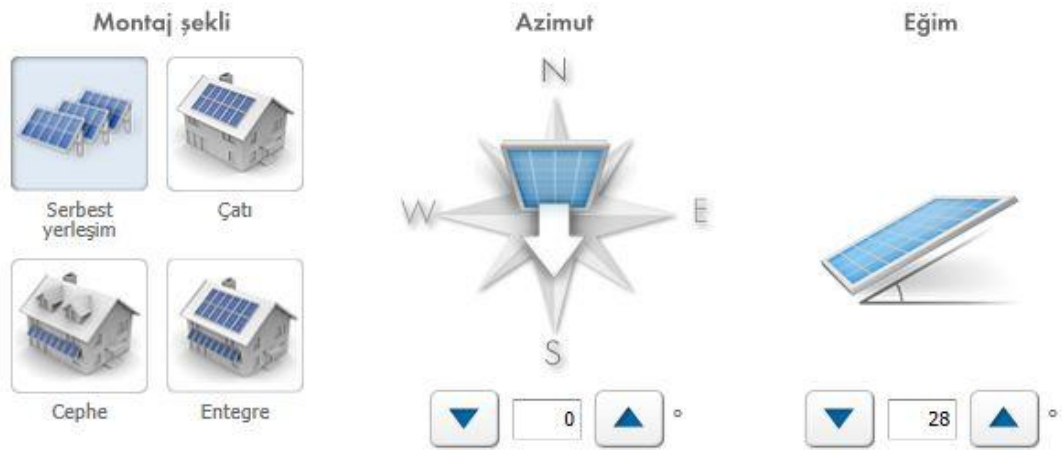


Şekil 4.2. Aylara göre gündüzleri Diyarbakir ili ortam sıcaklığı

*Minimum sıcaklık -11 °C *Tasarım sıcaklığı 32 °C *Maksimum sıcaklık 43 °C

Panellerin Kurulum Açısı

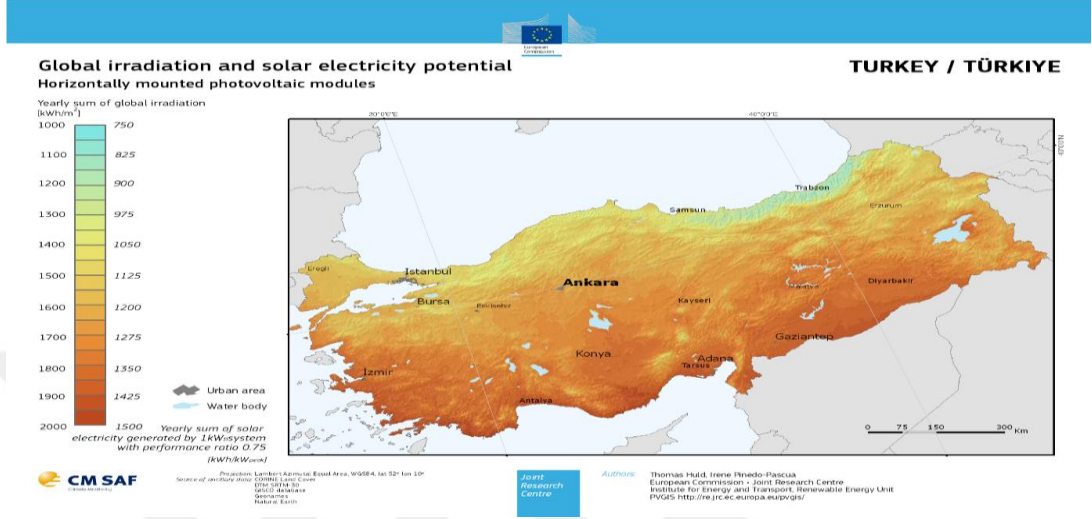
Sunny design programı ile panellerin montaj şekli ve kurulum açısı gösterilmiştir (Şekil 4.3.).



Şekil 4.3. Panellerin yerleşim ve kurulum açısı görüntüsü

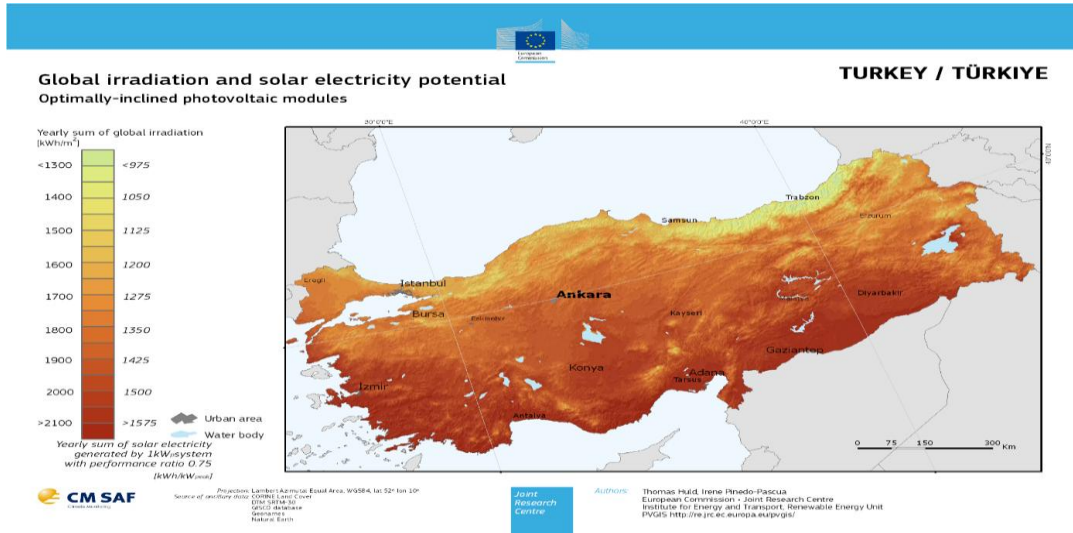
4.3.3.2. Türkiye Solar harita Veriler [29]

Yatay monte edilmiş fotovoltaik modüllerin solar değerlendirmesini gösteren harita (Şekil 4.4.).



Şekil 4.4. Türkiye Solar harita Verileri

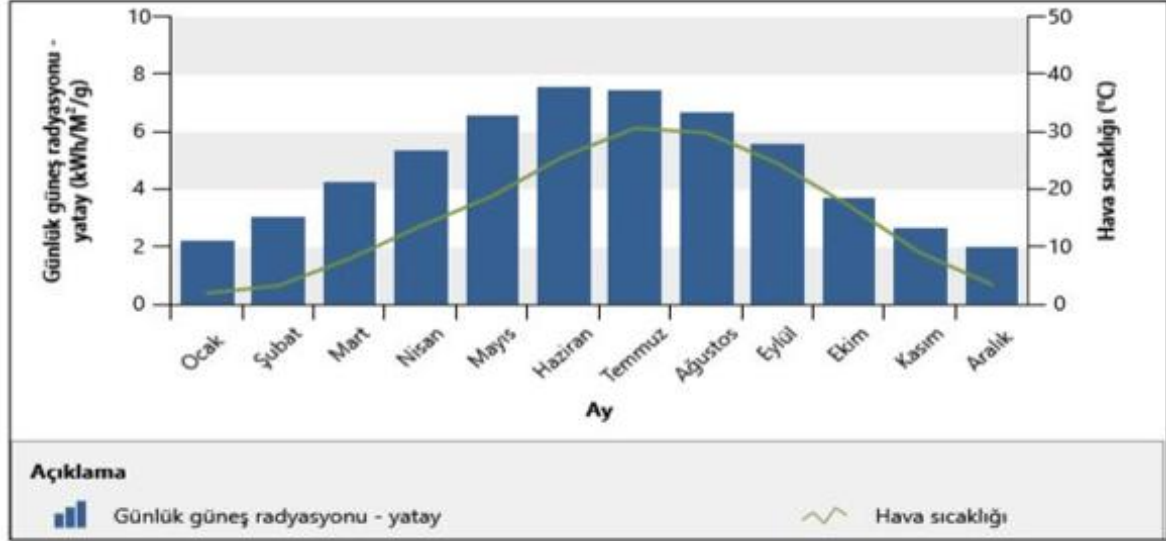
Optimal eğimli fotovoltaik modüllerin solar değerlendirilmesini gösteren harita (Şekil 4.5.).



Şekil 4.5. Türkiye Solar harita Verileri

4.3.3.3. RetScreen Programı Verileri

Tablo 4.5. RetScreen radyasyon ve sıcaklık verileri



Tablo 4.6. RetScreen İklim verileri 1

				Isıtma tasarım sıcaklığı	-6,0				
				Soğutma tasarım sıcaklığı	39,0				
				Yer sıcaklığı amplitüdü	27,9				
Ay	Hava sıcaklığı	Bağıl nem	Yağış	Günlük güneş radyasyonu - yatay	Atmosferik basınç	Rüzgar hızı	Yer sıcaklığı	Isıtma derece-gün	Soğutma derece-gün
	°C	%	mm	kWh/M²/g	kPa	M/s	°C	°C-g	°C-g
Ocak	2,0	74,9%	58,98	2,24	92,4	2,3	2,6	496	0
Şubat	3,3	70,6%	69,59	3,04	92,2	2,7	4,0	412	0
Mart	8,0	65,5%	58,92	4,24	92,0	2,9	9,2	310	0
Nisan	13,7	64,5%	64,42	5,35	91,9	2,7	16,3	129	111
Mayıs	18,9	57,4%	38,95	6,56	91,8	2,8	23,6	0	276
Haziran	25,8	38,3%	14,96	7,57	91,4	3,6	31,2	0	474
Temmuz	30,7	28,6%	4,66	7,46	91,2	3,6	36,9	0	642
Ağustos	29,9	28,7%	3,24	6,70	91,4	3,2	34,9	0	617
Eylül	24,6	33,6%	6,47	5,59	91,8	2,9	28,1	0	438
Ekim	17,2	50,8%	38,54	3,73	92,2	2,4	19,7	25	223
Kasım	9,0	67,1%	43,95	2,69	92,5	2,1	10,5	270	0
Aralık	3,5	74,8%	64,57	2,01	92,5	2,1	4,3	450	0
Yıllık	15,6	54,5%	467,25	4,77	91,9	2,8	18,5	2.091	2.781

Tablo 4.7. RetScreen İklim verileri 2

	Birim	İklim verisi yeri	Tesisin bulunduğu yer	Kaynak
Enlem		37,9	37,9	
Boylam		40,2	40,2	
İklim bölgesi		3A - Ilık - Nemli		Yer- NASA
Rakım	M	677	0	Yer - Yer
Isıtma tasarım sıcaklığı	°C	-6,0		Yer
Soğutma tasarım sıcaklığı	°C	39,0		Yer
Yer sıcaklığı amplitüdü	°C	27,9		NASA

Ay	Hava sıcaklığı °C	Bağıl nem %	Yağış mm	Günlük güneş radyasyonu - yatay kWh/M²/g	Atmosferik basınç kPa	Rüzgar hızı M/s	Yer sıcaklığı °C	Isıtma derece-gün 18 °C	Soğutma derece-gün 10 °C
Ocak	2,0	74,9%	58,98	2,24	92,4	2,3	2,6	496	0
Şubat	3,3	70,6%	69,59	3,04	92,2	2,7	4,0	412	0
Mart	8,0	65,5%	58,92	4,24	92,0	2,9	9,2	310	0
Nisan	13,7	64,5%	64,42	5,35	91,9	2,7	16,3	129	111
Mayıs	18,9	57,4%	38,95	6,56	91,8	2,8	23,6	0	276
Haziran	25,8	38,3%	14,96	7,57	91,4	3,6	31,2	0	474
Temmuz	30,7	28,6%	4,66	7,46	91,2	3,6	36,9	0	642
Ağustos	29,9	28,7%	3,24	6,70	91,4	3,2	34,9	0	617
Eylül	24,6	33,6%	6,47	5,59	91,8	2,9	28,1	0	438
Ekim	17,2	50,8%	38,54	3,73	92,2	2,4	19,7	25	223
Kasım	9,0	67,1%	43,95	2,69	92,5	2,1	10,5	270	0
Aralık	3,5	74,8%	64,57	2,01	92,5	2,1	4,3	450	0
Yıllık	15,6	54,5%	467,25	4,77	91,9	2,8	18,5	2.091	2.781
Kaynak	Yer	Yer	NASA	NASA	NASA	Yer	NASA	Yer	Yer
Ölçüm yeri:	M					10	0		

4.3.3.4. Türkiye Meteoroloji Genel Müdürlüğü İklim Verileri

Tablo 4.8. Meteoroloji İklim Verileri [28]

DIYARBAKIR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Son İklim Periyoduna (1929 - 2016)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	1.6	3.6	8.3	13.8	19.2	26.2	31.1	30.4	24.9	17.2	9.5	3.9	15.8
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	6.6	9.0	14.4	20.4	26.6	33.5	38.4	38.2	33.3	25.3	16.3	9.1	22.6
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-2.4	-1.0	2.4	7.0	11.2	16.5	21.6	21.0	15.9	10.0	4.1	-0.3	8.8
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.8	4.8	5.6	7.1	9.6	12.2	12.4	11.7	10.0	7.5	5.6	3.9	94.2
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	12.5	11.7	11.9	11.4	8.9	2.7	0.5	0.3	1.1	5.9	8.3	11.7	86.9
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	70.7	68.6	65.5	68.2	42.9	8.1	0.7	0.4	3.9	31.8	54.1	70.8	485.7
Son İklim Periyoduna (1929 - 2016)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	16.9	21.3	28.3	35.3	39.8	42.0	46.2	45.9	42.0	35.7	28.4	22.5	46.2
En Düşük Sıcaklık (°C)	-24.2	-21.0	-14.0	-6.1	0.8	3.5	9.9	11.4	4.0	-1.8	-12.9	-23.4	-24.2

Not: GES için kullanılan tüm veriler, programlardan alınan verilerin ortalaması alınarak sistem hesapları yapılmıştır.

4.4. Hesaplamalar

4.4.1. Fotovoltaik Modül(Panel) Seçimi

Diyarbakır İli, Yenişehir İlçesinde yer alan Grand WALL, Güneş Enerjisinden Elektrik Üreten Sistemin Alımı ve Kurulumu İşi için 25,55 kWp sistemde Sunny 1 * STP Tripower 25000TL-30 modeli kullanılmıştır.

Tablo 4.1. 'de CSUN-310-72P Modüllerine ait verilerde görüldüğü gibi 310 Wp çıkış gücüne sahiptir. CSUN-310-72P modülü 72 adet polikristal hücreye sahiptir.

Sistemde Kullanılacak Fotovoltaik (bundan sonra “FV” olarak ifade edilecektir) Modül Sayısı:

25730 Wp olan sistemde kullanılacak FV modül sayısı(n);

$$n = 25730 / 310 = 83 \text{ Adettir.}$$

FV modül seçim, maksimum ve minimum evirici DC giriş gerilim kontrolü hesapları
3. Madde de FV Modül Dizelerinin Belirlenmesi başlığı altında yapılmıştır.

4.4.2. Evirici Seçimi

Grand Wall oteli çatı projesi için kurulan GES için bölge şartları ile kayıplar göz önüne alınarak, Ekler bölümünde ürün kataloğu ile gösterilen Sunny marka Eviriciden 1 adet kullanılacaktır.

Sunny Evirici Modeli STP Tripower 25000TL-30 olarak belirlenmiş olup Evirici Çıkış gücü 10000 VA'dır (Tablo 4.2.).

Evirici çıkışı 25,55 kWe olacaktır. Eviriciye, kendi içinde değişik sayılarda (15,20,20,15,12) seri bağlanan fotovoltaik modüller 4-3 adet paralel dizi oluşturacak şekilde bağlanmıştır. Eviricinin MPPT girişlerinde (MPPT1-1 adet / MPPT2- 1 adet) toplam 2 (A1 - B1) adet DC pozitif giriş (DC1+ ve DC2+ toplamı kadar giriş) bulunmaktadır. Böylece 3-4 dize girişi (1 adeti MPPT1'e DC1+&DC2- ve 1adet MPPT2'e DC2+&DC-) olacak şekilde yapılarak toplamda 83 Fotovoltaik modül bağlanmıştır. Evirici DC- girişleri ortak katmanda gösterilmiştir. Evirici DC girişleri toplam 2 (1 adet DC+ ve 1 adet DC-) adettir. Aşağıda evirici bağlantı noktaları gösterilmiştir.

Eviricide DC1+/DC2+ ve DC- olmak üzere toplam 2 adet DC giriş noktası vardır. Pozitif kısım DC1+ (MPPT1) ve DC2+ (MPPT2) olmak üzere 2 kısma ayrılmıştır. Bu girişlere farklı sayılarda modül bağlantısı yapılabilir. Sistemimizde bulunan 2 adet dizinin pozitif uçlarının 1 tanesi DC1+ ve 1 tanesi DC2+ olacak şekilde bağlanmıştır. Negatif uçları ise DC- kısmına bağlanıp sistem tamamlanmıştır.

***Hesaplardaki PV Modül için Tablo 4.1 verileri ve Evirici için Tablo 4.2 verileri kullanılacaktır. Bu tablolar ürün kataloglarından alınmıştır.

4.4.3. FV Modül Dizelerinin Belirlenmesi ve MPPT Giriş Akım Hesabı

FV modül dizelerinin belirlenmesi için evirici ve her bir FV modülün çalışma ve test koşulları kullanılacaktır. Bu belirleme işlemi için öncelikle evirici için izin verilen her bir MPPT giriş akımları ve giriş gerilimleri kriterlerine ve FV modül maksimum çıkış akımı ve yükteki gerilimine göre hesaplamalar aşağıdaki gibi yapılmıştır. Hesaplarda görüldüğü üzere her bir evirici giriş katmanında yer alan bağımsız 2 adet MPPT girişi birbirinden bağımsız olarak kullanılmıştır.

Evirici En Yüksek Giriş Akımı (Imp):

Ekler Bölümünde verilen evirici test ve datasheet' inde belirtildiği gibi evirici için 2 adet MPPT bulunmaktadır. İlk MPPT için izin verilen DC giriş gerilimi 150 VDC – 800 VDC ve 188 VDC – 800 VDC aralığındadır. Ayrıca bu değer aralığı eviricilerin çalışma gerilim aralığıdır. Eklerdeki datasheette belirtildiği gibi MPPT-1 için maksimum DC giriş akım değeri 33 A'dır. MPPT-2 için maksimum DC giriş akım değeri 33A' dır.

Her bir solar modül için maksimum çıkış akımı(FV Imp): Ekler' de FV modül kataloğunda görüldüğü gibi FV modül Imp değeri 8,58 A'dır. Bu çıkış akım değerleri göz önüne alınarak MPPT girişlerine uygun voltaj ve akım değerleri aralığında ideal bağlantılar yapılmıştır.

Bu işlem ile birlikte iki MPPT giriş için FV maksimum çıkış akımı (Imp) değeri kullanılmış olmaktadır. Yani 2 adet FV modül dizisi birbirinden bağımsız 2 adet MPPT girişlerine bağlantısı yapılmıştır.

Bu veriler doğrultusunda 1 adet FV Modül dizesi tek bir evirici MPPT girişine bağlanabilmektedir. O halde evirici için giriş en yüksek akım değeri aşağıdaki gibi sağlanmaktadır.

$I_{mpp}=32A \times 2= 64A$ $I_{mp} = 8,58 \times 1 = 8,58 A$ dir. (1 adet MPPT'nin maksimum giriş akımı 33 A olduğundan uygundur.)

Evirici ürün kataloğunda da belirtildiği üzere bu akım değeri uygundur.

4.4.4. Evirici Giriş Dizileri Modül Planı Ve Evirici Giriş Gerilim Hesabı

Ekler' de belirtilen evirici katalog verilerine göre düzenlenmiş MPPT de DC giriş gerilim aralığı 150/188 VDC – 800 VDC' dir. FV modül dizilerinin toplam gerilim aralığı 150/188 VDC – 800 VDC arasındadır. Burada Evirici Çalışma başlangıç gerilimi 150/188 VDC dir. En yüksek çalışma gerilimi 800 VDC'dir. Evirici DC giriş katmanında her MPPT için 3 adet DC giriş portu bulunmaktadır. Bu portlardan önce harici olarak koruma amaçlı 15 A DC sigortaların yer aldığı sigorta kutusu konulacaktır. Sistemde ise MPPT girişleri,

Sigorta hesabında FV I_{sc} ;

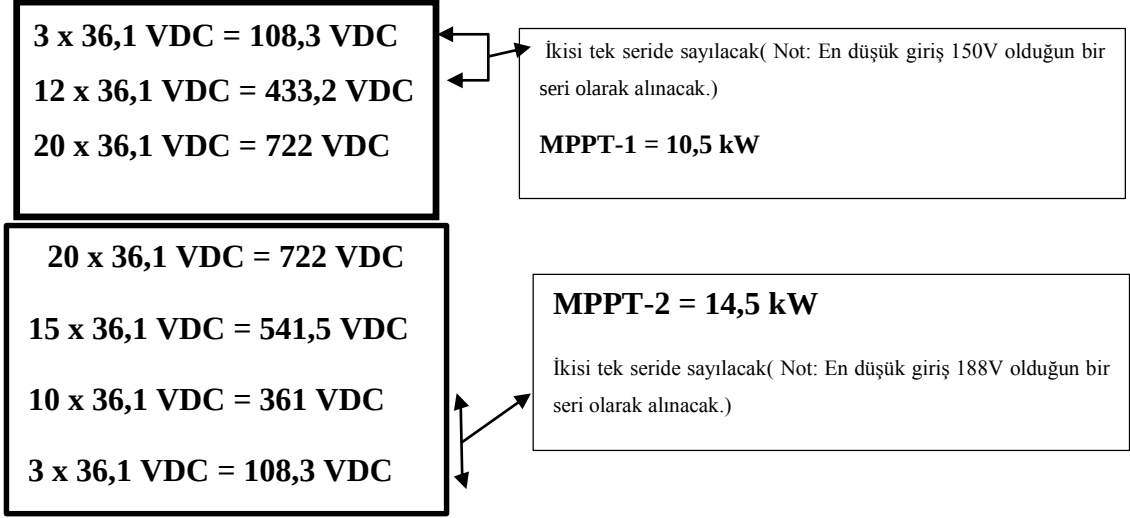
$I_{sc} \times 1,45 < 15 A$ olmalıdır.

$9,04 A \times 1,45 = 13,108 A < 15 A$

olacağından dolayı bu sigorta değerleri uygundur. (*9,04 A FV Modül Kataloğunda ve evirici max. ve min. noktaları hesabında yer alan Tablo 2' de gösterilmiştir.)

Evirici verileri(Tablo 4.2) ve Solar Modül(Tablo 4.1) verileri göz önüne alınarak değişik adetlerde solar modül seri bağlanmıştır. Standart test koşulları ile FV Modül verilerinden, en yüksek gerilimi (V_{dcmax}):

$$V_{dcmax} = \text{Her Dizideki FV Modül Sayısı} \times V_{mp}$$



150 VDC < 1,2,3,4,5 < 800 VDC olduğundan modül dizeleri için her MPPT girişine bağlanacak olan değişik adetlerdeki FV modül dizesi uygun görülmektedir.

Sonuç olarak;

Grand Wall Fotovoltaik Sistemi için sistem gücü 25,73 kWp olup her biri 310 Wp gücünde toplam 83 adet CSUN-310-72P solar modül kullanılmıştır.

Bölge ve sistem kayıpları göz önüne alınarak eviriciye, kendi aralarında değişik adetlerde seri olarak bağlanmıştır. Oluşan 2 adet dize ise MPPT1 ve MPPT2 1' er dize olarak bağlanması ile toplamda 83 Adet FV Modül evirici girişine bağlanmıştır.

$$\text{Eviriciye Bağlanan FV Modül Sayısı} = \text{Dizi Sayısı} \times \text{Her Dizideki Modül Sayısı},$$

$$\text{Eviriciye Bağlanan FV Modül Sayısı} = \text{toplam 83 Adet}$$

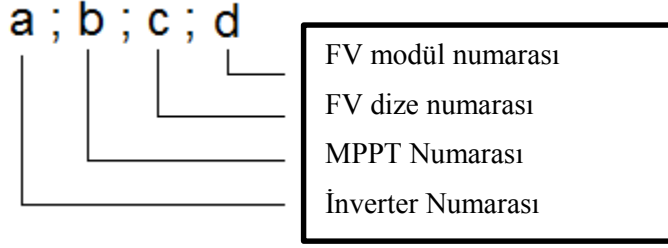
$$10 \text{ kWe çıkış gücünde olmak üzere toplam 1 adet evirici kullanılmıştır.}$$

$$\text{Sistemde Kullanılan Toplam FV Modul Sayısı} = 83 \text{ Adet}$$

Fv Modül Yerleşimleri Ve Numaralandırılması

FV modüller Evirici numarası – aynı eviriciye ait FV dizi numarası – aynı FV dizisindeki FV modül sırası' nı temsilen 4 değişkenli parametreler ile gösterilmektedir.

Bu gösterim şu şekildedir:



4.4.5 DC Kablo Güç Kaybı Ve Gerilim Düşüm Hesabı

Tablo 4.9. 1 DC kablo güç kaybı-gerilim düşüm hesabı sembolleri ve anlamları

Formül İşareti	Birimi	AÇIKLAMA
L	M	Modül veya Dizi Hattının Tek Katlı Hat Uzunluğu
P_k	W	Modül veya Dizi Hattının Kablo Kesiti
S	mm^2	Modül veya Dizi Hattının Kablo Kesiti
K	$M/\Omega, mm^2$	İletken Katsayısı
P	W	Dizi Toplam Gücü
U	V	Dizi Gerilimi
I	A	Dizi Akımı
N	Adet	Dizi Sayısı
I_{sc}	A	Maksimum Dizi Akımı
% e		Gerilim Düşüm Oranı

DC Kablolarda Akım Taşıma Hesabı:

$$I_{max}=1,45 \times I_{sc} = 1.45 \times 9,04 = 13,11 \text{ A}$$

4 mm^2 DC kablo taşıma kapasitesi 45 A dır. 4 mm^2 DC kablo uygundur.

6 mm^2 DC kablo taşıma kapasitesi 57 A dır. 6 mm^2 DC kablo uygundur.

DC Kablolarda Gerilim Düşüm Hesabı:

$$\text{Gerilim Düşüm Formülü: } \%e = \frac{2 \times 100 \times L \times P}{S \times U \times K} \quad (4.1)$$

L : Hat Uzunluğu (m)

P: Sistem Gücü (Watt)

I : Kablo üzerinden geçen Akım (A)

k: Öz İletkenlik Sabiti (Sm/mm^2)

%e: Yüzde Gerilim Düşümü (DC kablolama için kesit kontrolünde bu değer % 1 alınacaktır. Gerilim düşümü hesabı ise kullanılacak kablo kesiti ile gösterilecek.)

$V_{dcmax} = \text{Her Dizideki FV Modül Sayısı} \times V_{mp}$

- 1) 1.1 - 3 x 36,1 VDC = 108,3 VDC
- 2) 1.2 - 12 x 36,1 VDC = 433,2 VDC
- 3) 1.3 - 20 x 36,1 VDC = 722 VDC

İkisi tek seride sayılacak(Not: En düşük giriş 150V olduğun bir seri olarak alınacak.)

MPPT-1 = 10,5 kW

- 4) 2.1 - 20 x 36,1 VDC = 722 VDC
- 5) 2.2 - 15 x 36,1 VDC = 541,5 VDC
- 6) 2.3 - 10 x 36,1 VDC = 361 VDC
- 7) 2.4 - 3 x 36,1 VDC = 108,3 VDC

MPPT-2 = 14,5 kW

İkisi tek seride sayılacak(Not: En düşük giriş 188V olduğun bir seri olarak alınacak.)

1;1 Dizisi için Gerilim Düşümü

$$\%e_1 = (2 \times 100 \times 0,9 \times 14500) / 4 \times 722^2 \times 56$$

$$\%e_2 = (2 \times 100 \times 10 \times 14500) / 4 \times 722^2 \times 56$$

$$\%e_1 = 0,022 \quad \%e_2 = 0,244 \text{ (En Yüksek)}$$

$$\%e_t = \%e_1 + \%e_2 = \% 0,266$$

2;1 Dizisi için Gerilim Düşümü

$$\%e_1 = (2 \times 100 \times 0,9 \times 14500) / 4 \times 722^2 \times 56$$

$$\%e_2 = (2 \times 100 \times 10 \times 14500) / 4 \times 722^2 \times 56$$

$$\%e_1 = 0,022 \quad \%e_2 = 0,244 \text{ (En Yüksek)}$$

$$\%e_t = \%e_1 + \%e_2 = \% 0,266$$

DC Kablolarda Güç Kaybı Hesabı:

$$\text{Güç Kaybı Formülü: } P_k = \frac{2 \times L \times I^2}{S \times K} \quad (4.2)$$

$$1;3 \text{ Dizisi için Güç Kaybı: } P_k = (2 \times 0,9 \times 9,04^2) / (16 \times 56) = 0,164 \text{ W}$$

$$2;1 \text{ Dizisi için Güç Kaybı: } P_k = (2 \times 0,9 \times 9,04^2) / (16 \times 56) = 0,164 \text{ W}$$

Dize – evirici arası güç kaybı :

$$P_k = (2 \times 10 \times 9,04^2) / (7 \times 56) = 4,169 \text{ W (En Yüksek seviyeden hesaplanmıştır).}$$

$$P_k = P_{k1} + P_{k2} = 4,33 \text{ W (Toplamda iki katı olarak düşünüldüğünde uygundur.)}$$

4.4.6. DC Bağlantı Kablo Seçimleri

GRAND Wall oteli GES Projesinde DC-AC Kablolama işlemleri aşağıdaki gibi yapılmıştır.

a. Kablo bağlantıları her bir FV modüller arası yapılarak FV modül dizileri oluşturulmuştur.

b. FV modüller ile evirici MPPT girişleri arasında solar DC bağlantı kabloları kullanılmıştır.

c. Evirici ile AC toplama panosu arasında AC kablo hatları kurulmuştur.

d. AC Toplama Panosu ile Şalt Tesisinden inerek bodrum katındaki AG pano arasında AC kablo hattı kurulmuştur ve panoya uygun bağlantılar ile sayaçlara bağlanmıştır.

DC Bağlantı için solar kablolar kullanılmıştır. FV modüller arası seri bağlantılar için tümleşik 180cm (90cm “+” 90cm “-”) uzunluğundaki 4 mm² kesitli kendi bağlantı kabloları kullanılmıştır. Her bir dizi ile evirici arası solar 6 mm² kesitli kablolar kullanılmıştır. Öncelikle DC Bağlantı Kablolarında Kesit ve Gerilim Düşümü Hesaplamalarını inceleyecek olursak; FV modüllerin seri bağlantısı kendi bağlantı kabloları kullanılmıştır. Eviricinin DC giriş portuna, kendi aralarında değişik adetlerde FV Modülün seri bağlanması ile oluşturulan toplamda 7 adet seri dizi bağlantısı yapılmıştır. Her bir dize evirici arası kablolamalar solar kablo 6 mm² olarak seçilmiştir. Hesaplamalar aşağıda gösterilmiştir.

DC Kablolarda Akım-Sıcaklık Hesapları:

1. Eviricinin MPPT-1 girişi kablosu için (1;1;1+) kablosu için örnek hesaplama yapılmıştır.

Solar 6 mm² kesitli Solar Kablonun taşıyabileceği maksimum akım(I_{DCMAX}): 57 A,

Yük Akımı; I_{DC}= 8,58 A , Not: PV Modüller seri bağlı olduğu için yük akımı PV Modül Akımına eşittir.

Düzeltilmiş akım;

$I_{p-d} = I_p / (k_1 \cdot k_2)$; $k_1=1$, kablo döşeme şekline göre, (teknik çizimlerde gösterilmiştir.)

$k_2=0,71$ ortam ve işletme sıcaklığına göre

$I_{11-d} = 12,08 \text{ A} < 57 \text{ A}$ Uygunudur....

DC kablolarında reaktif empedans olmadığı için $k_1=1$ alınmıştır.

Kısa Devre Akımı Dayanım Hesabı:

Termik Kısa Devre Akımı = $I_{t-p} = I_{SC,p}$, I_{t-p} : termik kısa devre akımı = 9,04 A,

$q_{min} = (I_{t-p} \cdot \sqrt{T_k}) / J_{thr}$ J_{thr} : Kısa devre akım yoğunluğu = 115 A/mm²,

T_k : Açma Süresi (1 sn)

q_{min} : Gerekli Minimum kesit = 0,079 mm² < 6mm² , uygundur...

Notlar:

- DC kablodan geçen kısa devre akımı PV Modül kısa devre akımına eşittir.

- J_{thr} 1sn için XLPE izoleli kablolar için 160 A/mm² dir, PV BCSUN izoleli kablolar için 115 A/mm², olacaktır.

** Düzletilmiş akım hesabı katsayı ve değerler ürün kataloglarından ve Çizelgedeki EN 60228-class 5 standartları Çizelgesine dayanmaktadır.

Yüzde Gerilim düşümü hesabı ile kesit kontrolü yapılması:

$$\%e = \frac{2 \times 100 \times L \times I}{S \times U \times k \times H} \rightarrow S = \frac{2 \times 100 \times L \times I}{2 \times \%e \times U \times K \times H} \quad (4.3)$$

L : Hat Uzunluğu (m)

P : Sistem Gücü (Watt)

I : Kablo üzerinden geçen Akım (A)

k : Öz İletkenlik Sabiti (Sm/mm²)

%e : Yüzde Gerilim Düşümü (DC kablolama için kesit kontrolünde bu değer %

1 alınacaktır. Gerilim düşümü hesabı ise kullanılacak kablo kesiti ile gösterilecek.)

DC Kablolarda Güç Kaybı Hesabı:

$$P_k = \frac{2 \times L \times I^2}{S \times K} \text{ güç kaybı hesabında bu formül uygulanacaktır.} \quad (4.4)$$

e : Gerilim Düşümü (Volt)

U : Sistem Voltajı (Volt)

H : Paralel Hat Sayısı

S : Kablo Kesiti (mm²)

P_k : Güç Kaybı (W)

1) FV modül kablolarının değerlendirilmesi, her bir FV modül arası seri bağlantı kabloları için hesaplamalar,

L : 0,9 m

I : 8,58 A
 U : 722 / 108,3 VDC
 k : 56 m/Ω.mm² (EN60228-Class 5)
 S : 4 mm²
 H : 1 Adet DC kablo hattı vardır.

Bundan sonraki DC hesaplama işlemlerinde, I, k, %e, U, H parametreler için yukarıdaki değerler alınacaktır. K sabiti EN60228-Class 5 standardlarına göre 56 m/Ω.mm²

$$\%e1 = (2 \times 100 \times 0,9 \times 8,58) / (4 \times 722 \times 56 \times 1) = 0,01 \text{ (en yüksek)}$$

$$\%e1 = (2 \times 100 \times 0,9 \times 8,58) / (4 \times 108,3 \times 56 \times 1) = 0,064 \text{ (en düşük)}$$

Modüllerin kendi Kabloları 4 mm² dir. Gerilim limiti altında bir değer olduğundan seçilen kablo uygundur.

$$P_k = (2 \times 0,9 \times 8,58^2) / (1,5 \times 56) = 0,59 \text{ W}$$

FV Modül Kabloları Güç Kaybı

Dizi kablo direnci (Ω):

$$R = L / (k \times S) \quad (4.5)$$

$$R = 0,9 / (56 \times 4) = 0,004 \text{ Ω dur.}$$

2) Fv dizileri ile evirici MPPT girişleri için belli metrajlarda kablolar kullanılmıştır. Bu kablolar 10m ve üzerindeki mesafeler için 6mm² DC solar kablolarıdır. Bunlardan bir tanesi 1;1;1. dizesi ile → MPPT1 arasındaki kablo değerlendirmesi aşağıdaki gibidir.

L : 10 m

S : 6 mm²

$$\%e2 = (2 \times 100 \times 10 \times 8,58) / (6 \times 722 \times 56 \times 1) = 0,071$$

$$\%e2 = (2 \times 100 \times 10 \times 8,58) / (6 \times 108,3 \times 56 \times 1) = 0,472$$

$$P_k = (2 \times 10 \times 8,58^2) / (6 \times 56) = 4,382 \text{ W}$$

%et → toplam yüzde gerilim düşümü,

%et = %e1 + %e2 = 0,01 + 0,071 = % 0,081 < %1 olduğu için seçilen kesitler uygundur.

$\%et = \%e1 + \%e2 = 0,064 + 0,472 = \% 0,536 < \%1$ olduğu için seçilen kesitler uygundur.

$L = 10$ metre ve üzeri kablolarla 6 mm^2 kesiti alınacaktır. Gerilim düşümü limiti altındadır.

Dizi kablo direnci (Ω):

$$R = L/(k \times S) = 10/(56 \times 6) = 0,03 \Omega \text{ dur.}$$

Diğer DC PV Modül dizileri ile evirici arası hesaplamalar Tablo-1' de yer almaktadır.

4.4.7. AC Kablolama Ve Hesaplamaları

AC kablolama işlemleri Evirici-AC Toplama Panosu ve AC Toplama Panosu Trafo AG Panosu arasındadır.

Evirici İle AC Toplama Panosu Arası Besleme İletkenleri:

Evirici Tablo 2'de belirtildiği gibi 25,55 kWe çıkış gücündedir. Evirici dizi planlarında bahsedildiği üzere, bölge ve sistem kayıpları göz önüne alınarak 5,5 kWp değerinde FV modülleri 7 adet dizi ve bu diziler içerisinde değişik adetlerde seri bağlı modül olacak şekilde entegre edilmiştir. Eviricide bulunan 2 adet MPPT ye 3' er ve 4' er adet 2 hatta birleştirilmiş FV modül dizesi bağlanmıştır. Her MPPT girişinde 10,5-14,5 kWp olup toplamda 25 kWp bağlı bulunmaktadır.

Eviricinin çıkış enerjilerinin toplandığı AC Toplama Panosu ile aralarında enerji aktarımını yapılan hesaplamalar ile $5 \times 16 \text{ mm}^2$ N2XH lik AC bakır kablolar kullanılmıştır.

Evirici – AC Toplama Panosu Arası Hesaplamalar:

PV Sistemde toplamda 1 Adet evirici kullanıldığı için evirici ile AC toplama Panosu ile buradan da ölçü ve kontrol panosuna toplamda 2 parça $5 \times 16 \text{ mm}^2$ N2XH AC kablo ile bağlantı yapılacaktır. Kablo bilgileri ve hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

Evirici-AC Toplama Panosu arası: $L = 1 \text{ m}$, $P = 25 \text{ kWe}$, $k = \text{Bakır(Cu)} 56 \text{ Sm/mm}^2$, $S = 16 \text{ mm}^2$, $U = 380 \text{ V}$, $\cos\phi = 1$, Faz Durumu = 3 Faz. Bu bölümde sistem akımı hesap edilip yüzde gerilim düşümü ve sistem güç kaybı hesap edilecektir.

3 Faz sistemlerde Akım Taşıma Hesabı :

$$I = \frac{Nk}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\phi} = \frac{25000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 1} = 37,98 \text{ A} \quad (4.6)$$

3 Faz sistemlerde Yüzde Gerilim Düşümü(%e) Hesabı:

$$\%e1=(100 \times L \times P) / S \times k \times U^2 \quad (4.7)$$

$$\%e1 = (100 \times 1 \times 25000) / (16 \times 56 \times 380^2) = 0,019$$

$$\%e1 = \% 0,019$$

3 Faz sistemlerde Güç Kaybı Hesabı :

$$P_k = \frac{3.L.I^2}{S.K} = (3 \times 1 \times 37,98^2) / (16 \times 56) = 4,83 \text{ W} \quad (4.8)$$

İletken özellikleri ve diğer aktarma parametreleri:

Nk : AC Kurulu Güç (We)

I : Sistem Akımı (A)

L : Hat Uzunluğu (m)

k : Öz İletkenlik Sabiti (Sm/mm²)

%e : Yüzde Gerilim Düşümü (Volt)

e : Gerilim Düşümü

U : Sistem Voltajı (Volt)

S : Kablo Kesiti (mm²)

AC Toplama Panosu Ölçü ve Kontrol Panosu Arası Hesaplamalar:

AC Toplama panosu ile ölçü ve kontrol panosuna 1 adet 5x16mm² N2XH AC kablo ile bağlantı yapılacaktır. Kablo bilgileri ve hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

L = 20 m, P = 25 kWe, k = Bakır(Cu) 56 Sm/mm², S=16mm², U = 380 V, cosØ=1, Faz Durumu = 3 Faz. Bu bölümde sistem akımı hesap edilip yüzde gerilim düşümü ve sistem güç kaybı hesap edilecektir.

3 Faz sistemlerde Akım Taşıma Hesabı :

$$I = \frac{Nk}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos Q} \quad (4.9)$$

$$I = \frac{25000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 1} = 37,98 \text{ A}$$

3 Faz sistemlerde Yüzde Gerilim Düşümü(%e) Hesabı:

$$\%e2 = (100 \times L \times P) / S \times k \times U^2 \quad (4.10)$$

$$\%e2 = (100 \times 30 \times 25000) / (16 \times 56 \times 380^2) = 0,58$$

$$\dots \%e2 = \%0,58$$

3 Faz sistemlerde Güç Kaybı Hesabı :

$$P_k = (3 \times L \times I^2) / (S \times K) \quad (4.11)$$

$$P_k = (3 \times 30 \times 15,2^2) / (16 \times 56) = 144,89 \text{ W}$$

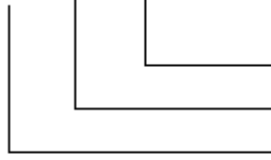
$\%et = \%e1 + \%e2 < \%3$ olmalıdır: $\%et = 0,019 + 0,58 = 0,599 < \%3$ olduğundan seçilmiş olan AC kablo kesitleri uygundur.

$$S = \frac{100 \times L \times P}{k \times \%e \times U^2 \times H} = \frac{100 \times 90 \times 30000}{56 \times 3 \times (400 \times 400) \times 1} = 10,04$$

AC-DC Kablolama hesaplamaları Tablo 4.3. de gösterilmiştir.

Ayrıca; Kablo AC-DC Hesap Tablosunda görülen İfade de aşağıdaki gibi açıklanmaktadır.

a ; b ; c +



FV dize numarası ve dizenin polaritesi

MPPT Numarası

İnverter Numarası

Örnek: “1;2;1+ → 1. İnvertör” ifadesi, 1. İnvertörün 2. MPPT’ sine gelen 1. FV Modül dizesinin pozitif beslemesinden 1. İnvertöre giden kablo diye ifade edilmektedir.

AC kablo direnci (Ω):

$$R = L / (k \times S) = 30 / (56 \times 16) = 0,034 \Omega \text{ dur.}$$

4.4.8 AG Kısa Devre Hesabı

$U_n = 15\text{kv}$ (Transformatörün Yüksüzken Fazlar Arası Çıkış Gerilimi)

$U_k = 4$ (Transformatörün kısa Devre Gerilimi %)

$S_n = 400 \text{ KVA}$ (Transformatörün Nominal gücü (kVA))

$U = 400 \text{ V}$ (Transformatörün Çıkış Gerilimi)

$$Z_o = \frac{1,1 \times U_n}{I_k} = \frac{1,1 \times 15000}{5000} = 3,3 \text{ m}\Omega$$

$$Z_{T1} = \frac{\%U_k \times (U)^2}{100 \times S_n} = \frac{4 \times (400\text{V})^2}{100 \times 400} = 16 \text{ m}\Omega$$

KABLO 2 (3x95+50) NYY

$$Z_{kl} = 0,5 \times \sqrt{(R_x^2 + X_L^2)} \times L$$

$$Z_{kl} = 0,5 \times \sqrt{(0,193 + 0,082)^2} \times 0,170^{21}$$

$$Z_{kl} = 0,0233 \text{ m}\Omega$$

KABLO 2 (3x240) NYY

$$Z_{kl} = 0,5 \times \sqrt{(R_x^2 + X_L^2)} \times L$$

$$Z_{kl} = 0,5 \times \sqrt{(0,075 + 0,079)^2} \times 0,05^{21}$$

$$Z_{kl} = 0,0038 \text{ m}\Omega$$

$$I_{k3} = \frac{C \times U_n}{\sqrt{3} \times Z_{top}} = \frac{1,05 \times 400}{1,73 \times 0,0271} = \frac{420}{0,0468} = 8974,35 \text{ A} \approx 9 \text{ kA}$$

4.4.9. Topraklama Direnci Hesabı

Hesap 21.08.2001 tarih ve 24500 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe giren “Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği”ne uygun yapılmıştır.

Hata akım koruma düzenlerinin anma hata akım I_n ve işletme elemanlarının gövdelerinde ölçülen izin verilen en büyük topraklama direnci R_A

Topraklama Direnci	Anma Hata Akımı	$I_{\Delta n}$	mA	10	30	100	300	500
İşletme elemanlarının gövdelerinde ölçülen izin verilen en büyük topraklama direnci	R_A	$U_L = 50V$ için	Ω	5000	1666	500	166	100
		$U_L = 25V$ için	Ω	2500	833	250	83	50

Tablo 4.10. İletken kesit tablosu

İletken Kesiti			Çap	
16	mm ²	Dolu Kesit	0,00450	m
25	mm ²	Dolu Kesit	0,00600	m
35	mm ²	Dolu Kesit	0,00670	m
50	mm ²	Dolu Kesit	0,00800	m
50	mm ²	Örgülü İletken	0,00950	m
70	mm ²	Örgülü İletken	0,01100	m
95	mm ²	Örgülü İletken	0,01260	m
120	mm ²	Örgülü İletken	0,01400	m
150	mm ²	Örgülü İletken	0,01600	m
185	mm ²	Örgülü İletken	0,01750	m
240	mm ²	Örgülü İletken	0,02030	m

Şerit Topraklayıcı Direnci:

$$R_i = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \frac{2l}{d} \cdot \left[1 + \frac{\ln \frac{l}{2H}}{\ln \frac{2l}{d}} \right]$$

(4.12)

I: Topraklayıcı iletken uzunluğu = 843 m

d: Topraklayıcı iletken çapı = 0,0015 m

H: Topraklayıcı iletkenin gömülme derinliği = 0,05 m

p: Toprak özgül direnci

$$R_i = \frac{100}{2 \times 3.14 \times 843} \cdot \ln \frac{2 \times 843}{0.0015} \cdot \left[1 + \frac{\ln \frac{843}{2 \times 0.500}}{\ln \frac{2 \times 843}{0.0015}} \right] = 0.353 \Omega$$

Çubuk Topraklayıcı Direnci:

$$R_{\phi} = \frac{1}{n} \cdot \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \frac{4 \cdot l}{d} \quad (4.13)$$

l: Topraklayıcı çubuk uzunluğu = 1,5 m

d: Topraklayıcı çubuk çapı = 0,0035 m

H: Topraklayıcı çubuk sayısı = 8 Adet

p: Toprak özgül direnci

$$R_{\phi} = \frac{1}{8} \cdot \frac{100}{2 \times 3.14 \times 1.5} \cdot \ln \frac{4 \times 1.5}{0.0035} = 6,836 \Omega$$

Topraklama seti direnci:

$$R_t = \frac{R_i \times R_{\phi}}{R_i + R_{\phi}} = \frac{0.353 \times 6.836}{0.353 + 6.836} = 0,336 \Omega < 166 \Omega$$

yönetmeliğe uygundur.

Notlar:

Hesaplarda toprak özgül direnci 100 ohm.m kabul edilmiştir.

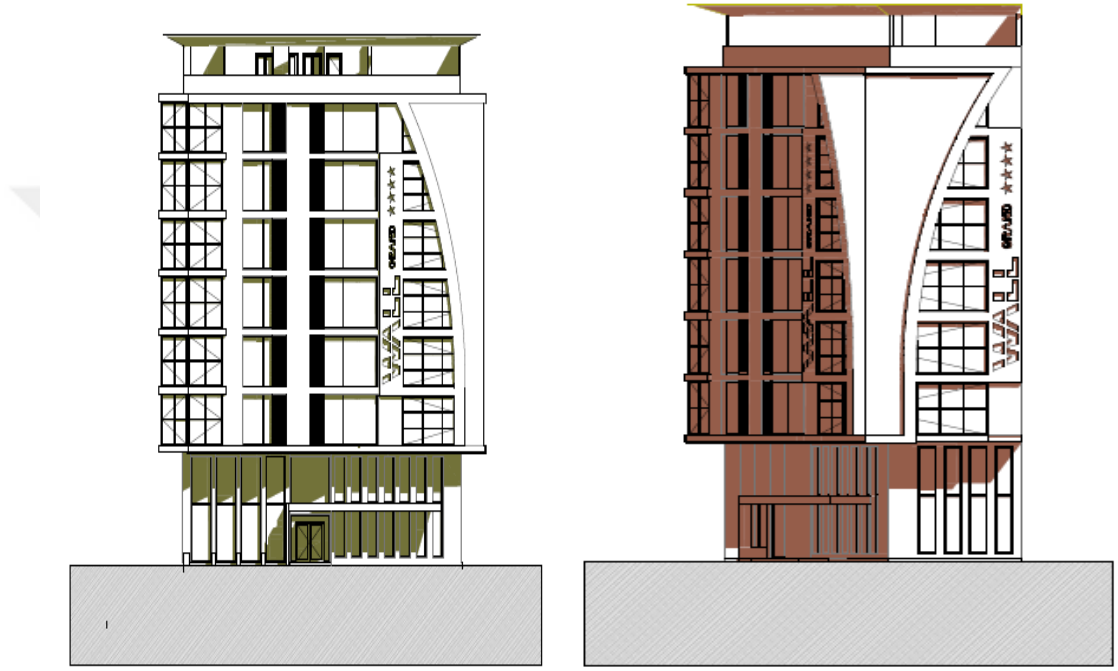
Toprağın altında kalacak tüm ek noktaları korozyona karşı izole edilecektir.

4.5. Çizim ve Görüntüler

4.5.1. Autocad Teknik Çizimler

a) Mimari görüntüler

Ön ve yan görünüş [25].

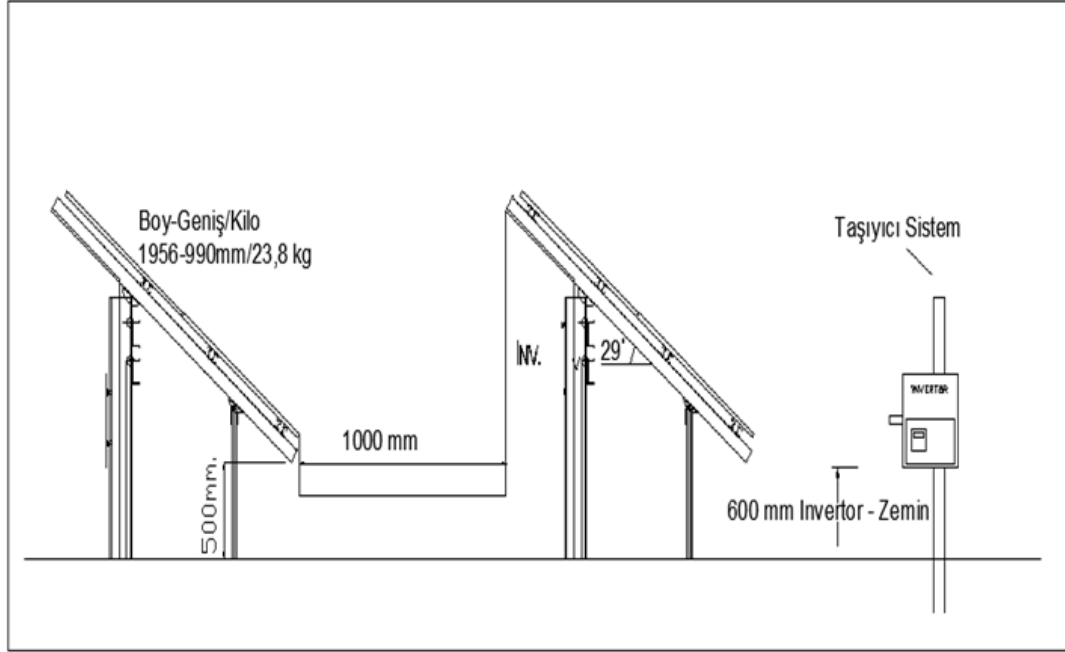


Şekil 4.6. Yapı görünüşü

b) İnvörtör Montajı Detayı ve Panellerin Sahaya Yerleşim Kesit Görünüşü

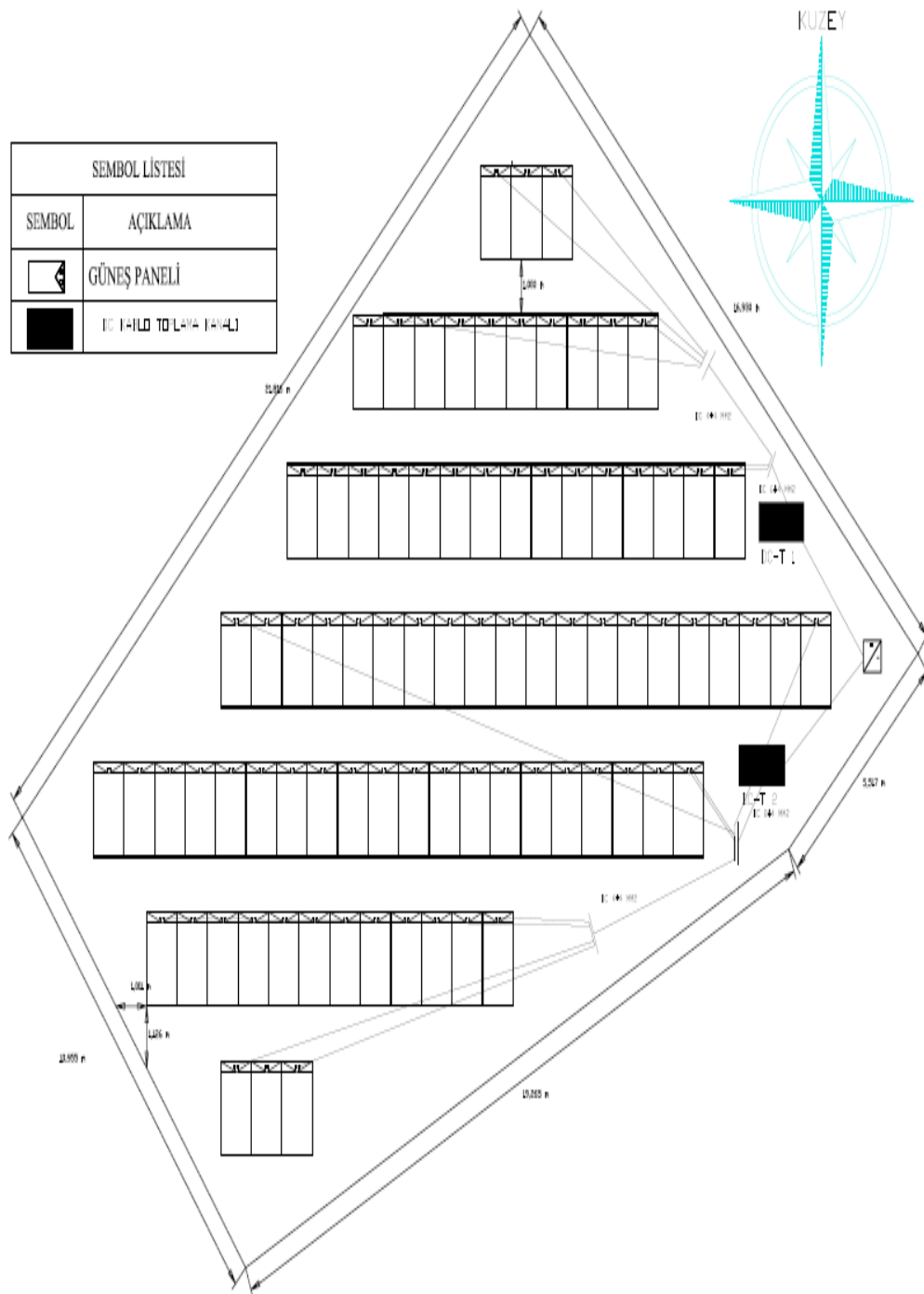
EVİRİCİ BİLGİLERİ	
Marka	SMA Sunny
Model	1*STP 25000 -30 25 kW-C
P _{inv,dc} (kW)	25550 W
U _{inv,max} (V)	1000 V
U _{inv,min,mpp} (V)	600 V
I _{max,inv} (A)	33 A
P _{ac} (W)	25000 W

Modül Elektriksel Değerleri	CSUN 310-72 P
Panel Maksimum Gücü	260 W
Güç Toleransı	0~+3 W
Max. Çıkış Gerilimi	36.1 V
Max. Çıkış Akımı	8.58 A
Açık Devre Gerilimi	44.8 V
Kısa Devre Akımı	9.04 A

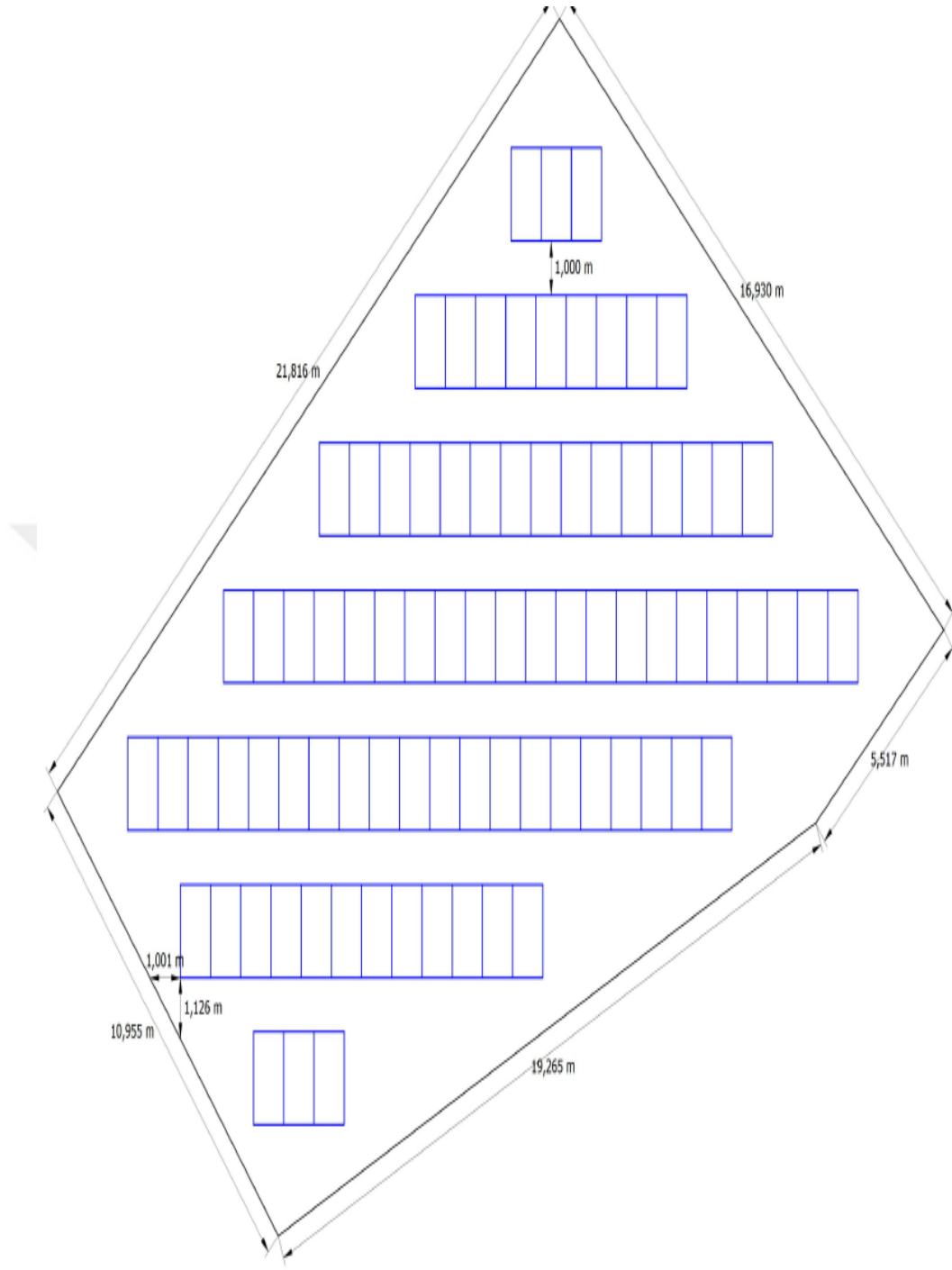


Şekil 4.7. Panel saha yerleşim kesit görünüşü

c) Saha Yerleşimi Gösterimi

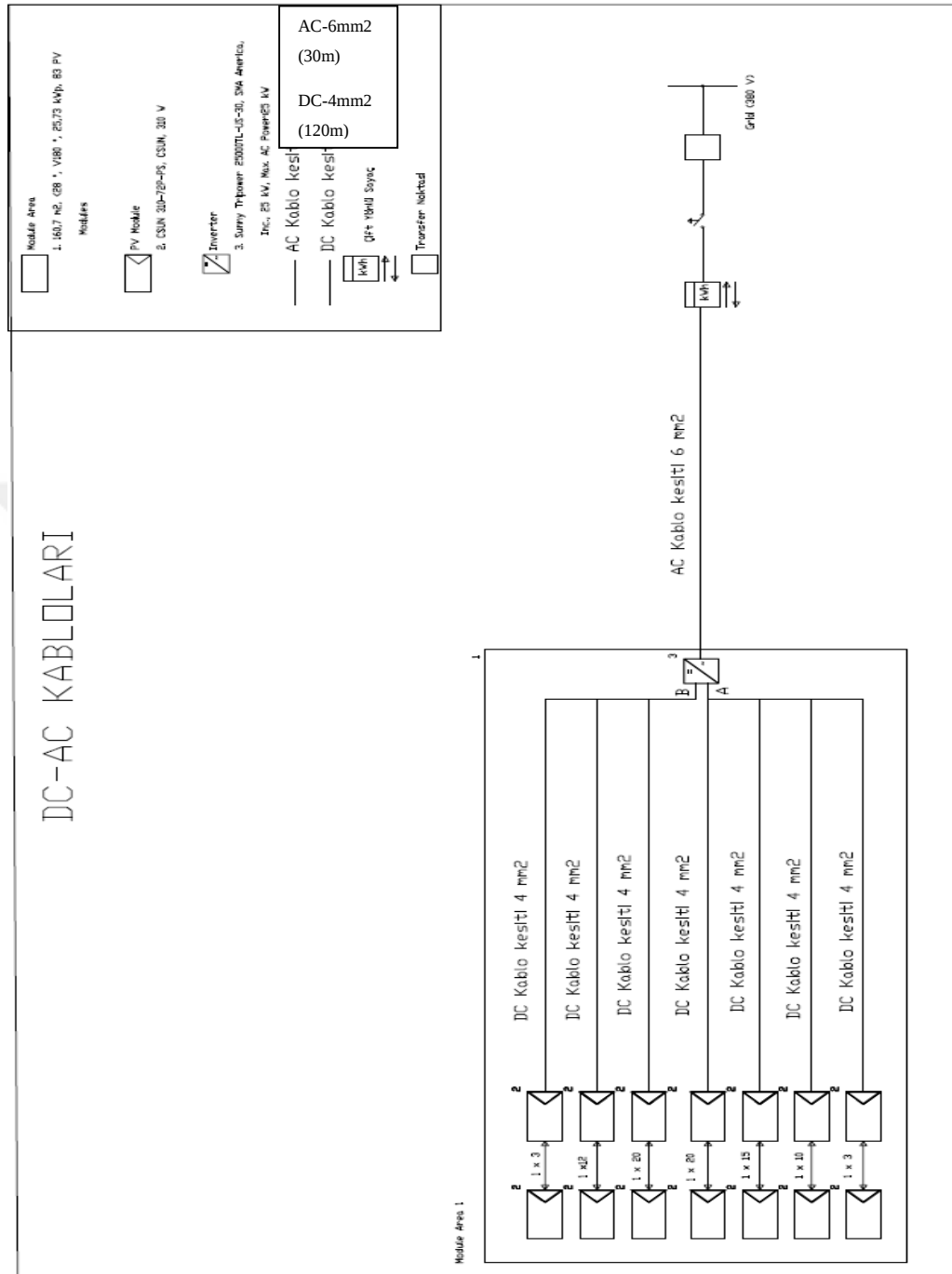


Şekil 4.8. Panellerin otelin üstündeki yerleşimi gösterimi



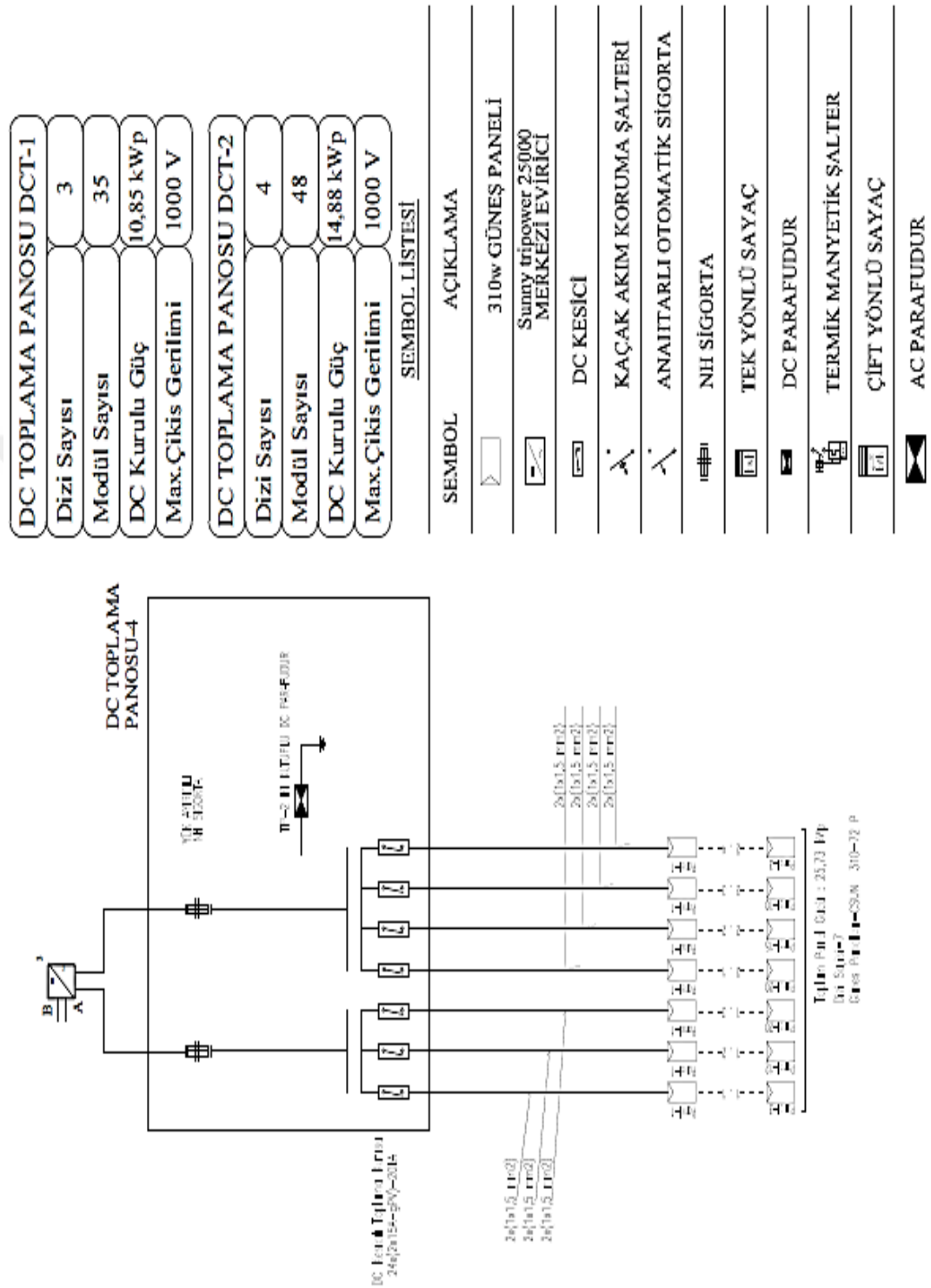
Şekil 4.9. Panellerin saha yerleşimi gösterimi ölçülü

Tek hat Şeması-1



Şekil 4.10. Tek hat Şeması

Tek Hat Şeması-2



Şekil 4.11. Tek Hat Şeması-2

4.5.2. Simülasyon ve Gölge Görüntüleri

GES Sisteminin Kurulacağı Otelin Üst Görünüşü

Diyarbakır

Enlem : $37^{\circ} 55' 36''$ N

Boylam : $40^{\circ} 12' 44''$ E

Rakım : 675 m

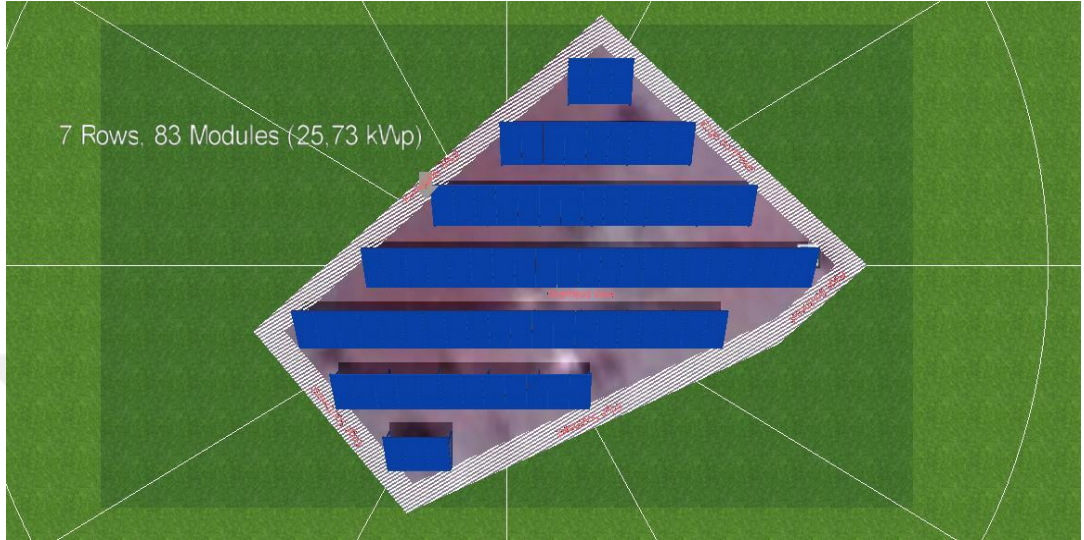
Yüzölçümü Alan : 685 km²



Şekil 4.12. Google PRO Earth görüntüsü

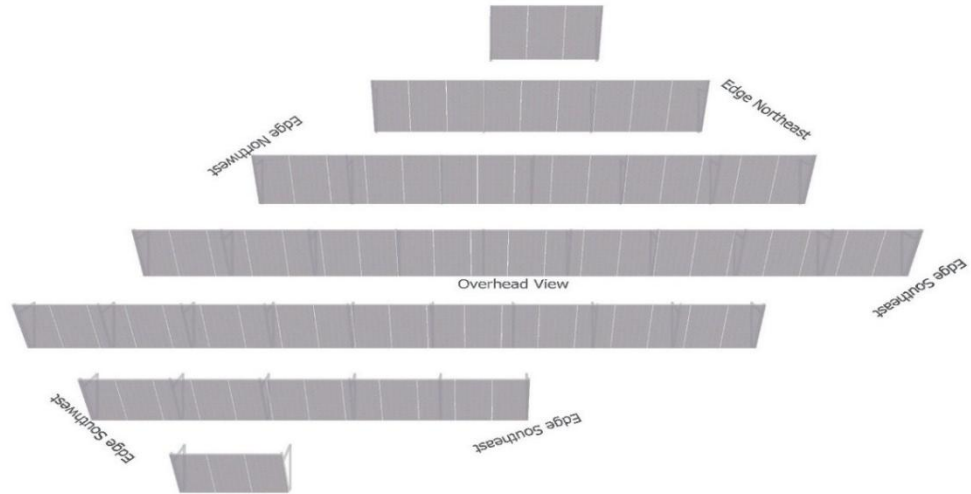
a) Simülasyon görüntüleri

Sistem Gücü ve Panel Sayısı

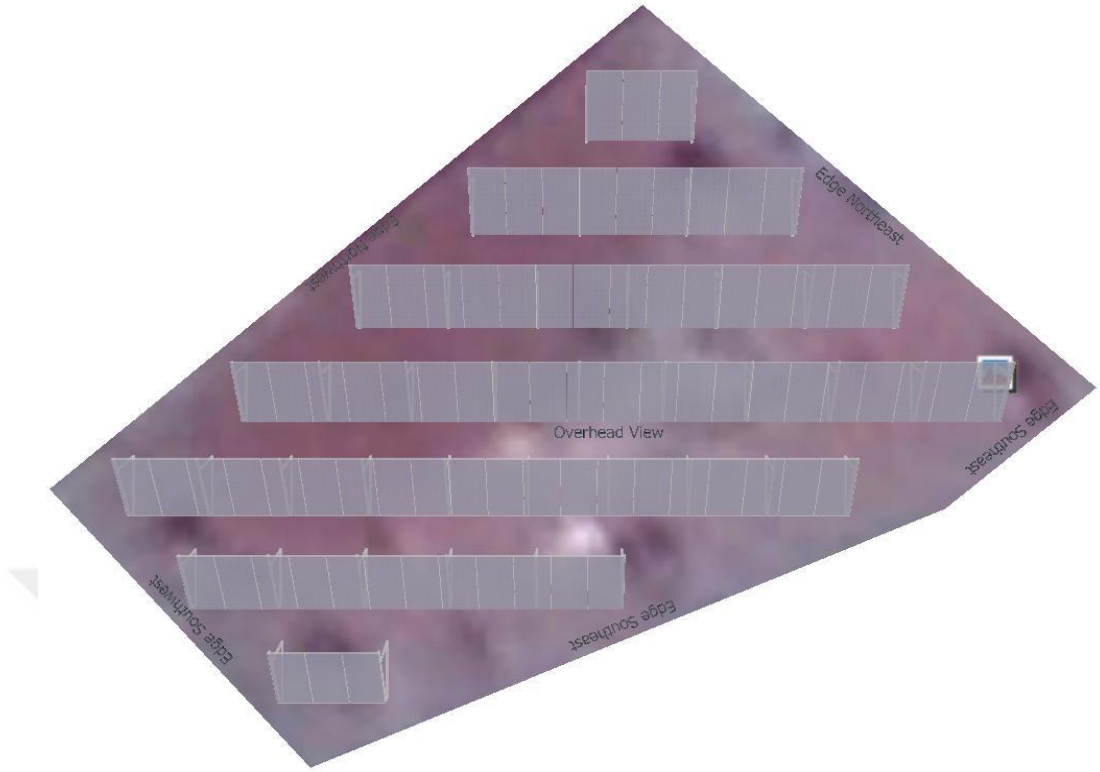


Şekil 4.13. PV-SOL saha yerleşim görüntüsü

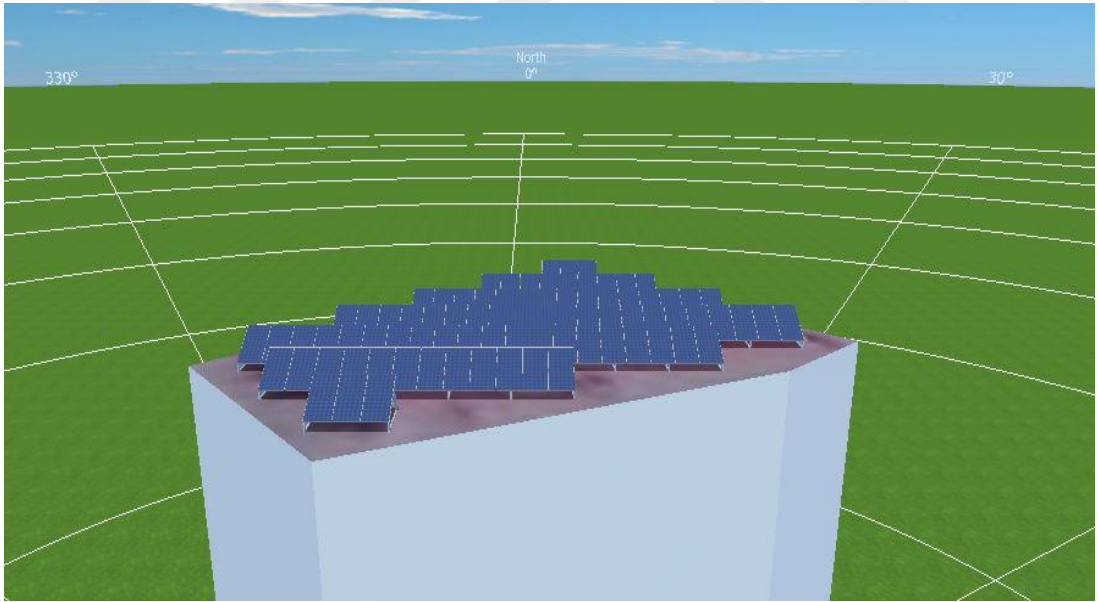
Sistemin Kurulum Yönü (Güney)



Şekil 4.14. PV-SOL saha yerleşim yönü görüntüsü-1

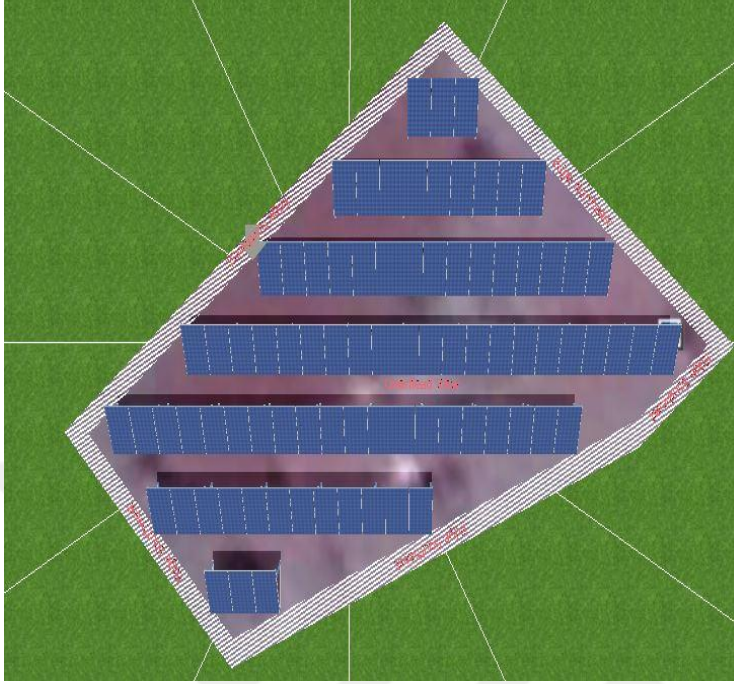


Şekil 4.15. PV-SOL saha yerleşim görüntüsü-2



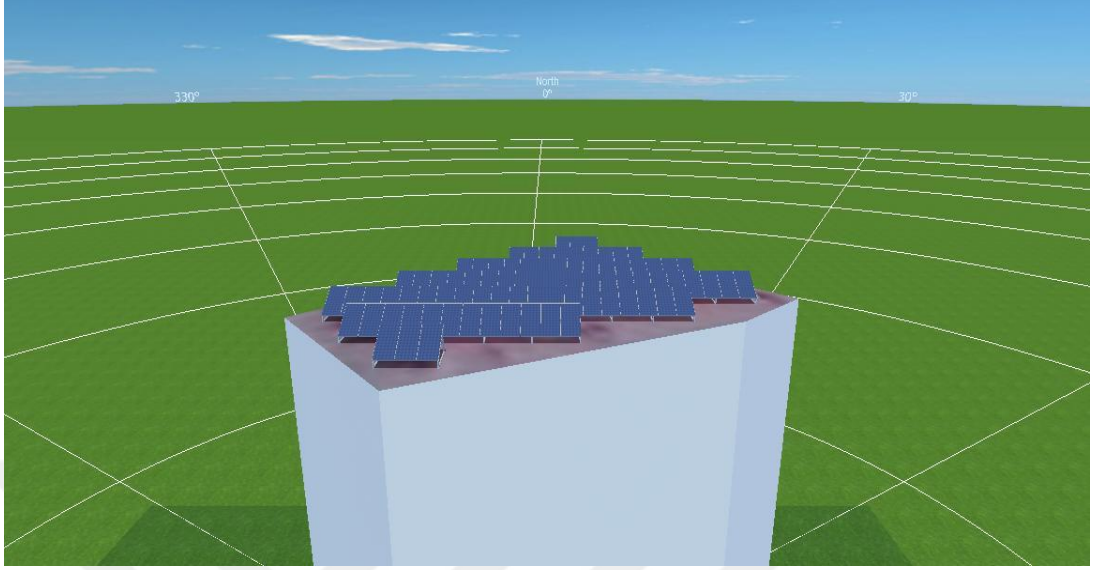
Şekil 4.16. PV-SOL saha yerleşim üst bakış görüntüsü

Dış kısmında oluşturulan çerçeve mesafeleri



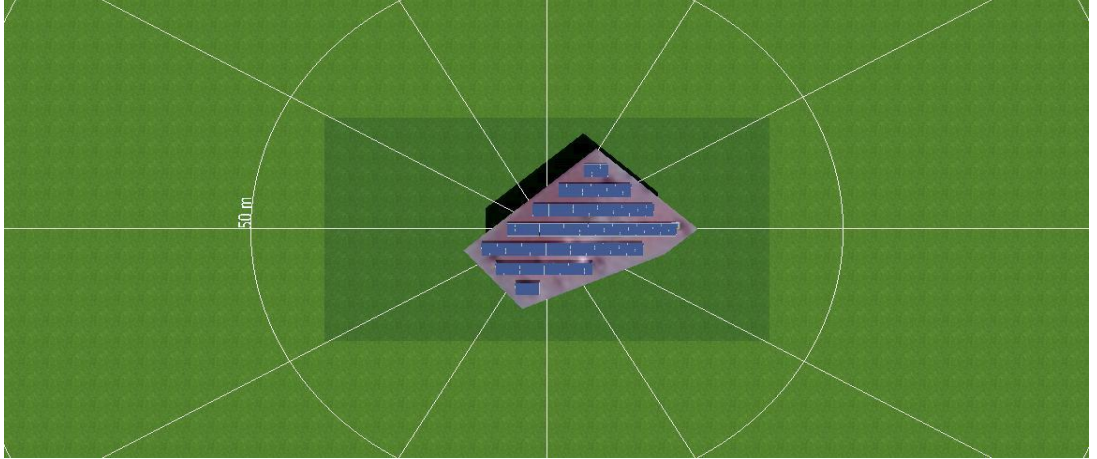
Şekil 4.17. PV-SOL saha yerleşim kenar ölçüleri

Önden görünüş



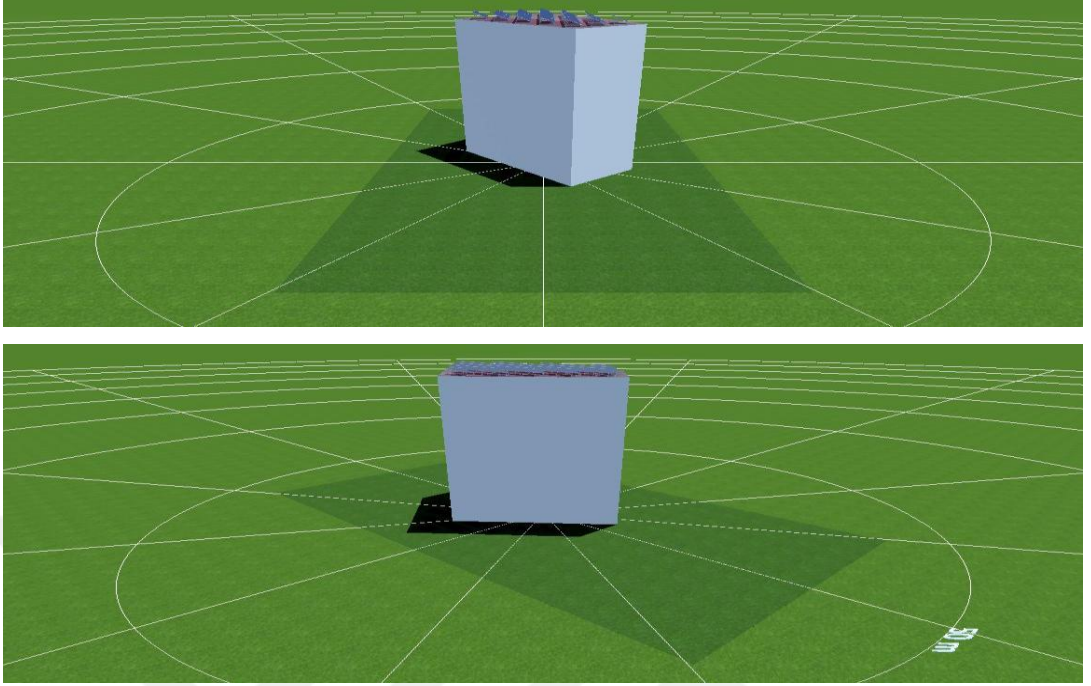
Şekil 4.18. PV-SOL saha yerleşim ön bakış görüntüsü

Üsten görünüş



Şekil 4.19. PV-SOL saha yerleşim Üsten görünüşü

Yan görünüş



Şekil 4.20. PV-SOL saha yerleşim yan bakış görüntüsü

b) Gölgeleme görüntüleri

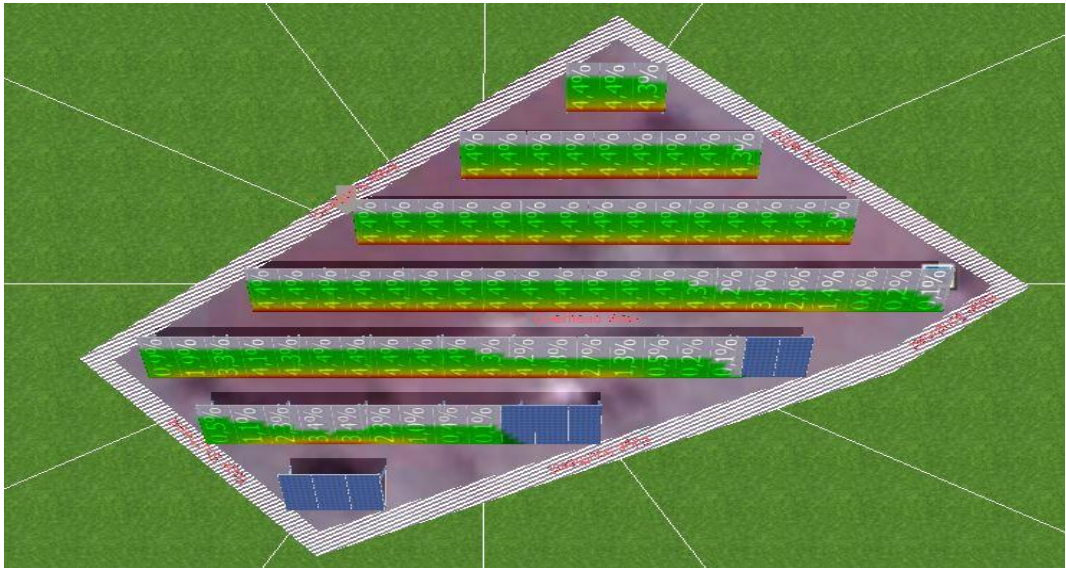
Gölge Skalası



Şekil 4.21. PV-SOL saha yerleşim gölge skalası

Panellerin Gölgeleme Oranları

Yüzdelik görünüş (%) : Bu oranlar gölgelemeden dolayı yaşanan verim kaybını göstermektedir.



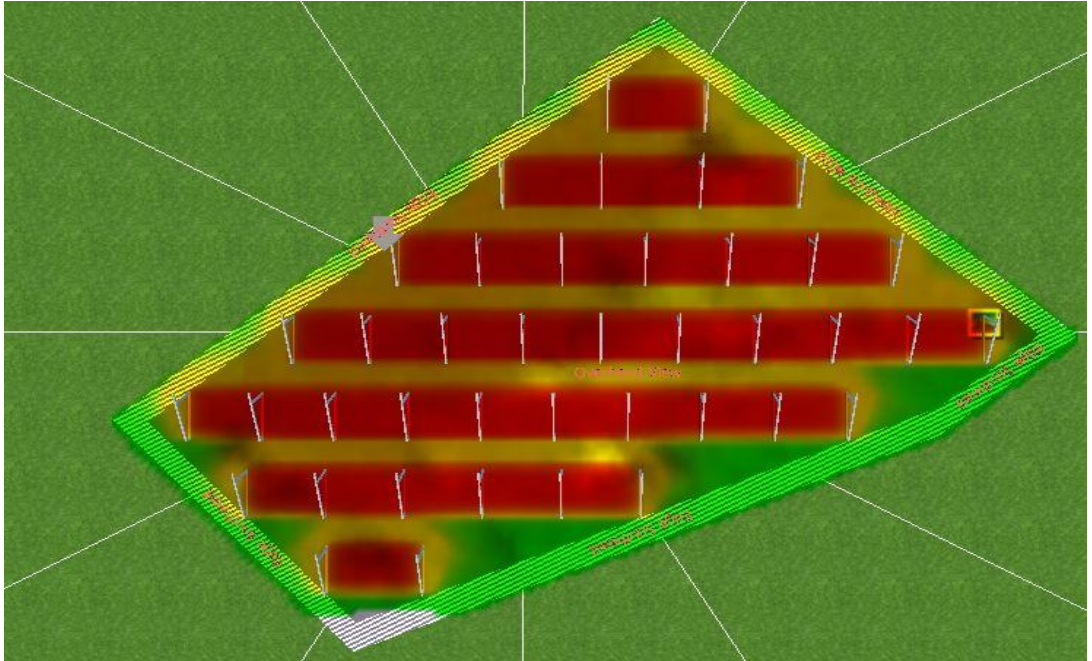
Şekil 4.22. PV-SOL saha yerleşimde %'lik gölge oranları görüntüsü

Panelsiz Gölgeleme Görünüşü



Şekil 4.23. Panelsiz Gölgeleme Görünüşü

Yere Düşen Gölge Durumu: Gölgenin yoğunlukla düştüğü yer



Şekil 4.24. Yere Düşen Gölge Durumu-1



Şekil 4.25. Yere Düşen Gölge Durumu-2

4.6. Maliyet analizi

Sistemin maliyet analizi EXCEL’ de program haline getirilerek yapıldı.

Kurulacak olan sistemin maliyet analizi

Tablo 4.11. ‘de görüleceği üzere sistemde kullanılan malzemelerin birim fiyatları üzerinden sistemin toplam maliyeti hesaplanmıştır.

Tablo 4.11. Kurulacak olan sistemin maliyet analizi

S/N	GIDERLER	ÖZELLİKLER	T. FİRMA	Adet/Mt/Kg	MALİYET (\$)	TOPLAM MALİYET (\$)
1	MALZEME MALİYETLERİ					20.383,70
A	Panel Maliyeti -	250 Wp Polycrystal	CSUN-0,40 \$/w	83	\$ 124,00	\$ 10.292,00
B	Kablo Maliyeti (DC Kablo) - 6mm ²	Solar DC Kablo	Başoğlu	120	\$ 0,56	\$ 67,20
C	Kablo Soketleri Maliyeti -	DC4 soket çifti	Başoğlu	30	\$ 5,00	\$ 150,00
D	Invertor Maliyeti -	STP-25000TL- 30	SMA Sunny	1	\$ 3.750,00	\$ 3.750,00
E	Konstrüksiyon sistemi	Arazi Sistemi		25730	\$ 0,15	\$ 3.859,50
F	Kablo Kanalları Maliyetleri	4 mm2 galvanizli kablo kanalı (kg)		15	\$ 1,00	\$ 15,00
G	Topraklama Malzemeleri -	Mevcut topraklama kullanılacak		50	\$ 5,00	\$ 250,00
I	AC Kablo	Inverter-pano		30	\$ 15,00	\$ 450,00
J	Yıldırım Koruma Sistemi	Paratoner		1	\$ 300,00	\$ 300,00
K	DC Toplama Panosu	Inverter öncesi-sigorta+parafudur		1	\$ 450,00	\$ 450,00
L	AC Toplama Panosu	Inverter çıkışlarının toplanması		1	\$ 800,00	\$ 800,00
2	PROJELENDİRME VE İZİNLER MALİYET					2.500,00
A	Elektrik proje dosyasının hazırlanması	Projenin çizilmesi ve tedarik onaylatılması		1,00	\$ 1.500,00	\$ 1.500,00
B	Zemin Etudunun yapılması ve raporu	Projenin çizilmesi ve onaylatılması		1,00	\$ -	\$ -
C	Statik hesaplarının yapılması ve raporu	Projenin çizilmesi ve onaylatılması		1,00	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00
D	Yatırım Tesvik Belgesi - Alım ve Uygulaması- Opsiyonel			0,00	\$ -	\$ -
3	ISCİLİK MALİYETLERİ					\$ -
A	Tesviye İscilikleri	Müşterinin aldığı fiyat		1,00		\$ -
B	Platform ve Direkler Kazi İscilikleri			0,00	\$ -	\$ -
C	Platform Construction İscilik Maliyeti		Montaj dahil fiyat alındı	0,00	\$ -	\$ -
D	Construction Supervising Maliyeti	Montaj dahil fiyat alındı	Montaj dahil fiyat alındı	1,00	\$ -	\$ -
E	Montaj İscilikleri	Panel yerleşimi kanal yerleşimi ve inverterların montajı	Kendi ekibimiz	1,00	\$ -	\$ -
F	Montaj Supervising Maliyeti	İlk işler için supervisor		1,00	\$ -	\$ -
4	BAKIM MALİYETLERİ					\$ -
A	Koruyucu Bakım Maliyeti (2 yıl boyunca)			1,00	\$ -	\$ -
	GENEL TOPLAM					22.883.70\$

Tablo 4.12. Örnek Otelde Kullanılan Cihazların Yıllık Enerji Maliyeti

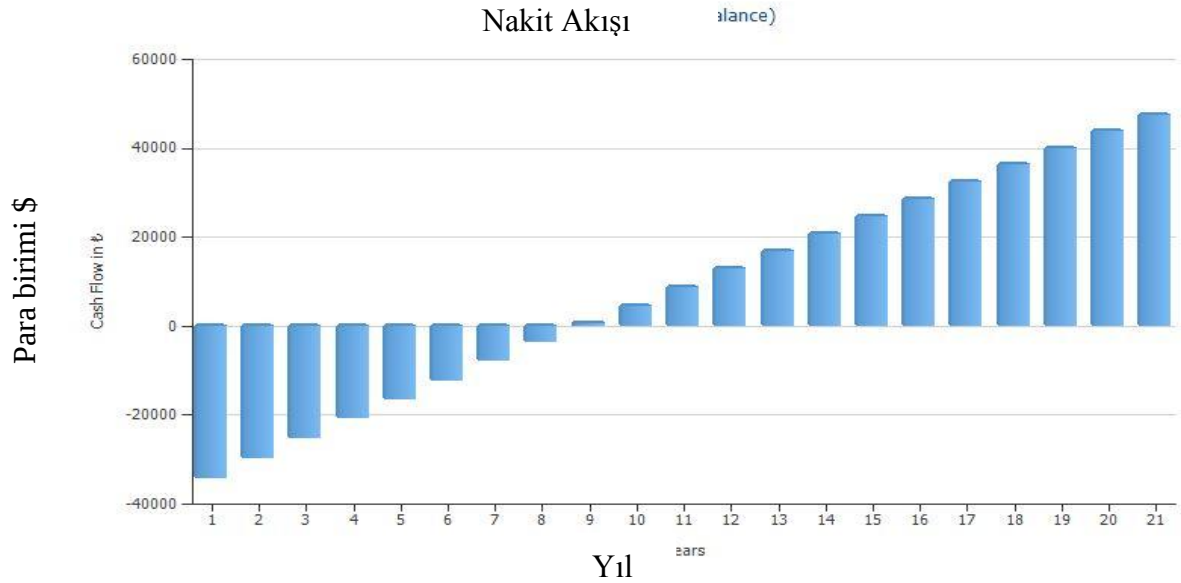
Malzeme adı	Adet	Güç	Yıllık tüketim
Buz dolabı	38	0,377(kWh/24)	5229 kW
TV	40	52 W/h (Günlük 4 saat)	4555,2 kW
Klima	38	0,75 kW (Günlük 3 saat)	31207,5 kW
Aydınlatma	-----	-----	9224,28 kW
Toplam Güç Tüketimi (kW)			50215,98 kW
Toplam Maliyet (kW birim fiyatı 0,07 \$)			3515,12 \$

Not: Aydınlatma hesabında: 108 Adet E27 (Günde 3 saat), 72 Adet E14 (Günde 2 saat), 144 Adet Spot (Günde 4 saat), 24 Adet 60*60 Panel Levha (Günde 6 saat), 12 Adet 60*120 Panel Levha (Günde 6 saat) kullanılmıştır.

İlk yatırım geri dönüşüm grafikleri

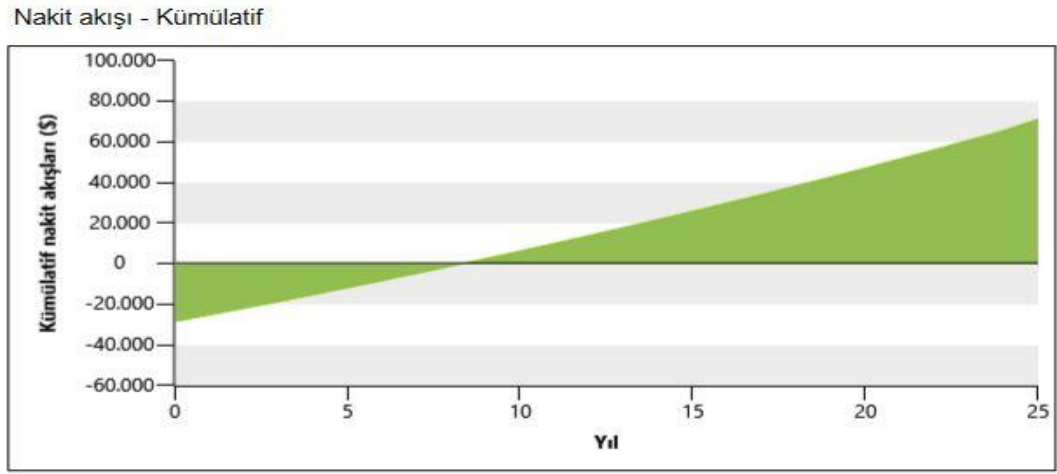
RETScreen , PV-SOL ve Sunny design programlarının maliyet değerlendirmelerine göre ortalama maliyet ve geri dönüşüm süreleri hesaplanmıştır.

a) RETScreen programına göre maliyet grafiği



Şekil 4.25. RETScreen programına göre maliyet grafiği

b) PV-SOL Programına göre maliyet grafiği



Şekil 4.26. PV-SOL programına göre maliyet grafiği

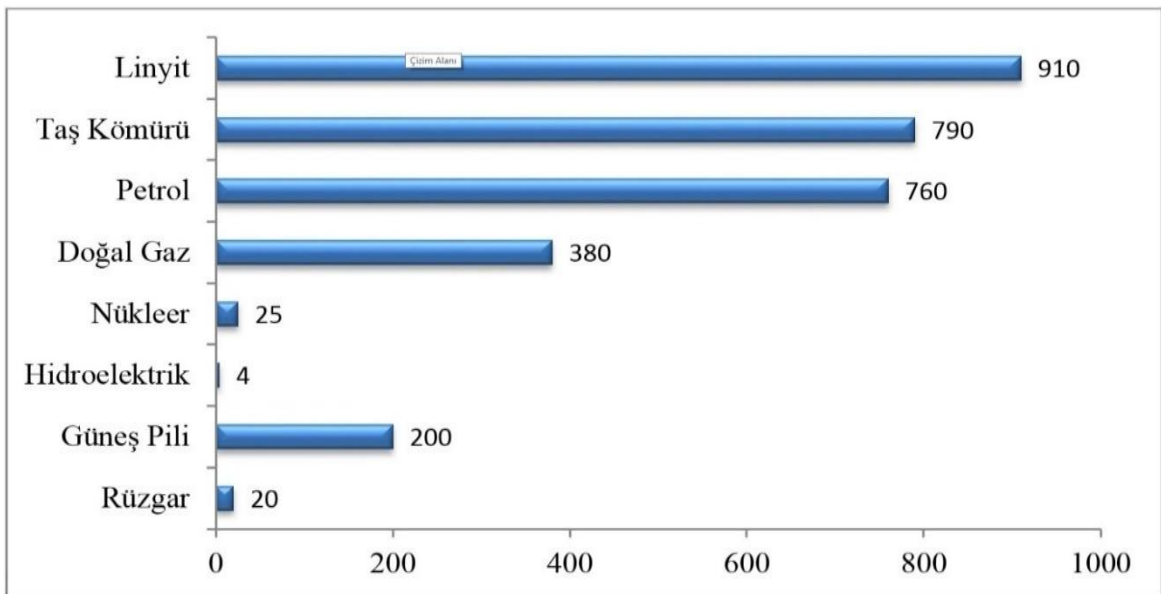
c) Sunny Desing Programı göre geri dönüşüm süresi yaklaşık 6,5 yıldır.

Buradan çıkan sonuçların ortalamasına göre geri dönüşüm süresi yaklaşık 7,5 yıldır.

4.7. Sistemin Çevre Açısından Değerlendirilmesi

4.7.1 Enerji kaynaklarının CO2 açısından karşılaştırılması

Tablo 4.13. Enerji Üretim Türlerine Göre CO2 salımları (g/kWh) [15].



4.7.2. Kaynak Türlerine Göre Çevresel Etkiler

Çevresel açıdan diğer enerji kaynaklarına göre değerlendirme yapıldığında Tablo 4.14. görüleceği üzere GES'in çevreye hiçbir zararı yoktur.

Tablo 4.14. Enerji türlerinin çevresel etkilerinin karşılaştırılması [17]

	İklim Değişikliği	Asit Yağmuru	Su Kirliliği	Toprak Kirliliği	Gürültü	Radyasyon
Petrol	+	+	+	+	+	-
Kömür	+	+	+	+	+	+
Doğalgaz	+	+	+	-	+	-
Nükleer	-	-	+	+	-	+
Hidrolik	+	-	-	-	-	-
Güneş	-	-	-	-	-	-
Jeotermal	-	-	+	+	-	-
Rüzgar	-	-	-	-	+	-

4.7.3. Karbondioksit hesabı

Örnek Hesap

1 Yılda 67.618,44 KW/h * 0.5453 = 36.872,34 Kg CO₂

10 yılda : 368.723,4 Kg CO₂

30 yılda : 1.106.170,2Kg CO₂

1 KiloWatt Saat elektrik kullanımı 0,5453 Kg CO₂ üretir [16].

4.7.4. Çevresel Faktörler Ton Eşdeğer Petrol (TEP)

Örnek Hesap

500 KW FOTOVOLTAİK ENERJİ SANTRALİ KURULUMU PROJESİ

1 Yılda 67.618,44 KW/h * 0.086 =5.82 Ton TEP

10 yılda : 58,20 Ton TEP

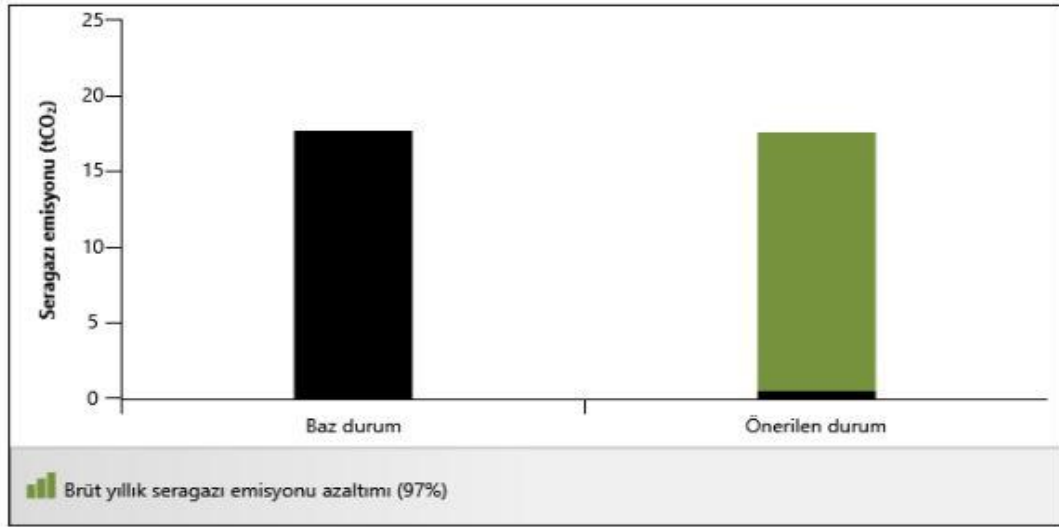
30 yılda : 174,46 Ton TEP

1000 KiloWatt elektrik için TEP çevrim katsayısı 0,086'dır [16].

4.7.5. Çevreye sağlanan faydaların kıyaslanması

Kurulacak olan GES ile yine bu güçte üretim yapan fosil kaynaklı enerji santrallerine göre seragazı emisyonun bakımında karşılaştırılmıştır. Kurulacak olan GES, fosil kaynaklı enerji üretim santrallerine göre seragazı emisyonunu yıllık %97 düşürdüğü RETScreen programı verileri sonucunda tespit edilmiştir.

Seragazı emisyonu



RetScreen

Seragazı eşdeğeri



Seragazı emisyonu

Baz durum	17,7	tCO ₂
Önerilen durum	0,5	tCO ₂
Brüt yıllık seragazı emisyonu azaltımı	17,1	tCO ₂

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Uygulama yapılan otelin enerji tüketen cihazlarının karşılaştırılması elektrik enerji kullanımı ve güneş enerjisi yardımıyla fotovoltaiik pillerde elde edilen enerjinin kullanılmasıyla karşılaştırılması yapılmıştır.

Bu karşılaştırmada:

- Enerji tüketimi
- Maliyet analizi
- Çevre etkileri
- Sürdürülebilirlik
- Yaygınlaştırılma potansiyeli

gibi temel parametreler açısından incelenmiştir.

Uygulama yapılan otelin enerji tüketen cihazlarının toplam enerji tüketimi 50215,98 kW ve kurulacak olan sitemin enerji üretimi 60856,60 kW 'dır. Uygulaması yapılan sistemin toplam maliyeti 22883,70 \$ ve yıllık getirisi ise 3515,98 \$'dır. Uygulaması yapılan sistem ilk 10 yıl için %100 üretim garantili ve toplamda 25 yıl üretim garantisi vardır. Sistemin kendini amorti etme süresi farklı programlardan alınana verilerin ortalamasına göre yaklaşık 7,5 yıldır. Kurulacak olan GES ile yine bu güçte üretim yapan fosil kaynaklı enerji santrallerine göre seragazı emisyonun bakımında karşılaştırılmıştır. Kurulacak olan GES, fosil kaynaklı enerji üretim santrallerine göre seragazı emisyonunu yıllık %97 düşürdüğü RETScreen programı verileri sonucunda tespit edilmiştir. Buda yaklaşık 3,9 dönüm karbon emen orman arazisine eş değer oluyor. Fotovoltaiik sistemler ilk dönemlerde maliyetinden dolayı tercih edilmese de gelişen teknoloji sayesinde maliyetin düşmesiyle bu kaynağa rağbet artmıştır. Fotovoltaiik sistemin uzak noktalara yapılması halinde yüksek maliyetli enerji nakil hattına olan giderleri minimize edebilir.

Bu gelişmelerle birlikte kalkınma ajansları tarafından verilen teşviklerle de güneş enerjisinin ülkemizde pazar payı oluşturmada önemli bir rol üstlenmiştir.

Ülkemizin güneş alma potansiyeli çok yüksek olmasına rağmen ülkemiz güneş enerjisinden en çok ısı şeklinde yararlanmaktadır. Teknolojik olarak tüm güneş enerjili elektrik üretim sistemleri ülkemizde yeterli düzeyde bulunmaktadır. Halkımız güneş enerjisi konusunda yeterince bilgi sahibi olmadığı için sistem seçimi tüketicilerde zaman zaman olumsuzluklara neden olmaktadır.

Ülkemizde güneş enerjili elektrik üretimi sistemleri uygulamalarına halkımız daha fazla teşvik edilmeli ve tüketici bilinçlendirilmelidir. Güneş enerjisi ile üretim ülkemizin dışa bağımlılığını azaltır ve enerji yoğunluğunu artırır. Tüm bunların yanında çevre kirliliğini büyük ölçüde önleyerek gelecek nesillere temiz bir dünya bırakmış oluruz.



KAYNAKLAR

- [1] KARAMANAV, M., Güneş Enerjisi Ve Güneş Pilleri, (Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi), Sakarya, 2007.
- [2] <http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/gunes/gunes.html>
- [3] GEPA(güneş enerjisi potansiyel atlası)
- [4] YEGM www.eie.gov.tr
- [5] bilgiustam.com,limitsizenerji.com,wikipedia.org
- [6] <http://www.gunessistemleri.com/tarihsel.php>
- [7] Abuşka, Mesut, “Güneş Enerjisi Ve Uygulamaları”, Güneş Enerjili Su Isıtma Sistem Projelendirmesi
- [8] www.cimomuhendislik.com
- [9] ERVA Enerji-İnşaat-Medikal Şirketi Diyarbakır
- [10] ÇAÇAN Mühendislik-Müşavirlik Şirketi
- [11] 6094 sayılı YEK kanun ve bu kanun çerçevesinde yayımlanan 28022 sayı ve 11 Ağustos 2011 tarihli Bakanlık tebliği, 2011, Ankara.
- [12] MENLİK, Tayfun, Gazi Üniversitesi Güneş Teknolojileri ders notları.
- [13] Çaynak, S., Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Stratejisi, İstanbul, 2012.
- [14] Elibüyük, M., Matematik Coğrafya, Ekol Yayınevi, Düzenlenmiş İkinci Baskı, Ankara, 2000.
- [15] Türkasya Stratejik Araştırmalar Merkezi (TASAM): “Enerji Üretimi ve Çevresel Etkileri”, Stratejik Rapor No:14, 2006, s.79.
- [16] KORONA Temiz Enerji Sistemleri ADANA MMO (2013) Sunumu.
- [17] Yumurtacı, Z., Bekiroğlu, N., Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 34349, Beşiktaş, İstanbul.
- [18] www.vestel.com.tr
- [19] www.lg.com.tr
- [20] www.csun-solar.com.tr
- [21] www.sma.com.tr
- [22] www.basoglukablo.com.tr
- [23] www.sebat.com.tr
- [24] Meteoroloji Genel Müdürlüğü
- [25] İÇKALE Yapı denetim

[26] <http://www.robotiksistem.com>

[27] <http://www.solarcell.com.tr>

[28] <https://www.mgm.gov.tr>

[29] <re.jrc.ec.europa.eu>



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Fatih ÇAÇAN

Doğum tarihi: 29.05.1989

Doğum Yeri: Diyarbakır

Okuduğu lise: 2004-2006 Muş Lisesi

Okuduğu Üniversite: 2009-2013 Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi

Okuduğu Bölüm: Enerji Sistemleri Mühendisliği

