



T. C.

ORDU ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİNİN MODELLENMESİ,
EKONOMİK ANALİZİ VE DEĞERLENDİRME: ALMANYA
VE TÜRKİYE UYGULAMALARI**

RIDVAN ERKOÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YENİLENEBİLİR ENERJİ ANABİLİM DALI

ORDU 2019

T.C.
ORDU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YENİLENEBİLİR ENERJİ ANABİLİM DALI

**GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİNİN MODELLENMESİ,
EKONOMİK ANALİZİ VE DEĞERLENDİRME: ALMANYA VE
TÜRKİYE UYGULAMALARI**

RİDVAN ERKOÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ORDU 2019

TEZ ONAY

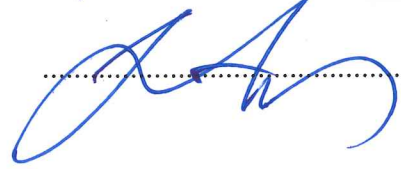
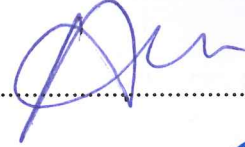
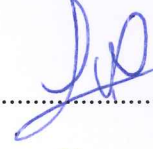
Rıdvan ERKOÇ tarafından hazırlanan “Güneş Enerji Santrallerinin Modellenmesi, Ekonomik Analizi ve Değerlendirme: Almanya ve Türkiye Uygulamaları” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 23.07.2019 tarihinde yapılmış ve jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yenilenebilir Enerji Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Sibel AKKAYA OY

Jüri Üyeleri

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Sibel AKKAYA OY
Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Mühendisliği,
Ordu Üniversitesi
Üye
Dr. Öğr. Üyesi Ali Ekber ÖZDEMİR
Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Mühendisliği,
Ordu Üniversitesi
Üye
Dr. Öğr. Üyesi Serdal ARSLAN
Elektrik ve Enerji, Harran Üniversitesi

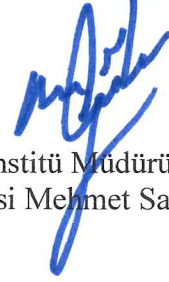
İmza



01/08/2019 tarihinde enstitüye teslim edilen bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun 01/08/2019 tarih ve 2019/466 sayılı kararı ile onaylanmıştır.



Enstitü Müdürü
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Sami GÜLER



TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan ve kullanılan intihal tespit programının sonuçlarına göre; bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.



RİDVAN ERKOÇ

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİNİN MODELLENMESİ, EKONOMİK ANALİZİ VE DEĞERLENDİRME: ALMANYA VE TÜRKİYE UYGULAMALARI

RIDVAN ERKOÇ

ORDU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YENİLENEBİLİR ENERJİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ, 106 SAYFA

(TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞR. ÜYESİ SİBEL AKKAYA OY)

Gelişen teknoloji ile beraber Dünya’da ve Türkiye’de enerji ihtiyacı gün geçtikçe katlanarak artmaktadır. Artan enerji talebini karşılamak amacıyla ülkeler ilk yıllarda fosil yakıtlara yönelmiştir. Yer altı kaynakları yönünden zengin olan ülkeler bu durumdan avantaj sağlayarak güç dengesinde diğer ülkelerin önüne geçmiştir. Fosil yakıtların yakın gelecekte tükenecek olması ve bazı çevresel problemlere yol açması gibi nedenlerin yanında ülkeler bu güç dengesini kendi lehine çevirip enerji arz güvenliğini sağlayarak enerji talebini karşılamak amacıyla yenilenebilir enerjiye yönelmiştir.

Yenilenebilir enerjinin ana kaynağı güneştir. Güneş enerjisinden faydalanmak amacıyla ülkeler güneş enerji potansiyeline bakmaksızın yatırımlarını hızlandırmış ve güneş potansiyelini etkin ve verimli kullanabilmek amacıyla çalışmalar yapmıştır. Yatırımlarda güneş enerjisi potansiyeli yüksek olan Çin, Amerika Birleşik Devletleri ve Japonya başı çekmektedir. Bu ülkeleri güneş enerjisi potansiyeli son derece zayıf olan Almanya takip etmektedir. Güneş potansiyeli açısından fakir bir ülke olmasına rağmen Almaya güneş enerji yatırımlarında Avrupa’da lider konumdadır. Türkiye’de ise durum Almanya’nın tam aksine güneş enerji potansiyeli yüksek, güneş enerjisi yatırımları azdır. Türkiye ile Almanya’nın güneş enerjisi potansiyelini karşılaştırdığımızda Türkiye Almanya’dan çok daha zengin bir ülke olduğu gerçeğine rağmen, güneş enerjisine olan yatırımlarda Almanya Türkiye’nin yaklaşık 10 katı seviyesindedir.

Bu çalışmada; Güneş enerjisinde kullanımında Almanya’nın bu denli ileride olması, Türkiye’de ve Almanya’da iki adet güneş enerji sistemi modellemesi yapılarak maliyet analizi değerlendirmesiyle açıklanmaya çalışılmıştır. Güneş enerji santrallerinin modellemesi HOMER yazılımı ile yapılmış ve bu program ile simülasyon, optimizasyon ve hassaslık analizi işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Tekno-ekonomik modelleme sonucu ortaya çıkan maliyet analizlerinde Türkiye’de modellenen santralden net bugünkü değeri olarak 1 298 122 \$ kar elde edilirken, Almanya için gerçekleştirilen santralde bu değer 440 569 \$ seviyesindedir. Türkiye’deki santralin geri ödeme süresi 7.5 yılken, Almanya’da bu değer 16 yıl olarak hesaplanmıştır. Güneş enerjisinden yararlanma miktarı açısından bu denli farkın

olması tekno-ekonomik modelleme ile açıklanamamıştır. Bunun üzerine, araştırmalar yapılmış ve başka sebepler aranmıştır.

Araştırma neticesinde enerji alım fiyatı, enerji alım garantisi, enerji politikası, yasal dzenlemeler, teşvikler, finansman bulma, ekonomik gelişmişlik, teknoloji, maliyet gibi sebeplere ulaşılmıştır. Bu sebeplerin bu farkın oluşmasında ana etmen olduğu sonucuna varılmıştır. Bu sebepler işığında guneş enerjisinin daha etkin ve daha verimli kullanılması için çözüm önerileri sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Almanya, Fotovoltaik, FV Panel, Güneş Enerjisi, HOMER, Modelleme, Ordu, Tekno-Ekonomik Analiz, Türkiye Yenilenebilir Enerji



ABSTRACT

MODELING OF SOLAR POWER PLANTS, THE ECONOMICAL ANALYSIS AND EVALUATION: APPLICATIONS IN GERMANY AND TURKEY

RIDVAN ERKOÇ

ORDU UNIVERSITY INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

RENEWABLE ENERGY

MASTER THESIS, 106 PAGES

(SUPERVISOR: DR. ÖĞR. ÜYESİ SİBEL AKKAYA OY)

Energy requirement in the world and Turkey is increasing exponentially with emerging technologies. Countries turned to fossil fuels in the first years in order to meet the increasing energy demand. Countries that are rich in underground resources have taken advantage of this situation moved ahead of other countries in the balance of power. In addition to the fact that fossil fuels will be exhausted in the near future and cause some environmental problems, Countries turned to renewable energy in order to meet the energy demand by providing security of energy supply by turn the balance of power in its favour.

The main source of renewable energy is the sun. In order to utilize solar energy, countries have accelerated their investments regardless of their solar energy potential and made efforts to use solar potential effectively and efficiently. China, USA and Japan, with high solar energy potential, are ahead of other countries in solar energy investments. These countries are followed by Germany, which has a very weak solar potential. Although it is a poor country in terms of solar potential, Germany is the leader in European solar energy investments. In Turkey, contrary to the situation of Germany, despite the high solar energy potential, solar energy investments are scarce. Compare with the Germany's solar energy potential of Turkey; despite the Turkey is a much richer country than Germany, Germany is Turkey's 10 times the level of investment in solar. This difference in the use of solar energy, two solar energy systems modelling done in Turkey and Germany has been tired to explained with cost analysis evaluation. Modelling of solar power plants was used HOMER software and with this program, simulation, optimization and sensitivity analysis were performed.

Analysis of the costs occur in the techno-economic modelling results; while was calculated achieving a profit of 1 298 122 \$ from power plant modelled in Turkey, was calculated achieved a profit of 440 569 \$ from power plant modelled in Germany. Solar power plant in Turkey calculated as the depreciation period of 7.5 years, this value has been calculated as 16 years in Germany. This difference in terms of the amount of solar energy utilization could not be explained by techno-economic modeling. Upon this, researches have been made and other reasons have been researched.

As a result of the research, the reasons such as energy purchase price, energy purchase guarantee, energy policy, legal regulations, incentives, finding financing, economic development, technology and cost were reached. It is concluded that these reasons are the main factors in the formation of this difference. In the light of these reasons, solutions have been presented for more active and more efficient use of solar energy potential in Turkey.

Keywords: Germany, HOMER, Modelling, Ordu, Photovoltaic, PV Panels, Renewable Energy, Solar Energy, Techno-Economic Analysis, Turkey



TEŞEKKÜR

Tez konunun belirlenmesi, alıőmanın yürütölmesi ve yazımı esnasında desteklerini esirgemeyen danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Sibel AKKAYA OY'a ve manevi desteklerini her an üzerimde hissettiğim aileme teşekkürü bir bor bilirim.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ BİLDİRİMİ	I
ÖZET	II
ABSTRACT	IV
TEŞEKKÜR	VI
İÇİNDEKİLER	VII
ŞEKİL LİSTESİ	IX
ÇİZELGE LİSTESİ	XI
SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ	XII
EKLER LİSTESİ	XIII
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	2
2.1 Dünyada Güneş Enerjisi.....	2
2.2 Türkiye’de Güneş Enerjisi	4
2.3 Almanya’da Güneş Enerjisi	8
3. MATERYAL ve YÖNTEM	12
3.1 Kullanılan Yazılım: HOMER Energy	12
3.1.1 Simülasyon (Simulation).....	13
3.1.2 Optimizasyon (Optimization).....	13
3.1.3 Hassaslık Analizi (Sensitivity Analysis).....	13
3.2 Yer Seçimi.....	14
3.2.1 Türkiye ‘de Yer Seçimi	15
3.2.1.1 Güneş Enerji Verileri	16
3.2.1.2 Arazi Statüsü	17
3.2.1.3 Arazi Eğimi	18
3.2.1.4 Ulaşım	18
3.2.1.5 Arazi Büyüklüğü	18
3.2.1.6 Arazi Değeri	19
3.2.1.7 İklim	19
3.2.1.8 Elektrik Hattına Uzaklık ve Trafo Gücü	19
3.2.2 Almanya’da Yer Seçimi	20
3.2.2.1 Arazi Büyüklüğü	20
3.2.2.2 Arazi Eğimi	21
3.2.2.3 Ulaşım	21
3.2.2.4 Güneş Verisi.....	22
3.2.2.5 İklim	22
3.3 Türkiye’de Planlanan Güneş Enerji Sisteminin HOMER İle Modellenmesi	22
3.3.1 Gerekli Ekipman ve Malzemeler	22
3.3.1.1 FV Panel.....	22
3.3.1.2 İnvertör.....	23
3.3.1.3 Diğer Ekipmanlar ve Malzemeler	24
3.4 Maliyet Hesaplamaları	25
3.5 Ekonomik Modelleme	29
3.5.1 Güneş Sisteminin Modelleneyeceği Konum.....	29
3.5.1.1 Güneş Verisi.....	30
3.5.1.2 Sıcaklık.....	31

3.5.2 FV Panel Modellemesi.....	31
3.5.3 İntvertör Modellemesi.....	33
3.5.4 Şebeke Modellemesi.....	34
3.5.5 Yük Modellemesi.....	34
3.5.6 Diğer Parametrelerin Modellenmesi.....	35
3.5.7 Ülke Ekonominin Modellenmesi.....	35
3.6 Almanya’da Planlı Güneş Enerji Sisteminin HOMER ile Modellenmesi.....	36
3.6.1 Gerekli Ekipman ve Malzemeler.....	36
3.6.1.2 FV Panel.....	36
3.6.1.3 İntvertör.....	37
3.6.1.4 Diğer Ekipmanlar ve Malzemeler.....	38
3.6.2 Maliyet Hesaplamaları.....	38
3.7 Ekonomik Modelleme.....	40
3.7.1 Güneş Enerji Sisteminin Modelleneyeceği Konum.....	40
3.7.1.1 Güneş Verisi.....	41
3.7.1.2 Sıcaklık.....	42
3.7.2 FV Panel Modellemesi.....	42
3.7.3 İntvertör Modellemesi.....	43
3.7.4 Şebeke Modellemesi.....	44
3.7.5 Yük Modellemesi.....	45
3.7.6 Diğer Parametrelerin Modellenmesi.....	45
3.7.7 Ülke Ekonominin modellenmesi.....	45
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	46
4.1 Modelleme Sonuçları.....	46
4.1.1 Optimizasyon ve Hassaslık Sonuçları.....	46
4.1.2 Maliyet Özeti.....	47
4.1.3 Nakit Akışı.....	48
4.2 Modelleme Sonuçları ile Türkiye’nin ve Almanya’nın Güneş Enerjisi Uygulamaları Arasındaki İlişki.....	51
4.2.1 Enerji Alım Fiyatı.....	52
4.2.2 Enerji Alım Garantisi.....	56
4.2.3 Enerji Politikası.....	56
4.2.4 Yasal Düzenlemeler-Teşvikler.....	58
4.2.5 Finansman Bulma-Ekonomik Gelişmişlik.....	59
4.2.6 Teknoloji - Maliyet.....	60
4.2.7 Diğer Nedenler.....	61
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	63
6. KAYNAKLAR.....	67
ÖZGEÇMİŞ.....	106

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 Ülkelere ve bölgelere göre küresel FV enerji kapasitesi 2008-2018.....	2
Şekil 2.2 2018 sonu itibariyle yenilenebilir enerji toplam gücünde lider ilk 5 ülke	3
Şekil 2.3 Dünya güneş enerjisi potansiyeli haritası (Global yatay ışınım)	3
Şekil 2.4 Avrupa ülkelerinin güneş radyasyon verileri.....	4
Şekil 2.5 Türkiye'nin aylara göre global radyasyon değerleri.....	5
Şekil 2.6 Türkiye'nin aylara göre güneşlenme süresi	5
Şekil 2.7 Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli haritası	6
Şekil 2.8 Türkiye'nin yıllara göre güneş enerjisi kurulu gücü.....	7
Şekil 2.9 Türkiye'nin enerji kaynaklarına göre kurulu güç dağılımı.....	7
Şekil 2.10 Almanya'nın güneş enerjisi potansiyeli haritası (Global yatay ışınım)	9
Şekil 2.11 Almanya'nın enerji kaynaklarına göre enerji dağılımı (TWh)	10
Şekil 2.12 Almanya'nın yıllara göre güneş enerjisi kurulu gücü.....	11
Şekil 2.13 Almanya'nın ve Türkiye'nin yıllara göre toplam güneş enerjisi kurulu gücü karşılaştırması	11
Şekil 3.1 HOMER hassaslık analizi grafik örneği	14
Şekil 3.2 Türkiye'de seçilen arazinin Google Earth görüntüsü	16
Şekil 3.3 Ordu ili güneş enerjisi potansiyeli haritası	16
Şekil 3.4 Türkiye için seçilen konumun güneş radyasyon verileri	17
Şekil 3.5 Türkiye için seçilen arazinin eğimi.....	18
Şekil 3.6 Türkiye için seçilen arazinin büyüklüğü.....	19
Şekil 3.7 Almanya için seçilen arazinin Google Earth görüntüsü ve arazi büyüklüğü	20
Şekil 3.8 Almanya için seçilen arazinin eğimi	21
Şekil 3.9 Almanya için seçilen konumun güneş radyasyon verileri	21
Şekil 3.10 Türkiye için seçilen FV panelin özellikleri	23
Şekil 3.11 Türkiye'de modellenen enerji sisteminin HOMER şematik gösterimi	29
Şekil 3.12 Türkiye için seçilen konumun HOMER güneş verilerini çekme arayüzü	30
Şekil 3.13 Türkiye için seçilen konumun güneş verisi	31
Şekil 3.14 Türkiye için seçilen konumun sıcaklık verisi	31
Şekil 3.15 Türkiye için seçilen FV panelin HOMER modelleme ekranı	32
Şekil 3.16 Türkiye için seçilen invertörün HOMER modelleme ekranı.....	33
Şekil 3.17 Türkiye için şebekenin HOMER modelleme ekranı	34
Şekil 3.18 Türkiye için planlan sistem yükü HOMER modelleme ekranı	35
Şekil 3.19 Türkiye ekonomisi HOMER modelleme ekranı.....	36
Şekil 3.20 Almanya için seçilen FV panelin özellikleri	37
Şekil 3.21 Almanya için modellenen enerji sisteminin HOMER şematik gösterimi	40
Şekil 3.22 Almanya'da seçilen konumun HOMER güneş verilerini çekme ara yüzü	41
Şekil 3.23 Almanya için seçilen konumun güneş verisi	41
Şekil 3.24 Almanya için seçilen konumun sıcaklık verisi	42
Şekil 3.25 Almanya için seçilen FV panelin HOMER modelleme ekranı	43
Şekil 3.26 Türkiye için seçilen invertör HOMER modelleme ekranı.....	44
Şekil 3.27 Almanya için şebekenin HOMER modelleme ekranı	44
Şekil 3.28 Almanya ekonomisi HOMER modelleme ekranı.....	45
Şekil 4.1 Türkiye için optimizasyon ve hassaslık sonuçları	46

Şekil 4.2 Almanya için optimizasyon ve hassaslık sonuçları	47
Şekil 4.3 Türkiye için oluşan maliyet özeti	47
Şekil 4.4 Almanya için oluşan maliyet özeti	48
Şekil 4.5 Dünya ortalama güneş enerjisi birim maliyetinin yıllara göre değişimi (\$/MWh)	60



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 Türkiye'nin toplam kurulu güç büyüklükleri	8
Çizelge 3.1 Türkiye için seçilen invertörün özellikleri.....	24
Çizelge 3.2 Türkiye için modellenen enerji sisteminin yatırım maliyeti kalemleri...	26
Çizelge 3.3 Türkiye için modellenen enerji sisteminin işletme maliyeti kalemleri...	28
Çizelge 3.4 Almanya için seçilen invertör özellikleri.....	38
Çizelge 3.5 Almanya için modellenen enerji sisteminin yatırım maliyeti kalemleri.	39
Çizelge 3.6 Almanya için modellenen enerji sisteminin işletme maliyeti kalemleri.	40
Çizelge 4.1 Türkiye için modellenen enerji sisteminin iskontolu nakit akışı.....	49
Çizelge 4.2 Almanya için modellenen enerji sisteminin iskontolu nakit akışı.....	50
Çizelge 4.3 Almanya'nın yıllara göre fiyat garantisi.....	54
Çizelge 4.4 Türkiye'nin yıllara göre fiyat garantisi.....	55

SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

A	: Amper
AC	: Alternative Current (Alternatif Akım)
Ar-Ge	: Araştırma-Geliştirme
BMWi	: Almanya Federal Meclisi
ÇBS	: Çevre Bilgi Sistemi
EEG	: Renewable Energy Sources Act (Almanya Yenilenebilir Enerji Kanunu)
EİE	: Elektrik İşleri Etüt Dairesi
EPDK	: Enerji Piyasa Düzenleme Kurumu
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
FV	: Fotovoltaik
GEPA	: Güneş Enerji Potansiyeli Atlası
GİB	: Gelir İdaresi Başkanlığı
GW	: Gigawatt
HOMER	: Hybrid Optimization Model for Elektric Renewables
kW	: Kilowatt
kWh	: Kilowatt saat
kWp	: FV panelin kilowatt tepe değeri
m	: Metre
m²	: Metrekare
MW	: Megawatt
NASA	: National Aeronautics and Space Administration (Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi)
OG	: Orta Gerilim
USD	: United States Dollar
YEGM	: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
YEK	: Türkiye Yenilenebilir Enerji Kanunu
\$: Amerikan Doları
€	: Euro
₺	: Türk Lirası

EKLER LİSTESİ

Sayfa

EK 1: CW Enerji CWT375-72PM güneş paneli teknik özellikleri ve sertifikaları... 70	70
EK 2: Goodwe GW60K-MT serisi invertör teknik özellikleri..... 75	75
EK 3: Axitec AXIpremium HC AC-310MH/120S güneş paneli teknik özellikleri.. 77	77
EK 4: SMA Sunny Tripower 60 invertör teknik özellikleri 79	79
EK 5: HOMER ile Türkiye için modellenen güneş sisteminin simülasyon raporu 82	82
EK 6: HOMER ile Almanya için modellenen güneş sisteminin simülasyon raporu .. 94	94



1. GİRİŞ

Enerji ihtiyacı, ülkemizde ve tüm dünyada gün geçtikçe artmaktadır. Enerji faktörü ülkelerin birbirleriyle ilişkilerinde ana etken olarak ön plana çıkmaktadır. Fosil yakıtların; tükenebilir bir kaynak olması, küresel ısınma, iklim değişimleri gibi çevre sorunlarına neden olması gibi nedenler dünyada çevre dostu enerji kaynaklarına yönelmeyi gerekli hale getirmiştir (Sansaniwal ve ark. 2018). Ciddi çevresel sorunlara neden olmasının yanında fosil yakıtların azalması enerji güvenliği açısından ciddi endişelere yol açmıştır (Martinopoulos ve Tsalikis, 2018). Bu yüzden yenilenebilir enerji kaynakları çok stratejik bir konuma gelmiştir.

Yenilenebilir enerjinin önemini kavrayan ülkeler hızla bu alana girerek yatırımlarını hızlandırmıştır. Bu ülkeler yenilenebilir enerji ile ilgili yasal mevzuatlar çıkararak hukuki koruma sağlamış ve bunun yanında hibe, kredi gibi mali destekler sunarak yatırımcıları bu alana çekmeye çalışmaktadır. Bu yatırımlarda verimleri ve potansiyelleri ile güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisi olarak ön plana çıkmaktadır. Çoğu gelişmiş ülke enerji potansiyelleri az olsa da bu yatırımları maddi kazancı geri planda tutarak yapmaya devam etmektedir.

Yenilenebilir enerjide ana kaynak güneştir ve güneş enerjisi endüstrisine yatırım sürekli artmaktadır. Özellikle Çin, Japonya ve Almanya bu yatırımlarda başı çekmektedir (Anonim, 2018f). Avrupa’da güneş enerji santrali kurulu gücü sıralamasında lider olan Almanya kişi başına düşen güneş enerji santrali kurulu gücü sıralamasında dünyada ilk sırada yer almaktadır (Anonim, 2018ı). Dünya güneş enerji haritasına bakıldığında Almanya güneş enerji potansiyeli olarak diğer ülkelere göre çok fakir bir ülkedir (Anonim, 2019j). Türkiye ise güneş enerji potansiyeline bakıldığında zengin bir ülke konumundadır. Türkiye yüksek güneş radyasyon verilerine rağmen bazı finansal, yasal ve teknik problemlerden ötürü bu sektörde çok fazla büyüme gerçekleştirememiştir (Anonim, 2017). Türkiye’nin ve Almanya’nın güneş enerjisi yatırımlarını karşılaştırdığımızda, Almanya Türkiye’den neredeyse 10 kat fazla olduğu görülmektedir (Anonim, 2018ı).

Bu çalışmada bu uçurumun sebepleri maliyet analizi verilerinden yararlanılarak araştırılacaktır. Maliyet analizi sonucu ışığında bu uçuruma sebep olan diğer bütün

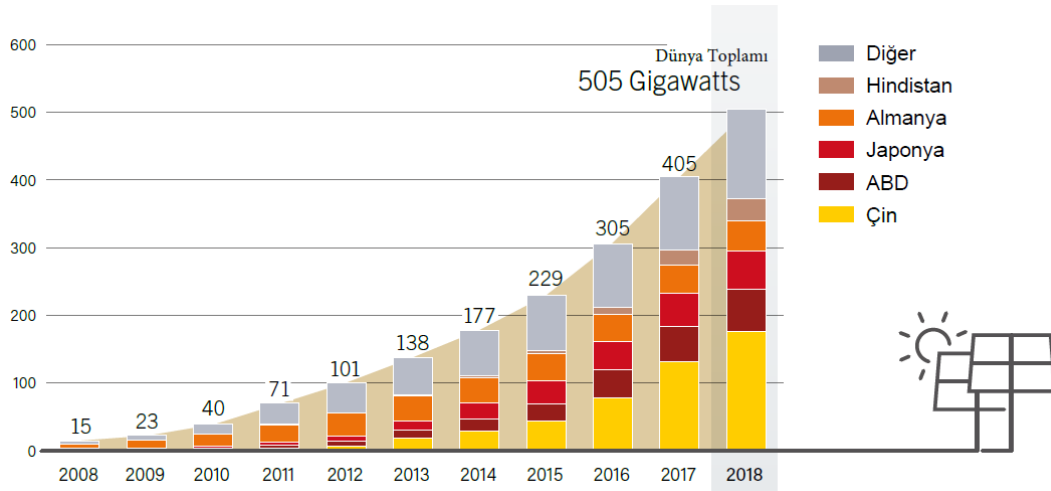
sebepler ortaya konulacak ve ortaya çıkan sebeplere çözüm yollara üretilmeye çalışılacaktır.

Güneş enerji santrallerinin modellenmesi HOMER (Hybrid Optimization Of Multiple Energy Resources) yazılımı ile yapılacak ve bu program ile simülasyon, optimizasyon ve hassaslık analizi işlemleri gerçekleştirilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Dünyada Güneş Enerjisi

Dünya atmosferi dışında güneş ışınım şiddeti 1367 W/m^2 olarak kabul edilmektedir. Dünya yüzeyinde ışınım ise $0-1100 \text{ W/m}^2$ arasında konuma göre değişmektedir (Kahraman, 2018). Atmosferin dış yüzeyine ulaşan enerji 173.104 kW değerindeyken, yeryüzüne ulaşan değer 1.395 kW 'a seviyesine düşmektedir. Enerjide büyük bir düşüş olmasına rağmen yeryüzüne ulaşan enerji dünyada ihtiyaç duyulan toplam enerjinin milyarlarca katı seviyesindedir (Şahan ve ark., 2015).

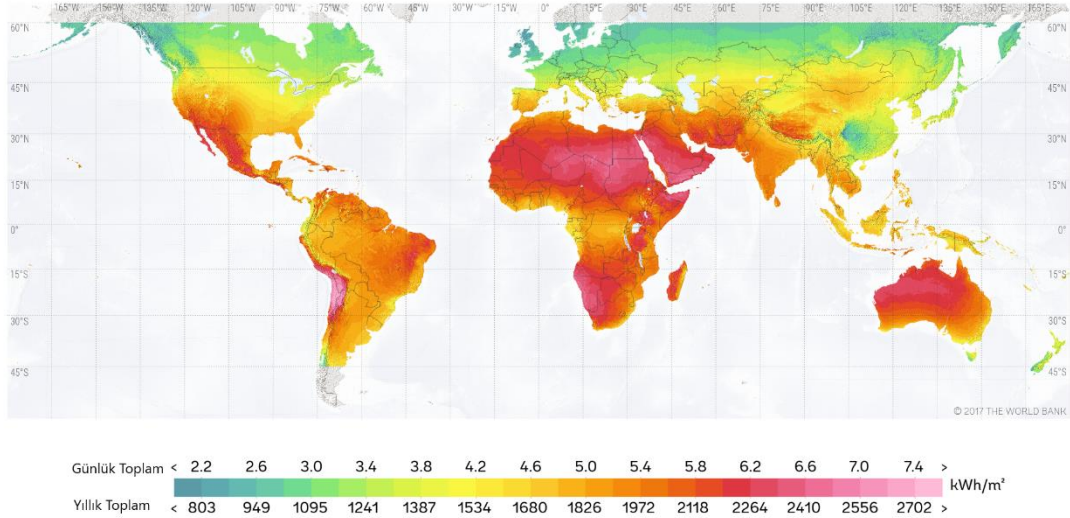


Şekil 2.1 Ünelere ve bölgelere göre küresel FV enerji kapasitesi 2008-2018

Güneş enerjisinin bu kadar sonsuz bir büyüklüğe sahip ve temiz bir enerji olmasından dolayı dünyada güneş enerjisi kullanımı ivmelenerek artmaya devam etmektedir. Şekil 2.1'de güneş enerjisi ülke ve bölgelere göre küresel kapasitesinin 2008'den 2018 sonuna kadar gelişimi gösterilmektedir. Toplam küresel kapasite yer yıl üzerine koyarak artışını sürdürmüş ve 2018 sonu itibariyle 505 GW seviyelerine ulaşmıştır (Anonim, 2019i).

	1	2	3	4	5
POWER					
Yenilenebilir güç kapasitesi (Hidroelektrik dahil)	Çin	ABD	Brezilya	Hindistan	Almanya
Yenilenebilir güç kapasitesi (hidroelektrik dahil değil)	Çin	ABD	Almanya	Hindistan	Japonya
Kişi başına yenilenebilir enerji kapasitesi (hidroelektrik hariç)	İzlanda	Danimarka	Almanya/İsveç		Finlandiya
☀️ Biyo-güç üretimi	Çin	ABD	Brezilya	Almanya	Hindistan
☀️ Biyo-güç kapasitesi	Çin	ABD	Brezilya	Hindistan	Almanya
🔥 Jeotermal enerji kapasitesi	ABD	Endonezya	Filipinler	Türkiye	Yeni Zelanda
🌊 Hidroelektrik kapasitesi	Çin	Brezilya	Kanada	ABD	Rusya Fed.
🌊 Hidroelektrik üretimi	Çin	Kanada	Brezilya	ABD	Rusya Fed.
☀️ Solar FV kapasitesi	Çin	ABD	Japonya	Almanya	Hindistan
☀️ Kişi başına güneş FV kapasitesi	Almanya	Avusturya	Japonya	Belçika	İtalya
☀️ Konsantre güneş enerjisi (CSP) kapasitesi	İspanya	ABD	Güney Afrika	Fas	Hindistan
🌬️ Rüzgar enerjisi kapasitesi	Çin	ABD	Almanya	Hindistan	İspanya
🌬️ Kişi başına rüzgar enerjisi kap.	Danimarka	İrlanda	Almanya	İsveç	Portekiz
HEAT					
☀️ Güneş enerjili su ısıtma kollektörü kapasitesi	Çin	ABD	Türkiye	Almanya	Brezilya
☀️ Kişi başına güneş enerjili su ısıtma kollektörü kapasitesi	Barbados	Avusturya	Kıbrıs	İsrail	Yunanistan
🔥 Jeotermal ısı çıkışı	Çin	Türkiye	İzlanda	Japonya	Macaristan

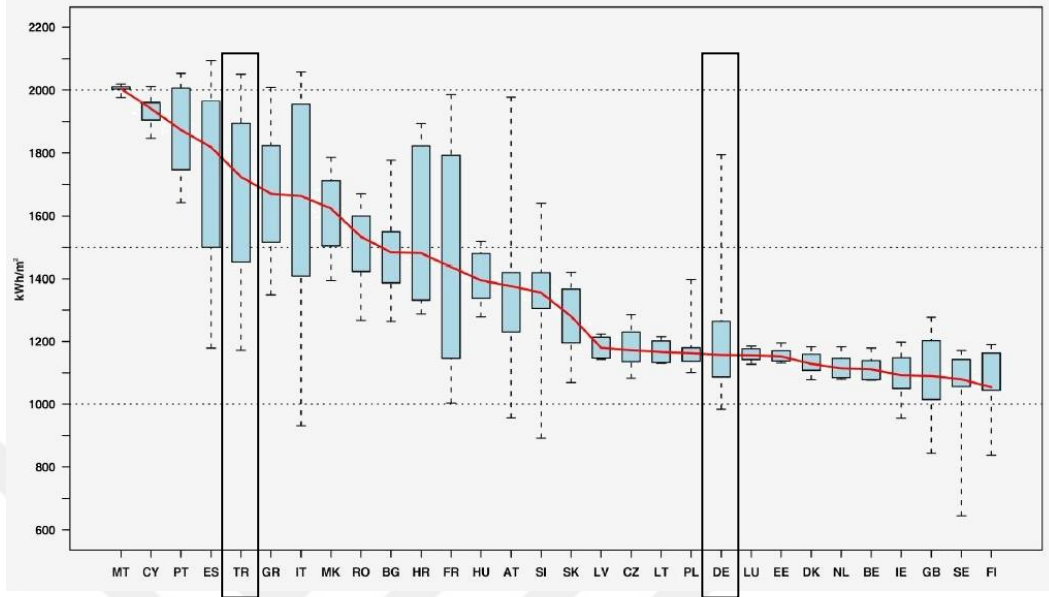
Şekil 2.2 2018 sonu itibariyle yenilenebilir enerji toplam gücünde lider ilk 5 ülke



Şekil 2.3 Dünya güneş enerjisi potansiyeli haritası (Global yatay ışınım)

Dünyada güneş enerjisi potansiyeli konuma göre değişmektedir. Dünyanın şekline göre ekvatora yakın olan ülkelerde güneş enerjisi potansiyeli en fazladır. Güneş enerjisi potansiyeli güneş enerji yatırımlarını destekleyecek bir parametre olsa da ülkelerin güneş enerjisinden yararlanma miktarı bu parametre ile doğru orantılı olarak gelişmemiştir. Güneş enerjisi yatırımlarını güneş enerji potansiyeli değil ülkenin şartları belirlemektedir. Şekil 2.1,'de Şekil 2.2'de, Şekil 2.3'de ve Şekil 2.4'de görüldüğü gibi güneş enerjisi potansiyeli yüksek olan bazı ülkelerde kurulu güç az,

potansiyeli düşük olan bazı ülkelerde kurulu güç fazladır (Anonim, 2019e; Anonim, 2019i; Suri ve ark. 2019).

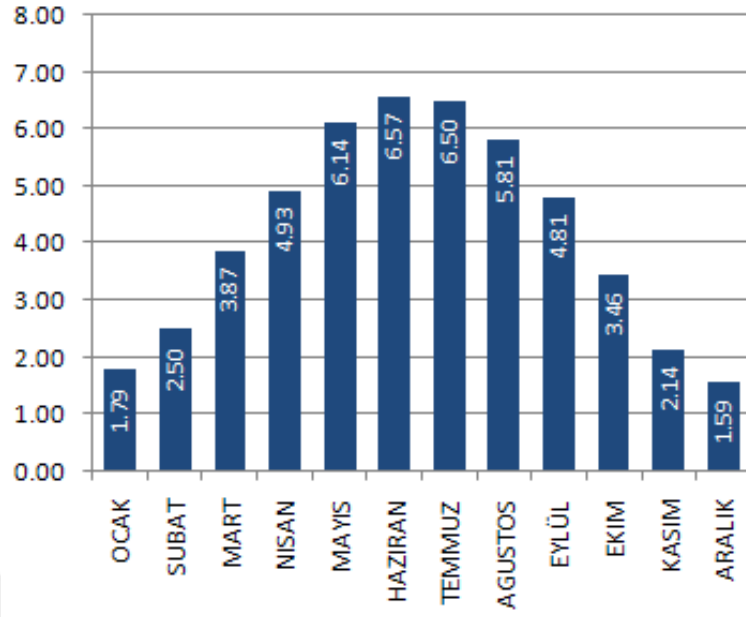


Şekil 2.4 Avrupa ülkelerinin güneş radyasyon verileri

Şekil 2.3’de küresel güneş enerjisi potansiyelini gösteren harita verilmiştir (Anonim, 2019e). Güneş enerjisi potansiyeli atlasında dünyada güneş enerjisi potansiyelinin en yüksek olduğu bölgeler kırmızı ile kahverengi tonlarıyla boyanmış bölgelerdir. Afrika, Avustralya, Arabistan, Amerika Birleşik Devletleri’nin batı bölgesi, Güney Amerika’nın kuzey bölümleri güneş radyasyon değerleri fazla olan yerlerdir. Avrupa’ya baktığımızda güneş enerjisi potansiyelinde Türkiye, Yunanistan, İtalya ve İspanya başı çekmektedir (Anonim, 2019e). Güneş enerjisinde örnek ülke olarak kabul edilen Almanya ise güneş enerji potansiyeli zayıf olan ülkeler arasındadır.

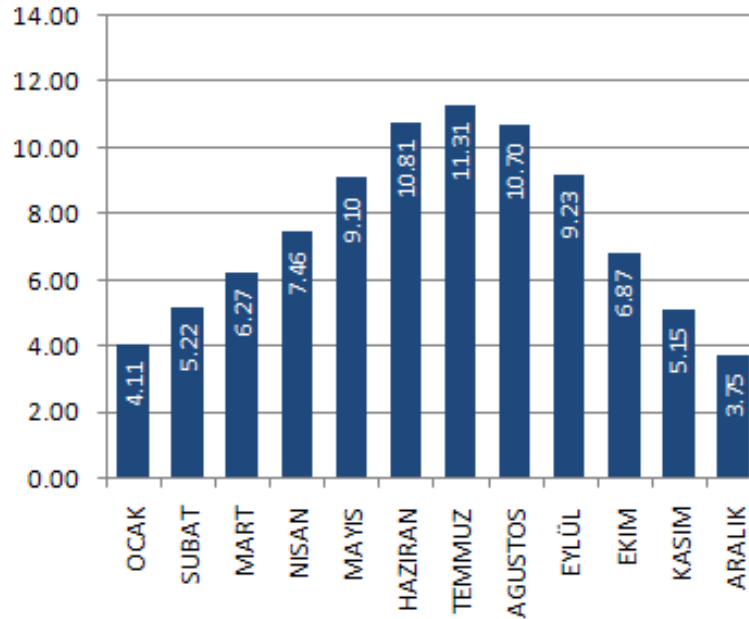
2.2 Türkiye’de Güneş Enerjisi

Türkiye’nin toprakları 36° - 42° Kuzey paralelleri ve 26° - 45° Doğu meridyenleri arasında yer alır. Göller ve adalar dâhil kapladığı gerçek alan 814 578 km²’dir izdüşüm alanı ise 783 562 km²’dir (Anonim, 2019i). Türkiye bu coğrafi konumu nedeniyle güneş enerjisi potansiyeli olarak çok avantajlı konumdadır. Özellikle bu alanda önde gelen ülkeler ile karşılaştırıldığında; güneş enerji potansiyeli olarak bu ülkelerden yüksek olmasına rağmen güneş enerjisi kullanımı açısından çok geride kalmıştır.



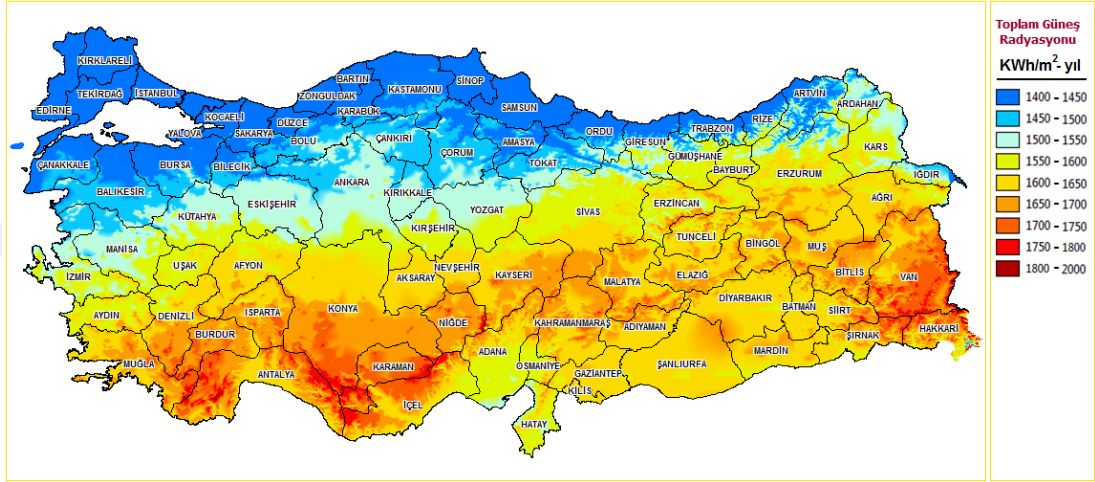
Şekil 2.5 Türkiye'nin aylara göre global radyasyon değerleri

Türkiye'nin Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından hazırlanan Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası'na (GEPA) göre; yıllık toplam güneşlenme süresi 2741 saat (günlük ortalama 7.5 saat), yıllık toplam gelen güneş enerjisi ortalama 1527 kWh/m².yıl (günlük ortalama 4.18 kWh/m².gün) olduğu tespit edilmiştir (Anonim, 2018b). Aylara göre Türkiye global radyasyon değerleri Şekil 2.5'de, Türkiye'nin aylara göre güneşlenme süresi Şekil 2.6'da grafiksel olarak gösterilmiştir (Anonim, 2019h).



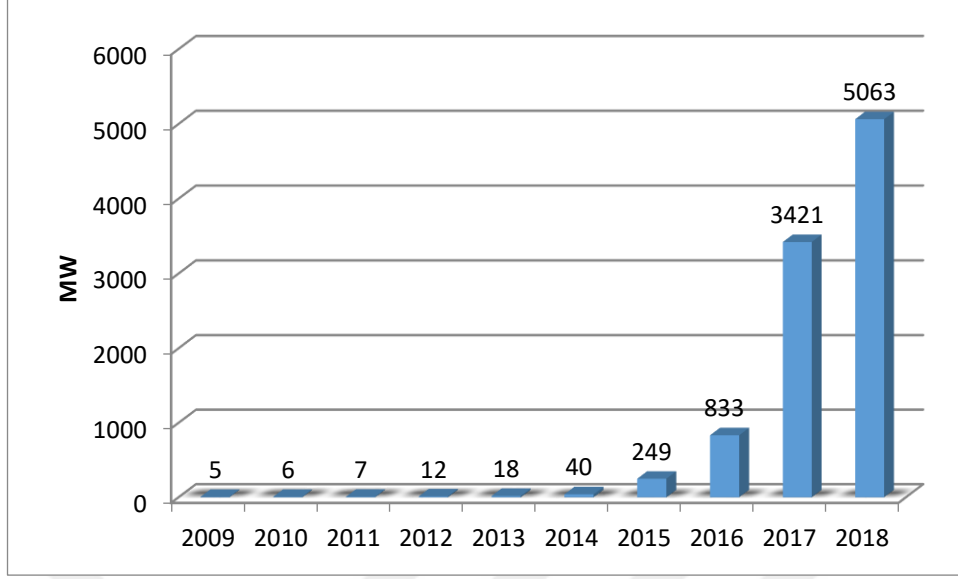
Şekil 2.6 Türkiye'nin aylara göre güneşlenme süresi

Türkiye'nin kuzey paralelleri boyunca kuzeyden güneye doğru inildikçe güneş enerjisi potansiyeli artmaktadır. Güneş enerji potansiyeli en fazla olan bölgemiz Güneydoğu Anadolu Bölgesi, en az olan bölge ise Karadeniz Bölgesi'dir. Potansiyel olarak Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Akdeniz Bölgesi, Doğu Anadolu Bölgesi, İç Anadolu Bölgesi, Ege Bölgesi, Karadeniz Bölgesi olarak sıralanmaktadır. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli haritası Şekil 2.7'de gösterilmiştir.



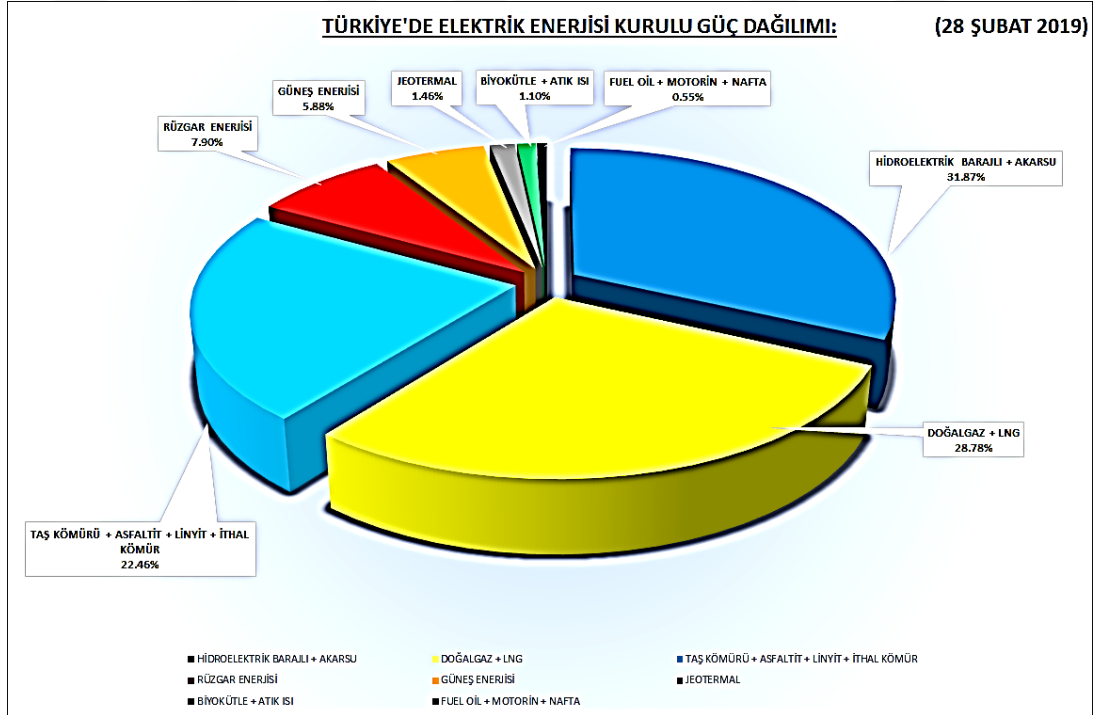
Şekil 2.7 Türkiye'nin güneş enerji potansiyeli haritası

Güneş enerji potansiyeli bu denli iyi durumda olan Türkiye bazı teknik, ekonomik ve yasal nedenlerden ötürü güneş enerji potansiyelini güneş enerjisi yatırımlarına yansıtamamıştır. Şekil 2.8'de Türkiye'nin yıllara göre güneş enerjisi kurulu gücü grafiksel olarak gösterilmiştir (Anonim, 2019). Şekil 2.8'i incelediğimizde yatırımların 2014'ten başlayarak artarak devam ettiği görülmektedir. Güneş enerjisi kullanımında önde gelen ülkeler güneş enerjisi kullanımına başlamada çok geç kalmıştır.



Şekil 2.8 Türkiye'nin yıllara göre güneş enerjisi kurulu gücü

Güneş enerjisinin ülkede toplam kurulu gücündeki payının Elektrik Mühendisleri Odasının 28 Şubat 2019 tarihinde yayınladığı Türkiye Enerji İstatistikleri Raporu'na göre 5 238 MW kurulu güçle güneş enerjisi, toplam kurulu gücün % 5.238 olduğu açıklanmıştır. Türkiye'nin enerji kaynaklarına göre kurulu güç dağılımı Şekil 2.9'da, toplam kurulu güç büyüklükleri Çizelge 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.9 Türkiye'nin enerji kaynaklarına göre kurulu güç dağılımı

Tüm bu veriler gösteriyor ki Türkiye güneş enerjisinde hem kurulu güç olarak, hem de zaman olarak kendi potansiyelinin çok gerisinde kalmıştır. 2014 yılından başlayıp hızlanarak devam eden yatırım trendi ülke açısından sevindirici bir gelişmedir. Hükümet ve güneş enerji sektöründeki paydaşlar üzerine düşen görevi yapması halinde güneş enerji sektörü ivmelenerek büyümeye devam edecektir.

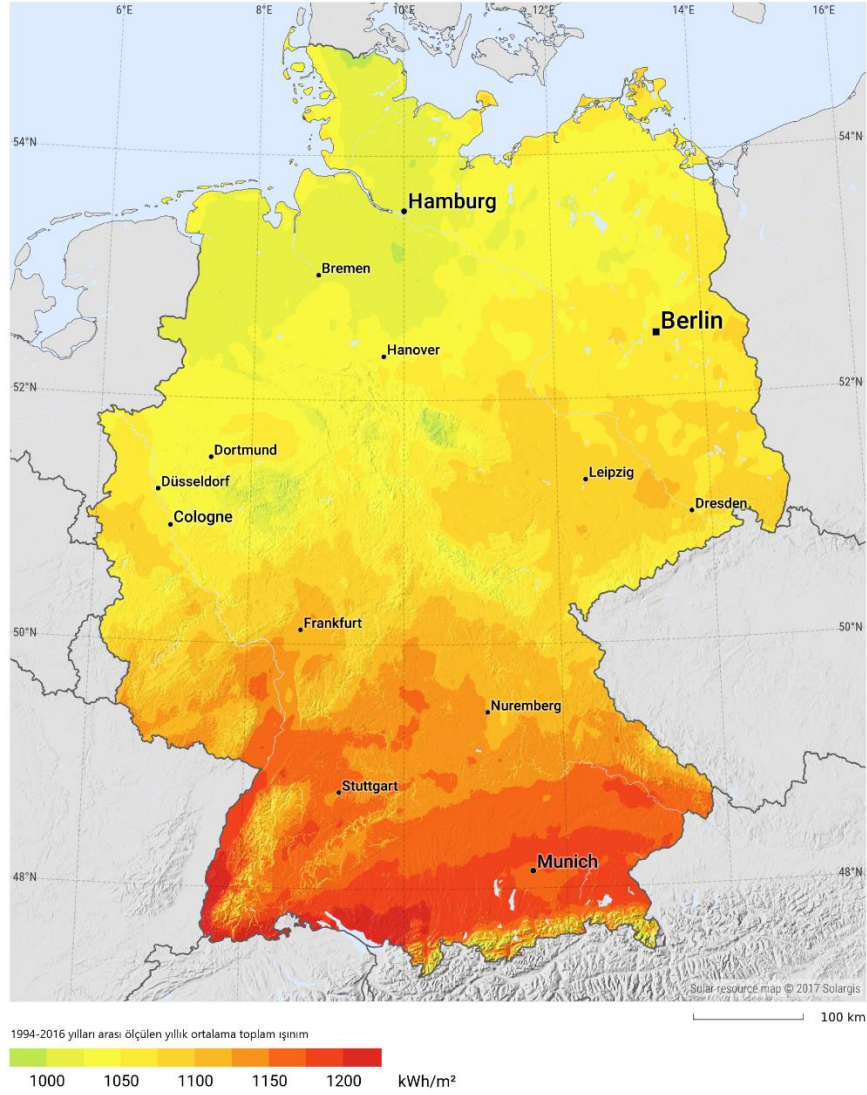
Çizelge 2.1 Türkiye'nin toplam kurulu güç büyüklükleri

Kurulu Güç (28.02.2019 itibariyle)	
Birincil Kaynak Türü	Kurulu Güç (MW)
Akarsu	7 839.10
Asfaltit Kömür	405
Atık Isı	323
Baraj	20 538
Biyokütle	659
Doğalgaz	25 623.80
Fuel Oil	487.20
Güneş	5 238.80
İthal Kömür	8 938.90
Jeotermal	1 302.50
Linyit	9 842
LNG	2
Motorin	1
Nafta	4.70
Rüzgâr	7 031.10
Taş Kömürü	810.80
TOPLAM	89 046.90

2.3 Almanya'da Güneş Enerjisi

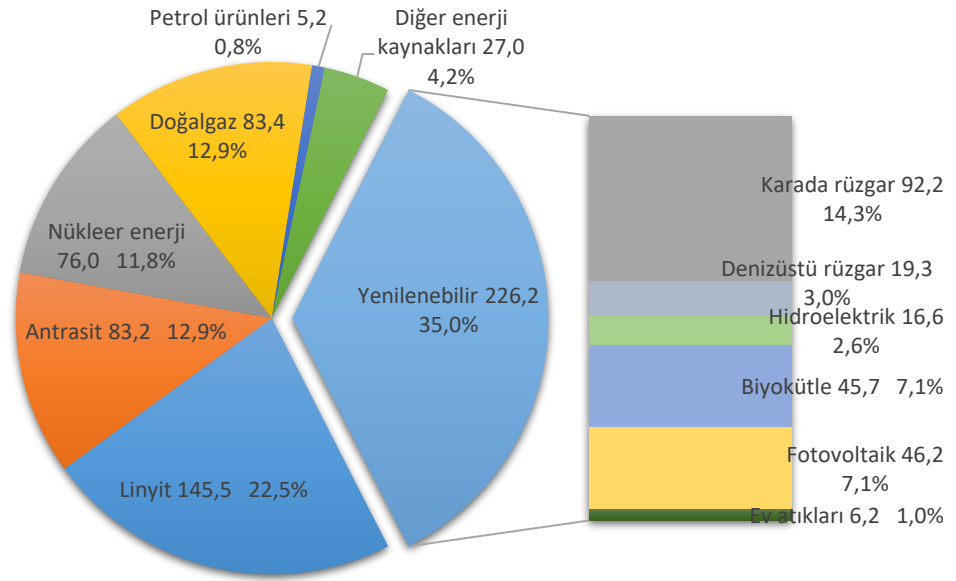
Almanya 47°-55° Kuzey paralelleri ve 5°-15° Doğu meridyenleri arasında yer alır. Kapladığı gerçek alan 357 021 km²'dir (Anonim, 2019b). Almanya'nın bu coğrafi konumu nedeniyle güneş enerjisi potansiyeli çok düşüktür ancak güneş enerjisi kullanımında Avrupa'da lider dünyada ise önde gelen ülkeler arasındadır.

Almanya'da yıllık toplam güneşlenme süresi 1600 saat (günlük ortalama 4.4 saat), yıllık toplam gelen güneş enerjisi 950-1200 kWh/m².yıl arasında (günlük ortalama 3 kWh/m².gün) olmaktadır (Öksüz, 2014). Bu değerler Almanya'nın güneş enerjisi açısından ne kadar fakir olduğunu gözler önüne sermektedir. Şekil 2.10'da Almanya'nın güneş enerji potansiyeli haritası gösterilmiştir (Anonim, 2019k).



Şekil 2.10 Almanya'nın güneş enerji potansiyeli haritası (Global yatay ışınım)

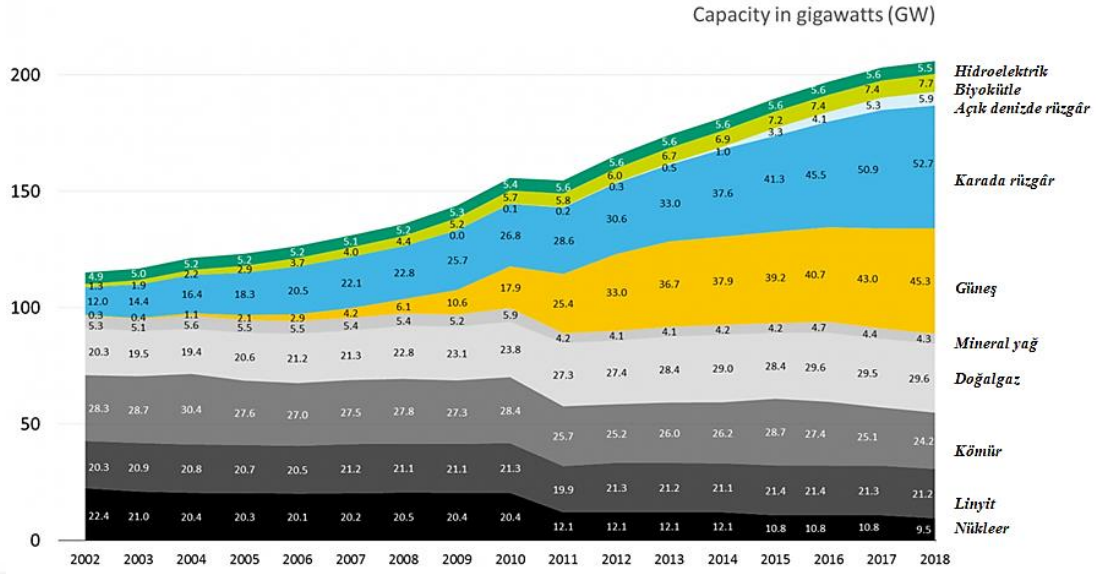
Güneş enerjisi potansiyeli çok düşük olan Almanya'nın güneş enerjisinden yararlanma miktarına baktığımızda son derece şaşırtıcı sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Şekil 2.11'e göre Almanya güneş enerjisinde 46 200 MWh güneş enerjisi kullanımıyla toplam arzın % 7.1 seviyesinde olduğu görülmektedir (Anonim, 2019d). Almanya güçlü ekonomisi, güçlü siyasi istikrar ve en önemlisi de izlediği son derece doğru enerji politikasıyla bu seviyelere gelmiştir. Güneş enerjisi potansiyeli çok düşük olan Almanya'dan diğer ülkelerin öğrenmesi gereken çok şey olduğu görülmektedir.



Şekil 2.11 Almanya'nın enerji kaynaklarına göre enerji dağılımı (TWh)

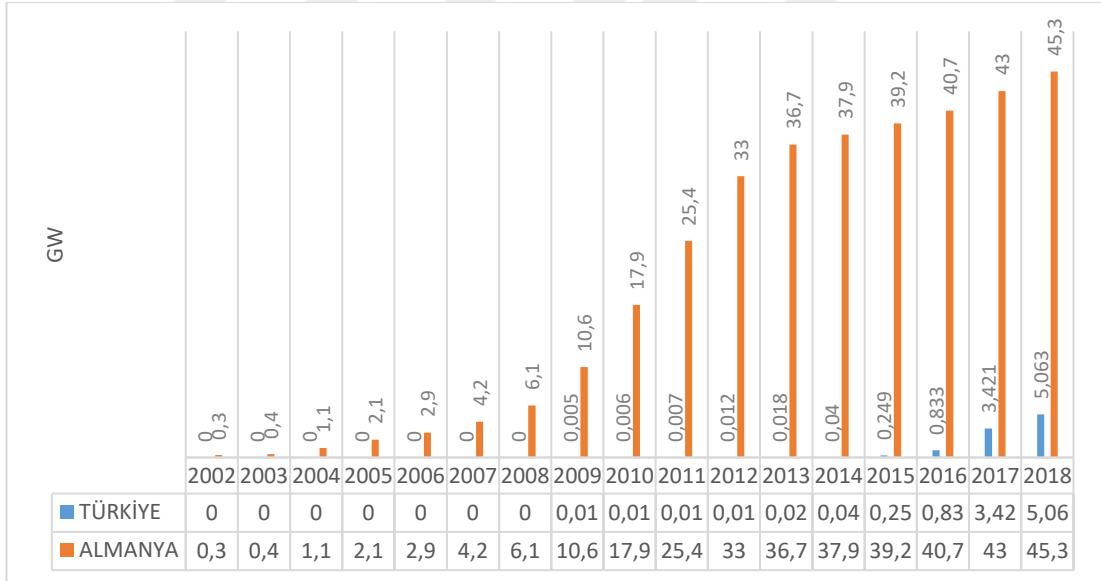
Almanya'nın güneş enerjisi kurulu gücünün yıllar içinde gelişimi Şekil 2.12'de verilmiştir. Şekil 2.12 grafik incelendiğinde Almanya'nın 2004 yılından itibaren güneş enerjisine önem verdiği ve verdiği bu önemin yıllar içinde güneş enerji yatırımları olarak meyvesini aldığı görülmektedir (Appunn ve ark., 2019; Anonim, 2019d).

Grafikte dikkat çekici bir nokta da 2014 yılında yıllık eklenen gücün ani şekilde düşmesidir. Bunun sebebini araştırdığımızda 2014 yılında çıkan EEG 2014 yasası olduğu sonucuna varılmıştır. Bu yasayla beraber güneş enerjisinde sabit enerji alım fiyatının ihale usulüyle belirlenmesi fiyatları düşürmüştü ve dolaylı olarak yatırımlar azalmıştır. Ancak hükümet attığı adımlarla 2018 yılında güneş enerji hedefini gerçekleştirmiştir.



Şekil 2.12 Almanya'nın yıllara göre güneş enerjisi kurulu gücü

Şekil 2.13'de Türkiye'nin ve Almanya'nın enerji potansiyeli ile güneş enerji yararlanma miktarı arasında bir ters orantı olduğu görülmektedir. Bunun sebeplerini ileriki bölümlerde bulmaya çalışılacaktır.



Şekil 2.13 Almanya'nın ve Türkiye'nin yıllara göre toplam güneş enerjisi kurulu gücü karşılaştırması

3. MATERYAL ve YÖNTEM

HOMER yazılımı kullanılarak Türkiye’de ve Almanya’da iki adet güneş enerji santrali modellenmesi gerçekleştirilecektir. Santrallerin kurulu gücü Almanya için doğrudan satılabilecek, Türkiye için ise lisansız elektrik üretimi kategorisinde olabilecek bir seviyede seçilmiştir.

Almanya’da doğrudan pazarlama yoluyla satabilmenin sınır değeri 750 kW seviyesinde olduğu için modellenecek santralin büyüklüğü 750 kW olarak belirlenmiştir. Türkiye ve Almanya karşılaştırması anlamlı olması açısından Türkiye’de modellenecek olan santralin büyüklüğü de 750 kW seviyesinde belirlenmiştir. Türkiye’de 5 MW seviyesine kadar lisans şartı aranmamaktadır.

3.1 Kullanılan Yazılım: HOMER Energy

Güneş enerjisi sistemlerinde tekno-ekonomik analiz gerçekleştirebilmek için birçok yazılım mevcuttur. Bu yazılımları; SAM, PVSyst, PVSol, PVWatt, HOMER, RETScreen, PVDesign-Pro ve TRNSYS diye sıralayabiliriz (Joshua ve ark., 2009).

Amerika Enerji Bakanlığı’nın (United States Department of Energy) Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı (National Renewable Energy Laboratory-NREL) tarafından geliştirilen mühendislik ve ekonominin birlikte eşzamanlı olarak çalışmasını sağlayan HOMER (Hybrid Optimization Model for Electric Renewables) yazılımı dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır (Anonim, 2018d).

HOMER, elektrik veya termik yükleri besleyen, fotovoltaik modüllerin, rüzgâr türbinlerinin, küçük güçlü hidroelektrik santralin, biokütle santralin, pistonlu motor jeneratörlerin, mikro türbinlerin, yakıt hücrelerinin, bataryaların ve hidrojen tankının herhangi bir kombinasyonunu içeren ve şebeke bağlantılı olan veya olmayan mikro enerji sistemlerini modelleyebilir. Yenilenebilir enerji kaynakları çıkış güçleri sürekli olmayan, mevsimsel, enerji elde edildiğinde hemen kullanılmayan ve bunlar gibi kendilerine özgü belirsizliklere sebep olabilirler. HOMER, bütün bu belirsizliklerin üstesinden gelmek için geliştirilmiştir (Özcan, 2009).

Homer; projenin ekonomik uygulanabilirliğini gösteren simülasyon, en verimli-en ekonomik konfigürasyonu ve iyileştirmeleri belirleyen optimizasyon, değişkenlerin ve belirsizliklerin etkisini gösteren hassasiyet analizi olmak üzere 3 ana bileşenden oluşan bir yazılımdır (Yılmaz, 2008; Özkök, 2015; Lambet ve ark., 2016).

Program oluşturulan enerji sisteminin bir yılı oluşturan her bir saat için hesaplama yaparak en ekonomik sistemi karşımıza çıkarmaktadır.

3.1.1 Simülasyon (Simulation)

HOMER bir simülasyon modelidir. Planladığımız enerji sistemini ve sistemde kullanılan ekipmanları belirlediğimizde HOMER tüm olası kombinasyonları kullanarak uygulanabilir bir sistemin simülasyonunu gerçekleştirmeye çalışacaktır. Planınıza bağlı olarak, HOMER yüzlerce hatta binlerce sistemin simülasyonunu gerçekleştirebilir (Lambert ve ark., 2016). Bu sayı planladığımız enerji sistemine ve sistemde kullanılan ekipmanların adedi ve özelliğine göre değişiklik gösterebilmektedir.

HOMER, bir dakikadan bir saate kadar olan zaman aralıklarında tüm yıl boyunca hibrit bir mikro şebekenin çalışmasını hesaplamaktadır (Anonim, 2018c).

3.1.2 Optimizasyon (Optimization)

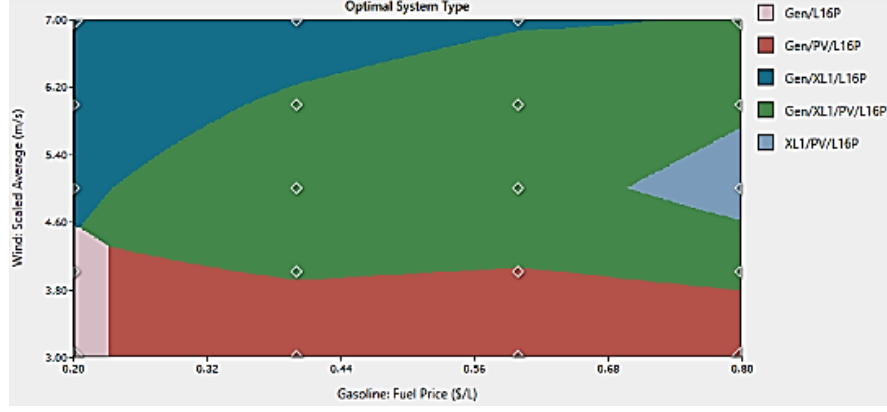
HOMER simülasyonu yapılan sistem kombinasyonlarını tek bir çalıştırma ile inceler ve daha sonra sistemleri net bugünkü değer, toplam gider, toplam kazanç gibi seçilen optimizasyon değişkenine göre sıralar.

HOMER, mikro şebekeler veya diğer dağıtılmış elektrik üretim sistemleri için en düşük maliyetli seçenekleri belirlemek için tasarım sürecini önemli ölçüde kolaylaştıran yeni bir optimizasyon algoritmamıza sahiptir. HOMER Optimizer, özellikle HOMER'de çalışmak üzere tasarlanmış tescilli bir "türevsiz" optimizasyon algoritmasıdır (Anonim, 2018c).

3.1.3 Hassaslık Analizi (Sensitivity Analysis)

HOMER, istediğiniz kadar “Peki ya?” sorusu sormanıza izin verir, çünkü bir sistemin tüm yönlerini kontrol edemezsiniz. Yüzlerce hatta binlerce simülasyon çalıştırmadan ve sonuçları karşılaştırmadan belirli bir değişkenin veya seçeneğin önemini bilemezsiniz.

HOMER, binlerce simülasyonu tek bir işlemde karşılaştırmayı kolaylaştırmaktadır. Bu rüzgar hızı, yakıt maliyetleri vb. gibi kontrolünüz dışındaki değişkenlerin etkisini görmenize ve bu varyasyonlarla optimum sistemin nasıl değiştiğini anlamanıza olanak sağlar.



Şekil 3.1 HOMER hassaslık analizi grafik örneği

Hassaslık analizinde hesaplanan tüm sistemleri Şekil 3.1’deki gibi bir grafik olarak bize sunmaktadır. Bu grafik üzerinde gezilerek sistemde kullanılan ekipmanların etkisi kolaylıkla anlaşılabilir ve en uygun sistemin seçilmesini kolaylaştırmaktadır (Anonim, 2018c).

3.2 Yer Seçimi

HOMER ile modellenecek güneş enerji santralini modellenmesi için ilk aşama uygun bir yer belirlemektir. Yer seçimi yaparken seçtiğimiz yerin güneş enerjisi verilerinin yüksek olması ve bunun yanında teknik ve mevzuat açısından arazinin uygun olması gerekmektedir.

Güneş enerjisi santrali için en önemli parametre güneş enerjisi verileridir. Güneş enerjisi için yer seçimi yaparken seçeceğimiz arazinin toplam güneş radyasyon verisi ve güneşlenme süresi önem arz etmektedir.

Teknik açıdan güneş enerji santrali için seçilecek arazinin eğimi, iklim özellikleri, arazi büyüklüğü, arazi değeri, ulaşım, elektrik hattına uzaklık, şebekeye bağlanacak elektrik hattının trafo gücü gibi birçok önemli parametre vardır.

Mevzuat açısından güneş enerji santrali için seçilecek arazinin marjinal tarım arazisi statüsünde olması istenmektedir. Tarım arazisi, mera, yayla ve orman statüsünde olan arazilere herhangi bir enerji sistemi kurmak kanunen mümkün değildir.

3.2.1 Türkiye 'de Yer Seçimi

Türkiye'de güneş enerji santrali için arazi seçimi yapılırken; sadece güneş verilerine bakılarak rastgele bir arazi seçimi yerine, yatırımcılara örnek olması açısından gerçekte uygulanması mümkün bir modelleme yapılmak istenmiştir. Bu özelliği ile tezin yatırımcıya ışık tutarak amacına daha fazla ulaşması istenmektedir.

Türkiye'de güneş enerji santraline konum olarak güneş enerjisi potansiyeli nispeten zayıf olan Ordu şehri seçilmiştir. Bu seçimin yapılmasındaki ana neden; Ordu şehrinin radyasyon verisi ve güneşlenme süresi, Almanya ortalaması seviyelerinde olmasıdır. Bu modelleme verileri ile Güneş verileri Türkiye ortalamasının altında olan Ordu gibi şehirlerdeki yatırım yapılabilirlik seviyeleri ortaya çıkarılacak ve ayrıca bu modelleme verilerinden yararlanılarak Türkiye-Almanya arasında maliyet karşılaştırılması yapılacaktır.

Güneş enerji santrali yer seçiminde güneş radyasyon verisi, kapasite faktörü, güneşli gün sayısı, iklim özellikleri, arazi büyüklüğü, arazi statüsü, arazi eğimi, ulaşım, enerji nakil hattına uzaklık, trafo gücü gibi birçok parametre göz önüne alınarak yer seçimi yapılmıştır.

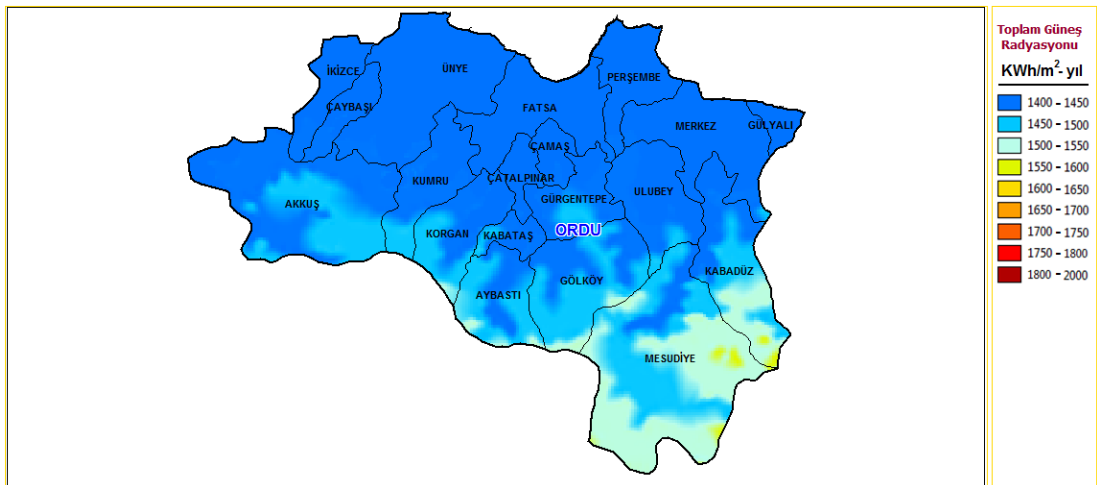
Bütün bu özellikler ile Ordu ilindeki araziler incelendiğinde Şekil 3.2'deki Güneyce Mahallesi 124 Ada 50 Parsel Mesudiye/ORDU (Koordinat: 40.410228, 37.7952) parselde bulunan arazi uygun bulunmuştur. Bu arazinin seçimindeki ana etmenleri şu şekilde sıralayabiliriz.



Şekil 3.2 Türkiye’de seçilen arazinin Google Earth görüntüsü

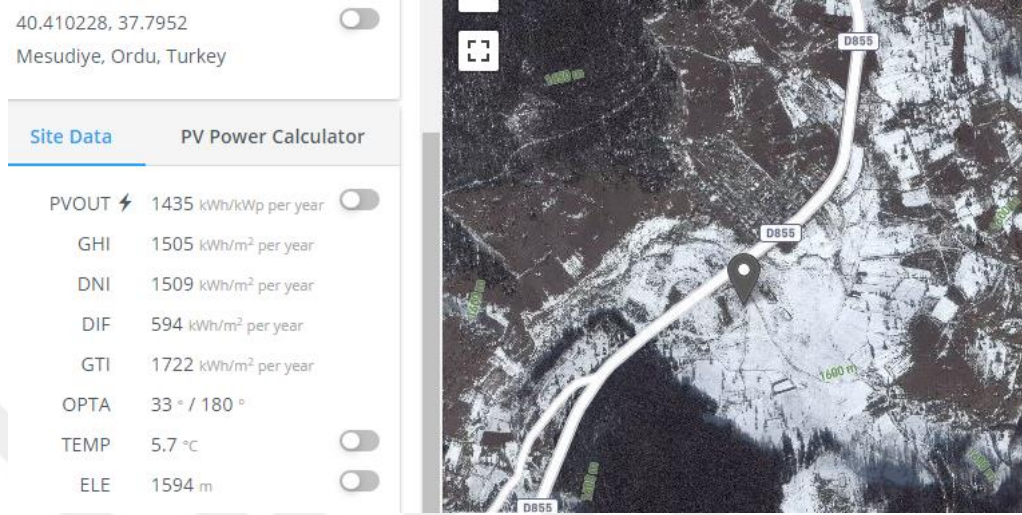
3.2.1.1 Güneş Enerji Verileri

Güneş enerji santralinde en önemli parametre olan güneş radyasyon verisi ve güneşlenme süresi Ordu yöresinde Türkiye ortalamasının altındadır. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) tarafından hazırlanan Ordu ili güneş radyasyon haritası Şekil 3.3’de gösterilmiştir. Ordu'nun yıllık global güneş radyasyonu veya güneş ışınımı haritası ile ilçelere göre güneş enerjisi potansiyelini gösteren haritayı incelediğimizde Mesudiye ilçesi öne çıkmaktadır.



Şekil 3.3 Ordu ili güneş enerjisi potansiyeli haritası

Seçtiğimiz lokasyonda yıllık ortalama güneş radyasyon verisi Şekil 3.4’de gösterildiği şekilde hesaplanmakta ve 1505 kWh/m² seviyesinde çıkmaktadır. Bu değer Ordu ilinin genel ortalamasının üzerindedir (Anonim, 2018a).



Şekil 3.4 Türkiye için seçilen konumun güneş radyasyon verileri

3.2.1.2 Arazi Statüsü

Türkiye’de kanunen her arazi güneş enerji santrali kurmak için uygun değildir. Herhangi bir enerji sisteminde arazi uygunluğu mevzuatta “Tarım Arazilerinin Korunması, Kullanılması ve Planlanmasına Dair Yönetmelik, Orman Kanunu, Mera Kanunu” gibi kanun ve yönetmeliklere göre belirlenir. Elektrik piyasasında lisanssız elektrik üretim yönetmeliği ve bu yönetmeliğin uygulanmasına dair tebliğ gereğince güneş enerji santrali kurabilmek için arazinin marjinal tarım arazisi statüsünde olması istenmektedir.

Ordu geneli incelendiğinde, arazilerin büyük çoğunluğunu tarım arazisi (fındık bahçesi), orman, yayla ve meralardan oluştuğu görülmektedir. Bu arazi yapısı güneş enerji santrali kurulabilir alanları çok önemli ölçüde kısıtlamaktadır.

Tüm bu sebeplerden ötürü yine Mesudiye ilçesi ön plana çıkmaktadır. Bunun için arazi seçiminde Hali Arazi statüsünde olan ve marjinal tarım arazisi belgesi almasında sakınca olmayan Güneyce Mahallesi 124 Ada 50 Parsel Mesudiye/ORDU arazisi seçilmiştir. Bu arazi kolaylıkla marjinal tarım arazisi belgesi alabilir bir arazidir.

3.2.1.3 Arazi Eğimi

Güneş enerji santrali maksimum verim ve daha az işçilik için eğim önemli bir faktördür. Hesaplamalarda güneş enerji santrali için eğimin % 10'dan fazla olmaması önerilmektedir. Aynı zamanda arazi güneye eğimli olmalıdır (Taktak ve İli, 2018).



Şekil 3.5 Türkiye için seçilen arazinin eğimi

Ordu yöresini incelediğimizde arazinin çok yüksek kısmı engebeli olması enerji santrali kurulabilir alanlarını daha da fazla kısıtlamaktadır.

Bunun için seçimimizi yaparken % 10 sınırına uygun olan ve yaklaşık % 4.5 eğime sahip arazi seçilmiştir. Ayrıca arazi güneye eğimlidir. Seçilen arazinin eğim ölçümü Google Earth yazılımıyla hesaplanmış ve Şekil 3.5'de gösterilmiştir.


3.2.1.4 Ulaşım

Kurulum maliyeti düşürmek için ulaşımı kolay bir yer seçilmeye çalışılmıştır. Seçtiğimiz arazi Ordu-Sivas (D855) karayolunun kenarında bulunmaktadır. Şekil 3.2'de görüldüğü gibi ulaşım açısından çok avantajlı bir konumdadır.

3.2.1.5 Arazi Büyüklüğü

Güneş enerji santrallerinde santralin gücü ile ihtiyaç duyulan arazi alanı doğru orantılıdır. Modellediğimiz 750 kW'lık bir enerji santrali için yaklaşık 15 dönüm bir alana ihtiyaç vardır. Seçtiğimiz arazinin büyüklüğü Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü'nün geliştirdiği Parsel Sorgulama Uygulaması ile sorgulanmıştır. Seçtiğimiz arazinin büyüklüğü 113 232.84 m²'dir (Anonim, 2018h). Şekil 3.6'da görüldüğü gibi arazimizin büyüklüğü fazlasıyla yeterlidir.

Öznitelik Bilgisi	
Taşınmaz No	59822532
İl	Ordu
İlçe	Mesudiye
Mahalle/Köy	Güneyce
Ada	124
Parsel	50
Tapu Alanı	113.232,84
Nitelik	Hali arazi
Mevkii	Güvendik çimeni
Pafta	H39-b-06-c-3



Şekil 3.6 Türkiye için seçilen arazinin büyüklüğü

3.2.1.6 Arazi Değeri

Arazi maliyeti, kurulum maliyetinde önemli bir paya sahiptir. Hazine arazileri 362 sıra numaralı Milli Emlak Genel Tebliği'ne göre lisanssız elektrik üretim tesisleri için 1 MW kurulu güce kadar azami 20 dönüm santral sahasının kullanılmasına izin verilmektedir. Arazi emsal ve rayiçlere göre düzenlenecek bedel tespit raporlarına göre belirlenir. Arazi 1 MW kurulu güçte 30 yıla kadar irtifak hakkı tesis edilir veya kullanma izni verilir. Ayrıca belirtilen sürede tesisin işletmeye geçmesi şartıyla, irtifak hakkı veya kullanma izni bedeline yüzde seksen beş (% 85) oranında indirim uygulanır.

Mesudiye çevresinin ortalama arazi değeri diğer yörelere göre düşük bir değere sahiptir. Aynı zamanda seçtiğimiz arazi hali arazi statüsünde olduğu için devlet desteğiyle kiralayarak arazi maliyetini çok cüzi bir seviyeye çekmemize olanak sağlamaktadır.

3.2.1.7 İklim

Karadeniz bölgesinde genel olarak bulutlu gün sayısı diğer yörelere göre fazladır. Ancak seçtiğimiz arazi iklim olarak Karadeniz ikliminden çok karasal iklim özelliği göstermektedir. Arazideki güneşlenme süresi Şekil 3.3'de görüldüğü gibi Ordu şehrinin genel ortalamasından yüksektir. Arazi iklim özellikleri açısından avantajlı konumdadır.

3.2.1.8 Elektrik Hattına Uzaklık ve Trafo Gücü

Kurulum maliyetinde enerji taşıma maliyeti kalemini azaltmak adına yer seçiminde enerji nakil hattına uzaklık mesafesi göz önünde tutulmuştur. YEDAŞ ile yapılan

görüşmeler neticesinde planlanan arazinin 100 m uzağından gücü yeterli bir orta gerilim hattı bilgisine ulaşılmıştır. Bu hattın varlığı, taşıma maliyetini çok düşük seviyeye çekmektedir.

3.2.2 Almanya'da Yer Seçimi

Almanya'da güneş enerji santrali için arazi seçiminde temel kriter olarak güneş verileri ve arazi özellikleri belirlenmiştir. Yer seçiminde Almanya'nın 168 MW kurulu gücüyle ülkenin en büyük güneş enerji santrali alan Solarpark Meuro santralinin yakınlarında bir arazi seçilmiştir (Anonim, 2018g).

Solarpark Meuro santralinin yakınında olması ulaşım, enerji nakil hattına uzaklık ve hat gücü gibi birçok konuda avantaj sağlamaktadır.

Bu sebeplerin yanı sıra diğer arazi özellikleri incelendiğinde "51.554836, 13.972283" konumunda bulunan arazi uygun bulunmuştur. Bu arazinin seçimindeki ana etmenleri şu şekilde sıralayabiliriz.



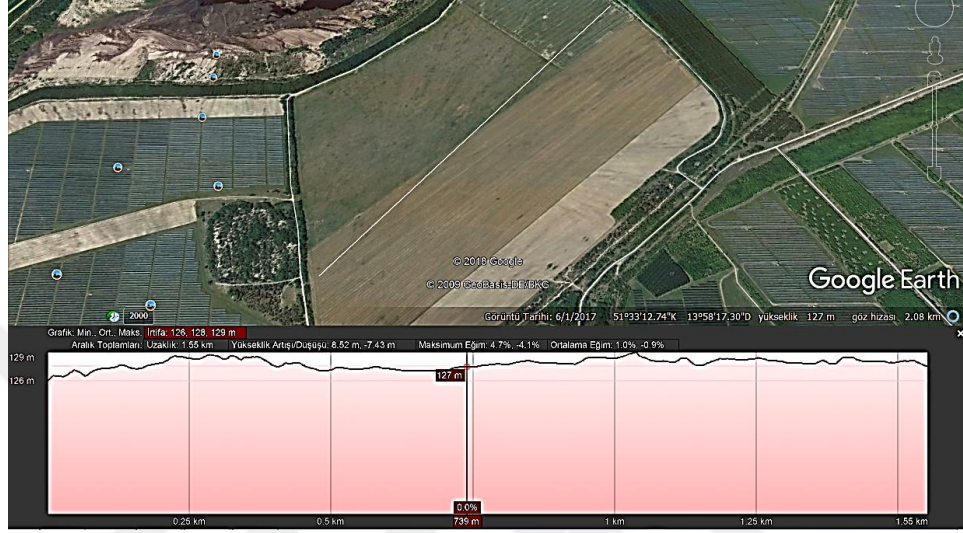
Şekil 3.7 Almanya için seçilen arazinin Google Earth görüntüsü ve arazi büyüklüğü

3.2.2.1 Arazi Büyüklüğü

1 MW'lık bir enerji santrali için yaklaşık 15 dönüm bir alana ihtiyaç vardır. Şekil 3.7'de görüldüğü gibi arazimizin büyüklüğü fazlasıyla yeterlidir.

3.2.2.2 Arazi Eğimi

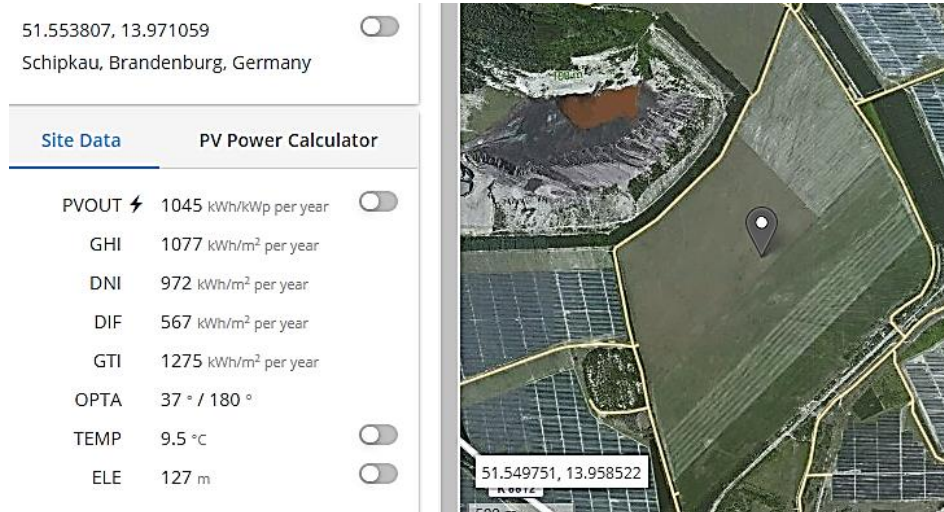
Seçtiğimiz arazinin eğimi % 10 sınırına uygundur ve yaklaşık % 1 eğime sahiptir. Arazi güneye eğimlidir. Seçilen arazini eğim ölçümü Google Earth uygulamasıyla hesaplanmış ve Şekil 3.8’de gösterilmiştir. Arazi eğimi ve bakı yönü şartlara son derece uygundur.



Şekil 3.8 Almanya için seçilen arazinin eğimi

3.2.2.3 Ulaşım

Seçtiğimiz konumun Şekil 3.9’da görüldüğü yakınında mevcut birçok güneş enerji santrali olduğu için ulaşım açısından son derece uygundur.



Şekil 3.9 Almanya için seçilen konumun güneş radyasyon verileri

3.2.2.4 Güneş Verisi

Seçtiğimiz lokasyonun güneş radyasyon verisi Şekil 3.9’da görüldüğü gibi yıllık ortalama 1 077 kWh/m²’lik değere sahiptir. Bu değer Türkiye ortalamasının çok altında olan Ordu şehrinden bile çok daha düşük seviyededir. Buna rağmen Almanya’da bunun gibi değerlere sahip yerlere kurulu mevcut birçok santral vardır.

3.2.3.5 İklim

Seçilen konumun iklim özelliği Ordu’nun iklim özelliklerine benzerlik göstermektedir. Türkiye, Almanya karşılaştırmasının anlamlı olması açısından önemli bir özelliktir.

3.3 Türkiye’de Planlanan Güneş Enerji Sisteminin HOMER İle Modellenmesi

Türkiye için seçilen konumda güneş enerji sistemi modellemesi yapmak için önce güneş enerji sistemi için gerekli ekipmanların seçimi yapılacaktır. Daha sonra seçilen ekipmanların maliyeti ve diğer bütün maliyetlerin maliyet hesaplamaları yapılacaktır. Ekipman seçimi ve maliyet hesaplamaları yapıldıktan sonra HOMER’e modelleme için gerekli veriler girilerek modelleme gerçekleştirilecektir.

3.3.1 Gerekli Ekipman ve Malzemeler

Güneş enerji santrali modellemesi için ilk yapılması gereken en uygun FV paneli ve invertörü seçmektir. Ekipman seçimi yaparken teknik özellikleri, sahip olduğu sertifikalar, teknik destek ve servis ağı gibi faktörler etkili olmuştur. Bunların yanında Türkiye’de yapılan seçimlerde yerli ürün olmasına da dikkat edilmiştir.

Seçim yapılırken Türkiye’de üretilen ve “Yerli Malı” sertifikasına sahip firmalar araştırılarak seçim yapılmıştır. Hem yerli ekonomiye katkı olması hem de enerji satışında devletin ilave fiyat katkısı yerli firmalara yönelmemizde etkili olmuştur.

Almanya’da ekipman seçiminde teknik özellikler, sertifikalar, teknik destek ve servis ağının yanı sıra Almanya’da en fazla kullanılan firmalar araştırılarak seçim yapılmıştır.

3.3.1.1 FV Panel

Bir güneş enerji sistemi için en önemli parametre kullanılan FV panellerin özelliğidir. Kullanılan panellerin verim, azaltma faktörü, kristal yapısı, çalışma sıcaklığı, fiziksel yapısı vb. güneş enerji sisteminin çalışmasını belirleyen özellikleri vardır. Aynı

zamanda seçilen FV panelin belli sertifikalara sahip olması, destek ve servis ağının güçlü olması gerekmektedir.

Yapılan analiz neticesinde, teknik destek ve geniş servis ağına sahip olan ve yerli ürünler üreten CW Enerji firmasına ait paneller seçilmiştir. Bu firma Türkiye’de FV panel kullanımını açısından lider firmalardan biridir.

Seçilen FV panelin özellikleri Şekil 3.10’da gösterilmiştir. FV panel hakkında detaylı teknik özellikler ve sahip olduğu sertifikalar Ek 1’de sunulmuştur.

ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLER					
Model Tipi	CWT355-72PM	CWT360-72PM	CWT365-72PM	CWT370-72PM	CWT375-72PM
Maksimum Güç (P_{max})	355 Wp	360 Wp	365 Wp	370 Wp	375 Wp
Modül Verimliliği	18,26	18,51	18,76	19,07	19,32
Maksimum Güç Gerilimi (V_{mp})	39,38	39,82	40,18	40,61	40,97
Maksimum Güç Akımı (I_{mp})	9,02	9,05	9,09	9,12	9,16
Açık Devre Gerilimi (V_{oc})	46,44	47,02	47,45	47,74	47,95
Kısa Devre Akımı (I_{sc})	9,59	9,65	9,68	9,72	9,76
Güç Toleransı	0~+5W				
Maks. Sistem Anma Gerilimi	1000V DC				
Çalışma Sıcaklık Aralığı	-40 ~ +85°C				
Güvenlik	C Sınıfı				
Maks. Seri Sigorta Akımı	20A				

MEKANİK ÖZELLİKLER	
Hücre Boyutu	156,75 mm x 156,75 mm
Hücre Sayısı	72 (6x12)
Ağırlık	22 kg
Panel Boyutu	1959x995x40mm
Maks. Rüzgar/Kar Yüğü Dayanımı	2400/5400 Pa
Bağlantı Kutusu	IP67

SICAKLIK KATSAYISI	
Sıcaklık Katsayısı (I_{sc})	0.06%/°C
Sıcaklık Katsayısı (V_{oc})	-0.34%/°C
Sıcaklık Katsayısı (P_{max})	-0.44%/°C

AMBALAJ ŞEKLİ		
Konteyner	20' GP	40' GP
Palet Başına Adet	27	27
Konteyner Başına Adet	324	648

Şekil 3.10 Türkiye için seçilen FV panelin özellikleri

Seçilen panelin birim fiyatı, CW enerji firmasının bölge temsilcilerinden alınan teklifler, piyasa ve internet araştırması neticesinde belirlenmiştir.

3.3.1.2 İnvörtör

FV panellerde üretilen DC gerilimin şebekeye verilebilmesi için; gerilimi istenilen frekanslı istenilen büyüklükte AC forma dönüştürülmesi gerekmektedir. Bunun için santrallerde DC-AC dönüştürücülere yani invörtörlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Türkiye’de invertör seçimi yaparken FV panelde olduğu gibi sahip olduğu sertifikalar, teknik özellikleri, yaygın kullanımı, teknik destek ve servis ağı faktörleri ön plana alınarak seçim yapılmıştır. Ayrıca Türkiye’de yerli ürün olmasına dikkat edilmiştir.

Tüm bu sebeplerden ötürü, gerekli sertifikalara sahip teknik destek ve servis ağı geniş, yerli üretim Goodwe markasının GW50K-MT-50kw modeli invertör seçilmiştir.

Çizelge 3.1 Türkiye için seçilen invertörün özellikleri

Goodwe invertör GW50K-MT	
DC Giriş Değerleri	
Maksimum Solar Panel Giriş Gücü:	60 000 W
Maksimum Giriş Voltajı 1000	1 000 V
Maksimum Giriş DC Amper	2x28 ve 2x19
MPPT Sayısı	4
Boştaki Tüketim 10W	10 W
MPPT Voltaj aralığı	260-850
AC Çıkış Değerleri:-Nominal	55 000 W
Maksimum Güç	55 000 W
Maksimum Amper	80 A
Çıkış Voltajı	400 V AC
Maksimum Verimlilik	% 98.7
Koruma Sınıfı	IP65

Seçilen invertörün özellikleri Çizelge 3.1’de gösterilmiştir. İntertör hakkında detaylı teknik özellikler ve sahip olduğu sertifikalar Ek 2’de sunulmuştur.

Seçilen invertör birim fiyatı, yetkili firmasının bölge temsilcilerinden alınan teklifler, piyasa ve internet araştırması neticesinde belirlenmiştir.

3.3.1.3 Diğer Ekipmanlar ve Malzemeler

Şebeke bağlantılı güneş enerji santrallerinde FV panellerin ve invertörlerin haricinde kurulum için gerekli ekipmanlar, pano ve tesisat için gerekli malzemeler, Şebeke bağlantısı için gerekli ekipmanlar gibi elemanlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Gerekli diğer malzemeler kalem kalem Çizelge 3.3’de gösterilmektedir. Malzemelerin piyasa ve internet araştırması neticesinde belirlenen giderleri Çizelge 3.3’de gösterilmektedir.

3.4 Maliyet Hesaplamaları

Bir yatırımcı yeni yatırım planlaması yaparken ilk olarak fizibilite çalışması yapmaktadır. Bu çalışma yatırımın yatırım yapmaya uygunluğunu belirleyen en önemli faktördür. Fizibilite çalışması teknik analiz, ekonomik analiz ve mali analiz başlıklardan oluşmaktadır (Özpeynirci, 2001).

Ekonomik analiz yapılırken piyasa araştırması yapılarak tahmini maliyetlerin çıkarılması gerekmektedir. Toplam maliyet; ilk yatırım maliyeti, işletme maliyeti kalemlerinden oluşmaktadır (Özpeynirci, 2001).

Yaptığımız güneş enerji santrali modellemesinde tahmini maliyetler piyasa şartlarına göre belirlenmiş olup belirlenen fiyatlar kalem kalem tablolarda gösterilmektedir.

Çizelge 3.2’de yatırım maliyetine, Çizelge 3.3’de de işletme maliyetine ait kalemler yer almaktadır.

Yatırım Maliyeti; Güneş Paneli, İnvörtör, Arazi, Güneş Paneli Konstrüksiyon Elemanları, Kablo grupları, Bağlantı ekipmanları, Şebeke bağlantı ekipmanları, Pano, Montaj, Nakliye, Güvenlik ekipmanları, Diğer masraflar ve Öngörülemeyen giderler kalemlerinde oluşmaktadır. Kurulum maliyeti 707 000 \$ olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 3.2 Türkiye için modellenen enerji sisteminin yatırım maliyeti kalemleri

YATIRIM MALİYETİ					
İhtiyaç	Bilgi	Miktar	Birim	Birim Fiyat (\$)	Toplam Maliyet (\$)
Güneş paneli	CW Enerji CWT375-72PM-güneş paneli monokristal 375Wp	2000	Adet	160	320 000
İnvertör	Goodwe invertör GW50K-MT-50kw	15	Adet	5 000	75 000
Arazi	Kiralama bedeli	25	Yıl	180	4 500
FV Panel Konstrüksiyon Elemanları	Altyapı masrafları (Menhol, Profil boru vb.) Alüminyum profil ve bağlantı elemanları	1	Set	55 000	55 000
Kablo Grupları	Solar kablolar, N2XY, NYY, XLPE vb kablolar, Zayıf akım kabloları	1	Set	45 000	45 000
Şebeke Bağlantı Elemanları	Trafo seti, Orta gerilim hücre ve ekipmanları, Orta gerilim direkleri ve ekipmanları	1	Set	40 000	40 000
Bağlantı Ekipmanları	Koruma sigortaları, Topraklama, Solar konnektör, Diğer malzemeler	1	Set	7 500	7 500
Panolar	İnvertör toplama panosu, OG Ana pano	1	Set	20 000	20 000
Montaj	Konstrüksiyon sistemi, Kabin montajı ve OG bağlantıları, Topraklama sistemi, Trafo, Hücre, Pano montajı	1	Set	100 000	100 000
Nakliye	Ekipmanları sahaya nakliyesi, Ekipmanların saha içinde yerleştirilmesi	1	Set	3 000	3 000
Güvenlik Ekipmanları	Kamera sistemi, Çit sistemi	1	Set	18 000	18 000
Diğer	Vergi ve sigorta işlemleri, Evrak, harç vb işlemler	1	Set	4 000	4 000
Beklenmeyen Giderler	Öngörülemeyen giderler	1	Set	15 000	15 000
TOPLAM					707 000 \$

Güneş paneli, güneş enerji santralının en önemli ekipmanı olduğu gibi maliyette en büyük paya sahip ekipmandır. Güneş paneli 320 000 \$ maliyetiyle yatırım maliyetinin yaklaşık % 45'ini oluşturmaktadır. Güneş paneli olarak seçilen CW enerji güneş paneli 750 kW kurulu güç için 2 000 adet kullanılmıştır.

Güneş enerji panelinde üretilen DC gerilimi AC gerilime dönüştüren İnvörtör önem olarak ve maliyet olarak güneş panelinin ardında en büyük paya sahip ikinci elemandır. İnvörtör 75 000 \$ maliyetiyle yatırım maliyetinin yaklaşık % 10'u konumundadır. Seçilen 50 kW'lık invertörden 750 kW kurulu güç için 15 adet seçilmiştir.

Arazi olarak seçilen Mesudiye Güneyce Mahallesi 124 Ada 50 Parsel'in maliyeti GİB verilerine göre hesaplanmıştır. Kiralama bedeli 15 dönüm alan için yıllık olarak ortalama 180 \$ olarak proje ömrü olan 25 yıllığına kiralandığı varsayılmıştır. Arazi için 25 yıllık kullanım hakkı 4 500 \$ maliyet öngörülmüştür.

Güneş paneli yapı elemanları olarak isimlendirilen bu kalem, güneş panel montajı için gerekli alüminyum profil, bağlantı elemanları ve altyapı için gerekli menfol, profil boru gibi malzemelerden oluşmaktadır. Bu kalem için 55 000 \$ maliyet öngörülmüştür.

Güneş enerji santralinde solar kablolar, N2XY, NYY, XLPE vb. kablolar ve zayıf akım kabloları kullanılır. Kablo maliyeti olarak 45 000 \$ maliyet öngörülmüştür.

Güneş enerji santralinde üretilen enerjinin şebekeye verilebilmesi için şebeke bağlantı elemanlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Şebeke bağlantı elemanları trafo, orta gerilim hücre ve ekipmanları, Orta gerilim direkleri ve elemanları gibi kalemlerden oluşmaktadır. Belirlediğimiz arazi orta gerilim şebekesine 100 m mesafede bulunduğu için enerji taşıma maliyeti çok azdır. Şebeke bağlantı elemanları için 40 000 \$ maliyet öngörülmüştür.

Güneş enerji santralli kurulumu için koruma sigortaları, topraklama ekipmanları, solar konnektör gibi bağlantı elemanları gereklidir. Bağlantı ekipmanları 7 500 \$ maliyet ile yatırım maliyetindeki payı çok düşüktür.

Güneş Enerji Santralinde kullanılan panoların maliyeti 20 000 \$ olarak öngörülmüştür.

FV panel konstrüksiyon, kabin, topraklama sistemi, Trafo, Hücre, Pano montajının ve OG bağlantı montajının bulunduğu montaj kalemi için 100 000 \$ maliyet öngörülmüştür.

Elemanların Güneş Enerji Santralının kurulacağı araziye taşınması ve saha içinde hareketi nakliye kaleminde hesaplanmıştır. Nakliye için 3 000 \$ maliyet öngörülmüştür.

Güneş enerji santralının güvenliği için kamera sisteminin kurulması, çit sistemi yapılması gibi güvenlik sistemleri gereklidir. Güvenlik harcamalarına 18 000 \$'lık maliyet öngörülmüştür.

Güneş enerji santrali kurulum aşamasında vergi, sigorta, evrak, harç vb. bürokratik işlemlerin bulunduğu maliyeler diğer maliyetler kaleminde ele alınmıştır. Bu maliyet 4 000 \$ seviyesinde öngörülmüştür.

Fizibilite aşamasında hesaplanan giderlerin dışında mutlaka öngörülemeyen, hasarlanamayan, gözden kaçırılan giderler karşımıza çıkacaktır. Öngörülemeyen giderler olarak 15 000 \$'lık bir maliyet hesaplanmıştır.

Çizelge 3.3 Türkiye için modellenen enerji sisteminin işletme maliyeti kalemleri

İŞLETME MALİYETİ					
İhtiyaç	Bilgi	Miktar	Birim	Birim Fiyat (\$)	Toplam Maliyet (\$)
Bakım	Yedek parça harcamaları, Servis ve Bakım harcamaları	1	Set	4 000	4 000
Personel	Güvenlik personeli, Teknik personel	6	Adet	4 000	24 000
Öngörülemeyen İşletme Giderleri	Öngörülemeyen giderler	1	Set	3 000	3 000
TOPLAM					31 000 \$

Güneş Enerji Santrallerinin verimli bir şekilde işletmeye devam edebilmesi için periyodik bakımlar çok önemlidir. Bakım; güneş enerjisi santralının kontrolleri, periyodik bakımları, arızalara müdahale, panel temizliği, performans ölçümleri, yedek parça yönetimi gibi kalemlerden oluşmaktadır. Bakım masrafı olarak yıllık 4 000 \$'lık bir maliyet öngörülmüştür.

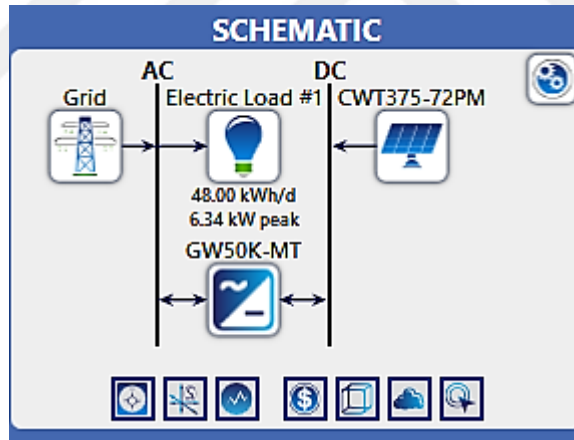
Güneş Enerji Santrallerinin işletilmesi için teknik personele, güvenliğini sağlamak için güvenlik personeline ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun için 24 saat esasına göre çalışan 4 güvenlik personeli, sürekli çalışan 1 teknik personel ve kontroller için kısmi zamanlı olarak çalışan 1 teknik personel öngörülmüştür. Personel gideri olarak yıllık 24 000 \$'lık bir maliyet öngörülmüştür.

Öngörülemeyen giderler için ise yıllık 3 000 \$ 'lık bir maliyet ayrılmıştır.

3.5 Ekonomik Modelleme

HOMER ile FV paneller, rüzgâr türbinleri, hidroelektrik santral, biyokütle santrali, hidrokinetik santral gibi birçok sistemi yalnız veya hibrit olarak modelleme gerçekleştirilebilir. Ayrıca HOMER programı enerji sistemleri için birden fazla özellik ve büyüklük tanımlanarak modelleyebilmektedir.

Bu çalışmada sadece FV panellerin bulunduğu güneş enerji sistemi modellemesi yapılacaktır. Güneş enerji santrali şebeke bağlantılı (On-Grid) olarak işletmesi yapılacaktır.

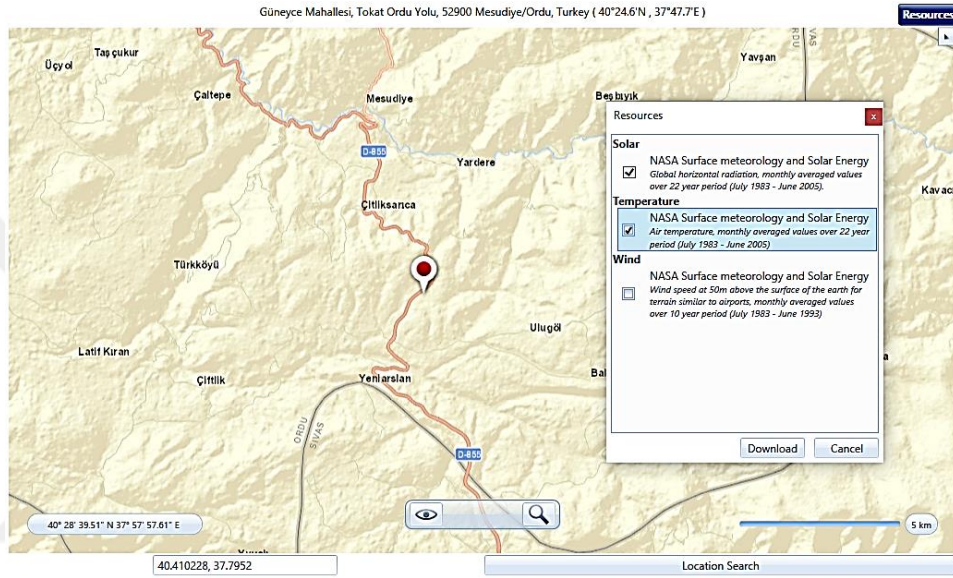


Şekil 3.11 Türkiye’de modellenen enerji sisteminin HOMER şematik gösterimi
Çalışmamızın şematik gösterimi Şekil 3.11’deki gibidir. Güneş enerji santrali; FV panel, İnvörtör, Şebeke ve Yük bileşenlerinden oluşmaktadır.

3.5.1 Güneş Sisteminin Modelleneyeceği Konum

Güneş enerji sistemi hesaplamaları için güneş enerji sistemi kurulacak arazinin güneş radyasyon verileri, bulutlu gün sayısı, sıcaklık gibi verilerin bilinmesi gerekmektedir. Bu verilere göre güneş panelinin üretebileceği elektrik enerjisi miktarı değişmektedir.

HOMER güneş, sıcaklık ve rüzgar verilerini NASA'nın Surface Meteorology and Solar Energy veri tabanından internet üzerinden otomatik olarak alabilmektedir. Bu özelliğiyle tasarımcıya büyük kolaylık sağlamaktadır. Ayrıca HOMER tüm bu verileri elle girmemize olanak sağlamaktadır. Elle girme özelliği arazinin güneş ölçüm aşamasında elde edilen verilerin sisteme girilerek kullanılmasını sağlamaktadır. Arazinin HOMER'deki güneş ve sıcaklık verilerini alma ekranı Şekil 3.12'de gösterilmiştir.

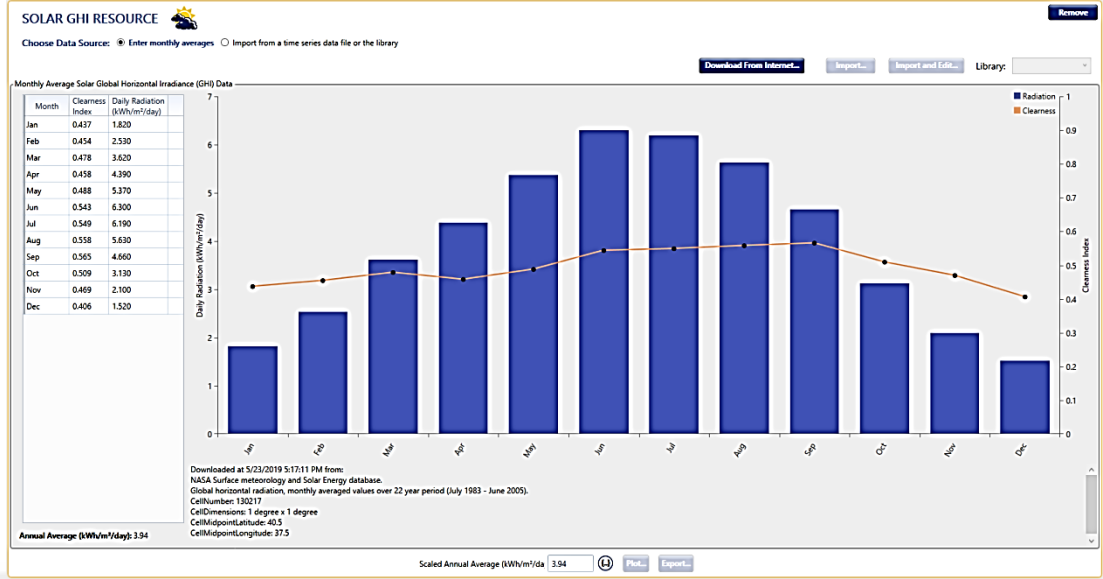


Şekil 3.12 Türkiye için seçilen konumun HOMER güneş verilerini çekme arayüzü

3.5.1.1 Güneş Verisi

Güneş enerjisi için seçilen Güneyce Mahallesi 124 Ada 50 Parsel Mesudiye/ORDU arazisinin güneş verileri, "40.410228, 37.7952" enlem ve boylam koordinatları girilerek NASA Surface Meteorology and Solar Energy veri tabanından çekilmiştir.

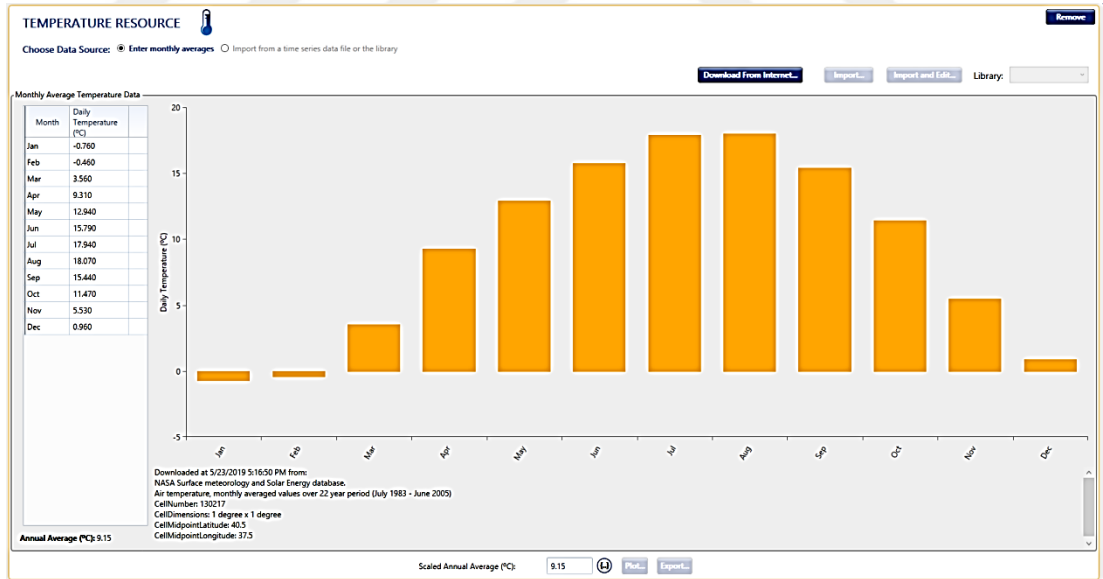
Güneş verileri Şekil 3.13'deki gibi oluşmuştur. Güneş verisi incelendiğinde aylık olarak güneş radyasyon verisinin ve hava açıklık indeksinin ortalamaları gösterilmektedir. Açıklık indeksine ve güneş radyasyon verisine göre oluşan günlük m²'de üretilen elektrik enerjisi ortalaması 3.94 kWh/m² değerinde olmaktadır.



Şekil 3.13 Türkiye için seçilen konumun güneş verisi

3.5.1.2 Sıcaklık

NASA Surface Meteorology and Solar Energy veri tabanından alınan sıcaklık verileri Şekil 3.14'deki gibidir. Sıcaklık incelendiğinde aylık olarak sıcaklık verisinin ortalamaları gösterilmektedir. Yıllık sıcaklık ortalaması 9.15 °C değerindedir.



Şekil 3.14 Türkiye için seçilen konumun sıcaklık verisi

3.5.2 FV Panel Modellemesi

FV panelin verim, azaltma faktörü, kristal yapısı, çalışma sıcaklığı, fiziksel yapısı vb. özellikleri ile güneş takip sistemi gibi teknolojilerin kullanılıp kullanılmaması gibi hesaplamayı etkileyen parametreler vardır.

HOMER birçok FV panel markasının birçok modelini teknik özellikleri ve maliyetiyle beraber kütüphanesinde barındırmaktadır. Aynı zamanda HOMER, kütüphanesinde bulunmayan FV panelleri teknik özelliklerini ve maliyetini girerek kütüphaneye eklemeye olanak sağlamaktadır.

Güneş enerji sistemi için seçtiğimiz CW Enerji markasının CWT375-72PM modeli HOMER kütüphanesine teknik özellikleri ve maliyeti girilerek eklenmiştir. Panel ömrü, azaltma faktörü, sıcaklıkla güç değişimi, nominal çalışma sıcaklığı, panel verimi, panel kapasitesinden oluşan teknik özellikleri ve maliyet verisi girilerek ekleme gerçekleşmiştir.

The screenshot displays the HOMER software interface for configuring a PV panel. The panel is named 'CWT Perc Monokristal 72P' with an abbreviation of 'CWT37'. The interface is divided into several sections:

- Properties:** Name: CWT Perc Monokristal 72PM, Abbreviation: CWT375-72PM, Panel Type: Flat plate, Rated Capacity (kW): 1000, Temperature Coefficient: -0.44, Operating Temperature (°C): 25, Efficiency (%): 19.32, Manufacturer: CW Enerji, www.cw-enerji.com.
- PV:** Capacity (kW): 375, Capital (\$): 160.00, Replacement (\$): 160.00, O&M (\$/year): 0.00, Lifetime (time in years): 25.00.
- Capacity Optimization:** HOMER Optimizer™, Search Space, kW: 750.
- Site Specific Input:** Derating Factor (%): 80.00.
- Electrical Bus:** AC, DC.
- MPPT:** Advanced Input, Temperature.
- Ground Reflectance (%):** 20.00.
- Tracking System:** No Tracking.
- Use default slope:** Panel Slope (degrees): 40.41.
- Use default azimuth:** Panel Azimuth (degrees West of South): 0.00.

Şekil 3.15 Türkiye için seçilen FV panelin HOMER modelleme ekranı

Güneş enerji sistemlerinde yaygın olarak kullanılan ve hala geliştirilmekte olan güneş takip sistemi seçeneği de HOMER'in içerisinde sunulmaktadır. HOMER tasarımcıya yatay eksen, dikey eksen ve iki yönlü güneş takip sistemi seçeneği sunmaktadır.

HOMER aynı zamanda sabit FV paneller için panel eğimini arazinin konumuna göre en uygun açığı otomatik olarak belirleyebildiği gibi elle girme seçeneğini de tasarımcıya sunmaktadır.

Modellemede güneş enerji sistemi için sabit FV panel kullanılacak ve eğimi otomatik olarak hesaplanan değer alınacaktır. HOMER konuma göre en uygun açığı 40.41° hesaplamıştır.

FV panel modellemesi Şekil 3.15’de gösterilmiştir. FV panel gücü seçenekleri belirlemede 750 kW’lık santral gücü alınarak tek seçenek olarak modelleme yapılacaktır. FV panel maliyeti de HOMER FV Panel bileşenine işlenmiştir (Şekil 3.15).

3.5.3 İnvörtör Modellemesi

Güneş enerji sisteminde FV panelde olduğu gibi kullanılan invörtörün teknik özellikleri modelleme hesaplamalarını etkilemektedir. İnvörtör verimi ve ömrü modellemede hesaba katılması gerekir.

HOMER kütüphanesinde birçok markanın birçok modeli mevcut olduğu gibi olmayan marka ve modeller eklenebilmektedir. Güneş enerji sistemi için seçtiğimiz Goodwe GW50K-MT-50kw invörtörün teknik özellikleri ve maliyeti girilerek HOMER kütüphanesine eklenmiştir.

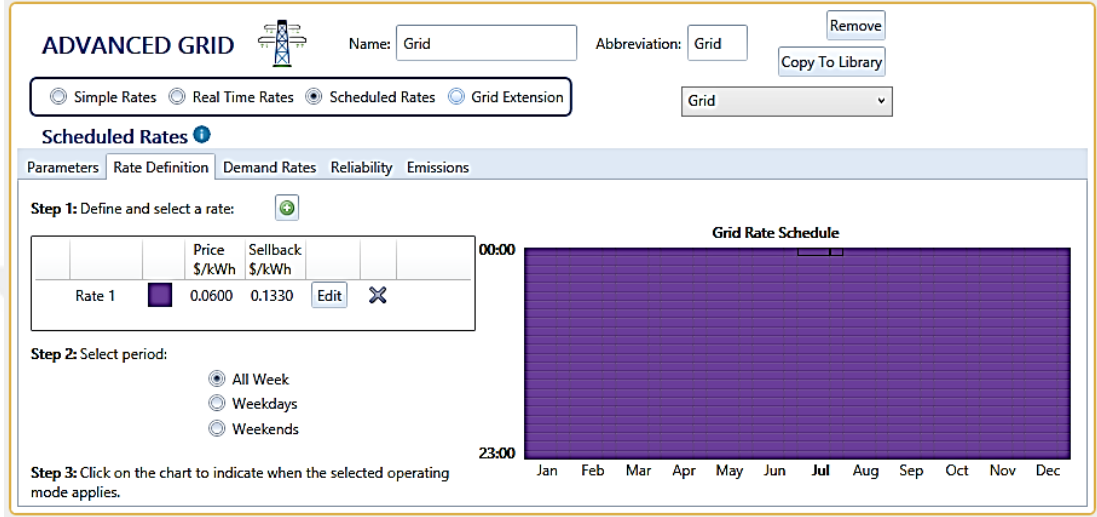
Şekil 3.16 Türkiye için seçilen invörtörün HOMER modelleme ekranı

İnvörtör modellemesi Şekil 3.16’da gösterilmiştir. İnvörtör gücü seçenekleri belirlemede 750kW’lık santral gücü alınarak tek seçenek olarak alınarak modelleme yapılacaktır. İnvörtör maliyeti ’de HOMER invörtör bileşenine işlenmiştir (Şekil 3.16).

3.5.4 Şebeke Modellemesi

Modellenecek güneş enerji sisteminde üretilen elektrik enerjisinin tamamına yakını şebekeye satılacak, sadece çok küçük bir kısmı santral için ayrılacaktır.

Bağlantı yapılacak OG şebekenin trafo gücü yeterli olduğu varsayılarak modelleme Şekil 3.17'deki gibi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.17 Türkiye için şebekenin HOMER modelleme ekranı

Güneş enerji sistemi için seçilen konum OG şebekesine yakınlık anlamında çok büyük avantaja sahiptir. OG şebeke seçilen arazinin yanından geçmektedir. Arazinin bu özelliği enerji taşıma maliyetini ortadan kaldırmaktadır.

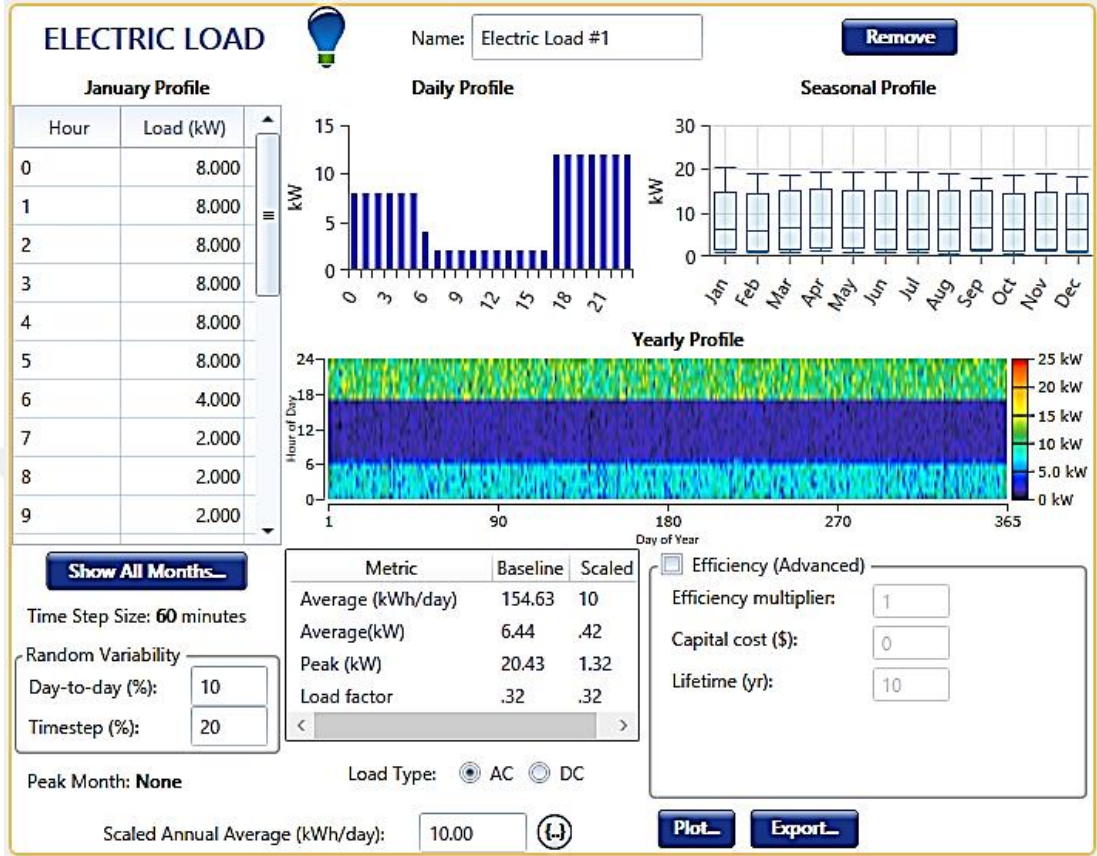
HOMER yazılımı ile şebeke bileşeni ayrıntılı olarak modellenebilmektedir. Satış kapasitesi, bağlantı ve bekleme ücreti, enerji taşıma maliyeti, talep seviyesi, emisyon değerleri gibi birçok parametre tanımlanarak modellenebilmektedir.

Türkiye’de teşvikler hariç olmak üzere devlet enerji alım fiyatı 10 yıl süreyle 13.3 \$/Cent seviyesindedir. HOMER’de enerji satış olarak 13.3 \$/Cent, Enerji alım 0.6 \$/Cent şebeke talep gücü sınırsız, enerji taşıma maliyeti sıfır değerleri girilerek modellemeye eklenmiştir (Şekil 3.17).

3.5.5 Yük Modellemesi

Bir güneş enerji santralinde idari bina, güvenlik sistemleri, ışıklandırma gibi sistemler için elektrik enerjisine ihtiyacı vardır. Bu ihtiyaçlar gündüz santral enerji üretiyorken santralden karşılanacak, gece ise çift yönlü sayaç üzerinden şebekeden karşılanacaktır.

Güneş enerji sisteminde santral için gerekli enerji ihtiyacı HOMER’de Yük Bileşeni ile tanımlanmıştır. Tanımlanan yük profili Şekil 3.18’deki gibi öngörülmüştür.



Şekil 3.18 Türkiye için planlan sistem yükü HOMER modelleme ekranı

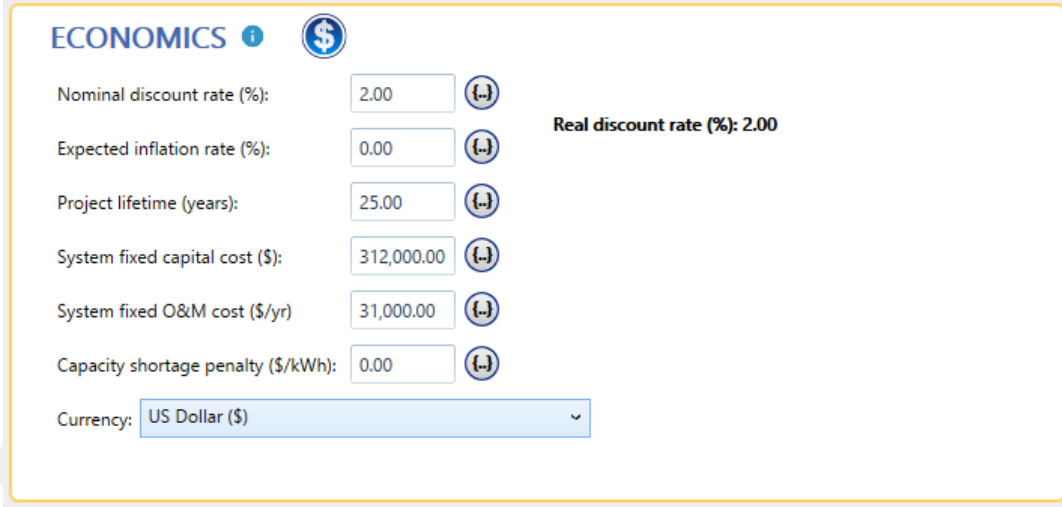
3.5.6 Diğer Parametrelerin Modellenmesi

Güneş enerji sistemindeki kurulumu için diğer kalan maliyetler ve işletme maliyetleri HOMER’in Ekonomik (Economic) bileşen penceresinde bulunan sistem sabit sermaye maliyeti (system fixed capital cost) ve sistem sabit işletme maliyeti (system fixed o&m cost) değerleri ile tanımlanmıştır. Kurulumu için diğer kalan maliyetler sistem sabit sermaye maliyeti olarak ve işletme maliyetleri ise sistem sabit işletme maliyeti (system fixed o&m cost) olarak HOMER’e işlenmiştir (Şekil 3.19).

3.5.7 Ülke Ekonominin Modellenmesi

HOMER analiz yaparken proje ömrü boyunca tüm fiyatlamanın aynı oranda artış gösterdiğini varsaydığı için, sistemdeki bütün nakit akışlarını net bugünkü maliyete (bugüne iskonto) göre hesaplar. Bu hesaplamayı da Ekonomik (Economics) bileşeninde istenen Nominal faiz oranı (Nominal discount rate), Enflasyon oranı (Expected inflation rate) ve proje ömrü (project lifetime) verilerine göre yapar.

HOMER Nominal faiz oranı ve Enflasyon oranı verisine göre reel faiz oranını hesaplayarak gelecekteki nakit akışlarını bugüne iskonto eder.



The screenshot shows the 'ECONOMICS' section of the HOMER model interface. It features a currency selector set to 'US Dollar (\$)'. The input fields are as follows:

Parameter	Value
Nominal discount rate (%)	2.00
Expected inflation rate (%)	0.00
Project lifetime (years)	25.00
System fixed capital cost (\$)	312,000.00
System fixed O&M cost (\$/yr)	31,000.00
Capacity shortage penalty (\$/kWh)	0.00

The 'Real discount rate (%)' is calculated as 2.00.

Şekil 3.19 Türkiye ekonomisi HOMER modelleme ekranı

Hesaplamalar ve enerji satış bedeli dolar cinsinden hesaplandığı için, bu hesaplamada reel faiz oranı Türkiye'deki ortalama dolar hesabının faiz oranına göre belirlenmiştir. Yıllık reel faiz değeri % 2, proje ömrü ise 25 yıl olarak belirlenmiştir. Bu veriler HOMER ekonomi bileşenine işlenmiştir (Şekil 3.19).

3.6 Almanya'da Planlanan Güneş Enerji Sisteminin HOMER ile Modellenmesi

Almanya için seçilen konumda güneş enerji sistemi modellemesi Türkiye için uygulanan modelleme adımları ile aynı olacak şekilde uygulanacaktır.

3.6.1 Gerekli Ekipman ve Malzemeler

Türkiye'de eleman seçiminde dikkat edilen hususlar aynı şekilde Almanya için ekipman seçerken de dikkate alınmıştır. Teknik özellikler, sertifikalar, teknik destek ve servis ağının yanı sıra Almanya'da en fazla kullanılan firmalar araştırılarak seçim yapılmıştır.

3.6.1.2 FV Panel

FV panel olarak teknik destek ve servis ağı geniş, Avrupa'da gelişmeye devam eden markalardan biri olan Axitec markasının Axipremium HC AC-310MH/120S modeli FV panel seçilmiştir.

AXIpremium HC 310 - 325 Wp

Elektrik verileri (standart test koşulları (STC) altında, 25°C hücre sıcaklığında AM 1,5 aralığıyla 1000 Watt/m² ışıkta)

Tip	Nominal güç P _{mpp}	Nominal gerilim U _{mpp}	Nominal akım I _{mpp}	Kısa devre akımı I _{sc}	Açık devre gerilimi U _{oc}	Modül etki seviyesi
AC-310MH/120S	310 Wp	32,74 V	9,47 A	9,96 A	40,01 V	18,66 %
AC-315MH/120S	315 Wp	32,97 V	9,56 A	10,03 A	40,13 V	18,96 %
AC-320MH/120S	320 Wp	33,21 V	9,64 A	10,11 A	40,25 V	19,26 %
AC-325MH/120S	325 Wp	33,45 V	9,73 A	10,18 A	40,37 V	19,56 %

Yapı

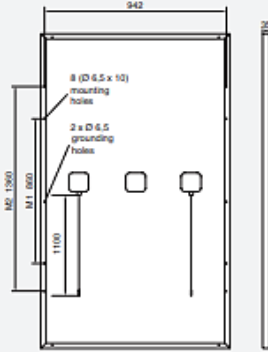
Ön yüzü	3,2 mm kalınlığında, sertleştirilmiş, yansız beyaz cam
Hücreler	tek kristalli yüksek performanslı 120 hücre 156,75 mm x 78,38 mm
Arka yüzü	Kompozit folyo
Çerçeve	35 mm kalınlığında gümüş alüminyum çerçeve

Mekanik verileri

U x G x Y	1675 x 992 x 35 mm
Ağırlık	Çerçeveyle birlikte 18,5 kg

Bağlantı

Bağlantı kutusu	IP68 koruma sınıfı
Kablo	Yaklaşık 1,1 m, 4 mm ²
Elektrik bağlantı sistemi	IP68 fiş/priz



Bütün ölçüler mm cinsindedir

Sınır değerler

Sistem gerilimi	1000 VDC
NOCT (nominal işletim hücre sıcaklığı)*	45°C +/-2K
Maksimum yük mukavemet kapasitesi	5400 Nm ²
Geriyeye doğru enerjileme IR	20,0 A
Sıcaklık çalışma aralığı	-40°C 'den +85°C 'ye kadar

*NOCT, ışık gücü 800 W/m²; AM 1,5;
Rüzgâr hızı 1 m/saniye; sıcaklık 20°C

-40°C ile +85°C sıcaklık aralığına ve 0-85 % bağı nem oranına göre tasarlanmıştır.

Sıcaklık katsayıları

Gerilim U _{oc}	-0,29 %/K
Akım I _{sc}	0,04 %/K
Güç P _{mpp}	-0,39 %/K

Zayıf ışık (Örnek AC-310MH/120S)

I-U karakteristiği	cinsinden akım	cinsinden gerilim/voltaj
200 W/m ²	1,90 A	32,15 V
400 W/m ²	3,81 A	32,39 V
600 W/m ²	5,68 A	32,50 V
800 W/m ²	7,57 A	32,68 V
1000 W/m ²	9,47 A	32,74 V

Paketleme

Palet	30 adet
HC-Container toplam Solar Modül sayısı	780 adet

Şekil 3.20 Almanya için seçilen FV panelin özellikleri

Seçilen FV panelin özellikleri Şekil 3.20'de gösterilmiştir. FV panel hakkında detaylı teknik özellikler ve sahip olduğu sertifikalar Ek 3'de sunulmuştur.

3.6.1.3 İntertör

İntertör seçimi yaparken FV panelde olduğu gibi sahip olduğu sertifikalar, teknik özellikleri, yaygın kullanımı, teknik destek ve servis ağı faktörleri ön plana alınarak seçim yapılmıştır.

Teknik destek ve servis ağı geniş, pazar lideri firmalardan biri olan SMA marka inverter seçilmiştir.

Çizelge 3.4 Almanya için seçilen invertör özellikleri

SMA Sunny Tripower 60	
DC Giriş Değerleri	
Maksimum Solar Panel Giriş Gücü:	90 000 W
Maksimum Giriş Voltajı	1000 V
Maksimum Giriş DC Amper	110 ve 150
MPPT Sayısı	4
Boştaki Tüketim	10 W
MPPT Voltaj aralığı	570-800 / 685-800
AC Çıkış Değerleri:-Nominal	60 000 W
Maksimum Güç	60 000 W
Maksimum Amper	87A/72A
Çıkış Voltajı	400 V/480 V AC
Maksimum Verimlilik	% 98.8
Koruma Sınıfı	IP65

Seçilen invertörün özellikleri Çizelge 3.4’de gösterilmiştir. İntertör hakkında detaylı teknik özellikler Ek 4’de sunulmuştur.

3.6.1.4 Diğer Ekipmanlar ve Malzemeler

Gerekli diğer malzemeler Çizelge 3.5’de gösterilmektedir.

3.6.2 Maliyet Hesaplamaları

Almanya için maliyet araştırmasında Türkiye için belirlenen maliyetlere eşdeğer elemanlar seçilmiştir. Kurulum maliyetinde en büyük paya sahip FV panel ve İntertör seçiminde Alman üretimi elemanlar seçilmiş ve maliyetler Almanya şartlarına göre öngörölmüştür. Diğer kalan maliyetler ise aynı seviyede tutulmuştur. Almanya için öngörölen yatırım maliyeti ve işletme maliyeti Çizelge 3.5’de ve Çizelge 3.6’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.5 Almanya için modellenen enerji sisteminin yatırım maliyeti kalemleri

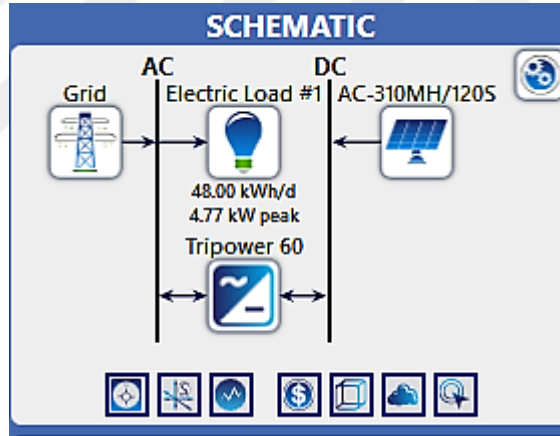
YATIRIM MALİYETİ					
İhtiyaç	Bilgi	Miktar	Birim	Birim Fiyat (\$)	Toplam Maliyet (\$)
Güneş paneli	Axitec Axipremium HC AC-310MH/120S	2420	Adet	110	266 200
İnvertör	SMA Sunny Tripower 60-60kW	13	Adet	4 500	58 500
Arazi	Kiralama Bedeli	25	Yıl	180	4 500
FV Panel Konstrüksiyon Elemanları	Altyapı masrafları (Menhol, Profil Boru vb.) Alüminyum profil ve bağlantı elemanları	1	Set	55 000	55 000
Kablo Grupları	Solar Kablolar N2XY, NYY, XLPE vb. kablolar Zayıf akım kabloları	1	Set	45 000	45 000
Şebeke Bağlantı Elemanları	Trafo seti Orta Gerilim Hücre ve Ekipmanları Orta Gerilim Direkleri ve Ekipmanları	1	Set	40 000	40 000
Bağlantı Ekipmanları	Koruma sigortaları, Topraklama ekipmanları, Solar konnektör, Diğer malzemeler	1	Set	7 500	7 500
Panolar	İnvertör Toplama Panosu OG Ana Pano	1	Set	20 000	20 000
Montaj	Konstrüksiyon sistemi montajı Kabin montajı ve OG bağlantıları Topraklama sistemi montajı Trafo, Hücre, Pano montajı	1	Set	100 000	100 000
Nakliye	Elemanların sahaya nakliyesi Ekipmanların saha içinde yerleştirilmesi.	1	Set	3 000	3 000
Güvenlik Ekipmanları	Kamera Sistemi, Çit sistemi	1	Set	18 000	18 000
Diğer	Vergi ve Sigorta işlemleri Evrak, harç vb işlemler	1	Set	4 000	4 000
Beklenmeyen Giderler	Öngörülemeyen giderler	1	Set	15 000	15 000
TOPLAM					636 700 \$

Çizelge 3.6 Almanya için modellenen enerji sisteminin işletme maliyeti kalemleri

İŞLETME MALİYETİ					
İhtiyaç	Bilgi	Miktar	Birim	Birim Fiyat (\$)	Toplam Maliyet (\$)
Bakım	Yedek parça harcamaları, Servis ve Bakım harcamaları	1	Set	4 000	4 000
Personel	Güvenlik personeli, Teknik personel	4	Adet	6 000	24 000
Öngörülemeyen İşletme Giderleri	Öngörülemeyen giderler	1	Set	3 000	3 000
				TOPLAM	31 000 \$

3.7 Ekonomik Modelleme

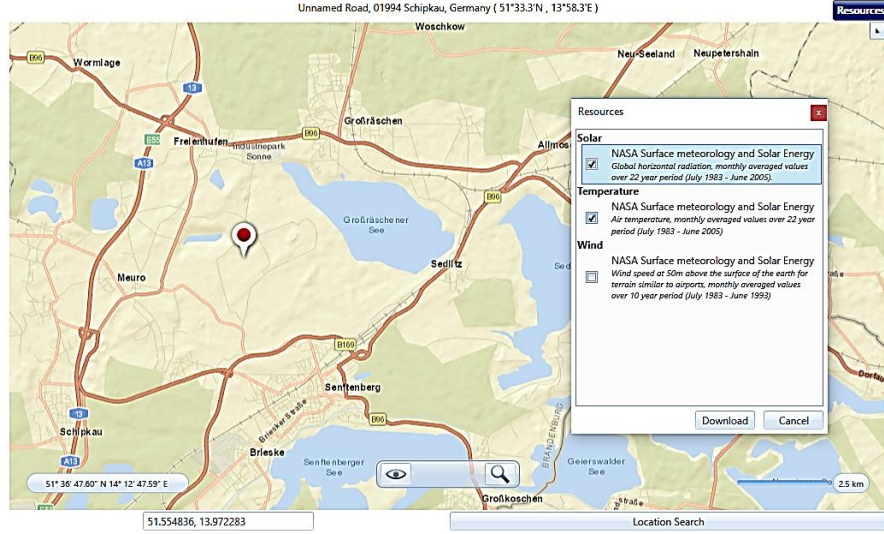
Almanya için modellenecek güneş enerji sistemi modellemesinin şematik gösterimi Şekil 3.21'deki gibidir. Güneş enerji santrali; FV panel, İnvertör, Şebeke ve Yük bileşenlerinden oluşmaktadır.



Şekil 3.21 Almanya için modellenen enerji sisteminin HOMER şematik gösterimi

3.7.1 Güneş Enerji Sisteminin Modelleneyeceği Konum

HOMER’le Türkiye için yapılan modellemede olduğu gibi güneş ve sıcaklık verilerini Almanya için seçtiğimiz konumun enlem ve boylam değerleri girilerek NASA’nın Surface Meteorology and Solar Energy veri tabanından internet üzerinden otomatik olarak alınacaktır. Yaptığımız bu işlemin HOMER bileşeni görüntüsü Şekil 3.22’de gösterilmiştir.

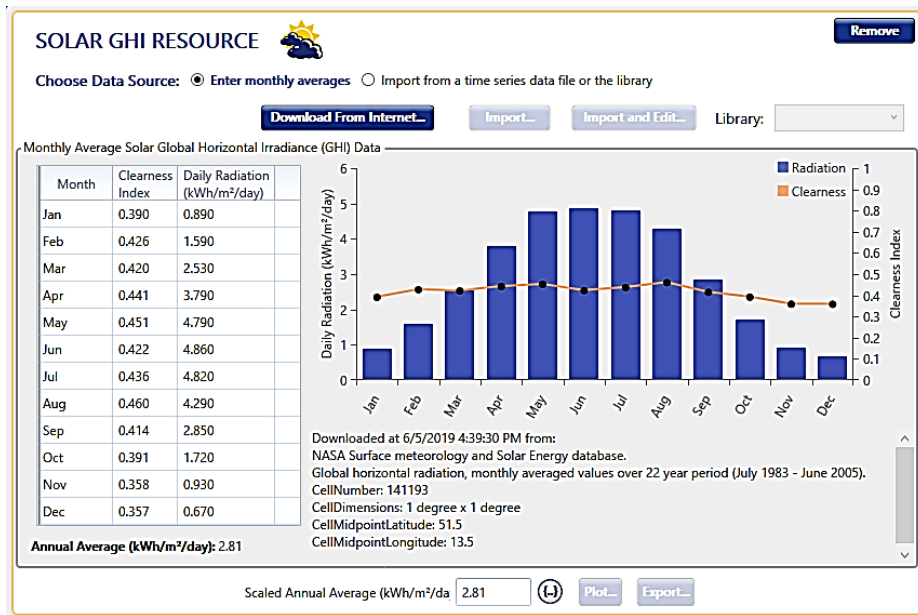


Şekil 3.22 Almanya’da seçilen konumun HOMER güneş verilerini çekme ara yüzü

3.7.1.1 Güneş Verisi

Güneş enerjisi için seçilen arazisinin güneş verileri, “51.554836, 13.972283” enlem ve boylam koordinatları girilerek NASA Surface Meteorology and Solar Energy veri tabanından çekilmiştir.

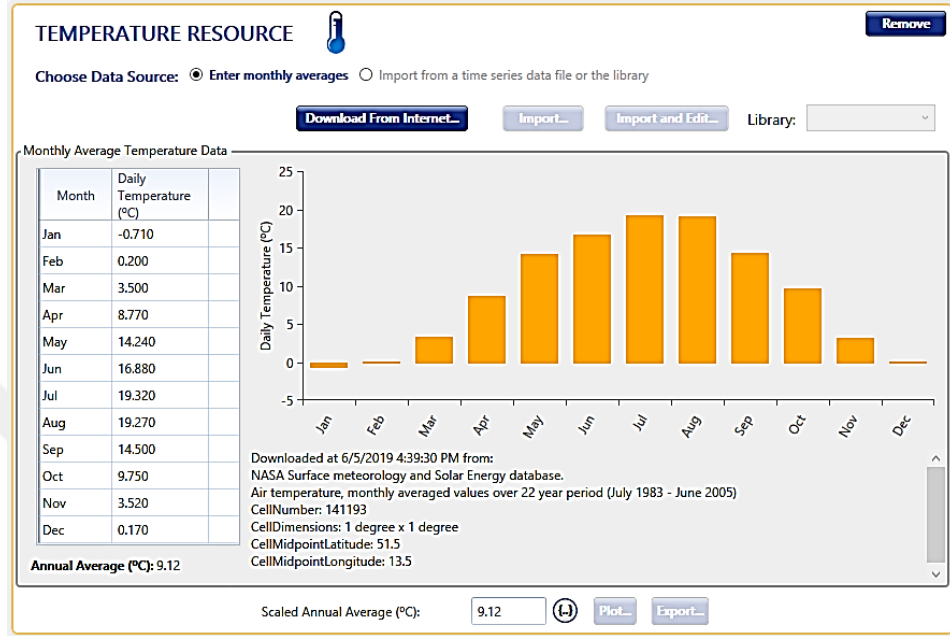
Güneş verileri Şekil 3.23’deki gibi oluşmuştur. Güneş verisi incelendiğinde aylık olarak güneş radyasyon verisinin ve hava açıklık indeksinin ortalamaları gösterilmektedir. Açıklık indeksine ve güneş radyasyon verisine göre oluşan günlük m^2 ’de üretilen elektrik enerjisi ortalaması 2.81 kWh/m^2 değerinde olmaktadır.



Şekil 3.23 Almanya için seçilen konumun güneş verisi

3.7.1.2 Sıcaklık

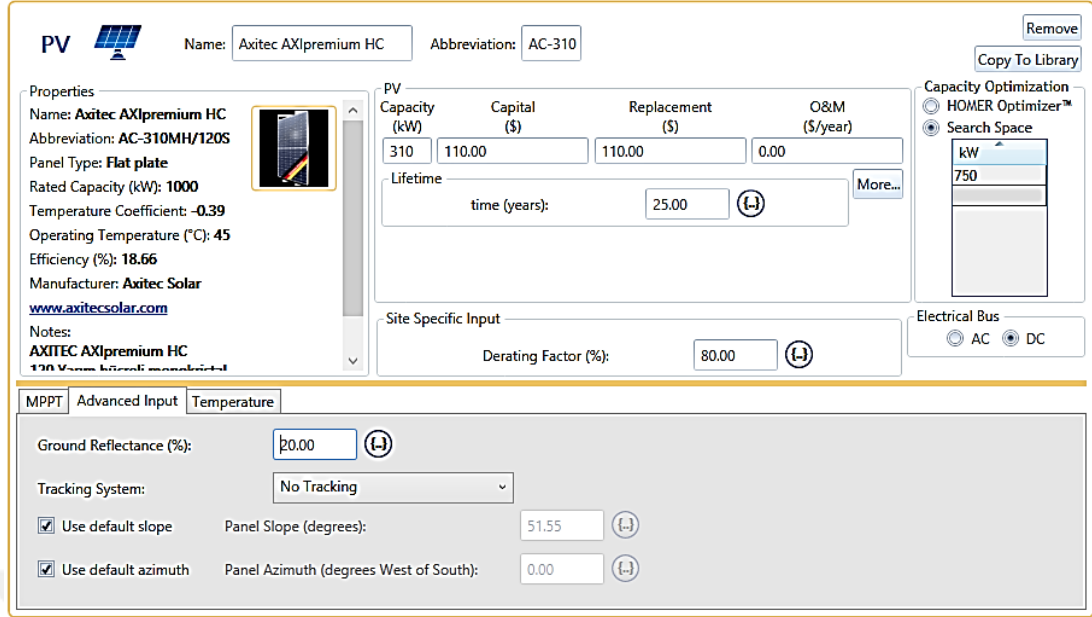
NASA Surface Meteorology and Solar Energy veri tabanından alınan sıcaklık verileri Şekil 3.24'deki gibidir. Sıcaklık incelendiğinde aylık olarak sıcaklık verisinin ortalamaları gösterilmektedir. Yıllık sıcaklık ortalaması 9.12 °C değerindedir.



Şekil 3.24 Almanya için seçilen konumun sıcaklık verisi

3.7.2 FV Panel Modellemesi

Güneş enerji sistemi için seçtiğimiz Axitec markasının Axipremium HC AC-310MH/120S modeli HOMER kütüphanesine teknik özellikleri ve maliyeti girilerek eklenmiştir. Panel ömrü, azaltma faktörü, sıcaklıkla güç değişimi, nominal çalışma sıcaklığı, panel verimi, panel kapasitesinden oluşan teknik özellikleri ve maliyet verisi girilerek ekleme gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.25 Almanya için seçilen FV panelin HOMER modelleme ekranı

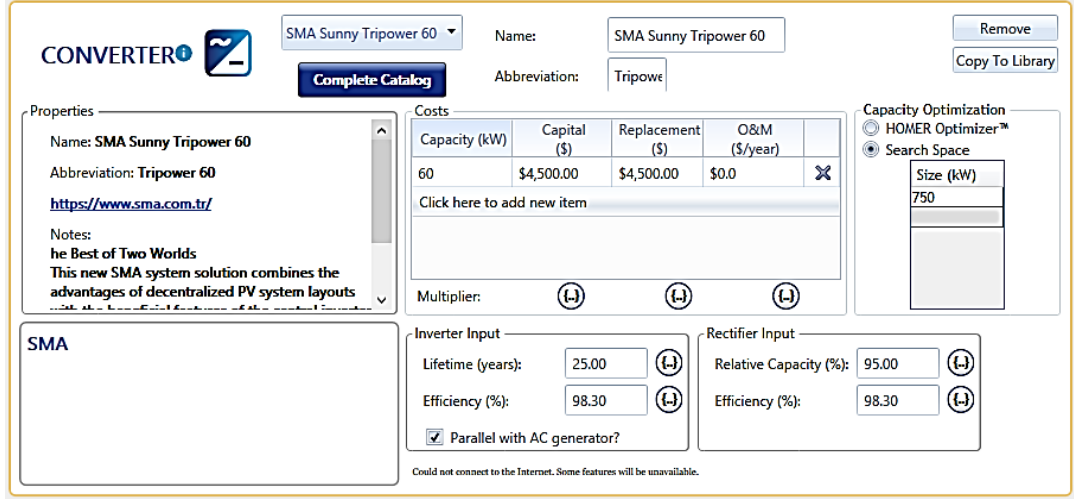
Modellemede güneş enerji sistemi için sabit sabit FV panel kullanılacaktır. Eğim açısını HOMER konuma göre otomatik olarak 51.55° hesaplamıştır.

Türkiye modellemesinde olduğu gibi FV panel gücü seçenekleri belirlemede 750 kW'lık santral gücü alınarak tek seçenek olarak alınarak modelleme yapılacaktır. FV panel maliyeti 'HOMER FV Panel bileşenine işlenmiştir (Şekil 3.25).

3.7.3 İnvörtör Modellemesi

Güneş enerji sistemi için seçtiğimiz SMA Sunny Tripower 60-60 kW invörtörün teknik özellikleri ve maliyeti girilerek HOMER kütüphanesine eklenmiştir.

Türkiye modellemesinde olduğu gibi invörtör güç seçenekleri belirlemede 750 kW'lık santral gücü alınarak tek seçenek olarak modelleme yapılacaktır. İnvörtör maliyeti 'de HOMER invörtör bileşenine işlenmiştir (Şekil 3.26).

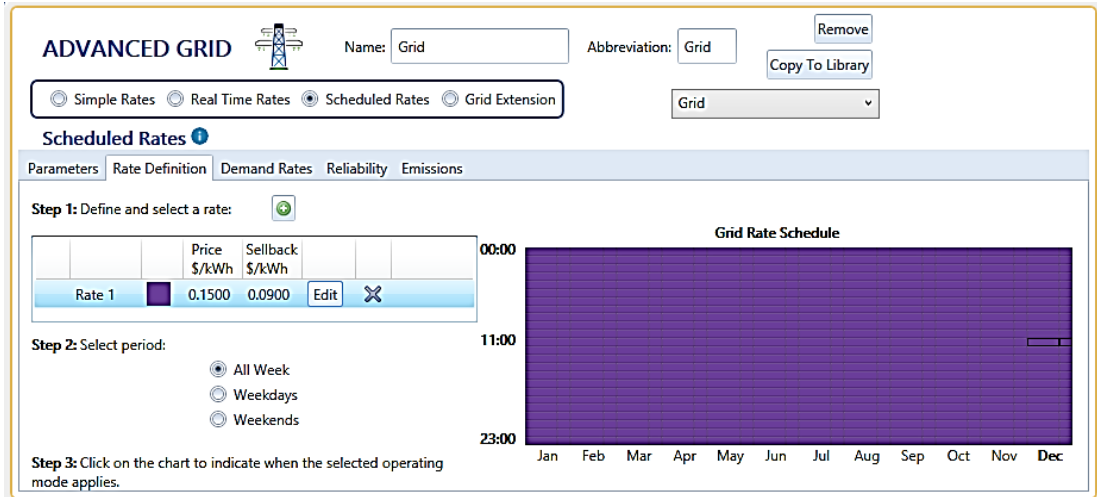


Şekil 3.26 Türkiye için seçilen invertör HOMER modelleme ekranı

3.7.4 Şebeke Modellemesi

Güneş enerji sistemi için seçilen konum, OG şebekesine yakınlık anlamında çok büyük avantaja sahiptir. Seçilen arazi Almanya'nın en büyük güneş enerji santrallerinden biri olan Solarpark Meuro'nun hemen yanındadır. Arazinin bu özelliği enerji taşıma maliyetini ortadan kaldırmaktadır.

Almanya Federal Meclisi (BMWi) tarafından 01.01.2017 tarihinde çıkan ve daha sonra periyodik olarak revize edilen yasaya göre 750 kW'a kadar Açık hava tesisleri, açık alan sistemleri için devlet enerji alım fiyatı 2019 Mayıs için 20 yıl süre ile 7.97 €/cent (9.05 \$/Cent) seviyesindedir.



Şekil 3.27 Almanya için şebekenin HOMER modelleme ekranı

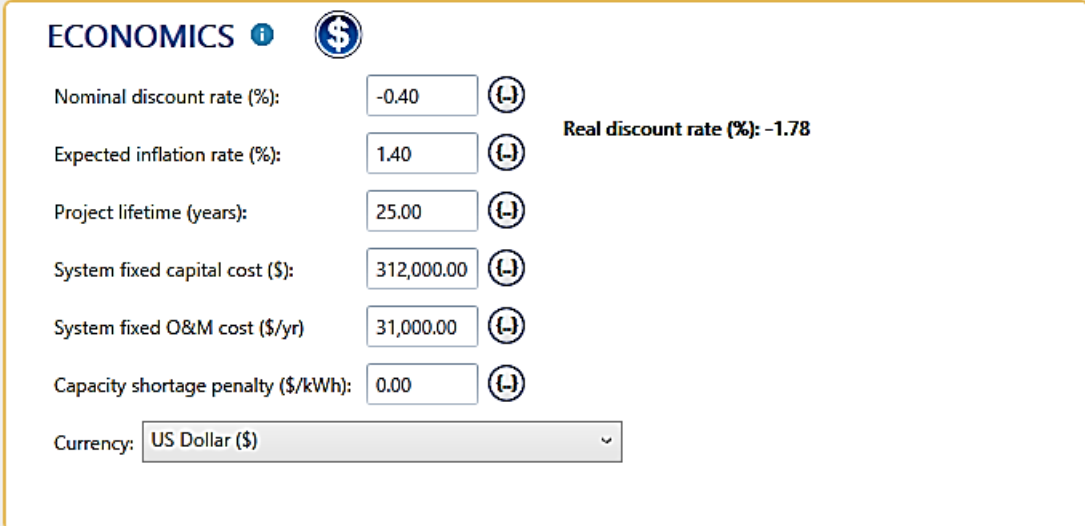
HOMER'e enerji satış fiyatı olarak 9 \$/Cent, enerji alış fiyatı 15 \$/Cent, şebeke talep gücü sınırsız, enerji taşıma maliyeti sıfır değerleri girilerek modellenmeye eklenmiştir (Şekil 3.27).

3.7.5 Yük Modellemesi

Güneş enerji sisteminde santral için gerekli enerji ihtiyacını gösteren yük profili Şekil 3.17'de gösterilen yük profile aynı olduğu öngörülmüştür.

3.7.6 Diğer Parametrelerin Modellenmesi

Kurulumu için diğer kalan maliyetler sistem sabit sermaye maliyeti olarak ve işletme maliyetleri ise sistem sabit işletme maliyeti (system fixed o&m cost) olarak HOMER'e işlenmiştir (Şekil 3.28).



The screenshot shows the 'ECONOMICS' section of the HOMER software interface. It features a title bar with a dollar sign icon and an information icon. Below the title, there are several input fields for economic parameters, each with a numerical value and a minus/plus icon. The 'Real discount rate (%)' is calculated and displayed as -1.78. The 'Currency' is set to 'US Dollar (\$)'. The parameters and their values are:

Parameter	Value
Nominal discount rate (%)	-0.40
Expected inflation rate (%)	1.40
Project lifetime (years)	25.00
System fixed capital cost (\$)	312,000.00
System fixed O&M cost (\$/yr)	31,000.00
Capacity shortage penalty (\$/kWh)	0.00

Şekil 3.28 Almanya ekonomisi HOMER modelleme ekranı

3.7.7 Ülke Ekonominin modellenmesi

Euro bölgesi ülkelerde Avrupa Merkez Bankasının verileri kullanılmaktadır. Avrupa Merkez Bankasının güncel verileri Mayıs 2019 itibariyle politika faizi % 0, mevduat faizi % -0.40 ve marjinal fonlama faizi % 0.25 seviyesindedir (Anonim, 2019c).

Almanya için ekonomi modellemesinde; nominal faiz oranını olarak mevduat faizi olan % -0.40 değeri, enflasyon verisi olarak da Almanya'nın güncel yıllık enflasyon değeri olan % 1,4 değeri girilmiştir (Şekil 3.28). HOMER bu verileri kullanarak reel faizi % -1.78 olarak hesaplamıştır. Proje ömrü ise 25 yıl olarak belirlenmiştir.

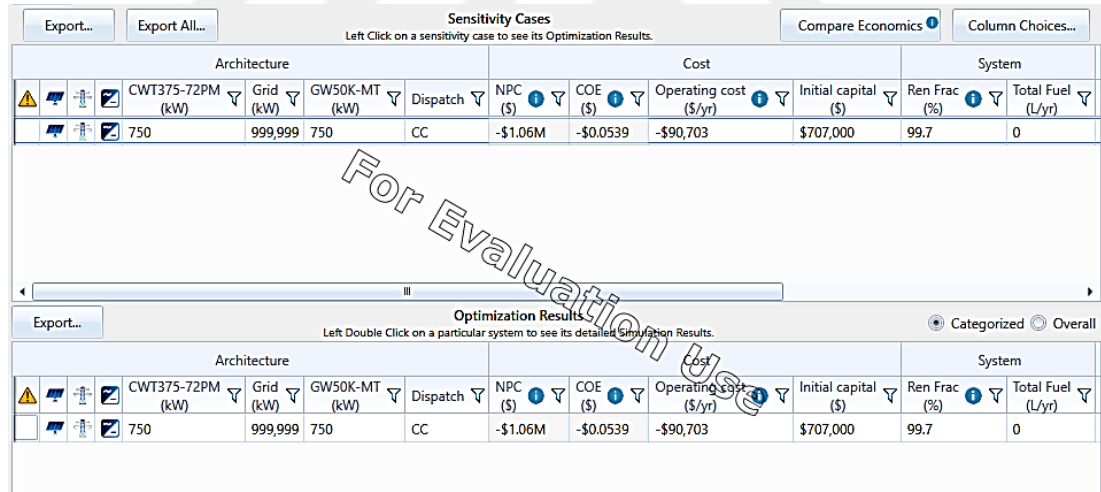
4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1 Modelleme Sonuçları

4.1.1 Optimizasyon ve Hassaslık Sonuçları

HOMER’de güneş enerji sistemini oluşturan elemanların, ekonomik verilerin ve diğer kriterlerin modelleme işlemlerini tamamladıktan sonra hesaplama işlemi gerçekleştirilmiştir. Hesaplama işlemi bittikten sonra karşımıza optimizasyon sonuçları (Optimization Result) ve hassaslık durumu adında iki pencere çıkmaktadır.

HOMER’de birden fazla enerji sistemi belirtmek ve bu enerji bu enerji sistemlerinde kullanılan elemanlara nicelik ve büyüklük olarak birden fazla değer belirlemek mümkündür. Örnek vermek gerekirse belirli bir yük için; güneş, rüzgar ve dalga enerjisinden oluşan bir hibrit sistem modellenecek olsun. Bu enerji kaynaklarının da sağlayabileceği enerjinin büyüklüğü ve kullanılacak elemanlar değişken olsun. Bu farklı enerji büyüklükleri ve farklı markaların farklı özellikte elemanları HOMER’e girilerek tüm kombinasyonlar hesaplanabilmektedir.



The image shows two screenshots from the HOMER software interface. The top screenshot is titled 'Sensitivity Cases' and the bottom one is 'Optimization Results'. Both tables show a single row of data for a specific system configuration.

Architecture				Cost				System		
Architecture	Grid (kW)	GW50K-MT (kW)	Dispatch	NPC (\$)	COE (\$)	Operating cost (\$/yr)	Initial capital (\$)	Ren Frac (%)	Total Fuel (L/yr)	
CWT375-72PM (kW)	750	999,999	750	CC	-\$1.06M	-\$0.0539	-\$90,703	\$707,000	99.7	0

Şekil 4.1 Türkiye için optimizasyon ve hassaslık sonuçları

Optimizasyon işleminde belirlenen yükü karşılayan tüm seçenekleri hesaplar ve Optimizasyon sonuçlarında listeler.

Hassaslık durumunda ise belirlediğimiz değer aralıklarında tüm maliyet, kazanç, kayıp gibi bütün seçeneklerin grafiksel şekilde görerek en uygun seçeneği belirlememize olanak sağlamaktadır.

Sensitivity Cases										
Left Click on a sensitivity case to see its Optimization Results.										
Architecture					Cost				System	
AC-310MH/120S (kW)	AC-310MH/120S-MPPT (kW)	Grid (kW)	Tripower 60 (kW)	Dispatch	NPC (\$)	COE (\$)	Operating cost (\$/yr)	Initial capital (\$)	Ren Frac (%)	Total Fuel (L/yr)
750	100	999,999	750	CC	\$1.15M	\$0.118	\$16,131	\$637,000	99.3	0

Optimization Results										
Left Double Click on a particular system to see its detailed Optimization Results.										
Architecture					Cost				System	
AC-310MH/120S (kW)	AC-310MH/120S-MPPT (kW)	Grid (kW)	Tripower 60 (kW)	Dispatch	NPC (\$)	COE (\$)	Operating cost (\$/yr)	Initial capital (\$)	Ren Frac (%)	Total Fuel (L/yr)
750	100	999,999	750	CC	\$1.15M	\$0.118	\$16,131	\$637,000	99.3	0

Şekil 4.2 Almanya için optimizasyon ve hassaslık sonuçları

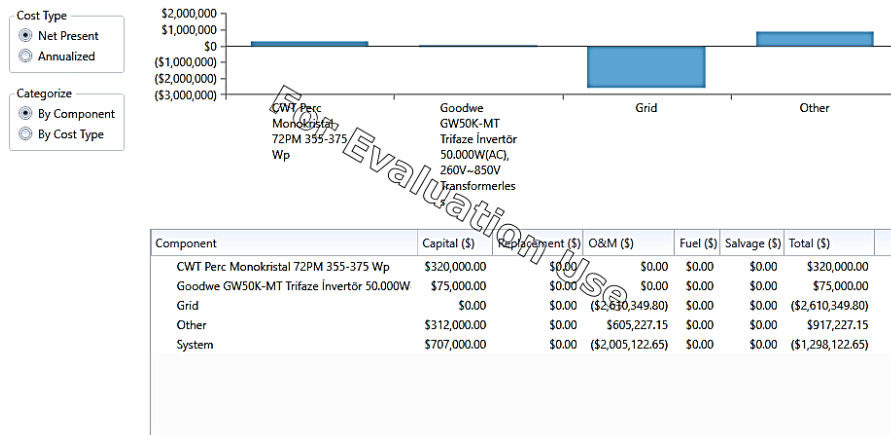
Modellediğimiz enerji sistemi, sadece güneş bileşeninden oluşan ve sabit bir kurulu sahip bir sistem olduğu için HOMER optimizasyon sonucunda tek alternatif olan 750 kW gücünde yalnızca güneş bileşeninden oluşan on-grid bir sistem hesaplanmıştır. Aynı nedenden ötürü hassaslık analizi de yapılmamıştır.

Türkiye için oluşan optimizasyon ve hassaslık sonucu Şekil 4.1’de, Almanya için oluşan optimizasyon ve hassaslık sonucu Şekil 4.2’de verilmiştir.

HOMER optimizasyon sonucunda oluşan seçeneklerin ayrıntılı olarak simülasyon sonuçları adı altında sunmaktadır. Simülasyon sonuçları birçok başlıktan oluşmaktadır. Bu başlıklardaki sonuçlar irdelenecektir.

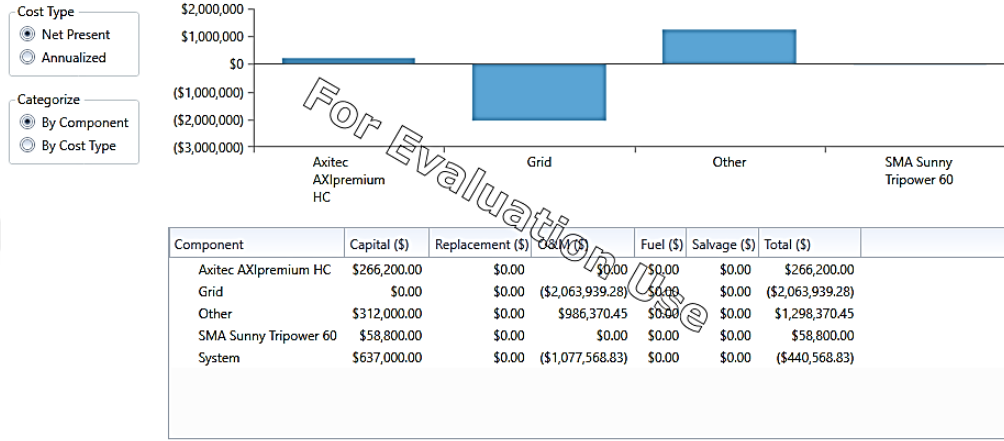
4.1.2 Maliyet Özeti

HOMER’de simülasyon sonuçlarının Maliyet Özeti başlığı altında enerji sisteminin bütün nakit akışının bugüne iskonto edilmiş halini tablo olarak ve grafiksel olarak sunmaktadır. Türkiye için oluşan maliyet özeti Şekil 4.3’de, Almanya için oluşan maliyet özeti Şekil 4.4’de verilmiştir.



Şekil 4.3 Türkiye için oluşan maliyet özeti

Türkiye için gerçekleştirilen modellemenin maliyet özeti incelendiğinde kurulum maliyeti ve işletme maliyetinden oluşan toplam maliyetin net bugünkü değeri 1 312 000 \$ olduğu, şebekeye satılarak elde edilen gelirin 2 610 349 \$ olduğu görülmektedir. Bu durumda elde edilen kazancın net bugünkü değeri 1 298 122 \$ olarak hesaplanmıştır. Yani sistem proje ömrü boyunca getirinin bugünkü değerine indirgenmiş haliyle 1 298 122 \$ kar elde edecektir.



Şekil 4.4 Almanya için oluşan maliyet özeti

Almanya için gerçekleştirilen modellemenin maliyet özeti incelendiğinde kurulum maliyeti ve işletme maliyetinden oluşan toplam maliyetin net bugünkü değeri 1 623 370 \$ olduğu, şebekeye satılarak elde edilen gelirin 2 063 939 \$ olduğu görülmektedir. Bu durumda elde edilen kazancın net bugünkü değeri 440 569 \$ olarak hesaplanmıştır. Yani sistem proje ömrü boyunca getirinin bugünkü değere indirgenmiş haliyle 440 569 \$ kar edecektir.

Elde edilen sonuçlar gösteriyor ki Türkiye’de yapılan modelleme, Almanya’da yapılan modellemeye göre 3 kat daha fazla kar getirmektedir.

4.1.3 Nakit Akışı

HOMER simülasyon sonuçlarının Nakit Akışı başlığı altında proje ömrü boyunca yıllara göre nominal nakit akışını ve iskonto edilmiş nakit akışını grafiksel olarak ve tablo şeklinde tasarımcıya sunmaktadır. Nakit akışıyla enerji sisteminin yıllara göre girdi-çıktıları takip edilerek sistemin yatırım yapılabilirlik seviyesini belirleyen geri ödeme süresi kolayca bulunabilmektedir.

Çizelge 4.1 Türkiye için modellenen enerji sisteminin iskontolu nakit akışı

NAKİT AKIŞI		
Yıl	Net Kazanç (\$)	Yıllık Kazanç(\$)
0	-707 000	0
1	-606 311	100 689
2	-507 596	98 715
3	-410 816	96 780
4	-315 934	94 882
5	-222 912	93 022
6	-131 714	91 198
7	-42 305	89 409
8	45 351	87 656
9	131 288	85 937
10	215 540	84 252
11	298 140	82 600
12	379 121	80 981
13	458 514	79 393
14	536 350	77 836
15	612 660	76 310
16	687 474	74 814
17	760 821	73 347
18	832 730	71 909
19	903 229	70 499
20	972 345	69 116
21	1 040 106	67 761
22	1 106 538	66 432
23	1 171 668	65 130
24	1 235 521	63 853
25	1 298 122	62 601

HOMER sistemin ve sistemdeki ayrı ayrı bütün elemanların yıllık olarak kazanç ve maliyet akışını ayrıntılı olarak sunmaktadır.

Türkiye için yapılan modellemenin nakit akışı iskonto edilmiş haliyle Çizelge 4.1’de detaylı olarak verilen nakit akışı incelendiğinde yatırımın 7. yılın ortalarından itibaren kara geçtiği görülmektedir.

Çizelge 4.2 Almanya için modellenen enerji sisteminin iskontolu nakit akışı

NAKİT AKIŞI		
Yıl	Net Kazanç (\$)	Yıllık Kazanç (\$)
0	-637 000	0
1	-602 522	34 478
2	-567 421	35 101
3	-531 685	35 736
4	-495 303	36 382
5	-458 264	37 039
6	-420 556	37 708
7	-382 166	38 390
8	-343 082	39 084
9	-303 292	39 790
10	-262 783	40 509
11	-221 542	41 241
12	-179 555	41 987
13	-136 810	42 745
14	-93 292	43 518
15	-48 988	44 304
16	-3 883	45 105
17	42 037	45 920
18	88 787	46 750
19	136 382	47 595
20	184 837	48 455
21	234 168	49 331
22	284 390	50 222
23	335 520	51 130
24	387 574	52 054
25	440 569	52 995

Almanya için yapılan modellemenin nakit akışı iskonto edilmiş haliyle Çizelge 4.2’de detaylı olarak verilen nakit akışı incelendiğinde yatırımın 16. yıldan itibaren kara geçtiği görülmektedir.

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde net bugünkü değer verisinde olduğu gibi geri ödeme süresinde de Türkiye ve Almanya arasında Türkiye lehine uçurum olduğu görülmektedir.

Tüm bu elde edilen sonuçların bulunduğu sistem simülasyon raporları Ekte sunulmuştur. Türkiye’nin simülasyon raporu Ek 5’de, Almanya’nın simülasyon raporu Ek 6’da sunulmuştur.

Modelleme sonucuna göre Türkiye’de kurulan bir güneş enerji sistemi, Almanya’da kurulan bir güneş enerji sisteminden proje ömrü boyunca 3 kat daha fazla kazanç sağlamaktadır. Aynı zamanda Almanya’da kurulan bir güneş enerji sisteminin geri ödeme süresi, Türkiye’de kurulan bir güneş enerji sisteminin geri ödeme süresinin 2 katı olmaktadır. Bu işlem Türkiye’de ve Almanya’da farklı konumlarda gerçekleşse de sonucun değişmeyeceği açıktır. Hatta bu aradaki fark daha da artacaktır.

Bu sonuç gösteriyor ki, günümüz şartlarında Türkiye ve Almanya arasında güneş enerji sektöründeki uçurumun sebebini ekonomik nedenler üzerinden açıklamak mümkün değildir. Türkiye ve Almanya arasında ki bu uçurumun altında başka sebepler aramamız gerekmektedir. Bir sonraki bölümde bunun sebepleri araştırılacaktır.

4.2 Modelleme Sonuçları ile Türkiye’nin ve Almanya’nın Güneş Enerjisi Uygulamaları Arasındaki İlişki

Güneş enerjisi sektöründe Türkiye ve Almanya arasında toplam kurulu kapasite ve gelişmişlik seviyesi farkı, Türkiye ve Almanya’da iki ayrı konumda iki güneş enerji sistemi modelleyerek açıklamaya çalışılmıştır. Ancak bu modellemede Türkiye uygulamasının Almanya uygulamasına göre daha ekonomik ve daha fizible olduğu sonucuna varılmıştır. Modelleme de gösterdi ki bu iki ülke arasındaki güneş enerjisi kullanım oranı arasındaki farkı günümüz şartlarında teknik olarak açıklamak mümkün değildir. Bunun için bu iki ülke arasında farkı oluşturabilecek sebepler üzerine durulacaktır.

Bu sebepleri 7 başlıkta inceleyeceğiz.

1. Enerji Alım Fiyatı
2. Enerji Alım Garantisi
3. Enerji Politikası
4. Yasal Düzenlemeler- Teşvikler
5. Finansman Bulma- Ekonomik Gelişmişlik
6. Teknoloji ve Maliyet
7. Diğer nedenler

4.2.1 Enerji Alım Fiyatı

Güneş enerjisi yatırımlarında yatırımcılar için en önemli kriter devletin üretilen elektrik enerjisini belli bir fiyattan alım garantisi vermesidir.

Alım garantisi direkt olarak kazancı etkilediği için güneş enerji yatırımlarında en belirleyici etken olmaktadır. Ülkeler enerji sektöründe yenilenebilir enerjinin payını artırmak adına yasal mevzuatları yürürlüğe sokarak belli şartlara göre alım fiyatı belirlemektedir. Bu fiyat enerji türüne göre farklılık göstermektedir.

Genellikle hükümetler yenilenebilir enerjiye teşvik etmek amacıyla yenilenebilir enerjiden elde edilen enerjinin fiyatını, diğer enerji kaynaklarında elde edilen enerjinin fiyatından daha yüksek belirlemektedir. Bu politika, maliyet olarak diğer enerji sistemlerinden fazla olan yenilenebilir enerji sistemlerinin gelişmesine olanak sağlamaktadır.

Türkiye'nin ve Almanya'nın yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen enerjinin fiyatını yasalarla garanti altına almış olsa da, enerji alım fiyatı politikaları yıllara göre birbirinden çok farklıdır.

Türkiye'nin enerji alım politikasını incelersek, günümüz itibarıyla 5346 sayılı "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun" ile güneş enerjisi alım fiyatını 13.3 \$/Cent olarak belirlemiştir. Bu değer yerli aksam kullanımı ile 5 yıl süre ile 20 \$/Cent seviyelerine çıkmaktadır. Bu değer diğer ülke ortalamalarının epey üzerindedir.

Almanya'da ise EEG 2017'nin 2018 yılındaki düzenlemesi ile güneş enerjisi alım fiyatları düzenlenmiştir. EEG 2017'ye enerji fiyatı göre Haziran 2019 itibarıyla 0-10 kW çatı uygulaması için 11.04 €/cent, 10-100kW çatı uygulaması için 10.74 €/Cent 100-750 kW çatı uygulaması için 8.53 €/Cent ve 100-750 kW açık alan uygulaması için 7.74 €/Cent olarak belirlenmiştir (Anonim, 2019f). 750 kW ve üzeri için ise elektrik alım sözleşmesi yaparak düzenlenecek ihalelerle fiyat belirlenmektedir. 2019 da yapılan son ihalede ortalama teklif 7 €/Cent olarak sonuçlanmıştır (Anonim, 2019a).

Almanya ve Türkiye için oluşan bu fiyatlar Almanya-Türkiye güneş enerjisi gelişmişlik denklemine enerji potansiyelinde olduğu gibi ters orantılı olarak etki etmiş gibi görünse de durum hiç de öyle değildir. Bu fiyatı sadece günümüz

fiyatlandırmaları ile karşılaştırsak yanlış sonuç elde etmiş oluruz. Bunun için Türkiye'nin ve Almanya'nın güneş enerjisinde oluşan fiyat geçmişine bakmak gerekmektedir.

Genel anlamda yenilenebilir enerji politikalarıyla rol model olan Almanya, sabit fiyat garantisi konusunda attığı adımlarla da örnek bir ülkedir. Almanya gelişen teknolojiye ve piyasa koşullarına uygun olarak mevzuatlar çıkararak fiyat belirlemiştir. Bu şekilde yenilenebilir enerji sektörünü sürekli güncel tutmaya çalışmıştır.

Almanya yenilenebilir enerji sektörüne ilk olarak 1979 yılında yönelmiş olsa da 1991 yılında yayımlanan Enerji Temin Yasası ile üretilen enerjinin şebekeye verilmesinin önü açılmıştır. İlk fiyat garantisini de bu yasa ile belirlemiştir. Yasaya göre sabit fiyat garantisi her yıl belirlenen elektrik fiyatının % 90'ı seviyesinde olması kararlaştırılmıştır. 1991 yılında bu değer 8.5 €/cent olarak fiyatlanmıştır (García-Alvarez ve Mariz-Pérez, 2012). 1991-2000 yılları arasında FV panel teknolojisinde maliyetlerin yüksek olmasından dolayı bu fiyat maliyetleri karşılamamış ve yatırım imkânı bulamamıştır (Özkök, 2015).

Gelişen teknoloji ile birlikte yenilenebilir enerji yatırımlarını hızlandırmak amacıyla Almanya'da 2000, 2004 2009, 2014 ve 2017 yıllarında çıkarılan Yenilenebilir Enerji Kaynakları Yasasıyla (EEG) sabit fiyat garantisi sürekli güncellenerek yatırım yapılabilir seviyede tutulmuştur.

2001'den 2019 yılına kadar verilen sabit fiyat garantisi Çizelge 4.3'de verilmiştir (Fulton ve ark., 2012; Anonim, 2014; Özkök, 2015; Anonim, 2019a; Anonim, 2019f; Anonim, 2019g). Almanya tarafında gelişen teknolojiye bağlı olarak kurulum maliyetinin düşüşün hesaba katılarak alım garantisi fiyatı sürekli revize edilmiş ve hala da revize edilmeye devam etmektedir. Bu şekilde hem devlet ekonomisi korunmuş hem de sektör sürekli yatırım yapılabilir konumda tutulmaktadır.

Çizelge 4.3 Almanya'nın yıllara göre fiyat garantisi

ALMANYA 750 kW AÇIK ALAN GÜNEŞ SİSTEMİ İÇİN DEVLET ALIM GARANTİSİ FİYATLARI			
Yıl	€ cent / kWh	\$ cent / kWh	Ortalama €/S Paritesi
2001	50.60	45.56	0.90
2002	48.10	45.70	0.95
2003	45.70	50.27	1.10
2004	45.70	57.12	1.25
2005	43.40	53.80	1.25
2006	40.60	50.50	1.25
2007	37.96	53.14	1.40
2008	35.49	56.23	1.50
2009	31.94	44.71	1.40
2010	28.43 - 26.16	39.8 – 36.62	1.40
2011	22.70	30.64	1.35
2012	18.76 - 13.50	37.40 - 17.55	1.30
2013	11.78 - 9.61	15.90 - 13.00	1.35
2014	9.47 - 9.12	12.80 - 12.30	1.35
2015	9.09 - 8.91	10.00 - 9.80	1.10
2016	8.91	9.80	1.10
2017	8.91 - 8.84	9.80 – 9.72	1.10
2018	8.84 - 8.41	10.16 – 9.67	1.15
2019	8.33 - 7.74	9.50 – 8.82	1.14

Yenilenebilir enerji kullanım seviyesinde olduğu gibi Türkiye fiyat konusunda da Almanya'nın çok gerisinde kalmıştır.

Türkiye'de yenilenebilir enerji sektöründe ilk yasal düzenleme 2001 yılında olmuştur. Ancak bu düzenlemede sabit fiyat garantisinden söz edilmemiştir. Türkiye sabit fiyat garantisini ilk olarak 2005 yılında yayımlanan 5346 sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun” ile belirlenmiştir. Bu kanunla elektrik enerjisi satın alma fiyatı, her yıl EPDK tarafından belirlenen bir önceki yıla ait Türkiye ortalama toptan satış olması kararlaştırılmıştır. Belirlenen bu değer üretilen enerjinin birim maliyetinin çok altında olduğu için güneş enerji yatırımlarında karşılık bulamamıştır (Özkök, 2015).

Çizelge 4.4 Türkiye'nin yıllara göre fiyat garantisi

TÜRKİYE FİYAT GARANTİSİ	
Yıl	Fiyat (\$ cent / kWh)
2006	5.85
2007	7.00
2008	7.00 - 7.70
2009	7.00 - 7.70
2010	7.00 - 7.70
2011	13.30
2012	13.30
2013	13.30
2014	13.30
2015	13.30
2016	13.30
2017	13.30
2018	13.30
2019	13.30

2007 yılında çıkarılan 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu ile fiyat 5,5 €/cent (7 \$/Cent) şeklinde revize edilse de bu fiyat yine yatırım yapılabilirlik seviyesinin çok altında kalmıştır (Özkök, 2015).

2010 yılında 6094 sayılı kanun ile “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun” değişikliği yapılarak yenilenebilir enerji alım fiyatları piyasa şartlarına uygun hale getirilmiştir. Ayrıca yasa yerli aksamlar kullanılarak alım fiyatı 5 yıl süreyle artırabilme imkânı sunmaktadır.

Türkiye'nin 2006'dan 2019'a kadar oluşan devlet alım fiyat garantisi Çizelge 4.4'de gösterilmiştir. Çizelgeden fiyat konusunda Türkiye'nin piyasa şartlarına göre güncelleyemediği görülmektedir.

Türkiye ve Almanya için tüm bu fiyat gelişimi incelendiğinde, Almanya'nın fiyatları piyasa şartlarına göre sürekli güncellediği yatırımcı lehine adımlar attığı, Türkiye'de ise fiyatların piyasanın çok uzağında yatırım yapılabilirlik seviyesinin çok düşük olduğu görülmektedir.

Türkiye'de kur değişimine bağlı olarak fiyat 2014'de itibaren yatırımcıya cazip hale gelmiştir. Buna bağlı olarak Şekil 2.7'de da görüldüğü gibi yatırımlar 2014'den itibaren artış göstermiştir.

Almanya'da ise yatırım trendi ilk yıllardan itibaren aynı istikrarla devam etmektedir.

Ülkelerin uyguladığı bu fiyat politikaları güneş enerji sektöründeki gelişmişlik seviyesini destekleyen güçlü bir parametre olduğu sonucuna varılmıştır.

4.2.2 Enerji Alım Garantisi

Devletin yatırımcıların ürettikleri enerjiyi ne kadar süre ile aynı fiyattan alacağını garanti altına alınması yatımcıyı teşvik eden önemli bir unsurdur. Ülkeler sabit fiyat garantisinde olduğu gibi üretilen elektrik enerjisinin kaç yıl belirlenen fiyattan alınacağını da garanti altına almaktadır.

Özellikle gelişen teknolojiyle birlikte maliyetlerin düşmesi, verimleri artması eski santraller için tehdit teşkil etmemesi adına sabit fiyat garantisi ile beraber alım garantisi süresi de çok önemlidir.

Almanya’da ve Türkiye’de alım garanti süreleri yıllara göre farklılık göstermektedir.

Türkiye için alım garanti sürelerinin değişimine baktığımızda 2005-2007 yılları arasında 7 yıl, 2007’den sonra ise alım 10 yıl olarak devam etmektedir.

Almanya için bu değer en baştan itibaren 20 yıl olarak belirlenmiş ve hala 20 yıl olarak devam etmektedir.

Türkiye’de 2005-2014 yılları arasında düşünüldüğünde, güneş enerji sistemi güneş potansiyeli en yüksek olan yerde bile kendini 10 yılın üzerinde geri ödeyebilirken, alım garantisinin 7 yıl ve 10 yıl olarak belirlenmesi yatırımcı için çok büyük bir risk taşımıştır. Bu risk yatırımcıların sektörden uzak durmasına neden olmuştur. Yatırımcılar için yatırımda önünü görmek esastır.

Almanya’nın yenilenebilir enerjiye yönelmesinden itibaren 20 yıl olarak belirlenmesi; güneş enerji potansiyeli düşük olsa bile yatırımcıların kar edeceğini garanti altına almıştır.

Sabit fiyat garantisinde olduğu gibi alım garantisi de Almanya Türkiye denklemine oluşan bu gelişmişlik farkını destekler niteliktedir.

4.2.3 Enerji Politikası

Ülkeler enerji arz güvenliğini sağlamak adına yenilenebilir enerjiye dayalı politikalar ve hedefler belirlerler. Bu hedefler doğrultusunda gerekli yasal düzenlemeler yaparak yenilenebilir enerji yatırımlarını artırmayı amaçlamaktadırlar.

Bu doğrultuda Türkiye’de ve Almanya’da devlet çeşitli hedefler belirleyerek bu hedefler doğrultusunda adım atmaya çalışmışlardır.

Türkiye 2009 yılında Enerji Piyasası ve Arz Güvenliği Stratejisi Belgesi yayımlayarak yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilecek enerjinin 2023’e kadar % 30 seviyesine çıkarılması planlanmaktadır.

2010 yılında yayımlanan ETKB 2010-2014 Stratejik Planı ile 2023 yılına kadar olan % 30’luk hedef sabit tutulmuştur. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynakları alanında teknolojiyi geliştirme çalışması yapılması amaçlanmıştır.

Yine 2010 yılındaki ÇBS Türkiye İklim değişikliği stratejisi 2010-2020 belgesi ile yine 2023 hedefi sabit kalırken, güneş enerjisinden elektrik üretiminin teşvik edilmesi hedeflenmiştir.

Son olarak 2011’de yayımlanan ÇSB 2011-2023 İklim Değişikliği Eylem Planı ile 2017 yılına kadar yapılan yeni binaların enerji ihtiyacının % 20’sinin YEK’ten karşılanması, Güneş enerjisinde en az maliyetle en fazla fayda esaslı yol haritası hazırlanması, 500 kW’nın altında olan güneş enerji sistemlerine ilave teşvikler sağlanması kararlaştırılmıştır (Ulusoy ve Daştan, 2018).

Türkiye’nin koyduğu bu hedefler ve planlar gerçekleşmemiş ve ileriki yıllarda da durumda gibi gözükmemektedir.

Almanya’da yenilenebilir enerjiye yönelik hedefler ve stratejiler yenilenebilir enerji yasalarıyla belirlenmiştir.

2004 YEK yasası ile yenilenebilir enerji payının 2010 yılına kadar % 12.5; 2020 yılına kadar % 20 olması hedeflenmiştir.

2012 YEK yasası ile yenilenebilir enerji payının 2020 yılına kadar % 35, 2030 yılına kadar % 50, 2040 yılına kadar % 65, 2050 yılına kadar % 80 olması hedeflenmiştir.

2014 YEK yasası ile yenilenebilir enerji payının 2025 yılına kadar % 40-45, 2035 yılına kadar % 55-60, 2050 yılına kadar % 80 olması hedeflenmiştir (Özkök, 2015).

Almanya bu hedefleri doğru ve güncel yasal mevzuatlarla, teşviklerle ve politikalarla destekleyerek hedeflerine adım adım ulaşmaktadır. İşleyiş öyle gösteriyor ki ileriki yıllarda hedeflerine ulaşmaları hiç sürpriz olmayacaktır.

Bir işe başlamadan önce hedef belirlemek çok önemlidir. Bu hedef ne kadar önce belirlenirse adımlar da o kadar önce atılabilir. Bu yüzden Almanya enerji stratejini daha önce ve isabetli hedefler belirlemesi sektörde bu kadar önde olmasının sebepleri arasındadır.

4.2.4 Yasal Düzenlemeler-Teşvikler

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaşması adına; yatırımların kurallarını belirleyen, belirsizliklerin önüne geçen, teşvik ve destek mekanizmalarının olduğu yasal mevzuatların çıkarılması gerekmektedir.

Mevzuatların yatırımcıları yatırım yapmaya teşvik edici şekilde olması gerekmektedir. Yatırımcı her şeyin net olduğu, prosedürlerin kısa olduğu ve belirsizliklerin olmadığı bir sistem ister. Bu sistemi oluşturmak için diğer tüm paydaşların yanında hükümetlere büyük sorumluluk düşmektedir.

Almanya'nın yenilenebilir enerji mevzuatında ve teşvik sisteminde dünyanın en iyi ülkesi olduğu otoritelerce kabul edilmektedir (Arık, 2016). Almanya yıllar içerisinde yaptığı çalışmalarla; idari prosedürlerin kısa ve net olduğu, yatırımcının yanında ve belirsizliklerin minimize edildiği bir sistem oluşturmuştur.

Almanya yenilenebilir enerji yatırımlarının artması için destekleme, sabit fiyat garantisi, alım garantisi, mali teşvik, finansal teşvik, hibe, sübvansiyon gibi yatırımcıya yarar sağlayan ve yatırım yapmaya teşvik edici uygulamaları içeren yasal düzenleri ilk yıllardan itibaren her geçen gün üzerine koyarak oluşturmuştur. Günümüzde ve gelecek planında da planlı bir şekilde mevcut şartlara göre uygulamalar ortaya koymaktadır.

Almanya'da 1980'li yıllardan itibaren yoğun şekilde mevzuat çalışması yapmıştır. Bu mevzuatlar ile yenilenebilir enerjiye dair her şey piyasa şartlarına ve yatırımcı lehine sürekli değiştirilerek güncel tutulmuştur.

Dünyada teknoloji bu kadar hızlı gelişirken; bu değişime ve gelişime her sektörün ayak uydurması gerekmektedir. Yenilenebilir enerji sektörü ve özellikle güneş enerjisi sektörü çok hızlı gelişen bir sektördür. Yatırımcıyı korumak ve gelişmelere ayak uydurmak adına bu gelişime ve sektördeki bu değişime entegre yasal mevzuatlar ortaya koymak gerekir.

Almanya, Türkiye’den uzun yıllar önce yenilenebilir enerjinin stratejik önemini anlamış ve bu konuda en önemli adım olan yasal mevzuatları oluşturmaya başlamıştır. Teknolojik gelişmelere ayak uydurmak, eksiklik ve yanlışları gidermek adına sürekli yatırımcıyı yatırım yapmaya teşvik edici mevzuatlar ortaya koymuştur.

Türkiye ise yenilenebilir enerji sektörünü geliştirmeye yönelik yasal mevzuatlar çıkarmış olsa da, Almanya ile kıyaslandığında bu konuda çok geride kalmıştır.

Almanya’nın güneş enerjisinde Türkiye’nin bu denli ilerisinde olmasında yasal mevzuatların ve teşviklerin önemli bir faktör olduğu görülmektedir.

4.2.5 Finansman Bulma-Ekonomik Gelişmişlik

Yenilenebilir enerji yani dolaylı olarak güneş enerjisi yatırımları için kaynak bulma yatırımcılar için en önemli sorunların başında gelmektedir. Yatırımcının uygun faiz oranı, uzun vadeli krediler ve hibe destekleri ile yatırıma teşvik edilmesi gerekmektedir. Çoğu istekli yatırımcı finansman sorunu yüzünden yatırımlardan vazgeçmekte başka sektörlere yönelmektedir.

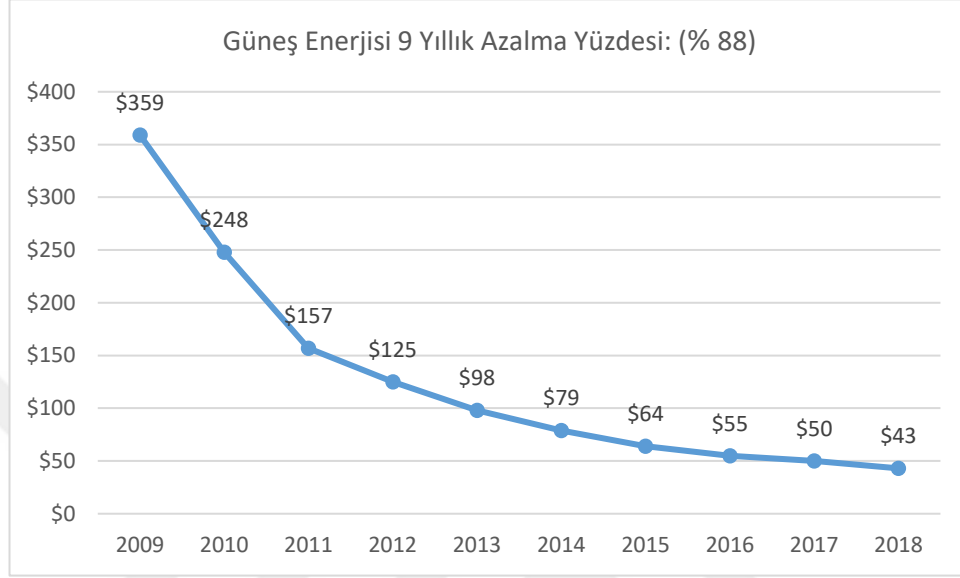
Almanya’nın yasal mevzuatlar ve teşviklerine baktığımızda finansman bulma konusunda yaptığı çalışmalarla da dünyada lider konumda durmaktadır. Avrupa birliğinin en önemli temsilcisi olması, ekonomik istikrar, gelişmiş bir finans sistemi ile Almanya Türkiye’nin çok ilerisinde konumlanmaktadır.

Türkiye’de ise uygun faizli uzun vadede finansman bulma belli dönemlerde hükümet teşvikleri ile mümkün olmaktadır. Uygun zamanda kaynak bulamayan yatırımcı yatırım yapmaktan vazgeçmektedir.

Finansman bulmanın yanında ülkelerdeki ekonomik gelişmeler yatırımcı için çok önemlidir. Yatırımcı yatırım yapacağı ülkede risk olmasını istemez. Siyasi ve ekonomik istikrar olmasını ister. Tüm bu sebeplerden ötürü güçlü ekonomiye sahip, siyasi ve ekonomik istikrarın çok ileri seviyede olduğu, enflasyonun sıfıra yakın olduğu Almanya; gelişmekte olan ülke kategorisinde olan siyasi ve ekonomik istikrarını sağlam temellere tam oturtamamış Türkiye’den diğer konularda olduğu gibi bu konuda da büyük bir avantaja sahiptir.

4.2.6 Teknoloji - Maliyet

Dünya’da teknolojinin gelişmesine bağlı olarak güneş enerjisi birim fiyatı her geçen gün azalmaktadır. Şekil 4.5’de görüldüğü gibi son 9 yılda güneş enerjisi birim maliyeti dünyada ortalama % 88 azalmıştır (Anonim, 2018e).



Şekil 4.5 Dünya ortalama güneş enerjisi birim maliyetinin yıllara göre değişimi (\$/MWh)

Bu gelişimde başrol oyuncularından biri de hiç şüphesiz Almanya’dır. Dünyanın önde gelen ülkeleri arasında karşılaştırma yapıldığında Alman endüstrisinin çok güçlü olduğu açık bir şekilde görülmektedir. Bu gücü değişik faktörlere bağlamak mümkündür. Almanya yüksek verim esaslı, inovasyon ve ar-Ge çalışmalarına önem veren, yüksek disipline sahip, üstün kalite esaslı, geçmişten günümüze üstün mühendislik kültürü ile endüstride ve teknolojiye dünyada kendini ispatlamış lider bir ülkedir (Yılmaz , 2012).

Almanya bu yapısını, güneş enerji sektöründe geliştirdiği ürünlerle de göstermektedir. Almanya güneş enerji sektörü ile endüstrinin birbirlerini beslemesini sağlamıştır. Daha önce bahsettiğimiz adımlarla güneş enerji sektörünü geliştirmiş ve bu güneş enerji sektörü geliştikçe güneş enerji endüstrisine katkıda bulunmuş, ar-ge ve inovasyon çalışmalarını hızlandırmıştır. Endüstrinin büyümesi, Ar-ge ve inovasyon çalışmaları da yine güneş enerji sektörünü geliştirmeye katkı sağlamıştır. Bu birbirini destekleyen döngü ile Almanya sektörde sürekli gelişerek büyümüş ve hala da büyümeye devam etmektedir.

Türkiye’de ise durum Almanya’dan epey farklıdır. Türkiye birçok sıkıntı ile beraber tarım ülkesi olarak kabul edilmektedir (Özey, 2019). Endüstrisi fazla gelişmemiş, katma değerli ürünleri üretmekte sıkıntı çeken, ar-ge ve inovasyon çalışmaları yetersiz, ekonomik yapısı sağlam olmayan Türkiye endüstrisi güneş enerji sektörüne de pek fazla katkıda bulunamamaktadır.

2010 yılında 6094 sayılı kanun ile “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun” değişikliği ile enerji tarifesine 5 yıl süre ile yerli aksam kullanılması şartıyla verilen ek ücret güneş enerji sektörünün ve güneş enerji endüstrisinin gelişmesine büyük katkı sağlamıştır. Bu yasa ile ar-ge ve inovasyon yatırımları hız kazanmış, yerli güneş enerji üreten şirketlerin sayısı artmış, sektör hareketlilik kazanmıştır. Bu gelişme güneş enerji endüstrisine gelişmesine de şekilde görüldüğü gibi katkıda bulunmuştur.

Tüm bu teknik sebeplerden ötürü güneş enerji sistemlerinin maliyeti Almanya’da Türkiye’ye göre daha uygun olmaktadır.

Teknolojik seviye ve maliyetler güneş enerji sektörüne doğrudan etki ettiği Almanya ve Türkiye örneğinde açıkça görülmektedir.

4.2.7 Diğer Nedenler

Türkiye ve Almanya arasında güneş enerji sektöründe ki bu gelişmişlik farkını bazı sebeplerle açıklamaya çalıştık. Açıkladığımız önemli sebeplerin dışında birçok sebep de mevcuttur bu sebepleri şu şekilde sıralayabiliriz.

- Ülkelerin fiziksel özellikleri: Türkiye’de farklı jeolojik zamanlarda oluşan araziler bulunduğu için yeryüzü şekilleri çeşitlilik göstermektedir. Bu çeşitlilik engebenin fazla olmasına neden olmuştur. Engebenin fazla olması Türkiye’de güneş enerji santrali kurulabilecek alanlar kısıtlanmaktadır. Almanya’da ise yer şekilleri Türkiye’ye göre daha sade ve güneş enerji santralleri kurmaya daha elverişlidir. Almanya fiziksel yapısı ile güneş enerji kurulabilir alan olarak daha avantajlı konumdadır.
- Şebeke-trafo gücü: Herhangi bir enerji sistemini devreye almak için sistemin bağlı olduğu şebekenin ve şebeke elemanlarının yeterli kapasitede olması gerekmektedir. Türkiye’de birçok bölgede şebekenin ve şebeke elemanlarının kapasitesi yeterli olmadığı için kapasite artışı yapılamamakta ve dolayısıyla

güneş enerjisi yatırımları yapılamamaktadır. Almanya'da ise bu durum Türkiye'nin aksine yeterli seviyededir. Almanya şebekenin ve şebeke elemanlarının kapasitesi konusunda 'da daha avantajlı konumdadır.

- Mahsuplaştırma sorunları: Bir yatırımcı ürettiği ihtiyaç fazlası elektriği devlete satabilme miktarı devlet tarafından belli zaman dilimlerinde belirlenmektedir. Türkiye aylık mahsuplaşma uygulamaktadır. Bu durum enerji ihtiyaçları dönemsel olarak değişen tesis ve yapıların (Örnek: Tarım fabrikaları, Oteller vb) yatırım yapmasının önünde engel oluşturmaktadır. Almanya'da ise üretilen ihtiyaç fazlası enerji şebekeye çok daha kolay satılabilmektedir. Türkiye bu konuda da Almanya'ya göre dezavantajlı durumdadır.
- Toplumsal çevre bilinci: Yenilenebilir enerjinin kullanımının artması için ilk önce yenilenebilir enerjinin önemini toplumun her kesimine anlatılması gerekmektedir. Yenilenebilir enerji yatırımlarını; sadece paraya endeksli değil, çevreye katkısını da hesap ederek yapacak yatırımcılar oluşturmak gerekmektedir. Türkiye'nin toplumsal çevre bilinci diğer Avrupa ülkelerinin gerisinde olduğu kabul edilmesi gereken bir gerçektir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Türkiye Almanya'dan güneş potansiyeli olarak daha zengin olmasına rağmen, güneş enerjisi kullanmada geride olmasının sebeplerini araştırmak için her iki ülkede eşdeğer iki güneş enerji sistemi HOMER ile modellenerek maliyet analizi yapılmıştır. Modellemede güneş enerji sistemlerinde kullanılacak ekipmanların özellikleri ile maliyetleri, araştırmalar ve ikili görüşmeler neticesinde belirlenmiştir. Modellemede seçilen lokasyonların güneş ve sıcaklık verileri HOMER sistemi içeresine entegre NASA veri tabanı üzerinden çekilmiştir.

Simülasyon sonuçlarına göre; Türkiye'de gerçekleşen modellemenin proje ömrü boyunca net bugünkü değeri 1 298 122 \$, sistemin kendini geri ödeme süresi 7.5 yıl olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçla, Ordu şehri gibi Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli ülke ortalamasının göre düşük olan yerlerin bile yatırım yapılabilir seviyede olduğu anlaşılmaktadır. Almanya'da ise sistemin proje ömrü boyunca 440 569 \$ net bugünkü değer, 16 yıl geri ödeme süresi sonucuna varılmıştır. HOMER modelleme sonuçlarında Türkiye'nin yatırım yapılabilirlik seviyesinin Almanya'dan iki kat fazla olduğu sonucu elde edilmiştir.

Günümüz şartlarında, mevcut teknoloji ve yasal uygulamalar ile Almanya ve Türkiye arasındaki güneş enerjisi kullanımında ki bu sorunun sebebi tekno-ekonomik nedenle açıklanamamış ve geçmişten günümüze diğer sebepler üzerinde yoğunlaşmıştır.

Bu konuda yapılan araştırmalar neticesinde; enerji alım fiyatı, enerji alım garantisi, enerji politikası, yasal düzenlemeler, teşvikler, finansman bulma, ekonomik gelişmişlik, teknoloji, maliyet gibi sebeplerin Türkiye ve Almanya arasına Güneş enerjisinden yararlanma miktarları arasındaki farkın oluşmasında ana etmen olduğu sonucuna varılmıştır.

Almanya; yatırımcıya yatırım yapabilir seviyede elektrik enerjisi fiyatı ve alım garanti süresi sağlamak, enerji sektöründe oluşan eksiklikleri ve yanlışlıkları düzeltmek, gelişen ve değişen teknolojik gelişmelere ayak uydurmak, yatırımcıya kredi, hibe ve teşvik mekanizmaları sağlamak amacıyla 2000'li yılların başından günümüze sistemli bir şekilde çıkardığı yasal mevzuatlarla yenilenebilir enerji yatırımlarını yenilenebilir enerji potansiyeline zıt olarak sürekli artırmıştır. Güneş enerji yatırımlarını destekleyen ve aynı zamanda yatırımlardan destek bulan güneş enerji endüstrisi ile

Ar-Ge ve inovasyon çalışmaları da fayda-maliyet ekseninde sektörün gelişmesine katkıda bulunmuştur. Tüm bunların yanında Almanya'nın ekonomik, hukuki ve siyasi istikrarı ile ekonomik gelişmişlik seviyesi yatırımcıya güven sağlamaktadır. Tüm bu saydığımız sebepler güneş enerji kullanım seviyesinde Almanya'yı dünyada sayılı ülkeler arasına sokmuştur.

Türkiye'nin ekonomik, hukuki ve siyasi istikrarı ile ekonomik gelişmişlik seviyesi gelişmiş ülkelerin gerisinde olması sebebiyle yatırımcıya tam anlamıyla güvenli bir ortam oluşturamamaktadır. Aynı zamanda yenilenebilir enerjide alım fiyatı ve alım garantisinin yatırım yapılabilirlikten uzak olması, yasal düzenlemelerdeki eksiklikler ve uygulamalarda oluşan sorunlar, kredi, hibe ve teşvik mekanizmalarının yetersizliği ile finansman bulma sorunları ve teknolojiye bağlı olarak enerji birim maliyetinin yüksek olması gibi sebepler Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelini etkin ve verimli kullanamamasının sebepleri olarak sıralanmaktadır.

Tüm bu sebeplerin yanında ülkelerin fiziksel özellikleri, teknik olarak enerji altyapısı, mahsuplaştırma sorunları ve toplumsal çevre bilinci gibi sebeplerde bu farkın oluşmasına sebep olan diğer sebepler olarak sıralanabilir.

Sonuç olarak Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli düşük olan bölgelerinde bile yatırım yapılabileceği, Almanya'nın bu denli ileride olmasında ekonomik, yasal, teknolojik ve siyasi birçok sebep olduğuna ve Türkiye'nin Almanya'nın geçmişten günümüze izlediği politikaları derinlemesine inceleyerek örnek alması gerektiği sonucu çıkmaktadır.

Bu sonuç ışığında güneş enerji yatırımlarını artırabilmek adına Türkiye'nin yapabileceği birçok değişim ve yenilik mevcuttur.

İlk olarak enerji alım fiyatı konusunda düzenleme yapılması uygun olacaktır. Türkiye'de enerji alım fiyatı, hem devletin menfaatlerini koruyacak, hem de yatırımcıyı teşvik edecek şekilde oluşmamıştır. 2010 yılına kadar uygulanan enerji alım fiyatları ve 2010 yılından sonra uygulanan 13.3 \$/Cent'lik enerji alım fiyatı 2014 yılına kadar yatırımcıya nasıl dezavantajlı olduysa, şu anda uygulanan fiyat da devlet için dezavantajlı durumdadır. Türkiye'nin yenilenebilir enerjiyi geliştirmek amacıyla fiyat konusunda fedakârlık yapması gerektiği gerçeğini kabul ederek; enerji alım

fiyatını, enerji birim maliyetine ve piyasa şartlarına göre çıkaracakları mevzuatlarla güncellemesi gerekmektedir.

Türkiye’de 2017 yılında çıkarılan yasa ile herhangi bir ruhsata gerek olmaksızın çatılara güneş enerji sistemi kurmanın önü açılmıştır. Bu olumlu gelişmenin ardından 2018 yılında karar öncesi 13.3 \$/Cent olan alım fiyat garantisi, mevcut şebeke tarife fiyatına indirilmiştir. Bu gelişme ile yatırımların geri ödeme süreleri çok uzadığından yatırımlar durma noktasına gelmiştir. Türkiye çatı tipi güneş enerji sistemlerine, maliyetin fazla olduğu için yer tipi güneş enerji sistemlerinden daha fazla enerji alım fiyatı vermesi gerekmektedir.

Türkiye’de çatı tipi güneş enerji sistemlerinde ve bazı bölgelerde yer tipi güneş enerji sistemlerinin geri ödeme süresi 10 yılın üzerindedir. Ancak devlet 10 yıl alım garantisi vermektedir. Bu durum yatırımcıya bir risk oluşturduğu için yatırımcının yatırımdan kaçınmasına neden olmaktadır. Devletin alım garantisini yatırımcıyı teşvik edecek şekilde revize etmesi uygun olacaktır.

Her alanda olduğu gibi güneş enerjisi alanında da yatırımları artırmak için ülke şartlarına uygun gerçekçi hedefler belirlenmesi gerekmektedir. Türkiye uzun vadeli ve gerçekleştirilmesi zor hedefler yerine ülke şartlarına göre ulaşılabilir hedefler belirlemeli ve bu hedeflere uygun stratejik planlar ortaya koyulmalıdır. Türkiye ortaya koyulan stratejik plan doğrultusunda çıkarılan yasal düzenlemelerle, verilen teşvikler ve desteklerle hedeflerin gerçekleşmesine katkıda bulunmalıdır.

Türkiye’de uygulanan aylık mahsuplaştırma sistemi bazı sektörlerde uygun değildir. Mevsimsel olarak enerji ihtiyacı değişen tesis ve yapılarda üretilen fazla enerji aylık mahsuplaşma uygulaması nedeniyle tamamen şebekeye satılamamaktadır. Bunun için mahsuplaşma uygulaması aylık, altı aylık ve yıllık mahsuplaştırma şeklinde yatırım yapılan sektöre göre belirlenmesi yatırımcıların önünü açacaktır. Mahsuplaştırma ile ilgili bu yönde düzenlemeler yapılması güneş enerji yatırımlarını hızlandıracaktır.

Türkiye, 2014 yılından itibaren kur değişiminin ve teknoloji ile maliyetlerin azalmasının etkisiyle güneş enerji yatırımları yatırımcı için daha cazip hale gelmiş ve bunun etkisi yatırımlara yansımıştır. Bunun yanında devlet yasal düzenlemelerle lisanssız elektrik üretiminde sınır değerini 2016 yılında 500 kW’dan 1 MW’a, 2019 yılında ise 1 MW’dan 5 MW’a çıkarması güneş enerjisi yatırımlarının artmasında

etkili olmuştur. Yasal düzenlemelerle yerli ürün kullanılmasına verilen destek de yenilenebilir enerji endüstrisinin büyümesini sağlamıştır. Türkiye’de bunun gibi yatırımcının elini güçlendiren çalışmaların çeşitlendirerek artırılması halinde güneş enerjisi potansiyeli daha etkin ve daha verimli kullanabilecektir.

Bunların dışında Türkiye’de; siyasi, hukuki ve ekonomik istikrarın artırmaya yönelik adımlar atılmalı, Ar-Ge ve inovasyon faaliyetlerin hızlandırması için destekler verilmeli, altyapısını iyileştirerek kapasite artışı yapılmalı, kişisel avantaj sağlayan düzenlemelerden kaçınılmalı ve yenilenebilir enerji bilincinin artmasına yönelik sivil toplum faaliyetlerine destek verilmelidir. Tüm bu saydığımız alanlarda adımlar atılırsa yenilenebilir enerji sektörü büyüyecek ve fosil yakıtlara bağıllık da azalacaktır.



6. KAYNAKLAR

- Anonim, (2014). EEG-Vergütungssätze im Überblick. Germany Federal Network Agency. Berlin.
- Anonim, (2017). Ulusal Uygulama Rehberi PV Financing Projesi. Uluslararası Güneş Enerjisi Topluluğu – Türkiye Bölümü. Ankara.
- Anonim, (2018a). Global Solar Atlas Calculator. <https://globalsolaratlas.info/> (Erişim tarihi: 18.07.2018)
- Anonim, (2018b). Güneş. <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Gunes> - (Erişim tarihi: 12.05.2019)
- Anonim, (2018c). HOMER Pro - Microgrid Software for Designing Optimized Hybrid Microgrids. http://www.homerenergy.com/HOMER_pro.html (Erişim tarihi: 11.12.2018)
- Anonim, (2018d). HOMER Renewable Energy Microgrid Software | Distributed Power and Microgrid Design Support. <http://www.homerenergy.com/software.html> (Erişim tarihi: 10.12.2018)
- Anonim, (2018e). Lazard's Annual Levelized Cost of Energy Analysis (LCOE 12.0). Lazard. New York.
- Anonim, (2018f). Renewables 2017 Global Status Report. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. Paris.
- Anonim, (2018g). Solarpark Meuro. https://en.wikipedia.org/wiki/Solarpark_Meuro - (Erişim tarihi: 18.07.2018)
- Anonim, (2018h). TKGM Parsel Sorgulama Uygulaması. <https://parselorgu.tkgm.gov.tr/> (Erişim tarihi:19.07.2019)
- Anonim, (2018ı). Ülkelere Göre Güneş Enerjisi. Enerji Atlası: <https://www.enerjiatlas.com/ulkelere-gore-gunes-enerjisi.html>-(Erişim tarihi:05.02.2019)
- Anonim, (2019a). Aktuelle Vergütung für Photovoltaik(PV)-Anlagen ab Mai bis Juli 2019. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft - LfL. Freising.
- Anonim, (2019b). Almanya Coğrafyası. https://tr.wikipedia.org/wiki/Almanya_coğrafyası - (Erişim tarihi: 12.05.2019)
- Anonim, (2019c). Avrupa Merkez Bankası'ndan faiz kararı. <https://www.cnnturk.com/ekonomi/avrupa-merkez-bankasindan-faiz-karari> - (Erişim tarihi: 10.06.2019)
- Anonim, (2019d). Bruttostromerzeugung in Deutschland ab 1990 nach Energieträgern. Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. Bergheim.
- Anonim, (2019e). Download maps for your country or region. <https://globalsolaratlas.info/downloads/world> - (Erişim tarihi: 01.05.2019)
- Anonim, (2019f). EEG 2017-Erlösbergrenzen im Sinne des Marktprämienmodells. Germany Federal Network Agency. Berlin.

- Anonim, (2019g). Feed-in tariffs in Germany. https://en.wikipedia.org/wiki/Feed-in_tariffs_in_Germany (Erişim tarihi: 11.06.2019)
- Anonim, (2019h). Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA). <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/> - (Erişim tarihi: 12.04.2019)
- Anonim, (2019ı). Renewable Energy Capacity Statistics 2019. International Renewable Energy Agency. Masdar City.
- Anonim, (2019i). Renewables 2019: Global Status Report. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. Paris.
- Anonim, (2019j). Solar resource maps and GIS data for 200+ countries. <https://solargis.com/maps-and-gis-data/overview> (Erişim tarihi: 06.02.2019)
- Anonim, (2019k). Solar resource maps of Germany. <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/germany> (Erişim tarihi: 04.04.2019)
- Anonim, (2019l). Türkiye Coğrafyası. https://tr.wikipedia.org/wiki/Türkiye_coğrafyası - (Erişim tarihi: 12.05.2019)
- Appunn, K., Bieler, F., Haas, Y., & Wettengel, J. (2019). Germany's energy consumption and power mix in charts | Clean Energy Wire. <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/germanys-energy-consumption-and-power-mix-charts> - (Erişim tarihi: 05.06.2019)
- Arık, A. (2016). Yenilenebilir enerji politikalarının sürdürülebilirliği: AB Ülkeleri ve Türkiye açısından bir değerlendirme. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yenilenebilir Enerji Bilim Anabilim Dalı, Ordu.
- Fulton, M., Capalino, R., & Auer, J. (2012). The German feed-in tariff: recent policy changes. *Deutsche Bank Group*, 1-27.
- García-Alvarez, M. T., & Mariz-Pérez, R. M. (2012). Analysis of the success of feed-in tariff for renewable energy promotion mechanism in the EU: lessons from Germany and Spain. *Procedia. Social and Behavioral Sciences*, 65, 52-57.
- Joshua, S., & Geoffrey, T. (2009). Models Used to Assess the Performance of Photovoltaic Systems. Sandia National Laboratories. Oak Ridge.
- Kahraman, M. Ü. (2018). Kütahya Bölgesi Güneş ve Rüzgar Potansiyelinin Tekno-Ekonomik Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Anabilim Dalı, Kütahya.
- Lambert, T., Gilman, P., & Lilienthal, P. (2016). Micropower system modeling with HOMER. *Integration of Alternative Sources of Energy*, 379-418.
- Martinopoulos, G., & Tsalikis, G. (2018). Diffusion and adoption of solar energy conversion systems – The case of Greece. *Energy*, 144, 800-807.
- Öksüz, S. (2014). Güneş Enerjisi Sistemleri Temel Prensipler. TMMOB Makina Mühendisleri Odası (MMO). Ankara.
- Özcan, H. (2009). Bir Hibrit Enerji Sisteminin Modellenmesi ve Analizi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Özey, R. (2019). Türkiye, Tarım Ülkesi mi? *Özgün Ekonomi ve Makale Arşivi*.

- Özkök, A. (2015). Türkiye'nin Yedi Coğrafi Bölgesinde Evsel Elektrik İhtiyacının Çatı Üstü Fotovoltaik Sistemler İle Karşılanmasının Ekonomik Analizi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı, İstanbul.
- Özpeynirci, R. (2001). Yatırım Projeleri Kapsamında Mali Etüd Üzerine Bir Çalışma . *Muğla Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 1-17.
- Sansaniwal, S. K., Sharma, V., & Mathur, J. (2018). Energy and exergy analyses of various typical solar energy applications: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 1576-1601.
- Suri, M., Huld, T. D., Dunlap, E. D., & Cebecauer, T. (2019). Photovoltaic Solar Electricity Potential in European Countries. European Commission. <http://pvshop.eu/Solar-Irradiation-in-Europe-kWh-per-m2> - (Erişim tarihi: 06.06.2019)
- Şahan, M., Tokat, Ö., & Okur, Y. (2015). Osmaniye'de Günlük Toplam Güneş Işınım Ölçümleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Dergisi*, 10 (2), 97-105.
- Taktak, F., & Ilı, M. (2018). Güneş Enerji Santrali (GES) Geliştirme: Uşak Örneği. *Geomatik Dergisi*, 3(1), 1-21.
- Ulusoy, A., & Daştan, C. B. (2018). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Yönelik Vergisel Teşviklerin Değerlendirilmesi. *Hak İş Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi*, 7(17), 124-160.
- Yılmaz, A. (2012). Alman Endüstrisi Neden Güçlü? SubconTurkey: <http://www.subconturkey.com/2012/Ekimm/koseyazisi-Alman-Endustrisi-Neden-Guclu.html> - (Erişim tarihi: 13.06.2019)
- Yılmaz, U. (2008). Gökçeada'da Yenilenebilir Enerji Kaynaklarıyla Elektrik Üretimi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

EKLER

EK 1: CW Enerji CWT375-72PM güneş paneli teknik özellikleri ve sertifikaları

CW Enerji®

CWT GÜNEŞ PANELİ

PERC MONOKRİSTAL ■ 72PM (355 - 375 Wp)

CW ENERJİ



Yüksek Dönüşüm Verimliliği

Yüksek Panel Verimliliği Sayesinde, Yüksek Güç Çıkışı Garantili Eder.



Kendi Kendini Temizleyen ve Yansımayı Azaltan Cam

Cam Üzerindeki Özel Kaplama Yüzey Tozunu Azaltır.



Düşük Işınmada Yüksek Verimlilik

Sabah ve Bulutlu Hava Koşullarında Dahı Yüksek Panel Verimliliği



Mükemmel Dayanım Kapasitesi

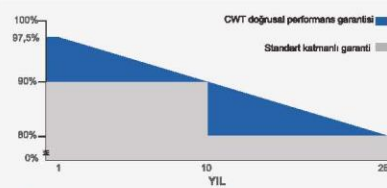
2400 Pa Rüzgar Yüğü, 5400 Pa Kar Yüğüne Karşı Dayanım



0~+5W Pozitif Güç Toleransı



Kolay Kurulum



✓ 25 Yıl Performans Garantisi

✓ 10 Yıl Malzeme ve İşçilik Garantisi



CWT375-72PM 375 Wp

CWT370-72PM 370 Wp

CWT365-72PM 365 Wp

CWT360-72PM 360 Wp

CWT355-72PM 355 Wp



TS EN 61215, TS EN 61730
IEC 62304 (PID-Free)
IEC 62716 (Amonyak Testi)
IEC 61701 (Tuz Testi)
TS EN 13501-5 (Tutugabilirlik Testi)
ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, OHSAS 18001:2007

www.cw-enerji.com

PERC MONOKRİSTAL ■ 72PM (355 - 375 Wp)

CWT GÜNEŞ PANELİ

ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLER

Model Tipi	CWT355-72PM	CWT360-72PM	CWT365-72PM	CWT370-72PM	CWT375-72PM
Maksimum Güç (P_{max})	355 Wp	360 Wp	365 Wp	370 Wp	375 Wp
Modül Verimliliği	18,26	18,51	18,76	19,07	19,32
Maksimum Güç Gerilimi (V_{mp})	39,38	39,82	40,18	40,61	40,97
Maksimum Güç Akımı (I_{mp})	9,02	9,05	9,09	9,12	9,16
Açık Devre Gerilimi (V_{oc})	46,44	47,02	47,45	47,74	47,95
Kısa Devre Akımı (I_{sc})	9,59	9,65	9,68	9,72	9,76
Güç Toleransı	0~+5W				
Maks. Sistem Anma Gerilimi	1000V DC				
Çalışma Sıcaklık Aralığı	-40 ~ +85°C				
Güvenlik	C Sınıfı				
Maks. Seri Sigorta Akımı	20A				

MEKANİK ÖZELLİKLER

Hücre Boyutu	156,75 mm x 156,75 mm
Hücre Sayısı	72 (6x12)
Ağırlık	22 kg
Panel Boyutu	1959x995x40mm
Maks. Rüzgar/Kar Yüğü Dayanımı	2400/5400 Pa
Bağlantı Kutusu	IP67

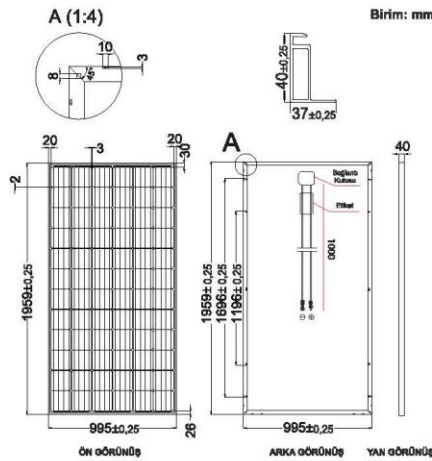
SICAKLIK KATSAYISI

Sıcaklık Katsayısı (I_{sc})	0.06%/°C
Sıcaklık Katsayısı (V_{oc})	-0.34%/°C
Sıcaklık Katsayısı (P_{max})	-0.44%/°C

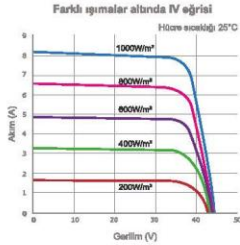
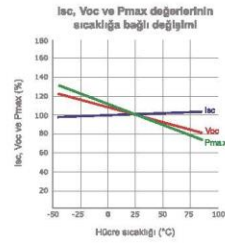
AMBALAJ ŞEKLİ

Konteyner	20' GP	40' GP
Palet Başına Adet	27	27
Konteyner Başına Adet	324	648

FİZİKSEL ÖZELLİKLER



ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLER



*Not: Elde edilen verilerin; Standart Test Koşulları: 1000 W/m² güneş ışınımı, 1,5 hava kütlesi ve hücre sıcaklığı 25°C, Nominal Test Koşulları: 800 W/m² güneş ışınımı, ortam sıcaklığı 20°C, rüzgar hızı 1m/s. Teknik destek için lütfen bize ulaşın info@cw.enerji.com. Gerçek veriler yapılan sözleşmelere tabi olacaktır. Bu parametreler sadece referans amaçlıdır ve bu sözleşmelerin bir parçası değildir. Teknik özellikler, önceden haber verilmesiz değiştirilebilir.

CW Enerji®



Markanın Tanımı Description of the Mark
TSE veya/ör TSE veya/ör T S E

BELGE NUMARASI REFERENCE NUMBER OF LICENCE	119539-TSE-01/03
BELGENİN İLK VERİLİŞ TARİHİ DATE OF FIRST ISSUE OF LICENCE	12.04.2017
BELGENİN SON GEÇERLİLİK TARİHİ LICENCE VALID UNTIL	18.07.2019
BELGE SAHİBİ KURULUŞUN ADI NAME OF THE LICENCE HOLDER	CW ENERJİ MÜHENDİSLİK TİCARET VE SANAYİ A.Ş.
BELGE SAHİBİ KURULUŞUN ADRESİ ADDRESS OF THE LICENCE HOLDER	AOSB3KISIM MAH. 33. CAD. NO:7 DÖŞEMEALTI ANTALYA/TÜRKİYE
ÜRETİM YERİ ADI NAME OF THE MANUFACTURING PLACE	CW ENERJİ MÜHENDİSLİK TİCARET VE SANAYİ A.Ş.
ÜRETİM YERİ ADRESİ ADDRESS OF THE MANUFACTURING PLACE	ANTALYA ORGANİZE SAN. BÖLGESİ. 3. KISIM ALANI 33. CAD. NO:7 ANTALYA / TÜRKİYE
İPTAL EDİLEN BELGE NUMARASI (Varsa) INDICATION OF SUPERSEDED LICENCE (if any)	119539-TSE-01/02
TESCİLLİ TİCARİ MARKASI REGISTERED TRADE MARK	CW ENERJİ
İLGİLİ TÜRK STANDARDI RELATED TURKISH STANDARD	TS EN 61215 / Kristalin silikon karasal fotovoltaik (PV) modüller-Tasarım değerlendirilmesi ve tip kabulü / 17.01.2006 – TS EN 61730-2 / Fotovoltaik (pv) modül güvenlik niteliği - Bölüm 2- Deneysel özellikleri / 31.01.2008 – TS EN 61730-1 / Fotovoltaik (pv) modül güvenlik niteliği - Bölüm 1- Yapım özellikleri / 31.01.2008



BELGE KAPSAMI
SCOPE OF LICENCE

Fotovoltaik Modül 6' Çoklukristal(Polikristal) silikon hücreli CWT-XXX-60P (XXX: Güç +5 W artırımlarla) 60 Hücreli (235W-285W)
Uygulama Sınıfı: Sınıf A (Maksimum sistem gerilimi 1000 VDC, TS EN 61140 ve IEC 61140'a göre Sınıf II) Yangın Sınıfı: Sınıf C Mekanik Yük: 5400 Pa CWT-XXX-72P (XXX: Güç +5 W artırımlarla) 72 Hücreli (270W-335W) Uygulama Sınıfı: Sınıf A (Maksimum sistem gerilimi 1000 VDC, TS EN 61140 ve IEC 61140'a göre Sınıf II) Yangın Sınıfı: Sınıf C Mekanik Yük: 5400 Pa
1-Fotovoltaik Modül 6' Monokristal(Monokristal) silikon hücreli CWT-XXX-60M (XXX: Güç +5 W artırımlarla) 60 Hücreli (260W-320W)
Uygulama Sınıfı: Sınıf A (Maksimum sistem gerilimi 1000 VDC, TS EN 61140 ve IEC 61140'a göre Sınıf II) Yangın

e-İmzalı/e-signed

20.07.2018

Belgelendirme Merkezi Başkanı Adına
GÜRSEL ERATAK

ELEKTROTEKNİK SEKTÖRÜ MÜDÜRÜ

*Bu belge, belgelendirilen ürünün, üretim yerinin, Enstitümüzün belirlediği şartları karşıladığını da gösterir.
*Bu belge hiç bir surette tahfif edilemez, kısmen veya okunmasını zorlaştıracak şekilde çoğaltılamaz, kopya ve sınıtılı yapılamaz.
*TSE ELEKTROTEKNİK SEKTÖRÜ MÜDÜRLÜĞÜ * Adres: Necatibey Cad. No 112 06100 Bakanlıklar/ANKARA * Tel: 0312 416 63 96* Faks: 0312-416 66 17
*TSE BELGELENDİRME MERKEZİ BAŞKANLIĞI Adres: Necatibey Cad. No 112 06100 Bakanlıklar/ANKARA – Tel: 0 312 416 64 81 / 416 84 27, Faks: 0 312 416 66 17
e-posta : tsm@tse.org.tr , web : www.tse.org.tr

<https://evrakkontrol.tse.org.tr/BelgeDogrulama.aspx?p=espgwfx> adresinden belgenin doğruluğunu ve geçerliliğini sorgulayınız.



1 / 2



Markanın Tanımı Description of the Mark
TSE veya or TSE veya or T S E

BELGE KAPSAMI (119539-TSE-01/03nolu belge devamı) : CW ENERJİ MÜHENDİSLİK TİCARET VE SANAYİ A.Ş. İLGİLİ TÜRK STANDARDI(RELATED TURKISH STANDARD) TS EN 61215 / Kristalin silikon karasal fotovoltaik (PV) modüller-Tasarım değerlendirilmesi ve tip kabulü / 17.01.2006 – TS EN 61730-2 / Fotovoltaik (pv) modül güvenlik niteliği - Bölüm 2- Deney özellikleri / 31.01.2008 – TS EN 61730-1 / Fotovoltaik (pv) modül güvenlik niteliği - Bölüm 1- Yapım özellikleri / 31.01.2008

Sınıfı: Sınıf C Mekanik Yük: 5400 Pa CWT-XXX-72P (XXX: Güç +5 W artırımlarla)
72 Hücreli (315W-385W) Uygulama Sınıfı: Sınıf A (Maksimum sistem gerilimi 1000 VDC, TS EN 61140 ve IEC 61140'a göre Sınıf II) Yangın Sınıfı: Sınıf C Mekanik Yük: 5400 Pa
2- Fotovoltaik Modül 6' PERC Monokristal silikon hücreli CWT-XXX-60PM (XXX: Güç +5 W artırımlarla) 60 Hücreli (285W-345W)
Uygulama Sınıfı: Sınıf A (Maksimum sistem gerilimi 1000 VDC, TS EN 61140 ve IEC 61140'a göre Sınıf II) Yangın Sınıfı: Sınıf C Mekanik Yük: 5400 Pa CWT-XXX-72P (XXX: Güç +5 W artırımlarla)
72 Hücreli (340W-415W) Uygulama Sınıfı: Sınıf A (Maksimum sistem gerilimi 1000 VDC, TS EN 61140 ve IEC 61140'a göre Sınıf II) Yangın Sınıfı: Sınıf C Mekanik Yük: 5400 Pa
3-2- Fotovoltaik Modül 6' PERC Çokkristal(Polikristal) silikon hücreli CWT-XXX-60PP (XXX: Güç +5 W artırımlarla) 60 Hücreli (270W-330W)
Uygulama Sınıfı: Sınıf A (Maksimum sistem gerilimi 1000 VDC, TS EN 61140 ve IEC 61140'a göre Sınıf II) Yangın Sınıfı: Sınıf C Mekanik Yük: 5400 Pa CWT-XXX-72P (XXX: Güç +5 W artırımlarla)
72 Hücreli (325W-395W) Uygulama Sınıfı: Sınıf A (Maksimum sistem gerilimi 1000 VDC, TS EN 61140 ve IEC 61140'a göre Sınıf II) Yangın Sınıfı: Sınıf C Mekanik Yük: 5400 Pa

e-izml/e-signed

20.07.2018

Belgelendirme Merkezi Başkanı Adına
GÜRSEL ERATAK
ELEKTROTEKNİK SEKTÖRÜ MÜDÜRÜ

*Bu belge belgelendirilen ürünün, üretim yerinin Enstitümüzün belirlediği şartları karşıladığını da gösterir.
*Bu belge hiç bir suretle tahfif edilemez, kâğıt veya okunmasını zorlaştıracak şekilde çoğaltılamaz, kâğıt ve sınıt yapılamaz.
*TSE ELEKTROTEKNİK SEKTÖRÜ MÜDÜRLÜĞÜ * Adres: Necatibey Cad.No 112 06100 Bakanlıklar/ANKARA * Tel: 0312 416 63 96 * Faks: 0312-416 66 17
*TSE BELGELENDİRME MERKEZİ BAŞKANLIĞI Adres: Necatibey Cad. No 112 06100 Bakanlıklar/ANKARA – Tel: 0 312 416 64 81 / 416 64 27, Faks: 0 312 416 66 17
e-posta : tmb@tse.org.tr , web : www.tse.org.tr

<https://evrakkontrol.tse.org.tr/BelgeDogrulama.aspx?p=espgwfx> adresinden belgenin doğruluğunu ve geçerliliğini sorgulayınız.



2 / 2



YERLİ MALİ BELGESİ



Belgenin Veriliş Tarihi : 25.06.2018 Belgenin Geçerlilik Tarihi : 25.06.2019 Belge No : 2018120430752
Üretici Ünvanı: CW ENERJİ MÜHENDİSLİK TİCARET VE SANAYİ ANONİM ŞİRKETİ

İşyeri Adresi: AOSB 3.KISIM MAHALLESİ 33.CADDE NO.7 DÖŞEMEALTI/ANTALYA

Üreticinin Vergi Kimlik No: 2150412688 TC Kimlik No: MERSİS No : 021504126880001

Telefon: 242-2290105 E-posta: muhasebe@cw-enerji.com
Faks: 242-2290074 Web Adresi: www.cw-enerji.com

Ticaret Sicil No: 64241 Üye Sicil No: 66481

Ürün Adı: Fotovoltaik güneş paneli
Ürün Kodu (PRODCOM/GTİP): 26.11.22.40.00 /
Teknik Özellikleri(Marka Adı, Modeli, Seri Numarası, Cinsi): CW ENERJİ, CW ENERGY 250/260/270/275
Fotovoltaik güneş paneli

Kapasite Raporunun Tarih :07.11.2017 No : 35971 Geçerlilik Süresi :07.11.2019

Sanayi Sicil Belgesinin Tarih : 07.05.2018 No : 714451

Yerli Katkı Oranı : % 52,02

Ürünün Teknolojik Düzeyi (düşük/orta-düşük/orta-yüksek/yüksek)(Eurostat) : yüksek

Diğer bilgi ve belgeler : TSE Türk Standardlarına Uygunluk Belgesi (TS EN 61215, TS EN 61730, TS EN 61701, IEC 62804),
TÜV Rheinland Certificate (IEC 61215, IEC 61730),
TÜV SÜD Certificate (IEC 61215, IEC 61730, PPP 58042B, IEC 61701, IEC 62716),
TS 13381 Hizmet Yeterlilik Belgesi,
ISO 9001: 2015, ISO 14001: 2015, BS OHSAS 18001: 2007, ISO 50001: 2011, ISO 10002: 2014, ISO 27001: 2013

İşbu belge Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın 13/09/2014 tarih ve 29118 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan " Yerli Mali Tebliği (SGM 2014/35) "ne istinaden ve TOBB tarafından hazırlanan " Yerli Mali Belgesinin Düzenlenmesi Uygulama Esaslarına " göre 25.06.2018 tarihinde düzenlenmiştir. Belgenin geçerlilik süresi veriliş tarihinden itibaren bir yıl geçerlidir.

Düzenleyen Oda/Borsa
ANTALYA TİCARET VE SANAYİ ODASI



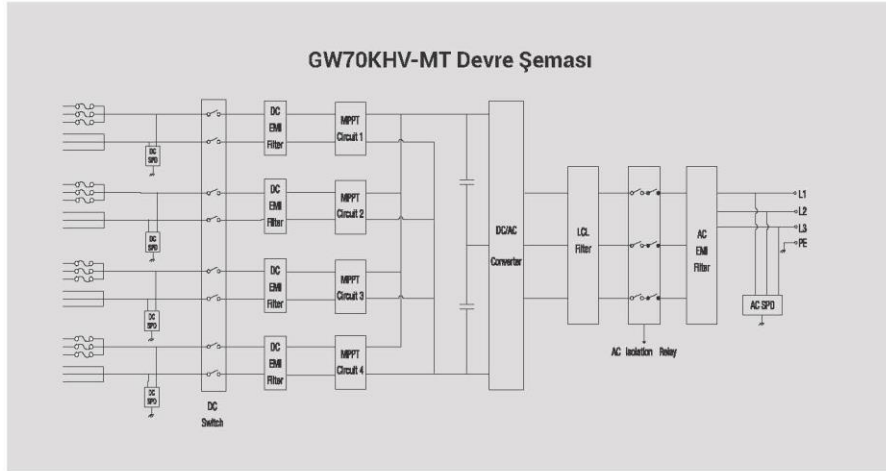
Onaylayan
ERCAN MUTLU
Genel Sekreter Yrd.

EK 2: Goodwe GW60K-MT serisi invertör teknik özellikleri

MT Serisi Veri Sayfası

Teknik veri	GW50K-MT	GW60K-MT	GW70KHV-MT
PV Dize Giriş Verileri			
Maks. PV Gücü (W)	65000	80000	87500
Maks. DC Giriş Voltajı (V)	1000	1000	1100
MPPT Aralığı (V)	200~850	200~850	200~1000
Başlangıç gerilimi (V)	200	200	200
Tam Yük için MPPT Aralığı (V)	520~850	520~850	550~850
Nominal DC Giriş Gerilimi (V)	620	620	750
Maks. Giriş Akımı (A)	30/30/20/20	30/30/30/30	33/33/33/33
Maks. Kısa Akım (A)	38/38/25/25	38/38/38/38	41.5/41.5/41.5/41.5
MPP İzleyici Sayısı	4	4	4
İzleyici Başına Giriş Dizesi Sayısı	3/3/2/2	3/3/3/3	3/3/3/3
AC Çıkış Verileri			
Nominal Çıkış Gücü (W)	50000	60000	70000
Maks. Çıkış gücü (w)	55000, 57500@415Vac	66000, 69000@415Vac	77000
Maks. Çıkış Görünür Gücü (VA)	55000, 57500@415Vac	66000, 69000@415Vac	77000
Nominal Çıkış Voltajı (V)	400, 3L/N/PE or 3L/PE	400, 3L/N/PE or 3L/PE	500, 3L/PE
Nominal Çıkış Frekansı (Hz)	50/60	50/60	50/60
Maks. Çıkış Akımı (A)	80	96	89
Çıkış Gücü Faktörü		~ 1 (0.8'den 0.8'e kadar ayarlanabilir)	
Çıkış THDi (@Nominal Çıkış)	<3%	<3%	<3%
verim			
Maks. verim	98.7%	98.8%	99.0%
Euro Verimliliği	98.3%	98.5%	98.4%
Koruma			
PV Dize Akım İzleme	Entegre	Entegre	Entegre
Koruma Önleyici Koruma	Entegre	Entegre	Entegre
Giriş Ters Polarite Koruması	Entegre	Entegre	Entegre
İzolasyon İzleme	Entegre	Entegre	Entegre
DC Sigortası	Entegre	Entegre	Entegre
Modül için Anti-PID Fonksiyonu	İsteğe bağlı	İsteğe bağlı	İsteğe bağlı
DC SPD Koruması	Entegre (Tip II)	Entegre (Tip II)	Entegre (Tip II)
AC SPD Koruması	Entegre (Tip II)	Entegre (Tip II)	Entegre (Tip II)
Artık Akım İzleme Birimi	Entegre	Entegre	Entegre
AC Aşın Akım Koruması	Entegre	Entegre	Entegre
AC Kısa Koruma	Entegre	Entegre	Entegre
AC Aşın Gerilim Koruması	Entegre	Entegre	Entegre

Teknik veri	GW50K-MT	GW60K-MT	GW70KHV-MT
Genel veri			
Çalışma Sıcaklığı Aralığı (* C)	-30~60	-30~60	-30~60
Bağıl nem	0~100%	0~100%	0~100%
Çalışma Yüksekliği (m)	≤4000	≤4000	≤4000
Soğutma	Fan soğutma	Fan soğutma	Fan soğutma
Kullanıcı arayüzü	LCD veya WiFi + APP	LCD veya WiFi + APP	LED veya WiFi + APP LCD (isteğe bağlı)
İletişim	RS485 veya WiFi	RS485 veya WiFi	RS485 veya WiFi PLC (isteğe bağlı)
Ağırlık (kg)	59	64	60
Boyut (Genişlik * Yükseklik * Derinlik mm)	586*788*264	586*788*264	586*788*264
Koruma derecesi	IP65	IP65	IP65
Gece Öz Tüketimi (W)	<1	<1	<1
Topoloji	trafosuz	trafosuz	trafosuz
Sertifikalar ve standartlar			
Izgara Yönetmeliği	VDE-0126-1-1, AS4777.2, G59/3, VDE-AR-N 4105, EN50438		
Emniyet Yönetmeliği	EN62109-1&-2		
EMC	EN61000-6-1, EN64000-6-2, EN1000-6-3, EN61000-6-4		



EK 3: Axitec AXIpremium HC AC-310MH/120S güneş paneli teknik özellikleri



310 - 325 Wp

www.axitecsolar.com

AXITEC
high quality german solar brand

AXIpremium HC

120 Yarım hücreli monokristal
Yüksek performanslı fotovoltaik modül

Avantajları:

15
Years

15 yıl üretici garantisi

HC

"Half-Cut" teknolojisi ve test edilmiş malzemeler
ile en yüksek modül performansı

+
Wp

Tek ölçümde 0-4,99 Wp aralığında pozitif güç
toleransı garantisi

↓
5.400 Pa

Maksimum 5400 Pa kar yüküne dayanım

100%

% 100 elektroluminesans testi

Soft Grip

AXITEC yumuşak kavramalı geçmeler
sayesinde azami dayanıklılık

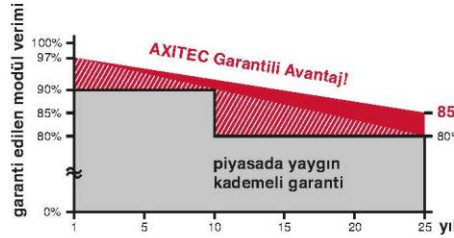
IP 68

Kaliteli bağlantı kutusu ve fiş sistemleri



Özel lineer AXITEC azami performans garantisi!

- Nominal gücün % 90'ında 15 yıl üretici garantisi
- Nominal gücün % 85'inde 25 yıl üretici garantisi



25 yılın sonunda % 1 - 8 oranlarında
daha fazla performans

AXIpremium HC 310 - 325 Wp

Elektrik verileri (standart test koşulları (STC) altında, 25°C hücre sıcaklığında AM 1,5 aralığıyla 1000 Watt/m² ışıkla)

Tip	Nominal güç P _{mpp}	Nominal gerilim U _{mpp}	Nominal akım I _{mpp}	Kısa devre akımı I _{sc}	Açık devre gerilimi U _{oc}	Modül etli seviyesi
AC-310MH120S	310 Wp	32,74 V	9,47 A	9,96 A	40,01 V	18,66 %
AC-315MH120S	315 Wp	32,97 V	9,56 A	10,03 A	40,13 V	18,96 %
AC-320MH120S	320 Wp	33,21 V	9,64 A	10,11 A	40,25 V	19,26 %
AC-325MH120S	325 Wp	33,45 V	9,73 A	10,18 A	40,37 V	19,56 %

Yapı

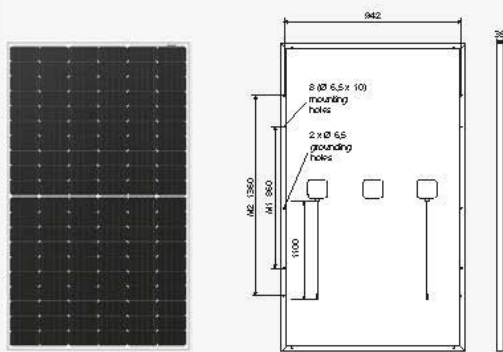
Ön yüzü	3,2 mm kalınlığında, serçeleştirilmiş, yansız beyaz cam
Hücreler	tek kristalli yüksek performanslı 120 hücre 156,75 mm x 78,38 mm
Arka yüzü	Kompozit folyo
Çerçeve	35 mm kalınlığında gümüş alüminyum çerçeve

Mekanik verileri

U x G x Y	1675 x 992 x 35 mm
Ağırlık	Çerçeveyle birlikte 18,5 kg

Bağlantı

Bağlantı kutusu	IP68 koruma sınıfı
Kablo	Yaklaşık 1,1 m, 4 mm ²
Elektrik bağlantı sistemi	IP68 fiş/priz



Bütün ölçüler mm cinsindedir

Sınır değerler

Sistem gerilimi	1000 VDC
NOCT (nominal işletim hücre sıcaklığı)*	46°C ±2K
Maksimum yük mukavemet kapasitesi	5400 N/m ²
Geriye doğru enerjileme IR	20,0 A
Sıcaklık çalışma aralığı	-40°C'den +85°C'ye kadar

*NOCT, ışık gücü 800 W/m², AM 1,5;
Rüzgâr hızı 1 m/saniye; sıcaklık 20°C

-40°C ile +85°C sıcaklık aralığına ve 0-85 % bağıl nem oranına göre tasarlanmıştır.

Sıcaklık katsayıları

Gerilim U _{oc}	-0,29 %/K
Akım I _{sc}	0,04 %/K
Güç P _{mpp}	-0,39 %/K

Zayıflama (Örnek AC-310MH120S)

I-U karakteristiği	cinsinden akım	cinsinden gerilim (voltaj)
200 W/m ²	1,90 A	32,15 V
400 W/m ²	3,81 A	32,39 V
600 W/m ²	5,68 A	32,50 V
800 W/m ²	7,57 A	32,68 V
1000 W/m ²	9,47 A	32,74 V

Paketleme

Palet	30 adet
HC-Container toplam Solar Modül sayısı	780 adet

EK 4: SMA Sunny Tripower 60 invertör teknik özellikleri



SUNNY TRIPOWER 60



Efficient

- Maximum efficiency of 98.8%
- Superior power density: 60 kW with only 75 kg of weight

Reliable

- Superior PV system availability with 60-kW units
- SMA Inverter Manager as central control unit

Flexible

- DC input voltage of up to 1000 V
- Flexible DC solutions with customer-specific PV array combiner boxes

Innovative

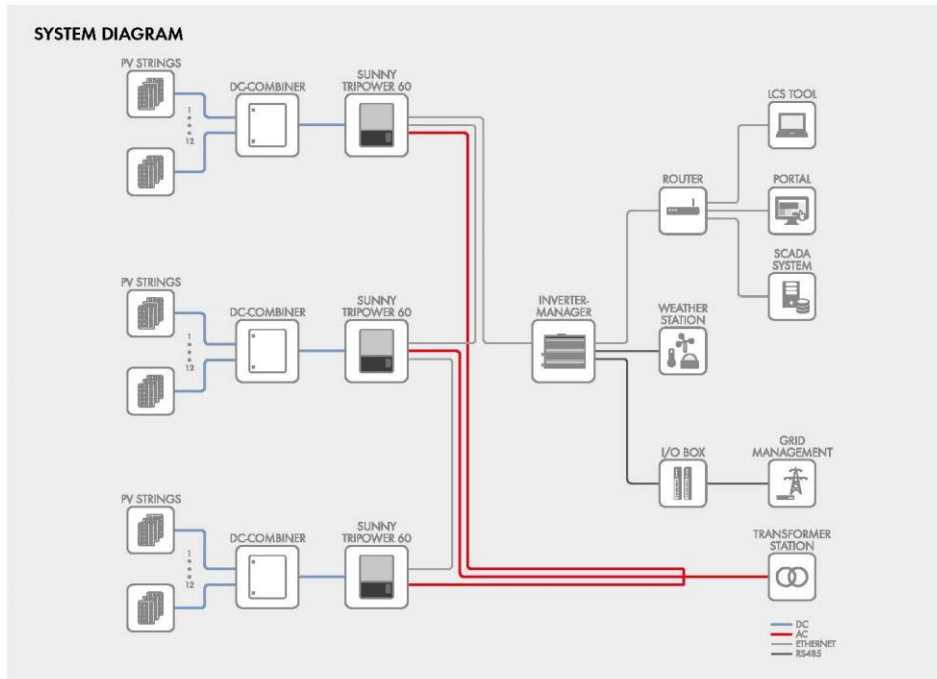
- Cutting edge system design

SUNNY TRIPOWER 60

The Best of Two Worlds

The new Sunny Tripower 60 is part of an innovative global system solution for commercial and industrial PV systems. This solution combines the advantages of a decentralized system layout with the benefits of centralized inverter designs in order to get the best of two worlds. High efficiency, flexible system design, easy installation, simple commissioning and low maintenance requirements contribute decisively to reducing the operating costs for the entire system.

SUNNY TRIPOWER 60



Technical Data	SMA Inverter Manager
Voltage supply	
Input voltage	9 to 36 Vdc
Power consumption	< 20 W
General data	
Dimensions (W/H/D)	160 / 125 / 49 mm [6.3 / 4.9 / 1.9 inches]
Weight	940 g (2 lbs)
Maximum allowed number of inverters	42
Degree of protection	IP21
Mounting	DIN top-hat rails or wall mounting
Operating temperature range	-40 °C to +85 °C (-40 °F to +185 °F)
Relative humidity (non-condensing)	5 % to 95 %
Interfaces	
PC user interface	LCS tool
Sensor interface / protocol	RS485 / Modbus RTU for SunSpec Alliance compatible weather station
Interface to inverter	1 Ethernet port (RJ45)
Interface for external network / protocol	1 Ethernet port (RJ45) / Modbus TCP, SunSpec Alliance
Interface to remote control	6 x DI via external SMA Digital I/O Box
Certificates and approvals (more available upon request)	UL 508, UL 60950-1, CSA C22.2 No. 60950-1-07, EN 60950-1, EN 55022 Class A, EN 61000-3-2 Class D, EN 61000-3-3, EN 61000-6-4, EN 55024, FCC Part 15, Subpart B Class A
SMA Inverter Manager type designation	IM-20
SMA Digital I/O Box type designation	IM-DIO-10

EK 5:HOMER ile Türkiye için modellenen güneş sisteminin similasyon raporu



System Simulation Report



File: 04.06.homer

Author: RE

Location: Güneyce Mahallesi, Tokat Ordu Yolu, 52900 Mesudiye/Ordu, Turkey (40°24.6'N, 37°47.7'E)

Total Net Present Cost: (\$1,674,345.00)

Levelized Cost of Energy (\$/kWh): -\$0.0632

Notes:



Table of Contents

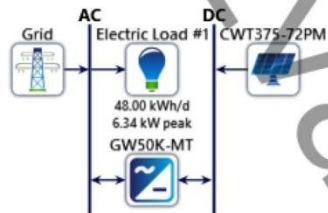
System Architecture	3
Cost Summary	4
Cash Flow	5
Electrical Summary	6
PV: CWT Perc Monokristal 72PM 355-375 Wp	7
Converter: Goodwe GW50K-MT Trifaze Invertör 50.000W(AC), 260V~850V Transformerless	8
Grid: Grid	9
Compare Economics	11



System Architecture

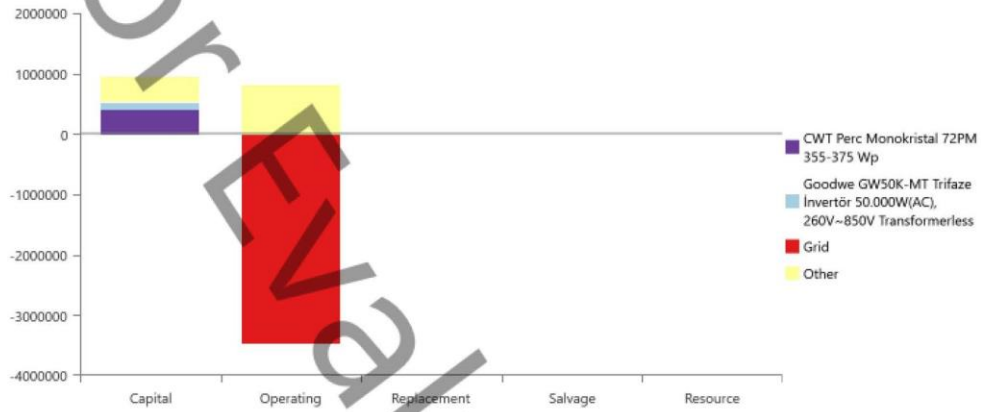
Component	Name	Size	Unit
PV	CWT Perc Monokristal 72PM 355-375 Wp	1,000	kW
System converter	Goodwe GW50K-MT Trifaze Invertör 50.000W(AC), 260V~850V Transformerless	1,000	kW
Grid	Grid	999,999	kW
Dispatch strategy	HOMER Cycle Charging		

Schematic





Cost Summary



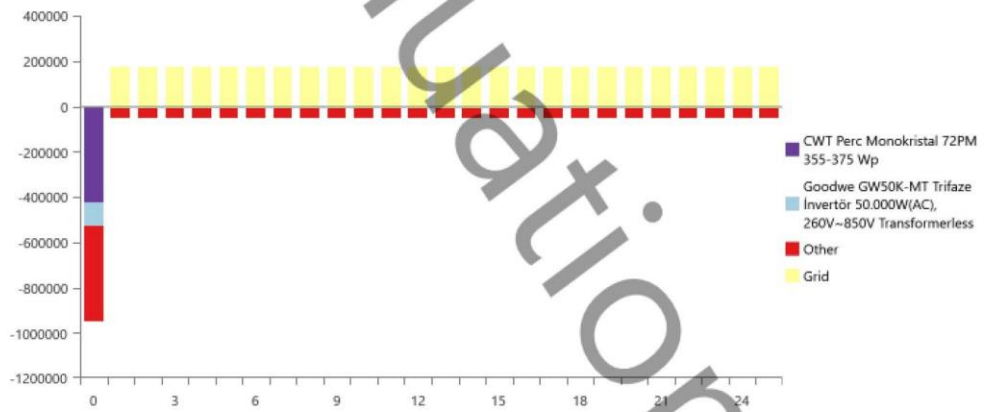
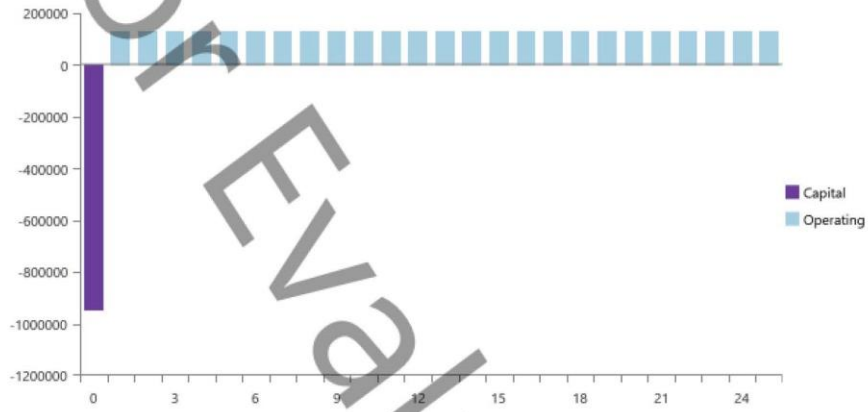
Net Present Costs

Name	Capital	Operating	Replacement	Salvage	Resource	Total
CWT Perc Monokristal 72PM 355-375 Wp	\$427,000	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$427,000
Goodwe GW50K-MT Trifaze Invertör 50.000W(AC), 260V~850V Transformerless	\$100,000	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$100,000
Grid	\$0.00	-\$3,460,000	\$0.00	\$0.00	\$0.00	-\$3,460,000
Other	\$420,000	\$839,509	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$1,259,509
System	\$947,000	-\$2,620,491	\$0.00	\$0.00	\$0.00	-\$1,673,491

Annualized Costs

Name	Capital	Operating	Replacement	Salvage	Resource	Total
CWT Perc Monokristal 72PM 355-375 Wp	\$21,871	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$21,871
Goodwe GW50K-MT Trifaze Invertör 50.000W(AC), 260V~850V Transformerless	\$5,122	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$5,122
Grid	\$0.00	-\$177,266	\$0.00	\$0.00	\$0.00	-\$177,266
Other	\$21,513	\$43,000	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$64,513
System	\$48,506	-\$134,266	\$0.00	\$0.00	\$0.00	-\$85,760

Cash Flow





Electrical Summary

Excess and Unmet

Quantity	Value	Units
Excess Electricity	330	kWh/yr
Unmet Electric Load	0	kWh/yr
Capacity Shortage	0	kWh/yr

Production Summary

Component	Production (kWh/yr)	Percent
CWT Perc Monokristal 72PM 355-375 Wp	1,366,851	99.1
Grid Purchases	12,863	0.932
Total	1,379,714	100

Consumption Summary

Component	Consumption (kWh/yr)	Percent
AC Primary Load	17,520	1.29
DC Primary Load	0	0
Deferrable Load	0	0
Grid Sales	1,338,633	98.7
Total	1,356,153	100



PV: CWT Perc Monokristal 72PM 355-375 Wp

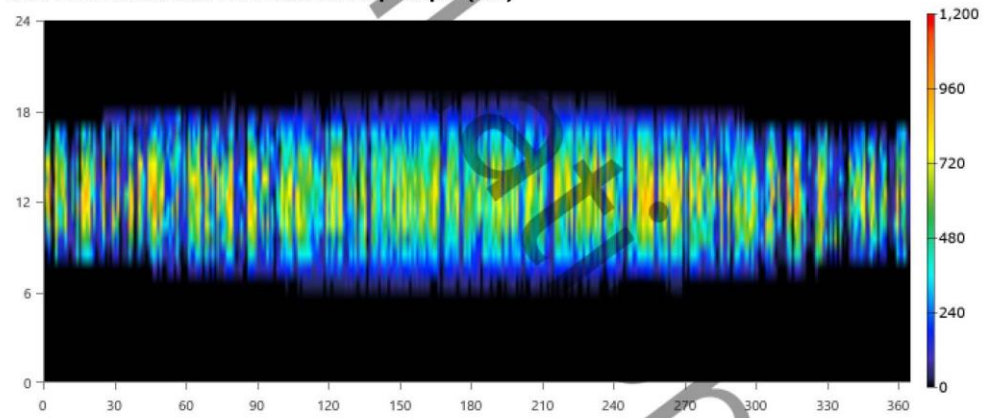
CWT Perc Monokristal 72PM 355-375 Wp Electrical Summary

Quantity	Value	Units
Minimum Output	0	kW
Maximum Output	1,106	kW
PV Penetration	7,802	%
Hours of Operation	4,384	hrs/yr
Levelized Cost	0.0160	\$/kWh

CWT Perc Monokristal 72PM 355-375 Wp Statistics

Quantity	Value	Units
Rated Capacity	1,000	kW
Mean Output	156	kW
Mean Output	3,745	kWh/d
Capacity Factor	15.6	%
Total Production	1,366,851	kWh/yr

CWT Perc Monokristal 72PM 355-375 Wp Output (kW)





Converter: Goodwe GW50K-MT Trifaze İnvörtör 50.000W(AC), 260V~850V Transformerless

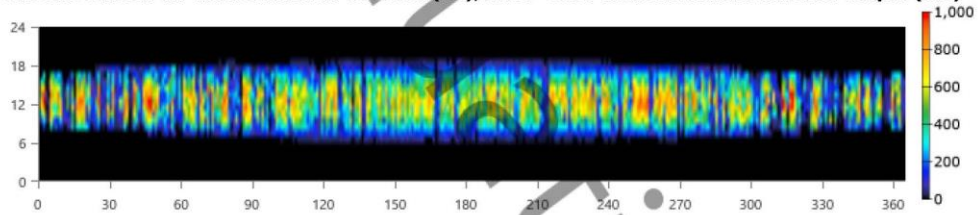
Goodwe GW50K-MT Trifaze İnvörtör 50.000W(AC), 260V~850V Transformerless Electrical Summary

Quantity	Value	Units
Hours of Operation	4,384	hrs/yr
Energy Out	1,343,290	kWh/yr
Energy In	1,366,521	kWh/yr
Losses	23,231	kWh/yr

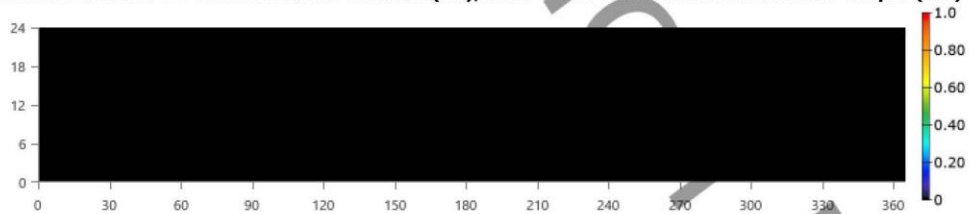
Goodwe GW50K-MT Trifaze İnvörtör 50.000W(AC), 260V~850V Transformerless Statistics

Quantity	Value	Units
Capacity	1,000	kW
Mean Output	153	kW
Minimum Output	0	kW
Maximum Output	1,000	kW
Capacity Factor	15.3	%

Goodwe GW50K-MT Trifaze İnvörtör 50.000W(AC), 260V~850V Transformerless Inverter Output (kW)



Goodwe GW50K-MT Trifaze İnvörtör 50.000W(AC), 260V~850V Transformerless Rectifier Output (kW)





Grid: Grid

Grid rate: Demand 1

Month	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)	Net Energy Purchased (kWh)	Peak Demand (kW)	Energy Charge	Demand Charge
January	0	0	0	6.34	\$0.00	\$0.00
February	0	0	0	5.61	\$0.00	\$0.00
March	0	0	0	5.85	\$0.00	\$0.00
April	0	0	0	5.97	\$0.00	\$0.00
May	0	0	0	5.98	\$0.00	\$0.00
June	0	0	0	5.98	\$0.00	\$0.00
July	0	0	0	5.99	\$0.00	\$0.00
August	0	0	0	5.95	\$0.00	\$0.00
September	0	0	0	5.56	\$0.00	\$0.00
October	0	0	0	5.39	\$0.00	\$0.00
November	0	0	0	5.91	\$0.00	\$0.00
December	0	0	0	5.73	\$0.00	\$0.00
Annual	0	0	0	6.34	\$0.00	\$0.00

Grid rate: Rate 1

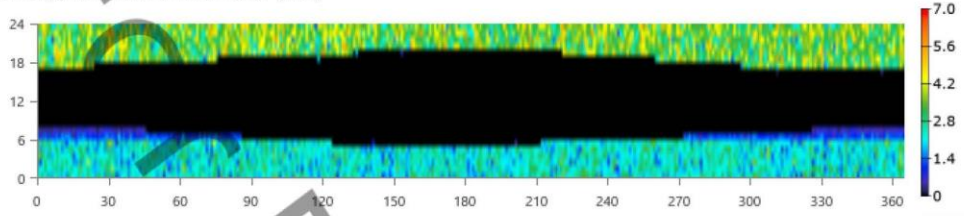
Month	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)	Net Energy Purchased (kWh)	Peak Demand (kW)	Energy Charge	Demand Charge
January	1,300	86,190	-84,890	0	-\$11,385	\$0.00
February	1,047	90,343	-89,295	0	-\$11,953	\$0.00
March	1,143	117,706	-116,563	0	-\$15,586	\$0.00
April	1,004	111,284	-110,281	0	-\$14,741	\$0.00
May	893	125,226	-124,333	0	-\$16,602	\$0.00
June	827	132,998	-132,171	0	-\$17,639	\$0.00
July	831	137,063	-136,233	0	-\$18,180	\$0.00
August	1,018	137,145	-136,126	0	-\$18,179	\$0.00
September	1,052	132,857	-131,805	0	-\$17,607	\$0.00
October	1,193	108,220	-107,028	0	-\$14,322	\$0.00
November	1,243	87,940	-86,697	0	-\$11,621	\$0.00
December	1,312	71,660	-70,348	0	-\$9,452	\$0.00
Annual	12,863	1,338,633	-1,325,770	0	-\$177,266	\$0.00

Grid rate: All

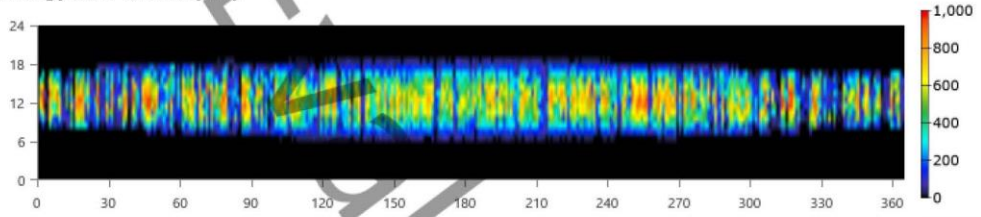
Month	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)	Net Energy Purchased (kWh)	Peak Demand (kW)	Energy Charge	Demand Charge
January	1,300	86,190	-84,890	6.34	-\$11,385	\$0.00
February	1,047	90,343	-89,295	5.61	-\$11,953	\$0.00
March	1,143	117,706	-116,563	5.85	-\$15,586	\$0.00
April	1,004	111,284	-110,281	5.97	-\$14,741	\$0.00
May	893	125,226	-124,333	5.98	-\$16,602	\$0.00
June	827	132,998	-132,171	5.98	-\$17,639	\$0.00
July	831	137,063	-136,233	5.99	-\$18,180	\$0.00
August	1,018	137,145	-136,126	5.95	-\$18,179	\$0.00
September	1,052	132,857	-131,805	5.56	-\$17,607	\$0.00
October	1,193	108,220	-107,028	5.39	-\$14,322	\$0.00
November	1,243	87,940	-86,697	5.91	-\$11,621	\$0.00
December	1,312	71,660	-70,348	5.73	-\$9,452	\$0.00
Annual	12,863	1,338,633	-1,325,770	6.34	-\$177,266	\$0.00



Energy Purchased From Grid (kW)



Energy Sold To Grid (kW)





Compare Economics

IRR (%): **N/A**

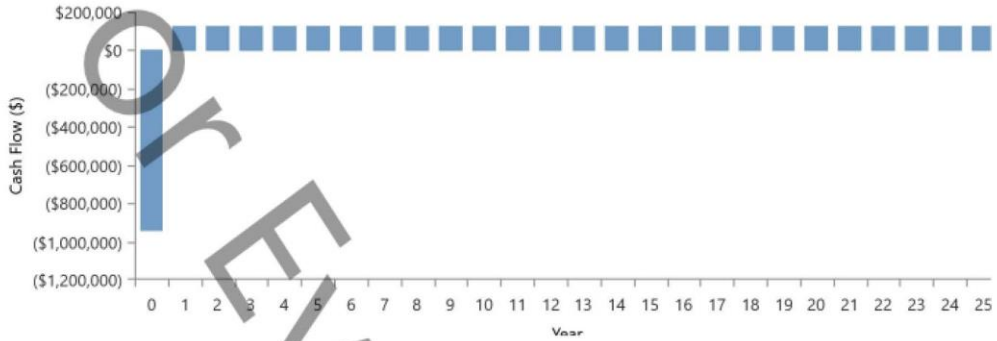
Discounted payback (yr): **N/A**

Simple payback (yr): **N/A**

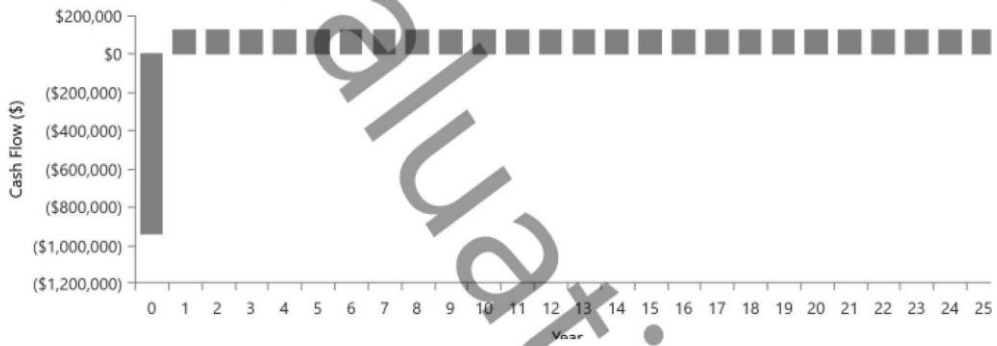
	Base Case	Current System
Net Present Cost	-\$1.67M	-\$1.67M
CAPEX	\$947,000	\$947,000
OPEX	-\$134,266	-\$134,266
LCOE (per kWh)	-\$0.0632	-\$0.0632
CO2 Emitted (kg/yr)	8,129	8,129
Fuel Consumption (L/yr)	0	0



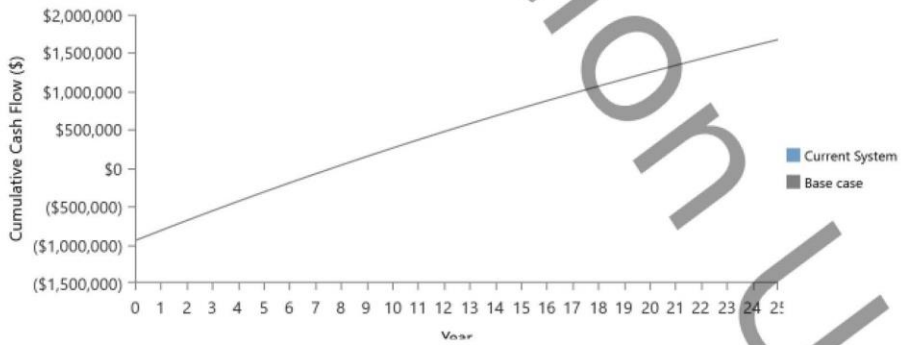
Current Annual Nominal Cash Flows



Base Case Annual Nominal Cash Flows



Cumulative Discounted Cash Flows



EK 6:HOMER ile Almanya için modellenen güneş sisteminin similasyon raporu



System Simulation Report



File: almanya.homer

Author: RE

Location: Unnamed Road, 01994 Schipkau, Germany (51°33.3'N, 13°58.3'E)

Total Net Present Cost: (\$715,363.30)

Levelized Cost of Energy (\$/kWh): -\$0.0222

Notes:



Table of Contents

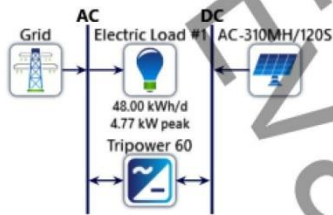
System Architecture	3
Cost Summary	4
Cash Flow	5
Electrical Summary	6
PV: Axitec AXIpremium HC	7
Converter: SMA Sunny Tripower 60	8
Grid: Grid	9
Compare Economics	11



System Architecture

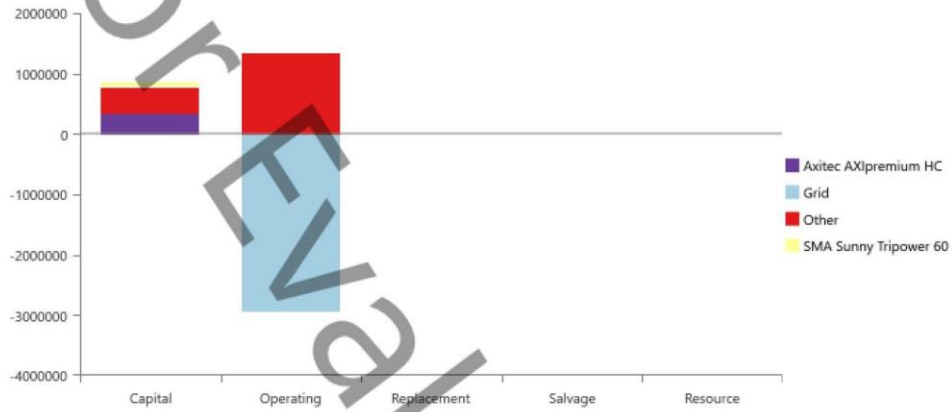
Component	Name	Size	Unit
PV	Axitec AXIpremium HC	1,000	kW
System converter	SMA Sunny Tripower 60	1,000	kW
Grid	Grid	999,999	kW
Dispatch strategy	HOMER Cycle Charging		

Schematic





Cost Summary



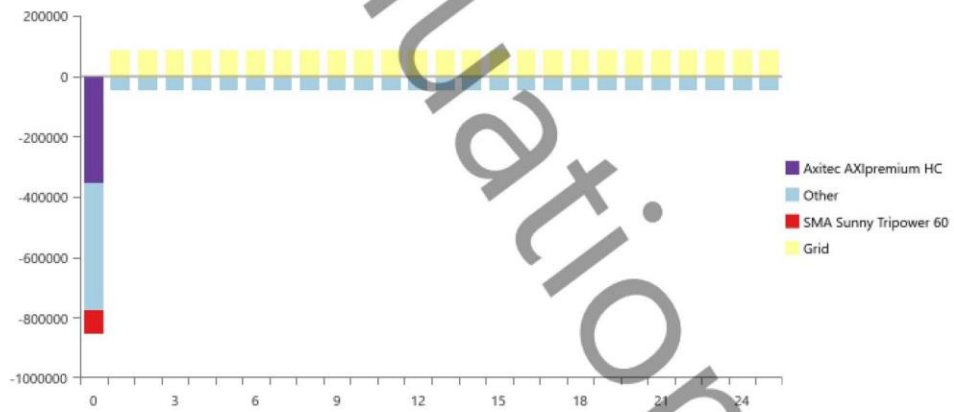
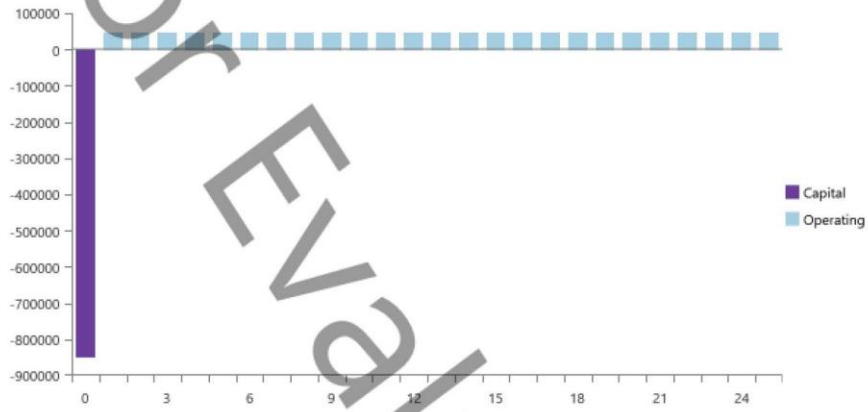
Net Present Costs

Name	Capital	Operating	Replacement	Salvage	Resource	Total
Axitec AXIpremium HC	\$354,860	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$354,860
Grid	\$0.00	-\$2.93M	\$0.00	\$0.00	\$0.00	-\$2.93M
Other	\$420,000	\$1.37M	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$1.79M
SMA Sunny Tripower 60	\$76,500	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$76,500
System	\$851,360	-\$1.57M	\$0.00	\$0.00	\$0.00	-\$715,363

Annualized Costs

Name	Capital	Operating	Replacement	Salvage	Resource	Total
Axitec AXIpremium HC	\$11,153	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$11,153
Grid	\$0.00	-\$92,240	\$0.00	\$0.00	\$0.00	-\$92,240
Other	\$13,200	\$43,000	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$56,200
SMA Sunny Tripower 60	\$2,404	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$2,404
System	\$26,757	-\$49,240	\$0.00	\$0.00	\$0.00	-\$22,483

Cash Flow





Electrical Summary

Excess and Unmet

Quantity	Value	Units
Excess Electricity	123	kWh/yr
Unmet Electric Load	0	kWh/yr
Capacity Shortage	0	kWh/yr

Production Summary

Component	Production (kWh/yr)	Percent
Axitec AXIpremium HC	1,021,988	99.1
Grid Purchases	9,570	0.928
Total	1,031,558	100

Consumption Summary

Component	Consumption (kWh/yr)	Percent
AC Primary Load	17,520	1.73
DC Primary Load	0	0
Deferrable Load	0	0
Grid Sales	996,544	98.3
Total	1,014,064	100



PV: Axitec AXIpremium HC

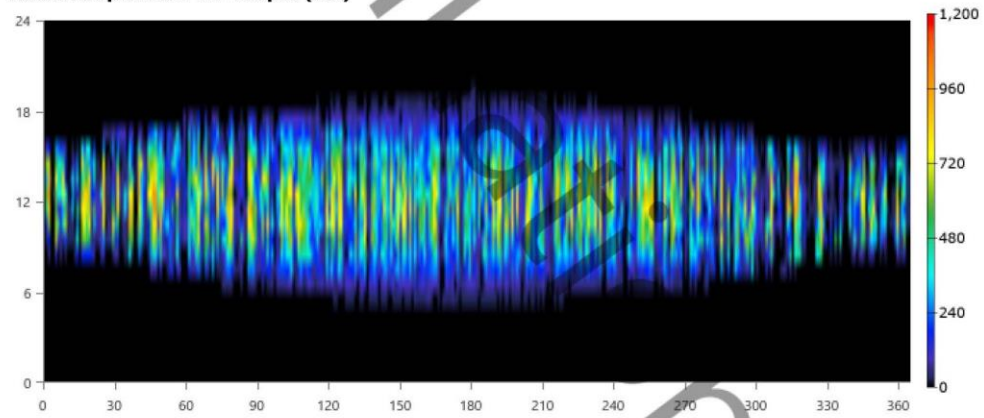
Axitec AXIpremium HC Electrical Summary

Quantity	Value	Units
Minimum Output	0	kW
Maximum Output	1,063	kW
PV Penetration	5,833	%
Hours of Operation	4,382	hrs/yr
Levelized Cost	0.0109	\$/kWh

Axitec AXIpremium HC Statistics

Quantity	Value	Units
Rated Capacity	1,000	kW
Mean Output	117	kW
Mean Output	2,800	kWh/d
Capacity Factor	11.7	%
Total Production	1,021,988	kWh/yr

Axitec AXIpremium HC Output (kW)





Converter: SMA Sunny Tripower 60

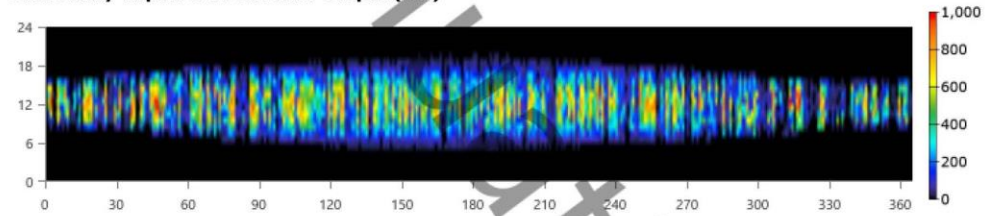
SMA Sunny Tripower 60 Electrical Summary

Quantity	Value	Units
Hours of Operation	4,382	hrs/yr
Energy Out	1,004,493	kWh/yr
Energy In	1,021,865	kWh/yr
Losses	17,372	kWh/yr

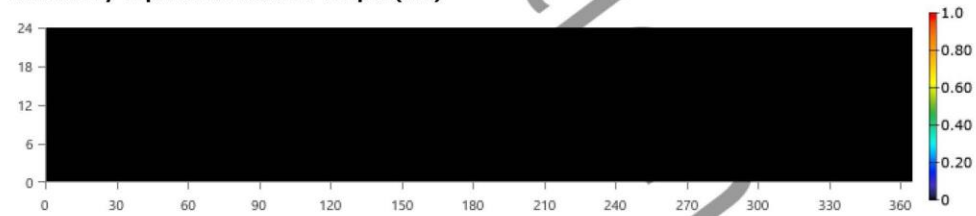
SMA Sunny Tripower 60 Statistics

Quantity	Value	Units
Capacity	1,000	kW
Mean Output	115	kW
Minimum Output	0	kW
Maximum Output	1,000	kW
Capacity Factor	11.5	%

SMA Sunny Tripower 60 Inverter Output (kW)



SMA Sunny Tripower 60 Rectifier Output (kW)





Grid: Grid

Grid rate: Demand 1

Month	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)	Net Energy Purchased (kWh)	Peak Demand (kW)	Energy Charge	Demand Charge
January	0	0	0	4.77	\$0.00	\$0.00
February	0	0	0	4.22	\$0.00	\$0.00
March	0	0	0	4.40	\$0.00	\$0.00
April	0	0	0	4.49	\$0.00	\$0.00
May	0	0	0	4.49	\$0.00	\$0.00
June	0	0	0	4.49	\$0.00	\$0.00
July	0	0	0	4.50	\$0.00	\$0.00
August	0	0	0	4.47	\$0.00	\$0.00
September	0	0	0	4.18	\$0.00	\$0.00
October	0	0	0	4.05	\$0.00	\$0.00
November	0	0	0	4.44	\$0.00	\$0.00
December	0	0	0	4.31	\$0.00	\$0.00
Annual	0	0	0	4.77	\$0.00	\$0.00

Grid rate: Rate 1

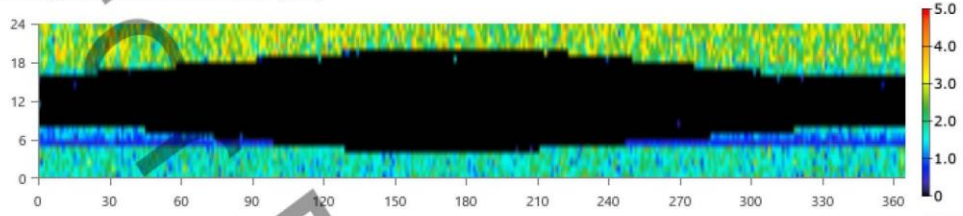
Month	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)	Net Energy Purchased (kWh)	Peak Demand (kW)	Energy Charge	Demand Charge
January	1,031	57,729	-56,698	0	-\$5,272	\$0.00
February	835	71,727	-70,892	0	-\$6,617	\$0.00
March	854	92,558	-91,704	0	-\$8,572	\$0.00
April	712	101,218	-100,506	0	-\$9,408	\$0.00
May	612	112,727	-112,115	0	-\$10,504	\$0.00
June	567	102,355	-101,788	0	-\$9,536	\$0.00
July	568	106,477	-105,909	0	-\$9,924	\$0.00
August	709	107,442	-106,733	0	-\$9,993	\$0.00
September	774	86,417	-85,643	0	-\$8,007	\$0.00
October	897	65,470	-64,573	0	-\$6,020	\$0.00
November	976	49,668	-48,692	0	-\$4,522	\$0.00
December	1,035	42,755	-41,721	0	-\$3,864	\$0.00
Annual	9,570	996,544	-986,973	0	-\$92,240	\$0.00

Grid rate: All

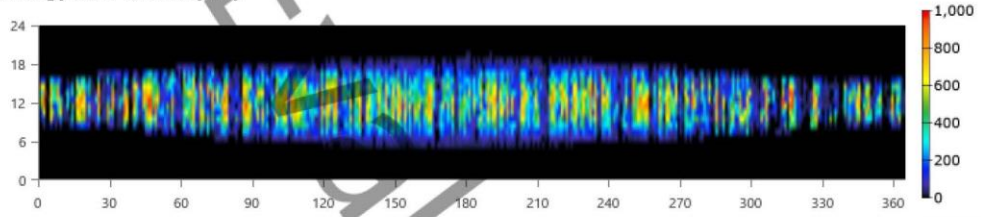
Month	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)	Net Energy Purchased (kWh)	Peak Demand (kW)	Energy Charge	Demand Charge
January	1,031	57,729	-56,698	4.77	-\$5,272	\$0.00
February	835	71,727	-70,892	4.22	-\$6,617	\$0.00
March	854	92,558	-91,704	4.40	-\$8,572	\$0.00
April	712	101,218	-100,506	4.49	-\$9,408	\$0.00
May	612	112,727	-112,115	4.49	-\$10,504	\$0.00
June	567	102,355	-101,788	4.49	-\$9,536	\$0.00
July	568	106,477	-105,909	4.50	-\$9,924	\$0.00
August	709	107,442	-106,733	4.47	-\$9,993	\$0.00
September	774	86,417	-85,643	4.18	-\$8,007	\$0.00
October	897	65,470	-64,573	4.05	-\$6,020	\$0.00
November	976	49,668	-48,692	4.44	-\$4,522	\$0.00
December	1,035	42,755	-41,721	4.31	-\$3,864	\$0.00
Annual	9,570	996,544	-986,973	4.77	-\$92,240	\$0.00



Energy Purchased From Grid (kW)



Energy Sold To Grid (kW)





Compare Economics

IRR (%): **N/A**

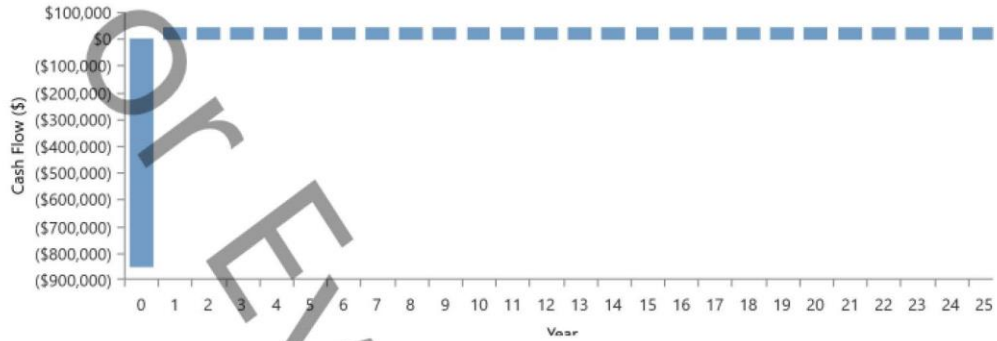
Discounted payback (yr): **N/A**

Simple payback (yr): **N/A**

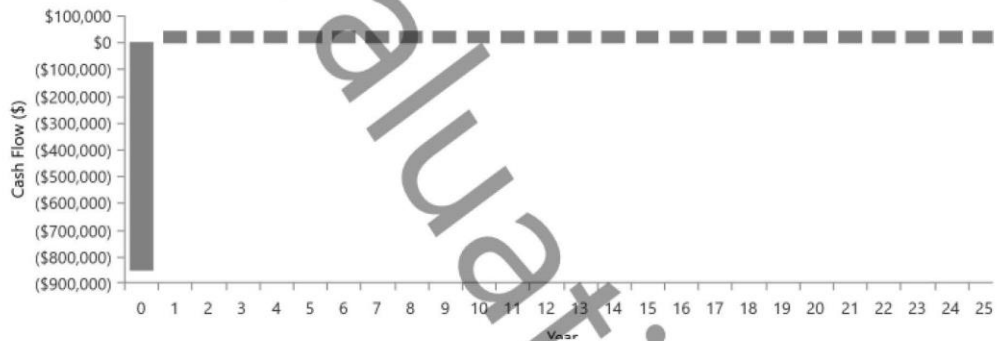
	Base Case	Current System
Net Present Cost	-\$715,363	-\$715,363
CAPEX	\$851,360	\$851,360
OPEX	-\$49,240	-\$49,240
LCOE (per kWh)	-\$0.0222	-\$0.0222
CO2 Emitted (kg/yr)	6,048	6,048
Fuel Consumption (L/yr)	0	0



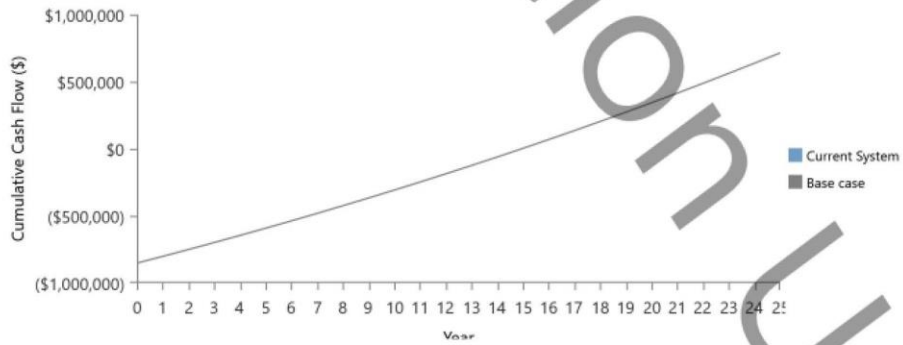
Current Annual Nominal Cash Flows



Base Case Annual Nominal Cash Flows



Cumulative Discounted Cash Flows



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Rıdvan ERKOÇ
Doğum Yeri	Gölköy
Doğum Tarihi	10.03.1991
Uyruğu	T.C.
Telefon	0 554 801 9859
E-Posta Adresi	ridvan_erkoc@hotmail.com



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Selçuk Üniversitesi
Fakülte	Mühendislik Fakültesi
Bölümü	Elektrik-Elektronik Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	2014
Yüksek Lisans	
Üniversite	Ordu Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Yenilenebilir Enerji Anabilim Dalı
Programı	
Mezuniyet Tarihi	
Doktora	
Üniversite	
Enstitü Adı	
Anabilim Dalı	
Programı	
Mezuniyet Tarihi	
Yayımlar	