T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ENDÜSTRİYEL ÇATI UYGULAMALI BİR GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİNİN TEORİK VE GERÇEK ZAMANLI ENERJİ ÜRETİM DEĞERLERİNİN İNCELENMESİ VE EKONOMİK ANALİZİ

Ömer ÇELEBİ

ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2019

T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ENDÜSTRİYEL ÇATI UYGULAMALI BİR GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİNİN TEORİK VE GERÇEK ZAMANLI ENERJİ ÜRETİM DEĞERLERİNİN İNCELENMESİ VE EKONOMİK ANALİZİ

Ömer ÇELEBİ

ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2019

Doç. Dr. Mehmet Tahir GÜLLÜOĞLU danışmanlığında, Ömer ÇELEBİ'nin hazırladığı **"Endüstriyel çatı uygulamalı bir güneş enerji santralinin teorik ve gerçek zamanlı enerji üretim değerlerinin incelenmesi ve ekonomik analizi"** konulu bu çalışma 07/10/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman : Doç. Dr. Mehmet Tahir GÜLLÜOĞLU .....

Üye : Dr. Öğrt. Üyesi Nurettin BEŞLİ .....

Üye : Prof. Dr. Abdullah YILDIZ..... .....

Bu Tezin Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Doç. Dr. İsmail HİLALİ
Enstitü Müdürü

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.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
ÇİZELGELER DİZİNİ v
KISALTMALAR ve SİMGELER DİZİNİ vi
1. GİRİŞ 1
1.1. Enerji kavramı ve önemi 1
1.2. Enerji kaynaklarının tarihsel gelişimi 3
1.3. Enerji kaynakları 5
1.3.1. Yenilenemez enerji kaynakları 6
1.3.1.1. Kömür 6
1.3.1.2. Petrol 7
1.3.1.3. Doğalgaz 7
1.3.1.4. Nükleer 7
1.3.2. Yenilenebilir enerji kaynakları 7
1.3.2.1. Güneş enerjisi 8
1.3.2.2. Jeotermal enerji 9
1.3.2.3. Biyokütle enerjisi 9
1.3.2.4. Dalga enerjisi 9
1.3.2.5. Hidroelektrik enerji 10
1.3.2.6. Rüzgâr enerjisi 10
1.4. Çalışmanın amacı ve kapsamı 10
1.5. Çalışmanın organizasyonu 11
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 12
2.1. Mikro şebekeler 13
2.2. FV sistemler 15
2.3. Enerji yönetim sistemleri 17
3. MATERYAL ve YÖNTEM 20
3.1. Güneş enerjisi 20
3.1.1. Güneş enerji sistemi 20
3.1.2. Fotovoltaik hücre 21
3.1.3. Fotovoltaik panel ve dizi 22
3.1.4. Fotovoltaik hücre eşdeğer devresi 23
3.1.5. Fotovoltaik hücre yapımında kullanılan malzemeler 26
3.1.6. Fotovoltaik evirici yapısı 27
3.1.7. Güneş enerjisi kullanım alanları 28
3.1.8. Güneş enerjisinin avantaj ve dezavantajları 29
3.2. Güneş enerjisi benzetim programları 29
3.3. PVSyst programı 31
3.3.1. Ön tasarım 32
3.3.2. Projede lokasyon seçimi 32
3.3.3. Projede sistemin belirlenmesi 36
3.3.4. Sonuçların elde edilmesi 38
3.3.5. Ekonomik değerlendirme 39
3.3.6. Karbon salınım analizi 39
3.4. Lisansız üretim yönetmeliğinin incelenmesi 40
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA 43
4.1. Adıyaman'da yenilenebilir enerji kaynakları 43
4.1.1. Adıyaman'da güneş enerjisi potansiyeli 43
4.1.2. Adıyaman'da rüzgâr enerjisi potansiyeli 45
4.2. PVSyst çalışmaları 48
4.2.1. Benzetim parametreleri 50

4.2.2. Gerçek zamanlı ölçümler 54
4.2.2.1. Nihai şebeke çıkışı ölçümü 54
4.2.2.2. Evirici çıkışı ölçümü 56
4.2.3. Sistem benzetimi ile gerçek zamanlı üretim değerlerinin karşılaştırılması 57
4.2.3.1. Nihai şebeke ölçümü karşılaştırılması 57
4.2.3.2. Evirici çıkış ölçüsünün karşılaştırılması 58
4.3. Sistem kayıplarının incelenmesi 58
4.4. Sistemin ekonomik analizi 59
4.4.1. Yatırım ve işletme maliyeti hesabı 59
4.4.2. LÜY Kapsamında elektrik satış birim fiyat tarifesi 61
4.4.3. Ekonomik açıdan sonuç değerlendirilmesi 61
4.4.4. Hibesiz duruma göre oluşacak ekonomik analiz senaryosu 64
4.4.5. Eski ve yeni LÜY kapsamında yeni fiyat tarifesine göre oluşacak ekonomik senaryo 66
4.5. Karbon salınım değerleri 67
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 68
KAYNAKLAR 70
ÖZGEÇMİŞ 73
EK 1… 74
EK 2… 75
EK 3… 76
EK 4… 77
EK 5… 78
EK 6… 79
EK 7… 80

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

**ENDÜSTRİYEL ÇATI UYGULAMALI
BİR GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİNİN TEORİK VE GERÇEK ZAMANLI ENERJİ ÜRETİM DEĞERLERİNİN İNCELENMESİ VE EKONOMİK ANALİZİ**

Ömer ÇELEBİ

**Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Doç. Dr. Mehmet Tahir GÜLLÜOĞLU
YIL: 2019, Sayfa: 80

Adıyaman/Kâhta; güneşlenme süresi ve radyasyon seviyesi bakımından oldukça yüksek olması nedeniyle enerji üretiminde önemli bir potansiyeli barındırmaktadır. Bu kapsamda Kâhta Organize Sanayi Bölgesi'nde imal edilen 177 kWp kurulu güçteki endüstriyel çatı üstü güneş enerji santrali, Ocak 2018'de devreye alınmış ve enerji üretimine başlamıştır. Bu çalışmada sanayi işletmeleri için çatı üstü GES projelendirilmesi, imalatının gerçekleştirilmesi ve uygulama ile teorik sonuçlarının analizi gerçekleştirilecektir. Tezde ilk olarak, Kâhta Organize Sanayi Bölgesinde faaliyet gösteren endüstriyel çatı uygulamalı ve şebeke bağlantılı bu sistemin PVSyst programıyla benzetimi gerçekleştirilmiştir. Programa bölgenin meteorolojik değerleri ve tesisin koordinatları girilerek "Fotovoltaik" sistemin teorik üretim miktarları hesaplanmıştır. Bunun yanı sıra sistemin performans değerleriyle sistemden oluşan kayıp değerleri incelenmiş ve şebekeye verilecek net üretim miktarları belirlenmiştir. Ardından otomatik sayaç okuma sistemi yardımıyla çeşitli zamanlarda nihai ve inverter çıkışı üretim miktarları ölçülmüştür. Yapılan bu ölçümlerde teorik değerlerle gerçek zamanlı değerlerin birbirine yakın olduğu incelenmiş, bu kayıplar hakkında geniş bilgiler verilmiştir. Sonuç olarak PVSyst programı ile analiz edilen teorik üretim miktarları ile gerçek zamanlı üretim miktarlarının birbirine çok yakın değerler olduğu bu nedenle ileride kurulacak endüstriyel güneş enerji santralleri için fizibilite çalışmalarında kullanılabilecek sonucuna varılmıştır. Ayrıca yapılan ekonomik değerlendirmede enerji birim fiyatının 0,077$/kWh ve yatırım geri ödeme süresinin ise 2,3 yıl olduğu sonucuna varılmıştır. Yıllık 112,03 ton, sistemin ömrü boyunca toplam 3.360,77 ton karbon salınımı engellenecektir.

ANAHTAR KELİMELER: Fotovoltaik, Güneş Enerjisi Santrali, PVsyst

ABSTRACT

MSc Thesis

INVESTIGATION AND ECONOMIC ANALYSIS OF REAL TIME AND THEORETICAL PRODUCTION VALUES IN AN INDUSTRIAL ROOF APPLIED SOLAR POWER PLANT

Ömer ÇELEBİ

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Electrical Electronics Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Mehmet Tahir GÜLLÜOĞLU
Year: 2019, Page: 80

The duration of sunshine and the high level of radiation have a significant potential in energy production in Adıyaman 's Kâhta district. Within this scope, the 177 kWp installed industrial roof-mounted solar power plant manufactured in the Kâhta Organized Industrial Zone of the Incorporated was commissioned in January, 2018 and started to produce electricity. In this study, it is aimed to design, manufacture and analyze the application and theoretical results of the roof-top PV project for industrial enterprises. In this thesis, firstly, this system with industrial roof application and network connected system which is operating in Kâhta Organized Industrial Zone is simulated with PVSyst program. By entering the meteorological values of the region and the coordinates of the plant, the theoretical production amounts of the photovoltaic system were calculated. In addition, the performance values of the system and the losses generated from the system were examined and the net production amounts to be given to the network were determined. Subsequently, the final and inverter output production quantities were measured at various times with the help of automatic meter reading system. In these measurements, it was examined that the theoretical values and real-time values were close to each other and extensive information was given about these losses. As a result, it is concluded that theoretical production quantities and real-time production quantities analyzed by PVsyst program are very close to each other and therefore can give real results for future industrial solar power plants. In addition, it was concluded that the unit price of energy was 0.077 $/kWh and the payback period was 2.3 years. 112.03 tons of carbon emissions per year will be prevented.

KEY WORDS: Photovoltaic, Solar Power Plant, PVsyst

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezimin yapılmasında başta emeği olan ve bana her aşamada yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Mehmet Tahir GÜLLÜOĞLU ile ders dönemimde emeklerini gördüğüm bölüm hocam ve jüri üyem Sayın Dr. Öğr. Üyesi Nurettin BEŞLİ, araştırmacılarımıza, ders arkadaşlarıma ayrıca PVSyst yazılım programlarında bana benzetim sonuçları için yardımcı olan REGES enerji şirketinin değerli yöneticilerine bana maddi-manevî desteklerini esirgemeyen ve her zaman desteklerini hissettiğim eşime, oğluma, kardeşlerime, yeğenlerime, enişte lerime ve anneme teşekkür ediyorum.

Merhum babama da sevgi ve özlemle…

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Elektrik enerjisine dönüşüm 1
Şekil 1.2. Enerji kaynaklarının sınıflandırılması 6
Şekil 1.3. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü sitesinden alınan toplam güneş radyasyonu.... 9
Şekil 2.1 1970-2030 yılları arasında dünyanın enerji talep ve tahmini 12
Şekil 2.2. FV sistem teknolojileri: (a) Geleneksel FV teknolojisi, (b) Yeni nesil FV teknolojisi 17
Şekil 3.1. Fotovoltaik hücrenin içyapısı 22
Şekil 3.2. Fotovoltaik hücrelerin birleşmesi 22
Şekil 3.3 Seri bağlı 72 hücreye sahip bir FV panel 23
Şekil 3.4. Fotovoltaik hücre 24
Şekil 3.5. Fotovoltaik hücre eşdeğer devresi 24
Şekil 3.6. Belirli bir güç için farklı tip hücre boyutlarını gösteren resim 26
Şekil 3. 7 FV evirici yapıları: (a) Merkezi evirici yapısı, (b) String ve multistring evirici yapısı ve (c) Modül-entegre yapı 27
Şekil 3.8 İnverter teknolojisine genel bir bakış 28
Şekil 3.9 PVSyst giriş ekranı penceresi 31
Şekil 3.10. Ön tasarım penceresi 32
Şekil 3.11. PVSyst programı araçlar penceresi 33
Şekil 3.12. PVSyst programında lokasyon seçim penceresi 34
Şekil 3.13. PVSyst programında coğrafi koordinat penceresi 35
Şekil 3.14. PVSyst programında aylık meteorolojik veri penceresi 36
Şekil 3.15. PVSyst programı panel yönelimi belirleme penceresi 37
Şekil 3.16. PVSyst programı panelim yönelim eğim açısı belirleme penceresi 37
Şekil 3.17. FV sistemin yük tanımlama penceresi 38
Şekil 3.18. Santral için yapılan ekonomik değerlendirme penceresi 38
Şekil 3.19. Karbon salınımı analiz penceresi 40
Şekil 4.1. Endüstriyel tesisin çatıda uygulanması planlanan teorik GES yerleşkesi ve uygulaması 43
Şekil 4.2. Adıyaman ilinin Güneş Enerjisi Potansiyel Haritası 44
Şekil 4.3. Adıyaman Kahta'nın aylık ortalama güneş radyasyon verileri ve netlik indeksi 45
Şekil 4.4. Adıyaman'da 50 m yükseklikte rüzgâr hız dağılımı 46
Şekil 4.5 Adıyaman Kahta'nın yıllık rüzgâr hız dağılım profili 47
Şekil 4.6. Adıyaman Kâhta'nın rüzgâr hız olasılık yoğunluk fonksiyonu 48
Şekil 4.7. Günlük Ortalama Rüzgar Hız Değişimlerinin Aylara Göre Değişimi 48
Şekil 4.8. PVSyst ara yüzü 49
Şekil 4.9. PVSyst'te benzetim bileşenlerinin seçilmesi 49
Şekil 4.10. PVSyst sonuçlar menüsü 50
Şekil 4.11. Normalize edilmiş üretim ve kayıp değerleri 51
Şekil 4.12. Ay bazında performans oranları gösterilmiştir. 52
Şekil 4.13. Yıl boyunca oluşan kayıp diyagramı 54
Şekil 4.14. GPRS tabanlı Makel marka Wport 2 modem 55
Şekil 4.15. Makel OSOS'un ara yüzü 56
Şekil 4.16 Evirici çıkışı ölçü panosu 57
Şekil 4.17. Sistem için yapılan ekonomik değerlendirme veri giriş penceresi 61
Şekil 4.18. Sistem için yapılan ekonomik değerlendirme sonuç penceresi 62
Şekil 4.19. Yıllara göre net kâr oranı 63
Şekil 4.20. Kümülatif nakit akışı 63
Şekil 4.21. Gelir dağılımı 64
Şekil 4.22. Hibesiz-Yıllara göre net kâr oranı 65
Şekil 4.23. Hibesiz-Kümülatif nakit akışı 65
Şekil 4.24. Hibesiz-Gelir dağılımı 66

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 4.1. Adıyaman iline kurulabilecek rüzgâr enerjisi santralı güç kapasitesi 46
Çizelge 4.2. Benzetim parametreleri 50
Çizelge 4.3. Şebeke bağlantılı GES santralinin benzetim parametreleri 51
Çizelge 4.4. Enerji üretimi ile ilgili ana sonuçlar 53
Çizelge 4.5. Ekonomik analiz için hesaplanan veriler.....60

KISALTMALAR ve SİMGELER DİZİNİ

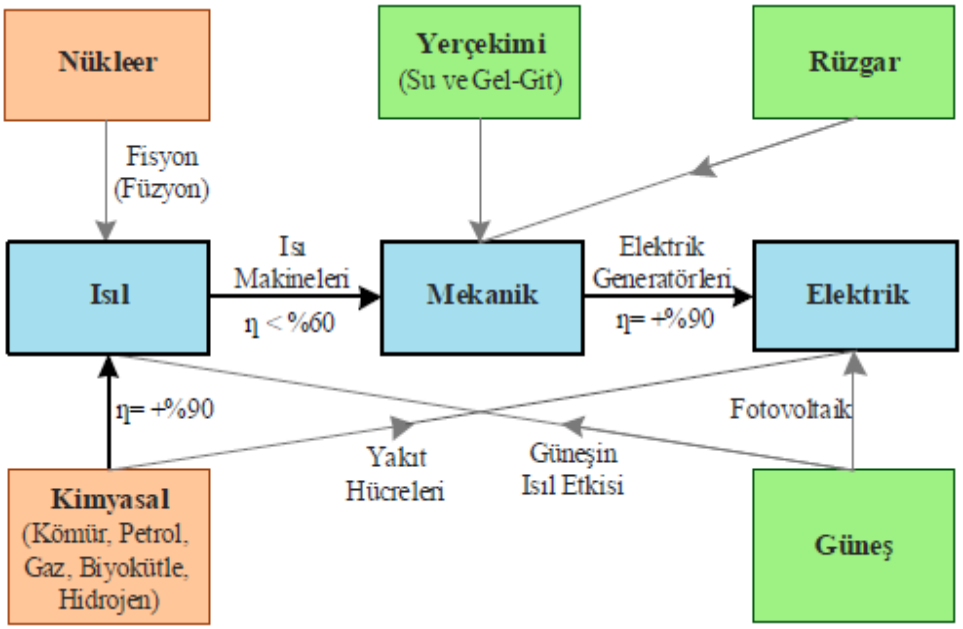
AM	:	Air mass, hava kütlesi
ASI/McSi	:	Amorf silikon/ Micro kristal silicon
AWG	:	American wire gauge
CIS	:	Bakır-Indiyum-Selenid
CSP	:	Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemleri
DA	:	Doğru akım
GES	:	Güneş enerji santrallerinde
InvLoss	:	İnverter kayıpları
m	:	Metre
NEC	:	National electrical code
OhmLoss	:	Kablo kayıpları
OSOS	:	Otomatik Sayaç Okuma Sistemi
PV	:	Fotovoltaik
STK	:	Standat test koşulları
DER	:	Distrubuted Energy Resources - Dağıtılmış Enerji Kaynakları
LÜY	:	Lisansız Üretim Yönetmeliği
EPDK	:	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
MGNA	:	Maksimum Güç Noktası Akımı

1. GİRİŞ

1.1 Enerji kavramı ve önemi

Akçalı (2001) tarafından ifade edildiğine göre; bir ülkede ekonomik anlamda gelişmişlik ve kalkınmışlığın en büyük göstergesinin enerji üretimi ve tüketimi ile değerlendirilebilir. Fosil yakıtlı enerji kaynaklarının zamanla tüketilmesi ve çevreye olan zararından ötürü alternatif enerji kaynaklara arayışı hızlandırmıştır. Alternatif enerji kaynaklarının en önemlisi de güneş enerjisi oluşturmaktadır. Güneş enerjisi ve buna bağlı geliştirilecek yeni teknolojiler kullanım oranını arttıracaktır.

Enerji, varlığın en temel kavramlarından biridir ve dünya da enerjiye olan talep giderek artmaktadır. Halihazırda kimyasal (fosil yakıtlar), nükleer, yer çekimi (su ve gel-git), rüzgâr ve güneş gibi var olan enerji türlerinden elektrik enerjisi elde edilmektedir. Günümüzde elektrik enerjisinin elde edilmesiyle ilgili blok şema Şekil 1.1'de gösterildiği gibidir. (Freris, Infield, 2008)



Şekil 1.1: Elektrik enerjisine dönüşüm

Gelişen teknoloji ve endüstriyel üretimle birlikte tüketilen enerji sürekli artış göstermektedir. Beraberinde enerji krizi ihtimali giderek artmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), dünyada enerjiye olan ihtiyacın 2030 yılına kadar %55 oranında artış göstereceğini ve bu artışta fosil yakıtların %84'lük bir paya sahip olacağı tahmininde bulunmaktadır (Goldthau, 2008). Fosil kaynaklı temel enerji kaynaklarının tükenmekte olması, iklim değişikliğine bağlı küresel ısınma enerjide alternatif kaynakları önemini son derecede arttırmaktadır.

Alternatif enerji kaynaklarına güneş, rüzgâr, jeotermal, dalga enerjisi örnek olarak verilebilir. Alternatif enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisi, güneşte meydana gelen füzyon olaylarının bir sonucudur. Bu füzyon olayları sonucu ortaya çıkan ışıma güneş enerjisi olarak adlandırılır. Güneş ışığının yaklaşık yarısı dünya yüzeyini kaplayan atmosfer tabakasını geçerek yeryüzüne ulaşır. Yeryüzünde sıcaklığın artması canlı hayatın devamını mümkün kılar. Dünya yüzeyindeki sıcaklık değişimleri nedeniyle rüzgâr oluşumu ve/veya okyanus hareketleri meydana gelir. Güneş enerjisinin miktarı atmosfer dışında yaklaşık 1370 W/m^2 iken yeryüzüne erişebilen 0 ila 1100 W/m^2 arasındadır. Bu bağlamda yeryüzüne erişebilen enerji miktarının küçük bir kısmı bile tüketilen enerji miktarından oldukça fazla olduğu söylenebilir. Literatür, 1970'li yıllardan sonra güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde etme çalışmalarının arttığını göstermektedir. Çevre dostu bir teknoloji olan güneş enerjisi sistemleri ya da diğer adıyla fotovoltaik (FV) sistemler, teknolojinin ilerlemesi ile maliyet ve finans açısından düşüşe geçmiştir.

Evrendilek ve ark. (2003) yaptıkları çalışmaya göre 1990'lı yıllarda yayımlanan eserlerde, genellikle 2020-2050 yılları arasındaki dünya koşullarının öngörülmeye çalışıldığını ifade etmektedir. Yine çalışmasına göre bu yıllarda ihtiyaç duyulacak enerji miktarına ve bu enerjinin üretiminden doğacak olan çevre kirliliğine karşı alınabilecek önlemlerin daha doksanlı yıllardan itibaren konuşulduğunu literatürden takip edebildiklerini söylemektedir.

Enerjideki ihtiyacımızın artması kesintilere sebep olabilmektedir. Bu durum enerjinin uzun mesafelere taşınması durumunda güç kaybından, artan enerji

ihtiyacına karşın yeterli yatırımın olmamasından ve dengesiz güç dağılımından vb. gibi ekonomik ve/veya fiziksel nedenlerle açıklanabilir. Dolayısıyla şebeke güvenliğinin sağlanması için daha yoğun bir analiz gereklidir (Moslehi, Kumar, 2006.). Bu bağlamda Dağıtık Enerji Kaynakları (Distributed Energy Resources) (DERs) kullanılmaya başlanmıştır. FV sistemler bu kaynaklardan biri olarak düşünülebilir. DERs'lerin şebeke bağlantıları sırasında meydana gelebilecek problemler ayrıntılı olarak analiz edilmediği takdirde tesis, sistem ve tüketici için sorunlar oluşturmaktadır (Basso, DeBlasio, 2004).

Sayın (2006)'a göre; enerji dünyada yaşayan tüm canlılarun ortak ve ve en önemli sorunlarından biri olduğunu ifade etmektedir. Enerji ihtiyacının birçok nedenden ötürü günden güne arttığını, üretim ve tüketim arasındaki farkın da gün geçtikçe açıldığını belirtmiştir. Bu nedenlerin başlıcalarının nüfus artışı, teknolojik gelişmeler, sanayileşme ve insanların yaşam konforu olduğunu ve bugün, enerji sorunun her ülkenin yaşadığı bağımsız bir sorun olmaktan çıkmış küresel bir sorun halini aldığını ifade etmektedir.

Çelik (2002) tarafından yapılan çalışmada; dünya genelinde meydana gelen çevresel problemlerin en önemli bir kısmı fosil kaynakların tüketilmesi sonucu oluşturduğunu ve bu neticede ortama yayılan zararlı gazlar hem çevre kirliliği oluşturmakta hem de insan sağlığına zarar verdiğini açıklamıştır. Bu etkilerler beraber küresel ısınma, suların ve toprağın kirlenmesi, bitki örtüsünün zarar görmesi, asit yağmurları, çölleşme ve biyolojik çeşitlilikte azalmalar gibi etkilerin de olduğu sonucuna varmıştır. Ekolojik dengenin bozulmasında en belirgin sebep olarak fosil kaynaklı yakıtların büyük miktarlarda kullanılması gösterilmektedir.

1.2 Enerji kaynaklarının tarihsel gelişimi

Enerji kaynaklarının tarihsel gelişimine baktığımızda farklı yöntem ve metotlardan enerji kullanımına rastlamak mümkündür. Daha çok hayvansal enerjiden yararlanıldığı bilinmektedir. Yeni icat ve buluşlarla gelişen insanlık tarihi ateşin icadıyla enerji ihtiyacı karşılanmaya başlandı. Ateşin yakılması ile ilk enerji odunun

yakılması ile sağlandı. Biyokütle yani odunun enerji ihtiyacı için kullanılması enerjinin tarihsel gelişimi konusunda çığır açıcıdır. Daha sonra insanlık tarihinin yerleşik hayata geçişinde sonra suyun gücünden yararlanarak enerji ihtiyacını karşılamaya başlandı. İnsanlık tarihi daha sonra da rüzgârı enerji temininde kullanmaya başladı. Deniz ulaşımı, gemiler rüzgâr enerjisinden faydalanılarak insanlık tarihi için önemli bir adım atılmıştı.

Güneş enerjisi tarihine baktığımzıda ilk olarak, 1860'ta Fransa'da kullanılmaya başlamıştır. Daha çok jeotermal kaynaklar, ısıtma ağırlıklı olarak ve yel değirmenleri ile birlikte elektrik üretimi amaçlı kullanılmaya başladı. Daha sonra Amerika'da ilk petrol yatakları bulundu. Buna bağlı olarak benzin, fuel-oil gibi yan ürünler tüm alanlarda kullanılmaya başlandı. Türkiye'de ise elektrik ilk olarak 1914'te İstanbul'da kullanılmaya başlandı.

Türkiye enerji potansiyeli konum ve lokasyon itibari ile pek çok dünya ülkesine göre avantajlı durumdadır. 1966 ve 1982 yılları arasında Devlet Meteoroloji İşletmesindenalınan "güneş alma süresi ve ışık miktarı" bilgileri ile yapılan çalışmada; ülkemizin güneş alma süresi günde yaklaşık 7.2 saatten yıllık toplam 2640 saat, ışık miktarı ise günde yaklaşık 3.6 kWh/m^2'den yıllık toplam 1311 kWh/m^2 olduğu belirtilmiştir. DMİ verilerine göre, ülkemizin 2008 yılına ait güneş enerji haritası açıklanmış ve bu harita Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ)'nin internet sayfasında yayımlanmıştır. 2008 yılından sonra yapılan güneş alma süresi ve ışık miktarı ölçümleri; yıllık güneş alma süresi yaklaşık 2740 saat, günlük ışık miktarı yaklaşık 4.17 kWh/m^2 olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca ülkemiz en çok haziran en az aralık ayında güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretebilmektedir. Literatür, ülkemizde bölgesel farklılıklar olsa da güneş enerjisi yatırımlarının yapılabileceği 4.600 km^2'lik uygun bir alanın bulunduğunu göstermektedir (E.İ.E.İ.G. 1997; Bedeloğlu, Demir, Bozkurt, 2010)

1.3 Enerji kaynakları

Birlikbaş (2001) yaptığı çalışmaya göre, enerjinin kimyasal, ısı, mekanik ve elektirk enerjisi olarak dört temel şekilde kullanıldığını ve her maddenin bileşiminde, iş yapabilecek gücün olduğunu söylemektedir. Enerji kaynakları çok değişik biçimlerde sınıflandırılabiliceğini bunlardan daha çok kullanılabilirliğine ve yenilenebilirliğine göre yapılan sınıflandırma yaygın olduğunu ifade etmektedir. Bu çalışmaya göre enerji kaynakları; birincil yani konvansiyonel enerji kaynakları ve ikincil yani dönüştürülmüş enerji kaynakları olmak üzere iki grupta incelenmektedir.

Öner (2007) ifadesine göre, alternatif enerji kaynaklarının çoğunun yenilenebilir olarak kabul edileceğini ancak hepsi için geçerli olamayacağını söylemektedir. Örnek olaraksa odun ve jeotermal güç yenilenemez birer enerji kaynağı olduğunu buna karşılık ise hidroelektrik gücün yenilenebilir olmasına rağmen alternatif enerji kaynağı olarak kabul edilmeyeceğini ifade etmektedir.

Dünyada bulunan enerji kaynakları, meydana gelişlerine bağlı olarak yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Şekil 1.2'de enerji kaynaklarının sınıflandırılması gösterilmiştir.



Şekil 1.2. Enerji kaynaklarının sınıflandırılması

1.3.1 Yenilenemez enerji kaynakları

Yenilenemez enerji tükenebilir enerji demektir. Bu enerji kullanımı yakıldığı zaman çevreye zararlı atıklar bırkatığından insan sağlığı ve çevre için son derece zararlıdır.

1.3.1.1 Kömür

Kömür bilinen en eski enerji kaynağı olarka sınıflandırılabilir. Tarihte buharla çalışan makinelerin icadından sonra kömür kullanımında kayda değer artışlar meydana gelmiştir. Özellikle termik santrallerde elektrik enerjisi üretmek için kömür kullanımı yaygındır. Enerji tüketim ve yoğunluğu noktasında Türkiye ortalamasında bir hayli yüksektir.

1.3.1.2 Petrol

Petrol üretimi dünya genelinde ilk olarak 1900'lü yıllarda başlamıştır. Petrol, fosil yakıtlar arasında çok önemli bir yere sahiptir. Hem petrolün yakılması ile elektrik üretilir. Ayrıca araçlar için en büyük yakıt kaynağı pertroldür.

1.3.1.3 Doğalgaz

Doğalgaz fosil enerji kaynakları içerisinde çok önemli bir enerji kaynağıdır. Türkiye'de doğalgaz çevrim santrallerinden yoğun elektrik üretimi gerçekleştiğinden son derece önemlidir.

Doğalgaz ilk olarak 1950'li yıllarda kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca araştırmalara göre dünyada 120 yıllık doğalgaz Yıllık tüketilen doğalgaz mzervinin olduğu söylenmektedir.

1.3.1.4 Nükleer

Nükleer enerji, yenilenemez enerji kaynakları arasında yer almaktadır. Bilinmelidir ki nükleer enerji fosil yakıt değildir. İlk nükleer enerji çalışmaları 1950'li yıllarda yapılmıştır. Nükleer santrallerdeki verim oldukça yüksektir. Örnek olarak bir ton uranyum kullanılarak elde edilen enerji miktarı, 20 bin ton kömür ile elde edilen enerji miktarı ile eşdeğerdir. Ancak bu Nükleer santrallerin radyoaktif olmasından ülkeler için risk oluşturmaktadır. Olası bir sızmada canlı yaşamına ve çevreye çok büyük ve kalıcı hasarlara sebebiyet vermektedir.

1.3.2 Yenilenebilir enerji kaynakları

Akaydın (2005) yaptığı çalışmaya göre, yenilenebilir enerji, enerji kaynağından alınan enerjinin eşit oranda veya kaynağın tükenme hızından daha çabuk bir şekilde kendini yenileyebilen enerji kaynağı şeklinde tanımlar.

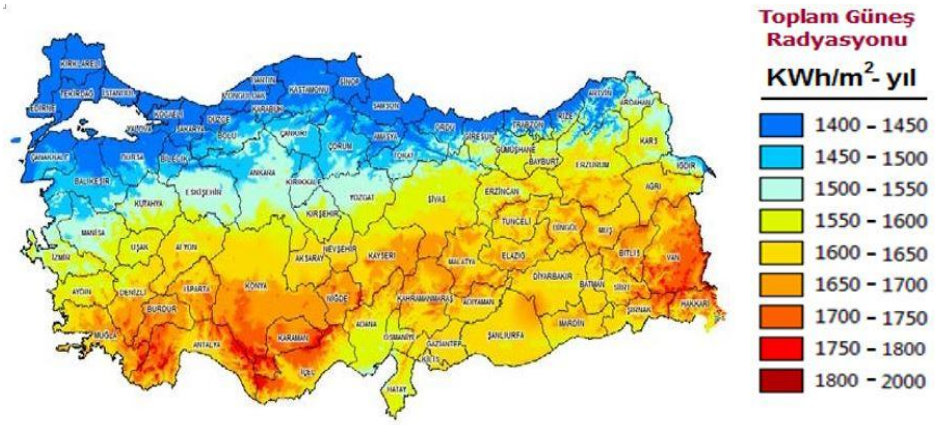
Altın (2002) ifadesince yenilenebilir enerjilerin kömür, petrol, doğalgaz vb. enerjilerden farklı olarak bitip tükenme gibi risklerinin olmadığını ve sonsuz bir kaynağa sahip olduğunu söylemektedir. Ayrıca yenilenebilir enerjinin yenilenemez yani fosil yakıtlara göre avantajı, canlı ve doğa dostu olmasıdır.

Kumbur ve ark. (2005) yaptığı çalışmaya göre, dünyadaki fosil yakıt rezervlerinin giderek tükenmesi sebebiyle yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini arttığını ve yenilenebilir enerji kaynaklarının, sürdürülebilir olmasıyla beraber her yerde bulunabilmesi de kaynak açısında büyük bir öneme sahip olduğunu ifade etmektedir. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynaklarının çevreye olan etkileri, fosil kaynaklara göre çok daha azdır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarını güneş, rüzgâr, jeotermal, biyokütle, okyanus, hidro ve hidrojen enerjileri şeklinde sıralayabiliriz.

1.3.2.1 Güneş enerjisi

Kumbur ve ark. (2005) ifadesine göre, güneş enerjisi; güneşten dünyamıza gelen, atmosfer dışında şiddeti sabit 1370 W/m2 olan ve ayrıca yer yüzeyinde 0-1100 W/m2 değerleri arasında ölçülebilen yenilenebil enerji kaynağı olduğunu söylemektedir. Türkiye'nin yıllık güneşlenme süresinin ortalama 2640 saat olduğunu ve max. Güneşlenme süresinin 362 saat ile Temmuz ayının, min. güneşlenme süresinin ise 98 saat ile Aralık ayı olduğu incelenmiştir. Türkiye'nin güneş potansiyeli açısından oldukça zengin bir ülke olduğunu, yıllık ortalama güneş enerjisi 1.315 kWh/m² olduğunu, Türkiye'nin tüm yüzeyine gelen enerji miktarının ise 1025·1012 kWh olduğunu ifade etmektedir. 3. Bölümde güneş enerjisi sistemleri ile ilgili detaylı açıklamalar yapılacaktır. Şekil 1.3'te Türkiye'nin güneş enerji potansiyel atlası görülmektedir.



Şekil 1.3. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü sitesinden alınan toplam güneş radyasyonu.

1.3.2.2 Jeotermal enerji

Denizhan (2008) yaptığı çalışmaya göre, jeotermal enerji, yerin en ince olduğu yerlerden çıkan sıcak sulara ve gayzerlere dayalı yenilenebilir bir enerji türüdür. Jeotermal enerji kaynağını, 1.500-10.000 m ortalama derinliklere yaklaşan magmanın yeraltı sularını ısıtmasından aldığını ifade etmektedir. Elektrik enerjisi üretimi için ise uygun sıcaklıkların az da olsa rastlanmakla olduğunu, dünyada halen 6 000 MW kurulu jeotermal enerji kapasitenin olduğunu söylemektedir.

1.3.2.3 Biyokütle enerjisi

Biyokütle enerjisi, fotosentez yolu ile bitkilerin güneş enerjisini kimyasal enerjiye çevirerek depolanması neticesinde oluşan biyolojik kütle enerjisidir.

1.3.2.4 Dalga enerjisi

Dalga enerjisi, rüzgârın okyanus ve deniz yüzeylerinde yaptığı hareketler sonucu suyun dalgalanma harketinden üretilen yenilenebilir enerjidir. Dalga enerjisinden elektrik üretebilmek için birçok metot vardır. Bunlar, dalga çiti, gel-git, deniz suyu salınımı, deniz suyu ısıl enerji kazanamı, akıntı ile enerji sistemleridir.

1.3.2.5 Hidroelektrik enerji

Barajlarda biriken suyun, elektrik üreten santralleri (tirbünler, alternatörler) çalıştırması sonucu oluşan enerjiye hidroelektrik enerji denir. Hidroelektrik enerji yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemlisidir. İşlevsel olarak ele alındığında hidroelektrik enerjisi barajlarda biriken su dikey dik borulardan aşağıya akar ve türbinleri çevirir, bu türbinlere bağlı olan alternatörlerde de elektrik üretimi gerçekleşir. Dünya genelinde yaygın olarak hidroelektrik santrallerinden elektrik üretimi gerçekleşirken bu oran Türkiye'de oldukça yüksek değerde olan yenilenebilir enerji kaynağıdır.

1.3.2.6 Rüzgâr enerjisi

Rüzgâr enerjisi, rüzgârın sahip olduğu hava akımının sahip olduğu ve enerjiye dönüştüren hava hareketidir. Yenilenebilir enerji kaynakları kategorisinde önemli yere sahip olan rüzgâr enerjisi hızlı gelişen teknolojisi ile yaygın bir şekilde ülkemizde de kullanılmaktadır. Rüzgâr tribünü rüzgârdaki kinetik enerjiyi mekanik enerjiye daha sonra elektrik enerjisine çevirir. Bir rüzâr tribün sisteminde jeneratör, kule, hız dönüştürücüleri, elektrik ve elektronik komponenentler beraber pervaneden oluşur.

1.4 Çalışmanın amacı ve kapsamı

Ülkemizde yenilenebilir enerji kaynağı olarak güneş santrallerinin kurulumu gün geçtikçe artmaktadır. Bu bağlamda Adıyaman/Kâhta ilçesinde güneşlenme süresi ve radyasyon seviyesinin yüksek olması, enerji üretiminde de önemli bir potansiyeli olduğu sonucuna varılabilir. Bu kapsamda Kâhta Organize Sanayi Bölgesi'nde bir fabrika tarafından imal edilen 177 kWp kurulu güçteki endüstriyel çatı üstü güneş enerji santrali Ocak 2018 tarihinde devreye alınarak elektrik üretimine başlamıştır. Bu bakımdan çalışmanın amacı devreye alınan bu FV santralin ya da dağıtılmış enerji kaynaklarının (distributed energy resources - DER) uygulama ve benzetim sonuçlarının karşılaştırılmasıdır. Ayrıca farklı senaryolar ile sanayi bölgesinde

bulunan işletmelerin enerji ihtiyacını karşılama bakımından enerji verimliliği ve ekonomik analizi yapılmasıdır.

Dolayısıyla bu tez çalışmasında Kâhta Organize Sanayi Bölgesinde kurulumu tamamlanıp devreye alınan endüstriyel çatı uygulamalı ve şebeke bağlantılı güneş enerji santralinin tesisten önce PVSyst programı ile benzetimi yapılmıştır. Bu program yardımıyla bölgenin meteorolojik değerleri ve tesisin koordinatları alınarak FV sistemin üretim miktarları hesaplanmıştır. Bununla birlikte, sistemin performans değerleri ile sistemden oluşan kayıp değerleri de analiz edilerek şebekeye basılacak net üretim miktarları incelenmiştir. Daha sonra devreye alınan sistemin Otomatik Sayaç Okuma Sistemi (OSOS) yardımıyla gerçek zamanlı üretim miktarları alınarak benzetim sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca sistem için ekonomik değerlendirme yapılarak çeşitli önerilerde bulunulmuştur.

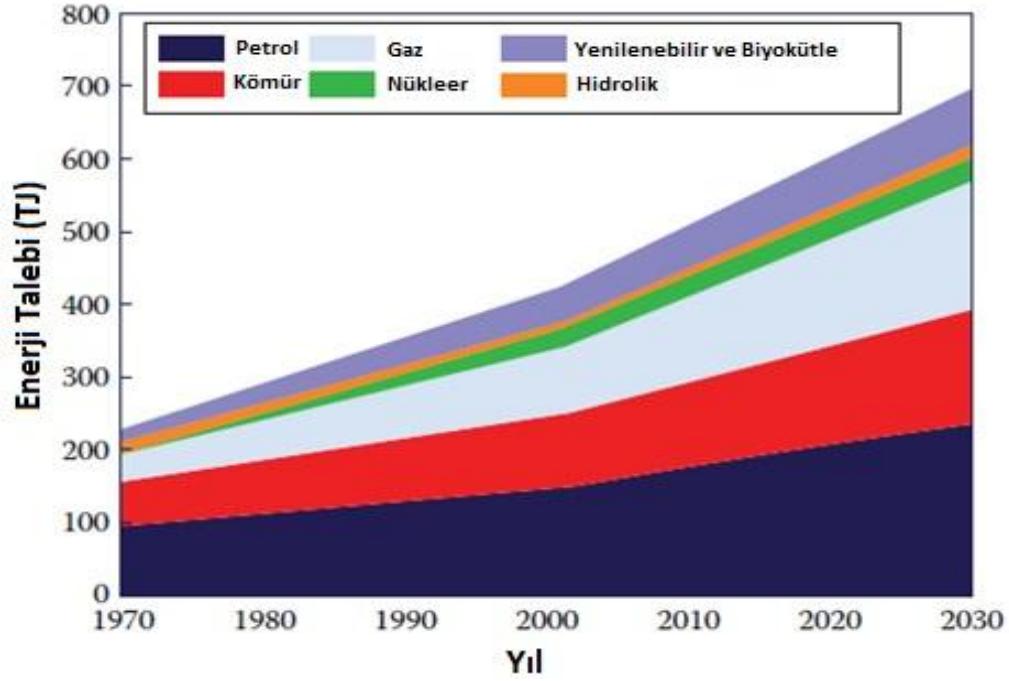
1.5 Çalışmanın organizasyonu

Çalışma aşağıdaki bölümler halinde incelenecektir:

- Birinci Bölüm: Bu bölümde enerji kavramı, önemi, tarihsel gelimi hakkında bilgiler verilmiştir. Ayrıca çalışmanın amacı kapsamı ve metodu açıklanmıştır.
- İkinci Bölüm: Bu bölümde literatür çalışmalarına yer verilmiştir.
- Üçüncü Bölüm: Bu bölüm materyal ve metot bölümünü oluşturmaktadır. Çalışmanın benzetiminde kullanılan sistem bileşenleri ve benzetim için kullanılan yazılımlar hakkında bilgiler verilmiştir.
- Dördüncü Bölüm: Bu bölümde yapılan çalışmalardan elde edilen analizler sunulmuş ve karşılaştırılmıştır.
- Beşinci ve son bölümde elde ettiğimiz sonuçlar sunulmuş, değerlendirilmiş ve gelecekte yapılabilecek çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

2 ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Sürdürülebilir enerji talebi, özellikle nüfus artışına bağlı olarak daha büyük tüketime neden olan ve artan enerji talebine cevap vermek için modern toplumların temel gereksinimi olmaya devam etmektedir. Şekil 2.1 hem geçtiğimiz yıllara ait dünya çapındaki enerji talebini hem de 2030 yılına kadar dünyanın tahmini enerji talebini göstermektedir.



Şekil 2.1 1970 – 2030 yılları arasında dünyanın enerji talep ve tahmini

Şekil 2.1'den anlaşılacağı üzere 2030 yıllarına doğru enerji talebi yaklaşık %50-55 civarında artacaktır. Yenilenebilir enerji, bu enerji talebini karşılamak için çok önemli bir alternatif olacaktır (Blaabjerg, Ionel, 2017) Bu bağlamda, fosil kaynaklı ana enerji kaynaklarının zamanla tükenmekte olması, küresel ısınma konusundaki kaygılar, alternatif enerji kaynaklarına olan önemi giderek artırmaktadır.

DER, kullanıcıların yakınındaki enerji üretimi olarak tanımlanabilir. Elektrik üretim santralinden uzak mesafedeki tüketiciye ulaşmak yerine tüketiciye yakın noktada enerji üretme anlamı taşımaktadır. DERs, tesis maliyetleri, enerji kayıpları ve bunlara bağlı farklı sorunları ortadan kaldıran verimi yüksek bir enerji kaynağıdır. DERs, kullanıldığı yere ve amaca göre (ısı, enerji vb. gibi) enerji üreten farklı teknolojilerdir (Von Appen, 2013) DERs, bir konut veya işyeri gibi bir yaşam alanına hizmet ettiği gibi büyük bir sanayi merkezi ya da askeri bir yerleşkeye enerji üreten bir tesis olabilir. DERs, elektrik dağıtım şebekesine bağlanarak, kullanıcılara temiz ve yenilenebilir bir enerji iletimine destek verir. DERs, RES kaynakları olarak bilinen rüzgâr ve güneşi kullanarak konut ve işyerlerine enerji üretmek için kullanılır. Bu bakımdan özellikle çevre ve insan sağlığına zararlı karbon monoksit gaz miktarını azaltmaktadır. Böylece temiz bir enerji üretimi ile yerinde enerji üreterek dağıtım hat kayıplarını azaltır. Bu avantajlar nedeniyle, daha fazla RES elektrik sistemlerine entegre etmek için dünya çapında önemli değişiklikler gerçekleşmektedir (Shamshiri, Gan, Tan. 2012; Filoğlu, 2011).

Yenilenebilir enerji, gelecekte dünyanın enerji ihtiyacının karşılanmasında önemli bir çözüm yöntemi olarak görülmektedir. Örneğin, Avrupa da 1970'li yıllarda başlayan yenilenebilir enerji çalışmaları bugünlerde Danimarka, Portekiz, İspanya gibi ülkelerde enerjinin %30-60'lık bölümünün elde edilmesine neden olmuştur (Roselund, Bernhardt, 2015) Ayrıca ABD verilerine göre 2011 yılında yenilenebilir enerjinin toplam enerjideki payı %10 olarak verilmişken, 2050 yılına kadar bu payın %80'lere ulaşması için kapsamlı çalışmaların yapıldığı görülmektedir (Mai, 2012) Ancak yenilenebilir enerji teknolojilerinin çoğu hava şartlarına bağlıdır ve bu durum şebeke sistemine entegrasyonun da bazı sorunlar oluşturmaktadır. Bu bağlamda enerji ihtiyacını karşılayabilmeleri için daha pek çok çalışmanın yapılması gerekmektedir.

2.1 Mikro şebekeler

Bhaskara ve Chowdhury (2012) yaptığı çalışmaya göre, kullanıcıların tüketim alışkanlıkları günlük, aylık ve yıllık süreçlerde zamana bağlı olarak farklılıklar

gösterdiği, bu farklılıklar sebebiyle, talep bazı zamanlar ortalamanın oldukça altında iken bazı zamanlarda şebekenin kapasitesini zorlayacak kadar yüksek değerlere çıkabileceği ve mikroşebekeler bir veya birden fazla DER tarafından beslenen yük grubunu ve OG/AG (Orta Gerilim / Alçak Gerilim) dağıtım sisteminin bir kısmını bünyesinde bulunduran yapılar olduğunu incelemiştir.

Katiraei (2008) beyanına göre, mikroşebekelerin doğaya ve ekonomiye olan faydaları ve bu faydaların sonucu olarak endüstrideki şebeke gücünün kabul edilebilirliği öncelikli olarak denetleyicilere ve denetleyicilerin özelliklerine bağlıdır. Dağıtılmış enerji kaynaklarının (Distributed Energy Resource-DER) yük karakteristikleri ve güç kalitesi problemleri nedeniyle geleneksel güç sistemlerine katılımı, kontrolü önem arzetmektedir.

Bayat (2016) yaptığı çalışmada mikro şebekelerin işletimi bir optimizasyon problemi olarak dikkate alındığında şebeke bağlantılı modda, şebeke bağlantı noktası elektriksel sınır koşuları ile mikro şebeke üretim kapasitesi göz önünde tutularak toplam işletme maliyetinin minimum yapılması genellikle amaç fonksiyonunu oluşturduğunu buna karşın dağıtık üretim sistemlerinin şebekeden bağımsız olarak sadece mikro şebekedeki tüketimi karşılamak için dikkate alındığı durumda ise üretim birimlerinin ada modunda çalışması olarak adlandırılmakta ve bu şartlarda işletme maliyeti ikinci planda kalarak kesintisiz enerjinin sağlanması birincil hedefi oluşturacağını incelemiştir.

Bu alandaki ilk çalışmalar; mikro şebeke yapısını, şebeke bağlantılı çalışma durumu, önündeki engeller, temiz enerjiden olabildiğince faydalanabilme ve mikro şebekenin güç sistemi içindeki payının arttırılması üzerine yapılmıştır (Lasseter, 2001). Katiraei, Iravani, Lehn, (2005) ise güç elektroniği elemanları kullanarak mikro şebekede, geçici (transient) akımlara karşı hızlı cevap veren aktif ve reaktif güç kontrol stratejisi geliştirmiştir. Weiss, (2004) çalışmasında, lineer olmayan yük veya şebeke kaynaklı harmonik bozulmalarını azaltan H^{∞} tekrarlı DC-AC dönüştürücü tasarımı ile gerilim kontrolü sağlamıştır.

Mikro şebekelerin amaçları arasında, sistemden talep edilen gücü karşılanması ve güç kalitesini en iyi seviyede tutmaları yer almaktadır. Ancak aktif-reaktif güç değişimleri ve lineer olmayan yüklerden kaynaklanan gerilim dalgalanmaları şebekenin kararlılığını bozmaktadır. Wang, Blaabjerg, Wu, (2014)'de AC mikro şebekeyi; beslediği yükler ve üretim birimleriyle birlikte Matlab/Simulink ortamında modellemiştir. Gerçekleştirilen benzetim çalışmasıyla sistem işletilirken meydana gelebilecek harmonik problemler/bozulmalar belirlenmiş ve getirilen çözümlerin mikro şebeke entegrasyonunda (planlamasında) kullanılabileceği ve iyi sonuçlar alınabileceği gösterilmiştir. Diaz, (2010)'daki çalışmada, iki kola ayrılan teori (bifurcation) yardımıyla güç sistemindeki frekans/gerilim değişimi ya da başka bir deyişle düşme/azalma katsayılarını (droop coefficient) belirlemiştir. Sonrasında ada modunda çalışan mikro şebeke için seçilen katsayının mikro şebeke kararlılığı ve tutulması gereken rezerv miktarı üzerine etkisini araştırmıştır. Mikro şebekede üretim yapan DER'lerin devre dışı kalması veya yeni bir birimin eklenmesi halinde değişimleri engelleyici, sistem kararlılığını sağlayabilen kayar mod kontrol (sliding mode control) tabanlı bir denetleyici geliştirilmiştir (Abdollahi, Bathaee. *2008*). Bu denetleyici DER'in içine yerleştirilmekte ve oldukça pratik bir uygulama sunmaktadır.

2.2 FV sistemler

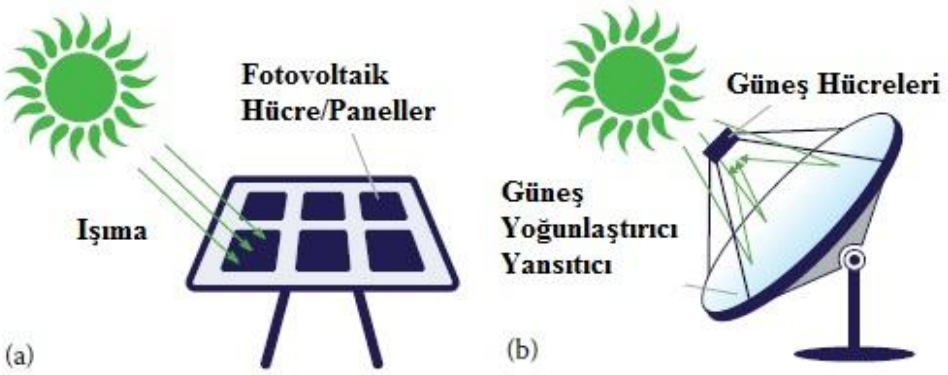
Tanrıverdi (2015), yaptığı tez çalışmasında Ar-Ge 2 Fotovoltaik santralinin şebekeye bağlantı noktasında farklı yük koşullarında ve günlerde güç kalitesi ölçümlerini yapmış ve Ar-Ge 2 FV santralin şebekeye bağlı olduğu hafta içi ve hafta sonu birer gün ile santralin şebekeden ayrı olduğu hafta içi ve hafta sonu birer gün ölçümler yaparak bu değerleri karşılaştırmıştır. Ar-Ge 2 FV santralin şebeke bağlantı noktasında yapılan bu ölçümlerle, güç kalitesi verilerinden olan etkin gerilim, gerilim dengesizliği, kırpışma ve harmonikler üzerinden yapmış ve ölçülen veriler Türkiye'de geçerli olan EN-50160 ve IEEE-519 standartları çerçevesinde detaylı olarak analiz etmiştir. Ölçüm sonuçları, FV santraldeki güç kalitesi parametrelerinin genelde standartlarda belirtilen sınırlar içinde kaldığını ve FV santralin şebeke güç

kalitesi üzerindeki etkisinin ihmal edilebilecek düzeyde olduğunu gösterdiğini analiz etmiştir.

Köprü (2016), fotovoltaik sistemlerde kablo kayıpları üzerine yaptığı tez çalışmasında kablo kayıplarının incelenmesi için hem deneysel hem de benzetim çalışması yapmıştır. Benzetim çalışmaları fotovoltaik sistemlerin benzetim ve analizinde yaygın olarak kullanılan PVsyst programı yardımı ile deneysel çalışmalar ise Fırat Üniversitesi Teknoloji Fakultesi ana binası terasına kurulan güneş paneli üzerinde gerçekleştirilmiş, PVSyst6.2.6 paket programında deneysel çalışmada kurulan fotovoltaik sistemin benzetimini yaparak FV sistemde meydana gelen kablo kayıplarını incelemiştir. Benzetim çalışmasından elde edilen bulgular incelendiğinde, kablolardan kaynaklanan kayıpların sistem verimini 1.5 mm2"lik kablo için %1.7, 4 mm2"lik kablo için %0.6, 10 mm2"lik kablo için ise %0.2 oranında etkilediğini görmüştür. Yaptığı deneysel çalışmada ise küçük FV sistemlerde farklı kesite ve uzunluğa sahip solar kabloların kullanılmasının sistem çıkışını önemli ölçüde değiştirmediğini görmüştür. Özellikle geniş bir alana kurulacak bir FV sistemde hassas olarak yapılacak bir ölçüm ile bu kayıplar daha belirgin olarak gözlemlenebileceğini ifade etmiştir.

Karaca (2012) yaptığı tez çalışmasında rüzgâr ve güneş enerjisinden elektrik üretim konusunu çok kapsamlı olarak araştırmıştır. Konya iklim şartlarında kurulan elektrik üretim santrali ile rüzgâr türbini ve güneş panellerinden gelen verileri kayıt altına alarak bir meskenin günlük enerji ihtiyacı çıkarılarak, bu ihtiyacın güneş enerji sistemiyle üretilen elektrikle karşılanabilmesini analiz etmiştir.

Güneş enerjisi farklı yerlerde farklı şekillerde kullanılabilir. Güç üretimi FV sistem etkisine dayanır. Tek bir FV hücresinin voltaj ve akım seviyesi çok düşüktür. Bu nedenle, pratik uygulamalarda, FV panellerini ve/veya FV dizilerini oluşturmak için çok sayıda FV hücre paralel ve seri olarak bağlanmaktadır. Şekil 2.2a, verimliliği yaklaşık %20 olan geleneksel güneş FV hücrelerini kullanımını göstermektedir. Şimdilerde verimliliği arttırmak için, Şekil 2.2b'deki FV sistem yapısının piyasada kullanıldığı gözlemlenmektedir (Patel, 2005).



Şekil 2.2 FV sistem teknolojileri: (a) Geleneksel FV teknolojisi, (b) Yeni nesil FV teknolojisi

Abedini, Moradi, Hosseinian, (2016)'da DER'lerden FV, rüzgâr, dizel generatorü enerji kaynağı olarak kullanan ve aynı zamanda sabit bataryalar kullanılan hibrit bir mikro şebekenin optimal tasarımını gerçekleştirmek ve ekonomik koşullarda işletimini sağlayabilmek amacıyla optimizasyon tabanlı bir strateji geliştirmiş ve çalışmada sunmuştur. Enerji yönetim sistemine talep cevabı programının dahil edilerek sistem performansının, verimliliğinin, sürdürülebilirliğinin geliştirilmesi ve aynı zamanda büyük ölçekli yenilenebilir kaynakların mikro şebekeye entegre edilmesi amacıyla gerçekleştirilmiş çok sayıda çalışma literatürde yer almaktadır.

2.3 Enerji yönetim sistemleri

Bu amaçla, Solanki, (2017)'de model öngörülü kontrol (model predictive control – MPC) tabanlı mikro şebeke enerji yönetim mekanizması geliştirerek çıkış gücü kesintili enerji kaynaklarının ve değişken yapıya sahip talebin tahmininindeki dalgalanmaları azaltmayı amaçlamışlardır. Ayrıca, kontrol edilebilir yüklerin yük eğrilerini ve enerji tüketimini azaltma kabiliyetlerini belirleyebilmek için yapay sinir ağları tabanlı modeli enerji yönetim stratejisine entegre etmişlerdir. Ancak, elektrikli aracın talep cevabı kaynağı olarak kullanılıp yük üzerindeki kontrol aksiyomlarından pik kırpmaya (peak clipping) etkisi araştırılmamış ve enerji depolama sisteminin stokastik yapısı ihmal edilmiştir.

Lopez (2011)'de AC sistemlerinin, programlanabilir kaynakların ve depolama ünitesi olarak elektrikli araç bataryasının kullanıldığı bir mikro şebekede merkezi olmayan (decentralized) optimum bir enerji yönetim stratejisi sunmuştur. Buna ek olarak, mikro şebekede ekonomik ve etkin bir işletimin sağlanabilmesi ve talebin şekillendirilmesi için fiyat tabanlı (price-based) talep cevabı programı dikkate alınmıştır.

Zhang, (2018)'de mikro şebeke içerisindeki programlanabilir AC-DC üretim kaynaklarının kontrol/koordinasyonunu uygun şekilde gerçekleştirerek uyuşmazlıkların (mismatches) oluşmasını engellemek için dayanıklı (robust) ve iki aşamalı bir koordinasyon stratejisi ileri sürmüştür. İlk aşamasında gün öncesi piyasa fiyatlandırması göz önünde bulundurularak talep cevabı uygulaması gerçekleştirilmiştir. İkinci aşamasında ise bahsedildiği gibi mikro türbin vb. dağıtık sistemlerin güç çıkışları ayarlanmıştır. Ancak, bu çalışmada fiyatlandırma tabanlı talep cevabından daha etkili olan doğrudan yük kontrolü ve elektrikli aracın entegrasyonu dikkate alınmamıştır.

Tsikalakis, Hatziargyriou, (2011)'de dağıtık enerji sistemleri, evsel, ticari, endüstriyel kullanıcıları bulunan mikro şebeke için merkezi bir denetleyici tanımlamıştır. Ardından, talep cevabı uygulanarak mikro şebeke işletme maliyetinin minimum, denetleyici (controller) kazancının maksimum olacağı iki farklı piyasa politikası benimsenmiş ve etkisi araştırılmıştır.

Bui, Hussain, Kim, (2018)'de çoklu (AC-DC) mikro şebekelerde bütün olası stratejileri değerlendirmek ve en uygunu ile mikro şebeke işletimini gerçekleştirebilmek amacıyla çoklu toplayıcı (aggregator - yük toplayıcısı, enerji depolama sistemi toplayıcısı ve merkezi toplayıcı vb.) tabanlı enerji yönetim stratejisi sunmuştur. Ek olarak, karmaşık tam sayılı lineer programlama (Mixed Integer Linear Programming - MILP) kullanılarak ve sisteme talep cevabı programı uygulanarak işletme maliyetinde azalma sağlamıştır. Yüksek oranda yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanarak enerji üretimini gerçekleştiren bir mikro şebekenin matematiksel modellemesi MILP kullanılarak elde edilmiş olup, talep

cevabı ve enerji depolama sistemi üzerinde geliştirilen şarj-deşarj stratejilerinin ekonomik işletime etkisi araştırıldığı ifade edilerek çalışma sonlandırılmıştır.

3 MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Güneş enerjisi

Güneşten faydalanma çalışmaları özellikle 1970'li yıllardan sonra ivme kazanmış ve daha sonra teknolojik olarak ilerleme, maliyet açısından düşüş göstermiştir. Ayrıca güneş enerjisi çevre kirliliği açısından temiz ve zararsız bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir.

Çıtıroğlu (2000) yaptığı çalışmaya göre, güneşin çok büyük ve tükenmez bir güce sahip olduğunu ve güneşten dünyaya gelen bu güç miktarının yaklaşık 1.8x10ˆ11 MW olduğunu açıklamaktadır. Bu değerin dünyadaki ticari enerji kaynaklarının bugünkü tüketim miktarının binlerce katı olduğunu ve buna göre güneş enerjisi dünyanın, bugünkü ve gelecekteki enerji ihtiyacını karşılayabilecek güçte olduğunu ifade etmektedir.

3.1.1 Güneş enerji sistemi

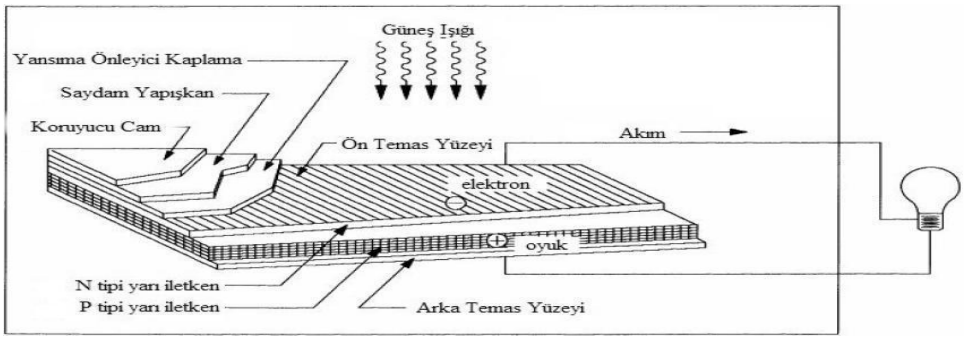
Jardan ve ark. (2004) yaptığı çalışmalara göre güneş enerjisinden yararlanabilmek için öncelikli olarak güneş ışınımlarının toplanması gerektiğini ve bunun da iki şekilde yapıldığını açıklamaktadır. Güneş ışınlarını toplama işlemi iki farklı şekilde yapılmaktadır. Bunlardan ilki elektrik üretebilmek için kullanılan fotovoltaik piller ve diğeri ise güneş ısısından yararlanmak için kullanılan güneş ısıl kollektörleridir. Çalışmada güneş enerjisini elektriksel olarak toplayan fotovoltaik hücrelerin ışık özelliğinden yararlanıldığı ve ışık enerjisinin elektromanyetik dalgalarının toplam enerjisini oluşturan enerji paketçiklerini fotoelektriksel olay gereğince elektrik enerjisine dönüştürmediği incelenmiştir.

Patel (1999) ifade ettiğine göre, fotovoltaik (FV) etki; güneş ışınımına maruz kalan iki çeşit malzemenin birbirlerine ortak olan fonksiyonlarının arasında oluşan elektriksel potansiyelidir. Fotovoltaik hücre bu etkiyle ışığı doğrudan alarak elektriğe

çevirir. Araştırmaya göre bu etkinin Fransız fizikçi Becquerel tarafından 1839 yılında bulunduğu incelenmiştir.

3.1.2 Fotovoltaik hücre

Bahtiyar (2006) ifadesine göre, fiziksel özellikleri bakımından bir fotovoltaik hücre ile bir PN yüzey birleşmeli diyot birbirine benzer. Işık, birleşme yüzeyi tarafından emildiğinde, emilmiş olan fotonların enerjisi malzemenin elektron sistemine aktarılır ve böylece birleşme yüzeyinde ayrı bölümlere çekilerek yük taşıyıcıları oluşur (Şekil 3.1). Bu yük taşıyıcıları, bir sıvı elektrolit içindeki elektron iyonları ya da bir katı yarı iletken malzeme içindeki elektron oyuk çifti olabilir. Bu taşıyıcılar birleşme yüzeyi bölgesinde, bir elektrik alan altında artan ve sanki bir harici kaynak varmış gibi yenilenen bir potansiyel güç oluşturur. Elektriğe dönüştürülmüş olan güç, birleşme yüzeyinden geçen akımın karesi ile hücrenin direncinin çarpımı şeklinde ifade edilebilir. Fotonlardaki kalan enerji, hücrenin ısınmasına yol açar. Fotovoltaik potansiyelin kaynağı, fermi seviyesi olarak adlandırılan, iki yalıtılmış malzemedeki elektronların kimyasal potansiyel farkıdır. Bu iki ayrı malzeme birleştirildiğinde yeni bir termodinamik denge oluşur. Bu denge, güneş ışınımının elektron miktarlarında değişme yaratmasıyla bozulur ve iki malzeme arasında elektron sayılarını dengelemek üzere tek yönlü bir elektron hareketi başlayarak fotoakım oluşur. Oluşan fotoakımı kullanabilmek için, birleşme yüzeyinin her iki tarafına metal temas yüzeyleri yerleştirilmiştir. Elektriksel bağlantı noktaları ile bağlantı arka temas yüzeyinin tümü ve ön temas yüzeyinin bir kenarı kullanılarak geçekleştirilir. Gelen güneş ısınımı malzeme üzerinden belli oranda bir yansıma ile geri döner. Bu durum enerji kaybına neden olur. Bu durumu önlemek için ön yüzey yansıma önleyici bir madde ile kaplanır.

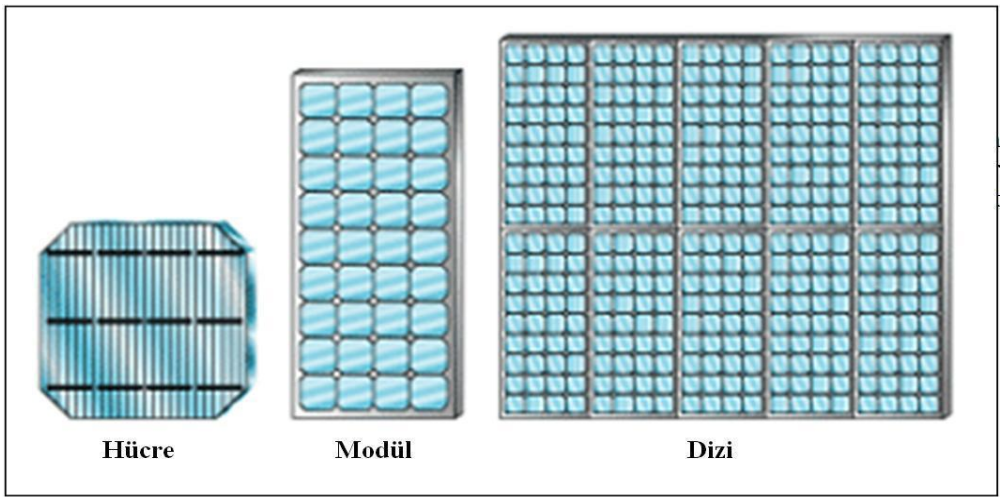


Şekil 3.1. Fotovoltaik hücrenin içyapısı

3.1.3 Fotovoltaik panel ve dizi

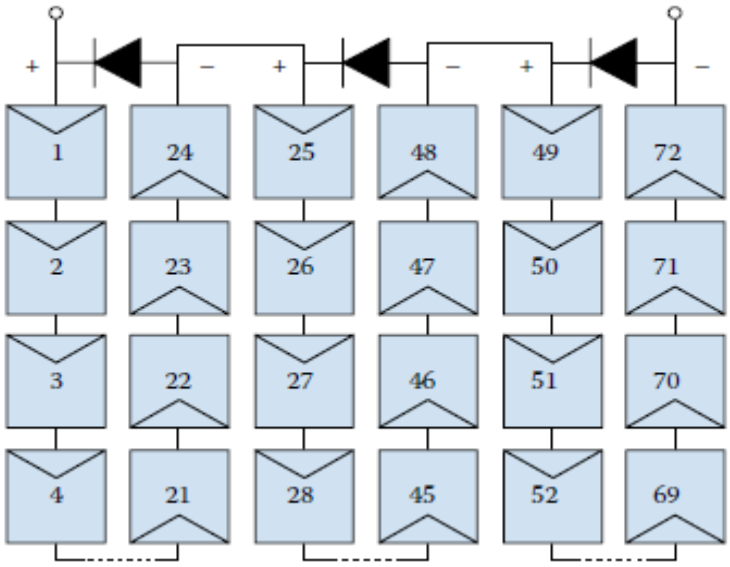
Bahtiyar (2006) yaptığı araştırmada, fotovoltaik hücrenin bir fotovoltaik güç sisteminin temel elemanı olduğunu, bir fotovoltaik hücre birkaç cm^2'lik bir alana sahip olduğu ve düşük değerlerde enerji üretebileceğini incelemiştir. Üretilen bu gücün ise bir fotovoltaik sistem için yeterli olmadığını, daha yüksek güç sağlayabilmek için fazla sayıda fotovoltaik hücre seri ve/veya paralel bağlanması gerektiğini ifade etmektedir. Ayrıca çok sayıda sistem için panel gücünün de yetersiz kalabileceği bu nedenle panellerin gerekli gerilim ve akımı üretebilmek için seri ve/veya paralel bağlanmaları gerektiğini söylemektedir.

Kısaca fotovoltaik panellerin seri ve/veya paralel bağlantısından oluşan düzeneğe ise fotovoltaik dizi denir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Fotovoltaik hücrelerin birleşmesi

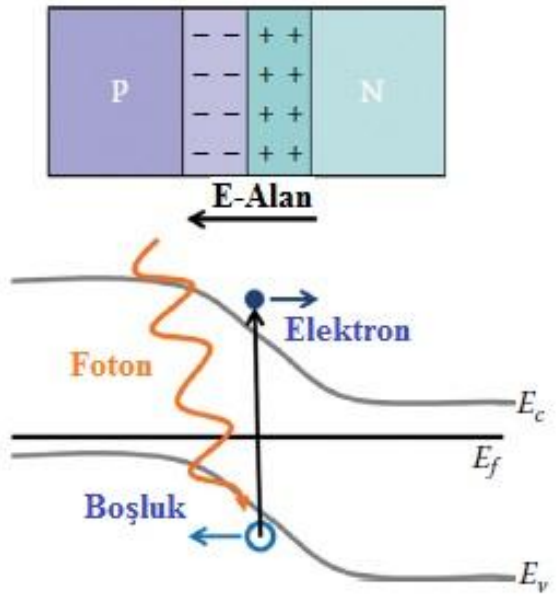
FV hücrelerini kullanan pek çok uygulamada, yüksek güç elde etmek için bir hücre değil bir çok hücre birleştirilir. FV hücreleri seri, paralel veya her iki kombinasyon bir arada bağlanabilir. Bir FV silikon hücresi, hücre yüzey alanına bağlı olarak yaklaşık 0,5 Volt'luk bir voltaj üretir. Standart bir FV paneli genellikle seri bağlı 72–96 hücreden oluşur ve voltaj toplamı 30-60 V aralığındadır. Seri halde 72 hücreye sahip bir FV panelin bağlantı konfigürasyonu Şekil 3.3'de gösterilmektedir (Kim, Krein, 2015).



Şekil 3.3 Seri bağlı 72 hücreye sahip bir FV panel

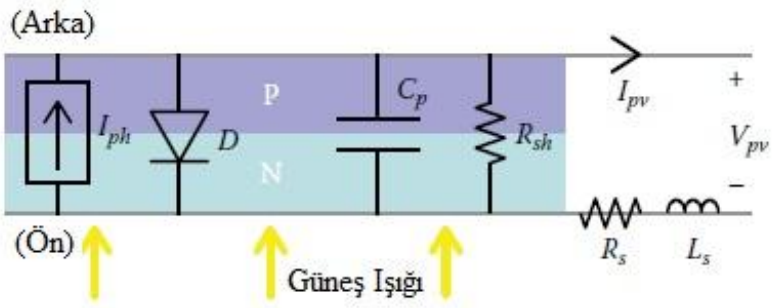
3.1.4 Fotovoltaik hücre eşdeğer devresi

Bir FV hücresi esasen fotonlardan elektrik enerjisi elde etmek için enerjiyi toplayan geniş alanlı bir p-n yarı iletken birleşimidir. Şekil 3.4'te bir FV hücresinin genel yapısı görülmektedir. Yarı iletken birleşme tarafından üretilen akım ve gerilim, FV hücresinin DC gücü üretmesini sağlar (Kim, 2013).



Şekil 3.4. Fotovoltaik hücre

Bir FV hücresinin temel yapısı, temel elektrik bileşenleri olarak modellenebilir. Şekil 3.5, yarı iletken p-n birleşimini ve Fotovoltaik hücre esdeşer devresini göstermektedir (Piazza, Vitale, 2012).



Şekil 3.5. Fotovoltaik hücre eşdeğer devresi

Bahtiyar (2006) beyanına göre, Şekil 3.5.'te bulunan fotovoltaik hücre eşdeğer devredesinde (Ifv) çıkış akımını, (Iph) ışığın ürettiği akımı ve seri direnç (Rs), çıkış akımına karşı gösterilen iç direnci ifade etmektedir. Buradaki önemli husus Rs'nin değerinin PN birleşme yüzeyinin yapısına bağlı oluşudur. Paralel direnç (Rsh), sızıntı akımını ifade etmekte ve ideal bir fotovoltaik hücrede Rs=0 ve Rsh=∞ olduğu kabul edilmektedir. Araştırmaya göre bir inçlik kaliteli bir fotovoltaik hücrede Rs=0,05-

0,10 Ω ve Rsh=200-300 Ω civarındadır. Rs üzerinde oluşan küçük bir artış, çıkış gerilimini kayda değer ölçüde azaltmaktadır. Bu kapsamda fotovoltaik çevirimin verimi Rs direncine duyarlı olduğu sonucuna varılır. Ayrıca yük akımı sıfıra eşitken, hücre açık devre gerilimi (Vfv) elde edilir.

Bir FV hücresinin çalışmasını ve güç üretimini etkileyen birçok çevresel faktör bulunmaktadır. Bunlardan G: W/m^2, cinsinden güneş ışınımı ve T: °C, derece cinsinden ölçülen sıcaklık iki en önemli faktördür. Bu faktörlere bağlı olarak diyotta oluşan photocurrent I_{ph} (Blaabjerg, Ionel, 2017);

$$I_{ph}(G,T) = [I_{scn} + K_i(T - T_n)]\frac{G}{G_n} \quad (3.1)$$

Ayrıca diyodun akım (I_d) ve voltajı (V_d);

$$I_d(T,V_d) = I_s(T)\left[\exp\left(\frac{Vd}{aVt(T)}\right) - 1\right] \quad (3.2)$$

Diyodun doyma akımı sıcaklığa bağlıdır ve matematiksel ifadesi;

$$I_s(T) = \frac{I_{scn}+K_i(T-T_n)}{\exp\left(\frac{Vocn+K_v(T-T_n)}{aVt(T)}\right)-1} \quad (3.3)$$

Burada unutulmamalıdır ki diyot voltajı V_d ile FV gerilimi V_{fv} ideal model için aynıdır. Ayrıca termal gerilim V_t, T sıcaklığına bağlıdır ve matematiksel ifadesi;

$$V_T(T) = \frac{kT}{q}N_S \quad (3.4)$$

Kirşof kanunlarını kullanarak, ideal FV model için, FV akımı I_{fv} ve FV voltajı V_{fv} arasındaki bağıntı;

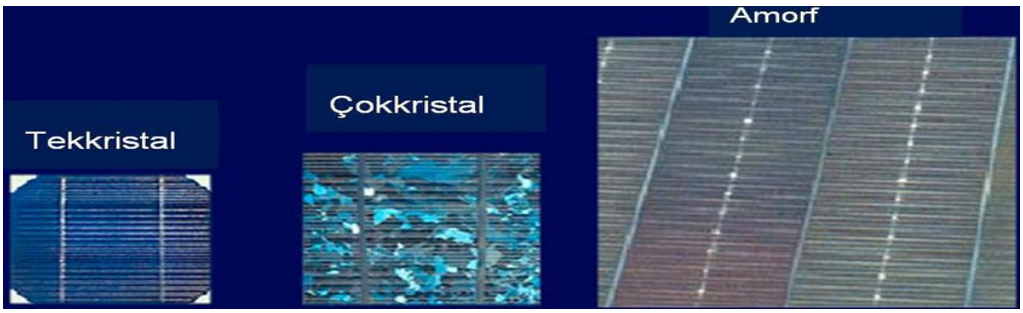
$$I_{fv} = I_{ph}(G,T) - I_d(T,V_{pv}) \quad (3.5)$$

3.1.5 Fotovoltaik hücre yapımında kullanılan malzemeler

Gasch ve Twele (2002) yaptığı çalışmaya göre, güneş pilleri pek çok farklı maddeden yararlanarak üretilebilirler. Bu çalışmaya göre elektronik ürünlerde kullanılan transistörler, doğrultucu diyotlar gibi güneş pilleri de, yarı-iletken maddelerden yapıldığı söylenmektedir. Yarı-iletken özellik gösteren birçok maddenin fotovoltaik hücre yapmak için en elverişli olanlarının, silisyum, galyum arsenik, kadmiyum tellür gibi maddelerin olduğu ve günümüzde en çok silisyum (silikon) kullanılmakta olduğu bilinmektedir. Çalışmada elementler hakkında açıklamar mevcuttur:

Kristal silisyum, önce büyütülüp daha sonra 200 mikron kalınlıkta ince tabakalar halinde dilimlenen tek kristal silisyum bloklardan üretilen güneş pillerinde laboratuar şartlarında %24, ticari modüllerde ise %15'in üzerinde verim elde edildiği ve dökme silisyum bloklardan dilimlenerek elde edilen çok kristal silisyum güneş pillerinin ise daha ucuza üretilmekte, ancak verim de daha düşük olduğu bilinmektedir. Panel verimi, laboratuar şartlarında %18, ticari modüllerde ise %14 civarındadır.

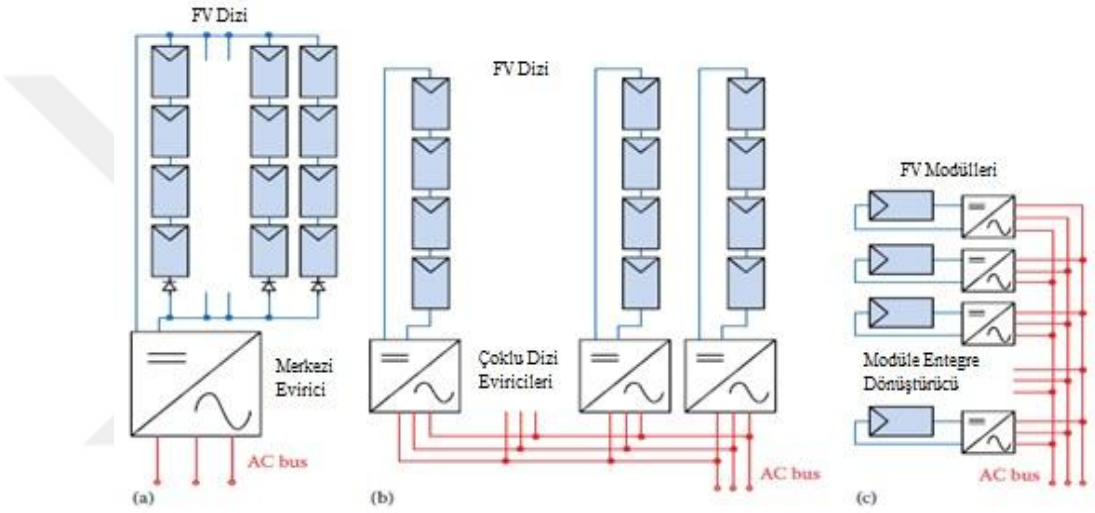
Amorf silisyum hakkında ise kristal yapı özelliği göstermeyen Si pillerden elde edilen verim %10 dolayında, ticari modüllerde ise %5-7 mertebesinde olduğunu ifade etmektedir. Aynı çalışmada tek kristal (mono kristal) hücrenin 1 m² si ile elde edilen gücün, çok kristal (poli kristal) hücrenin 1,2 m^2 si ile ve amorf hücrenin 2,5 m^2 si ile elde edilebileceği açıklanmaktadır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Belirli bir güç için farklı tip hücre boyutlarını gösteren resim

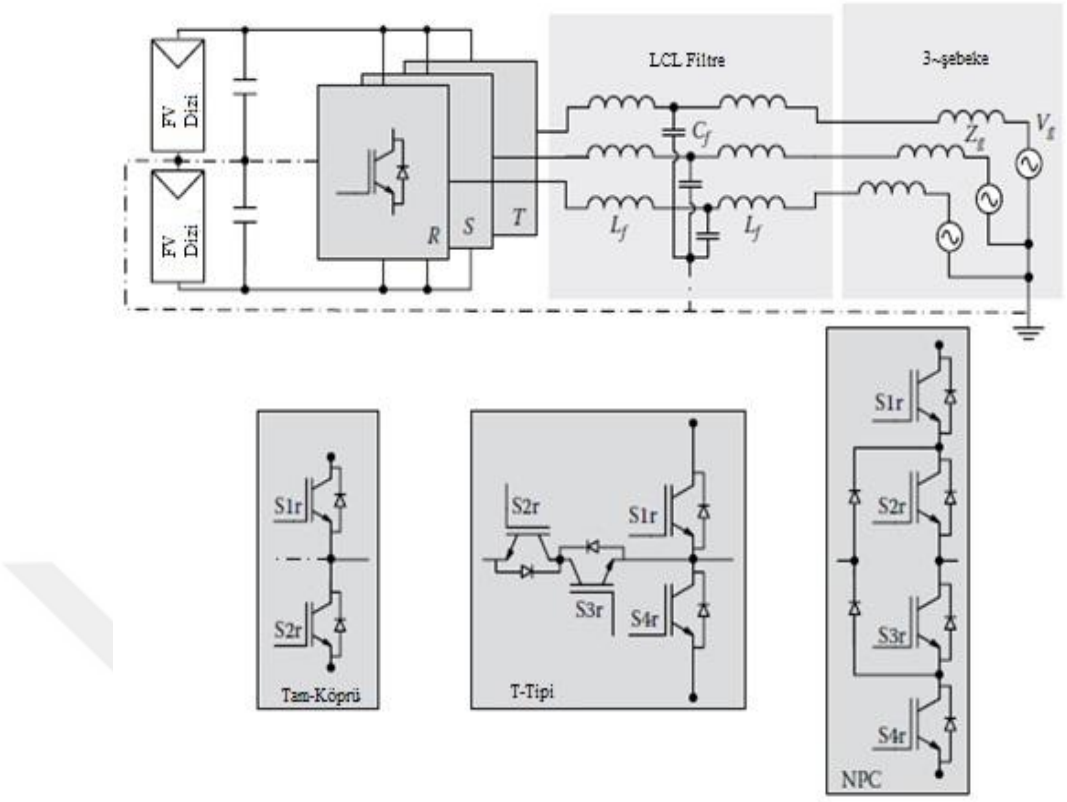
3.1.6 Fotovoltaik evirici yapısı

FV sistemlerin şebekeye entegrasyonunda kullanılan eviriciler (Inverterler) güneş enerjisinin enerji dönüşümünde önemli bir etkendir. FV eviriciler, FV enerji sistemleri tarafından üretilen DC enerjiyi, elektrik şebekesine bağlantı sırasında gereken AC enerjiye dönüştürür (Craciun, 2012). FV inverterler hakkında, FV tesisinin büyüklüğüne bağlı olarak, üç farklı yapıdan bahsedilebilir. Şekil 3.7'de şebekeye bağlı bir FV Sistemdeki evirici yapıları görülmektedir.



Şekil 3.7 FV evirici yapıları: (a) Merkezi evirici yapısı, (b) String ve multistring evirici yapısı ve (c) Modül-entegre yapı

AC sistemlerde, klasik yarım köprü ve H köprüsü teknolojilerinin yanı sıra, literatürde son 10 yılda önerilen birçok farklı inverter teknolojisi bulunmaktadır.Bu teknolojilerin bazıları şimdilerde endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadır. Şekil 3. 8'de standart üç-fazlı inverter teknolojisi görülmektedir (Kerekes, 2009).



Şekil 3.8 İnverter teknolojisine genel bir bakış

3.1.7 Güneş enerjisi kullanım alanları

Haskök (2005) ifadesine göre, güneş enerjisi uygulamalarının termodinamik ve fotovoltaik sistemler olmak üzere iki gruba ayrılabileceğini, termodinamik sistemlerin kendi içinde ise pasif güneş sistemleri ve aktif güneş sistemleri olarak ikiye ayrıldığını, pasif güneş sistemleri, güneş enerjisi kullanımı için geliştirilen en eski sistemlerden biri olduğunu söylemektedir. En yaygın uygulamalardan bazıları ve kullanım alanları aşağıda verilmiştir:

- Düşük Sıcaklık Uygulamaları
- Kullanım sıcak suyu eldesi
- Konut ısıtılması-soğutulması
- Sera ısıtılması
- Tarım ürünlerinin kurutulması
- Yüzme havuzu ısıtılması

- Güneş ocakları ve fırınları
- Deniz suyundan tatlı su eldesi
- Tuz üretimi
- Sulama
- Toprak solarizasyonu
- Endüstriyel kullanım için buhar üretimi
- Büyük ısıtma - soğutma sistemleri
- Yüksek Sıcaklık Uygulamaları
- Güneş fırınları

3.1.8 Güneş enerjisinin avantaj ve dezavantajları

Güneş asla tükenmeyen enerji kaynağıdır. Temiz enerji türüdür, çevreyi kirletici, duman, gaz, karbon monoksit, kükürt ve radyasyon gibi atıkları yoktur. Enerjiye ihtiyaç duyulan, hemen hemen her yerde güneş enerjisinden yararlanmak mümkündür. Dışa bağımlı olmadığından, olabilecek ekonomik bunalımdan uzaktır. Birçok uygulaması için, karmaşık teknolojiye gerek duyulmamaktadır. İşletme masrafı çok azdır.

Güneş enerjisinin avantajlarının yanında bazı dezavantajları da mevcuttur. Birim yüzeye gelen güneş ışınımı az olduğundan büyük yüzeye ihtiyaç vardır. Güneş ışınımı sürekli olmadığından depolama gerektirmektedir. Depolanma imkânları ise sınırlıdır. Enerji ihtiyacının çok olduğu kış aylarında güneş ışınımı az ve geceleri de hiç yoktur. Güneş ışınımından faydalanan sistemin güneş ışığını sürekli alabilmesi için çevrenin açık olması, gölgelenmemesi gerekir.

3.2 Güneş enerjisi benzetim programları

Yapılacak olan çalışmalardan önce hazırlanan benzetim raporları, gerçekleştirilecek projelerin yatırım bakımından durumunu belirlediğinden çok önem arz etmektedir. Bu sebeple benzetim programına yapılacak çalışmanın verilerinin

doğru girilmesi çok önemlidir. Benzetim sonuçlarının doğruluk derecesi, kullanılan programın niteliklerinin yanı sıra mühendislik deneyimi ile de doğru orantılıdır.

Benzetim programları ile ön hazırlık yapılan ve hazırlanan raporların doğruluk derecelerinin gerçek değerler ile örtüşmesi, bu bakımdan raporların doğruluk dereceleri, uluslararası araştırmaların en önemli kaynağı olmuştur. Benzetim programlarını kullanan ve bu maksatla hazırlayan işletmeler, üniversiteler, AR-GE kurumları gibi vb. kurumlar, elde edilen raporların doğruluğu hakkında çalışmalarını halen sürdürmektedirler.

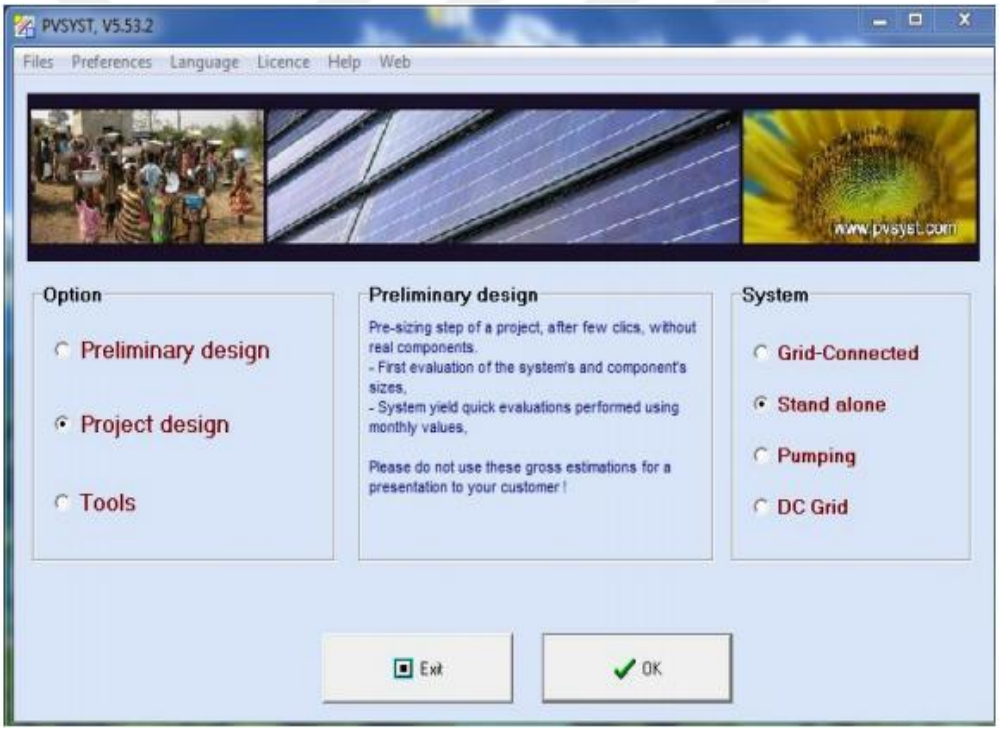
Hâlihazırda Fotovoltaik sistemleri tasarlamak ve modellemek için ücretli ya da ücretsiz programlar bulunmaktadır. Bu programlar; özellikleri, maliyetleri, yetenekleri, yazılımda kullanılan dilleri, güncelleştirme olanakları, değerlendirme ve raporlama özellikleri vb. gibi farklı özelliklere sahiptirler. FV sistem benzetiminde (Mahendra Lalwani, D.P. Kothari, Mool Singh, Investigation of Solar Photovoltaic Simulation Softwares International Journal Of Applied Engineering Research, Volume 1, No 3, 2010);

- RETScreen
- TRaNsient SYstems Simulation (TRNSYS)
- HOMER (Hybrid Optimization Model for Electric Renewables)
- INSEL (INtegarted Simulation Environment Language)
- PhotoVoltaic F-Chart (PV F-Chart)
- National Renewable Energy Laboratory Solar Advisor Model (NREL SAM)
- SolarDesignTool
- Solar Pro
- PhotoVoltaic Design Program-Grid connected systems (PV DesignPro-G)
- PhotoVoltaic Solar Expert (PV*SOL Expert)

Buna benzer pek çok program bulunmaktadır. Aşağıdaki bölümde benzetim ve verimlilik analizinde en çok tercih edilen PVSyst programının kısaca tanıtımı, analiz yöntemleri ifade edilecektir.

3.3 PVSyst programı

Bu program FV sistemlerin benzetimi, tasarımı, modellenmesi ve veri analizi için hazırlanan paket programdır. Programda şebekeye bağlı, şebekeden bağımsız, su pompası ve DC şebeke olmak üzere dört farklı modelin ön ve proje tasarımının yanı sıra FV sistemlerin hava durumu verileri, panel bilgileri gibi farklı verilerin girilebildiği araçlar (Tools) menüsü de bulunmaktadır. Şekil 3.9'daki ekran görüntüsü bu programın giriş ekranıdır. Burada seçenekler (option) bölümü görüldüğü gibi solda, sistem türünün seçildiği sistem (system) bölümü sağ tarafta bulunmaktadır.

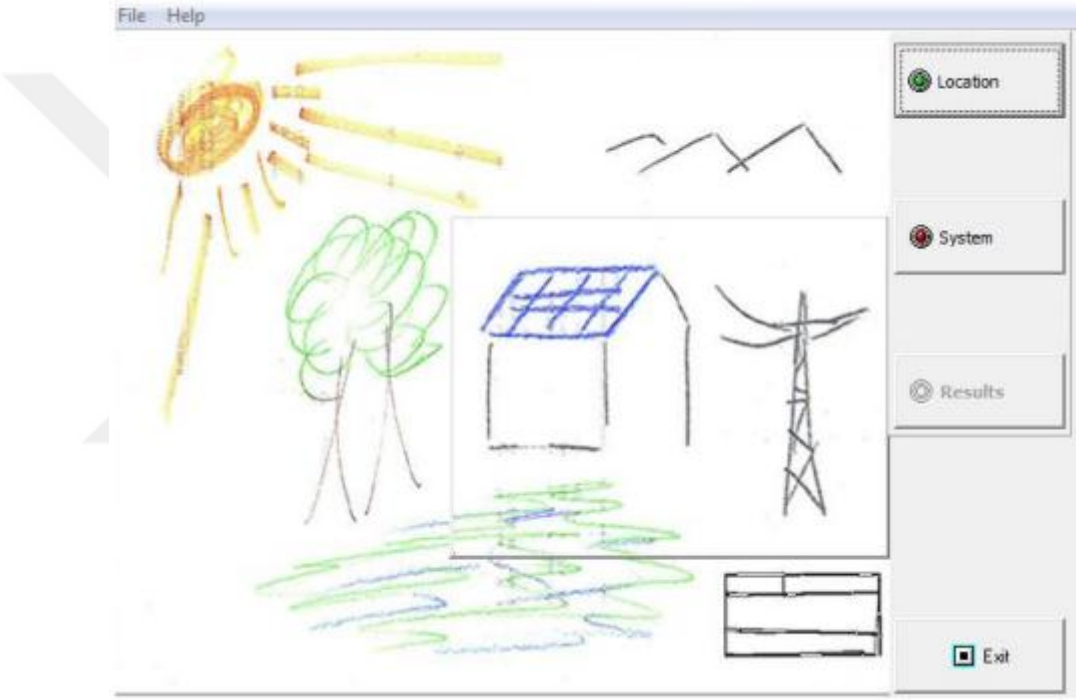


Şekil 3.9 PVSyst giriş ekranı penceresi

PVSyst, FV sistemlerin modellenmesini, ön tasarım (preliminary design) ve proje tasarımı (project design) olarak iki aşamada gerçekleştirme imkânı sunmaktadır. (Lalwani, Kothari, Singh, 2010), Bu iki aşama aşağıda açıklanmıştır.

3.3.1 Ön tasarım

Yapılmak istenen sistemin ve kullanılan donanımların boyutlarını değerlendirebilmek için yazılımın öntasarım kısmı kullanılmaktadır. Ön tasarımın ekranın görüntüsü Şekil 3.10'da verilmiştir. Ön tasarım giriş ekranında, modellenecek sistemin bulunduğu lokasyon seçiminin gerçekleştirileceği yer seçimi (location) ve modelin tanımlandığı ve değerlerin elde edildiği sonuçlar (results) bölümler bulunmaktadır. Bu bölümler kullanılarak öntasarım gerçekleştirilmiş olur.



Şekil 3.10 Ön tasarım penceresi

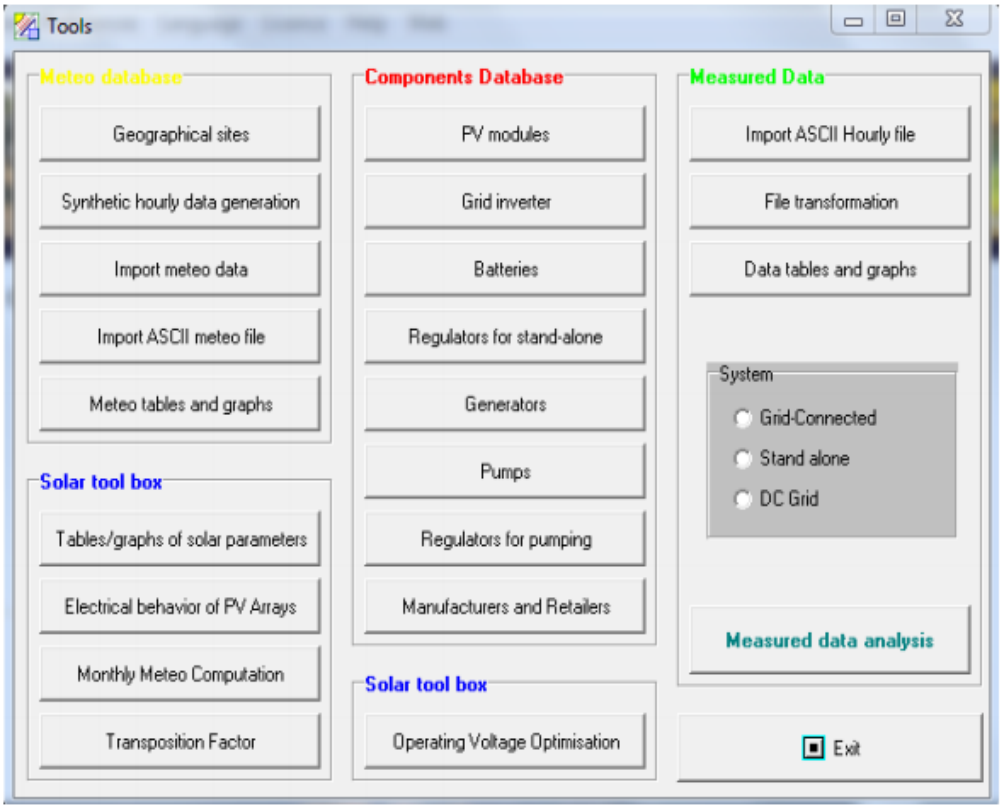
3.3.2 Projede lokasyon seçimi

Programda ilk aşama modellenecek sistemin lokasyon seçimi ve bu lokasyon için hava durumu, meteorolojik verilerin seçimi gerçekleştirilir. Ön tasarım penceresinde lokasyon seçimi "location" kısmından yapılır. Bu durum;

- Programın veri tabanında var ise veri tabanından seçilerek,

- Programın veri tabanında yok ise veriler programın araçlar (tools) penceresinden elle girilmek suretiyle gerçekleştirilir.

Ayrıca "Tools" penceresinde harici hava durum verileri, FV modül türleri, inverter çeşitleri, bataryalar gibi FV sistemin donanımları ve bu programın farklı özelliklerinin bulunduğu ekran karşımızı çıkmaktadır. Bu ekran Şekil 3.11'de verilmiştir.

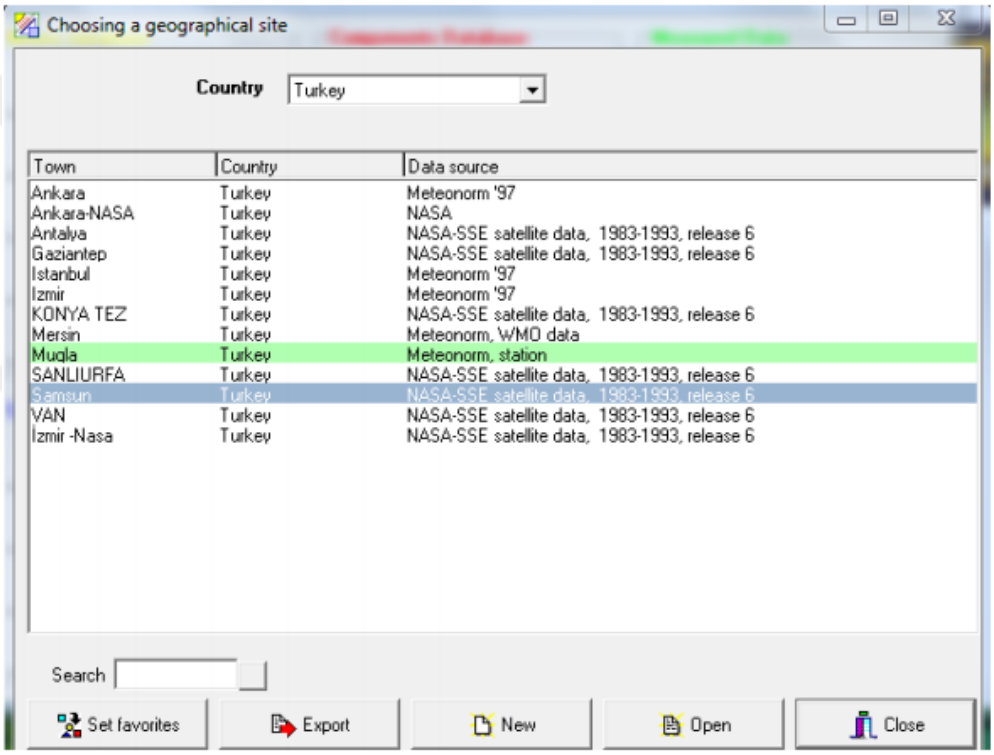


Şekil 3.11 PVSyst programı araçlar penceresi

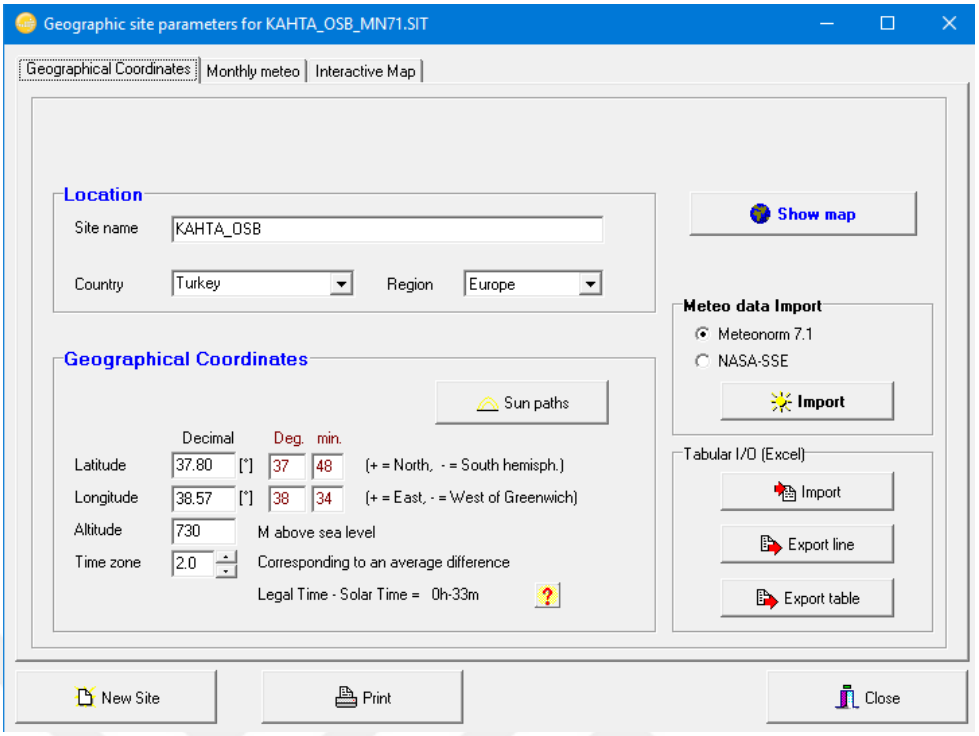
Araçlar penceresinde Coğrafik yer (Geographical Sites) butonuna basılarak modelelenen lokasyonun yer seçimi yapılmaktadır. Bu duruma ait ekran görüntüsü Şekil 3.12'te görülmektedir.

Lokasyon seçimi ekranında ülke seçimi yapılarak çıkan listede, modellenen yer ya da bölge yer bulunuyorsa bu yer aç "open" düğmesi kullanılarak açılıp gerekli düzenlenemeler yapılabilir. Burada farklı bir kaynaktan lokasyon programa

yüklenilebilir ya da programda bulunan yeni "new" düğmesi kullanılarak lokasyon sıfırdan oluşturulur. Şekil 3.13'te yeni "new" düğmesine basıldığında karşımıza gelen ekran görüntüsü verilmiştir. Bu pencerede öncelikle oluşturulacak olan lokasyonun adı yazılır. Daha sonra da hangi ülkede ve kıtada bulunduğu seçilir. Oluşturulan bu lokasyonla ilgili yerin enlem ve boylam bilgileri ondalık veya derece cinsinden, yükseklik ve zaman dilimi bilgileri bir haritadan bulunarak pencerede ilgili yerlere girilir. Bu bilgiler programa girildikten sonra ekrandaki aylık meterolojik veri (monthly meteo) butonu kullanılarak aylık hava durumu bilgilerin girildiği ekrana geçilir.

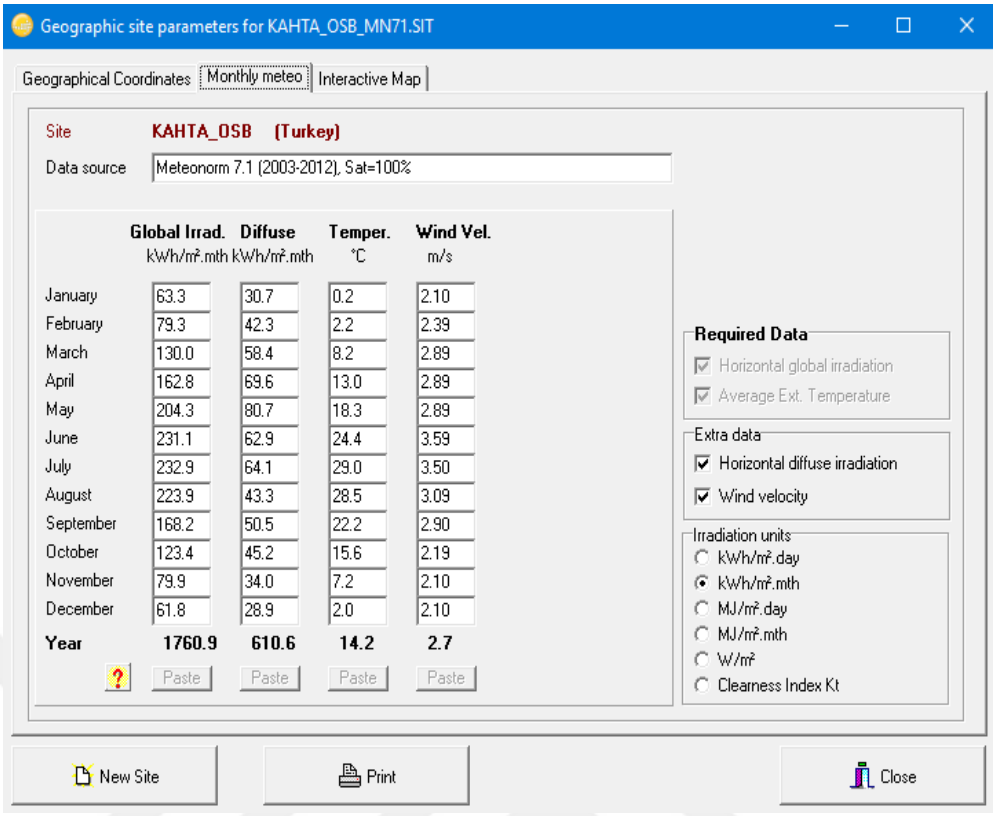


Şekil 3.12 PVSyst programında lokasyon seçim penceresi



Şekil 3.13 PVSyst programında coğrafi koordinat penceresi

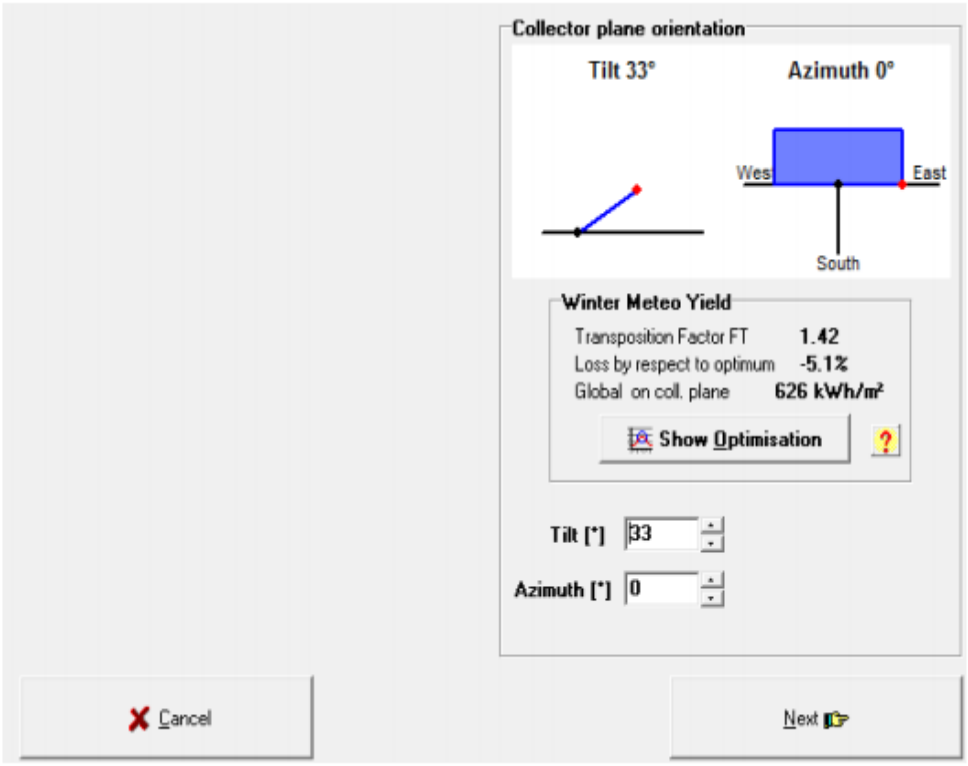
Şekil 3.14'te meterolojik verilerin girildiği ekran görülmektedir. Burada yeni oluşturulan lokasyonla ilgili aylık meteorolojik bilgilerin girileceği ekranda, girilmesi zorunlu olan kısımlar bulunmaktadır. Bunlar "aylık küresel ışınım bilgileri" ve "aylık ortalama sıcaklık bilgileri" dir. Ayrıca isteğe bağlı olarak girilen "aylık yayınık ışınım bilgileri" ve "rüzgâr hızı bilgileri" için de bölümler vardır. Bu bilgiler elle girilebildiği gibi bir tablodan kopyala/yapıştır yöntemi kullanılarak girilebilir. Girilen ışınım verileri için kWsaat/m^2.gün, kWsaat/m^2.ay, MJ/m^2.gün, MJ/m^2.ay, W/m^2 gibi farklı birimler kullanılabilir. Elimizde seçilen bölgenin meteorolojik bilgileri yoksa bu durumda Default (NASASSE) sekmesi kullanılarak, programın veritabanında bulunan NASA'nın belirlediği aylık küresel ışınım bilgileri ile aylık ortalama sıcaklık verileri kullanılabilir. Böylece belirlenen lokasyonun programda oluşturma işlemi bitmiş olur.



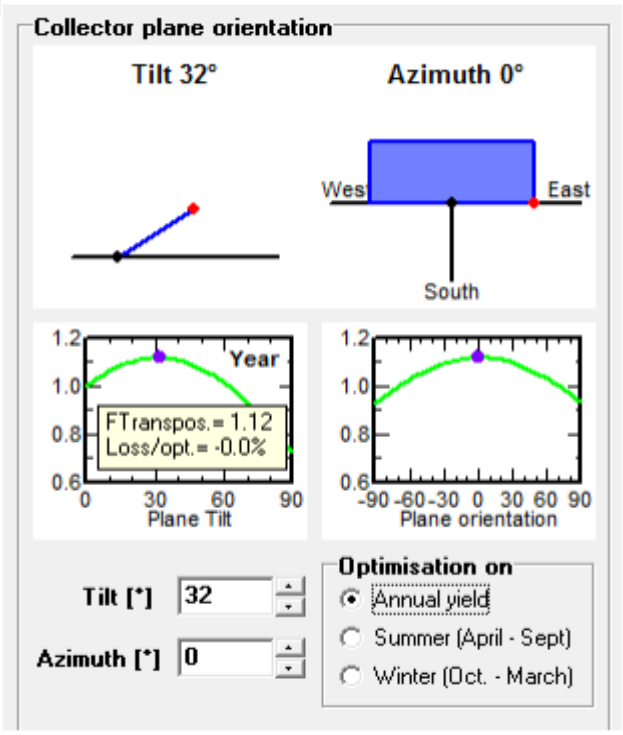
Şekil 3.14 PVSyst programında aylık meteorolojik veri penceresi

3.3.3 Projede sistemin belirlenmesi

Ön tasarım penceresi sistem "system" bölümünde, sistemin ön tasarımının gerçekleştirildiğini belirtmiştik. Burada Şekil 3.15'de ekran görüntüsü verilen bölümde FV panellerin yerleşim açıları belirlenmektedir. FV panellerin yönelim açıları farklı bir kaynak kullanılarak veya hesaplanarak bu ekrana doğrudan girilebilir. Ayrıca en optimum hali göster "show optimisation" sekmesi kullanılarak açılan ekrandan en iyi eğim açısı belirlenebilir. Bu sekme kullanıldığında Şekil 3.16' deki ekran görülecektir. Bu ekran kullanılarak en uygun işlemin yıllık, yaz ya da kış mevsim durumu belirlenir. Bu bağlamda eğim açısı, kayıp/iyileştirme (Loss/opt) değeri sıfır oluncaya kadar değiştirilir. Burada bu değeri sıfır olarak veren açı en uygun eğim açısı olarak kullanılabilir.

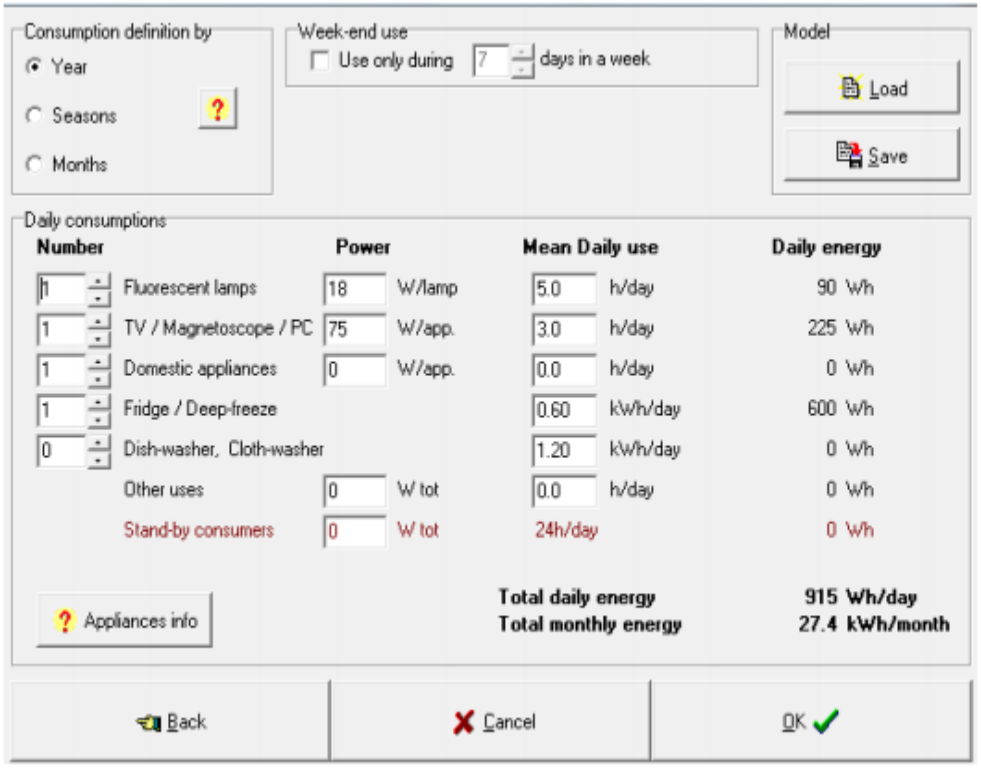


Şekil 3.15 PVSyst programı panel yönelimi belirleme penceresi



Şekil 3.16 PVSyst programı panelim yönelim eğim açısı belirleme penceresi

Buradan sonraki aşama, ekran penceresi Şekil 3.17'da görülen FV sistemin yük modelinin tanımlama ekranı gelmektedir. FV panellerin yük miktarına bağlı tüketimin yıllık, aylık ve mevsimlik olarak belirlendiği bu pencerede, modellenen sistemde, yükün türü, tüketilen güç ve buna bağlı günlük ortalama kullanım süreleri tasarımcı tarafından belirlenir.



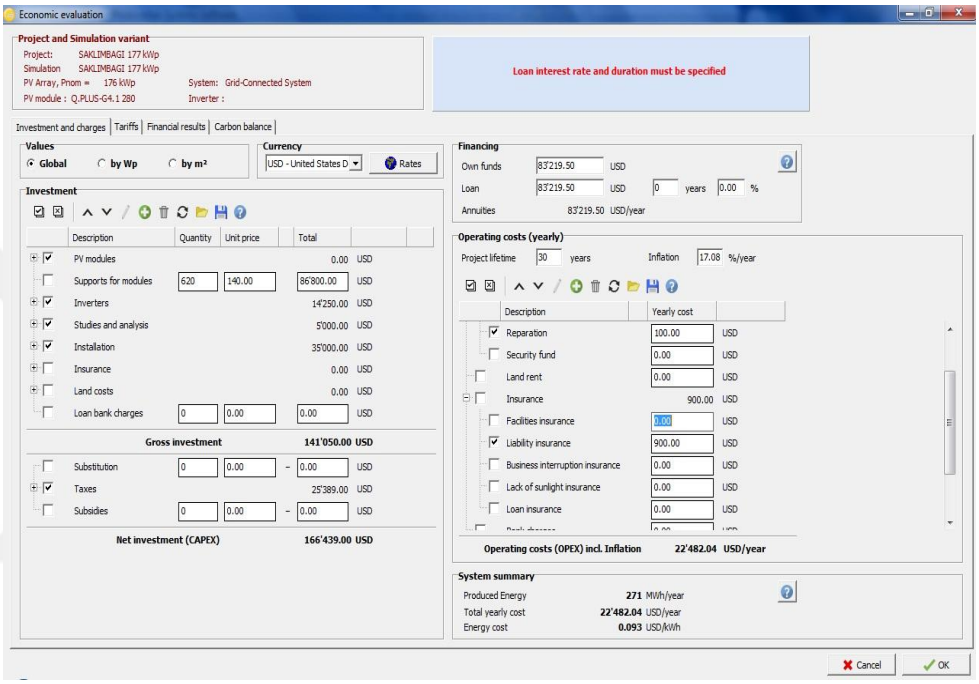
Şekil 3.17 FV sistemin yük tanımlama penceresi

3.3.4 Sonuçların elde edilmesi

Ön tasarım panelinin Sonuçlar "Results" bölümünde program, modellenen sistem için nominal güç durumu hakkında öneride bulunmaktadır. Bu ekranda basit bir ara yüz vardır ve ekranın solundaki butonlara basılarak istenen tablo ve grafikler ekrana getirilir.

3.3.5 Ekonomik değerlendirme

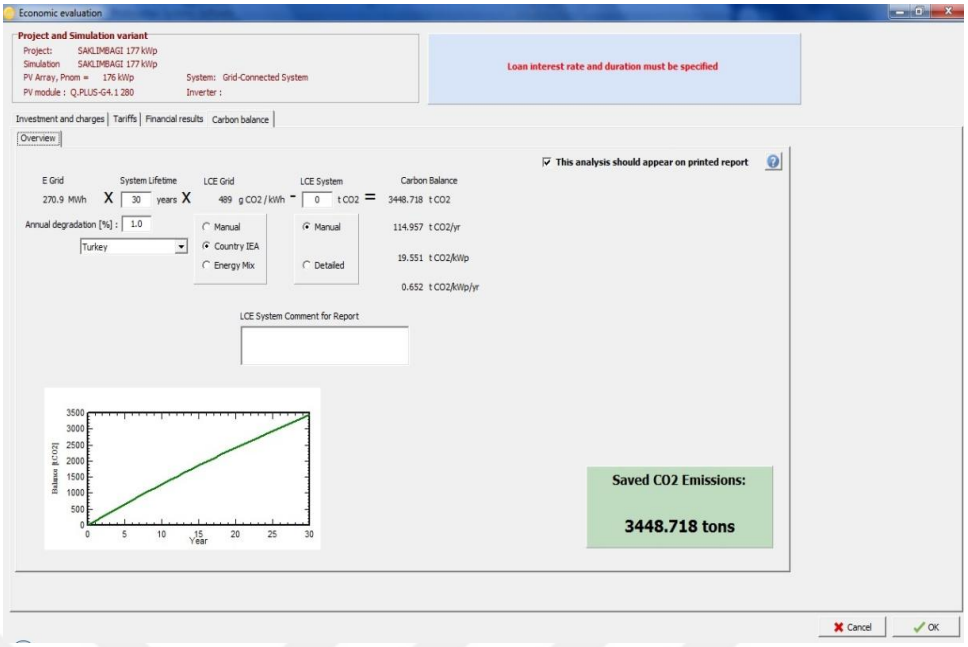
Ön tasarım panelinde bulunan Ekonomik Değerlendirme bölümünde sistem için ekonomik değerlendirme imkânı sunmaktadır. Burada santral için kullanılan tüm data girişleri yapılarak sistem için toplam yıllık maliyetle, enerji birim fiyatı sonuçları elde edilir (Şekil 3.18).



Şekil 3.18 Santral için yapılan ekonomik değerlendirme penceresi

3.3.6 Karbon salınım analizi

Ekonomik değerlendirme ara yüzünde bulunan ‘karbon dengesi’ segmenti tıklanarak yıllık ve sistemin ömrü boyunca kg ve ton cinsinden karbon salınım değerleri alınır (Şekil 3.19).



Şekil 3.19 Karbon salınımı analizi penceresi

3.4 Lisansız üretim yönetmeliğinin incelenmesi

Bu projede, 02.10.2013 tarihli ve 28783 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren "Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmeliğin" 5. maddesinin c bendinde geçen; "Kurulu gücü bir megavat veya Kanunun 14 üncü maddesi çerçevesinde Bakanlar Kurulu kararı ile belirlenmiş kurulu güç üst sınırına kadar olan yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisleri" kapsamında müracaatı yapılmış ve aynı yönetmeliğin 8. maddesinin 4. bendi çerçevesinde, bağlantı başvurusunun ilgili şebeke işletmecisi tarafından şebekeye bağlantısı yapılmıştır.

İhtiyaç fazlası enerji satışının gerçekleşmesi için yine aynı yönetmeliğin 7. Maddesinin, 7. Bendinin, a alt bendinde geçen; "… Kendi elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamak üzere bağlantı anlaşmasındaki sözleşme gücünü geçmeyecek şekilde; tarım ve kırsal kalkınma amaçlı kurulu gücü azami 300 kW olan üretim tesisi ile tüketim tesisinin aynı bağlantı noktasında olduğu projeler kapasite kapsamında değerlendirilir." hükmüne haiz olarak toplam kurulu gücü 300 kWp'i aşmayacak

şekilde komisyon tarafından onaylanmıştır. 04.05.2017 tarihli komisyon kararı Ek 1'de sunulmuştur.

26.12.2017 tarihinde 'geçici kabule hazır' tutanağı imzalandığından üretimden kaynaklı şebekeye mahsuplaşacak dağıtım bedeli birim fiyatı Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından belirlenmiştir. Bu kapsamda uygulaması tamamlanan güneş enerji santrallerinin 'geçici kabule hazır' tutanağı 31.12.2017 tarihinden önce ve 31.12.2017 tarihinde sonra şeklinde sınıflandırarak yaklaşık dört kat daha fazla arttırılmıştır. 01.10.2019 tarihli tarife tablosu EK 2'de sunulmuştur. Bir santralden üretilen ve şebekeye verilecek elektriğe uygulamacak dağıtım bedeli birim fiyatı 4,4748 Kr./kWh iken anılan tarihten sonra yapılan santraller için uygulanan dağıtım bedeli birim fiyatı 17,8991 Kr./kWh'tır. Ancak bu bu endsütriyel tesis için güncel dağıtım birim bedeli EPDK tarafından 'Elektrik faturalarına esas tarife tablosunda belirtilen' 01.01.2018 tarihinden itibaren geçerli olan 2,8276 Kr./kW'tir (Geçici kabule hazır tutanağı 26.12.2017 tarihinde düzenlendiği için).

Bu uygulama çalışması yürürlükten kaldırılan 02.10.2013 tarihli ve 28783 sayılı Resmi Gazetede tarihli "Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik" kapsamında dağıtım sistemine bağlantı anlaşması imzalandığından elektrik satış birim fiyatı 0,133 $/kWh'tir.

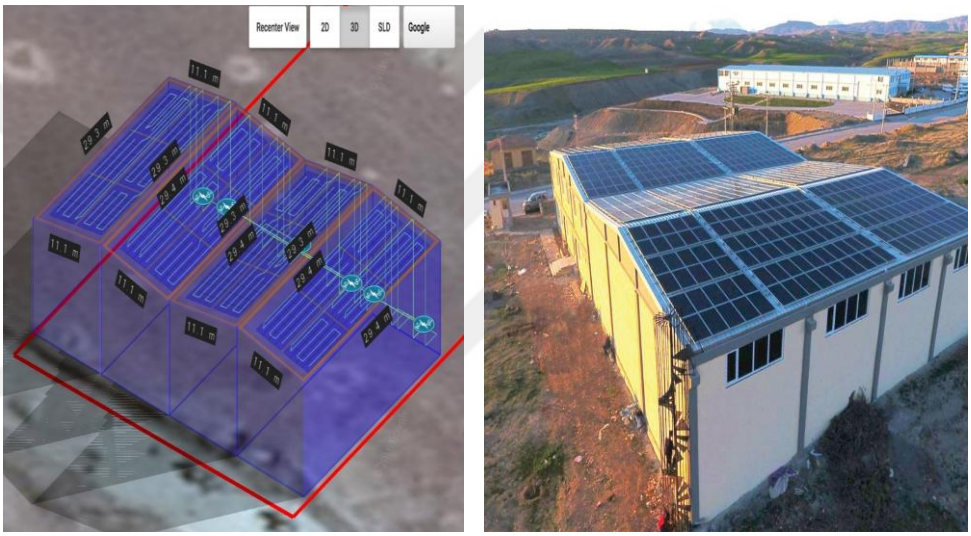
12.05.2019 tarih ve 30772 sayılı Resmi Gazete ilanıyla çıkan yeni Lisansız Üretim Yönetmeliğinin 24.maddesinde belirtilen hüküm çerçevesinde 09.05.2019 tarih ve 1044 sayılı Cumhurbaşkanı kararında belirtilen; "… Üretim ile tüketimi aynı ölçüm noktasında olmak üzere mesken (max 10 kW), sanayi, ticarethane ve aydınlatma aboneleri için kurulan çatı ve cephe uygulamalı güneş enerji kaynaklı üretim tesisleri ile üretilen ihtiyaç fazlası elektrik enerjisi için EPDK tarafından ilan edilen kendi abone grubuna ait perakende tek zamanlı aktif enerji bedeli, tesisin işletmeye giriş tarihinden itibaren 10 yıl süre ile uygulanır" denildiğinden bu tarihten sonra santral kuranlar için 0,133$/kWh birim enerji satış fiyatı kaldırılmıştır.

Bu kapsamda yeni kurulacak lisansız üretim tesisleri için enerji satış birim bedeli EPDK tarafından belirlenen 01.10.2019 tarihli elektrik faturalarına esas tarife tablosuna göre ‘tek terimli’ ve ‘tek zamanlı’ sanayi grubu perakende enerji bedeli 0,490020 TL/kWh’tir. Dolar kuruna çevirdiğimizde güncel fiyat 0,087$/kWh’tir.

Eski ve yeni LÜY kapsamında 0,046 $/kWh enerji satış bedelinde düşüş sağlanmıştır.

4 ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Bu çalışma da Adıyaman Kâhta Organize Sanayi Bölgesinde kurulan 177 kWp fotovoltaik devresinin benzetimi yapılarak değerler analiz edilmiştir. Daha sonra bu teorik değerler üretime geçtikten sonra gerçek üretim miktarları ile karşılaştırılmış ve sonuçlar analiz edilmiştir. Şekil 4.1'de Endüstriyel tesisin çatıda uygulanması planlanan teorik GES yerleşkesi ve uygulaması görülmektedir. Sistemin tek hat şeması EK 3'tedir.



Şekil 4.1. Endüstriyel tesisin çatıda uygulanması planlanan teorik GES yerleşkesi ve uygulaması

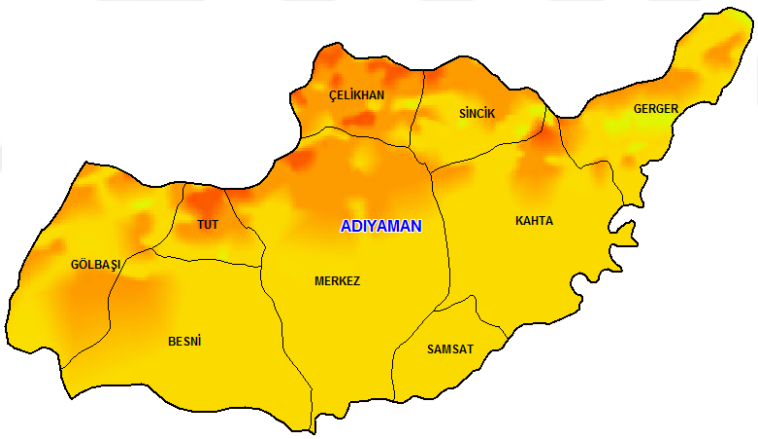
4.1 Adıyaman'da yenilenebilir enerji kaynakları

4.1.1 Adıyaman'da güneş enerjisi potansiyeli

Türkiye genelinde yıllık ortalama güneşlenme süresi 2640 saat iken, Güneydoğu Anadolu Bölgesi yıllık ortalama 2993 saatlik güneşlenme süresine sahiptir. Global radyasyon değerlerini incelendiğimizde Türkiye'de en fazla güneş radyasyonunu 6.57kWh/m^{2}-gün değeriyle Haziran'da gerçekleşmektedir.

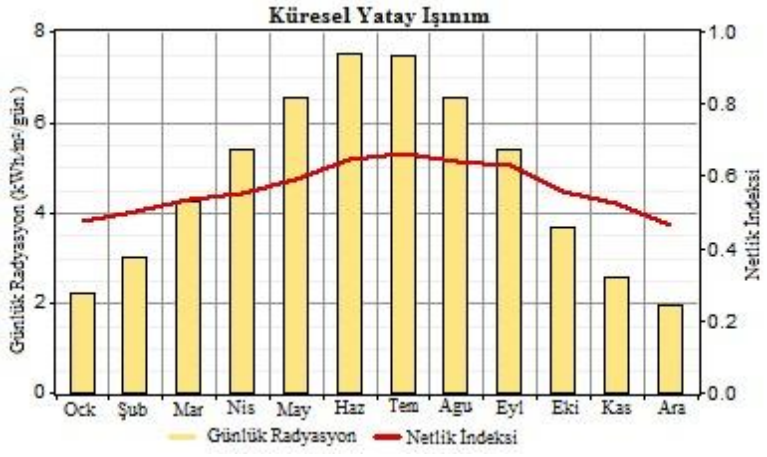
Güneşlenme süreleri grafiğine bakıldığında ise en fazla güneşlenme süresinin Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında gerçekleştiği görülmektedir.

Güneşlenme sürelerine incelendiğinde, Adıyaman'ın ortalama güneşlenme süresinin 12,25 saat ile en fazla Temmuz ayında, en az ise 4,01 saat ile Aralık ayında gerçekleştiği görülmektedir. Yıllık ortalama güneşlenme süresi ise 8.11 saattir. Adıyaman ili toplam güneş radyasyonun en çok olduğu ay Haziran ayıdır. Adıyaman hem güneşlenme süresi hem de güneş radyasyonu ortalamalarında Türkiye ortalamasının oldukça üzerindedir. Türkiye geneli toplam güneş radyasyonu Haziran ayında 6.57 kWh/m^2/gün iken Adıyaman ilinde 6.82kWh/m^2/gün olarak gerçekleşmektedir. Adıyaman için ortalama güneş radyasyonu 4.37kWh/m^2/gündür. Toplam güneş radyasyonu Türkiye ortalaması ise 4.17kWh/ m^2/gün'dür. (Şekil 4.2) [Behçet, Oral, Gül, 2013).



Şekil 4.2. Adıyaman ilinin Güneş Enerjisi Potansiyel Haritası

Adıyaman'ın Kâhta ilçesinin güneş radyasyon verileri HOMER yazılımı tarafından 37° 47′ 7.87"N ve 38° 37′ 25.32" E enlem ve boylam verilerini kullanarak elde edilmektedir. Aylık ortalama güneş radyasyon verileri ve netlik indeksi verileri Şekil 4.3'te görülmektedir.

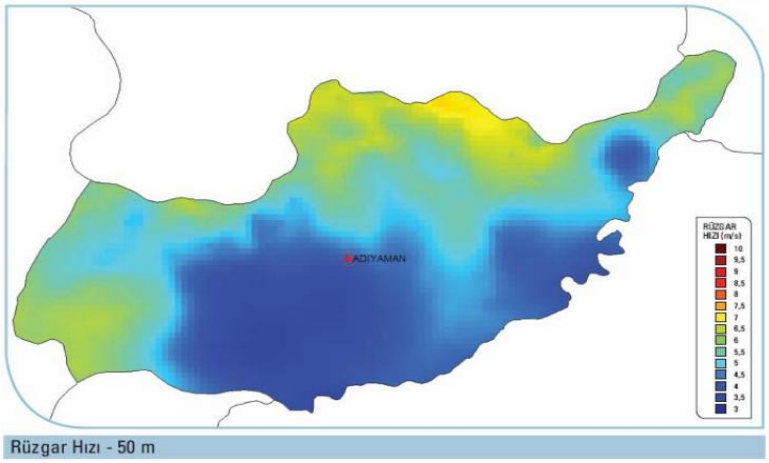


Şekil 4.3. Adıyaman Kahta'nın aylık ortalama güneş radyasyon verileri ve netlik indeksi

Adıyaman Kâhta ilçesinin güneş radyasyon verileri 1,95-7,50kWh/m^2/gün aralığında değişim göstermektedir. En yüksek ve en düşük güneş radyasyon verileri sırasıyla 1,95 ve 7,50 olup Aralık ve Haziran aylarında gerçekleşmiştir. Yıllık güneş ortalama radyasyon verisi 4,71 kWh/m^2/gün olarak hesaplanmıştır. HOMER yazılımına yerin enlem ve boylam verileri girildiği takdirde netlik indeksini ve güneş radyasyon verilerini üretebilmektedir. HOMER yazılımı bu verileri üretirken Graham algoritmasını kullanmaktadır (Lambert, Lilienthal 2006).

4.1.2. Adıyaman'da rüzgâr enerjisi potansiyeli

Kapluhan (2017) yaptığı çalışmaya göre yüzölçümünün büyük bir bölümünün engebeli ve dağlık olan Adıyaman'ın, ortalama düzeyde rüzgâr enerjisi potansiyeline sahip bir bölge olduğunu ve ekonomik rüzgâr enerji santrali yatırımı için 7m/s veya üzerinde rüzgâr hızı gerekmekte olduğunu ifade etmektedir. Ayrıca farklı rüzgâr hızlarında elektrik üretebilecek rüzgâr türbin teknolojisinin gelişmesi ile Adıyaman'da orta derece rüzgâr varlığına sahip batıda Gölbaşı ilçesi, kuzeyde Çelikhan ve Sincik ilçeleri, kuzeydoğuda Gerger ilçesi rüzgâr enerjisinden elektrik üretme imkânı bulunduğu sonucuna varmıştır. Şekil 4.4'te Adıyaman iline ait olmak üzere bölgenin 50m yükseklikte rüzgar hız dağılımı görülmektedir.



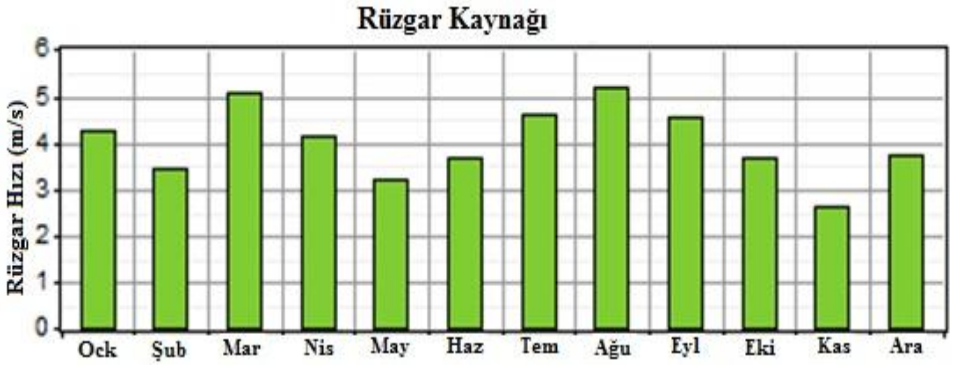
Şekil 4.4. Adıyaman'da 50 m yükseklikte rüzgâr hız dağılımı

Adıyaman ili için rüzgâr enerjisi santrali kurulabilecek toplam kurulu güç kapasitesi 1196,88 MW olup Çizelge 4.1'de görülmektedir (YEGM, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Genel Müdürlüğü)

Çizelge 4.1. Adıyaman iline kurulabilecek rüzgâr enerjisi santralı güç kapasitesi

50 m'de Rüzgar Gücü (W/m^2)	50 m'de Rüzgar Hızı (m/s)	Toplam Alan (km^2)	Toplam Kurulu Güç (MW)
300 – 400	6.8 – 7.5	176,32	881,60
400 – 500	7.5 – 8.1	50,96	254,80
500 – 600	8.1 – 8.6	12,10	60,48
600 – 800	8.6 - 9.5	0,00	0,00
> 800	> 9.5	0,00	0,00
		239,38	**1196,88**

Adıyaman Kâhta'nın aylık ortalama rüzgâr hız değerleri NASA tarafından geliştirilen POWER Data Access Viewer v1.1.1 yazılımı kullanılarak elde edilmiştir. Bölgenin 50m yükseklikteki 2017-2019 yılları arasındaki saatlik rüzgâr hız verileri aylık ortalama rüzgâr hız verilerine dönüştürülmüştür. Adıyaman Kahta'nın yıllık rüzgâr hız dağılım profili Şekil 4.5'te görülmektedir.

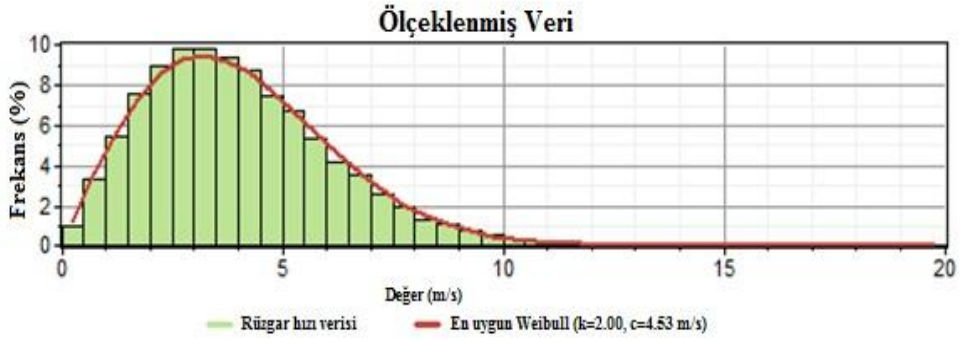


Şekil 4.5 Adıyaman Kahta'nın yıllık rüzgâr hız dağılım profili

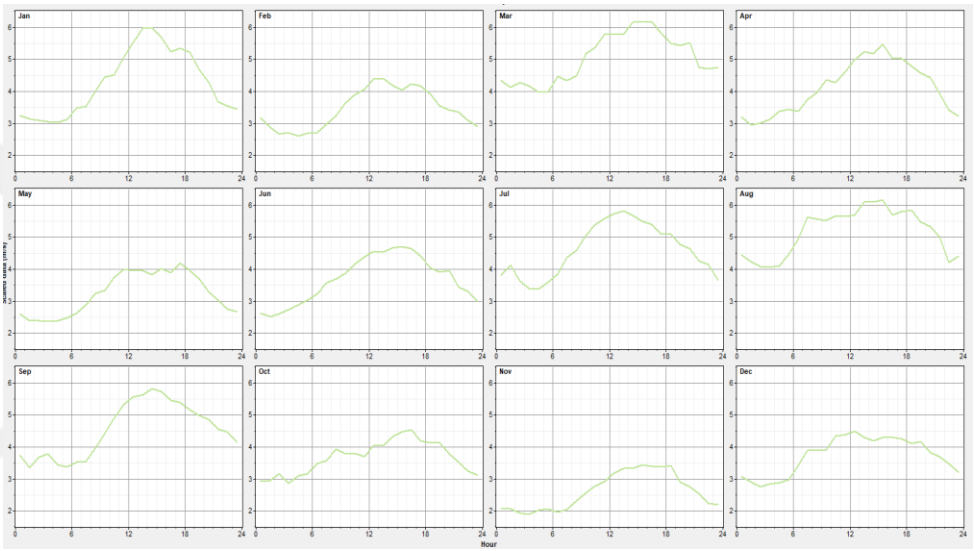
Rüzgar hızı datalarına göre Adıyaman Kahta'da rüzgar hızı dağılım aralığı 2.61 - 5.17 m/s arasında değişim göstermektedir. Bölgenin ortalama rüzgâr hız değeri 4.01m/s'dir. Kâhta'nın en yüksek ve en düşük rüzgâr hız değerleri 2.61m/s ile Kasım ve 5.17m/s ile Haziran aylarında gerçekleşmiştir. Rüzgâr hızı için, iki parametreli Weibull dağılım fonksiyonunu en genel halde;

$$f(v) = \left(\frac{k}{c}\right)\left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^{k}\right] \qquad (4.1)$$

bağıntısı ile verilir. Burada f(v), rüzgâr hızının olasılık yoğunluğunu, k şekil parametresini, c ise ölçek parametresini simgelemektedir. k, şekil parametresi genellikle bir çok rüzgar uygulamalarında 1.5 ile 3 değerleri arasında olmaktadır. HOMER weibull parametrelerini rüzgâr hız değerlerinin weibull dağılımı analiz ederek k ve c parametrelerini hesaplamaktadır. Adıyaman Kahta'nın rüzgâr hız olasılık yoğunluk fonksiyonu Şekil 4.6'da görülmektedir. K ve c parametreleri sırasıyla 2 ve 4.53 m/s olarak hesaplanmıştır. Aynı zamanda günlük ortalama rüzgar hız değişimlerinin aylara göre değişimi Şekil 4.7'de detaylı olarak görülmektedir.



Şekil 4.6. Adıyaman Kâhta'nın rüzgâr hız olasılık yoğunluk fonksiyonu



Şekil 4.7. Günlük Ortalama Rüzgar Hız Değişimlerinin Aylara Göre Değişimi

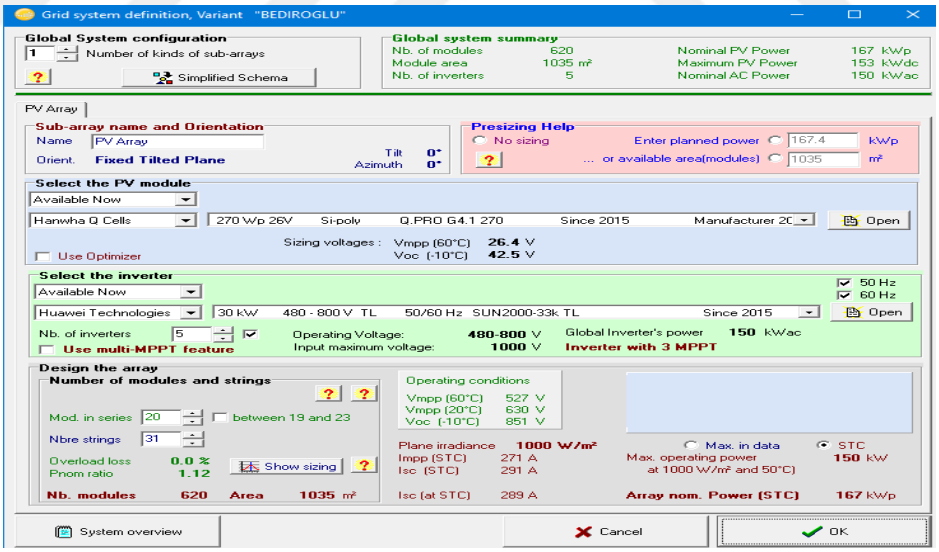
4.2 PVSyst çalışmaları

PVSyst programı Şebekeye bağlı veya bağımsız FV sistemleri, FV sulama sistemlerini ve DA şebekelerini kurup güneş santralinin tasarımını yapıp sonuçlarını inceleme imkânı sağlayan bir FV sistem benzetim programıdır. Ana menü ekranında ön ve proje tasarımları, araçlar başlıkları ile farklı opsiyonlar sunmaktadır. Ön tasarım menüsü hızlı ve kolay modelleme menüsüdür (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. PVSyst ara yüzü

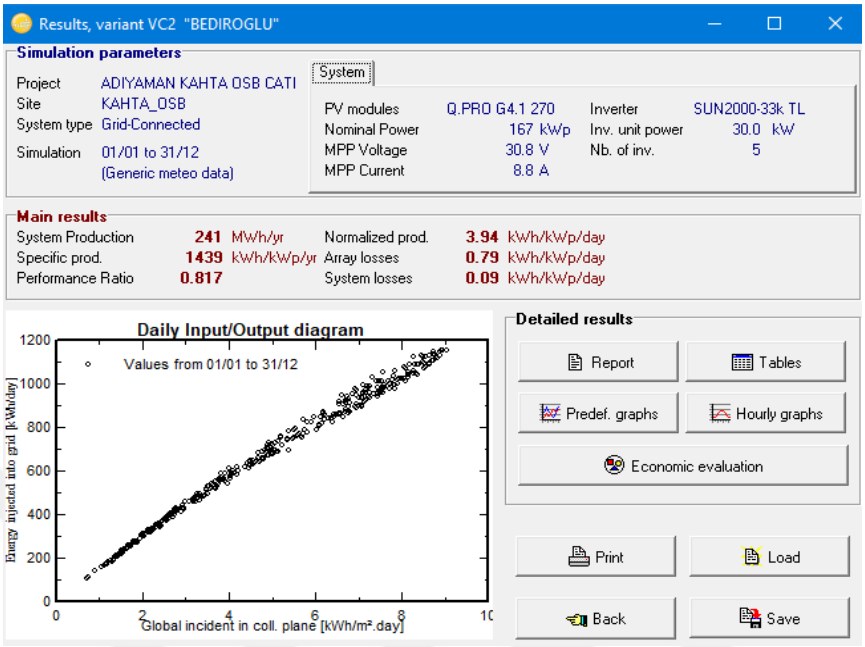
PVSyst, kurulacak sistem için kullanılacak panel ve evirici değerlerini üretici firma ve nominal güçlerine bağlı olarak Şekil 4.19'da görüldüğü gibi seçme olanağı sunmaktadır.



Şekil 4.9. PVSyst'te benzetim bileşenlerinin seçilmesi

PVSyst 'sonuçlar' menüsü (Şekil 4.10) ön değerlendirmeler yaparak sistem bileşenlerini, boyutlarını, aylık üretim ve performanslarını değerlendirir. Araçlar

menüsü ise veritabanındaki veri bileşenlerinin yönetimi ile grafik görüntüler ve tabloları içerir.



Şekil 4.10. PVSyst sonuçlar menüsü

4.2.1 Benzetim parametreleri

Çizelge 4.2'de benzetim parametreleri gösterildiği gibi tasarlanmıştır. Santralin enlem-boylam değerleri ve diğer parametreler sistem bileşeni olarak programa kaydedilmiştir.

Çizelge 4.2.Benzetim parametreleri

Şebeke Bağlantılı Sistem: Benzetim Parametreleri İlk yıl operasyonları			
Proje: Endüstriyel çatı uygulamalı GES			
Coğrafik alan: Kâhta OSB			Ülke: Türkiye
Enlem: 37.80°	Boylam: 38.57°	Eğim: 12°	Azimuth: 0°
			Rakım: 689 m

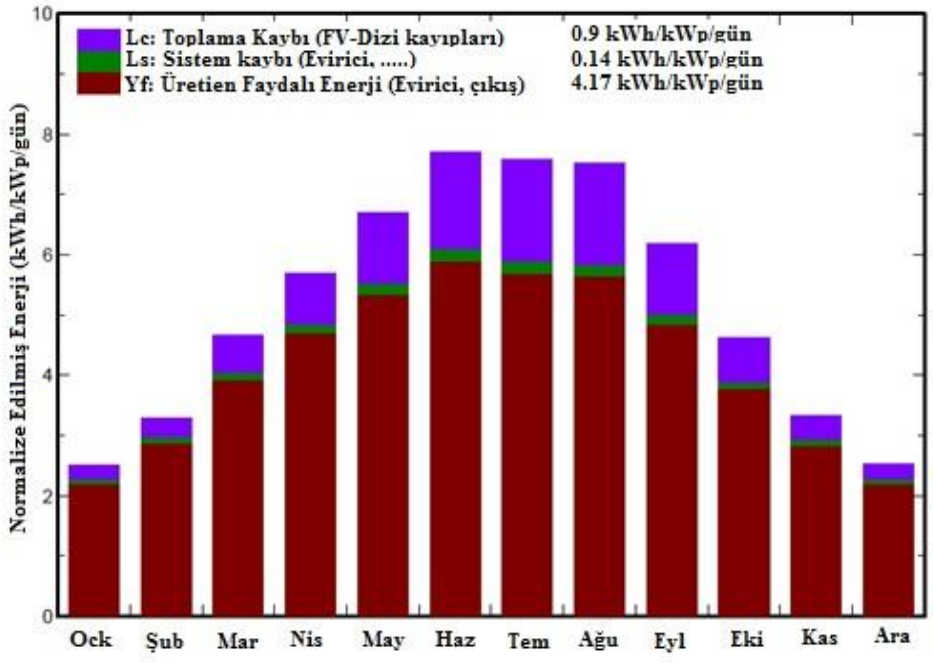
Çizelge 4.3.'deki benzetim sonuçlarını incelediğimizde 620 adet fotovoltaik polikristal modül kullanıldığı, modül alanın çatı üzerinde 1035 m², hücre alanının ise 905 m² olduğu görülmektedir. Her modül 270 Wp olarak seçilmiş (EK 4), I mpp'nin

271 A olduğu, U mpp'nin 553 V olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca nominal gücü 30 kWac olan 5 evirici kullanıldı (EK 5).

Çizelge 4.3. Şebeke bağlantılı GES santralinin benzetim parametreleri

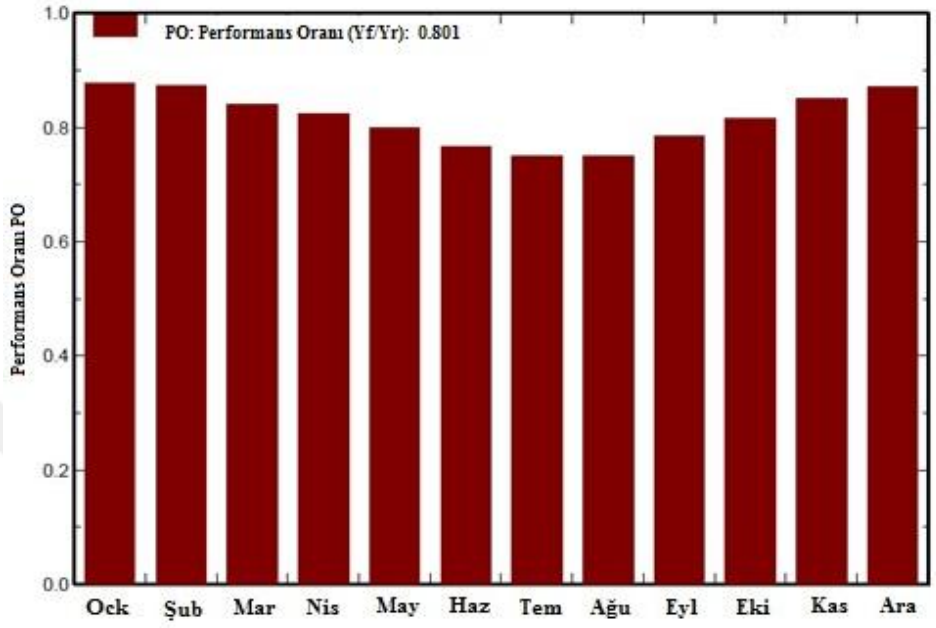
Simülasyon değişkenleri		
Fotovoltaik dizi karakteristiği		
FV modül sayısı	Seri: 20 modül	Paralel: 31 dizi
Toplam FV modül sayısı: 620 Polikristal (Sun Solar)	Nominal hücre gücü: 270 Wp	Nominal güç (STK): 177 kWp
I mpp: 271 A	U mpp: 553 V	
Hücre alanı: 905 m²	Modül alanı: 1035 m²	
Evirici (Huawei Sun2000-33ktl)	Operasyon gerilimi: 480-800 V	Nominal gücü: 40 kWac
	Evirici sayısı: 5	Toplam Nom güç: 150 kWac

Şekil 4.11'de normalize edilmiş değerler görülmektedir. Dizilerden, eviricilerden oluşan kayıp değerleri optimize edilmiştir. Aylık veriler incelendiğinde sıcaklığın düşük olduğu kış aylarında evirici çıkışında elde edilen enerji kazancı yüksek olmasına rağmen dizi ve evirici kayıpları minimum seviyededir. Ancak Haziran ayına baktığımızda maksimum enerji kazancı elde edilirken kayıp değerleri de maksimum seviyeye ulaştığı incelenmiştir.



Şekil 4.11. Normalize edilmiş üretim ve kayıp değerleri

Şekil 4.12.'deki grafiğe bakıldığında performans oranları ay bazında incelenmiştir. Optimizasyon sonuçlarına göre en yüksek performans oranı Şubat ayında yaşanırken en düşük performans oranı ise Temmuz ayında gerçekleşmiştir.



Şekil 4.12. Ay bazında performans oranları gösterilmiştir.

Çizelge 4.4'te ana sonuçları verilmiştir. Ay ve yıl bazında verilen değerler listelenmiştir. Şimdi bütün değerler ayrı ayrı analiz edelim.

- Santralimizde bir yıl içerisinde yatay düzlemde küresel ışınım miktarı 1761,6 kWh/m²'dir.
- Yıllık ortalama ortam sıcaklığı 14,59 °C
- Eğimli FV toplayıcı düzlemdeki küresel ışınım miktarı (optik düzeltmeler yokken): 1900,6 kWh/m²'dir.
- Toplayıcılardaki 'asıl' küresele ışınım miktarı (optik kayıplar, yakın-uzak gölgelenmeler, kirlenme kayıpları, vb.): 1809,9 kWh/m²'dir.
- Fotovoltaik dizi tarafından üretilen enerji miktarı: 278,46 MWh

- Şebekeye verilen enerji miktarı (Evirici ve AC iletken kayıpları dâhil): 269,42 MWh

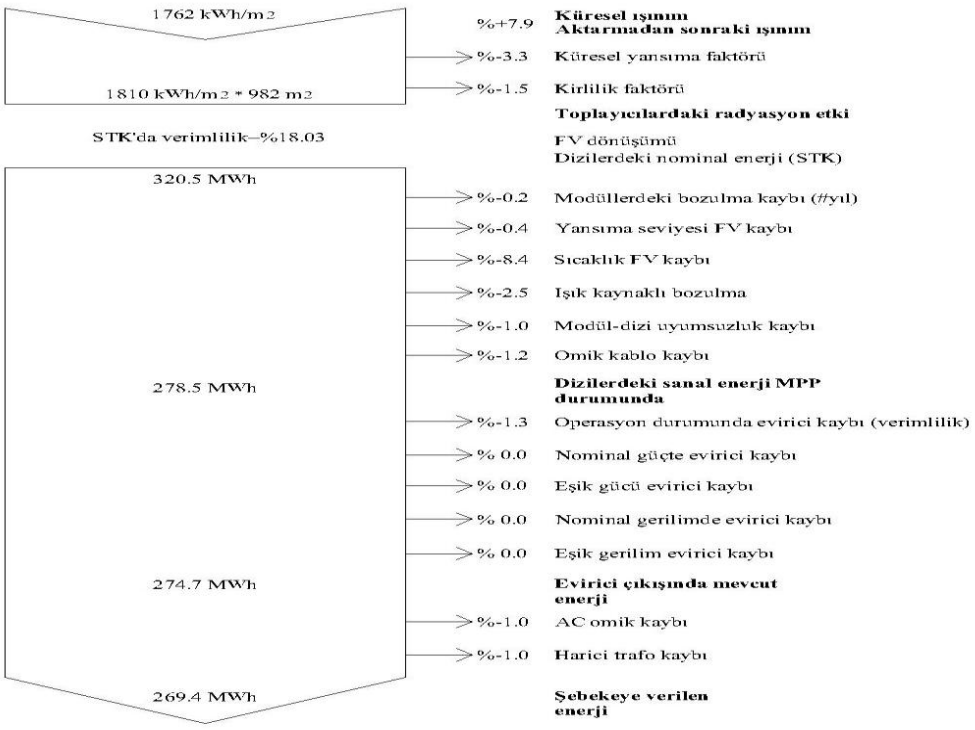
Çizelge 4.4. Enerji üretimi ile ilgili ana sonuçlar

Endüstriyel Tesis								
Ana sonuçlar								
	Küresel ışınım	Dağınık ışınım	Ortam Sıcaklığı	Eğimli FV Toplayıcı	Asıl küresel ışınım	Dizi çıkışında üretilen enerji	Şebekeye basılan enerji	Perf. Oranı
	kWh/m²	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	MWh	MWh	
Ocak	63,3	30,10	0,40	77,7	73,0	12,49	12,06	0,877
Şubat	79,3	40,00	2,50	92,1	87,2	14,73	14,24	0,873
Mart	130,3	51,40	8,40	144,5	137,4	22,22	21,50	0,841
Nisan	162,7	72,80	13,10	171,1	162,9	25,79	24,96	0,824
Mayıs	204,6	80,90	18,40	207,5	197,8	30,28	29,32	0,798
Haz.	231,1	56,60	24,70	231,4	221,7	32,43	31,37	0,766
Tem.	232,8	65,80	29,40	235,2	225,0	32,32	31,28	0,751
Ağsts.	223,9	49,60	28,90	233,4	223,3	32,07	31,04	0,751
Eylül	168,5	48,70	22,60	185,8	177,4	26,66	25,80	0,784
Ekim	123,5	45,30	16,00	143,4	136,3	21,38	20,70	0,815
Kas.	79,9	29,90	7,50	100,0	94,3	15,57	15,05	0,851
Aralık	61,7	28,50	2,30	78,6	73,7	12,54	12,11	0,871
YIL	1761,6	599,60	14,59	1900,6	1809,9	278,46	269,42	0,801

Yıl boyunca kayıp diyagramı incelendiğinde (Şekil 4.13.) yatay düzleme gelen ışınım miktarından şebekeye basılan net enerji miktarı arasındaki tüm kayıp değerler optimize edilmiştir.

Örneğin yatay düzleme 1762 kWh/m² ışınım düşerken %3,3 oranında optik kayba uğrar. Bu oranı daha %1,5 oranında kirlenme faktörü takip eder. Bu oranlar hesaplandığında fotovoltaik panellere düşen ışınım miktarı 1810 kWh/m² olur.

Toplam alan 982 m² olduğundan toplam yüzeye düşen ışınım miktarı: 1810 x 982 = 1.777.420,00 kWh olur. Standart test koşullarında fotovoltaik hücre verimi %18,03 alındığında ışınım miktarı [1.777.420,00 x 18,3]/100 = 325.267,86 kWh = 325,27 MWh enerji üretimi sağlanır. Bununla birlikte kayıp diyagramı detaylı incelendiğinde dizi ve evirici kayıplar hesaplandığında santralden şebekeye yıllık 269,4 MWh elektrik vereceği analiz edilmiştir.



Şekil 4.13. Yıl boyunca oluşan kayıp diyagramı

4.2.2 Gerçek zamanlı ölçümler

Bu tezde Kâhta Organize Sanayi Bölgesi'nde endüstriyel bir tesisin çatısında uygulama yapılan YEGM tarafından uygun raporu alınan (EK 6) fotovoltaik sistemin PVSyst programı yardımıyla bölgenin meteorolojik değerleri göz önünde bulundurularak teorik üretim miktarı hesaplamaları yapıldı.

Sistem devreye alındıktan sonra elektrik üretimi ve satışı gerçekleşmiştir. Bu tez çalışmasında ise teorik ve gerçek zamanlı üretim miktarlarını karşılamak için nihai şebekeye giden ve evirici çıkışı lokasyonlardan farklı zaman dilimlerinde ölçümler alınmış daha sonra teorik değerlerle karşılaştırma yapılmıştır.

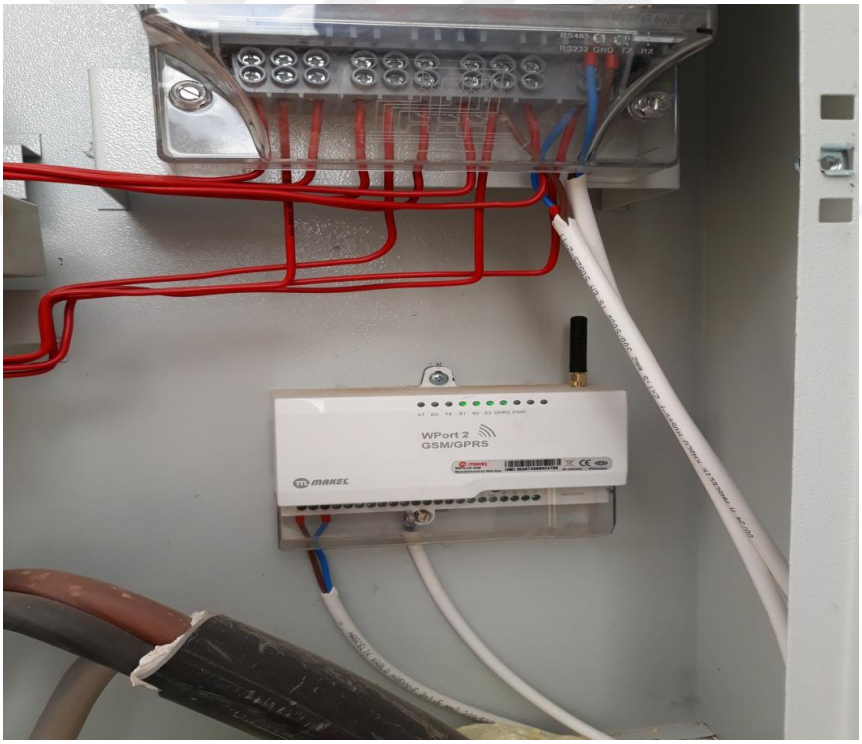
4.2.2.1 Nihai şebeke çıkışı ölçümü

Çizelge 4.4 detaylı incelendiğinde şebekeye basılan net enerji miktarı görülmektedir. Örneğin Temmuz ayında küresel ışınım miktarı 232,8 kWh/m² iken

ortalama sıcaklığı 29,40 °C, dizi çıkışında üretilen enerji miktarı 32,32 MWh olarak hesaplanmıştır. Şebekeye basılan enerji miktarı ise 31,28 MWh olduğu görülmektedir.

Okuma yapılan elektronik sayaç ve modem (Şekil 4.14):

- Markası: Makel Sayaç
- Modeli: C510.AMT.2256.RS485, çift yönlü
- Seri numarası: 75000785
- Markası: Makel Modem
- Modeli: GPRS tabanlı, Wport-2
- IMEI No: 356874083726149



Şekil 4.14. GPRS tabanlı Makel marka Wport 2 modem

Makel yazılım alt yapılı otomatik sayaç okuma sistemi (OSOS-Şekil 4.15) ile Temmuz dönemine ait (01.07.2018, 00:00 - 01.08.2018, 00:00) saatlik veriler alınarak değerler Çizelge 4.6'da gösterilmiştir. Saatlik veriler incelendiğinde her

günün sabah 5-6 saatleri arasında üretime başlandığı görülmektedir. Örneğin 1 Temmuz 2018 günü saat 5-6 saatleri arasında santralden şebekeye veriş yönünde 3,96 kWh enerji verirken 12-13 saatleri arasında 123,48 kWh ile en yüksek üretim değerine ulaşıyor. Yine aynı gün içerisinde son olarak 19-20 saatleri arasında 3,72 kWh şebekeye enerji basarak günlük üretimi tamamlıyor.



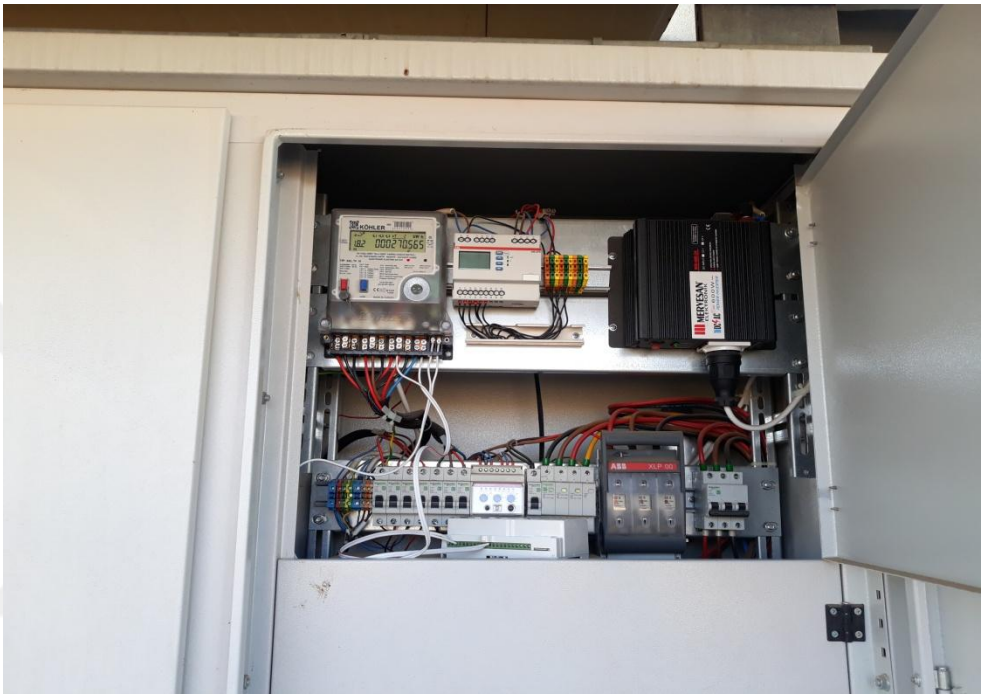
Şekil 4.15. Makel OSOS'un ara yüzü

Endüstriyel çatı uygulamalı fotovoltaik sistemde 1 Temmuz 2018 tarihinde toplamda 1091,40 kWh enerji üretimi gerçekleşirken 01.07.2018 ile 31.07.2018 tarihleri arasında toplam 30.128,52 kWh elektrik üretimi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca yine OSOS'tan bir sonraki değerler yani 01.07.2019 ile 31.07.2019 arasında toplam üretim miktarı 30.916,80 kWh olarak ölçülmüştür.

4.2.2.2 Evirici çıkışı ölçümü

Hem işletme tarafından tüketilmeyen, hem de ihtiyaç fazlası enerjinin şebekeye gönderilmeden doğrudan eviricilerin çıkışında yapılan ölçümdür. Ölçüm Eylül 2019 dönemine ait Köhler marka ve 51172633 seri numaralı kombi sayaç

üzerinden yapılmıştır (Şekil 4.16). Ölçüm verileri 354976096652063 IMEI numaralı OSOS modemi yardımıyla alınmıştır. Bu kapsamda Eylül 2019 dönemine ait evirici çıkışında 24.513,180 kWh üretim miktarı ölçülmüştür. Bu döneme ait nihai şebeke çıkış ölçümü 24.057,720 kWh'tir. Aradaki 455,46 kWh'lık fark işletme içerisinde tüketilen miktardır.



Şekil 4.16. Evirici çıkışı ölçüm panosu

4.2.3 Sistem benzetimi ile gerçek zamanlı üretim değerlerinin karşılaştırılması

4.2.3.1 Nihai şebeke çıkış ölçümünün karşılatırılması

PVSyst benzetim programı ile hesaplanan teorik üretim değerleri Çizelge 4.4'te gösterildiği gibi sunulmuştu. Çizelge incelendiğinde Temmuz ayında şebekeye 31,28 MWh yani 31.280 kWh enerji basıldığı görülmektedir. Otomatik Sayaç Okuma Sistemi ile devredeki fotovoltaik sistemlerde 01.07.2018 ile 31.07.2018 tarihleri arasında gerçek zamanlı 30.128,52 kWh elektrik üretimi gerçekleştirilerek şebekeye verilmiştir.

Hem teorik değerler hem de OSOS'tan alınan geçek veriler karşılaştırıldığında 1151,48 kWh fark olduğu, bu da yaklaşık %3,68 oranında fark yarattığı gözlemlenmiştir. Temmuz 2019 döneminde ise 30.916,80 kWh elektrik üretimi gerçekleştirilerek şebekeye basılmıştır. Hem teorik değerler hem de OSOS'tan alınan geçek veriler karşılaştırıldığında 363,20 kWh fark olduğu, bu da yaklaşık %1,16 oranında fark yarattığı gözlemlenmiştir.

Ancak bu iki Temmuz ayı içerisinde Kâhta Organize Sanayi Bölgesinde çevresel etkilerden dolayı yaşanan elektrik kesintilerine paralel olarak üretimin durduğu varsayılırsa %3,68 ve %1,16 oranlarındaki farkın benzetim sonuçlarına çok yakın değerlerde üretimin gerçekleştiği sonucuna varılmıştır.

4.2.3.2 Evirici çıkış ölçümünün karşılatırılması

Çizelge 4.4'te Eylül dönemine ait belirlenen teorik üretim değeri 25.800,00 kWh'tir. Eylül 2019 döneminde (01.09.2019, 00.00 - 30.09.2019, 23.59) yapılan gerçek zamanlı ölçüm değeri ise 24.513,180 kWh'tir. Teorik değerle gerçek zamanlı değer arasında 1,287 kWh fark olduğu sonucuna varılmıştır. Kayıp oranı ise %4,98'dir.

4.3 Sistem kayıplarının incelenmesi

Bir fotovoltaik santralin kalitesini belirleyen en önemli paradigma sistemin performans oranıdır. Performans oranı ne kadar yüksekse sistem kalitesi o büyüklükte iyileşecek ve sistem kayıpları da o derece minimize edilecektir. Şekil 4.13'te sistemde oluşan tüm kayıp diyagramında belirtildiği gibi sistemde teknik kayıplarının olması kaçınılmazdır.

Sistem kayıplarına birçok parametre etki eder. Özellikle endüstriyel çatı uygulamalı santraller için FV panel dizilimi, eğim ve azimut açısının çok hassas bir şekilde tasarlanması gerekmektedir. Güneydoğu illerinde özellikle Adıyaman ve Şanlıurfa bölgelerinde ışınım miktarı her ne kadar yüksek olsa da sıcaklığın etkisiyle

fotovoltaik hücrelerde performans düşmesine neden olmakta ve dolayısıyla kayıplara sebebiyet vermektedir. Bu nedenle endüstriyel çatı uygulamalı GES'lerde yüksek performans oranlarına sahip panel ve evirici seçilmesi önemlidir.

FV panellerde eviriciye bağlı bir gerilime ulaşmak için yüzlerce hücre seri bağlı ve aynı DC akımda çalışması gerekmektedir. Bu teknik açıdan uyumsuzluk (mismatch) sorununu beraberinde getirir. Uyumsuzluk kayıplarının engellenmesi için bütün hücrelerin maksimum güç noktası akımı (mgna) ile aynı olması gerekir ki panallerin farklı çalışma koşulları, farklı spektrumlarda gelen ışınımlar, üretim toleransı vb durumlarda olmasından kaynaklı mutlaka uyumsuzluk kaybı yaşanacaktır. Bu nedenle endsütriyel çatı uygulamalı yapılacak güneş enerji santrallerinde uyumsuzluk problemi dikkate alınarak yeni teknolojilerle beraber piyasaya giren FV-MGNA uyumlu tasarımlar tercih edilmelidir.

4.4 Sistemin ekonomik analizi

PVSyst'in ön tasarım panelinde bulunan 'Ekonomik Değerlendirme' bölümünde sistem için ekonomik değerlendirme yapılmıştır. Öncelikle yatırım ve işletme maliyeti hesabı yapılarak toplam yıllık maliyetle, enerji birim fiyatı sonuçları elde edilmiştir. Daha sonra tarife dataları girilerek finansal sonuç elde edilmiştir.

4.4.1 Yatırım ve işletme maliyeti hesabı

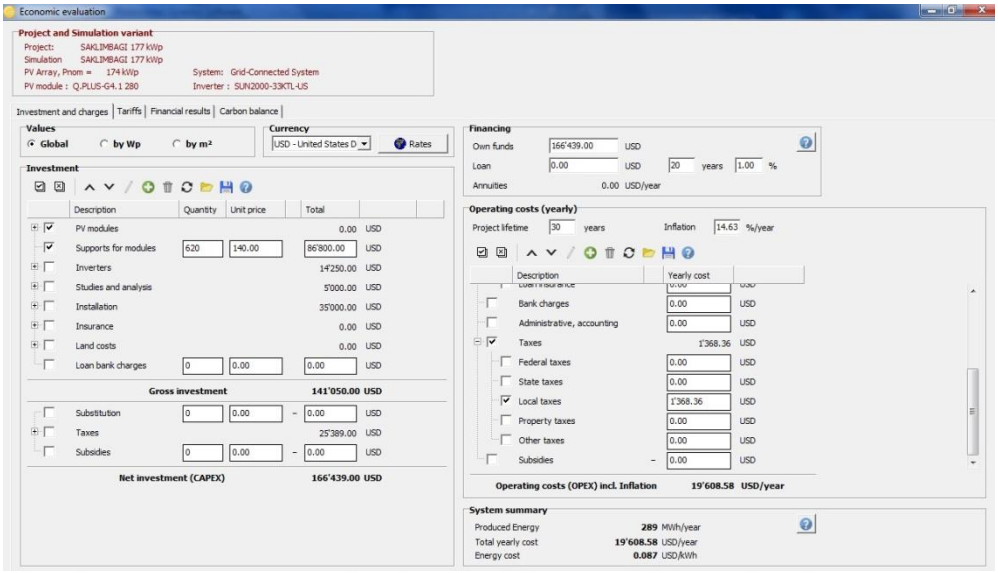
Öncelikle sistem için yatırımı yapılan malzeme birim fiyatı girişi yapılmıştır. Daha sonra işletme giderleri, öz sermaye ve diğer işletme giderleri sisteme yüklenerek yatırım ve işletme maliyeti sonuçları elde edilmiştir. Bu kapsamda sistem için toplam yıllık maliyetle, enerji birim fiyatı sonuçları aşağıda belirtildiği gibidir. Çizelge 4.5'te uygulama projesi için kullanılan tüm mali yatırımlar gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. Ekonomik analiz için hesaplanan veriler

Yatırım Maliyeti			
Malzeme	Adet	Birim fiyat ($)	Toplam ($)
FV Modül	620	140	86.800
Evirici	5	2.850	14.250
Mühendislik ve Proje Maliyeti	1	5.000	5.000
Nakliye	1	2.000	2.000
Aksesuar	1	3.000	3.000
Kablo	1	5.000	5.000
İşçilik ve diğer giderler	1	15.000	15.000
Şebeke bağlantısı	1	10.000	10.000
Toplam			141.050
KDV (%18)			25.389
GENEL TOPLAM			166.439

Bu uygulama projesi kapsamında resmi ya da özel bir kuruluştan herhangi bir kredi desteği alınmamıştır. %50'i öz sermaye kapsamında kalan %50 ise Adıyaman İl Tarım ve Orman Müdürlüğü (İl Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü) yatırım teşvik desteğiyle yapılmıştır, teşvik geri ödemesizdir (EK 7). Toplam maliyetin 83.219,50 $'lık kısmı öz sermayeden geri kalan 83.219,50 $'lık kısmı da hibe alınarak imalatı yapılmıştır. Sistem ömrü 30 yıl olup, enerji satış başlangıç yılı 2018'dir. Yıllık enflasyon değeri de son üç yılın ortalama enflasyon değeri olan %14,63 alınmıştır.

İşletme gideri olarak yıllık bakım-onarım için 300 $, dağıtım bedeli 1.368,36 $ alınmıştır. Bu kapsamda sistem için toplam yıllık maliyet 19.608,58$, enerji birim fiyatı ise 0,077$/kWh sonuçları elde edilmiştir (Şekil 4.17).



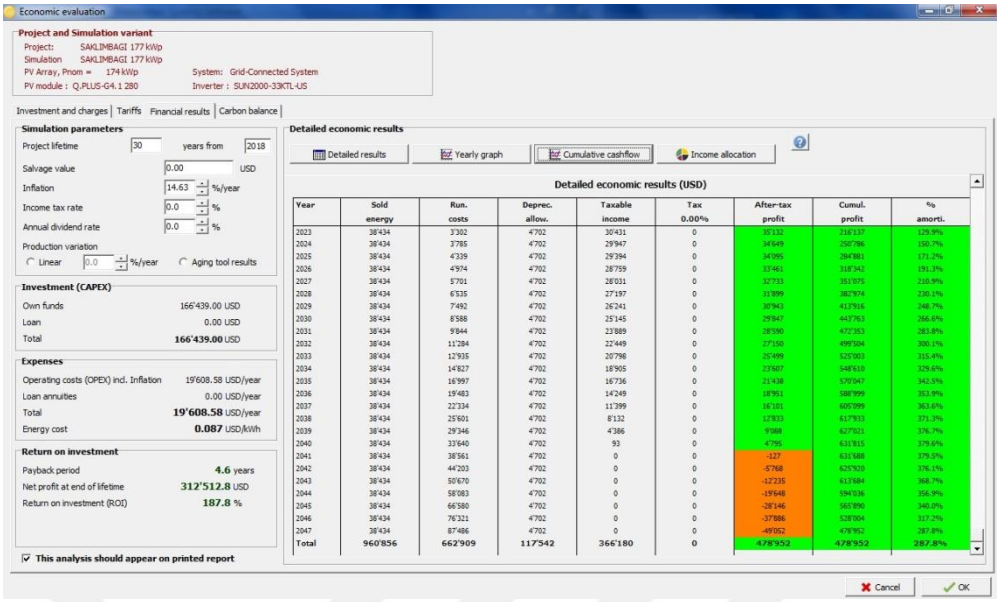
Şekil 4.17. Sistem için yapılan ekonomik değerlendirme veri giriş penceresi

4.4.2 LÜY Kapsamında elektrik satış birim fiyat tarifesi

Bu proje, 02.10.2013 tarihli ve 28783 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren "Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik (eski)" kapsamında 2018 yılında dağıtım sistemine bağlantı anlaşması imzalandığından elektrik satış birim fiyatı 0,133 $/kWh'tir. Bu değer PVSyst için 'tarifeler' segmentine girilmiştir.

4.4.3 Ekonomik açıdan sonuç değerlendirilmesi

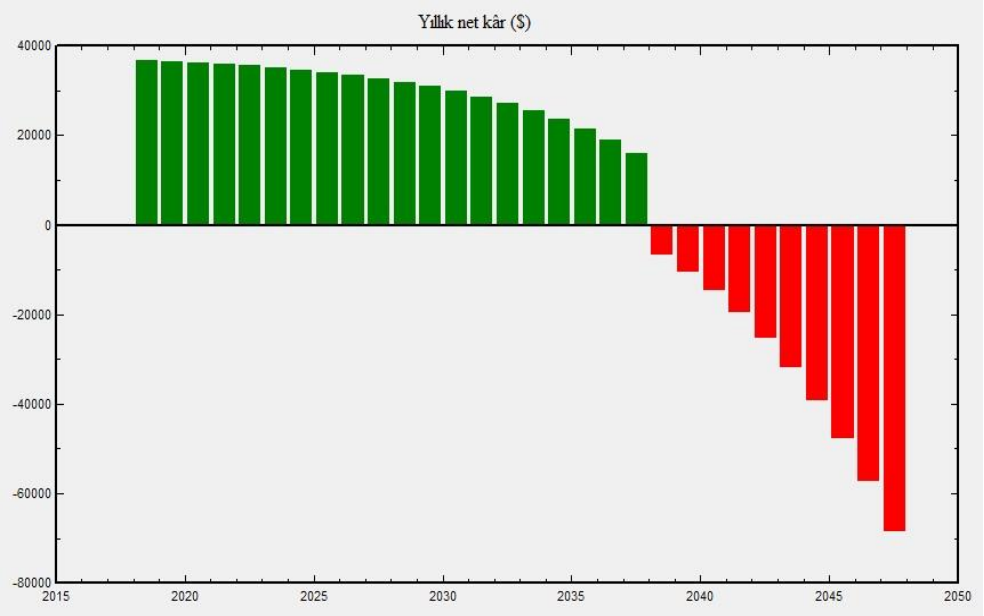
Yatırım ve işletme maliyeti hesabını PVSyst programına yükledikten sonra yapılan fiyat tarifesi ile ekonomik sonuç değerlendirilmesi yapılmıştır (Şekil 4.18). Bu kapsamda yatırım geri ödeme süresi 2.3 yıl ve sistem ömrü boyunca net kâr marjı 203.561,1 $'dır. Yatırım miktarına (166.439 $) oranı ise %244,6'tir.



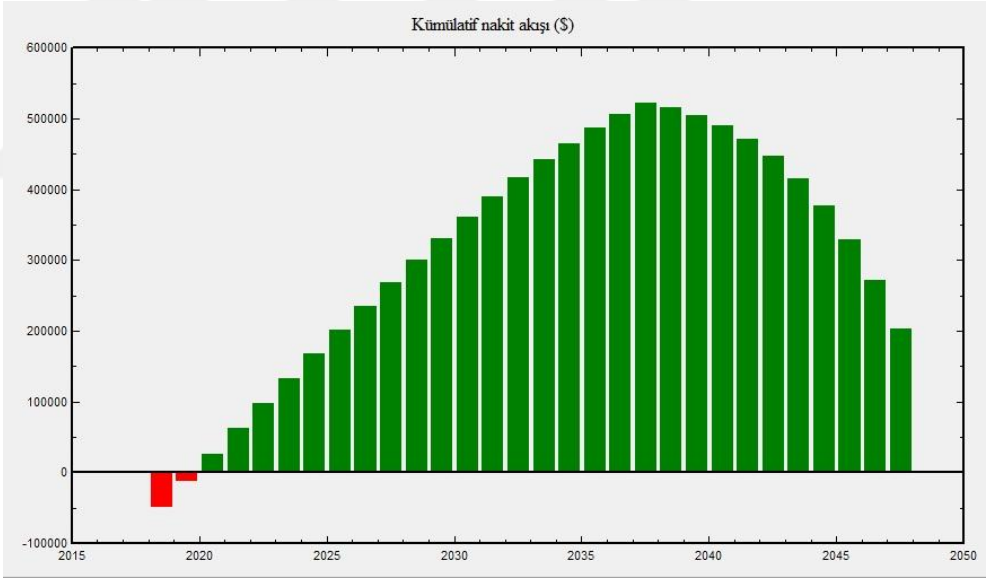
Şekil 4.18. Sistem için yapılan ekonomik değerlendirme sonuç penceresi

Yıllara göre net kâr oranı Şekil 4.19'da gösterilmiştir. Grafik detaylı incelendiğinde sistemde ilk 20 yıl boyunca sistemde kâr oranının olduğu ancak yıllara göre düşüş eğilimi gösterdiği görülmektedir. Santral, kalan on yıl boyunca ise zarar eğilimi göstererek 2048 yılı itibariyle en yüksek orana ulaşmıştır.

Şekil 4.20'da kümülatif nakit akışı gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde başlangıç tarihi 2018 yılından itibaren 2019 yılına kadar zarar oranı azalarak 2020 yılı itibariyle kâr marjına geçiş sağlanmıştır. Yıllara göre kümülatif nakit akışı 20. yılda en yüksek değere ulaşırken bu yıldan itibaren düşüş eğilimi göstermektedir.

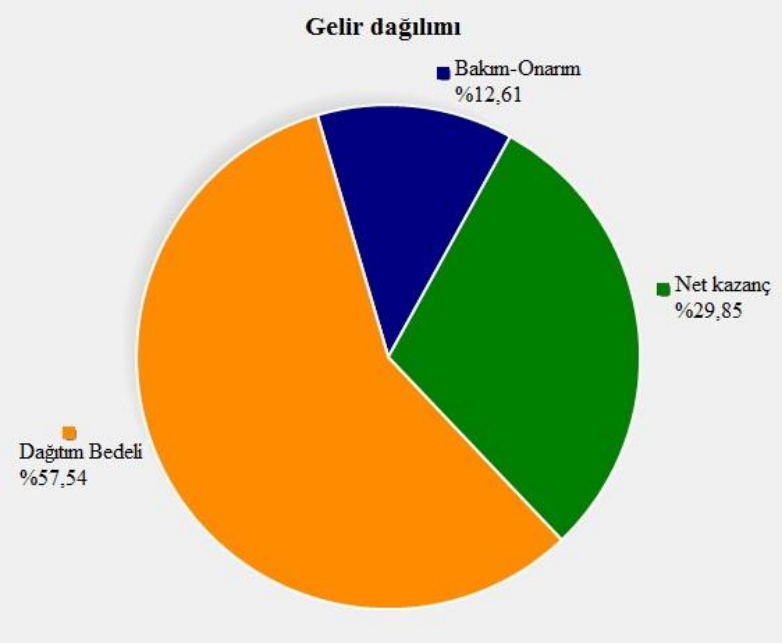


Şekil 4.19. Yıllara göre net kâr oranı



Şekil 4.20. Kümülatif nakit akışı

Gelir dağılımı da Şekil 4.21'de gösterilmiştir. Böylece kümülatif gelirin %12,61'si bakım ve onarım giderlerine, %57,54'i dağıtım bedeli giderlerine eklenmiştir. Net kazanç oranı ise %29,85'tir.



Şekil 4.21. Gelir dağılımı

4.4.4 Hibesiz duruma göre oluşacak ekonomik analiz senaryosu

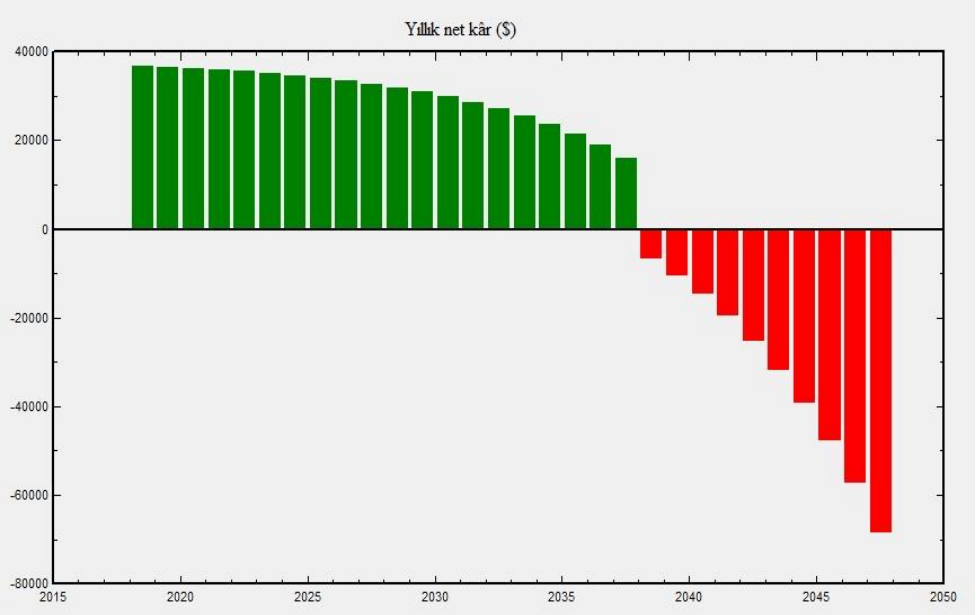
Güneş enerji santralinin hibesiz durumda yapılan senaryoda Bu kapsamda sistem için toplam yıllık maliyet değişmeyecek (19.608,58$) ancak enerji birim fiyatı ise 0,077$/kWh'tan 0,087$/kWh'a yükselecekti.

Yatırım geri ödeme süresi 4.6 yıl ve sistem ömrü boyunca net kâr marjı 120.341,6 $'dır. Yatırım miktarına (166.439 $) oranı ise %72,3'tür.

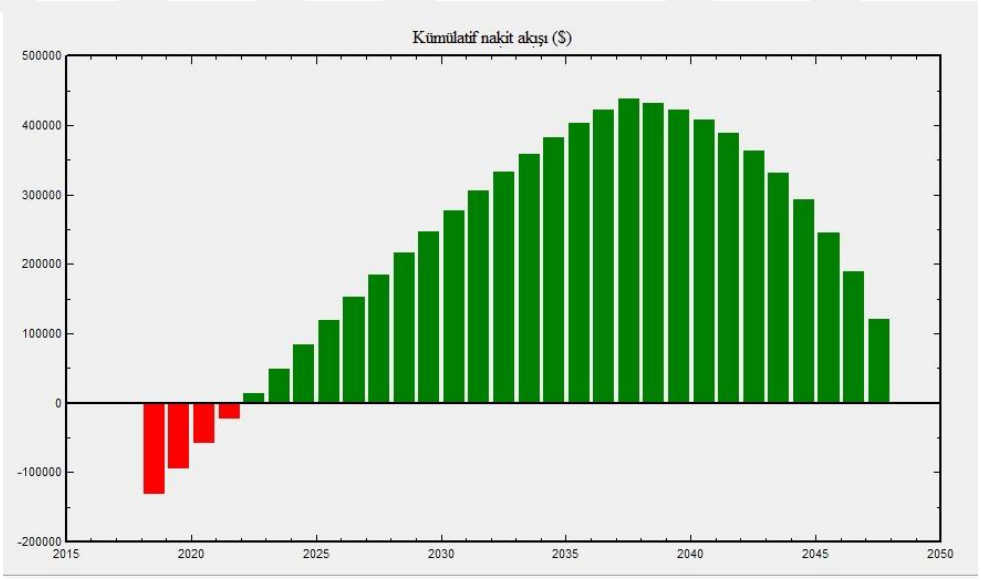
Yıllara göre net kâr oranı Şekil 4.22'de gösterilmiştir. Grafik detaylı incelendiğinde sistemde ilk 20 yıl boyunca sistemde kâr oranının olduğu ancak yıllara göre düşüş eğilimi gösterdiği görülmektedir. Santral, kalan on yıl boyunca ise zarar eğilimi göstererek 2048 yılı itibariyle en yüksek orana ulaşacaktır. Bu durumda hibeli ve hibesiz yatırımlar birbirine benzer portföyde olacaktır.

Şekil 4.23'te kümülatif nakit akışı gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde hibeli durumdan farklı bir portföy olduğu, başlangıç tarihi 2018 yılından itibaren 2022 yılına kadar zarar oranı azalarak 2023 yılı itibariyle kâr marjına geçiş sağlanacaktır.

Yıllara göre kümülatif nakit akışı 20. yılda en yüksek değere ulaşırken bu yıldan itibaren düşüş eğilimi gösterecektir.



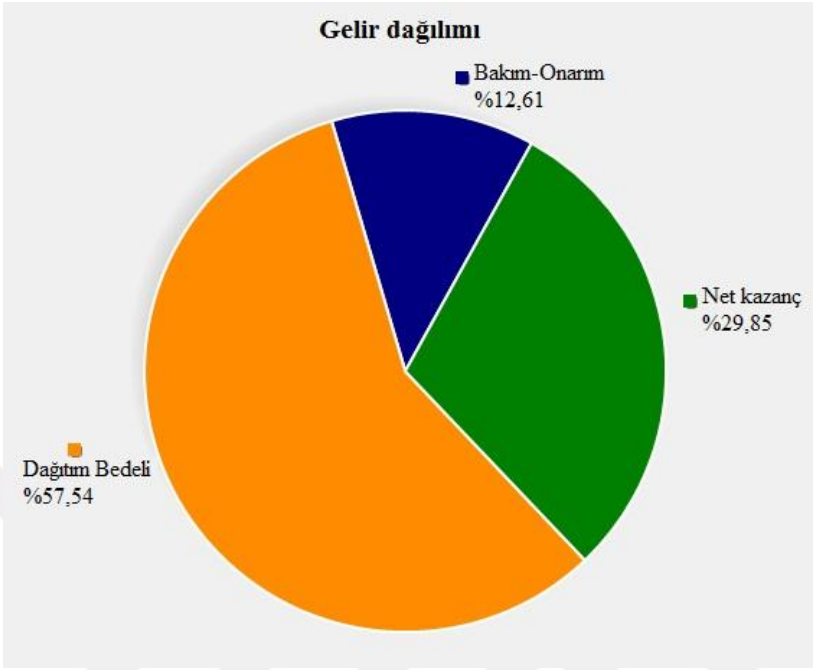
Şekil 4.22. Hibesiz-Yıllara göre net kâr oranı



Şekil 4.23. Hibesiz-Kümülatif nakit akışı

Gelir dağılımı Şekil 4.24'te gösterilmiştir. Böylece kümülatif gelirin %12,61'si bakım ve onarım giderlerine, %57,54'i dağıtım bedeli giderlerine eklenmiştir. Net

kazanç oranı ise %29,85'tir. Bu oran hibeli ve hibesiz durumda aynı senaryoda kalacaktır.



Şekil 4.24. Hibesiz-Gelir dağılımı

4.4.5 Eski ve Yeni LÜY kapsamında yeni fiyat tarifesine göre oluşacak ekonomik senaryo

Yukarıda PVSyst üzerinden yapılan reel ekonomik değerlendirme kapsamında endüstriyel tesisin için toplam yıllık maliyet 19.608,58$, enerji birim fiyatı 0,077$/kWh, yatırım geri ödeme süresi 2,3 yıl ve sistem ömrü boyunca net kâr marjı 203.561,1 $ olduğu hesaplandı. Bu bedel kümülatif olarak değerlendirildiğinde yatırım miktarına (166.439 $) oranı ise %244,6'dır. Toplam net gelirin %12,61'i bakım ve onarım giderlerine, %57,54'ü dağıtım bedeli giderlerine eklenmiştir. Net kazanç oranı ise %29,85'tir.

Tüm bu veriler enerji satış fiyatının 0,133 $/kWh olduğu durumda hesaplanmıştır. Endüstriyel tesis 09.05.2019 (1044 sayılı Cumhurbaşkanı kararı) tarihinden sonra devreye alınsaydı (örneğin 01.10.2019 tarih itibariyle) enerji satış biri fiyatı EPDK tarafından o döneme ait ilan edilen kendi abone grubunun

perakende tek zamanlı aktif enerji bedeli uygulanacaktı. Bu kapsamda enerji satış fiyatı 0,133$/kWh yerine 0,087$/kWh (0,490020 TL/kWh) ve dağıtım bedeli ise 0,178991 TL/kWh olacaktı. Bu senaryoya göre için toplam yıllık maliyet 28.977,30$, enerji birim fiyatı ise 0,110$/kWh sonuçları elde edilmiştir. Yatırım geri ödeme süresi 3,8 yıl ve sistem ömrü boyunca 325.132,2 $ zararda olacağı hesaplandı. Bu bedel kümülatif olarak değerlendirildiğinde yatırım miktarına oranı ise %-390,7'dir. Toplam net gelirin %12,17'si bakım ve onarım giderlerine, %87,83'i dağıtım bedeli maliyeti olacaktır. Sistem ilk 18 yıl kâr ederken son 12 yıl boyunca periyodik olarak zarar eğiliminde olacaktır.

4.5 Karbon salınım değerleri

Yenilenebilir enerji kaynak çeşitliliği arttıkça karbon salınımı da azalmaktadır. Güneş ve rüzgâr santrallerinden gerçekleşen elektrik üretiminde karbon salınım en az olurken linyit ve kömürde ise en fazla karbon salınımın olduğu kaynak çeşitleridir. Yenilenebilir enerji kaynakları özellikle güneş ve rüzgâr santralleri arttıkça iklim değişikliği problemi de ortadan kalkıyor enerji ve çevre ilişkisi birbirini tamamlayan iki unsur olarak karşımıza çıkıyor. Yani fosil yakıtlardan yenilenebilir enerji üretimine geçiş sağlandıkça karbon salınımı giderek düşmektedir.

Bu tez çalışmasında uygulanan endüstriyel çatı uygulamalı güneş enerji santralinde karbon salınım miktarı ölçülmüştür. PVSyst kullanarak hesaplanmıştır. Bu kapsamda yıllık 112,03 ton karbon salınımı engellenirken sistemin ömrü boyunca toplam 3.360,77 ton karbon salınımı engellenecektir.

5 SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında FV sistemlerde benzetimi yapılan endsütriyel santralin üretim miktarları, kayıp değerleri analiz edilmiş, otomatik sayaç okuma sistemi yardımıyla çeşitli zamanlarda ve çeşitli lokasyonlardan alınan gerçek zamanlı üretim değerleri karşılaştırılarak ekonomik değerlendirme yapılmıştır. Yapılan çalışmalar kapsamında ilk olarak enerjinin tarihi, enerji çeşitleri ile yenilenebilir enerji hakkında genel bilgiler verilmiş, güneş enerjisi ile ilgili detaylı açıklamalar yapılmıştır. Bölgenin güneş radyasyon değerleri hakkında detaylı bilgiler verilmiştir. Daha sonra tesisin koordinatları ve meteorolojik değerleri alınarak PVSyst programı ile fotovoltaik sistemin koordinatsal veriler alınarak sistemin benzetimi yapılmıştır.

Bu benzetim sonucunda santralin performans ve kayıp değerleri ile yıllık, aylık ve günlük periyotta üretim miktarları da analiz edildi. Daha sonra makel yazılım alt yapılı otomatik sayaç okuma sistemi yardımıyla çeşitli zamanlarda nihai ve inverter çıkışı üretim miktarları ölçüldü. Yapılan bu ölçümlerde teorik değerlerle gerçek zamanlı değerlerin birbirine yakın olduğu incelenmiş, bu kayıplar hakkında geniş bilgiler verilmiştir.

Prototip olarak hazırladığımız bu tez çalışması neticesinde PVSyst programı ile analiz edilen teorik üretim miktarları ile gerçek zamanlı üretim miktarlarının birbirine çok yakın değerler olduğu bu nedenle ileride kurulacak endüstriyel güneş enerji santralleri için gerçek sonuçlar verebileceği sonucuna varılmıştır. FV sistemlerinin kurulmadan önce yapılması gereken en öncelikli iş üretim ve maliyet hesaplarının yapılmasıdır. Bu kapsamda yapılan tüm analizler kümülatif olarak değerlendirildiğinde sistem güvenliği, maliyet hesabı gibi santralin en önemli unsurları analiz edilmelidir.

Daha sonra PVSyst üzerinden yapılan ekonomik değerlendirmede eski LÜY kapsamında 2018 yılı Ocak ayında devreye alınan ve karşılıksız alınan %50 hibe kapsamındaki bu sistem için toplam yıllık maliyet 19.608,58$, enerji birim fiyatı ise

0,077$/kWh sonuçları elde edilmiştir. Yatırım geri ödeme süresi 2,3 yıl ve sistem ömrü boyunca net kâr marjı 395.732,3 $ olduğu hesaplanmıştır. Ayrıca hibesiz durumda olması durumda elde edilecek maliyet analizleri de yapılarak enerji birim fiyatının 0,087$/kWh'a yükseldiği, yatırım geri ödeme süresinin 4,6 yıl ve sistem ömrü boyunca net kâr marjı 120.341,6 $ olduğu incelenmiştir.

Ancak "yeni LÜY" kapsamında yapılan ekonomik analizde ise enerji birim fiyatı ise 0,110$/kWh sonucu elde edilmiş, yatırımın geri ödeme süresi 3,8 yıl ve sistem ömrü boyunca 325.132,2 $ zararda olacağı hesaplanmıştır. Bu konjonktürde yeni kurulacak endüstriyel işletmelerde çatı uygulamalı fotovoltaik sistemlerin kurulumu finans açısından uygun olmadığı değerlendirilmiştir. Ancak kısa vadede yerli ve milli kaynak üretiminin artması ve bu durumda fotovoltaik ekipman fiyatlarının düşeceği kümülatif kâr oranının artacağı gerçeğiyle endüstriyel tesisler için güncel analizler yapılması önerilmektedir. Ayrıca sistemdeki kayıp değerlerinin minimize edilemesi için kaliteli malzeme ve işçilik yapılması uzun vadede işletmenin kâr marjının arttıracağı bilinmelidir.

Bu tez çalışmasında karbon salınımı için de hesaplama yapılmıştır. Bu kapsamda yıllık 112,03 ton, sistemin ömrü boyunca toplam 3.360,77 ton karbon salınımı engellenecektir. Bu durumda fotovoltaik sistemlerin çevre, iklim dostu ve tüm canlılar için en önemli enerji kaynağı olduğu sonucuna varılmıştır.

Türkiye'de elektrik tüketim pörtföyüne bakıldığında sanayide %46,8 oranında elektrik tüketimin gerçekleştiği düşünüldüğünde çevre dostu yenilenebilir enerji kaynaklarının endüstriyel tesislerde ne kadar önemli olduğu ve enerjideki dışa bağımlılığın minimize edilmesi noktasında son derece önemli bir unsur olduğu görülmektedir. Bu kapsamda yerli ve milli hedef olarak enerji tüketiminin ve yoğunluğunun fazla olduğu endüstriyel işletmelerde ileride çatılarda kurulacak fotovoltaik sistemler için fabrikanın statik ve lokasyon açısından uygun tasarlanması da son derece önemlidir.

KAYNAKLAR

ABDOLLAHİ, M. ve S. BATHAEE., 2008. Sliding mode controller for stability enhancement of MicroGrids. Transmission and Distribution Conference and Exposition, T&D. IEEE/PES. IEEE.

ABEDİNİ, M., M.H. MORADİ. ve S.M. HOSSEİNİAN., 2016. Optimal management of microgrids including renewable energy scources using GPSO-GM algorithm. Renewable Energy, 90: p. 430-439

AKAYDIN, M., 2005. Akdeniz Üniversitesi Sıfır Emisyon Kampus Stratejisi.

AKÇALI, İ., 2001. Güneş Enerjisi Sistemleri. İstanbul Ticaret Odası, İstanbul.

ALTIN, V., 2002. Enerji. Bilim Teknik Dergisi ücretsiz eki-Yeni Ufuklara, s.2-23.

BAHTİYAR, B., 2006. Fotovoltaik Sistemleri İçin Gerçek Zamanlı Bir İzleme Merkezi Tasarım ve Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.

BASSO, T.S. ve R. Deblasio., 2004. IEEE 1547 series of standards: interconnection issues. IEEE Transactions on Power Electronics, 19(5): p. 1159-1162.

BAYAT, M., 2016. Coordination of distributed energy resources and demand response for voltage and frequency support of MV microgrids. IEEE Trans. Power Syst, 31(2): p. 1506-1516.

BEDELOĞLU, A., DEMİR, A. ve BOZKURT, Y., 2010. Fotovoltaik teknolojisi: Türkiye ve dünyadaki durumu, genel uygulama alanları ve fotovoltaik tekstiller. Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi, 4(2): s. 43-58.

BEHÇET, R., ORAL, H. ve GÜL, H., 2013. Adıyaman İlinin Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Kullanımı, Batman University Journal of Life Sciences, Volume 3, Number 2 (2013), s.52-67.

BHASKARA, S.N. ve B.H. CHOWDHURY., 2012. Microgrids—A review of modeling, control, protection, simulation and future potential. in Poer and Energy Society General Meeting, IEEE.

BİRLİKBAŞ, A. İ., 2001. Enerji Darboğazı ve Türkiye'nin Alternatifleri, Tez, Harp Akademileri Komutanlığı, s.31-32.

BLAABJERG, F. ve D.M. IONEL., 2017. Renewable Energy Devices and Systems with Simulations in MATLAB® and ANSYS®, CRC Press.

BOZKURT, A. U., 2008. Yenilenebilir Enerji kaynaklarının Enerji Verimliliği Açısından Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.

BUİ, V. H., HUSSAİN, A. ve KİM, H.M., 2018. A multiagent-based hierarchical energy management strategy for multi-microgrids considering adjustable power and demand response. IEEE Transactions on Smart Grid, 9(2): p. 1323-1333.

CRACİUN, B. I., 2012. Improved voltage regulation strategies by PV inverters in LV rural networks. in Power Electronics for Distributed Generation Systems (PEDG), 2012 3rd IEEE International Symposium on. IEEE.

ÇELİK, B.G., 2002. Fotovoltaik Modüllerin Mimaride Uygulama Olanakları-Eskişehir İçin Bir Örnek Çalışma, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir.

ÇITIROĞLU, A., 2000. Güneş enerjisinden yararlanarak elektrik üretimi, Mühendis ve Makina, 485, s.32-37.

DEMİROREN, A. ve YİLMAZ, U., 2010. Analysis of change in electric energy cost with using renewable energy sources in Gokceada, Turkey: An island example. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14: 323-333.

DENİZHAN, Y., 2008. Herkesin Hayatını Etkileyecek Tercihlerin Bugün Yapılması Gerekiyor. Endüstri ve Otomasyon, 139: 82-88.

Dİ PİAZZA, M.C. ve G. Vitale., 2012. Photovoltaic sources: modeling and emulation. Springer Science & Business Media.

FRERİS, L. ve INFIELD, D., 2008. Renewable energy in power systems. John Wiley & Sons

GASCH, R. ve TWELE, J., 2002. Wind power plants: fundamentals, design, construction and operation, Solarpraxis AG, Berlin.

GOLDTHAU, A., 2008. Rhetoric versus reality: Russian threats to European energy supply. Energy Policy, 36(2): p. 686-692.

HASKÖK, A. Ş., 2005. Türkiye'nin Mevcut Enerji Kaynaklarının Durum Değerlendirmesi, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

KAPLUHAN E., 2017. Rüzgar enerjisi uygulamalarına bir örnek: Sincik (Adıyaman) rüzgar enerji Santrali. Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, Cilt: 10 Sayı: 50, Haziran 2017, s.305-322.

KATİRAEİ, F., 2008. Microgrids management. IEEE power and energy magazine, 2008. 6:3.

KAYNAK, S., 2005. Enerjinin Verimli Kullanımına Yaklaşımlar, Küreselleşmenin Enerji Sektöründe Yapısal Değişim Programı ve Enerji Politikaları, Elektrik Mühendisleri Odası, 5. Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, s.533.

KEREKES, T., 2009. Evaluation of three-phase transformerless photovoltaic inverter topologies. IEEE Transactions on Power Electronics, 2009. 24(9): p. 2202-2211.).

KİM, K.A. ve KREIN, P.T., 2015. Reexamination of photovoltaic hot spotting to show inadequacy of the bypass diode. IEEE Journal of Photovoltaics, 2015. 5(5): p. 1435-1441.

KİM, K. A., 2013. Dynamic photovoltaic model incorporating capacitive and reverse-bias characteristics. IEEE Journal of Photovoltaics, 2013. 3(4): p. 1334-1341.

KÖPRÜ, M., A., 2016. Fotovoltaik Sistemlerde Kablo Kayıplarının İncelenmesi. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Elazığ.

KUMBUR, H., ÖZER, Z., ÖZSOY, D. H., AVCI, E. D., 2005. Türkiye'de Geleneksel ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli ve Çevresel Etkilerinin Karşılaştırılması. III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Bildiriler.

LAMBERT, T., GİLMAN, P. ve LİLİENTHAL, P., 2006. Micropower system modeling with HOMER. In: Farret, Felix A. Simoes GM (ed) Integration of Alternative Sources of Energy. John Wiley & Sons, Inc, 2006, pp. 379–418.

LASSETER, B., 2001. Microgrids [distributed power generation]. in Power Engineering Society Winter Meeting, 2001. IEEE. 2001. IEEE.). Ref. (Katiraei, F., M.R. Iravani, and P.W. Lehn, Micro-grid autonomous operation

during and subsequent to islanding process. IEEE Transactions on power delivery, 2005. 20(1): p. 248-257.
LOPEZ, M.A., 2011. Optimal microgrid operation with electric vehicles. in 2011 2nd IEEE PES International Conference and Exhibition on Innovative Smart Grid Technologies. IEEE.
MAİ, T., 2012. Renewable Electricity Futures Study. Volume 1: Exploration of High-Penetration Renewable Electricity Futures. National Renewable Energy Lab.(NREL), Golden, CO (United States).
MOSLEHİ, K. ve R. KUMAR., 2006. Vision for a selfhealing power grid. Abb Review, 4: p. 21-25
ÖNER, U., 2007. Türkiye'nin Alternatif Enerji Kaynakları ve Bor Madeninin Endüstride Kullanım Alanlarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
PATEL, M., R., 1999. Wind and solar power systems, CRC Press, 472p, New York, USA.
PATEL, M.R., 2005. Wind and solar power systems: design, analysis, and operation. CRC press.
SAYIN, S., 2006. Yenilenebilir Enerjinin Ülkemiz Yapı Sektöründe Kullanımının Önemi ve Yapılarda Güneş Enerjisinden Yararlanma Olanakları, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
SHAMSHİRİ, M., GAN, C., K. ve TAN, C. W., 2011. A review of recent development in smart grid and micro-grid laboratories. in Power Engineering and Optimization Conference (PEDCO) Melaka, Malaysia, 2012 Ieee International. 2012. IEEE.), (Filoğlu, E., Türkiye'de Mikro Kojenerasyon, 2. Elektrik Tesisat Ulusal Kongresi Bildirileri,
SOLANKİ, B. V., 2017. Including smart loads for optimal demand response in integrated energy management systems for isolated microgrids. IEEE Transactions on Smart Grid, 8(4): p. 1739-1748.
TSİKALAKİS, A. G. ve HATZİARGYRİOU, N.D., 2011. Centralized control for optimizing microgrids operation. in Power and Energy Society General Meeting, 2011 IEEE. IEEE.
WANG, X., BLAABJERG, F. ve WU, W., 2014. Modeling and analysis of harmonic stability in an AC power-electronics-based power system. IEEE Transactions on Power Electronics, 29(12): p. 6421-6432.
WEİSS, G., 2004. H/sup/spl infin//repetitive control of DC-AC converters in microgrids. IEEE Transactions on Power Electronics, (1): p. 219-230.
YEGM, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Genel Müdürlüğü, http://www.yegm.gov.tr/YEKrepa/ADIYAMAN-REPA.pdf
YEGM. Yenilenebilir Enerji. 2018 [cited 2018; Available from: http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir.aspx
ZHANG, C., 2018. Robust coordination of distributed generation and price-based demand response in microgrids. IEEE Transactions on Smart Grid, 9(5): p. 4236-4247.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	:	Ömer ÇELEBİ
Uyruğu	:	T.C.
Doğum yeri ve tarihi	:	Kâhta - 22.01.1984
E-mail	:	omercelebiresmi@gmail.com

EĞİTİM

Lise	:	Kâhta Lisesi	Kâhta/Adıyaman	2002
Üniversite	:	Doğu Akdeniz Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği (Tam Burslu)	Gazimagusa/KKTC	2009
Yüksek Lisans	:	Harran Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı	Şanlıurfa	2019

İŞ DENEYİMLERİ

2015-	Kâhta Organize Sanayi Bölgesi Müdürlüğü	Enerji yöneticisi Enerji satışı, şebeke direktörlüğü
2012 2015	Kalyon İnşaat Ber Mühendislik	Saha şantiye şefi Başakşehir Spor F.T. Stadyumu Projesi İstanbul Vergi Dairesi Başkanlık Binası Taksim Yayalaştırma Projesi
2009 2012	Türksat Kablo TV	Proje yöneticisi İstanbul (Avrupa), Adana, Gaziantep fiber-coaxiel upgrade projeleri

UZMANLIK ALANI

Enerji sistemleri, enerji verimliliği ve tasarrufu, elektrik güç sistemleri, yüksek gerilim, orta gerilim, trafo sistemleri, yenilenebilir enerji vb.

YABANCI DİLLER

İngilizce

YAYINLAR

GÜLLÜOĞLU, M. T., ÇELEBİ, Ö., 2019. Endüstriyel çatı uygulamalı bir güneş enerji santralinin teorik ve gerçek zamanlı enerji üretim değerlerinin incelenmesi ve ekonomik analizi. 2. GAP Matematik-Mühendislik-Fen ve Sağlık Bilimleri Sempozyumu, Adıyaman.

EK 1

LİSANSSIZ GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ
BAŞVURU DEĞERLENDİRME KOMİSYONU KARARI

04/05/2017

KONU: GES Başvuru Değerlendirme Komisyonu Kararı hk.

İLGİ: 04.05.2017 tarih ve 2017/33 sayılı yönetim kurulu kararı

İlgili yönetim kurulu kararı gereği; Bediroğlu Enerji Gıda Tarım Hayv. İnşaat Sanayi ve Tic. Ltd. Şti.'ne ait GES Lisanssız elektrik üretim başvurusu için değerlendirme komisyonu oluşturulmuş ve uygunluk raporu talep edilmektedir.

Komisyonumuz, 02.10.2013 tarihli ve 28783 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren "Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmeliğin" 5.maddesinin c bendi kapsamında müracaatı yapılan ve aynı yönetmeliğin 8. maddesi 4. bendi çerçevesinde, bağlantı başvurusunun ilgili şebeke işletmecisi tarafından şebekeye bağlantısı yapılacak olan Bediroğlu Enerji Gıda Tarım Hayv. İnşaat Sanayi ve Tic. Ltd. Şti.'nin başvurusuna ilişkin yaptığı değerlendirmede;

- Başvuruya konu üretim tesisinin yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı olması,
- Başvuruya konu üretim tesisinin tüketim tesisi ile aynı yerde olması,
- Başvuru sahibinin önceden olumlu bağlantı görüşü verilmiş bir başvurusunun olmaması,
- Tarıma dayalı kurulacak bu tesisin LÜY'nin 7. maddesi 7. fıkrası a bendinde bulunan azami kurulu gücün 300 kW'ı aşmaması

önceliklerine ve irtibat merkezi bağlantı kısıtlarına göre lisansız güneş enerji sistemi başvurusu **UYGUN** bulunmuş olup, bu komisyon kararının ilgili firmaya bildirilmek üzere Adıyaman Kâhta OSB Yönetim Kurulu Başkanlığına sunulmasına karar verilmiştir.

Ömer ÇELEBİ	**Abdulkadir ÇİFTÇİ**	**Yusuf ULUÇAY**
Adıyaman Kâhta OSB	**Adıyaman Kâhta OSB**	**Adıyaman Kâhta OSB**
Elektrik Kontrol Mühendisi	**İnşaat Teknikeri**	**İnşaat Kontrol Mühendisi**

Şekil 1: GES Başvuru değerlendirme komisyon kararı

EK 2

EPDK tarafından onaylanan ve 1/10/2019 Tarihinden İtibaren Uygulanacak Vergi, Fon ve Pay Hariç Tarifeler

Görevli Tedarik Şirketinden Enerji Alan İletim Sistemi Kullanıcısı Tüketiciler

Tek Zamanlı	Gündüz	Puant	Gece
kr/kWh	kr/kWh	kr/kWh	kr/kWh
48,7941	49,4665	81,6195	23,5159

Dağıtım Sistemi Kullanıcıları

Görevli Tedarik Şirketinden Enerji Alan Tüketiciler

	Kapasite		Aktif Enerji + Dağıtım				Reaktif Enerji
	Güç Bedeli	Güç Aşım Bedeli	Tek Zamanlı	Gündüz	Puant	Gece	
	kr/Ay/kW	kr/Ay/kW	kr/kWh	kr/kWh	kr/kWh	kr/kWh	kr/kVARh
Orta Gerilim							
Çift Terimli							
Sanayi	306,0013	612,0027	58,3519	59,0244	91,1775	33,0738	30,0511
Ticarethane	459,3833	918,7665	67,8751	68,4860	103,4763	40,6455	30,0511
Mesken	447,9982	895,9964	51,2138	51,9403	78,4002	30,7808	
Tarımsal Sulama	443,3345	886,6690	60,2747	60,8260	92,2927	35,6810	30,0511
Aydınlatma	456,6196	913,2391	62,7670				
Tek Terimli							
Sanayi			59,1723	59,8450	91,9981	33,8943	30,0511
Ticarethane			71,7103	72,3211	107,3116	44,4806	30,0511
Mesken			54,1819	54,9084	81,3681	33,7487	
Tarımsal Sulama			63,3505	63,9018	95,3685	38,7566	30,0511
Aydınlatma			66,4369				
Alçak Gerilim							
Tek Terimli							
Sanayi			65,6938	66,3663	98,5194	40,4157	30,0511
Ticarethane			75,6922	76,3030	111,2934	48,4625	30,0511
Mesken			57,2754	58,0020	84,4618	36,8422	
Şehit Aileleri ve Muharip Malul Gaziler			27,4679				
Tarımsal Sulama			66,6141	68,0578	98,6322	42,0202	30,0511
Aydınlatma			70,2081				
Genel Aydınlatma			50,6034				

Özel Tedarikçiden Enerji Alan Tüketiciler İçin Sistem Kullanım Tarifeleri

	Kapasite		Dağıtım Bedeli	Reaktif Enerji
	Güç Bedeli	Güç Aşım Bedeli		
	kr/Ay/kW	kr/Ay/kW	kr/kWh	kr/kVARh
Orta Gerilim				
Çift Terimli				
Sanayi	306,0013	612,0027	9,2073	30,0511
Ticarethane	459,3833	918,7665	14,3493	30,0511
Mesken	447,9982	895,9964	14,2130	
Tarımsal Sulama	443,3345	886,6690	11,8178	30,0511
Aydınlatma	456,6196	913,2391	13,7723	
Tek Terimli				
Sanayi			10,1703	30,0511
Ticarethane			17,8991	30,0511
Mesken			17,5494	
Tarımsal Sulama			14,7144	30,0511
Aydınlatma			17,1798	
Alçak Gerilim				
Tek Terimli				
Sanayi			15,7355	30,0511
Ticarethane			21,3249	30,0511
Mesken			20,8565	
Şehit Aileleri ve Muharip Malul Gaziler			14,1455	
Tarımsal Sulama			17,5223	30,0511
Aydınlatma			20,4246	

Üreticiler İçin Veriş Yönünde Çift Terimli Dağıtım Tarifesi

	Kapasite		Dağıtım Bedeli	Reaktif Enerji
	Güç Bedeli	Güç Aşım Bedeli		
	kr/Ay/kW	kr/Ay/kW	kr/kWh	kr/kVARh
Üretici	204,8607	409,7214	1,3792	30,0511

Üreticiler İçin Veriş Yönünde Tek Terimli Dağıtım Tarifesi

	Dağıtım Bedeli	Reaktif Enerji
	kr/ kWh	kr/kVARh
Üretici	1,8707	30,0511
Lisanssız Üretici*		
31/12/2017 tarihinden önce geçici kabule hazır tutanağı alan tesisler için**	4,4748	30,0511
31/12/2017 tarihinden sonra geçici kabule hazır tutanağı alan tesisler için	17,8991	30,0511

Çok zamanlı tarife uygulamasında; sayaç saati sürekli yaz saati uygulamasına göre güncellenmemiş sayaçlar için, Ekim Ayının Son Pazar Günü ile Mart Ayının Son Pazar Günü arasında Gündüz 07-18, Puant 18-23, Gece 23-07 saatleri arasında; Mart Ayının Son Pazar Günü ile Ekim Ayının Son Pazar Günü arasında Gündüz 06-17, Puant 17-22, Gece 22-06 saatleri arasında; sayaç saati sürekli yaz saati uygulamasına göre güncellenmiş sayaçlar için yıl boyunca Gündüz 06-17, Puant 17-22, Gece 22-06 saatleri arasındadır.

Emreamade kapasite tarifesine tabi kullanıcılara üreticiler için belirlenmiş olan güç, güç aşım ve dağıtım bedeli emreamade güç, güç aşım ve dağıtım bedeli olarak uygulanır.

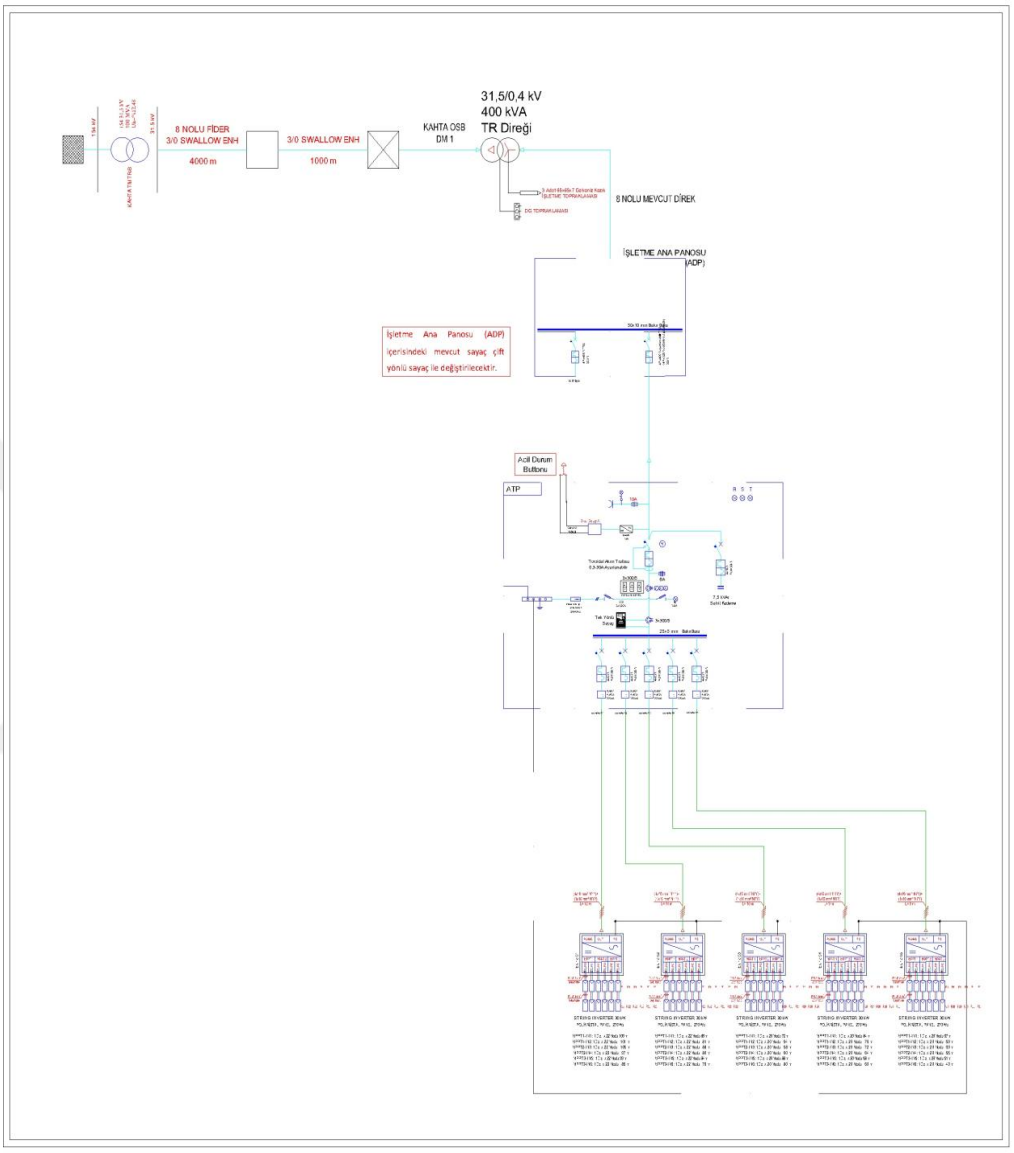
Fon, pay, vergi vb. yasal yükümlülükler ayrıca ilave edilecektir.

*11/5/2017 tarihli ve 7070 sayılı Kurul Kararı gereği Elektrik Piyasası Kanununun 14 üncü maddesinin birinci fıkrasının (b) bendi kapsamındaki lisanssız üreticiler için sadece tek terimli dağıtım tarifesi uygulanacaktır.

**31/12/2017 tarihinden önce ilgili şebeke işletmecisinden geçici kabule hazır tutanağı alan tesisler için geçici kabulün bu tutanağa istinaden yapılması halinde uygulanacak olan tarifedir.

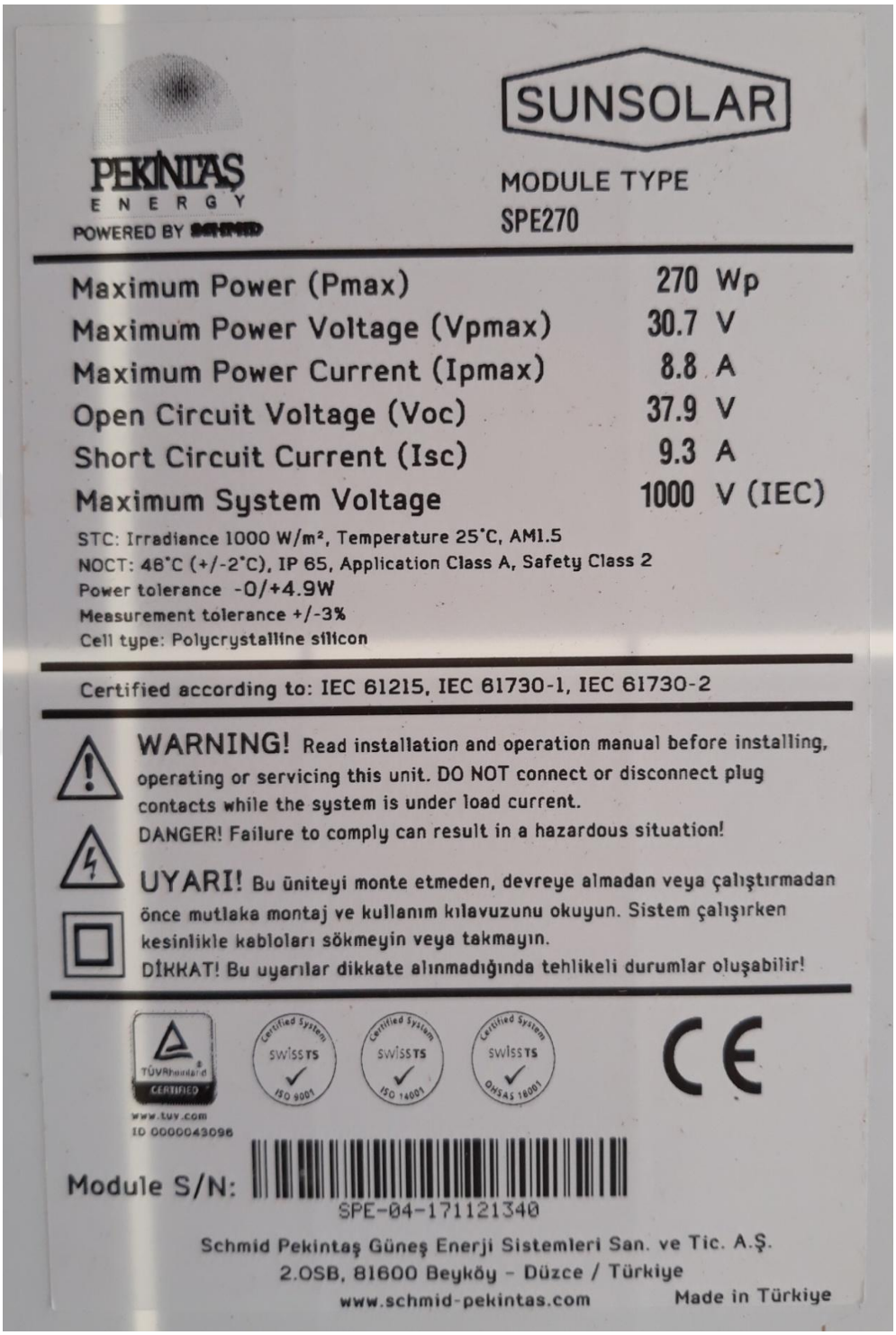
Şekil 2: EPDK tarafından 01.10.2019 tarihinde yayınlanan lisansız üretimden kaynaklı uygulanacak dağıtım bedeli tarifesi

EK 3



Şekil 3: Çatı GES'e ait tek hat şeması

EK 4



Şekil 4: Fotovoltaik hücre etiketi

EK 5



Şekil 5: Huawei marka eviricilerin sisteme montajı

EK 6

GÜNEŞ ENERJİSİNE DAYALI ÜRETİM TESİSİNE İLİŞKİN TEKNİK DEĞERLENDİRME RAPORU		
BAŞVURU NUMARASI	ADIYAMAN-OSB-GES-19	
BAŞVURU SAHİBİNİN ADI VE İLETİŞİM BİLGİLERİ	BEDİROGLU ENERJİ GIDA TARIM HAYV İNŞ. SAN. TİC. LTD. ŞTİ BEDİROGLU ENERJİ GIDA TARIM HAYV İNŞ. SAN. TİC. LTD. ŞTİ	
TESİS ADI	BEDİROĞLU GES	
DAĞITIM ŞİRKETİNE BAŞVURU TARİHİ	4.5.2017	
ÜRETİM TESİSİNİN YERİ	İLİ	Adıyaman
	İLÇESİ	Kahta
	KÖY/MAHALLE	Ovacık
TEKNOLOJİ TÜRÜ	Fotovoltaik Sistemler;Optimum açıda sabitlenmiş fotovoltaik sistemler Diğer Sistemler;	
UYGULAMA YERİ	Çatı	
FOTOVOLTAİK SİSTEMLERDE KULLANILACAK HÜCRE TÜRÜ	Fotovoltaik Hücreler;Çok kristalli yapı	
Bağlantısı uygun bulunan tesis toplam kurulu gücü AC (kWe)	150	
Bağlantısı uygun bulunan trafo merkezinin ve bağlantı noktası adı	KAHTA	
1/25000 ölçekli pafta adı	M41A4	
Projeksiyon Sistemi	UTM Zone 37 Central Meridian 39 (ED50 - 6°)	
Santral sahası alanının yüzölçümü (m2)	2.935,80	

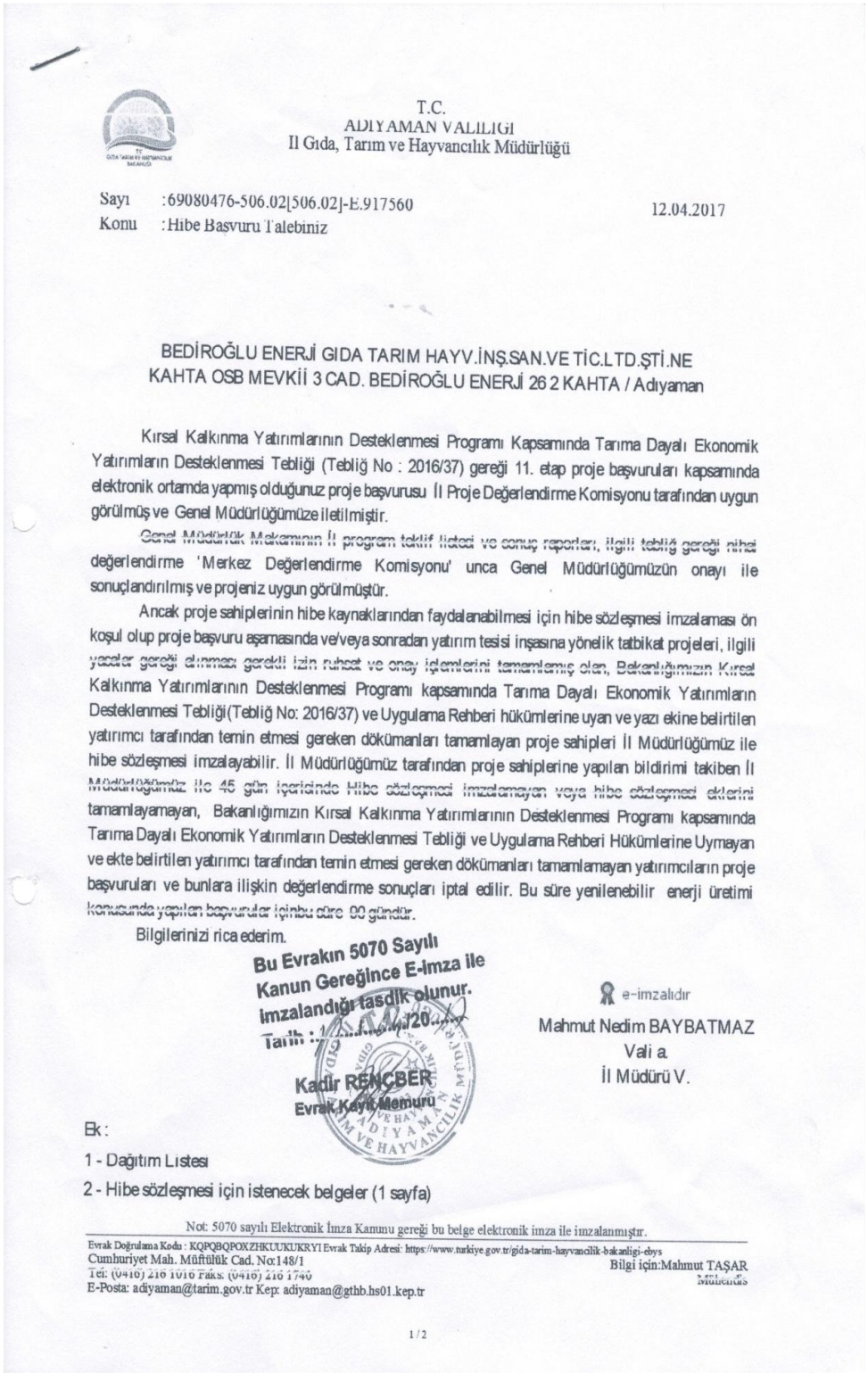
TESİSİN KURULACAĞI ARAZİNİN KÖŞE NOKTALARI		
TESİSİN KURULACAĞI ARAZİNİN KÖŞE NUMARASI	Doğu (sağa değer)	Kuzey (yukarı değer)
K1	461894,8	4185548,6
K2	461880,64	4185505,89
K3	461852,18	4185524,11
K4	461809,52	4185538,45
K5	461795,31	4185534,51
K6	461809,48	4185577,23
K7	461818,6	4185565,46
K8	461861,26	4185551,13

Düzenlenme Tarihi
22.5.2017
3535

UYGUNDUR
Mustafa ÇALIŞKAN
Yenilenebilir Enerji Kaynakları
Dairesi Başkanı V.

Şekil 6: YEGM Teknik değerlendirme uygunluk raporu

EK 7



T.C.
ADIYAMAN VALİLİĞİ
İl Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü

Sayı : 69080476-506.02[506.02]-E.917560 12.04.2017
Konu : Hibe Başvuru Talebiniz

BEDİROĞLU ENERJİ GIDA TARIM HAYV.İNŞ.SAN.VE TİC.LTD.ŞTİ.NE
KAHTA OSB MEVKİİ 3 CAD. BEDİROĞLU ENERJİ 26 2 KAHTA / Adıyaman

Kırsal Kalkınma Yatırımlarının Desteklenmesi Programı Kapsamında Tarıma Dayalı Ekonomik Yatırımların Desteklenmesi Tebliği (Tebliğ No : 2016/37) gereği 11. etap proje başvuruları kapsamında elektronik ortamda yapmış olduğunuz proje başvurusu İl Proje Değerlendirme Komisyonu tarafından uygun görülmüş ve Genel Müdürlüğümüze iletilmiştir.

Genel Müdürlük Makamının İl program teklif listesi ve sonuç raporları, ilgili tebliğ gereği nihai değerlendirme 'Merkez Değerlendirme Komisyonu' unca Genel Müdürlüğümüzün onayı ile sonuçlandırılmış ve projeniz uygun görülmüştür.

Ancak proje sahiplerinin hibe kaynaklarından faydalanabilmesi için hibe sözleşmesi imzalaması ön koşul olup proje başvuru aşamasında ve/veya sonradan yatırım tesisi inşasına yönelik tatbikat projeleri, ilgili yasalar gereği alınması gerekli izin ruhsat ve onay işlemlerini tamamlamış olan, Bakanlığımızın Kırsal Kalkınma Yatırımlarının Desteklenmesi Programı kapsamında Tarıma Dayalı Ekonomik Yatırımların Desteklenmesi Tebliği(Tebliğ No: 2016/37) ve Uygulama Rehberi hükümlerine uyan ve yazı ekine belirtilen yatırımcı tarafından temin etmesi gereken dökümanları tamamlayan proje sahipleri İl Müdürlüğümüz ile hibe sözleşmesi imzalayabilir. İl Müdürlüğümüz tarafından proje sahiplerine yapılan bildirimi takiben İl Müdürlüğümüz ile 45 gün içerisinde Hibe sözleşmesi imzalamayan veya hibe sözleşmesi eklerini tamamlayamayan, Bakanlığımızın Kırsal Kalkınma Yatırımlarının Desteklenmesi Programı kapsamında Tarıma Dayalı Ekonomik Yatırımların Desteklenmesi Tebliği ve Uygulama Rehberi Hükümlerine Uymayan ve ekte belirtilen yatırımcı tarafından temin etmesi gereken dökümanları tamamlamayan yatırımcıların proje başvuruları ve bunlara ilişkin değerlendirme sonuçları iptal edilir. Bu süre yenilenebilir enerji üretimi konusunda yapılan başvurular için bu süre 90 gündür.

Bilgilerinizi rica ederim.

Bu Evrakın 5070 Sayılı Kanun Gereğince E-imza ile imzalandığı tasdik olunur.
Tarih : ../../20..
Kadir RENÇBER
Evrak Kayıt Memuru

e-imzalıdır
Mahmut Nedim BAYBATMAZ
Vali a.
İl Müdürü V.

Ek :
1 - Dağıtım Listesi
2 - Hibe sözleşmesi için istenecek belgeler (1 sayfa)

Not: 5070 sayılı Elektronik İmza Kanunu gereği bu belge elektronik imza ile imzalanmıştır.
Evrak Doğrulama Kodu : KQPQBQPOXZHKUUKUKRYI Evrak Takip Adresi: https://www.turkiye.gov.tr/gida-tarim-hayvancilik-bakanligi-ebys
Cumhuriyet Mah. Müftülük Cad. No:148/1
Tel: (0416) 216 1016 Faks: (0416) 216 1740
E-Posta: adiyaman@tarim.gov.tr Kep: adiyaman@gthb.hs01.kep.tr
Bilgi için:Mahmut TAŞAR
Müdürlüğü

1 / 2

Şekil 7: Hibe başvuru kabul yazısı