T.C. SAKARYA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

200KWP KURULU GÜÇTEKİ LEBİT ENERJİ GÜNEŞ SANTRALİNİN PVSYST İLE TASARIMI VE ÜRETİM DEĞERLERİ İLE SİMULASYON DEĞERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hamit Kürşat DEMİRYÜREK

Enstitü Anabilim Dalı

Enstitü Bilim Dalı

Tez Danışmanı

- ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
 ELEKTRİK
- : Prof. Dr. Uğur ARİFOĞLU

T.C. SAKARYA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

200KWP KURULU GÜÇTEKİ LEBİT ENERJİ GÜNEŞ SANTRALİNİN PVSYST İLE TASARIMI VE ÜRETİM DEĞERLERİ İLE SİMULASYON DEĞERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hamit Kürşat DEMİRYÜREK

Enstitü Anabilim Dalı

Enstitü Bilim Dalı

: ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
: ELEKTRİK

33

Bu tez 12.01.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Uğur ARİFOĞLU Jüri Başkanı

Prof. Dr. Ali ÖZTÜRK Üye

Doç. Dr. Cenk YAVUZ Üye

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Hamit Kürşat DEMİRYÜREK 12.01.2018

TEŞEKKÜR

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım, her konuda desteğini esirgemeyen, kıymetli danışman hocam, Prof. Dr. Uğur ARİFOĞLU' na teşekkürlerimi sunarım.

Lebit Enerji güneş santrali sahibi Metin LEBİT'e, Tekno Solar A.Ş. Genel Müdür Yardımcısı Ertuğrul ÇERŞİL'e, EPDK Elektrik Piyasası Daire Başkanı Hacı Ali ULUTAŞ'a, EPDK İnsan Kaynakları ve Destek Hizmetler Daire Başkanı Hasan ILICA'ya, EPDK Yönetim Geliştirme ve Eğitim Grup Başkanı Mahmut Adil Savaş'a ve çalışmalarımda her daim destek olan Arş. Gör. Mehmet BOLAT'a teşekkür ederim.

Hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen, emeklerini hiçbir zaman ödeyemeyeceğim annem ve babama, çalışmalarımda yardımcı olan eşime, sevgi ve muhabbetlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLOLAR LİSTESİ	xii
ÖZET	xiii
SUMMARY	xiv

BÖLÜM 1.

Gİ	iriş	1
	1.1. Güneş Enerjisi	1
	1.2. Dünya'da Güneş Enerjisi Durumu	2
	1.3. Türkiye'de Güneş Enerjisi Durumu	3
	1.4. Siirt İli Güneş Enerjisi Durumu	4
	1.5. Güneş Açıları	5
	1.6. Güneş Işımasının Ölçülmesi	6

BÖLÜM 2.

KAYNAK ARAŞTIRMASI

BÖLÜM 3.

FOTOVOLTAİK SİSTEM	
3.1. PV Sistem Elemanları	13
3.1.1. Fotovoltaik hücreler	13
3.1.1.1. Fotovoltaik hücrelerinin çalışma ilkesi	14
3.1.1.2. Fotovoltaik hücre eşdeğer modeli	14

3.1.1.3. Güneş paneli eşdeğer modeli	15
3.1.2. İnverter (evirici)	17
3.1.3. Panel taşıyıcı destek yapılar	17
3.1.4. Toplama panoları	18
3.1.5. Kablolar	18
3.1.6. Transformatör	18
3.2. PV Sistem Kayıpları	19
3.2.1. Gölgeleme kayıpları	19
3.2.2. Tozlanma ve karlanma kayıpları	19
3.2.3. Sıcaklık kayıpları	20
3.2.4. Mismatch (uyumsuzluk) kayıpları	20
3.2.5. Yansıma kayıpları	20
3.2.6. Harici ekipman kullanımı kayıpları	20
3.2.7. Güneş paneli kayıpları	21
3.2.8. İnverter kayıpları	21
3.2.9. Kablo kayıpları	21
3.2.10. Transformatör kayıpları	22
3.3. PV Panel Açısı Belirlenmesi	22

BÖLÜM 4.

PVSYST PROGRAMININ GENEL TANITIMI	23
4.1. Preliminary Design (Ön Tasarım)	23
4.1.1. Şebekeye bağlı bir pv sisteminin tasarımı	24
4.2. Project Design (Proje Tasarımı)	26
4.2.1. Şebekeye bağlı bir PV sisteminin tasarımı	26
4.2.1.1. Kurulum yeri seçim bölümü	26
4.2.1.2. Yönlendirme bölümü	27
4.2.1.3. Sistem bölümü	28
4.2.1.4. Kayıplar bölümü	30
4.2.1.5. Horizon (ufuk çizgisi)	35
4.2.1.6. Near shading (gölgeleme)	36
4.2.1.7. Economic evaluation	37

4.2.1.8. Miscellaneous tools	38
4.2.1.9. Simulation bölümü	38
4.3. Databases (Veri Tabanları)	39
4.3.1. Meteo databases	40
4.3.1.1. PV sisteminin kurulacağı yerin seçimi ve	
meteorolojik verilerin elde edilmesi	40
4.3.1.1.1. PVsyst programında kayıtlı bir yerin	
seçimi	40
4.3.1.1.2. PVsyst programında kayıtlı olmayan bir yerin	
seçimi	41
4.3.2. Component databases	43
4.3.2.1. PV sisteminde kullanılan güneş panelinin seçimi	43
4.3.2.1.1. PVsyst programında kayıtlı güneş panelinin	
seçimi	43
4.3.2.1.2. PVsyst programında kayıtlı olmayan güneş	
panelinin oluşturulması	44
4.3.2.2. PV sisteminde kullanılacak inverter seçimi	45
4.3.2.2.1. PVsyst programında kayıtlı inverter seçimi	45
4.3.2.2.2. PVsyst programında kayıtlı olmayan	
inverterin oluşturulması	46
4.4. Tools (Araçlar)	47

BÖLÜM 5.

LEBİT ENERJİ GÜNEŞ SANTRALİNİN GENEL TANITIMI	
5.1. Konum	48
5.2. PV Sistem Tek Hat Şeması	49
5.3. PV Sistem Elemanları	50
5.3.1. Güneş hücreleri	50
5.3.2. Panel taşıyıcı destek yapılar	50
5.3.3. İnverter (evirici)	51
5.3.4. Toplama panosu	51
5.3.5. Kablolar	51

5.3.6. Transformatör	52
5.4. Güneş Paneli Açısının Belirlenmesi	52
BÖLÜM 6.	
LEBİT ENERJİ GÜNEŞ SANTRALİNİN PVSYST PROGRAMI İLE	
SİMÜLASYONU	53
6.1. Proje Bölümü	53
6.2. Kayıt Bölümü	57
6.3. Yönlendirme Bölümü	58
6.4. Sistem Bölümü	59
6.5. Gölgeleme Bölümü	62
6.6. Kayıplar Bölümü	63
6.7. Horizon Bölümü	67
6.8. Simülasyon Bölümü	69
BÖLÜM 7.	
PVSYT SİMÜLASYONU İLE GERÇEK ÜRETİM DEĞERLERİNİN	
KARŞILAŞTIRILMASI	76
BÖLÜM 8.	
SONUÇ VE ÖNERİLER	79
KAYNAKLAR	81
ÖZGEÇMİŞ	85

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

А	: Amper
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu
ETKB	: Enerji Tabii Kaynaklar Bakanlığı
Ι	: Akım
I _{PH}	: Panel Fotovoltaik Akım
$l_{\rm L}$: Hücre Fotovoltaik Akım
Id	: Diyot Akımı
I ₀	: Diyot Doyma Akımı
\mathbf{I}_{sh}	: Paralel Direnç Üzerinden Geçen Akım
kWp	: Kilo Watt Peak
М	: Mega
m/s	: metre/saniye
N_p	: Paralel Bağlı Hücre Sayısı
Ns	: Seri Bağlı Hücre Sayısı
NOCT	: Hücre Nominal Çalışma Sıcaklığı
PV	: Fotovoltaik
\mathbf{R}_{sh}	: Paralel Bağlı Direnç
R _s	: Seri Bağlı Direnç
W	: Watt
Wp	: Watt Peak
θ_z	: Zenit Açısı
Φ	: Enlem Açısı
α	: Azimuth Açısı

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Dünya güneş enerjisi potansiyeli haritası [4]	2	
Şekil 1.2. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli haritası [8]	4	
Şekil 1.3. Siirt ili güneş enerjisi potansiyeli haritası [8]	4	
Şekil 1.4. Siirt ili global radyasyon değerleri ve güneşleme süreleri grafiği [8].	5	
Şekil 1.5. Zenit açısı [9]	5	
Şekil 1.6. Enlem açısı [9]	6	
Şekil 1.7. Azimuth açısı [9]	6	
Şekil 1.8. Piranometre	6	
Şekil 3.1. Fotovoltaik hücreler	14	
Şekil 3.2. Güneş pili eşdeğer devresi	14	
Şekil 3.3. Güneş paneli eşdeğer modeli	16	
Şekil 3.4. a) Mikro inverter b) Dizi inverter a) Merkezi inverter		
Şekil 3.5. a) Panel taşıyıcı destek yapılarının çakma yöntemi ile montajı		
b) Panel taşıyıcı destek yapılarının betonarme yapı ile montajı	17	
Şekil 3.6. a) Doğru gerilim toplama panosu b) Alternatif gerilim toplama		
panosu	18	
Şekil 3.7. a) Bina gölgelemesi örneği c) Panel gölgelemesi örneği	19	
Şekil 3.8. Güneş panelinde tozlanma	20	
Şekil 3.9. a) Sabit panel taşıyıcı sistem örneği b) Hareketli panel taşıyıcı sistem		
örneği	22	
Şekil 4.1. PVsyst programı giriş sayfası	23	
Şekil 4.2. PVsyst programı preliminary desing sayfası görünümü	23	
Şekil 4.3. a) Site and Meteo seçimi ekran görüntüsü b) PV sistem bölge seçimi	24	
Şekil 4.4. a) System seçimi ekran görüntüsü b) Sistem parametreleri seçimi-1 .	24	
Şekil 4.5. Panel tipi, teknolojisi, konumu ve havalandırma durumu seçimi	25	
Şekil 4.6. a) Sonuçlar bölümü seçim ekranı b) Sonuçlar ekran görüntüsü	25	

Şekil 4.7. PVsyst programı project desing sayfası görünümü	26	
Şekil 4.8. a) Project ana ekran görüntüsü b) Bölge seçimi	26	
Şekil 4.9. a) Kurulum yer seçimi b) Proje kayıt işlemi-1		
Şekil 4.10. a) Proje kayıt işlemi-2 b) Yönlendirme bölümü ana giriş ekran		
görüntüsü	27	
Şekil 4.11. a) Field type seçim seçenekleri b) Panel açısı ve azimuth açısı		
belirleme	28	
Şekil 4.12. Grid Connected bölümü ana sayfası	28	
Şekil 4.13. System ana ekran görüntüsü	29	
Şekil 4.14. Seri ve paralel panel sayısı seçimi	29	
Şekil 4.15. a) Detailed losses seçim ekran görüntüsü b) Detailed losses bölümü		
ekran görüntüsü	30	
Şekil 4.16. Ohmic losses bölümü ekran görüntüsü	30	
Şekil 4.17. a) Wiring layout seçimi-1 b) Wiring layout seçimi-2	31	
Şekil 4.18. a)Şematik görünü elde etme yolu b)Kablolama şematik görünümü .	31	
Şekil 4.19. a) AC circuit bölümü ekran görüntüsü b) External transformer ekran		
görüntüsü	31	
Şekil 4.20. Module quality – LID – Mismatch ekran görüntüsü	32	
Şekil 4.21. a) Tozlanma kaybı default değeri b) Tozlanma kaybının aylara göre		
ayarlanması	33	
Şekil 4.22. a) IAM losses ekran görüntüsü b) a) IAM losses detailed study ekran		
görüntüsü	33	
Şekil 4.23. Auxiliaries energy losses ekran görüntüsü	34	
Şekil 4.24. a) Ageing ekran görüntüsü-1 b) Ageing ekran görüntüsü-2	34	
Şekil 4.25. a) Unavailability ekran görüntüsü b) Unavailability set random		
ekran görüntüsü	35	
Şekil 4.26 a) Horizon bölümüne giriş ekran görüntüsü b) Horizon dosyasının		
aktarılması-1	35	
Şekil 4.27. a) Horizon dosyası ekleme seçenekleri seçim ekranı b) Horizon		
dosyası eklenmiş ekran görüntüsü	36	
Şekil 4.28. Near Shadings giriş ekran görüntüsü	36	
Şekil 4.29. a) Gölgeleme olmadığına dair ekran görüntüsü b)3D boyutlu çizim	37	

Şekil 4.30. Economic Evaluation seçim ekran görüntüsü	37
Şekil 4.31. a) PV sistem maliyet hesabı ekran görüntüsü b) Karbon salınım	
hesabı ekran görüntüsü	37
Şekil 4.32. a) Miscellaneous tools seçimi ekran görüntüsü b) Miscellaneous	
tools bölümü ekran görüntüsü	38
Şekil 4.33. a) Simulation girişi ekran görüntüsü b) Simülasyon ekran görüntüsü	38
Şekil 4.34. a) Simülasyon verilerinin elde edilmesi için giriş ekran görüntüsü	
b) Sonuçlara ait rapor dosyası ekran görüntüsü	39
Şekil 4.35. Detailed results ekran görüntüsü	39
Şekil 4.36. a) Databases bölümüne giriş ekran görüntüsü b) Databases bölümü	
ekran görünümü	40
Şekil 4.37. a) Databases ekran görüntüsü b) Yeni bölge seçimi ekran görüntüsü	41
Şekil 4.38. a) Yeni yer seçimi b) Yeni yere ait koordinatların programa	
girilmesi	41
Şekil 4.39. a) Seçilen yerin bilgilerinin aktarılması b) Seçilen yere ait	
meteorolojik bilgilerin alınması	42
Şekil 4.40. a) Seçilen yerin bilgilerinin kaydedilmesi-1 b) Seçilen yerin	
bilgilerinin kaydedilmesi-2	42
Şekil 4.41. Yeni yerin programda görünmesi	43
Şekil 4.42. a) PV modules seçim ekranı b) PV modül çeşitleri ekran görüntüsü	44
Şekil 4.43. Güneş paneli bilgilerine ait ekran görüntüsü	44
Şekil 4.44. a) Yeni panel tasarımı girişi ekran görüntüsü b) Yeni panel tasarımı	
bilgi girişi ekran görüntüsü	45
Şekil 4.45. a) İnverter seçim ekranı b) İnverter çeşitleri ekran görüntüsü	45
Şekil 4.46. İnverter bilgilerine ait ekran görüntüsü	46
Şekil 4.47. a) Yeni inverter tasarımı girişi ekran görüntüsü b) Yeni inverter	
tasarımı bilgi girişi ekran görüntüsü	46
Şekil 4.48. PVsyst programı Tools sayfası görünümü	47
Şekil 5.1. Lebit Enerji güneş santrali uydu görüntüsü	48
Şekil 5.2. Lebit Enerji güneş santrali görünümü	48
Şekil 5.3. Lebit Enerji güneş santrali tek hat şeması	49
Şekil 5.4. Panellerin monte edildiği çelik yapı	50

Şekil 5.5. a) Güneş paneli bağlantı kablosu b) Alçak gerilim bağlantı kablosu	
c) Orta gerilim bağlantı kablosu	53
Şekil 6.1. a) Databases bölümüne giriş ekran görüntüsü b) Import meteo data	
giriş ekran görüntüsü	54
Şekil 6.2. a) Import meteo data bölümü ekran görüntüsü b) PVGIS internet	
sitesi ekran görüntüsü	54
Şekil 6.3. Aylık radyasyon datalarını alınmasına ait ekran görüntüsü	55
Şekil 6.4. a) Aylık radyasyon datalarını sisteme aktarılmasına ait ekran	
görüntüsü b) Bölgeye ait koordinatların sisteme aktarılmasına ait	
ekran görüntüsü	55
Şekil 6.5. a) Bölge adının belirlenmesine ait ekran görüntüsü ve .SIT dosyası	
oluşturma ekran görüntüsü b) .MET dosyası oluşturma ekran	
görüntüsü	56
Şekil 6.6. a) .MET dosyasına verilerin aktarılmasına ait ekran görüntüsü b)	
Meteorolojik verilerinin aktarıldığına dair ekran görüntüsü	56
Şekil 6.7. a) Grid Connected bölümü girişi ekran görüntüsü b) Grid Connected	
bölümü ana ekran görüntüsü	57
Şekil 6.8. Lebit Enerji güneş santralinin koordinat ve meteorolojik verilerinin	
sisteme aktarılması-1	57
Şekil 6.9. Lebit Enerji güneş santralinin koordinat ve meteorolojik verilerinin	
sisteme aktarılması-2	58
Şekil 6.10. a)Proje kaydedilmesi ekran görüntüsü 1. adımı b) Proje	
kaydedilmesi ekran görüntüsü 2. Adımı	58
Şekil 6.11. Yönlendirme bilgilerinin girilmesine dair uyarı ekran görüntüsü	59
Şekil 6.12. Yönlendirme seçenekleri	59
Şekil 6.13. Sistem bilgilerinin aktarılmasına dair uyarının ekran görüntüsü	60
Şekil 6.14. Lebit Enerji güneş santrali system bilgileri	60
Şekil 6.15. Güneş paneli seçimi ekran görüntüsü	61
Şekil 6.16. Inverter seçimi ekran görüntüsü	61
Şekil 6.17. a) PVsyst programının default olarak belirlediği inverter sayısı b)	
Lebit Enerji güneş santralinde kullanılan inverter sayısının girilmesi	
	61

Şekil 6.18. a) PVsyst programının default olarak belirlediği seri ve string	
sayıları b) Lebit Enerji güneş santralinde seri ve string sayıları	62
Şekil 6.19. a) Gölgeleme olmadığına dair ekran görüntüsü b) 3D boyutlu çizim	62
Şekil 6.20. 3 boyutlu çizim ekran görüntüsü	63
Şekil 6.21. a) Kayıplar bölümü ana giriş ekran görüntüsü b) Kayıplar bölümü	
ana giriş ekranı	63
Şekil 6.22. Ohmic losses bölümü ekran görüntüsü	64
Şekil 6.23. a) Wiring layout seçimi-1 b) Wiring layout seçimi-2	64
Şekil 6.24. a) AC kayıp	65
Şekil 6.25. Module quality – LID – Mismatch ekran görüntüsü	65
Şekil 6.26. Tozlanma kaybı değeri	66
Şekil 6.27. IAM losses ekran görüntüsü	66
Şekil 6.28. Auxiliaries energy losses ekran görüntüsü	66
Şekil 6.29. Ageing ekran görüntüsü	67
Şekil 6.30. Unavailability ekran görüntüsü	67
Şekil 6.31. Ufuk çizgisi dosyası oluşturma	68
Şekil 6.32. a) Horizon bölümüne giriş ekran görüntüsü b) Horizon dosyasının	
aktarılması-1	68
Şekil 6.33. a) Horizon dosyasının programa eklenmesi b) Horizon bilgileri	69
Şekil 6.34. a) Simulation girişi ekran görüntüsü b) Simülasyon ekran görüntüsü	69
Şekil 6.35. a) Simülasyon verilerinin elde edilmesi için giriş ekran görüntüsü	
b) Sonuçlara ait rapor dosyası ekran görüntüsü	70
Şekil 6.36. Simülasyon sonucu elde edilen rapor sayfa-1	71
Şekil 6.37. Simülasyon sonucu elde edilen rapor sayfa-2	72
Şekil 6.38. Simülasyon sonucu elde edilen rapor sayfa-3	73
Şekil 6.39. Simülasyon sonucu elde edilen rapor sayfa-4	74
Şekil 6.40. Simülasyon sonucu elde edilen rapor sayfa-5	75
Şekil 7.1. Üretim değerleri ile simülasyon değerlerinin karşılaştırılması	76
Şekil 7.2. Enerji akış diyagramı	77

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 5.1. SolarTürk güneş paneli katalog bilgileri	50
Tablo 5.2. REFUsol 020K inverter katalog bilgiler	51



ÖZET

Anahtar kelimeler: Şebekeye bağlı PV sistem, PVsyst, Solar radyasyon, Simülasyon, Kayıplar

Bu çalışmada, PVsyst V6.67-TRİAL programı ile şebekeye bağlı PV sisteminin tasarımı yapılarak, gerçek üretim değerleri ile simülasyon değerlerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. PVsyst V6.67-TRİAL programı ile aylık ve yıllık radyasyon miktarı, aylık ve yıllık üretim verileri, PV sisteme ait kayıplar (termal kaybı, kablolama kaybı, gölgeleme kaybı, uyumsuzluk kaybı, tozlanma ve karlanma kaybı, panel kaybı, inverter kaybı vb.) ve performans verileri elde edilmiştir. Geniş bir seçim yelpazesine sahip olan program, ayrıca bölge seçimi, panel, inverter tasarımı imkânları da sunmaktadır.

Bu amaçlar doğrultusunda, 200kWp kurulu güce sahip, Lebit Enerji güneş santraline ait bilgiler, PVsyst V6.67-TRİAL programına aktarılmış, simüle edilmiş ve gerçek üretim verileri ile simülasyon verileri karşılaştırılmıştır. Simülasyon sonucunda elde edilen rapor ile sisteme ait kayıplar (termal kaybı, kablolama kaybı, gölgeleme kaybı, uyumsuzluk kaybı, tozlanma ve karlanma kaybı, panel kaybı, inverter kaybı vb.) analiz edilmiştir. Yapılan analizde, simülasyon sonuçları ile gerçek üretim değerleri arasında yaklaşık % 0.56' lık bir fark olduğu görüldü. Bu sonuç, tasarım aşamasında olan PV sistemleri için, yapılan fizibilite çalışmalarına büyük katkı sağlayacaktır.

DESIGN OF 200KWP LEBIT ENERGY SOLAR POWER PLANT WITH PVSYST AND COMPARISON OF PRODUCTION VALUES AND SIMULATION VALUES

SUMMARY

Keywords: Grid connected PV System, PVsyst, Simulation, Losses, Solar radiation

In this study, Lebit Energy on-grid PV system was designed and a comparison of actual production values and simulation values was purposed. Amount of monthly and yearly radiation, monthly and yearly production value, system losses (temperature and wind loss, cable loss, shading loss, loss of incompatibility, loss of dust, loss of snow, panel loss), and performance criteria were obtained with PVsyst V6.67-TRİAL program. Also program give chance to inverter design and many geographical site choice with multiple design selection.

For the purposes, actual production values and simulation values were compared with using the datas of 200kWp Lebit Enerji solar power plant, which was transferred and simulated to PVsyst V6.67-TRIAL program. Systematic losses (temperature and wind loss, cable loss, shading loss, loss of incompatibility, loss of dust and snow, loss of panel, loss of inverter, etc.) were analyzed by the report obtained as a result of the simulation. In the analysis shows that, there is a difference about % 0.56 between the simulation results and the actual production values. This will provide big convenience for feasibility studies pf PV systems that are in the design step.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Nüfusun artışı ve teknolojinin hızla gelişmesiyle birlikte, enerji ihtiyacı, gün geçtikçe daha da artmaktadır. Dünyada kullanılmakta olan enerjinin büyük bir çoğunluğu, fosil yakıtlardan elde edilmektedir. Dünyada enerji ihtiyacı yılda ortalama %4-5 oranında artarken fosil yakıt rezervi daha yüksek oranda azalmaktadır [1]. Ayrıca, fosil yakıtla enerji elde edilirken, çevreye her geçen gün daha fazla zarar verilmektedir. Hem fosil yakıt rezervlerinin gün geçtikçe azalması hem de fosil yakıtların çevreye vermiş olduğu zararlar, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmeyi zorunlu kılmıştır [2].

Yenilenebilir enerji kaynağı, enerji kaynağından alınan enerjiye eşit oranda veya kaynağın tükenme hızından daha çabuk bir şekilde kendini yenileyebilmesi olarak tanımlanır. Yenilenebilir enerji kaynakları, hidroelektrik, jeotermal, rüzgâr, biokütle ve güneş olarak sıralanabilir [3]. Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi, kolay ve hızlı kurulumu ile büyük ve küçük ölçekli olabilmesi, son yüzyıllarda dikkatleri üzerinde toplamaktadır. Yapılan araştırmalar sonucunda, dünyada bilinen bütün enerji kaynaklarından, elde edilebilecek enerji, güneşin sadece üç günde yaymış olduğu enerjiye eşittir. Ayrıca, güneş enerjisinin diğer yenilebilir enerji kaynaklarına kıyasla, çevreye daha az zarar vermesi, güneş enerjisi kullanımı sırasında, karbondioksit ve diğer sera gazlarından hiçbirini üretmemesi de önemli bir etkendir [1, 2].

1.1. Güneş Enerjisi

Nükleer yakıt dışında, dünyada kullanılan bütün yakıtların ana kaynağı güneştir. Güneş enerjisi, güneşteki hidrojen atomlarının helyum atomlarına dönüşmesi olarak adlandırılan, füzyon olayı ile ortaya çıkan, ışıma enerjisidir. Füzyon olayı ile ortaya çıkan enerji, çok büyük bir değerde olmasına rağmen, dünya ile güneş arasındaki mesafe, atmosferdeki karbondioksit, su buharı ve ozon gibi gazların, ışımayı absorbe etmelerinden dolayı, çok küçük bir kısmı dünyaya ulaşmaktadır. Buna rağmen, dünyaya düşen güneş enerjisi, dünya enerji tüketiminin en az yirmi bin katına eşittir [4].

1.2. Dünya'da Güneş Enerjisi Durumu

Güneş enerji üretiminde kullanılan fotovoltaik hücreler, ilk kez 1970'li yıllarda üretilmiş olsa da, maliyetinden dolayı kullanımı yaygınlaşamamıştır. Zamanla gelişen teknoloji ile birlikte, fotovoltaik hücre üretim maliyetinin düşmesi, fotovoltaik hücrelerle enerji üretimini, bireysel kullanıcıların kullanımına kadar yaygınlaşmıştır [2].

Dünyada, güneş enerjisi üretiminde Almanya, Çin ve Japonya başta gelen ülkelerdir. Güneş enerjisini kullanan bu ülkelere baktığımızda, bazıları güneş ışınları potansiyeli bakımından öne çıkarken, bazıları ise sahip oldukları teknoloji birikiminden dolayı öne çıkmaktadır. Şekil 1.1.'de verilen dünya güneş enerjisi potansiyeli haritasında, koyu kırmızı renkli bölgelerde güneş enerjisi potansiyeli yüksekken, mavi renkli bölgelere doğru gidildikçe güneş enerji potansiyeli azalmaktadır.



Şekil 1.1. Dünya güneş enerjisi potansiyeli haritası [5]

Dünyada güneşten elde edilen enerji miktarına bakıldığında, 2016 yılında üretilen enerji 2015 yılına kıyasla %50 arttığı görülmektedir. Brüksel'de düzenlenen enerji zirvesinde, dünyada enerji kapasitesinin 2016 yılında 305GW değerlerine kadar ulaştığı ifade edilmiştir. Raporlar ayrıntılı bir şekilde incelendiğinde, Almanya toplamda 70GW güneş enerjisi üretimi kapasitesi ile zirvede bulunmaktadır [6].

1.3. Türkiye'de Güneş Enerjisi Durumu

Coğrafi konumu itibariyle kuzey yarım kürede yer alan Türkiye, sahip olduğu güneş enerji potansiyeli açısından, diğer ülkelere göre oldukça yüksek potansiyele sahiptir. Her ne kadar bu enerji potansiyelini günümüze kadar, yeterli kullanılmasa da, çıkartılan yönetmelikler ve teşvikler sayesinde ilgi gün geçtikçe artmaktadır [6, 7].

Türkiye'de, 2014 yılında 40 MW olan kurulu güç kapasitesi, 2015 yılında 249 MW'a ve 2016'da ise 830 MW seviyesine ulaşmıştır [8]. Türkiye'deki toplam kurulu güç kapasitesinin ancak yaklaşık %1'i güneş enerjisinden elde edilebilmektedir. Türkiye'de 2010 yılı öncesinde, güneş sistemleri, genellikle termal amaçlı kullanılırken, 2010 yılından itibaren, güneş enerjisinden elektrik üretimindeki çalışmalar artmaya başlamıştır. Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı kapsamında 2023 yılı için ısıtma ve soğutma amaçlı enerji ihtiyacının en az yüzde 15'inin yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması amacı doğrultusunda, güneş enerjisinin daha etkin, verimli, teknolojik ve yenilikçi bir biçimde kullanılması planlanmaktadır. 2023 yılı brüt elektrik talebinin 500 bin MW olacağı öngörüsü altında, Türkiye tüm güneş potansiyelini kullanmak koşuluyla, 2023 yılına gelindiğinde, elektrik talebinin tamamını sadece güneş enerjisinden karşılayabilecektir. Ancak, mevcut imkân ve maliyetlerin bu öngörünün gerçekleşmesine olanak sağlayamayacağı açıktır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) tarafından yapılan tahminler 2019 yılı için güneş enerjisinde 3 bin MW'lık elektrik üretimi gerçekleştirilmesi ve bu rakamın 2023 yılında 5 bin MW'a ulaştırılması yönündedir [8].

Şekil 1.2.'de verilen Türkiye'nin güneş enerji potansiyeli haritasına bakıldığında, güneş enerjisi potansiyeli bakımından Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz bölgeleri ilk

sıralarda yer alırken, Marmara ve Doğu Karadeniz bölgeleri ise ülkenin en az güneş alan bölgeleri arasında bulunmaktadır.



Şekil 1.2. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli haritası [9]

1.4. Siirt İli Güneş Enerjisi Durumu

Güneydoğu Anadolu bölgesinde bulunan Siirt ili, coğrafi konumu açısından, ülkemizdeki diğer illere göre oldukça yüksek güneş enerjisi potansiyele sahiptir. Şekil 1.3.'te verilen Siirt ili güneş enerji potansiyeli haritası, Şekil 1.4.'de ise Siirt ili global radyasyon değerleri ve güneşleme süreleri grafiği verilmiştir.



Şekil 1.3. Siirt ili güneş enerjisi potansiyeli haritası [9]



Şekil 1.4. Siirt ili global radyasyon değerleri ve güneşleme süreleri grafiği [9]

1.5. Güneş Açıları

Güneş enerjisi uygulamalarında, maksimum verim elde edilebilmesi için maksimum ışıma sağlanmalıdır. Maksimum ışıma, yatay ve eğik düzleme gelen, güneş ışımasının hesaplanmasıyla elde edilir. Bu hesaplama için güneş açı ve parametrelerinden faydalanılır [3].



Şekil 1.5. Zenit açısı [3]

Şekil 1.6.'da zenit açısı (θ_z), güneş yer doğrultusunun yatay düzlemin normali ile yaptığı açıdır. Şekil 1.6.'de enlem açısı (Φ), güneş enerjisi uygulamasının bulunduğu yeri, dünya merkezine birleştiren doğrunun, ekvator düzlemi ile yaptığı açıdır [3].



Şekil 1.6. Enlem açısı [3]

Şekil 1.7.'de azimuth açısı (α), kuzey güney doğrultusunun, eğik yüzeyin normal düzlemi ile yaptığı açıdır [3].



Şekil 1.7. Azimuth açısı [3]

1.6. Güneş Işımasının Ölçülmesi

Güneş ışıması ölçümleri sayesinde, güneş enerjisi uygulamalarının, kurulum gücü hakkında bilgi sahibi olmak mümkün olur. Güneş ışıması ölçümleri, Şekil 1.8.'de verilen 'Piranometre' adlı cihaz ile yapılır [10, 11].



Şekil 1.8 Piranometre

Piranometreler, ışınım tutma ve yansıtma özelliği temel alınarak geliştirilmiştir. Piranometrelerin üzerinde bir siyah bir de beyaz renkli kısım bulunur. Siyah renkli kısmı, ışınımı tutar ve sıcaklığı artar, beyaz renkli kısmı ile sıcaklık farkı oluşur ve bu sıcaklık farkı ölçülür [10, 11].



BÖLÜM 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Haydaroğlu ve Gümüş, Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi bünyesinde kurulan 250 kWp'lik güneş enerjisi santralinin simülasyonunu, PVsyst V6.39 programı ile yapmış ve IEC 61724 standardında belirtilen performans kriterlerine uygun olup olmadığını incelemiştir [12].

Küçükgöze, Erzincan ilinde, kurulması planlanan 50 kW gücünde, bir güneş enerji santralinin tasarımını yapmış, maliyet analizini çıkartmış ve bu çalışmaların simülasyonunu PVsyst programını kullanarak yapmıştır [2].

Eke, Didim'de kurulmuş olan 3,8 kWp gücündeki şebekeye bağlı güneş santrali üretim verilerini, PVsyst 3.02 programı vasıtasıyla elde edilen verilerle karşılaştırmış. Sezonluk eğim açısı için %6.67 daha fazla elektrik enerjisi elde edilebileceğini hesaplamıştır. Ayrıca, Muğla merkez kütüphanesi çatısında 54kWp'lik şebeleye bağlı güneş santralinin tasarımı ve optimum verimlilik çalışmaları yapılmıştır [13].

Nirwan ve Thakur, PEC University of Technology'de bulunan 1 MW'lık şebekeye bağlı güneş enerjisi santralini incelemiş ve PVsyst yazılımı kullanılarak performansı değerlendirilmiştir. Çalışmasında, 15 derecelik eğim açısı ve –30 derecelik azimuth açısını, 30 derece eğim açısı ve 0 derecelik azimuth açısı olarak optimize ettiğinde %4,71 daha fazla enerji üretebildiğini göstermiştir [14].

Yadav, Kumar ve Chandel, Hindistan'ın Himachal Pradesh kentinde bulunan Hamirpur'da, 1 kWp fotovoltaik sistemi, PVsyst programı kullanılarak tasarlanmış ve simüle edilmiştir. Sistemin yıl boyunca performans oranı 0.724 olarak tahmin edilmiş olup, artan enerji ihtiyaçlarını tamamlamak adına, Hamirpur için uygulanabilir bir seçenek olduğunu göstermiştir [15].

Tallab ve Malek, Aïnmelh M'sila'daki (Cezayir) 1 MW'lık şebekeye bağlık fotovoltaik sistemin tasarımını PVsyst programı ile yapmış ve sabit panel eğim açısı yerine mevsimlik panel eğim açısı tercih edildiğinde, enerji üretiminde %5'lik bir artış sağlayacağını göstermiştir [16].

Ozerdem, Tackie ve Biricik, Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'ndeki ilk şebeke bağlantılı güneş santrali, 1.2 MV'lık Serhatköy güneş santralini PVsyst programı ile modellemiş ve üretim değerleri ile simülasyon değerlerini karşılaştırmıştır. Ayrıca, santralin kurulum maliyeti hesabı yapılarak geri ödemenin 9 yıl içinde olacağını öngörmüşlerdir [17].

Kandasamy, Prabu ve Niruba, Tamilnadu'nun güney kesiminde çeşitli yerlere (Madurai, Sivagangai, Sivakasi, Tuticorin) 1 MW'lık tesisi kurmanın uygunluğu, enerji üretimi, ekonomik fizibilitesini PVsyst programını kullanarak karşılaştırmıştır [18].

Soualmia ve Chenni, Cezayir'deki Oued Kebrite'in bulunduğu bölgede, 15MW gücünde şebekeye bağlı bir güneş santralinin modellemesi ve simülasyonu PVsyst programı ile yapmış ve bu santralinin yıllık % 83.9' luk bir performans sahip olacağını öngörmüştür [19].

Raj, Gupta ve Panda, Hindistan'daki Jaipur kentinde bulunan Poornima Üniversitesi'nde kurulu gücü 100 kWp olan güneş santralini, PVsyst programı ile modellemiş ve simüle etmiştir. Nisan ayına ait gerçek üretim verisi ile PVsyst programıyla elde etmiş olduğu veriyi karşılaştırdığında % 6,75'lik bir hata oranı elde etmiştir [20].

Morshed, Ankon, Chowdhury ve Rahman, Bangladeş Dhaka'da bulunan, 2kW'lık şebekeye bağlı olmayan PV sistemini, SolarMAT, MATLAB, PVsyst ve HOMER programlarını kullanarak simüle ederek, bu programların avantajlarını ve dezavantajlarını belirtmiştir [21]. Lalwani, vd., fotovoltaik sistem simülasyon programlarından PV DesignPro-G, INSEL, RETScreen, PVGIS, PVSOL Expert, HOMER ve PVsyst gibi 11 farklı programı, kullanılabilirliği ve maliyeti, çalışma platformları, çalışma kapasiteleri, kapsamları ve sonuçları ile güncellenebilirlik özelliklerine göre değerlendirmiştir [22].

Sekuçoğlu, fotovoltaik sistem, rüzgâr enerji sistemi ve hibrit sistemlerden elektrik enerjisi üretimi incelenmiş, sistemlerin tasarlanması, karşılaştırılması ve ekonomik analizlerini yapmıştır. Sistem tasarımlarını gerçekleştirmek ve her sisteme ait teknikekonomik parametreleri belirlemek için PVsyst ve HOMER programları kullanmıştır. Her iki programının ortak sonuçlarını ve programların ayrı ayrı avantajları ile dezavantajları belirtmiştir [23].

Bayrak ve Cebeci, Elazığ ilinde, mevcut balık yetiştirme çiftliklerinin temel elektrik ihtiyacını karşılamak üzere, 1.1 kW kurulu güce sahip bir PV sistem tasarlayarak sistemin performansı, elektrik yenilenebilir sistemler için, HOMER yazılımında araştırılmıştır. Ayrıca program kullanılarak, sabit açılı güneş paneli sisteminden oluşan 1.1 kW'lık PV sistem ile aynı sistemin iki-eksenli güneş izleme sistemini kullanması durumundaki analizleri yapılarak her iki sistem karşılaştırılmıştır [24].

Yılmaz, Gökçeada'nın elektrik ihtiyacının yenilenebilir enerji kaynaklarıyla nasıl karşılanabileceği analiz etmiştir. Gökçeada'nın elektrik ihtiyacını karşılayacak yenilenebilir enerjili hibrit (melez) veya hibrit olmayan sistem tasarımının en uygununa karar verebilmek için HOMER programı kullanmış ve sonuç olarak rüzgar enerjisi kullanılan sistemlerinin kurulmasının daha verimli olacağını ortaya koymuştur [25].

McGowan vd., Brezilya'da günlük 2.64 kW'lık elektrik ihtiyacını karşılamak için bir hibrit güç sistemi tasarlamışlardır. Tasarladıkları sistemler PV paneller, rüzgâr türbini, dizel jeneratör ve bataryadan oluşmaktadır. Bu sistemlerin tasarımı için HOMER ve SOME simülasyon programları kullanılmıştır. İncelemiş oldukları bu sistemde, PV ya da rüzgâr sistemlerinden daha uygun maliyetli olduğu sonucuna varmışlardır [26]. Bali ve Sümer, yenilenebilir enerji sektöründe kullanılan bilgisayar destekli programlar hakkında bilgi vermiş olup, PV*SOL Expert programının genel özelliklerini belirterek, ücretsiz temin edilebilen diğer programlara nazaran en büyük dezavantajının fiyatı olduğu belirtmiştir [27].

Çiftçi, yapmış olduğu çalışmada, kurulu gücü 1 MW'ın altında olan güneş santrallerinin güç ve maliyet analizlerinin nasıl yapıldığını, örmek bir sistemde farklı cins paneller kullanılması durumundaki sonuçlar incelemiştir. Güç analizi yapılırken fotovoltaik hücrelerin yerleştirildiği coğrafi konumu ile güneş radyasyonun evrensel ve hücrelerden oluşan panellerin üzerine gelen açılarını da incelenmiş ve matematiksel ifadelerini vermiştir. Bu analizlerinde yapılmasında PVSOL programını kullanılmıştır [28].

Kıyançiçek, güneş enerjisi uygulamalarında üretim ve tüketim kapasitelerinin hesaplanarak, kurulması planlanan sistemlerin daha anlaşılır olmasını ve amortisman süresinin daha doğru şekilde belirlenmesini sağlamak, sistem içerisinde ihtiyaç duyulan diğer elemanların karakteristik özelliklerini ortaya çıkarmak amacı ile PVS² adlı bir program tasarlamıştır. Tasarlanmış olan bu programın olumlu ve olumsuz yönleri verilerek yeni sürümlerinde bu olumsuz yönlerinin giderilerek diğer PV sistem programları gibi kullanılabileceği öne sürülmüştür [29].

Lima, vd., Brezilya'da yenilenebilir enerji kullanımı konusuna değinmişlerdir. Güneş enerjisi sistemleri ile ilgili çalışmalar yapmışlar, TRNSYS simülasyon programını kullanarak bir evin sıcak su ve elektrik ihtiyacını karşılayacak sistemin ekonomik analizini yapmışlardır [30].

Gültuna, Gürsu Bursa bölgesinde bulunan fotovoltaik güç santralinin, teknoekonomik ve çevresel optimizasyonuna yönelik bir simülasyon modeli geliştirilmiştir. Geliştirmiş oldukları simülasyon programında elde edilen sonuçları, RetScreen simülasyon yazılımından elde edilen sonuçlarla karşılaştırılarak doğrulanmıştır [31]. Yapılan literatür taraması ve araştırmalar sonucunda, geniş seçim yelpazesine sahip, PV sistem elemanlarını altyapısında barındırarak hızlı ulaşım imkanı sağlaması, PV sistemlerde bulunan kayıpların ayrıntılı olarak sisteme aktarılabilmesi, default seçim şartlarının literatüre uygun olması, 3 boyutlu çizim özelliği ile gölgeleme kayıplarının tespit edilebilmesi, ekonomik analiz yapılabilmesi ve gerçek sonuçlar ile simülasyon sonuçları arasında çok az bir fark olması, çalışmada PVsyst programının kullanımını ve bu tez çalışması içinde yapılan tüm modelleme ve analizler bu program aracılığıyla gerçekleştirilmiştir.



BÖLÜM 3. FOTOVOLTAİK SİSTEM

PV sistemleri, güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüşten sistemlerin genel adıdır. Kurulum amaçlarına göre; şebekeye bağlı (on grid) PV sistemleri ve şebekeye bağlı olmayan (stand alone) PV sistemleri olarak ikiye ayrılır. Şebekeye bağlı PV sisteminde; güneşten elde edilen ışıma güneş panelleri ile doğru gerilime, doğru gerilim inverterler arayıcılığı ile alternatif gerilime, alternatif gerilim ise doğrudan veya trafo üzerinden enterkonnekte sisteme aktarılır. Şebekeye bağlı olmayan PV sisteminde ise; güneşten elde edilen ışıma, güneş panelleri ile doğru gerilime çevrildikten sonra elde edilen enerji regülatör arayıcılığı ile akü grubunda şarj edilir. Akü grubunda depolanan enerji inverter ile alternatif gerilime çevrilerek kullanılır.

3.1. PV Sistem Elemanları

3.1.1. Fotovoltaik hücreler

Fotovoltaik hücreler (Photovoltaic, PV) ışık enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletken malzemelerden meydana gelmektedir. Fotovoltaik hücrelerinin şekilleri, kare, dikdörtgen veya daire biçiminde, alanları 100 cm² civarında, kalınlıkları ise 0,2–0,4 mm arasındadır.

Şekil 3.1.'de, fotovoltaik hücreler seri ve paralel bağlanarak güneş panellerini (modül) meydana getirir. Güneş panelleri seri bağlanarak dizileri (string), stringler ise paralel bağlanarak dizeleri (array) meydana getirir.



Şekil 3.1. Fotovoltaik hücreler

3.1.1.1. Fotovoltaik hücrelerinin çalışma ilkesi

Fotovoltaik hücrelerinin çalışma ilkesi, Fotovoltaik (Photovoltaic) olayına dayanır. Fotovoltaik olayı ilk kez 1839 yılında Becquerel tarafından bulmuştur. Fotovoltaik olayda fotonlar elektronlara çarpar ve serbest yük çiftleri oluşturur, bu sayede geride pozitif yüklü bir alan kalır. Bir taraf negatif yük diğer taraf ise pozitif yük ile yüklendiğinden, hücre arasında gerilim farkı meydana gelir.

3.1.1.2. Fotovoltaik hücre eşdeğer modeli

Fotovoltaik hücrelerinin eşdeğer devre modeli, ilk olarak Lorenzo tarafından 1994 yılında tanımlanmıştır. Şekil 3.1.'de verilen bu eşdeğer devre modeli, bir akım kaynağı, akım kaynağına paralel bir diyot, diyota paralel bir topraklama direnci ve tüm bunlara seri bağlı bir iç dirençten oluşur [32].



Şekil 3.2. Güneş pili eşdeğer devresi

Şekil 3.1.'de verilen devrede, A noktasına Kirchoff Akım Yasasını uygulanırsa;

$$I_{L} = I_{0} + I_{sh} + I \tag{3.1}$$

denklemi elde edilir. Diyot gerilimi ve diyot akımı;

$$V_d = V + R_s \cdot I \tag{3.2}$$

$$I_{d} = I_{0} \left(e^{\frac{q \cdot V_{d}}{n \cdot k \cdot T}} - 1 \right) = I_{0} \left(e^{\frac{q \cdot (V + R_{s} \cdot I)}{n \cdot k \cdot T}} - 1 \right)$$
(3.3)

olarak ifade edilir. Şekil 3.2.'de verilen devrede, diyota paralel olan R_{sh} direncinin üzerinden geçen akım ise;

$$I_{sh} = \frac{V_d}{R_{sh}} = \frac{V + R_s \cdot I}{R_{sh}}$$
(3.4)

olarak elde edilir. (Denklem 3.3) ve (Denklem 3.4), (Denklem 3.1)'de yerine konulursa; (Denklem 3.5)'te verildiği gibi elde edilir.

$$I = I_L - I_0 \left(e^{\frac{q V_d}{n \cdot k \cdot T}} - 1 \right) - \frac{V + R_s \cdot I}{R_{sh}}$$
(3.5)

(Denklem 3.5)'te paralel direnç R_{sh} çok küçük olduğu için, ihmal edilebilir. (Denklem 3.5)'ten V değeri çekilirse;

$$V = \frac{n \cdot k \cdot T}{q} \cdot \ln\left[\frac{I_L + I_0 - I}{I_0}\right] - R_s \cdot I$$
(3.6)

(Denklem 3.6)'te verilen fotovoltaik hücrenin uçlarındaki gerilim değeri elde edilir.

3.1.1.3. Güneş paneli eşdeğer modeli

Fotovoltaik hücreler güneş sistemlerinin en küçük birimi olup tek başına çok küçük değerde (0.5V) gerilim üretirler. Haliyle, bu küçük değerdeki gerilim tek başına

kullanılamaz. Kullanılabilir bir değerde güç elde edebilmek için fotovoltaik hücrelerinin seri ve paralel bağlanması gerekmektedir. Bu şekilde elde edilen yapıya güneş paneli (modül) denir. Şekil 3.3.'de verilen güneş paneli eşdeğer devresinde N_s seri bağlı hücre sayısını, N_p ise paralel bağlı hücre sayısını ifade eder. Seri hücre sayısı (N_s) panel gerilimi artırırken, paralel hücre sayısı (N_p) panel akımını artırır. [32]



Şekil 3.3. Güneş paneli eşdeğer modeli

Şekil 3.3.'te verilen devrede, panel akım denklemi;

$$I = N_p \cdot I_L - N_p \cdot I_0 \left(e^{\frac{V}{N_s} + \frac{I \cdot R_s}{N_p}} e^{\frac{N_p \cdot V}{n \cdot k \cdot T}} - 1 \right) - \frac{\frac{N_p \cdot V}{N_s} + R_s \cdot I}{R_{sh}}$$
(3.7)

olarak elde edilir.(Denklem 3.7)'de paralel direnç R_{sh} çok küçük olduğu için ihmal edilebilir. (Denklem 3.7)'de V değeri çekilirse, (Denklem 3.8)'te verilen güneş panelinden elde edilecek gerelim değeri elde edilir.

$$V = \frac{N_s \cdot n \cdot k \cdot T}{q} \cdot \ln\left[\frac{I_L + I_0 - I + N_p}{I_0 \cdot N_p}\right] - \frac{N_s}{N_p} \cdot R_s \cdot I$$
(3.8)

3.1.2. İnverter (Evirici)

İnverter, girişindeki doğru gerilimi, çıkışında istenen genlik ve frekansta alternatif gerilimine dönüştüren cihazlardır. Beslenmek istenen yükün cinsine ve gücüne göre, tek fazlı ve üç fazlı olarak tasarlanabilen inverterler, şebekeye bağlı PV sistemlerde kullanılan inverter ve şebeken bağımsız PV sistemlerinde kullanılan inverterler olmak üzere ikiye ayrılır. Şebekeye bağlı inverterler ise, güç kapasitelerine göre, Şekil 3.4.'te verilen mikro, dizi ve merkezi inverter olarak üçe ayrılır [1].



PV sistemlerinde inverter seçimi yapılırken; verim, minimum ve maksimum çalışma gerilimi, çalışma sıcaklığı, nominal çıkış gerilimi gibi özellikleri ile ürünün montajı, bakımı, sevkiyatı gibi harici durumlar da göz önünde bulundurulur.

3.1.3. Panel taşıyıcı destek yapılar



Şekil 3.5.a) Panel taşıyıcı destek yapılarının çakma yöntemi ile montajı b) Panel taşıyıcı destek yapılarının betonarme yapı ile montajı

Panel taşıyıcı destek yapılar, panelinin güneşe bakış açısının değişmemesini ve belirlenen konumda durmasını sağlar. Doğal hava koşullarına (rüzgar, kar yükü vd.) ve korozyona karşı, çoğunlukla çelik galvaniz kaplama özelliğine sahiptir. Panel taşıyıcı destek yapıları bölgenin yapısına göre, Şekil 3.5.a.'da verilen çakma yöntemi ile çakılarak veya Şekil 3.5.b.'de verilen ayaklarına beton atma ile sağlamlaştırılır.

3.1.4. Toplama panoları

PV sistemlerde kullanılan inverter tipine göre, Şekil 3.6.a.'da verilen doğru gerilim toplama panosu veya Şekil 3.6.b.'de verilen alternatif gerilim toplama panolarının kullanılması gereklidir. Merkezi inverter kullanılıyorsa doğru gerilim toplama panosu, dizi inverter kullanılıyorsa alternatif gerilim toplama panosu kullanılır. Bu panolarda toplanan enerji tek bir kablo ile ana toplama panosuna taşınır.



Şekil 3.6. a) Doğru gerilim toplama panosu b) Alternatif gerilim toplama panosu

3.1.5. Kablolar

PV sistemlerinde kullanılan kablolar, paneller arası bağlantı kabloları, panel ile inverter arasında doğru gerilim taşıyıcı kablolar, inverter ile transformatör ve transformatör ile enterkonnekte sistem arasında alternatif gerilim taşıyıcı kablolar olarak gruplandırılabilir. Kablolardan kaynaklanan kayıplar, PV sisteminin verimi doğrudan etkilediği için, kablo kesitinin iyi hesaplanması oldukça önemlidir [1].

3.1.6. Transformatör

Transformatörler, PV sistemlerinde, inverter arayıcılığı ile elde edilen alternatif gerilimi, enterkonnekte sisteme aktarmayı sağlayan cihazlardır. Transformatörlerde demir ve bakır kayıpları olarak iki tür kayıp vardır. Bu kayıplar çok yüksek olmamasına rağmen, düşük verimle çalışan PV sistemlerinde önemli bir yer tutar [33].

3.2. PV sistem kayıpları

PV sistemlerinde kayıplar; çevresel koşullardan PV sisteminin tasarımına, sistem elemanlarının özelliklerinden bu elemanların seçimine kadar birçok etkene bağlıdır

3.2.1. Gölgeleme kayıpları

Bu kayıp türü, PV sistemlerinin verimini azaltan en önemli etkenlerden biridir. Gölgeleme kayıpları, Şekil 3.7.a.'da verildiği gibi PV sisteminin kurulu olduğu yerdeki ağaç, bina, direk vb. ekipmanlardan kaynaklanabilirken, Şekil 3.7.b.'de verildiği gibi güneş panellerinin dizilimi doğru planlanmasından da meydana gelebilir [34-36].



Şekil 3.7. a) Bina gölgelemesi örneği c) Panel gölgelemesi örneği

3.2.2. Tozlanma ve karlanma kayıpları

Bu kayıp türü, PV sistemlerinde, güneş panellerinin herhangi bir sebepten dolayı kirlenmesi ya da kar ile kaplanmasından kaynaklanır. PV sisteminin kurulduğu alan çok fazla toz fırtınalarının görüldüğü bir bölge ise kayıplar daha da fazla olmaktadır. Yapılan araştırmalar, kayıp miktarının olağanüstü durumlar haricinde %4'ü geçmediğini ortaya koymaktadır. Şekil 3.8.'deki gibi tozlanmış güneş panellerin belli aralıklarla temizliği yapılarak bu kayıplar azaltılabilir. Ancak unutulmaması gereken bir diğer konu da, büyük güçlü PV sistemlerinde, özellikle su problemi olan bölgelerde, bu işlem çok külfetli olabilir [34, 35].


Şekil 3.8. Güneş panelinde tozlanma

3.2.3. Sıcaklık kayıpları

Bu kayıp türü, PV sisteminin bulunduğu ortamdaki sıcaklıktan kaynaklanır. Ortam sıcaklığı arttıkça, kayıp artar, güneş panelinin verimi düşer. Güneş panelini oluşturan güneş hücrelerinin, 800W/m² ışınım, 1m/s rüzgâr ve 20°C ortam koşullarındaki sıcaklığına Hücre Nominal Çalışma Sıcaklığı (NOCT) denilir. Bu değer güneş paneli katalog bilgilerinden elde edilebilir [34, 35].

3.2.4. Mismatch (uyumsuzluk) kayıpları

Bu kayıp türü, PV sistemini oluşturan her panelin maksimum gücünün toplamı ile tüm dizinin maksimum gücü arasındaki fark olarak ifade edilir. Uyumsuzluk kaybı, kısmi gölgeleme, güneş paneli yaşlılık faktörü, güneş paneli güç toleransı, farklı çalışma sıcaklığı, farklı ışınım miktarı gibi sebeplerden dolayı meydana gelebilir [34-36].

3.2.5. Yansıma kayıpları

Bu kayıp türü, güneş panellerinin üzerine düşen ışımanın, bir kısmı panel üzerinden geri yansımasından kaynaklanır. Yansımayı engellemek için, güneş panellerinin dış yüzeyi yansımayı engelleyici temperli bir yapıyla kaplanırken, hücreler de yansımayı önleyici malzeme ile kaplanmaktadır [34-37].

3.2.6. Harici ekipman kullanımı kayıpları

Bu kayıp türü, PV sistemlerinde, aydınlatma armatürü, kamera, klima, televizyon gibi enerji tüketen ekipmanlar tarafından meydana getirilen kayıplardır.

3.2.7. Güneş paneli kayıpları

Bu kayıp türü, güneş panelinin yaşlanma faktörü ve güç toleransı sebebiyle meydana gelen kayıplardır. Güneş paneli üreticileri, panel başına 10. yılda %90, 25. yılda %80 güç garantisi vermektedir. Diğer bir ifade ile PV sistemlerinde, güneş panelinin yaşlanmasından dolayı kayıpların yıllar geçtikçe daha çok arttığı söylenebilir. Ayrıca, güç toleransı yüksek olan güneş panellerinin kullanıldığı PV sistemlerinde, uyumsuzluk kayıpları daha yüksek olacağı için, güneş paneli seçiminde güç toleransı düşük olanlar tercih edilmelidir [34, 35].

3.2.8. İnverter kayıpları

Bu kayıp türü, güneş panellerinden elde edilen doğru gerilimin alternatif gerilime çevrilmesi sırasında ve inverter gücünün doğru hesaplanmaması sonucunda, güneş panelleri tarafından üretilen enerji miktarından düşük kalması nedeni ile oluşan kayıplardır. Güneş panellerinin üretebileceği maksimum güç hesaplanmalı ve inverter gücü bu güce eşit veya daha yüksek olacak şekilde seçilmelidir. Ayrıca, doğru gerilimin alternatif gerileme dönüşüm verimini değerlendirirken, sadece nominal güçteki verim değeri değil, ağırlıklı ortalama verim değeri göz önünde bulundurulmalıdır [34-36].

3.2.9. Kablo kayıpları

Bu kayıp türü, güneş panellerinin kendi arasında ve güneş paneli ile inverter arasında doğru akım kablolama, inverter ile transformatör arasında ve transformatör ile şebeke arasında alternatif akım kablolamadan kaynaklanan omik kayıplardır. Kablo kesiti seçimleri, PV sistemlerinin tasarım aşamasında, çözülmesi gereken en önemli konulardan birisidir. Kablo kesiti hesaplamaları doğru yapılmadan seçilen kablolar PV sistemlerinid üşüreceği gibi yangına da sebebiyet verebilir [34-37].

3.2.10. Transformatör kayıpları

Bu kayıp türü, transformatörün boşta çalışma kayıpları (demir kayıpları) ve yükte çalışma kayıpları (demir ve bakır kayıpları) olarak ikiye ayrılır. Boşta çalışma kayıpları, histerezis ve fuko kayıplarından oluşmaktadır. Bakır kayıpları, sargılar üzerinden geçen akımlarından kaynaklanır [33].

3.3. PV panel açısı belirlenmesi

PV sistemlerinde, optimum verim elde edilmesinde en önemli konulardan biri güneş panellerinin güneşe bakış açısının belirlenmesidir. Maksimum verimi elde etmek için atılması gereken ilk adım maksimum güneş ışımasının sağlanmasıdır. Bu hedefe ulaşmak için Şekil 3.9.a.'da verilen sabit veya Şekil 3.9.b.'de verilen hareketli panel taşıyıcı sistemleri kullanılır [3, 38].



Şekil 3.9. a) Sabit panel taşıyıcı sistem örneği b) Hareketli panel taşıyıcı sistem örneği

Sabit panel taşıyıcı sistemlerinde, yıllık veya mevsimlik panel açısı belirlenir, yıl boyunca veya mevsim boyunca panel sabit açıda durur. Hareketli taşıyıcı sistemlerde ise, maksimum ışımayı elde etmek için kontrol mekanizması yardımı ile panel açısı sürekli değişir. Hareketli taşıyıcı sistemlerin kullanılması maksimum ışımayı sağlarken, kurulum maliyeti ve doğal hava koşulları (rüzgar, kar birikimi vb.) göz önünde bulundurulduğunda, sabit taşıyıcı sistemlerin kullanımı daha ekonomiktir.

BÖLÜM 4. PVSYST PROGRAMININ GENEL TANITIMI

PVsyst programı çalıştırıldığında kullanıcının karşısına Şekil 4.1.'de verilen, 4 alt bölümden meydana gelen ekran görüntüsü çıkar. Bu bölümler aşağıda sırasıyla tanıtılmıştır.

PVsyst V6.67 - TRIAL - Photovoltaic Syste Files Preferences Languag	ms Software e Licence Help	-	
Choose a section	Content		
Preliminary design	Please choose an option.		
Project design			
Databases			
Tools			

4.1. Preliminary Design (Ön Tasarım)

Şekil 4.2.'de verilen 'Preliminary design' (ön tasarım) bölümünde, incelenecek sistemin kabaca ve hızlı bir şekilde değerlendirilmesi yapılır. Bu bölüm, şebekeye bağlı, şebekeden bağımsız ve pompa sistemlerinin ayrı ayrı tasarımı içerir.

🙁 PVsyst V6.67 - TRIAL - Photovoltaic Syste	ms Software	- 🗆 ×
🤤 Files Preferences Language	e Licence Help	
Choose a section	Content	System
Preliminary design	Pre-sizing step of a project, after few clics, without real components. - First evaluation of the system's and component's sizes,	Grid-Connected
Project design	System yield quick evaluations performed using monthly values, Please do not use these gross estimations for a presentation to your	Stand alone
Databases	customer f	Pumping
Tools		
C Exit		

Şekil 4.2. PVsyst programı preliminary desing sayfası görünümü

4.1.1. Şebekeye bağlı bir pv sisteminin tasarımı

Şebekeye bağlı bir PV sisteminin tasarımı yapılmak istenilirse; Şekil 4.2.'de 'Grid Connected' sekmesi seçilir ve Şekil 4.3.a.'ya geçiş yapılır. Şekil 4.3.a.'da kırmızı ile işaretlenen 'Site and Meteo' butonuna tıklanarak, Şekil 4.3.b.'de verilen pencereye ulaşılır. Bu penceredeki 'Open site' butonuna tıklanarak, PV sisteminin tasarlanacağı yer seçimi yapılır. Daha sonra penceredeki 'ok' butonuna tıklanarak, Şekil 4.4.a.'da görülen ekran görüntüsüne geçiş yapılır.



Şekil 4.3. a) Site and Meteo seçimi ekran görüntüsü b) PV sistem bölge seçimi



Şekil 4.4. a) System seçimi ekran görüntüsü b) Sistem parametreleri seçimi-1

Şekil 4.4.a.'da kırmızı ile işaretlenen 'System' butonuna tıklanır ve Şekil 4.4.b ekran görüntüsüne geçilir. Şekil 4.4.b.'de 1. kısım olarak belirtilen 'Array specification' bölümünde, panel alanı, nominal güç veya yıllık verim seçeneklerin biri seçilir ve ok ile gösterilen boşluğa değeri yazılır. Şekil 4.4.b.'de 2. kısım olarak belirtilen 'Collector plane orientation' bölümünde ise panel açısı ve azimuth açısı ok ile gösterilen yere girilir. Ardından Şekil 4.4.b.'de 'Next' butonuna tıklanarak, Şekil 4.5.a ekran görüntüsüne geçiş yapılır.

Şekil 4.5.'da 1. kısım olarak belirtilen bölümde panel tipi, 2. kısım olarak belirtilen bölümde panel teknolojisi, 3. kısım olarak belirtilen bölümde panel konumu ve 4. kısım olarak belirtilen bölümde panel havalandırma bilgileri seçilir ve 'ok' butonuna tıklanarak, Şekil 4.6.a.'ya geçiş yapılır.



Şekil 4.5. Panel tipi, teknolojisi, konumu ve havalandırma durumu seçimi

Şekil 4.6.a.'da kırmızı ile işaretlenen 'Result' butonuna tıklanır ve Şekil 4.6.b ekran görüntüsüne geçilir. Şekil 4.6.b.'de A butonuna tıklandığında, PV sistemine ait bir yıl boyunca aylık periyotlarla ışıma tablosuna, B butonuna tıkladığında, PV sistemine ait bir yıl boyunca aylık periyotlarla üretilen enerji tablosuna, C butonuna tıkladığında PV sistemine ait bir yıl boyunca aylık periyotlarla üretilen sonuçlar tablosuna, D butonuna tıkladığında ise PV sisteminin maliyet tablosuna ulaşılır. Yapılan çalışmanın kaydedilmesi için 'ok' butonuna, sonuçların çıktı olarak alınması için 'print' butonuna tıklanır.



Şekil 4.6. a) Sonuçlar bölümü seçim ekranı b) Sonuçlar ekran görüntüsü

4.2. Project Desing (Proje Tasarımı)

Şekil 4.7.'de verilen 'Project desing' (proje tasarım) bölümünde, incelenecek sistemin ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmesi yapılır. Bu bölüm, şebekeye bağlı, şebekeden bağımsız, pompa ve DC üretim sistemlerinin ayrı ayrı tasarımı içerir.



Şekil 4.7. PVsyst programı project desing sayfası görünümü

4.2.1. Şebekeye bağlı bir pv sisteminin tasarımı

4.2.2. Kurulum yeri seçim bölümü

Şebekeye bağlı bir PV sisteminin tasarımı yapılmak istenilirse; Şekil 4.7.'de 'Grid Connected' sekmesi seçilir, Şekil 4.8.a.'da verilen proje ana ekran görüntüsüne geçiş yapılır. Şekil 4.8.b.'de gösterildiği gibi 'Site' sekmesinin altında bulunan 'Open site' tıklanır.

t Site Variant				- 🗆 X	Project: New.PRJ Project Site Variant				- 0
ject's designation					Proje Q. Open a Site				
Fienane New	. PRJ	Project's name New Proje	ict.	N + = = = = = = = = = = = = = = = = = =	🗁 View site details	PRJ LAP	Project's name New Proj	ect	Qੈ⊞×∣
Ste File	tran Jornaci	1	1	Q D	Site File				
	Plea PVSpst will sea You may also use the 1 This would a	tes load the geographical site such the available neteo files Weteo database' button to any automatically set the geograph	occordingly. not now antro Nec. scal ste	Heteo database Project settings		Ple PVSyst will as You may also use the This would	ase load the geographical site such the available meteo files "Meteo database" button to im automatically set the geograph	accordingly. pot new meteo files, vical site.	Meteo database Project settings
stem Variant (calculation	on version)				System Variant (calculatio	n version)			
Varianii n° 🔽	New simulation variant				Variant n° VC0	: New simulation variant			► H ± × + •
Input parameters Mendatory	Optional	Sinulation	Results overview	Good (ee. 30 scene defined)	Input parameters Mandatory	Optional	Simulation	Results overview	ined (op 3D scene defined)
© Crientation	Hoton Neg Dedres	≱ Simulation	System Production Specific production	0.00 kwhytr 0.00 kwhytrwydy	Orientation System	Hoizon Near Shadings	Simulation	System Production Specific production	0.00 kWh/yr 0.00 kWh/kWp/yr
O Datalectores	O Madule layor	O Similation	Performance Ratio Normalized perduction Array losses	0.00 0.00 kwh/kwp/day 0.00 kwh/kwp/day	Detailed losses	Module layout	C Simulation	Performance Ratio Normalized production Array losses	0.00 KWM/M/p/day 0.00 KWM/M/p/day
T Self-consumption	O Economic anal	📓 Sepat	System losses	0.00 kwhykWp/day	C Self-consumption	C Economic aval.	E Pepot	System lasses	0.00 KW9v/kW/p/day
	Musefareout tools	Manda				Miscelaneous tools	Int Results		
					C tota and a				al co

Şekil 4.8. a) Project ana ekran görüntüsü b) Bölge seçimi

Şekil 4.9.a.'da verilen pencerede PV sisteminin kurulumunun yapılacağı bölgenin seçimi yapılır ve 'ok' butonuna tıklanarak, Şekil 4.9.b.'de verilen proje ana sayfasına geçiş yapılır.



Şekil 4.9.b.'de kırmızı ile gösterilen kaydet butonuna tıklanır, Şekil 4.10.a.'da gelen ekranda proje ismi yazılır, 'Save' butonuna tıklanarak kaydedilir ve Şekil 4.10.b.'de verilen ekran görüntüsüne geçiş yapılır.

ave project as	- 🗆 🗙	Project: Ankara, Project, PRJ Project Site Variant				- 0
		Project's designation				
scription		Fileneme Ank	ara_Project.PfU	Project's name New Project	scl	Q 🛨 💾 🗙 🗌
ew Project		Site File Anka	x 0	MeteoNom 7.1 station	Tukey	Q. 00
		Meteo File Avia	ara_HN71_SYN.MET	MeteoNom 7.1 station	Synthetic Olum	
name Ankara_Project				The orientation is not defined.		Henro datab
ctory C:\Users\hamid\PVsyst660_Data\Proj	ects	System Variant (calculation	on version)			
		Variant n° VD0	New simulation variant			• H*ו•
nkara Proiect.PRJ	🗙 Cancel	Input parameters Mandatory	Optional	Simulation	Results overview Systemkind Undef	ned (no 3D scene deline
		🛞 Orientation	Hoizon	h. Samdation	System Production	0.00 kwhyr
		System	Near Shedrigs	p summer	Specific production Performance Ratio	0.00 Kwłykszpźy 0.00
	······································	Ø Databallaries	Ø Mathematic	O Similar	Nonekeet production	0.00 Kwhikwpiday
		C Self consumption	O tommo evel	I Report	System looses	0.00 kwh/kwp/day
	E Save		Q Vacebreise tok	ing Reads		
		-				ale s
		The second				- C + H

Şekil 4.10. a) Proje kayıt işlemi-2 b) Yönlendirme bölümü ana giriş ekran görüntüsü

4.2.3. Yönlendirme bölümü

Şekil 4.10.b.'de kırmızı ile belirtilmiş olan 'Orrientation' butonuna tıklanarak Şekil 4.11.a.'da verilen ekran görüntüsüne geçilir. Şekil 4.11.a.'da 'Field type' bölümünden panelin sabit, tek eksen hareketli ve çift eksen hareketli olması seçeneklerinden biri seçilir. Şekil 4.11.b.'de kırmızı ile işaretlenmiş olan 'Field Parametres' bölümünde

panel açısı ve azimuth açısı girilir. 'Ok' butonuna tıklanarak, Şekil 4.12.'de verilen ekran görüntüsüne geçiş yapılır.



Şekil 4.11.a) Field type seçim seçenekleri b) Panel açısı ve azimuth açısı belirleme

4.2.4. Sistem bölümü

Şekil 4.12.'de kırmızı ile işaretlenmiş olan 'System' butonuna tıklanarak, Şekil 4.13.'ye geçiş yapılır.

Project: Lebit, Project, PF	บ			- 0
oject Site Variant				
roject's designation	1			
File name	Lobit_Project.PRJ	Project's name New Project		Q * H × 6
Ste File	Lebit_PV5IS_SAF_1998 to 2011.SIT	PVGIS CM SAF, satelite 1998-2011	Tukey	Q. (c)
Meteo File	oldu_PVGIS_SAF_SYN.MET	PVGIS CM SAF, satelike 1998-2011	Synthetic 0 km	
		Please define the system I		🥚 Meteo database
				O Project settings
ystem Variant (calc	ulation version)			
Variant n°	NOD : New simulation variant			• H * × • •
Variant n'	VC0 : New simulation variant	Simulation	Results overview	• H * × • • •
Variant n* Input parameters Mendaloxy	NCD : New simulation variant	Simulation	Results overview System kind Und	elined (no 3D scene defined)
Variant n* Input parameters Mandatoy * Discription	VCD : New timulation variant Optional Bit Horizon	Simulation	Results averview System kind Und System Production	elined (no 3D score defined)
Variant n [*] Input parameters Mendalogy	NCD : New insulation variant Optional Optional Horizon New Shadings	Simulation	Results overview System kind Une System Production Specie production Specie production	Hit * X + + defined (no 30 scene defined) 0.00 Kwhyly 0.00 Kwhyly
Variant n°	VCD New simulation varient Optional	Simulation	Results overview System kind Und System Production Spectics production Performance Ratio Normakized perduction	Elimid (no 30 scene defined) 0.00 KWh/sr 0.00 KWh/sr 0.00 0.00 KWh/sr
Variant n° Input pasameters Mandatos *	VCO : New instation varient Uptons Uptons Horizon Horizon Horizon Horizon Converte end	Simulation Simulation Simulation Report	Results overview System kind Unit System Production Specific production Potamorice Ratio Normabed parduction Antipylosis System losses	Hit * 20 + - Identical (no 30 scene defined) 0.00 kWhyr 0.00 kW
Variant n' Input pasameters Mendaloy * Orientation Collabel System Collabel System Self-consumption	VCO New Instation valent Optional	Simulation Simulation Simulation Report Ministry	Results averview System kind Und System Production Specific production Pediaronace II ato Nonakade production Anay losses System losses	H A
Verent n' Inpot pasameters Mandatoy * Orientation Central dense Central dense Central dense	VCD New Haddon velant	Standation Standation	Results averview System Nind Und System Production Spenic production Potenmance Partia Normalised particulation Analysis System Isoane	High P 20 + + billined (no 30 scores defined) 0.00 Skitch/Majos 0.00 Skitch/Majos 0.00 Skitch/Majos 0.00 Skitch/Majos 0.00 Skitch/Majos 0.00 Skitch/Majos

Sekil 4.12. Grid Connected bölümü ana sayfası

Şekil 4.13.'de 1.kısım olarak belirtilen 'Global System configuration' bölümünde; kaç adet PV sisteminin birbirine bağlanacağı belirtilir. PV syst programı en fazla 5 adet PV sisteminin birbirine bağlanmasına izin verir. Şekil 4.13.'de 2.kısım olarak belirtilen 'Presizing Help' bölümünde; PV sisteminin planlanan toplam güç miktarı girilerek toplam gerekli alan bilgisi görülür veya PV sisteminin kurulacağı toplam alan girilerek, elde edilebilecek toplam güç bilgisi görülür. Şekil 4.13.'de 3.kısım olarak belirtilen 'Select the PV module' bölümünde; PV sisteminde kullanılan güneş paneli

seçilir. Şekil 4.13.'de 4.kısım olarak belirtilen 'Select the Inverter' bölümünde; PV sisteminde kullanılan inverter seçilir.

Grid system definition, Variant "New simulati	on variant"					- 0	×
Global System configuration 1 + Number of kinds of sub-arrays 1.k1SI ? 2	im	Global sys Nb. of modu Module area Nb. of invert	tem summary les ers	ex ex m² ex	Nominal PV Powe Maximum PV Pow Nominal AC Powe	r xx k er xx k r xx k	(Wp (Wd (Wa
PV Array				2.kısım			
Sub-array name and Orientation Name PV Array Orient. Fixed Tilted Plane	Tilt 30* Azimuth 0*	Presizing I C No sizing ?	Help ; E or ava	nter planned pow lable area(module	er C 0.0 s) C 0	kWp m²	
Select the PV module Available Now	3.kis	ım					
Generic Sizing volte Generic	iges Vinop (60°C) Voc (40°C	0 V 0 V				• _ 換 op	en)
Select the inverter Available Now	4.kis	ım				I▼ 50 H I▼ 60 H	z z
Generic ▼ Number of inverters 1 ↓ IV Oper □ Use multi-MPP'6' Secondary ised Imput	ating Voltage: maximum voltage:	300-600 \ 0 \	Global I	nverter's power	0 kWac	• <u></u> 资 📭	sn
Design the array Number of modules and strings should be Mod. in seties Image: the seties Image: the seties	2 2 Vn Vn Vn Vn Vn	perating condition hpp hpp ic	ns 0 V 0 V 0 V	Please	define the desired p area ! !	oower or available	
Nbre strings 1 5.kistm Overload loss 0.% Promiratio 1.0 16 Show string	Plar ? Imp	ne inadiance P	1000 W/m² 0 A 0 A	Max. opera (at max	Max in data eting power : irrad and 50°C)	© STC 0 kW	
Nb. modules 0 Area 0 m	lise I	(at STC)		Array nor	m. Power (STC)	0 kWp	
😰 System overview				🗙 Cancel		🗸 ок	

Şekil 4.13. System ana ekran görüntüsü

Şekil 4.13.'de 5.kısım olarak belirtilen 'Desing the array' bölümünde; PV sisteminde seri ve paralel güneş paneli sayıları belirtilir. PVsyst programı seçimi yapılan inverter ve güneş paneline göre, Şekil 4.14.'de kırmızı ile belirtildiği gibi en fazla ve en az seri ve paralel güneş paneli sayısı aralığının belirtir.

esign the array Number of mod	lules and	strings	?
Mod. in series 1	i ÷ r	between 14 and 19	
Nbre strings 6	F	between 5 and 6	
Overload loss Pnom ratio	0.0 %	压 Show sizing	?
Nb. modules	108	Area 176 m²	

Şekil 4.14. Seri ve paralel panel sayısı seçimi

PV sistemine ait yukarıda belirtilen bütün veriler programa tanıtılır ve Şekil 4.13.'te 'ok' butonuna tıklanarak, Şekil 4.15.a.'da verilen program ana ekranına dönülür.

4.2.5. Kayıplar bölümü

				- 🗆 ×	🙁 PV field detaile	d losses paramete	er			-		
oct Site Variant												
oject's designation												
Fie name L	.obit_Project.PRJ	Project's name New Proj	ect.	Q * H * 0	1	2	3	4	5	6	7	_
Ste File	.ebt_PV5I5_SAF_1998 to 2011.SIT	PVGIS DM SAF, satelite 1998-3	1011 Tukey	Q 📂	Thermal parameter	Ohmic Losses 1	Module quality - LID - Mism	atch Soiling Loss	IAM Losses A	uxiliaries	Ageing	I.
Meteo File	HU_PVGIS_SAF_SYN.MET	PVGIS CM SAF, satelike 1998.2	011 Synthetic 0 km	2 0 0								-
		Ready for simulation		Meteo database		You can define	either the Field thermal Lo: the program gives	ss factor or the standa the equivalence !	ard NOCT coeffi	cient		
				O Project settings	Field Therma	I Loss Factor		NOCT equiv	alent factor			
ster Variant Icalcul	ation version)				Thermal Loss f	anter II	llo + llu = Mind uni	NOCT ALM	O continue Call			
Variant n°	/CO : New sinulation variant			. ∺ * × •• 0	Constant loss f	actor Uc 2	10.0 W/m²k ?	often specified itself. This is an U-value definiti	by manufacturer alternative infor on which doesn'	mation to I make ser	nodule the nse wher	
Input parameters Mandators	Datroot.	Simulation	Results overview		wind loss racio	10 V	LU W/M*K / M/S	applied to the c	perating array.			
· Crientation	Harry		System kind Undella	ned (no 3D scene defined)	Default val	ue acc. to moun	ting					
		Simulation	System Production	0.00 kwh/sr 0.00 kwh/sr/w/w/w	E "Essa" au	in and an and data with	h air aireadation	Don"t use th	e NOCT appr	oach. Th	nis is	l
System .	Near Shadings		Performance Ratio	0.00	Free ma	ounted modules with	n all circulation	quite confus	ing when app	lied to an	a array	ſ
Defailed losses	O Madule layout	C Simulation	Normalized production	0.00 EWH/Wp/day	integratio	grated with all duct	d back	100 Ca	a the NOCT and		0	l
T Sel-consumption	O Economic and	🛄 Report	System locces	0.00 kwh/kwp/day	1 megrado	n with fully insulated	JOACK	py se	e the NUL1 any	way	1 1	1
	Miscelaneous tools	March										
						E	E Losses graph	¥ Cancel	1		ок	Ì

Şekil 4.15. a) Detailed losses seçim ekran görüntüsü b) Detailed losses bölümü ekran görüntüsü

Şekil 4.15.a.'da verilen program ana ekranından kırmızı ile belirtilmiş olan 'Detailed losses' butonuna tıklanarak, Şekil 4.15.b.'ye geçiş yapılır. Şekil 4.15.b.'de 'Thermal Parametres' sekmesi, PV sisteminde termal şartlardan kaynaklanan kayıpları ifade eder. PVsyst programı termal şartlardan kaynaklanan kayıplar Şekil 4.15.b.'de 'Field Termal Loss Factor' bölümünde verilen denklem ile hesaplanabileceği gibi, 'See the NOCT anyway' butonuna tıklanarak, güneş paneli kataloğunda belirtilen NOCT değerini girerek de hesaplanabilir. Şekil 4.15.b.'de 'Ohmic losses' sekmesi, PV sistemindeki omik kayıpların belirtildiği bölümdür. Şekil 4.16.'da görülen Ohmic losses bölümü; 'DC Circuit', 'AC Circuit' ve 'External Transformer' olarak üç kısımda incelenir.

DC circuit: obmic losses	for the array		e rom cosses compres ci	peng i c
Global wiring resistance or in loss fraction at Voltage Drop across series d	STC 27.52 m 1.50 %	iOhm (≕ Calculated I I I Default I Default	Detailed computation P	3
C circuit: inverter to injection	point counted for	External transfe	rmor former present	defa
ength Invester to injection 0.0 Loss fraction at STC 0.00	m 🗾 💌	lion loss (cor Resistive/inds	ustant value) 0.00 % 0.00 Intrive losses 0.00 % at STC	iwr I
Voltage drop at STC 5.2 V	?	(quadra)	ic. $B^{+}P$, $B = 0.0 \text{ mOhm}$	2

Şekil 4.16. Ohmic losses bölümü ekran görüntüsü

Şekil 4.16.'da 1. kısım, doğru gerilim kaybının belirtildiği bölümdür. PVsyst programı default olarak %1,5'lik doğru gerilim kaybını öngörmektedir. Ayrıntılı olarak hesap

yapılması istenirse Şekil 4.16.'da 'Detailed computation' sekmesi seçilir ve Şekil 4.17.a.'da verilen pencereye geçiş yapılır. Şekil 4.17.a.'da kırmızı ile işaretlenmiş olan 'wiring layout' bölümü dizilerin, paralel ve paralel bağlı grup olduğunun belirtildiği bölümdür. Default olarak paralel bağlı seçeneği seçilidir. Şekil 4.17.b.'de verilen 'group of parallel string' seçeneği seçilerek kırmızı ile işaretlenmiş olan 'wiring layout' bölümünden paralel bağlı grup sayısı belirtilir.



Şekil 4.17.a.'da kırmızı ile belirtilen 'Schema.' butonuna tıklandığında, PV sistemine ait şematik görüntüsü olan Şekil 4.18.a ve Şekil 4.18.b elde edilir.



Şekil 4.18. a)Şematik görünü elde etme yolu b)Kablolama şematik görünümü

Şekil 4.16.'da 2. kısım, alternatif gerilim kaybının belirtildiği bölümdür. Alternatif gerilim kaybın hesaplanması için, Şekil 4.19.a.'da kırmızı ile belirtilen boşluğa inverter ile elektrik sayacının bağlantı noktası arasındaki mesafe girilir ve kablo kesiti seçilir.



Şekil 4.19. a) AC circuit bölümü ekran görüntüsü b) External transformer ekran görüntüsü

Şekil 4.16.'da 3. kısım olan 'External Transformer', harici transformatör kullanıldığında, transformatörden kaynaklanan demir ve bakır kayıplarının girildiği bölümdür. Şekil 4.19.b.'de görüldüğü gibi PVsyst programı default olarak demir kaybını %0.1, bakır kaybını ise %1 olarak almaktadır. Ayrıca, 'Night disconnect' seçeneği yardımıyla PV sisteminin üretimde olmadığı gece saatlerinde devre dışı bırakılarak şebekeden enerji çekimi engellenebilir.



Şekil 4.20. Module quality - LID - Mismatch ekran görüntüsü

Şekil 4.15.b.'de 'Module quality – LID – Mismatch' sekmesi seçilerek Şekil 4.20.'ye geçiş yapılır. Şekil 4.20.'de 1. kısım olarak belirtilen 'Module quality' bölümünde panel kalitesinden kaynaklanan kayıp miktarı boşluğa girilir. PVsyst programı default olarak %1.3 'lük bir kaybı öngörmektedir. Şekil 4.20.'de 2. kısım olarak belirtilen 'Modules mismatch losses' bölümünde paneller arası uyumsuzluk kayıplarının değeri girilir. PVsyst programı default olarak %1'lik bir kaybı öngörmektedir. Şekil 4.20.'de 3. kısım olarak belirtilen 'Light Induced Degradation' bölümünde kristal özellikli panellerin günün ilk saatlerindeki ilk ışıma aldıklarında meydana gelen kayıpların değeri girilir. PVsyst programı default olarak %2'lik bir kaybı öngörmektedir Şekil 4.20.'de 4. kısım olarak belirtilen 'Strings voltage mismatch' bölümünde stringler

arası gerilim uyumsuzluk kayıplarının değeri girilir. PVsyst programı default olarak %1'lik bir kaybı öngörmektedir.

Şekil 4.15.b.'de 'Soiling Loss' sekmesi seçilerek PV sisteminin tozlanma kaybı girilir. Şekil 4.21.a.'da görüldüğü üzere PVsyst programı default olarak yıllık %3'lük bir kaybı öngörmektedir. Şekil 4.21.b.'de 'Define monthly values' seçeneği seçilerek, tozlanma kaybı değeri, aylık olarak ayrı ayrı da girilebilir.



Şekil 4.21. a) Tozlanma kaybı default değeri b) Tozlanma kaybının aylara göre ayarlanması

Şekil 4.15.b.'de 'IAM Losses' sekmesi seçilerek PV sisteminin yansıma kaybı girilir. Şekil 4.22.a.'da 'Uses definition of the PV module' seçeneği default olarak seçilidir. Eğer yansıma kaybı ayrıntılı olarak belirtilmek istenirse 'Detailed study' butonuna tıklanır ve Şekil 4.22.b.'ye geçilir. Şekil 4.22.b.'de 'ASHRAE Model', 'Frensel, normal glass', 'Frensel, Glass with AF', 'Sandia model' veya 'User defined profile' seçeneklerinden biri seçilir.



Şekil 4.22. a) IAM losses ekran görüntüsü b) a) IAM losses detailed study ekran görüntüsü

Şekil 4.15.b.'de 'Auxiliaries energy losses' sekmesi seçilerek PV sisteminin harici ekipmanlardan (fan, klima, bilgisayar, aydınlatma armatürü vb.) kaynaklanan kayıplar girilir. Şekil 4.23.'de 'Auxiliaries consumption defined' seçeneği seçilerek, harcadığı güç miktarı belirtilir.

hermal managemeter]	Obnic Lorent Modula gunlin - LID - Minnatch S	olina Lorr	1 IAM Losses	luxilaries	المتعتما	141
rennai paramoren j	ounie resses l'incone dannà . Do . Inisingien l'a	owny coso	T NUL DESES		[reserve [
	Auxiliaries energy losses					
	Audiaries contumption defined	~				
	Continuous auxiliary loss (fans, etc)	0	W			
	from inverter output power threshold	0.0	16w			
	Proportionnal to the investor output power	0	W / kW			
	from invester output power threshold	0.0	- KW/			
	Night loss (excluding inverter night loss)	0	W			
	The auxiliary energy may be fans, air con- electronics, lighting, or any other energy whi the energy sold to th	litioning, m ch should l e grid	onitoring or other se substracted fro	m		
	Ex Louise meth	¥ Canc	~		с ок	

Şekil 4.23. Auxiliaries energy losses ekran görüntüsü

Şekil 4.15.b.'de 'Ageing' sekmesi seçilerek PV sistemini oluşturan güneş panellerinin yaşlanmadan kaynaklı kayıp girilir. Şekil 4.24.a.'da 'Uses in simulation' bölümünde 'Uses degradation in the simulation' sekmesi seçilerek kullanılan güneş paneli yaşı girilir. 'Model' bölümünde ise güneş paneli yaşlılık parametreleri girilir. Şekil 4.24.b.'de 'Module Warranty' sekmesi seçilerek güneş paneli üreticisi tarafından verilen garanti parametreleri girilir.



Şekil 4.24. a) Ageing ekran görüntüsü-1 b) Ageing ekran görüntüsü-2

Şekil 4.15.b.'de 'Unavailability' sekmesi seçilerek PV sistemininde arıza ve bakım sebebiyle üretimin durmasından kaynaklanan kayıpları belirtilir. Şekil 4.25.a.'da 'Unavailability of the system' bölümünden PV sisteminin çalışmadığı süre ve

periyotları girilir. Şekil 4.25.b.'de PVsyst programı default olarak bu kayıpları da belirtir.

	E Losses graph	X Cancel	🗸 ОК	Í	E Losses g	aph 🗶 Cancel	✓ ок
nic Losses Module qu Unavailability of the Unavailability time fr Unavailability d Number of p	skiy-LD - Manuch Soling Loss system dolaut action 00 % seriods 0 4 Set Random ? Set Random ?	IAM Losses Auxiliaries Ageing - Unavailability periods - Beginning Date / Hour	[Unavailability:]		Ofenic Losses Module quelty - LID - Manatch Unevealibility of the system	Salag Loss MA Losse Audiane duat Groups 12/10/1980 = [12/10/1980 =	Ageng Unavailability de ut duration 300-3: [58 hour 500-3: [58 hour 500-3: [58 hour 59 hour

Şekil 4.25. a) Unavailability ekran görüntüsü b) Unavailability set random ekran görüntüsü

4.2.6. Horizon (ufuk çizgisi)

Şekil 4.26.a.'da verilen program ana sayfasında 'Horizon'[39] butonuna tıklanır ve Şekil 4.26.b.'ye geçilir. Şekil 4.26.b.'de kırmızı ile belirtilen 'Read/Import' butonuna tıklanarak, Şekil 4.27.a.'ya geçilir.



Şekil 4.26 a) Horizon bölümüne giriş ekran görüntüsü b) Horizon dosyasının aktarılması-1

Şekil 4.27.a.'da 'Horizon profile form...' bölümünde belirtilen 'PVsyst internal file', 'Canaval Software', 'Solmetric SunEye', 'Horiz'on Software' ve 'Meteonorm Software' seçeneklerden biri seçilir. Şekil 4.27.a.'daki 'Choose' butonuna tıklanır ve daha önceden hazırlanan horizon dosyası seçilir. Ardından, 'ok' butonuna tıklanarak Şekil 4.27.b.'de verilen ekran elde edilir.



Şekil 4.27. a) Horizon dosyası ekleme seçenekleri seçim ekranı b) Horizon dosyası eklenmiş ekran görüntüsü

4.2.7. Near shading (gölgeleme)

Şekil 4.28.'de kırmızı ile belirtilmiş olan 'Near Shanding' butonuna tıklanarak Şekil 4.29.a.'da verilen ekran görüntüsüne geçilir. Şekil 4.29.a.'da PVsyst programı, PV sistemi üzerinde herhangi bir gölgeleme olmadığını kabul eder. Default değeri 'No Shading' seçeneğidir.

Project: Lebit_Project.PK	1			- 🗆 X
Project Site Variant				
Project's designation	r.			
File name	Lobit_Project.PRJ	Project's name New Project	t	Q * H * 0
Ste File	Lebit_PVSIS_SAF_1998 to 2011.SIT	PV515 CM SAF, satelite 1998-20	11 Tukey	QD
Meteo File	oldu_PVGIS_SAF_SYN.MET	PVGIS CM SAF, satelike 1998-20	11 Synthetic 0 km 💌	0
		Ready for simulation		🥚 Meleo database
				O Project settings
System Variant (calo	ulation version)			
Variant n*	VC0 New simulation variant			H+ × - 0
Input parameters	Datased	Simulation	Results overview	
Input parameters Mandatory	Optional	Simulation	Results overview System kind Undefined	(no 3D scene defined)
Input parameters Mandalogy	Optional Heatzon	Simulation	Results overview System kind Undefined System Production Specific production	(no 3D scene defined) 0.00 kWh/yr 0.00 kWh/Wa/ye
Input pasameters Mandatoy * @ Divertation @ System	Optional Histopi New Shadings	Simulation	Results averview System kind Undefined System Production Specific production Performance Retio Netwided and who	(no 3D scene defined) 0.00 kwłyty 0.00 kwłytwycy 0.00 kwłytwycy
Input parameters Mandatoy	Optionst Harizon Near Shadings Michael layout	Simulation Simulation Simulation	Results averview System kind Undelined System Production Specific production Performance Retip Normalized production Amp losses	(no 30 scene defined) 0.00 kwhór 0.00 kwhówcyc 0.00 kwhówcyca 0.00 kwhówcyca
Input parameters Mandatoy * Chientation System Detailed losses Fish-consumption	Optonst Harbon Harbon Here Shadrage Mystale legood Economic evel	Simulation Simulation Simulation Simulation Simulation Report	Results overview System kind Undefined System Production Specific production Potomance Ratio Normalated production Artig losse System losses	(no 3D scene defined) 0.00 kWh/kr 0.00 kWh/k/wp/sy 0.00 sWh/k/wp/day 0.00 kWh/k/wp/day 0.00 kWh/k/wp/day
Input parameters Mendology	Optionst Horacoe Ho	Simulation Simulation	Results avervises System kind Undefined System Production Proformation Ratio Normalised production Array bases System laceas	(no 3D scene defined) 0.00 XMH/Ar 0.00 XMH/Ar/by/s 0.00 XMH/Ar/by/day 0.00 XMH/Ar/by/day 0.00 XMH/Ar/by/day
Input parameters Mendorov	Cotonal Cas	Simulation Simulation	Results eventien System kind Undelland Spetie production Performance Ratio Romalistic production Anny Jose System lobos	(no 3D scient defined) 0.00 3Mrb/r 0.00 3Mrb/r 0.00 3Mrb/My/sys 0.00 5Mrb/My/sys 0.00 5Mrb/My/sys 0.00 5Mrb/My/sys 0.00 5Mrb/My/sys

Şekil 4.28. Near Shadings giriş ekran görüntüsü

PV sisteminin etrafında gölge oluşturacak bir etken var ise veya panellerin birbirine gölge oluşturup oluşturmayacağı bilinmek istenirse, Şekil 4.29.a.'da 'Construction/Perspective' butonuna tıklanır ve Şekil 4.29.b.'de verilen 3D boyutlu çizim paneline geçilerek PV sisteminin 3D boyutlu çizimi yapılır.



Şekil 4.29. a) Gölgeleme olmadığına dair ekran görüntüsü b)3D boyutlu çizim

4.2.8. Economic evaluation

Şekil 4.30.'da kırmızı ile belirtilen 'Economic Evaluation' butonuna tıklanarak, Şekil 4.31.a.'da verilen ekran görüntüsüne geçilir. Şekil 4.31.a.'da 'Investment' bölümünde, PV sisteminin kurulum maliyet hesabı yapılırken ve 'Carbon Balance' sekmesi seçilerek, Şekil 4.31.b.'de karbon salınımı hesabı yapılır.

Project Site Variant	acking.PRJ			- 0 ×
Project's designation				
Flenane	_DEMO_Sevills_Tracking.PflJ	Project's name DEMD has	Ring project al Sevilla	Q+H×IQ
Site File	Sevila	MeteoNom 6.1 station	Spain	
Meteo File	Sovila MNELMET	Metronom 6.1	Swithetic Olive	1 50
		Ready for simulation		Meteo database
				C Prestallers
System Variant (calcu	otion version)			
oyotom ranam (caree	anon voroiony			
Variant n°	VDD : Fixed orientation, 4 sheds, pitch 6	in, Im. angle 21.3'		. Ĥ * × ⊷ 0
Variant n° (VCO : Fixed orientation, 4 sheds, pitch G	in, Im. angle 21.3" Simulation	Results overview	. Ĥ*×+· 0
Variant n° Input parameters Mandatory	VDD : Fixed overtation, 4 sheds, pitch G Optional	in, In. angle 21.3' Simulation	Results overview System kind	Sheds, single array
Valent n° Input parameters Mandatoy * @ Crientation	VD0 : Fixed orientation, 4 sheds, pitch 6 Optional W Hoston	in, im, angle 21.3° Simulation	Results overview System lind System Production	Sheds, single array
Valent n° Input parameters Mindator * @ Crematon @ Sjuttm	VDO : Fixed orientation, 4 sheds, pitch 6	in, im, ande 21.3" Simulation Run Simulation	Results overview System kind System Production Specific production Entimation	Alt * × + + O Sheds, single array 44.7 Mikhdy 1854 Mikhdydy 1854 Mikhdydyi 8.929
Valant n° Input parameters Mandacey * @ Clematon @ Sjotm @ Docalet lesser	 Freed orientation, 4 sheets, pitch 6 Optional Heation Heation Heat Sheetings Angular leyout 	in, im, ande 21.2° Simulation Rum Simulation	Results overview System kind System Production Spacial production Parlomater of production Kinomitand production	A + + + Sheds, single anay Sheds, single anay 44.7 MoNdy 1854 (solvAs)(s) 0.029 4.53 (solvAs)(s) 9.2 (solvAs)(s) 9.2
Vaiert n° Input parameters Mindatory © Criencalos © Sjotron © Decklet lesses © Set consumption	VCD : Fired orientation, 4 sheds, pitch 6 Optimust Optimu	in. Im. ande 21.2" Simulation Run Simulation Simulation Bepat	Results overview System Ind System Production Seatile production Performance Ratio Homilated production Array (sease System losses	A A
Variert n° Input parameters Mindatop * © Clenados © System © Decide fissee * Gef consumption	200 :Fired overration, 4 sheds, plot 6 Optional Photons	in lin orde 21.7 Simulation Ran Simulation Simulation Report Peter Detailed reads	Results overview System Production Spaties Production Performance Brain Hormaland productors Amy Example System losses	A A
Variert n° Input parameteri Mindatop * © Clenados © System © Decider lease * Gef consumption	 Find oversion. 6 theb. pb.h C Optimut Hatan Hatan Here Shadrap Waldrington Economic and Macolimova bade 	in In work 21.7 Simulation P Ran Simulation Simulation Simulation Simulation M Report M Detector modes	Results overview System Inol System Pockation System Conductorn Performance Data Konstand Statutor Anay Lease System Lates	A + + + A

Şekil 4.30. Economic Evaluation seçim ekran görüntüsü

Cattor Destruct	Lances VK			1	• 54KB		A 2.
Carbon Balance	Careed A DK			Remove Definitions	X Cancel		✓ gk
Total yearly cost 0 C / yr Energy cost	0.00 C/kwh	Cabling Chile	9	293 gCD2/All/h	203.		/113
Bunning Coste, Maintenance, insu: 0 € / yr Yearly cost	0 €/year	Inverters Scolo	2 P	387 gCD280/h	285	364 to	ne
Annuitios 0 € / yr Produced Energy	44.7 MWh/year	Supports Spain	• P	287 gCO2/kWh			
Not invostment 0 C Energy cost		PV Cells Chine	• •	793 gCD2/kWh	Saved C	O2 Emis	ssions:
Subsidies - 0 E		Item Country	of Origin Use Co	untry factor			
Taxes 15.00 % 0.€ Ann larter 8.02 %	nan Ar 🚳 Bates	Grey Energy Conversion Pactor	rs		Sun	48.31	t C02
Financing Bate 50	2 Europa · EU	Other			0 kgc02	0	kg CO2
Gross investment, (excl. taxes) 0 C Duration 20	Years	Clismenting	0. 🖓 modules 🕑		• F kgC02/ncdules		kg cda
Substrution underworth _ U E	Currence	Maintenance	o IA hear -		● IF kgC02/rear		kg CO2
Others, miscelaneous. Details 0 €		Additional					
Settings, wring, 0 0		Cabling	0 17 kg -	18.70 🕅 kvihika	7.44 kgc02/kg	9	10,002
		Shverters	© I7 units →	🖾 🗠 🗠 🖾 🗠 Kath Kirita	190 hgCO2/anits		kg coz
Inverters 2 units of 12.0 kW 0 € 🔽 🔂		Concrete	0 101 -		177 🔽 kgC02/47	0	Ng CO2
Supports / Integration 0 €		Supports/Trackers	1080 🔽 lig 💌	6.67 🔽 kvih/kg	1.91 kgC02/kg	2067	kg CO2
PV modules 108 units of 250 Wp 0 C 🖓 📴		Balance of System (BoS)					
Investment		Transport 2	0 km _*		60 🔽 gC02/t/km		kg cinz
PV module : Poly 250 Wp 60 cells Inventer : 12 KW ac inventer		Transport 1	6 km -		35 🔽 gC02/km		ligCi02
PV Asray, Pnom = 27.0 kWp System: Grid-Connected System	C Bypiece C Bym ²	PV Modules	27 🔽 kilip 💌	2168.0 🔽 kWih,Kitip	1713 kgCO2/kWb	46243	ka CO2
Project DEMU tracking project at Sevilla Simulation Fixed operation 4 shedy pitch for im ande 21.3"	(● Global C By Wp	PV Hockies					
Project and Simulation variant	Values	Rem O	uantity Unit	Use Grey Energy	LCE	Total	
		Complete (Detailed System LCF	a				
Economic evaluation	- 🗆 X	Carbon Balance				100	\Box >

Şekil 4.31. a) PV sistem maliyet hesabı ekran görüntüsü b) Karbon salınım hesabı ekran görüntüsü

4.2.9. Miscellaneous tools

Şekil 4.32.a.'da kırmızı ile belirtilen 'Miscellaneous tools' butonuna tıklanarak, Şekil 4.32.b.'de verilen ekran görüntüsüne geçilir. Şekil 4.32.b.'de 'Inverter temperature' sekmesi seçilerek, inverter sıcaklık değeri, 'Power factor' sekmesi seçilerek, PV sisteminin güç faktörü değeri, 'Grid power limitation' sekmesi seçilerek de PV sisteminin varsa güç sınırlaması değeri girilir.

Project's duringation					Invester temperature non-selecture not some technical non-non-selecture
Pikraan D She File (Sed Kolae File (See	EMO Sevella Tracking PRJ ile 44_MNGLREF	Propositionare (DEMO na: (News)Nam 6 1 ctalion Historican 81 Ready for nimulation	knypogiatatSodia Sodin Sydhelia Okm <u>*</u>	C, + H, x 0 C, m P 0 Menodation	Comparison of the second process of the
System Variant (culculati Valentin' NCC Input parameters Resistory	ion version) : Field orenissen, 4 ihods, prof Optimel	611, in engle21.7 Simulatun	Ecolis overview	A topological	C External architer temperature with shift (outdoo) Temperature measure C Fixed Temperature (indoo) Base temperature 25.0 ℃
 Operator System 	Hetzon New Studiege	Bue Simulation	System Production Specific production Performance Parto	44.7 Michaly 1054 Michaly/Sys 8 R78	Increase, acc. to Globhro 25.0 10.0 W/sP
Dotellacitocos	O Moduk (avu)	O Smuleton	Nanskedpecketien	4.53 Extensional 0.02 Extension	
C Selectrumpion	Carnenis e-al	I Bepart	Systemilianes	0.11 Ex6.500(2.40)	
	Mapelaneous fock	Detailed results			
D Satura marcan				di Fat	X Cancel V OK

Şekil 4.32. a) Miscellaneous tools seçimi ekran görüntüsü b) Miscellaneous tools bölümü ekran görüntüsü

4.2.10. Simulation bölümü

Şekil 4.33.a.'da kırmızı ile belirtilen 'Simulation' butonuna tıklanarak, simülasyon işlemi başlatılır ve Şekil 4.33.b.'de verilen ekran görüntüsüne geçilir. Simülasyon tamamlandıktan sonra Şekil 4.33.b.'de 'ok' butonuna tıklanarak, Şekil 4.34.a.'ya geçilir.

Project: Lebit_Project.PRJ roject: Site: Variant				- 🗆 X	6	Hourly Sin	nulation Progress				-	۵
Project's designation Filenane Lebit, Proj Sie File Lebit, Proj Maleo File Lebit, Prost	ijot.PRJ 15_54F_1900 to 2011 SIT 15_54F_57RIMET	Popetri name New Popet PVGIS CM SAF, satellite 1990-2011 PVGIS CM SAF, satellite 1990-2011 Ready for simulation	Tuhay Synthelic Oliza	Q + H X Q Q = Metro dalabate		[Status	Simulation	ended sucessfully		Divelue	5
Valiet n° VCO : N	ersion) Iew sindation vasiant	Simulation	Benultz overview	Ĥ * × ⊷ 0		Diffuse Albedo	IAM 0.039 0.096	Shading 0.077 0.633	IAM"Shading 0.110 0.670		⊂ HourlyV	alue ues Vali
Orientation Orientation Orientation Orientation Orientation Orientation Orientation Orientation Orientation	Hoteon New Shadings Module lapout Economic eval.	Run Simulation Advanced Simul Separt	System kind Undefin System Production Specific production Performance Ratio Normalised production Arag lasses System losses	ed (no 30 scene defined) 0.00 Min/v/yr 0.00 koltriw/v/p/s 0.00 koltriw/v/p/day 0.00 koltriw/v/p/day 0.00 koltriw/v/p/day	D M	isplay dai eteo: Glob n coll: Glob	ly values al, Diffuse, Tamb al, Diffuse, Glob. eff.	Simulation 3 2.88, 0.51k ³ 5.03, 0.70,	1/12/90 Wh/m².day, -0.2°C, 0. 0.03, 4.44 kWh/m².da	Om/s	<u>₹</u>	tep <u>C</u> o
System overview	Misodianeous Itali	ing Detailed results		di ta	si Li	pstem : EMa pad : ELoar Automatic	ax, Elver, Elose d, Elosed, Elover cally close when simula	Unlimited , 0 unlimited suci	on aak whi/day .0, 0.0 kWh/day cessfully			/
		a)							b)			

Şekil 4.33. a) Simulation girişi ekran görüntüsü b) Simülasyon ekran görüntüsü

Şekil 4.34.a.'da kırmızı ile belirtilen 'Report' butonuna tıklandığında Şekil 4.34.b.'de verilen rapor dosyasına ulaşılır. Eğer sonuçlar detaylı olarak incelenmek istenirse, 'Detailed results' butonuna tıklanarak, Şekil 4.35.'e geçilir.



Şekil 4.34.a) Simülasyon verilerinin elde edilmesi için giriş ekran görüntüsü b) Sonuçlara ait rapor dosyası ekran görüntüsü

Şekil 4.35.'te kırmızı ile belirtilen 'Detailed results' bölümünde; 'Report' butonuna tıklanarak rapor dosyasına, 'Tables' butonuna tıklanarak sonuçlara ait tablolara, 'Predef. Graphs' butonuna tıklanarak sonuçlara ait grafiklere, 'Hourly Graphs' butonuna tıklanarak sonuçlara ait saatlik grafiklere, 'Economic evaluation' butonuna tıklanarak ise PV sisteminin maliyet hesabına ulaşılır.



Şekil 4.35. Detailed results ekran görüntüsü

4.3. Databases (veri tabanları)

'Databases' bölümü, PV sistemlerinin tasarımı yapılacağı bölgeye ait meteorolojik verilerin ve PV sistemlerinde kullanılan ekipmanlara ait bilgilerin olduğu ya da eklenebildiği bölümdür. Şekil 4.36.a.'da kırmızı ile belirtilmiş olan 'Databases' butonuna tıklanarak, Şekil 4.36.b.'de verilen ekran görüntüsüne geçilir.



Şekil 4.36. a) Databases bölümüne giriş ekran görüntüsü b) Databases bölümü ekran görünümü

4.3.1. Meteo databases

'Meteo database' bölümünde; 'Geographical sites' alt bölümü PV sisteminin kurulumu yapılacak olan yere ait bilgilere ulaşmayı, 'Synthetic hourly data generation' alt bölümü saatlik meteorolojik veriler üretilmesini, 'Meteo Tables and Graphs' alt bölümü saatlik, günlük veya aylık meteorolojik verilere ait tablo ve grafiklere ulaşmayı, 'Compare Meteo Data' alt bölümü meteorolojik verilerin hızlıca karşılaştırılmasını, 'Import meteo data' bölümü harici web sitelerinden elde edilen meteorolojik verilerin aktarılmasını, 'Import ASCII meteo files' bölümü ASCII meteorolojik dosyalarının aktarılması sağlar.

4.3.1.1. PV sisteminin kurulacağı yerin seçimi ve meteorolojik verilerin elde edilmesi

4.3.1.1.1. PVsyst programında kayıtlı bir yerin seçimi

PV sisteminin kurulacağı yere ait yer ve meteorolojik bilgiler PVsyst programında kayıtlı ise; Şekil 4.36.b.'de 'Meteo database' bölümünde, 'Geographical sites' butonuna tıklanır. Şekil 4.37.a.'da verilen ekrandan yer seçilir seçilir ve open butonu tıklanarak, Şekil 4.37.b.'ye geçiş yapılır. Şekil 4.37.b.'de 'Geographical Coordinates' sekmesine tıklanarak seçilen bölgeye ait koordinat bilgisine, 'Monthly meteo' sekmesine tıklanarak seçilen bölgeye ait meteorolojik bilgilere ve 'Interactive Map' sekmesine tıklanarak seçilen bölgenin harita üzerinde görünüme ulaşılır.



Şekil 4.37. a) Databases ekran görüntüsü b) Yeni bölge seçimi ekran görüntüsü

4.3.1.1.2. PVsyst programında kayıtlı olmayan bir yerin seçimi

Eğer PV sisteminin kurulacağı yere ait yer ve meteorolojik bilgiler PVsyst programında kayıtlı değilse; Şekil 4.37.a.'da verilen ekran kırmızı ile işaretlenmiş olan 'New' butonuna tıklanır ve Şekil 4.38.b.'ye geçiş yapılır.



Şekil 4.38. a) Yeni yer seçimi b) Yeni yere ait koordinatların programa girilmesi

Şekil 4.38.b.'de kırmızı ile belirtilen boşluğa PV sisteminin kurulacağı yerin koordinat bilgileri girilir, 'Search' butonuna tıklanır ve Şekil 4.39.a.'da verilen ekran görüntüsüne geçiş yapılır. Koordinat bilgileri aktarımının sağlanması için Şekil 4.39.a.'da kırmızı ile belirtilen 'Import' butonuna tıklanır ve Şekil 4.39.b.'de verilen ekran görüntüsüne geçiş yapılır.



Şekil 4.39. a) Seçilen yerin bilgilerinin aktarılması b) Seçilen yere ait meteorolojik bilgilerin alınması

Şekil 4.39.b.'de kırmızı ile belirtilen ve 1 numara ile adlandırılan 'Location' bölümüne yer ismi yazılır ve Tab tuşuna basılır. Ardından, meteorolojik verilerin aktarımı için; 2 numara ile adlandırılan 'Meteo data Import' bölümünden "Meteonorm 7.1 veya NASA-SSE" seçeneklerinden biri seçilerek, 3 numara ile adlandırılan 'Import' butonuna tıklanır ve Şekil 4.40.a.'da verilen ekran görüntüsüne geçiş yapılır.

Geographic site parameters, new site	- X Save the geographical site file
ographical Coordinates Monthly melleo Interactive Map	Description
Sže Lebit Energi (Turkey) Delo source [Tencostan 7 (2002/2010]	Lebit Enerji;Turkey;Europe
Dickal Intel Diffuse Tengen. Vind Vel. Markovir zin Moharfan C n/s n/s Arrango 65 425 13 233 Relaxio 65 425 12 233 Markovir zin Moharfan 150 223 224 Arrango 150 172 220 Arrango 183 864 225 232 Arrango 183 864 225 232 Arrango 183 864 225 232 Arrango 183 864 225 233 Processonic Arrango 183 864 225 233 Processonic Processonic Arrango 163 164 23 120 120 Processonic Processonic Processonic Processonic Processonic Processonic Processonic Processonic Processonic Processonic Processonic Processonic Processonic Processonic Processonic Proces	Jata File name Lebit Energi_MN71 Directory C.VUsers/Namid/PVsyst680_Data/Sites Idebit Pr/GIS SAF 1998 to 2011.SIT Image: Cancel Idebit Pr/GIS SAF 1998 to 2011.SIT Image: Cancel Image: Cancel Image: Cancel Image: Cancel Image: Cancel Image: Cancel Image: Cancel Image: Cancel Image: Cancel Image: Cancel Image: Cancel Image: Cancel Image: Cancel
)	1)

Şekil 4.40. a) Seçilen yerin bilgilerinin kaydedilmesi-1 b) Seçilen yerin bilgilerinin kaydedilmesi-2

Şekil 4.40.a.'da 'Ok' butonuna tıklanır ve Şekil 4.40.b.'de verilen ekran görüntüsüne geçiş yapılır. Şekil 4.40.b.'de 'Save' butonuna tıklanarak bilgiler kaydedilir ve 'Component choice' bölümünde Şekil 4.41.'da gibi gözükür.



Şekil 4.41. Yeni yerin programda görünmesi

4.3.2. Component databases

'Components Databases' bölümünde; 'PV modules' alt bölümü güneş panellerine, 'Grid Inverter' alt bölümü şebekeye bağlı PV sistemlerinde kullanılacak olan inverterlere, 'Battaries' alt bölümü akülere, 'Controllers for stand alone' alt bölümü şebekeye bağlı olmayan PV sisteminde kullanılacak olan şarj kontrollerine, 'Generators' alt bölümü jeneratörlere, 'Pumps' alt bölümü pompalara, 'Controllers of pumping' alt bölümü şebekeye bağlı olmayan pompayı besleyen PV sisteminde kullanılacak olan pompa kontrolörüne ait bilgilere ulaşmayı sağlar. 'Manafucturers and Retailers' alt bölümü ise PV sistemlerinde kullanılan bu ekipmanları üreten ve satan firmalara ait iletişim bilgilerine ulaşmayı sağlar.

4.3.2.1. PV sisteminde kullanılan güneş panelinin seçimi

4.3.2.1.1. PVsyst programında kayıtlı güneş panelinin seçimi

PV sisteminde kullanılacak olan güneş paneline ait bilgiler PVsyst programında kayıtlı ise; Şekil 4.42.a.'da 'Compnent database' bölümündeki, 'PV modules' butonuna tıklanır. Şekil 4.42.b.'de verilen ekrandan güneş paneli seçilir ve 'Open' butonu tıklanarak Şekil 4.43.'te güneş paneline ait verilere ulaşılır.



Şekil 4.42. a) PV modules seçim ekranı b) PV modül çeşitleri ekran görüntüsü

Şekil 4.43.'te 'Basic Data' sekmesine tıklandığında güneş paneline ait genel bilgilere, 'Sizes and Techneology' sekmesine tıklandığında güneş paneline ait boyut ve üretim teknolojisi bilgisine, 'Model parametres' sekmesine tıklandığında güneş panelini oluşturan, güneş hücrelerindeki seri ve paralel direnç ve sıcaklık, 'Commerical' sekmesine tıklandığında güneş panelinin üretici firma ve maliyet bilgisine, 'Graphs' sekmesine tıklandığında güneş paneline ait bilgilerin grafiklerine ulaşılır. 'Additional Data' sekmesine tıklandığında ise LID, IAM, I-V grafikleri gibi veriler eklenir.

asic data	Sizes and Technology Model parameters Additional Data Commercial G	Sraphs
Model	Mono 250 Wp 60 cells Bilacial Manufacturer Generic	
File name	Generic_Mono_250W_Bifacial P Data source Typical	
?	Driginal PVsyst database Prod. from 2015	
Nom. Pov (at STC)	wer 250.0 Wp Tol + 0.0 30 % Technology Simono	•
Manufact Referenc Short-circ	turer specifications or other Measurements te conditions: GRef 1000 W/m² TRef 25 rc.2 suit current Isc 8,630 A Open circuit Voc 37,40 V	Model summary Main parameters ? R shunt 300 ohm Rsh(G=0) 1200 ohm
Max Pow Temperat	wer Point Impp 8.140 A Vmpp 30.70 V ture coefficient mulco 4.3 mA/*C Nb cells 60 in series or mulco 0.050 %/*C Nb cells 60 in series	R serie model 0.29 ohm R serie msx. 0.31 ohm R serie apparent 0.45 ohm Model parameters
Operating Max Pow	nodel result tool g conditions G0.per 1000 + W/m² T0.per 25 + ℃ 2 er Point Propp 243.9 V 2 Current Imp 8.15 A 0 per dical Vice 37.4 V Stort-circuit current fice 8.63 A 0 per dical Vice 37.4 V	Gammo 0.913 IoFiol 0.02 nA mu//oc -140 mV/*C c muPMax fixed -0.45 /*C

Şekil 4.43. Güneş paneli bilgilerine ait ekran görüntüsü

4.3.2.1.2. PVsyst programında kayıtlı olmayan güneş panelinin oluşturulması

PV sisteminde kullanılacak olan güneş paneli PVsyst programında kayıtlı değilse veya yeni bir güneş paneli tasarımı yapıldı ise; Şekil 4.44.a.'da verilen pencerede, kırmızı ile işaretlenmiş olan 'New' butonuna tıklanır ve Şekil 4.44.b.'ye geçiş yapılır.



Şekil 4.44. a) Yeni panel tasarımı girişi ekran görüntüsü b) Yeni panel tasarımı bilgi girişi ekran görüntüsü

Şekil 4.44.b.'de güneş paneline ait bilgiler doldurulduktan sonra 'ok' butonuna tıklanır ve PVsyst programına eklenir.

4.3.2.2. PV sisteminde kullanılacak inverter seçimi

4.3.2.2.1. PVsyst programında kayıtlı inverter seçimi

PV sisteminde kullanılacak olan invertere ait bilgiler PVsyst programında kayıtlı ise; Şekil 4.45.a.'da 'Compnent database' bölümünde, 'Grid inverter' butonuna tıklanır. Şekil 4.45.b.'de verilen ekrandan inverter seçilir ve 'Open' butonu tıklanarak, Şekil 4.43.'te invertere ait verilere ulaşılır.



Şekil 4.45. a) İnverter seçim ekranı b) İnverter çeşitleri ekran görüntüsü

Şekil 4.46.'da 'Main parametres' sekmesine tıklandığında invertere ait genel bilgilere, 'Efficiency curve' sekmesine tıklandığında invertere ait verimlilik eğrilerine, 'Output parametres' sekmesine tıklandığında güç faktörü ve maksiumum AC güç bilgisine, 'Sizes and operation' sekmesine tıklandığında invertere ait boyut ve operasyon bilgisine, 'Commerical' sekmesine tıklandığında inverterin üretici firma ve maliyet bilgisine ulaşılır. 'Additional Parametres' sekmesine tıklandığında, MPPT, gece tüketim, diğer tüketim gibi veriler eklenir.



Şekil 4.46. İnverter bilgilerine ait ekran görüntüsü

4.3.2.2.2. PVsyst programında kayıtlı olmayan inverterin oluşturulması

PV sisteminde kullanılacak olan inverter PVsyst programında kayıtlı değilse veya yeni bir inverter tasarımı yapıldı ise; Şekil 4.47.a.'da verilen pencerede, kırmızı ile işaretlenmiş olan 'New' butonuna tıklanır ve Şekil 4.47.b.'ye geçiş yapılır.



Şekil 4.47. a) Yeni inverter tasarımı girişi ekran görüntüsü b) Yeni inverter tasarımı bilgi girişi ekran görüntüsü

Şekil 4.47.b.'de invertere ait bilgiler doldurulduktan sonra 'ok' butonuna tıklanır ve PVsyst programına eklenir.

4.4. Tools (araçlar)

'Tools' (araçlar) bölümü ise bir güneş santralinin davranışını hızlı bir şekilde tahmin etmek ve görselleştirmek için ek araçlar sunmaktadır. Ayrıca mevcut güneş santrallerinin ölçüm verilerinin simülasyona yakın bir karşılaştırma için alınmasına izin veren özel bir takım seti de içerir.



Şekil 4.48 PVsyst programı Tools sayfası görünümü

BÖLÜM 5.LEBİT ENERJİ GÜNEŞ SANTRALİNİN GENEL TANITIMI

5.1. Konum

Lebit Enerji güneş santrali Siirt ili Merkez İlçesine bağlı Bağtepe mevkiinde, (N 37.945; E 41.973) koordinatlarında kurulmuştur. Lebit Enerji güneş santraline ait Şekil 5.1.'de uydu görüntüsü ve Şekil 5.2.'de yakından görünümü verilmiştir.



Şekil 5.1. Lebit Enerji güneş santrali uydu görüntüsü



Şekil 5.2. Lebit Enerji güneş santrali görünümü

5.2. PV Sistem Tek Hat Şeması

Lebit Enerji güneş santraline ait tek hat şeması olan Şekil 5.3.'te, güneş panelleri 1 numaralı kutu ile, inverterler 2 numaralı kutu ile, AC toplama panoları 3 ve 4 numaralı kutu ile, transformatör 5 numaralı kutu ile, çift yönlü sayaç 6 numaralı kutu ile, uzaktan izleme ünitesi 7 numaralı kutu ile ve Pervari fideri 8 numaralı kutulu ile belirtilmiştir.



Şekil 5.3. Lebit Enerji güneş santrali tek hat şeması

5.3. PV Sistem Elemanları

5.3.1. Güneş hücreleri

Lebit Enerji güneş santralinde, Tablo 5.1.'de katalog bilgileri verilen SolarTürk marka güneş panellerinden toplam 800 adet kullanılmıştır. 20'şer adet güneş paneli seri bağlanarak 40 adet string oluşturulmuş. 4'er adet string paralel bağlanarak 10 adet array meydana getirilmiştir.

ELEKTRİKSEL ÖZELLİKI	LER	×	TEKNİK BİLGİLER	
Nominal Güç	(Wp)	250	Hücre Sayısı	60 (6x10)
Nominal Güç Toleransı	(Wp)	-0/+5	Hücre Tipi	Polikristal
Nominal Güç Voltajı	(V)	31.28	Hücre ölçüsü (mm)	156x156
Nominal Güç Akımı	a)	8.01	Panel Ölçüsü UxExY (mm)	1665x1001x42
Kısa Devre Akımı	a)	8.66	Ağırlık (kg)	19
Açık Devre Voltajı	(V)	37.66	Bağlantı Tipi	Тусо
Maksimum Sistem Gerilimi	(V)	1000		
Diyot Akımı	a)	5		

Tablo 5.1. SolarTürk Güneş Paneli Katalog Bilgileri

5.3.2. Panel taşıyıcı destek yapılar

Lebit Enerji güneş santralinde, Şekil 5.4.'te verilen panel taşıyıcı destek yapıları, alt kısmı yerden 1050 mm, üst kısmı ise yerden 1900 mm yükseklikte, 4210 mm boyunda, yatayla 26⁰'lik bir açı yapacak şekilde, beton bloklar üzerine monte edilmiştir. Doğal hava şartlarından zarar görmemesi için galvaniz kaplamalı metal yapı kullanılmıştır.



Şekil 5.4 Panellerin monte edildiği çelik yapı

5.3.3. İnverter (evirici)

Lebit Enerji güneş santralinde Tablo 5.2.'de katalog bilgileri verilen REFUsol 020K marka inverterden her array çıkışına bir adet konulmak üzere toplam 10 adet kullanılmıştır. Montajı, sevkiyatı ve bakımı açısından kolaylık sağladığı için dizi inverter tercih edilmiştir.

DC DATA			AC DATA		
Max. PV Pover	kW	21.2	Rated AC power	kW	19.2
MPPT range	V	480850	Max. AC power	kW	19.2
Max. DC voltage	V	1000	AC grid connection	V	400
Max. DC current	А	41	Cosǿ	0.9i0.9	2
MPP tracking	one fas	t 🖉	Max. AC current	А	29
Number of DC connect.	6		THD	%1.8	
DC-disconnection switch	Evet		Max. efficiency	%98.2	
İnternal overvoltage prt.	Tip 3		İnfeed strating at	W	20

Tablo 5.2 REFUsol 020K İnverter katalog bilgileri

5.3.4. Toplama panosu

Lebit Enerji güneş santralinde dizi inverter kullanıldığından, 2 adet alternatif gerilim toplama kullanılmıştır.

5.3.5. Kablolar

Lebit Enerji güneş santralinde Şekil 5.5.a.'da verilen güneş paneli bağlantı kabloları, Şekil 5.5.b.'de verilen alçak gerilim kabloları ve Şekil 5.5.c.'de verilen orta gerilim kabloları kullanılmıştır.



Şekil 5.5. a) Güneş paneli bağlantı kablosu b) Alçak gerilim bağlantı kablosu c) Orta gerilim bağlantı kablosu

5.3.6. Transformatör

Lebit Enerji güneş santralinde AC gerilimi (400 V) enterkonnekte sisteme (34,5 kV) aktarmayı sağlamak amacıyla 1 adet transformatör kullanılmıştır.

5.4. Güneş Paneli Açısının Belirlenmesi

Lebit Enerji güneş santralinde; hareketli taşıyıcı panel destek yapılarının, kurulum maliyeti, bakımı ve doğal hava koşulları göz önünde bulundurulduğunda sabit panel taşıyıcı destek yapıları kullanımı tercih edilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda, yıllık maksimum ışımanın elde edilmesi için panel açısı 26° olarak belirlenmiştir.

BÖLÜM 6.LEBİT ENERJİ GÜNEŞ SANTRALİNİN PVSYST PROGRAMI İLE SİMÜLASYONU

Lebit Enerji güneş santralinin PVsyst programı ile simülasyonu, 8 temel başlık altında incelenecektir. Bu başlıklar aşağıda belirtilmiştir.

- 1. Proje Bölümü: Santralin kurulacağı yerin PVsyst programına tanıtılıp, meteorolojik bilgiler aktarılmaktadır.
- 2. Kayıt Bölümü: PV sisteminin kayıt işlemi açıklanmaktadır.
- 3. Yönlendirme Bölümü: Güneş paneli ve azimuth açısı bilgilerinin programa girişi tanıtılmaktadır.
- 4. Sistem Bölümü: Güneş paneli, inverter ve seri-paralel dizilere ait bilgilerinin programa nasıl tanıtıldığı açıklanmaktadır.
- 5. Gölgeleme Bölümü: 3D boyutlu olarak santralin gölgeleme hesapları yapılmaktadır.
- 6. Kayıplar Bölümü: Kablo kayıpları, panel kayıpları, tozlanma kayıpları gibi santral kayıplarının programa nasıl girildiği anlatılmaktadır.
- 7. Horizon Bölümü: Ufuk çizgisinin programa tanıtılması açıklanmaktadır.
- 8. Simülasyon Bölümü: Santrale ait bütün verilerin rapor ve tablolar halinde analiz anlatılmaktadır.

6.1. Proje Bölümü

Lebit Enerji güneş santralinin kurulumun yapıldığı yere ait bilgiler, PVsyst programı veri tabanında yer almamaktadır. Kurulum yerine ait koordinat bilgileri, ışıma ve sıcaklık verilerinin PVsyst programının Databases bölümüne eklenmesi için Şekil 6.1.a.'da verilen 'Databases' bölümü seçilerek, Şekil 6.1.b.'ye geçilir.

🜞 PVsyst V6.67 - TRIAL - Photovoltaic Syst	terns Software	- 0 ×	🥏 Databa	ises	-	
- Files Preferences Langua	ge Licence Help		Met	eo database	Components Database	
				Geographical sites	PV modules	
	Content			Synthetic hourly data generation 👩	Grid inverter	
Preliminary design	Meteo and components databases management.			Meteo tables and graphs	Batteries	
	Meteorological data - Monthly and hourly files, synthetic			Compare Meteo Data 🛛 🔞	Controllers for stand-alone	
Project design	hourly data generation, - Analysis and check of hourly data files.			Import meteo data 🛛 🔞	Generators	
Databasas	- Import from many diverse sources. Component database			Import ASCII meteo file 🛛 🥑	Pumps	1
Databases	 - (PV modules, inverters, batteries, pumps, controllers, gensets, etc.) 				Controllers for pumping	
Tools				Read our Notes on Meteo	Manufacturers and Retailers	
Ó Exit					Exit	1
	a)			1		-

Şekil 6.1. a) Databases bölümüne giriş ekran görüntüsü b) Import meteo data giriş ekran görüntüsü

Şekil 6.1.b.'de 'Import meteo data' bölümü seçilerek, Şekil 6.2.a. ekranına geçilir. Şekil 6.2.a.'da kırmızı ile belirtilen 'Go to PVGIS Eurpo page veya Go to Africa-Asia page' internet linkine tıklanır ve Şekil 6.2.b.'de görülen internet sayfasına geçilir. [40]



Şekil 6.2. a) Import meteo data bölümü ekran görüntüsü b) PVGIS internet sitesi ekran görüntüsü

Şekil 6.2.b.'de verilen internet sayfasında, kırmızı ile belirtilen 1 numaralı yere bölgenin koordinat bilgileri (37.94;41.97) girilir ve 'Go to lat/lon' butonuna tıklanır. Ardından 'Monthly radition' sekmesi seçilir ve kırmızı ile belirtilen 2,3,4 numaralı sekmeler olan 'Horizontal irradition', 'Dif / global radition' ve 'Daily average of temprature' sekmeleri seçilir ve 5 numara ile belirtilen 'calculatar' butonuna tıklanarak Şekil 6.3.'te verilen ekran görüntüsüne geçilir.

	area hafarahhi	on montant-but	- otoge criticile	
re.jrc.ec.euro	ipa.eu/pvgis/a	pps4/MRca	ic.php	
Ionthly Sola	r Irradiatio	n		
CIS Estimat	es of long-term	a monthly as	***	
ocation: 37°36'.	3" North, 41*58	"11" East, Ele	vation: 995 m a.s.l.,	
lar radiation da	tabase used: PV	GIS-CMSAF		
timal inclinati	on angle is: 31 d	legrees		
nnal irradiatio	s deficit due to s	hadowing (b	rizontal): 0.1 %	
Month	178	036	1000	
	2030	0.51	2.0	
eð	2710	0.51	3.5	
(ar	4250	0.47	7.6	
get	5250	0.44	13.1	
ay	6900	0.34	18.4	
un l	8180	0.25	25.0	
61	8100	0.24	29.7	
log	7350	0.24	29.3	
iep (6000	0.26	24.2	
Oct	4120	0.35	16.6	
1.0000	2790	0.38	92	
100	1930	0.49	3.3	
Dec				

Şekil 6.3. Aylık radyasyon datalarını alınmasına ait ekran görüntüsü

Şekil 6.3.'te verilen ekran görüntüsünde olduğu gibi yazılar seçilir ve CTRL+C tuşuna basılarak kaydedilir. Şekil 6.4.a.'da kırmızı ile belirtilen 'Import' butonuna tıklanarak, kaydedilen verilen PVsyst programına aktarılır. Şekil 6.4.b.'de kırmızı ile belirtilen 'Get from coordinates' butonuna tıklanarak, santrale ait koordinat bilgilerinin de programa kaydedilmesi sağlanır ve Şekil 6.5.a.'ya geçiş yapılır.



Şekil 6.4. a) Aylık radyasyon datalarını sisteme aktarılmasına ait ekran görüntüsü b) Bölgeye ait koordinatların sisteme aktarılmasına ait ekran görüntüsü

Şekil 6.5.a.'da 'Location' bölümünde, kırmızı ile belirtilen 1 numaralı yere Lebit Enerji güneş santralinin kurulduğu yerin adı yazılır ve verileri kaydetmek için kırmızı ile belirtilen 2 numaralı 'Save site' butonuna tıklanır. Ardından Şekil 6.5.b.'de kırmızı ile belirtilen 'Create Meteo' butonuna tıklanarak, Şekil 6.6.a.'ya geçiş yapılır.


Şekil 6.5. a) Bölge adının belirlenmesine ait ekran görüntüsü ve .SIT dosyası oluşturma ekran görüntüsü b) .MET dosyası oluşturma ekran görüntüsü

Şekil 6.6.a.'da kırmızı ile belirtilen 'Execute Generation' butonuna tıklanarak, Şekil 6.6.b.'de ye geçilir. Şekil 6.6.b.'de kırmızı ile belirtilen 'Close' butonuna tıklanarak Lebit Enerji güneş santralinin kurulacağı yere ait koordinat bilgileri ve meteorolojik verilerin aktarımı sağlanır.

Generation of Synametre	Hourly Meteo Valu	Jes .	- 🗆 X	Importing Meteo data from different sources	-
ource data fuite month	le values)			External Data Source	
cuntru / Banion	Ste			Hourly data	SIT få complete
lutkev	Lebit			Monthly Data	MET II
				PVG/S (Europe + Alrica) 1981-Today 💌	complete
teteo nie to be created	(houny data)			Web-tree interpolated Data from several sources, Europe [1] Median areas Paris (Bain and South Mark Asia [2]	
spe Synthetic	Site	Lebit		DiGS Classe. It exact station 1991 1991 on the time	
	Source	PVGIS CM SAF, satelike 1998-2011		PVGIS Callio, 11 ground insectio, 1901-1905, His Tuthinian, PVGIS Helioclim, [2] safelites, 1995-2004, res. 29 km (Bequator,	Timporting ins
				PVGIS SAF, [1]2] satellites, 1996-2011, res. 3km @equator.	Gio to PVGIS Exercise
	Fee name	e [Lebi_PVGIS_SAP_STN.ME1			Go.to PVGIS Atroat
Global [kWh/m² mth] January 62.9 February 75.9 March 131.8 April 157.5 May 213.9 Jane 245.4	Diffuse T [kWh/m7 mth] 32.1 38.7 61.9 63.3 72.7 61.4	Image Image <th< th=""><th>PVSyst will apply the systhetic generation and use the monthly diffuse to re-roomalise the hourty output values of offlue.</th><th>1 MCT He counter See County Transmission Program County Cou</th><th>Egi inpo El Tampat</th></th<>	PVSyst will apply the systhetic generation and use the monthly diffuse to re-roomalise the hourty output values of offlue.	1 MCT He counter See County Transmission Program County Cou	Egi inpo El Tampat
July 251.1	60.3	29.7 Generation options -	for information only		
September 180.0	46.8	24.2 ? Vise Monthly	Diffuse	Geographical Coordinates	Save 1
October 127.7	44.7	16.6 ? Region typology	for temperatures):	Decend Deg. Min.	PA Constant
November 83.7 December 59.8	31.8	9.2 3.3 Switz Plateau, land, imp	ortanit 💌	Labiude 37.92 * 32 56 (+ = North, -= South henisph.)	
V 1017.0	603.7	15.2		Adducts 1995 in advant and local	0.00

Şekil 6.6. a) .MET dosyasına verilerin aktarılmasına ait ekran görüntüsü b) Meteorolojik verilerinin aktarıldığına dair ekran görüntüsü

Bu çalışmada, meterolojik veriler 'Geografical Sites' bölümü kullanılarak programa aktarıldığında, 'Meteonorm 7.1 veya NASA-SSE' den elde edilen veriler ile işlem yapılmaktadır. Ancak, 'Meteonorm 7.1 veya NASA-SSE' den elde edilen meteorolojik veriler (ışıma, sıcaklık vb.) gerçek veriler ile karşılaştırıldığında çok düşük kalmaktadır. Bu durum da programın sonuçları ile gerçek sonuçlar arasında büyük farklılıklar ortaya çıkarmaktadır. Meteorolojik veriler PVGIS sitesi aracılığı ile elde edildiğinde görüldü ki gerçek sonuçlar ile simülasyon sonuçları daha uyumlu oluyor.

6.2. Kayıt Bölümü

Lebit Enerji güneş santralinin kurulacağı yere ait bilgilerin, PVsyst programına tanıtılmasından sonra, Şekil 6.7.a.'da verilen programın giriş sayfasından 'Project desing' bölümü seçilir ve ardından 'Gird-Connected' alt bölümüne tıklanarak, Şekil 6.7.b.'de verilen 'Grid Connected' bölümü ana sayfasına ulaşılır.

Choose a section Content System New Nr Program and any section 2 Progr		0 = 0
Present build for programmed and the programmed and the result of a PV/pit of		
Full-featured study and analysis of a You way also use the 'Method detabase' traiters to approve	confinedly.	 Meter
Preliminary design project. Grid-Connected The weak advestories at the perspective	i now meteo lites. U site.	O Popul
- Accurate system visit computed using datafol houry simulations, Suppose Variant (calculation version)		
Project design - Diffeet Similation variants can be performed and compared. Stand alone Veetre 10 New Instance - Stand alone	2] H+ ×
- Notices statistics, and Juli bol rein - Notices statistics, and Juli bol rein near statistics, and Juli bol rein near statistics The statistic	Results preview	
- Economic evaluation performed with real compared to first	System Production	0.00 kinh/s
Databasus reactinguistic processing of the charge set of the charg	Specific production Festomence Ratio	0.00 xwbstwp
Christer Protect Inc. Control Contro Control Control Control	Normalized production Array losses	8.08 switchings 8.08 switchings
Tools DC Grid Finderman Band	System/coses	B.00 swh/kwp

Şekil 6.7. a) Grid Connected bölümü girişi ekran görüntüsü b) Grid Connected bölümü ana ekran görüntüsü

Şekil 6.8.'de verilen 'Grid Connected' ana sayfasında, 'Site' sekmesi altındaki 'Open a Site' tıklanarak Şekil 6.9.'da verilen ekrana geçilir.

C Project: New.PRJ Project Site Variant Proje Q Open a Site View site details				- 🗆 X
Site File Meteo File	JPRJ	Project's name New Proj	ject	Q + H × 0 Q ⊨ ■ ₽ 0
Sustem Variant (calculation	Plea PVSyst will see You may also use the 1 This would a	see load the geographical site arch the available meteo files Meteo database' button to im automatically set the geograph	t. accordingly. pot new meteo files. hical site.	Meteo database Project settings
Valant n° 1/00	: New simulation variant			- H * × •• 0
Input parameters Mandalogy	Optional	Simulation	Results overview System kind Undefi	ned (no 3D scene defined)
Orientation System	Horizon Near Shadings	Simulation	System Production Specific production Performance Ratio	0.00 Kwhyk 0.00 kwhykwpyc
Detailed losses	Module layout	Simulation	Normalized production Array losses	0.00 kWh/kWp/day 0.00 kWh/kWp/day
C Self-consumption	C Economic aval	Beport	System losses	0.00 kW/w/b/w/p/day
	Miscellaneous tools	ind Results		
- 1				at a s

Şekil 6.8 Lebit Enerji güneş santralinin koordinat ve meteorolojik verilerinin sisteme aktarılması-1

Şekil 6.9.'da Lebit Enerji güneş santraline ait veri seçilir ve kırmızı ile belirtilen 'Ok' butonuna tıklanarak Şekil 6.10.a.'da verilen Grid Connected' ana sayfasına geçilir.

Component choice			-		×
Curre	nt Geographical site: Leb Click on DK to trans	oit_PVGIS_SAF_199 offer to the project an	8 to 2011.SIT ea.		
Search Leti(Europe	•		
Filename	Town	Country	Data source		_
Icidebused Kopsonik Konnel Polar Kucharovice Kucharovice Kucharovice La Chara La Chara La Dole La RochesurYon La RochesurYon La Pole	Kolobizeq Kopaonik Koper Kucharovice Kucharovice Kucharovice La Cosana La Dale La Rochelle La Rochelue La Rochelue Von	Poland Setbia Slovenia Russian Federation Czech Republic Germany Switzeland Spain Switzeland France France France	Melec/Nam 7.1 station Melec/Nam 7.1 station Melec/Nam 7.1 station Melec/Nam 7.1 station Melec/Nam 7.1 station Melec/Nam 7.1 station Melec/Nam 7.1 station Melec/Nam 7.1 station Melec/Nam 7.1 station Melec/Nam 7.1 station Melec/Nam 7.1 station		^
Contractics AAP 1998 to 2013 5 Lindenberg Linbes List Lisblans Locarno Masafro Locarno Mandro Locarolo Masafro Locarolo Mandro Locarolo Janvek Lorakor Lanvek Loak	Limotes Limotes Limberberg Limbos List Locarno-Macadino Locarno-Macadino Locarno-Macadino Locarno-Macadino Locarno-Macadino Locano-Macadino London / Caniden London / Caniden London / Caniden London / Caniden	Fance Fance Germany Portugal Germany Slovenia Switzeland United Kinadem United Kinadem United Kinadem Netherfands Farmwe	MeteoNam 7.1 station MeteoNam 7.1 station MeteoNam 7.1 station MeteoNam 7.1 station MeteoNam 7.1 station MeteoNam 7.1 station MeteoNam 7.1 station MeteoNam 7.1 station MeteoNam 7.1 station MeteoNam 7.1 station MeteoNam 7.1 station MeteoNam 7.1 station	999-2011	
Set favorites 🕞 Export	D New 3	X Delete	Open X Cancel	10	ĸ

Şekil 6.9. Lebit Enerji güneş santralinin koordinat ve meteorolojik verilerinin sisteme aktarılması-2

Şekil 6.10.a.'da verilen Grid Connected' ana sayfasında kırmızı ile belirtilen kaydet simgesine tıklanır ve Şekil 6.10.b.'de verilen ekranda kırmızı ile belirtilen 'Save' butonuna tıklanarak proje kaydedilir.

roject: Lebit, Project, PRJ ct Site Variant				- 🗆 ×	6 Save project as
oject"s designation Fionare Let Stefie Leb Meteofile oct	bt_Project_PNJ or_PVGIS_SAF_199810.2011.ST or_PVGIS_SAF_SYNJMET Pre-solucted Pfease cannot	Project sname [New Proj PVGIS DN SAF, safelite 1996- PVGIS DN SAF, safelite 1996- PVGIS DN SAF, safelite 1996- Soft of 6 possibilities;] foot of 6 possibilities;] for the pseudoction and save	oct. 011 Turkey 011 Synthetic O.km SYNE MET Ner project.	Q + H × Q Q = • 0 • Heteo database	Description New Project File name Lebit_Project
tem Variant (calculati	tion version)			- H+ X 0	Directory C:\Users\hamid\PVsyst660_Data\Projects
nput pasameters Mandatory	Ostonel	Simulation	Results averview		Lebit_Project.PRJ
O Diantation	Harcon New Shadings	► Simulation	System Production Specific production Performance Bidlin	0.00 kWh/kWp/yr 0.00 kWh/kWp/yr	
O Detaled leves	O Medule layout	O Similator	Normalized production Array losses	0.00 kwłyś/wp/day 0.00 kwłyś/wp/day	
C Self-consumption	Consnie will Micelareous tools	Report and Reputs	3,91001100000	u uu kwinkwpicay	Bave
) System overview				<u>ي</u> المر	
		a)			b)

Şekil 6.10. a)Proje kaydedilmesi ekran görüntüsü 1. adımı b) Proje kaydedilmesi ekran görüntüsü 2. adımı

6.3. Yönlendirme Bölümü

Şekil 6.10.b.'de kayıt işlem yapıldıktan sonra Şekil 6.11.'de verilen 'Grid Connected' ana sayfasının ortasında kırmızı ile belirtilen 'The orientation is not defined' (yönlendirme tanımlanmadı) uyarısı gelir. Şekil 6.11.'de kırmızı ile belirtilen 'Orientation' butonuna tıklanarak, Şekil 6.12.'ye geçilir.

File name	Lobit_Project.PRJ	Project's name New Project		Q * H * (
Ste File	Lebr_PV5I5_SAF_1998 to 2011.SIT	PV515 CM SAF, satelike 1996-2011	Tukey	0,0
Meteo File	oldu_PVGIS_SAF_SYN.MET	PVGIS CM SAF, satelike 1998-2011	Synthetic 0 km	
	[The orientation is not defined.		🥚 Meteo database
				C Project settings
ystem Variant (calc	ulation version)			
ystem Variant (calc Valant n'	vlation version) NCO : New simulation variant			
ystem Variant (calc Variant n'	ulation version) NCD : New timulation variant			. H*×↔
ystem Variant (calc Variant n' Input parameters Mandatore	ulation version) NCD : New instation valent Optional	Simulation	Results overview System kind Undel	■ H = × + +
ystem Variant (calc Variet n' Input parameters Mardatos @ Countation	VCD : New instation valent Optionst Optionst Optionst	Simulation	Results overview System kind Under	I → ★ × + + ined (no 3D scene defined)
Variant (cold Variant n' Input pasameters Mendators © Constation	Unition version) VCD : New insulation valent Optionst Horizon Horizon	Simulation () Simulation	Results overview System kird Undet System Production Specific production	Intel (no 3D scene defined)
ystem Variant (colc Variant (colc Variant n° Input parameters Mersbray Mersbray Constation System	Utation version) VC0 : New itsulation varient Optional	Sindation	Results overview System kind Undet System Production Specific production Performance R etio Normalization de con	H * X + ined (no 3D scene defined) 0.00 Kwhór 0.00 kwhór 0.00
Veren Variant (colo Veren n' Input parameters Mersbrav Diantation System O Cataled Inner	Ulation version) VCD : New instation version Optimat Horacon Horacon Files Shading: Of Shadin layout	Simulation Simulation	Results averview System kind Undet System Production Spenic graduation Potemance Ratio Normalized production Angrivises	Hi * x + + intel (no 3D scene defined) 0.00 kWh/sr 0.00 kWh/sr 0.00 kWh/s/by 0.00 0.00 kWh/s/by 0.00
Variant (calc Variant) Variant n' Input pasameters Marciator Constation System Constations Constationers Constationers	Ulation version) VCO : New instation valuet Optional Optional Mean Shadrop Mean Shadrop Optional and Optional and Optional and	Similation Similation Similation Report	Results overview System Kind Under System Production Specific production Performance Ratio Normaking perduction Anny Josse System losses	H K K K

Şekil 6.11. Yönlendirme bilgilerinin girilmesine dair uyarı ekran görüntüsü

Şekil 6.12.'de 'Field type' sekmesine tıklanarak 'Fixed Tilted Plane' seçeneği seçilir. 'Field parameters' bölümünde 'Plane tilt' 26⁰, 'Azimuth' 0⁰ olarak girilir. 'Optimisation by respect to' bölümünden 'Yearly irradiation yield' seçeneği seçilir ve 'Ok' butonuna tıklanarak, Şekil 6.13.'te verilen 'Grid Connected' ana sayfasına geçilir.



Şekil 6.12. Yönlendirme seçenekleri

6.4. Sistem Bölümü

Şekil 6.13.'te verilen 'Grid Connected' ana sayfasının ortasında kırmızı ile belirtilen 'Please define the system' (sistemi tanımlayın) uyarısı gelir. Şekil 6.13.'te kırmızı ile belirtilen 'System' butonuna tıklanarak Şekil 6.14.'e geçiş yapılır.

File name	Lobit_Project.PRJ	Project's name New Project		Q 🕈 💾 🗶 🛛
Ste File	Lebt_PV5IS_SAF_1998 to 2011.SIT	PVGIS CM SAF, satelite 1996-201	1 Turkey	Q.D
Meteo File	ddu_PVGIS_SAF_SYN.MET	PVGIS CM SAF, satelike 1598-2011		
		Please deline the system I		🥚 Meteo database
				O Project settings
Sectors Merchant front				
system variant (calo	ulation version)			
Variant (Calic Variant n'	VC0 : New sinulation variant			• H* × ••
Variant n°	al ation version)	Simulation	Results overview	• H* × ••]
Variant (Cato Variant n' Input parameters Mandatos	Allation version) VC0 : New simulation variant Optional	Simulation	Results overview System kind Undel	
Variant (Calc) Variant n' Input pasameters Mendalosy * @ Cientation	VItation version) VCD : New issulation variant Optional Herizon	Simulation	Results averview System kind Undell System Production	ined (no 3D scene defined)
Variant (Calo Variant n' Input parameters Mendaloy * @ Dierration	VCD New sinulation values Optional	Simulation Simulation	Results averview System kind Undell System Production Specific production	Intel (no 3D scene defined)
Varian (Caro Varian n' Input parameters Mandalogy * @ Coercation @ System	Statistics version) TO New instation valuet Optional Optional Historn New Shodings	Sindation	Results averview System kind Undell System Production Specific production Performance R #10 Normaking production	Intel (no 3D scene defined) 0.00 KWh/Kr 0.00 KWh/Kr/Sy/ 0.00 Schr/KW/Sy/Sy
Variati (calc) Variat	VCD : New sinsfation varient Optionst O	Simulation Simulation	Results averview System kind Undell System Production Specific production Performance Ratio Normaland perduction Amy Notice	■ H ★ X + + incl (no 3D scene defined) 0.00 KWh/Kr 0.00 KWh/Kr/p/dp 0.00 KWh/Kr/p/dp 0.00 KWh/Kr/p/dp
Variati (calc) Variat	Voti : New rimitation variant Optionst Optionst Optionst Hraces Hraces Hraces Hraces Francestered Francestered Francestered Francestered	Simulation	Results overview System Nind Undel System Production Specia: production Pedanance Rato Namakan patakation Ampricasi System losse	H * × + + Intel (no 30 scene defined) 0.00 scene defined) 0.00 scene defined) 0.00 scene defined) 0.00 scene defined 0.00 scene defined 0.00 scene defined 0.00 scene defined 0.00 scene defined 0.00 scene defined 0.00 scene defined

Şekil 6.13. Sistem bilgilerinin aktarılmasına dair uyarının ekran görüntüsü

Şekil 6.14.'de 1. kısım olarak ifade edilen 'Global system configuration' bölümünde birden fazla çeşitli array olmadığı için sayı 1 olarak ayarlanır. Şekil 6.14.'de 2. kısım olarak ifade edilen 'Presizing help' bölümünde Lebit Enerji güneş santralinin kurulu gücü 200 kWp belirtilir.

Simplified Schema	Global system summary Nominal PV Power 200 k Nb. of modules 800 Nominal PV Power 200 k Module area 1302 m² Maximum PV Power 134 k Nb. of inverters 10 Nominal AC Power 00 k
/ Array Sub-array name and Orientation Name FV Array Til Orient, Unlimited sheds Azimuth	26* 0* Presizing Help C No sizing Enter planned power (* 200.0 KWp Resize or available area(modules) (* 1302 m* 2. ktsrm
Solarturk Energy Solarturk Energy Solarturk Energy Solarturk Energy Sizing voltages : \	m Approx. needed modules 800 Poly 250 w 60 Cells Since 2008 Manufacturer 2015 pp (60°C) 25.6 ∨
Gelect the inverter 4. krsm All inverters ▼ REFU Elektronik GmbF ▼ 20 kW 480 - 850 ∨ TL Vb. of inverters 10 10 ↓ Operating Vol Input maximul	Image: 1000 ∨ Since 2016 Image: 200 kWac
Sesign the array Number of modules and strings 5. kisim 9. kisim Mod. in series 20 1 Fibetween 13 and 23	Operating conditions Vmpp (60°C) 513 V Vmpp (20°C) 619 V Voc (-10°C) 838 V Plane irradiance 1000 W/m²

Şekil 6.14. Lebit Enerji güneş santrali system bilgileri

Şekil 6.14.'de 3. kısım olarak ifade edilen 'Select the PV module' bölümünde Şekil 6.15.'te verildiği şekilde ilk önce 'SolarTurk Energy' firması, ardından firmaya ait güneş panellerinden '250 Wp 25V Si-poly Poly 250 W 60 Cells Since 2008 Manufacturer 2015' seçilir.

Select the PV mo	dule						
Available Now	-					Maximum nb. of modules 800	
Solarturk Energy	•	250 Wp 25V	Si-poly	Poly 250 w 60 Cells	Since 2008	Manufacturer 2015 💌	🐴 Open
Solarturk Energy Solarwatt	^	240 Wp 25V 245 Wp 25V	Si-poly Si-poly	Poly 240 w 60 Cells Poly 245 w 60 Cells	Since 2008 Since 2008	Manufacturer 2015 Manufacturer 2015	
SolarWorld Solea Soli Tek		255 Wp 25V 255 Wp 25V 260 Wp 26V	Si-poly Si-poly Si-poly	Poly 250 w 60 Cells Poly 255 w 60 Cells Poly 260 w 60 Cells	Since 2008 Since 2008 Since 2008	Manufacturer 2015 Manufacturer 2015 Manufacturer 2015	
Solibro Solimpeks Solon Energy	~	200 10 200	51-0019	1 019 200 W 00 Cells	Jince 2000	Manufacturer 2013	

Şekil 6.15. Güneş paneli seçimi ekran görüntüsü

Şekil 6.14.'de 4. kısım olarak ifade edilen 'Select the inverter' bölümünde Şekil 6.16.'da verildiği şekilde ilk önce 'REFU Elektronik GmbH' firması, ardından firmaya ait inverterlerden '20 kW 480-850V TL 50/60 Hz RefuSol 20K (867P) Since 2016' seçilir.

6 1 1 1 1 1								
Select the inverter								✓ 50 Hz
Available Now 🔹								✓ 60 Hz
REFU Elektronik GmbH	20 kW	480 - 850 V TL	50/60Hz	RefuSol 20K (867P)	S	ince 2016	-	🗎 Upen
REFU Elektronik GmbH 🔥	13 kW	250 · 850 V TL	50/60 Hz	RefuSol 13K (867P)	Si	nce 2016	~	
ReneSola	17 kW	250 - 850 V TL	50/60 Hz	RefuSol 17K (867P)	Si	nce 2016		
Riello	20 kW	480 - 850 V TL	50/60Hz	RefuSol 20K (867P)	Si	nce 2016		
Rishabh Instruments	-23 kW	250 - 900 V TL	50/60 Hz	RefuSol 23K-MV (867P)	Si	nce 2016		
Rudolf Fritz	24 kW	250 - 890 V TL	50/60 Hz	RefuSol 24K-UL (AFCI) (876P	I Si	nce 2017		
S2S	24 kW	250 - 890 V TL	50/60 Hz	RefuSol 24K-UL (874P)	Si	nce 2017		
Sainty Solar	:40 kW	250 - 900 V TL	50/60 Hz	RefuSol 40K (840P)	Si	nce 2016		
Salicru 👻	46 kW	250 - 900 V TL	50/60 Hz	RefuSol 46K-MV (840P)	Si	nce 2016	~	

Şekil 6.16. Inverter seçimi ekran görüntüsü

Select the inverter	Select the inverter
Available Now	Available Now 🗨
REFU Elektronik GmbH 💌 20 kW 250	REFU Elektronik GmbH 💌 20 kW
Nb. of inverters 8 🐳 🔽	Nb. of inverters
a)	b)

Şekil 6.17. a) PVsyst programının default olarak belirlediği inverter sayısı b) Lebit Enerji güneş santralinde kullanılan inverter sayısının girilmesi

İnverter seçimi yapıldıktan sonra PVsyst programı default olarak inverter sayısını Şekil 6.17.a.'da görüldüğü gibi 8 olarak belirler. Lebit Enerji güneş santralinde toplam 10 adet inverter kullanıldığından inverter sayısı Şekil 6.17.b.'de görüldüğü gibi 10 olarak değiştirilir. Şekil 6.14.'de 5. kısım olarak ifade edilen 'Desing the array' bölümünde Şekil 6.18.a.'da verildiği gibi default olarak seri güneş paneli sayısını 21, string sayısının 38 olarak belirtir. Lebit Enerji güneş santralinde, seri güneş paneli sayısı 20, string sayısı 40 olduğu için, Şekil 6.18.b.'de verildiği gibi seri panel ve string sayısı değiştirilir.

Design the array Number of modules and strings	Design the array Number of modules and strings
Mod. in series 21 📑 🗖 between 10 and 23	Mod. in series 20 📩 🗖 between 10 and 23
Nbre strings 38 🛃 🔽 between 30 and 38	Nbre strings 40 - only possibility 40
Overload loss 0.2 % The Show sizing ?	Overload loss 0.0 % Pnom ratio 1.00 K Show sizing ?
Nb. modules 798 Area 1298 m²	Nb. modules 800 Area 1302 m ²
a)	b)

Şekil 6.18. a) PVsyst programının default olarak belirlediği seri ve string sayıları b) Lebit Enerji güneş santralinde seri ve string sayıları

Son olarak Şekil 6.14.'de 'Ok' butonuna tıklanır ve Şekil 6.19.a.'da verilen 'Grid Connected' ana sayfasına geçilir.

6.5. Gölgeleme Bölümü

Şekil 6.19.a.'da verilen 'Grid Connected' ana sayfasında 'Near Shading' butonuna tıklanır ve Şekil 6.19.b.'ye geçilir.

st Sita Variant										
ject's designation					Comment New	shading scene				
Filenane	Lobit_Project.PRJ	Propofs name New Project	d	Q * H × 0				_		
Ste File	Lebt_PV65_SAF_1998 to 2011.517	PVGIS CM SAF, satelite 1998-20	111 Turkey	Q D	Compatibility with 0	Drientation and System param	ster cluster	(1) Countration		
Neteo File	edu, PVGIS_SAF_SYN.NET PVGIS CM SAF, satelike 1996-2011 Sy		111 Synthetic Okm 💌	0km 💌 💼 😡		Active area 1302 m ² Suif m ²	Surf m ²	25 Construction / Perspective		
		Ready for simulation		🧶 Meleo delabase	Fields till Fields azimuth	26.0* 0.0*	Undefined Undefined	Shading Factor table		
				O Project setings	Information	hand and a different free this size of		Table	ES Grap	
an Marinet frakes					140 .	mange denned for one sinter	in the second second second second second second second second second second second second second second second			
en vonan joers	ulation version)		2314	dia a second						
Variant of Variant of Mandatoy	VCD : New timulation variant Datowal Wolcon	Simulation	Persuits overview System Finduction System Production	H to H + + 0						
Variant of Concentration Variant of Parameters Mandatory * Disectatory (Spiters Databacharase	VCD : New standardion varient Optional Optional Distance Rear Shadings	Simulation	Persets everyine System Hand Undefined (ex- System Hand Undefined (ex- System Finderion 8.0 Protococo Rate 8.0 Normaling production 8.0	H ⁺ + ∞ + Q w 30 scene defined 00 kohyty 00 kohytypige 00 kohytypige	Use in simulati	20		🕅 Sectors councies		
Variant (Conc Variant of Mandatory	CC: New Instances	Simulation Simulation Simulation	Results service System Finduction (ser System Finduction (ser System Finduction (ser Finduction (ser Finduction (ser Finduction (ser Finduction (service)) System (service) System (service)	H + + - O	⊂Use in simulatic ⊂ No Shadnya ⊂ Ures thefan	2 0		System overview		
Venetori pol pasaneter Macidany	CC : New Induition valuer:	Simulation Simulation Simulation Simulation	Penalts service Types hird Types hird Types productor System Productor Restartion 8 Typester productor Restartion Typester productor System France System France	Image: Section Sectin Sectin Section Section Section Section Section Section Section	Use in simulati © No Shadrag ⊂ Linear shading ⊂ According to M	20 21 nodule strings		System overview Model library	an Prin	
Velevit ** Velevit ** Mandatoy * © Distritution © System © Detailed losses * Self consumption	y Ree Handrije versen) y Cell Heer Handrije versen Ø honton Ø honton Ø honton Ø honton Ø honton Ø honton Ø honton Ø honton Ø honton Ø honton Ø honton Ø honton	Simulation Simulation	Spreach severation Spreak Induced Ind	Life a series default as 20 series default as control de la series a	Use in simulatic C No Sharing C Loras Hodge C According to n Fracto	an ge sodulie strings on for electrical effect [100]	· <u>*</u>	System overview Model Hbray B Open	A Conc	

Şekil 6.19. a) Gölgeleme olmadığına dair ekran görüntüsü b) 3D boyutlu çizim

Lebit Enerji güneş santralinin kurulu olduğu yerde herhangi bir gölgelemeye sebebiyet verecek nesne olmamasına rağmen, panellerin diziliminden kaynaklanan bir

gölgeleme olabileceğini düşünerek, Şekil 6.19.b.'de kırmızı ile belirtilmiş olan 'Contruction/Perpective' butonuna tıklanır ve Şekil 6.20.'de ve verilen ekrana geçilir. Şekil 6.20.'de 'Create' sekmesine tıklanır ve 'Regtancular PV plane' seçeneği seçilerek çizim işlemi yapılır. Çizim tamamlandıktan sonra Şekil 6.20.'de 'Close' butonuna tıklanır ve Şekil 6.21.a.'da verilen 'Grid Connected' ana sayfasına dönülür.



Şekil 6.20. 3 boyutlu çizim ekran görüntüsü

6.6. Kayıplar Bölümü

hoject Lebit, Project.PRJ ct Site Variant				- 🗆 ×	PV field detailed losses parameter		-	
oject's designation								
File name	Lobit_Project.PRJ	Propofa name New Prop	et.	Q*H× 0				
Site File	Lebr, PV6/5_SAF_1990 to 2011.517	PVSIS CM SAF, satelike 1998-2	011 Tukey	Q.D	Thermal parameter Oknic Losses Module quality - LID - Mi	match Soling Love IAM Lov	ممتحقيته المم	Agein
Neteo File	ddu,P/G/S_SAF_SYN.NET	PVGIS CM SAF; satelike 1999-2	011 Synthetic Okm 👱	0 = 0	Come come mode quary to the	indicar Jourg core Min core	eee Aevandinee	Agens
		Ready for simulation		Micko dalabase	You can define either the Field thermal L the program giv	oss factor or the standard NOCT is the equivalence !	Coefficient:	
				O Project settings	Field Thermal Loss Factor	Standard NOCT fact	tor	
stem Variant (celcu	alation version)				Thermal Loss factor U = Uc + Uv * Wind vel	Alternative definition:		
Variant of	VC0 : New simulation variant			IH±× ₽	Constant loss factor Uc 28.0 W/mR ?	NOCT coefficient	46 °C	
Input parameters Mandaloy	Optional	Simulation	Besultz overview	d fam. The second defined i	Wind loss factor Uv 0.0 W/mHk / m/s	for "Nominal Operating C	Cell Temperature'	
• @ Diestation	Motzon		Sume Dedenter	and white	Default value acc. to mounting	circuit, under G=800	W/m², Tamb=20	J°C,
Castern .	O New Charles	Simulation	Specilic production	0.00 kinhdowjala	Free" mounted modules with air circulation	Wind-	•1 m/s.	
	-		Petonance Ratio Nomaized production	0.00 0.00 Millionalitae	Semiintegrated with air duct behind	NOCT definition		
Centred torgen	O Production Arts	Anay losses	8.00 sorth/hop/day	Integration with fully insulated back.	(* [Open circuit (at Voc] C. Lucidad (at Pasca)			
E Self conjunction	Q Economic and	Bank.	These serves	a.us www.words.usy		C Loaded (at Pmpp)		
	Miscellaneous tools	ing freeds						
							1	
System overview	1			@[E-44	Losses graph	🗙 Cancel		🖊 ОК
		a)				2)		



Şekil 6.21.a.'de verilen 'Grid Connected' ana sayfasında kırmızı ile belirtilen 'Detailed losses' butonuna tıklanarak Şekil 6.21.b.'ye geçiş yapılır. Şekil 6.21.b.'de 'Thermal Parametres' sekmesine tıklanarak Lebit Enerji güneş santralinde kullanılan güneş paneline ait katalog bilgilerinden elde edilen NOCT değeri, PVsyst programına girilir.



Şekil 6.22. Ohmic losses bölümü ekran görüntüsü

Şekil 6.21.b.'de 'Ohmic losses' sekmesi tıklanarak Şekil 6.22.'e geçiş yapılır. Şekil 6.22.'de 1. kısımda DC kayıpların belirtilmesi için 'Detailed computation' butonuna tıklanır ve Şekil 6.23.a.'da verilen pencereye geçiş yapılır. Şekil 6.23.a.'da 1. kısım olarak belirtilen 'wiring layout' bölümünde 'group of parallel string' seçeneği seçilerek kırmızı ile işaretlenmiş olan 'wiring layout' bölümünden 'Number of groups (global)' sayısı '10', 'number of string per group' sayısı ile '4', 2. kısım olarak belirtilen 'Groups of parallel strings' bölümünde paneller arası kablo uzunluğu'80', paneller ile inverter arası kablo uzunluğu '26' olarak yazılır ve 'Ok' butonuna tıklanır.



Şekil 6.23. a) Wiring layout seçimi-1 b) Wiring layout seçimi-2

Şekil 6.22.'de 2. kısımda AC kayıpların belirtilmesi için, Şekil 6.24.a.'da görüldüğü gibi 'Significant lenght, to be accounted for' seçilir ve inverter ile injection noktası arasındaki mesafe ve kablo kesiti seçilir. Şekil 6.22.'de 3. kısımda kullanılan harici transformatör kayıpların belirtildiği bölümdür. Ancak, Lebit Enerji güneş santralinde, çift yönlü sayaç, transformatörden önce konulduğu için, transformatör kayıpları simülasyonda değerlendirmeye alınmamıştır. Bu sebeple, Şekil 6.24.b.'de 'External transformer present' seçeneği seçilmemiştir.

AC circuit: inverter to injection point	External transformer
Significant length, to be accounted for	External transformer present default
Length Inverter to injection 28.0 m 10 mm ² -	Iron loss (constant value) 0.00 % 0.00 kW
Loss fraction at STC 0.00 %	Resistive/Inductive losses 0.00 % at STC 🗖
STC: Pac = 196 kW, Vac = 34500 V Tri, I = 3 A Voltage drop at STC 0.3 V (0.0 %)	(quadratic, R * I², R = 0.0 m0hm
C Between inverter and transfo From transfo to injection 34500 Vac	Night disconnect
a)	b)
Şekil 6.24. a) A	AC kayıp

Şekil 6.21.b.'de 'Module quality – LID – Mismatch' sekmesi tıklanarak Şekil 6.25.'e geçiş yapılır.

Module quality	Modules mismatch losses
Module efficiency loss 1.3 2 7	Power Loss at MPP 1.0 3 7
Deviation of the average effective module efficiency by respect to manufacture specifications. (negative value indicates over performance)	Loss when running at fixed voltage 25 2 Not relevant when MPPT operation 3.k1stm
LID - Light Induced Degradation	Strings voltage mismatch
UD loss factor 20 2 2	Power Loss at MPP 0.1 % F
Degradation of crystalline sticon modules, in the first operating hours by respect to the	4.KISIM

Şekil 6.25. Module quality - LID - Mismatch ekran görüntüsü

Şekil 6.25.'te 1. kısım olarak belirtilen 'Module quality' bölümünde panel kalitesi default değer olarak %1.3, 2. kısım olarak belirtilen 'Modules mismatch losses' bölümünde paneller arası uyumsuzluk kayıpları default değer olarak %1, 3. kısım olarak belirtilen 'Light Induced Degradation' bölümünde kristal özellikli panellerin günün ilk saatlerindeki ilk ışıma aldıklarında meydana gelen kayıplar default değer olarak %2 ve 4. kısım olarak belirtilen 'Strings voltage mismatch' bölümünde stringler arası gerilim uyumsuzluk kayıpları default değer olarak %1 seçilir.

Şekil 6.21.b.'de 'Soiling Loss' sekmesi tıklanarak Şekil 6.26.'e geçiş yapılır. Lebit Enerji güneş santralinde hiç temizlik yapılmadığından default değer olarak yıllık %3 seçildi.

iermal param	eter Ohmic Losse	ts Module q	asily - LID - Mi	smatch Solling L	oss IAM Losse:	s Auxiliaries	Ageing	-
Year	ly soiling loss fa	ector x 3.0 2	Delault K					
	C Define mont	hly values	?					

Şekil 6.26. Tozlanma kaybı değeri

Şekil 6.21.b.'de 'IAM Losses' sekmesi tıklanarak, Şekil 6.27.'ya geçiş yapılır. Lebit Enerji güneş santralinde PVsyst programı default seçeneği 'Uses definition of the PV module' seçildi.



Şekil 6.27. IAM losses ekran görüntüsü

Şekil 6.21.b.'de 'Auxiliaries energy' sekmesi tıklanarak, Şekil 6.28.'e geçiş yapılır. Lebit Enerji güneş santralinde enerji tüketen bir ekipman olmadığı için 'Auxiliaries consumption defined' seçeneği seçilmemiştir.

Ohmic Losses Module quality - LID - Mismatch So	oiling Loss	AL Losses AL	ixiliaries	Ageing	4
Auxiliaries energy losses					
T Auxiliaries consumption defined	?				
Continuous auxiliary loss (fans, oto)	0	w			
from inverter output power threshold	0.0	164			
Proportionnal to the invester output power	0	- W7kW			
. Non-invester output power threshold	0.0	- KW			
Night loss (excluding inverter night loss)	0	W			
The auxiliary energy may be fans, air condi	lionina m	onitating or other			
	Ohnic Loose Module quarky-LUD - Hismatch So AutoRianies energy losses Multiple communition defined Continuous autility loss: [Inser, Hol — Inser invester autyput power threshold Phopositional to the reventer autyput power — Inter invester autyput power threshold Night loss: [encluding invester regist loss] The autility loss: [encluding invester regist loss]	O'mic Losse Module quality-LID - Mismotch Soling Loss Audificates consumption daried Continuous auxility lass (frant, rise) Continuous auxility lass (frant, rise) Continuous auxility lass (frant, rise) Ploportioned to the investor output power firstendd D Night loss (excluding invester right loss) The auxiliar ensem rap to feast au condicionism	Other Constraint Other	Other Losser Module quarity - LD - Manadoh Soling Loss Multicase Analiaises	Other Lossel Model easily-LD: Mendoh Soling Loss Multi Losse Ausliaities Ageing Ausliaities comparison darked ? .

Şekil 6.28. Auxiliaries energy losses ekran görüntüsü

Şekil 6.21.b.'de 'Ageing' sekmesi tıklanarak, Şekil 6.28.'ye geçiş yapılır. Lebit Enerji güneş santrali 2014 yılında kurulduğundan, güneş panellerinin 3 yıldır kullanıldığını belirtmek için Şekil 6.29.'de 'Uses in simulation' bölümünde 'Uses degradation in the simulation' seçilir ve 'Simulation for year no' kısmına '3' olarak girilir.



Şekil 6.29 Ageing ekran görüntüsü

Şekil 6.21.b.'de 'Unavailability' sekmesi tıklanarak Şekil 6.30.'a geçiş yapılır. Lebit Enerji güneş santralinin üretim yapmadığı süreler tespit edilemediği için, PVsyst programı default seçeneği seçildi.

PV field detailed losses parameter		- 🗆 X
Offmic Losses Module quality-LID - Mematch Soling Loss Unavailability of the system default Unavailability duration 7.30 degruty Unavailability duration 7.30 degruty Number of periods 3 4 Image: Set Random ??	MM Lorse Auslaire Ageng Un Unavailability periods Begreing Date / Hear [14/11/1931 w] 1200 六 [25/07/2001 w] 17700 六 [24/07/2054 w] 07700 六	avalability a b duration 55 hour 56 hour 58 hour
Losses graph	X Cancel	🗸 ОК

Şekil 6.30. Unavailability ekran görüntüsü

6.7. Horizon Bölümü

Ufuk çizgisi bilgisinin sisteme aktarılması için ilk önce, Şekil 6.31.'de verilen 'http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#' internet sayfasına gidilir [41]. Şekil 6.31.'de kırmızı ile belirtilen boşluğa Lebit Enerji güneş santralinin koordinat bilgisi girilir ve 'Go' butonuna tıklanır. Ardından, Şekil 6.31.'de kırmızı ile belirtilen '.csv' butonuna tıklanarak .csv dosyası indirilir.



Şekil 6.31. Ufuk çizgisi dosyası oluşturma

Şekil 6.32.a.'da verilen 'Grid Connected' ana sayfasında 'Horizon' butonuna seçilir ve Şekil 6.32.b.'ye geçilir. Şekil 6.32.b.'de kırmızı ile belirtilen 'Read/Import' butonuna tıklanarak Şekil 6.33.a.'ya geçilir.



Şekil 6.32. a) Horizon bölümüne giriş ekran görüntüsü b) Horizon dosyasının aktarılması-1

Şekil 6.33.a.'da kırmızı ile belirtilen 'Solmetric SunEye' seçeneği seçilir ve ardından 'Choose' butonuna tıklanarak indirilen horizon dosyası seçilerek aktarılır.



Şekil 6.33. a) Horizon dosyasının programa eklenmesi b) Horizon bilgileri

6.8. Simülasyon Bölümü

Şekil 6.34.a.'da kırmızı ile belirtilmiş olan 'Simulation' butonuna tıklanarak, simülasyon işlemi başlatılır ve Şekil 6.34.b.'de verilen ekran görüntüsüne geçilir. Simülasyon tamamlandıktan sonra Şekil 6.34.b.'de 'ok' butonuna tıklanarak Şekil 6.35.a.'ya geçilir. Şekil 6.35.a.'da kırmızı ile belirtilen 'Detailed results' butonuna tıklanarak Şekil 6.35.b.'ye geçilir.

😑 Project: Lebit, Project.PRJ	- 0 ×	O Hausta Cia	ulation December			
Project Site Variant		S Houny Sin	fulation Progress			~
Project's designation						
File name Labit_Project.PRJ Project's name New Project	Q 🕈 💾 🗶 🔞					
Sile File Lubit_PVGIS_SAF_1990 to 2011 SIT PVGIS CM SAF, safelike 1990 2011 Turkey	Q 🖻		Status			
Mateu File Lebit_PVGIS_SAF_S1NLMET PVGIS DM SAF, satelike 1989-2011 Synthetic 0 km				Simulation end	ed sucessfully	
Ready for ximulation	Meteo database					6.7 sec
	Project settings	Attenuation	factors for Diffuse			Display
System Variant (calculation version)			IAM	Shading I/	AM*Shading	C Hourly Values
Variant n° VCD : New circulation variant	• H * × +- 0	Diffuse	0.039	0.077	0.110	O Daily Values
Input parameters Simulation Results overview		Albedo	0.096	0.633	0.670	C Monthly Values
System kind Undelle	ed (no 3D scene defined)					
Bun Simulation Specific production	0.00 Mwh/yr 0.00 Mwh/k/Wp/yr	Display dai	ly values	Simulation 31/12/	90	4 Step bu step
System Pedomance Ratio	0.00	Meteo: Glob-	al, Diffuse, Tamb	2.88, 0.51kWh/n	n².day, -0.2°C, 0.0 m/	S V Sieb ph sieb 1
Detaled losses Or Module layout Advanced Simil Arapitoses	0.00 kintokwip/day	On colt Glob	al Diffuse Glob eff	5.03 0.70 0.03	4 44 kW/h/m² dav	100
Self-consumption Economic eval.	0.00 kwhykwp/day	Culture FM	- EN - EU-	000,000,050,0		
Miscelaneous took Miscelaneous took		System : EMa	IX, EINEC, EUSE	880, 880, 852.02	2KWh/day	
		Load: ELoa	d, EUsed, EOver	Unlimited , 0.0, 0.	.0 kWh/day	✓ <u>0</u> K
		- Automatic	والمعالية محمله مالح	tion and a suspense		
Spatem overview	∰ Eak	_ Automatic	any close when simula	auon enus successru	ліу	
a)				b))	

Şekil 6.34. a) Simulation girişi ekran görüntüsü b) Simülasyon ekran görüntüsü

Şekil 6.35.b.'de 'Report' butonuna tıklanarak, Şekil 6.36, Şekil 6.37, Şekil 6.38, Şekil 6.39 ve Şekil 6.40 da verilen rapor sayfalarına ulaşılır. Şekil 6.36' da Lebit Enerji güneş santralinin kurulum yeri bilgilerine, panel açısı bilgisine, panel ve inverter bilgilerine, seri ve paralel bağlı panel bilgisine, PV sistem kayıp bilgilerine (termal, tozlanma, yansıma, uyumsuzluk, vb.) ulaşılır. Şekil 6.37' de horizon (ufuk çizgisi) veri ve grafiğine ulaşılır. Şekil 6.38.'de Lebit Enerji güneş santralinin 3 boyutlu çizimine ve gölgeleme kaybı grafiğine ulaşılır. Şekil 6.39.'da PV sisteminin, üretim verilerine

ve performans bilgisine ulaşılır. Şekil 6.40.'da da PV sisteme ait enerji akış diyagramına ulaşılır.



Şekil 6.35. a) Simülasyon verilerinin elde edilmesi için giriş ekran görüntüsü b) Sonuçlara ait rapor dosyası ekran görüntüsü

					1 1
PVSYST V6.67					19/12/17 Page 1/5
	Grid-C	onnected System	n: Simulati	ion parameters	
Project :	New F	roject			
Geographical S	Ite	Lebit		Country	Turkey
Situation		Latitude	37.93* N	Longitude	41.97" E
Time defined	35	Albedo	0.20	1+3 Altitude	995 m
Meteo data:		Son	PVGIS CM S	AF, satellite 1998-2011	- Synthetic
Simulation var	iant: New s	imulation variant			
		Simulation date	19/12/17 11h	54	
		simulation for the	third year of	roperation	
Simulation para	ameters				
Collector Plane	Orientation	Tit	26*	Azimuth	0.
Models used		Transposition	Perez	Diffuse	Perez, Meteonorm
Horizon		Average Height	4.1		
Near Shadings	Detail	ed electrical calculation	(acc. to mode	ule layout)	
PV Array Charao PV module Custom param Number of PV mo Total number of P Array global powe Array operating cl Total area	cteristics eters definition odules PV modules er haracteristics (50*	Si-poly Model Manufacturer In series Nb. modules Nominal (STC) C) U mpp Module area	Poly 250 w 6 Solarturk Ene 20 modules 800 200 kWp 540 V 1333 m ²	50 Cells ergy In parallel Unit Nom. Power At operating cond. I mpp Cell area	40 strings 250 Wp 179 kWp (50°C) 331 A 1168 m ²
Inverter Custom param Characteristics	eters definition	Model Manufacturer Operating Voltage	RefuSol 20K REFU Elektro 250-850 V	(867P) onlk GmbH Unit Nom. Power	20.0 kWac
inverter pack		NO. OF INVERSES	TO UNITS	Total Power	200 KVVac
PV Array loss fa	ctors				
Array Soling Los	ses	lie (eest)	02.0 000-20	Loss Fraction	3.0 %
Witing Ohmic Los	101	Ciobal array res	23.0 W/m•K 33 mOhm	UV (Wind) Loss Fraction	0.0 W/m=K / m/s 1.8 % at STC
Serle Diode Loss		Voltage Drop	0.7 V	Loss Fraction	0.1 % at STC
LID - Light Induce Module Quality Lo	d Degradation			Loss Fraction Loss Fraction	2.0 %
Module Mismatch	h Losses			Loss Fraction	1.0 % at MPP
Strings Mismatch Module average d	egradation	Year no	3	Loss Fraction	0.10 % 0.4 %/vear
Mismatch due to	degradation	Imp RMS dispersion	0.4 %/year	Voc dispersion RMS	0.4 %/year
Incidence effect, /	ASHRAE paramet	rization IAM -	1 - b0 (1/cos	I-1) bo Param.	0.05
System loss fact Wiring Ohmic Los	SS SS	Wires: 3x120.0 mm²	120 m	Loss Fraction	2.3 % at STC
User's needs :		Unlimited load (grid)			
Discust Discharger and a					

Şekil 6.36. Simülasyon sonucu elde edilen rapor sayfa-1



Şekil 6.37. Simülasyon sonucu elde edilen rapor sayfa-2



Şekil 6.38. Simülasyon sonucu elde edilen rapor sayfa-3



t Eveluation mode

Şekil 6.39. Simülasyon sonucu elde edilen rapor sayfa-4



Şekil 6.40. Simülasyon sonucu elde edilen rapor sayfa-5

BÖLÜM 7. PVSYT SİMÜLASYONU İLE GERÇEK ÜRETİM DEĞERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Lebit Enerji güneş santraline ait üretim değerleri ile PVsyst programı ile elde edilen simülasyon değerlerinin karşılaştırılması, Şekil 7.1.'de verilmiştir. Şekil 7.1.'de verilen tablo incelendiğinde; Lebit Enerji güneş santralinde, bir yıl boyunca toplamda 319.1 MW enerji üretilmesine karşılık, PVsyst programı 320.9 MW enerji üretilebileceğini öngörmüştür. Üretim değerleri ile simülasyon değerleri arasında sadece 1.8 MW yani % 0.56' lık bir fark bulunmaktadır.



Şekil 7.1. Üretim değerleri ile simülasyon değerlerinin karşılaştırılması

Ocak, Mayıs, Haziran, Temmuz, Eylül, Ekim ve Kasım aylarında üretim değerleri simülasyon değerlerinden yüksek iken, Şubat, Mart, Nisan, Ağustos ve Aralık aylarında simülasyon değerleri üretim değerlerinden yüksek çıkmıştır. Üretim değerleri ile simülasyon değerleri arasındaki fark, en az Şubat ayında iken, en fazla Aralık ayında oluşmuştur. Aralık ayında meydana gelen bu fark, yağan karın

birikintiye sebep olması ve temizleme işleminin gecikmesinden kaynaklanmıştır. En fazla üretim 36.2260 MW ile Temmuz ayında, en düşük üretim ise 13.230 MW ile Aralık ayında olmuştur. Bu durumun sebebi de en fazla ışımanın Temmuz ayında, en az ışımanın ise Aralık ayında elde edilmesidir.



Şekil 7.2. Enerji akış diyagramı

Şekil 7.2.'de Lebit Enerji güneş santraline ait simülasyon sonucu elde edilen enerji akış diyagramı bulunmaktadır. Güneş panelleri 26⁰'lik bir açı ile yerleştirildiğinde panel yüzeyine gelen ışıma %12.2 oranında artmaktadır. Horizondan kaynaklanan kayıp %0.7, yansımadan kaynaklanan kayıp %2.7, tozlanma ve karlanmadan kaynaklanan kayıp %3 iken gölgelemeden kaynaklanan kayıp %0 olarak ölçülmüştür. Panel yaşlanma kaybı %1, panel zayıf ışık kaybı %0.6, panel sıcaklık kaybı %8.7,

panel yansıma kaybı %2, panel uyumsuzluk kaybı %1.1 ve doğru akım kablolama kaybı %1.5 olmak üzere toplamda %13.7'lik dize kaybı, %2.1 inverter kaybı ve %1.3 değerinde alternatif akım kablolama kaybı bulunmaktadır.

BÖLÜM 8. SONUÇ VE ÖNERİLER

PVsyst programı, bir PV sistem kurulumunun tasarımı aşamasında, üreticiye, ilgilendiği coğrafi bölgeye yapılacak olan yatırımının ne kadar sürede geri alınabileceğini, diğer bir ifade ile kara geçiş noktasının tespit edileceği gibi, kurulmuş bir pv sisteminin, revize edilerek optimizasyon çalışmalarında ciddi bir araç olarak kullanılabilir.

Kurulması planlanan PV santrallerinin ayrıntılı olarak simülasyonu Bölüm 4 verilen adımlar takip edilerek kolaylıkla yapılabilir. PVsyst programını kullanmak isteyenler için, bu çalışma bir kullanım kılavuzu örneği teşkil edebilir.

PVsyst programı kullanıcı dostu bir program olarak altyapısında şuan üretimde olan veya daha önceden üretilmiş olan ekipmanların katalog bilgilerini bulundurmasının yanında tasarım yapılacak ürünlerin de sisteme kaydedilip kullanılmasına izin vermesi programın daha işlevsel kılmaktadır.

PVsyst programı ile kurulacak olan PV sisteminde, maksimum güneş ışımasının elde edilebilmesi için, güneş panelinin açısı tespit edilebilir. Güneş paneli açısının mevsimlik veya aylara göre ayrı ayrı da ifade edilebilmesi, PV sistemlerin yıl boyunca maksimum ışıma elde etmesine olanak sağlar. Ayrıca, sabit veya hareketli sistemler kullanılarak güneş paneli açısının belirlenmesine de sağlamaktadır.

PVsyst programı ile kurulacak olan PV sisteminde, farklı özellikte (polikristal, thin, vb.) güneş panelleri seçilerek, güneş panellerinin verimliliklerinin karşılaştırılması konulu çalışmalar yapılabilir.

PVsyst programı ile yenilebilir enerji sistemlerinin kullanımının yaygınlaştırılmasının en büyük sebeplerinden biri olan karbondioksit salınımı miktarı da tespit edilebilir.

PVsyst programında, 3 boyutlu çizim özelliği ile gölgeleme kayıplarının hesaplanması sağlanabilmektedir. Yapılan çizimde, Lebit Enerji güneş santralinde gölgelemeden kaynaklanan bir kayıp olmadığı ispatlanmıştır.

Bu tez çalışmasında, Siirt ilinde, 200kWp kurulu güce sahip olan Lebit Enerji güneş santraline ait bilgiler, PVsyst programı ile birebir olarak analiz edildi. Bir yıllık gerçek üretim değerleri ile PVsyst programı ile elde edilen simülasyon değerleri karşılaştırıldı ve % 0.56' lik çok küçük bir fark ile yakınsadığı gözlemlenmiştir.

Hareketli panel sistemlerinin kullanılmasıyla daha fazla ışıma, dolayısıyla daha fazla enerji elde edilebildiği, ancak maliyeti daha fazla olduğu için tercih edilemediği gözlemlenmiştir.

Yapılan analiz ve incelemeler neticesinde, düzenli toz ve kar temizliği yapılırsa, daha fazla enerji üretimi sağlanabilir.

PVsyst programı, maliyet hesabını da yapabilen bir program olmasına rağmen, yapılan masraflara ait bilgilere ulaşılamadığından, bu özelliği kullanılamamıştır. Ancak, yeni kurulacak olan bir PV sisteminin üreteceği enerji miktarı kadar, maliyet hesabının yapılması da önemli olduğu için, programın bu özelliği yeni kurulacak olan PV sistemleri için kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Yılmaz, Ş., Kahramanmaraş İl Merkezi Koşullarında Optimum Enerji Verimliliğine Sahip Fotovoltaik Temelli Bir Elektrik Jeneratörünün Modellenmesi ve Gerçekleştirilmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 2015.
- [2] Küçükgöze, O.M., Erzincan İlinde Güneş Enerjili Elektrik Üretim Sisteminin Ekonomik Analizi. Erzincan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dali, Yüksek Lisans Tezi 2016.
 - [3] Ajder, A., Fotovoltaik Güneş Enerjisi Sistemleri İçin Optimum Eğim Açısının Hesaplanması. Yıldız teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Mühendisliği Elektrik Tesisleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2011.
 - [4] Eruz, Ü.G., Güneş Paneli Çeşitlerinden Polikristal, Monokrital ve Thin Film Panellerinin Karabük Şartlarında Verimlilik Karşılaştırması. Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2015.
 - [5] Http://Globalsolaratlas.Info/., Erişim Tarihi: 17.12.2017.
 - [6] http://www.teknosayfa.com/gunes-enerjisi-kullanimi-2016-yilinda-rekorseviyelere-ulasti-h391.html., Erşim Tarihi: 17.12.2017.
 - [7] Kılıç, Ç.F., Güneş Enerjisi Türkiye'deki Son Durumu ve Üretim Teknolojileri. Mühendis ve Makina, 56(671): 28-40, 2015.
 - [8] https://www.setav.org/dunyada-ve-turkiyede-yenilenebilir-enerji/., Erişim Tarihi: 17.12.2017.
 - [9] http://www.eie.gov.tr/mycalculator/default.aspx., Erişim Tarihi: 17.12.2017.
 - [10] Ayaz, R., Farklı PV Teknolojilerinin Gerçek Ortam Verileri Kullanılarak Modellenmesi ve İstanbul Şartlarında Optimum Eğim Açılarının Belirlenmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Mühendisliği Anabilimdalı, Yüksek Lisans Tezi, 2012.
 - [11] Pakma, N., Batman'da 1 MW'lık Fotovoltaik Enerji Sisteminin Tasarımı. Batman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2016.

- [12] HAYDAROĞLU, C., Gümüş, B., Dicle Üniversitesi Güneş Enerjisi Santralinin PVsyst Ile Simülasyonu ve Performans Parametrelerinin Değerlendirilmesi. Dicle Üniversitesi Fakültesi Mühendislik Dergisi, 7(3): 491-500, 2016.
- [13] Rüştü, E., Fotovoltaik Güç Sistemlerinde Performansın Modellenmesi. Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2000.
- [14] Nirwan, D., Thakur, T., Performance Evaluation of Grid Connected Solar PV Plant Using Pvsyst. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 4(5): 3190-3194, 2017.
- Yadav, P., Kumar, N., Chandel, S.S., Simulation And Performance Analysis of A Lkwp Photovoltaic System Using Pvsyst. Computation of Power, Information And Communication (ICCPEIC), 3(5): 358-363 2015.
- [16] Tallab, R., Malek, A., Predict System Efficiency of 1 MWc Photovoltaic Power Plant Interconnected To The Distribution Network Using PVSYST Software. Conference: 3rd International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC), At Marrakech – Ouarzazate, Morocco, 41-44, 2016.
- [17] Özerdem, Ö.C., Tackie, S., Biricik, S., Performance Evaluation of Serhatköy (1.2 MW) PV Power Plant, İEEE 3(5): 398-402, 2015.
- [18] Kandasamy, C.P., Prabu, P., Niruba, K., Solar Potential Assessment Using Pvsyst Software, IEEE 5(6): 667-672, 2013.
- [19] Soualmina, A., Rachid, C., Modeling And Simulation Of 15MW Grid-Connected Photovoltaic System Using Pvsyst Software. İEEE 7(6): 9-12, 2016.
- [20] Raj, A., Gupta, M., Panda, S., Design Simulation And Performance Assessment Of Yield And Loss Forecasting For 100 Kwp Grid Connected Solar PV System. Next Generation Computing Technologies (NGCT) 3(5): 528-533, 2016.
- [21] Morshed, S., Chowdhury, T.H., Rahman, A., Designing of a 2kW Stand-alone PV System in Bangladesh Using PVsyst, Homer and SolarMAT. İEEE 3(7): 9-12, 2015.
- [22] LALWANI, M., KOTHARI, D.P., SINGH M., Investigation of Solar Photovoltaic Simulation Softwares, International Journal of Applied Engineering Research Dindigul, 3(1): 87-92, 2010.
- [23] Sekçuloğlu, S.A., Fotovoltaik, Rüzgâr Ve Hibrit Sistemlerin Tasarimi Ve Ekonomik Analizi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2012.

- [24] Bayrak, G., Balık Çiftlikleri Đçin Tasarlanan, Şebekeden Bağımsız, 1.1 kW'lık Kurulu Güce Sahip PV Sistemin Performans Analizi. 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 2011.
- [25] Yılmaz, U., Gökçeada'da Yenilenebilir Enerji Kaynaklariyla Elektrik Üretimi. İstanbul Teknik Üniversitesi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2008.
- [26] McGowan, J.G., Manwell, J. F. ve Warner, C. L., Hybrid Wind/PV/Diesel Hybrid Power Systems Modeling and South American Applications, Renewable Energy, 9 836-847, 1996.
- [27] Bali, S., Güneş Enerjisi Sektöründe Kullanılan Bilgisayar Destekli Simülasyon Programları; PV*SOL Expert Programı İncelemesi, VIII. Yenilebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu Bildiriler Kitabı, İstanbul, 127-132, 2015.
- [28] Çiftçi, F., Güneş Enerji Sistemlerinde Farkli Cins Panellerle Maliyet Ve Güç Analizinin Yapilmasi. Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2016.
- [29] Kıyançiçek, E., Fotovoltaik Sistemlerin Boyutlandirilmasi Için Pvs2 Paket Programinin Gerçekleştirilmesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2013.
- [30] Lima, J.B.A., Prado, R.T.A., Taborianski, V.M., Optimization of tank and flate-plate collector of solar water heating system for single-family households to assure economic efficiency through the TRNSYS program. Renewable Energy 31, 1581-1595, 2006.
- [31] Gültuna, K.M., Gürsu-Bursa Fotovoltaik Güç Santralinin Simülasyonu Teknoekonomik Ve Çevresel Optimizasyon. Başkent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2015.
- [32] Şahin, M.E., Okumuş, H.İ., Güneş Pili Modülünün Matlab/Simulink İle Modellenmesi ve Simülasyonu. Elektrik Mühendisleri Odası Bilimsel Dergi 3(5): 17-25, 2013.
- [33] Işık, F., Kömürgöz, G., Bürkav, H., Yenilenebilir Enerji Üretim Santrallerinde Düşük Kayıplı Transformatör Kullanımının Önemi, 22. Uluslararası Enerji ve Çevre Konferansı Kitabı, İstanbul, 41-46, 2016.
- [34] Deniz, E., Güneş Enerjisi Santrallerinde Kayiplar. Elektrik Mühendisleri Odası Bilimsel Dergi 4(7): 47- 57, 2014.
- [35] Köprü, M.A., Fotovoltaik Sistemlerde Kablo Kayıplarının İncelenmesi. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2016.

- [36] Çekinir, S., Fotovoltaik Güç Sistemlerinin Modellenmesi ve Benzetimi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2012.
- [37] KUMBASAR, A., DA Çevirici Temelli Fotovoltaik Elektrik Üretim Sistemlerinin İncelenmesi ve Simülasyonu. Yıldız Teknik Üniversitresi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi, 2010.
- [38] Ekici, B.B., Ankara'da teras çatılarda kurulacak fotovoltaik sistemler için optimum eğitim açısının belirlenmesi, 2. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı, Ankara, 437-447, 2015.
- [30] Reindl, D.T., Beckman, W.A., and Duffie, J.A., Diffuse Fraction Correlations, Solar Energy, vol. 45, no. 1, pp. 9–17, 1990.
- [40] Http://Re.Jrc.Ec.Europa.Eu/Pvgis/Apps4/Pvest.Php?Map=Africa., Erişim Tarihi: 17.12.2017.
- [41] Http://Re.Jrc.Ec.Europa.Eu/Pvg_Tools/En/Tools.Html#., Erişim Tarihi: 17.12.2017.

ÖZGEÇMİŞ

Hamit Kürşat DEMİRYÜREK, 17.07.1988'de Ankara'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Ankara'da tamamladı. 2010 yılında Sakarya Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 2010 yılından beri, özel sektörde Elektrik ve Elektronik Mühendisi olarak çalışmaktadır. Evlidir.