
Araştırma Makalesi / Research Article

Lebit Enerji Güneş Santralinin Pvsyst Programı ile AnaliziHamit Kürşat DEMİRYÜREK¹, Uğur ARİFOĞLU¹, Mehmet BOLAT^{2*}¹Sakarya Üniversitesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği, Sakarya²Siirt Üniversitesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği, Siirt

(ORCID: 0000-0002-0152-8793) (ORCID: 0000-0001-8082-5448) (ORCID: 0000-0003-0988-0262)

Öz

Bu çalışmada, 200kWp kurulu güce sahip, Lebit Enerji güneş santraline ait bilgiler, Pvsyst V6.67-TRIAL 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 görülmüştür. Bu sonuç, tasarım aşamasında olan PV sistemleri için, yapılan fizibilite çalışmalarına büyük katkı sağlayabileceği gibi, hali hazırda kurulu olan PV sistemlerin daha verimli hale getirilebilmesi için, yapılacak olan revizyon çalışmalarına ışık tutabilir.

Anahtar kelimeler: Şebekeye bağlı PV sistem, Pvsyst, solar radyasyon, simülasyon, kayıplar.**Analysis of Lebit Energy Solar Power Plants with Pvsyst Program****Abstract**

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 of PV systems that are in the design step, on the other hand it can be guide to make revision more effective PV systems.

Keywords: Grid connected PV system, Pvsyst, solar radiation, simulation, losses.**1. Giriş**

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 yıllarda 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 yenilenebilir enerji kaynaklarına kıyasla, çevreye daha az zarar vermesi,

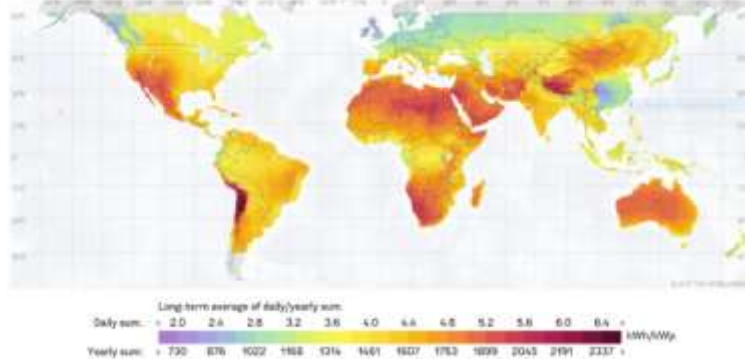
*Sorumlu yazar: mehmetbolat@siirt.edu.tr

Geliş Tarihi:25.11.2019, Kabul Tarihi: 09.04.2020

güneş enerjisi kullanımı sırasında, karbondioksit ve diğer sera gazlarından hiçbirini üretmemesi de önemli bir etkidir [1, 2].

1.1. Dünya’da Güneş Enerjisi Durumu

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.



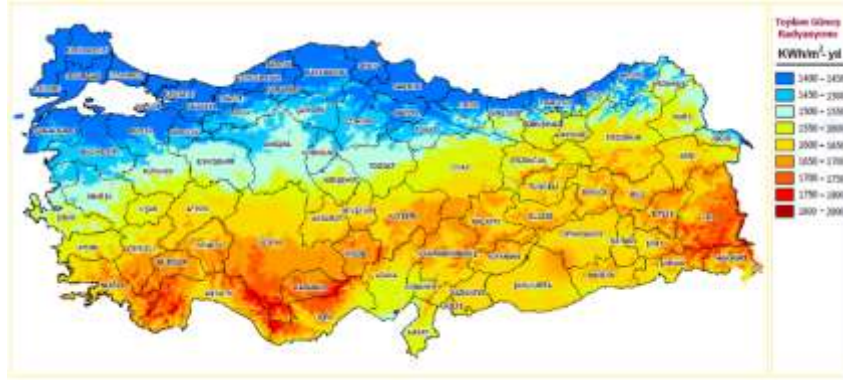
Şekil 1.1. Dünya güneş enerjisi potansiyeli haritası [4]

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 [5].

1.2. Türkiye’de Güneş Enerjisi Durumu

Coğrafi konumu itibarıyla 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 kullanılsa da çıkartılan yönetmelikler ve teşvikler sayesinde ilgi gün geçtikçe artmaktadır [5, 6].

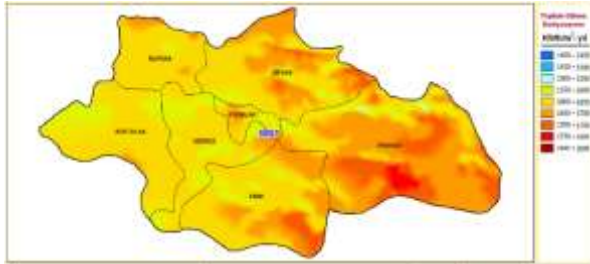
Türkiye’de, 2014 yılında 40 MW olan kurulu güç kapasitesi, 2015 yılında 249 MW’a ve 2016’da ise 830 MW seviyesine ulaşmıştır [7]. Türkiye’deki toplam kurulu güç kapasitesinin ancak yaklaşık %1’i güneş enerjisinden elde edilebilmektedir. Türkiye’de 2010 yılı öncesinde, güneş sistemleri, genellikle termal 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 [7]. 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 [8]

1.3. 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 [8]



Şekil 1.4. Siirt ili global radyasyon değerleri ve güneşleme süreleri grafiği [8]

2. Materyal ve Metot

PV sistemlerin analizi için, PVSyst, Homer, RETScreen, PVGIS, PVSOL Expert gibi birçok simülasyon programı mevcuttur. Ancak 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, varsayılan 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 bu çalışmada PVSyst programının kullanımına karar verilmiştir [9-28].

PVSyst programı Cenevre Üniversitesi tarafından geliştirilmiş olup, program ile şebekeye bağlı, şebekeden bağımsız, pompa ve DC üretim sistemlerinin ayrı ayrı tasarımı yapılabilmektedir.



Şekil 2.1. PVSyst programı ana ekran görüntüsü

Lebit Enerji güneş santrali şebeke bağlı bir güneş santralidir. Lebit Enerji güneş santralinin PVsyst programı ile simülasyonu 8 ana adımda yapılmıştır. Bu adımlar aşağıda belirtilmiştir [29].

2.1. Proje Bölümü

Santralin kurulacağı yerin PVsyst programına tanıtılıp, meteorolojik bilgiler aktarılmaktadır.

2.1.1. Konum

Lebit Enerji güneş santrali Siirt ili Merkez İlçesine bağlı Bağtepe mevkiinde, (N 37.945; E 41.973) koordinatlarında kuruldu. Lebit Enerji güneş santraline ait Şekil 2.2.'de uydu görüntüsü ve Şekil 2.3'te yakından görünümü verilmiştir.



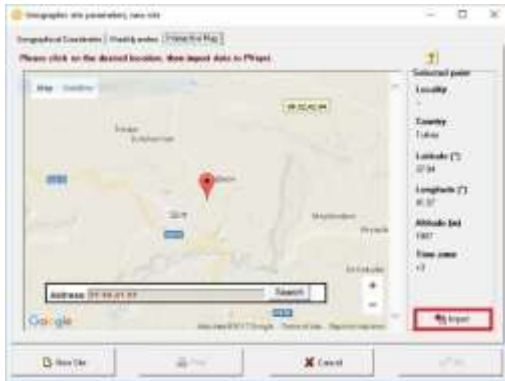
Şekil 2.2. Lebit Enerji güneş santrali uydu görüntüsü



Şekil 2.3. Lebit Enerji güneş santrali görünümü

2.1.2. Meteorolojik Verilerin Aktarılması

Lebit Enerji güneş santralinin bulunduğu konuma ait meteorolojik veriler PVsyst programının veri tabanında bulunmamaktadır. Bu sebeple ilk adım olarak Lebit Enerji güneş santralinin bulunduğu konuma ait meteorolojik bilgilerin sisteme aktarılması gerekir. Bu işlem, Databases bölümünden Geographical Sites sekmesi altında Şekil 2.4 ve Şekil 2.5' de verilen adımlar yerine getirilerek yapılır.



Şekil 2.4. Meteorolojik verilerin aktarılması-1



Şekil 2.5. Meteorolojik verilerin aktarılması-2

2.2. Sistem Bölümü

Güneş paneli, inverter ve seri-paralel dizilere ait bilgilerinin programa nasıl tanıtıldığı açıklanmaktadır. Sisteme bölümüne ait ekran görüntüsü Şekil 2.6.'da verildi.

Grid system definition, Variant "New simulation variant"

Global System configuration

1 Number of kinds of sub-arrays

Global system summary

| | | | |
|------------------|---------------------|------------------|----------|
| Nb. of modules | 800 | Nominal PV Power | 200 kWp |
| Module area | 1333 m ² | Maximum PV Power | 194 kWdc |
| Nb. of inverters | 10 | Nominal AC Power | 200 kWac |

PV Array

Sub-array name and Orientation

Name: PV Array

Orient: Fixed Tilted Plane

Tilt: 26°

Azimuth: 0°

Resizing Help

No sizing

Enter planned power: 200.0 kWp

or available area(modules): 1333 m²

Select the PV module

Available Now

Approx. needed modules: 800

Solarturk Energy | 250 Wp 25V | Si-poly | Poly 250 w 60 Cells | Since 2008 | Manufacturer 2015

Sizing voltages: V_{mpp} (60°C) 25.7 V

V_{oc} (-10°C) 41.9 V

Use Optimizer

Select the inverter

Available Now

REFU Elektronik Gmbh | 20 kW | 250 - 850 V | TL | 50/60Hz | RefuSol 20K (867P) | Since 2016

Nb. of inverters: 10

Operating Voltage: 250-850 V

Global Inverter's power: 200 kWac

Input maximum voltage: 1000 V

50 Hz

60 Hz

Design the array

Number of modules and strings

Mod. in series: 20 between 10 and 23

Nbre strings: 40 only possibility 40

Overload loss: 0.0 %

P_{nom} ratio: 1.00

Nb. modules: 800 Area: 1333 m²

Operating conditions

V_{mpp} (60°C) 513 V

V_{mpp} (20°C) 620 V

V_{oc} (-10°C) 838 V

Plane irradiance: 1000 W/m²

I_{mpp} (STC) 331 A

I_{sc} (STC) 352 A

I_{sc} (at STC) 352 A

Max. in data

STC

Max. operating power at 1000 W/m² and 50°C: 179 kW

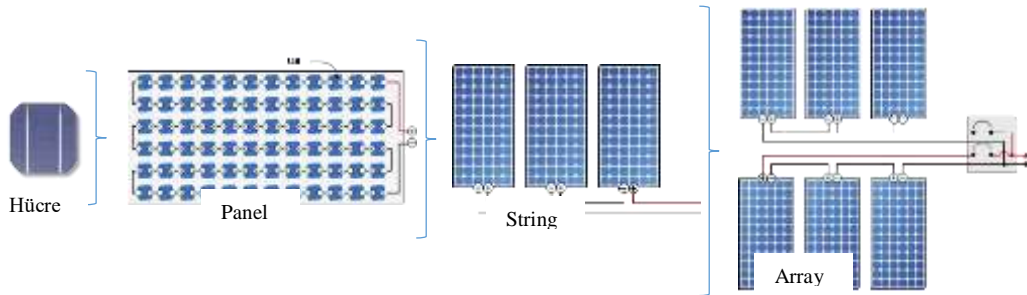
Array nom. Power (STC): 200 kWp

Şekil 2.6. Lebit Enerji güneş sanralı sistem bilgileri

2.2.1. Güneş Paneli

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 2.7.'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 2.7. Fotovoltaik hücreler

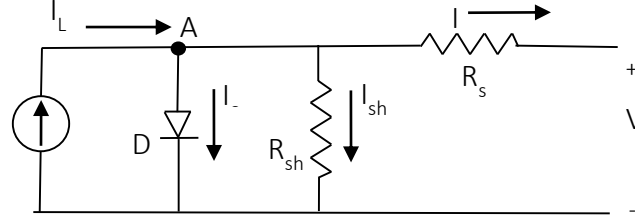
2.2.1.1. Fotovoltaik Hücrelerinin Çalışma İlkesi

Fotovoltaik hücrelerinin çalışma ilkesi, Fotovoltaik (Photovoltaic) olayına dayanır. Fotovoltaik olayı ilk kez 1839 yılında Becquerel tarafından bulunmuştur. 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.

2.2.1.2. Fotovoltaik Hücre Eşdeğer Modeli

Fotovoltaik hücrelerinin eşdeğer devre modeli, ilk olarak Lorenzo tarafından 1994 yılında tanımlanmıştır. Şekil 2.8.'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 [30].



Şekil 2.8. Güneş pili eşdeğer devresi

Şekil 2.8.'de verilen devrede, A noktasına Kirchoff Akım Yasasını uygulanırsa;

$$I_L = I_0 + I_{sh} + I \quad (1)$$

denklemleri elde edilir. Diyot gerilimi ve diyot akımı;

$$V_d = V + R \cdot I \quad (2)$$

$$I_d = I_0 \left(e^{\frac{q \cdot V_d}{n \cdot k \cdot T}} - 1 \right) = I_0 \left(e^{\frac{q \cdot (V + R_s \cdot I)}{n \cdot k \cdot T}} - 1 \right) \quad (3)$$

olarak ifade edilir. Şekil 2.8.'de verilen devrede, diyota paralel olan R_{sh} direncinin üzerinden geçen akım ise;

$$I_{sh} = \frac{V_d}{R_{sh}} = \frac{V + R_s \cdot I}{R_{sh}} \quad (4)$$

olarak elde edilir. (Denklem 3) ve (Denklem 4), (Denklem 1)'de yerine konulursa; (Denklem 3.5)'te verildiği gibi elde edilir.

$$I = I_L - I_0 \left(e^{\frac{q \cdot V_d}{n \cdot k \cdot T}} - 1 \right) - \frac{V + R_s \cdot I}{R_{sh}} \quad (5)$$

(Denklem 5)'te paralel direnç R_{sh} çok küçük olduğu için, ihmal edilebilir. (Denklem 5)'ten V değeri çekilirse;

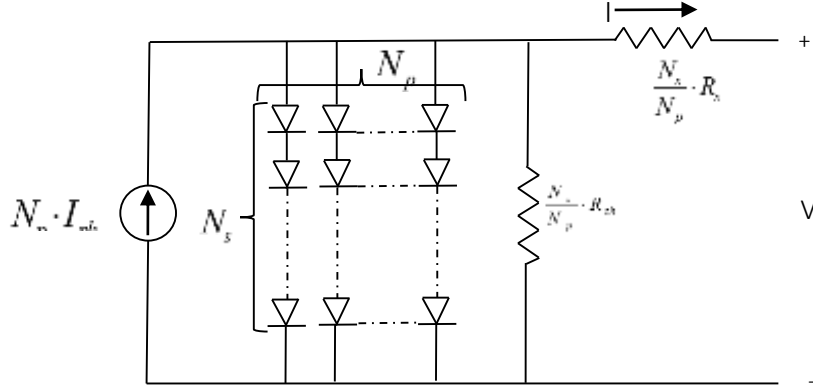
$$V = \frac{n \cdot k \cdot T}{q} \cdot \ln \left[\frac{I_L + I_0 - I}{I_0} \right] - R_s \cdot I \quad (6)$$

(Denklem 6)'te verilen fotovoltaik hücrenin uçlarındaki gerilim değeri elde edilir.

2.2.1.3. Güneş Paneli Eşdeğer Modeli

Fotovoltaik hücreler güneş sistemlerinin en küçük birimi olup tek başına çok küçük değerlerde (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 2.9.'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 [30].



Şekil 2.9. Güneş paneli eşdeğer modeli

Şekil 2.9.'de verilen devrede, panel akım denklemi;

$$I = N_p \cdot I_L - N_p \cdot I_L \left[e^{\frac{V + I \cdot R_s}{N_s \cdot n \cdot k \cdot T}} - 1 \right] - \frac{N_p \cdot V + R_s \cdot I}{R_{sh}} \quad (7)$$

olarak elde edilir. (Denklem 7)'de paralel direnç R_{sh} çok küçük olduğu için ihmal edilebilir. (Denklem 3.7)'de V değeri çekilirse, (Denklem 8)'te verilen güneş panelinden elde edilecek gerilim değeri elde edilir.

$$V = \frac{N_s \cdot n \cdot k \cdot T}{q} \cdot \ln \left[\frac{I_L + I_0 - I + N_p}{N_p \cdot I_0} \right] - \frac{N_s}{N_p} \cdot R_s \cdot I \quad (8)$$

Lebit Enerji güneş santralinde, Tablo 2.1.'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 [1].

Tablo 2.1. SolarTürk Güneş Paneli Katalog Bilgileri

| Elektriksel Özellikler | Teknik Bilgiler | | |
|------------------------------|-----------------|-------------------------|--------------|
| 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 | Tyco |
| Maksimum Sistem Gerilimi (V) | 1000 | Diyot Akımı (A) | 5 |

2.2.2. İnverter

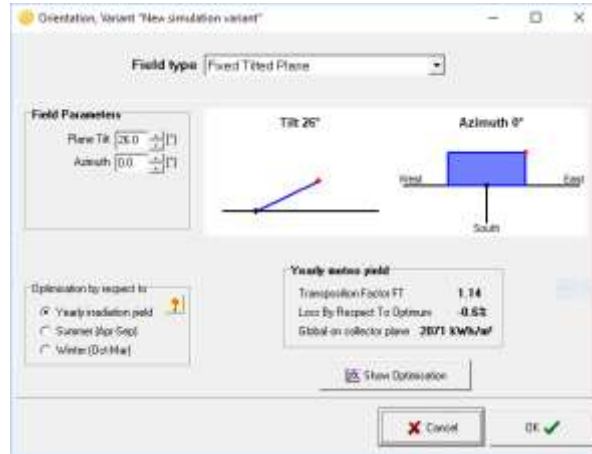
Lebit Enerji güneş santralinde Tablo 2.2.'de katalog bilgileri verilen REFUsol 020K marka inverterden her array çıkışına bir adet konulmak üzere toplam 10 adet kullanılmıştır. Montajı, sevkiyatı ve bakımı açısından kolaylık sağladığı için dizi inverter tercih edilmiştir [1].

Tablo 2.2. REFUsol 020K İnverter katalog bilgileri

| DC DATA | | AC DATA | |
|---------------------------|-----------|------------------------|------------|
| Max. PV Pover (kW) | 21.2 | Rated AC power (kW) | 19.2 |
| MPPT range (V) | 480...850 | Max. AC power (kW) | 19.2 |
| Max. DC voltage (V) | 1000 | AC grid connection (V) | 400 |
| Max. DC current (A) | 41 | Max. AC current (A) | 29 |
| MPP tracking | one fast | Cos ϕ | 0.9i..0.9c |
| 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 |

2.3. Yönlendirme Bölümü

Güneş paneli ve azimuth açısı bilgilerinin programa girişi tanıtılmaktadır. 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 edildi. Yapılan ölçümler sonucunda, yıllık maksimum ışımanın elde edilmesi için, Şekil 2.10.'da verildiği gibi, panel açısı 26° ve azimuth açısı 0° olarak belirlenmiştir [3, 31].

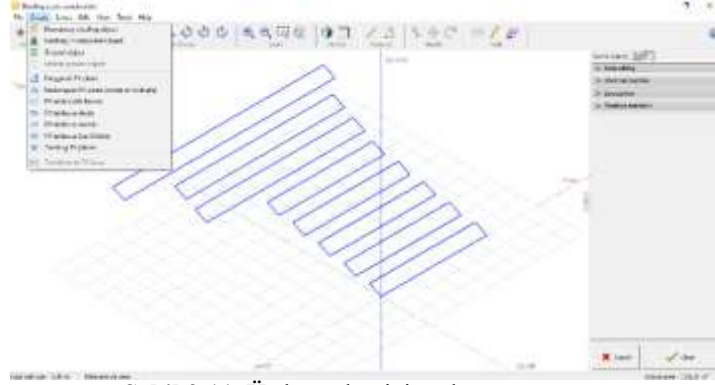


Şekil 2.10. Panel açısı ve Azimuth açısı ekran görüntüsü

PVsyst programında yönlendirme ve sistem bölümüne ait veriler sisteme tanıtıldıktan sonra diğer bölümlere ait verileri sisteme aktarmadan da sistemin varsayılan değeri alınarak sistemdeki verilere göre simülasyonun yapılmasına izin verir. Ancak, ayrıntılı bir analiz yapılmak istenirse gölgeleme, kayıplar ve horizon bilgileri girilir.

2.4. Gölgeleme Bölümü

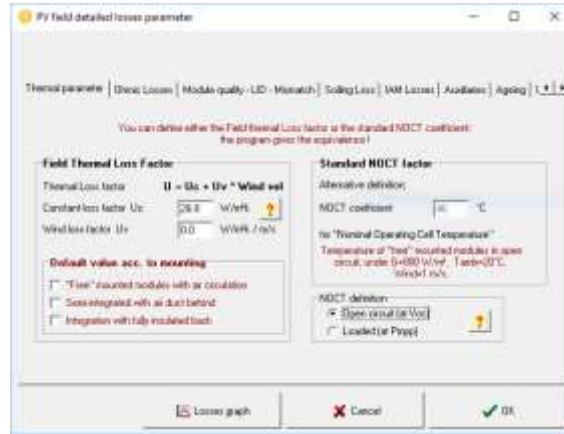
Bu bölümde PVsyst programı ile 3D boyutlu olarak santralin gölgeleme hesapları yapılmaktadır. Lebit Enerji güneş santralinin kurulu olduğu yerde herhangi bir gölgelemeye sebebiyet verecek nesne olmamasına rağmen, panellerin diziliminden kaynaklanan bir gölgeleme olabileceğini düşünerek, Şekil 2.11.'de görüldüğü gibi üç boyutlu çizimi yapılarak sisteme aktarıldı.



Şekil 2.11. Üç boyutlu çizim ekran görüntüsü

2.5. Kayıplar Bölümü

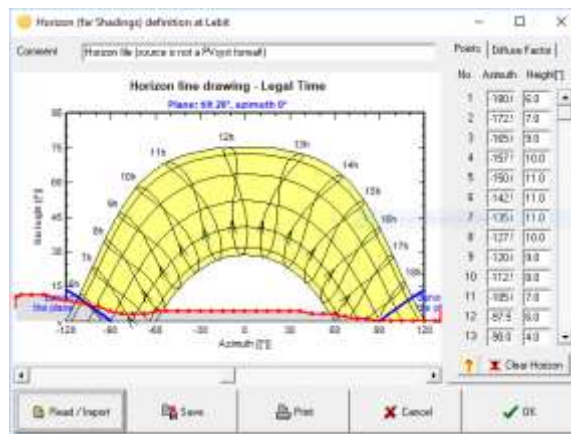
Bu bölümde, Kablo kayıpları, panel kayıpları, tozlanma kayıpları gibi santral kayıplarının programa nasıl girildiği anlatılmaktadır. Şekil 2.12.'de termal (sıcaklık) kayıpları, omik kayıpları (DC kablolama, AC kablolama ve Trafo bağlantı kablolarında kaynaklanan), panel kayıpları, uyumsuzluk kayıpları, tozlanma/karlanma kayıpları, yansıma kayıpları, harici ekipman kayıpları (lambda, kamera, klima vb.), panel yaşlanma kayıpları ve arıza bakım kayıpları olarak sisteme aktarılır.



Şekil 2.12. Kayıplar bölümü ekran görüntüsü

2.6. Horizon (Ufuk Çizigisi) Bölümü

Bu bölümde, ufuk çizgisinin programa tanıtılması açıklanmaktadır. Lebit Enerji güneş santraline ait ufuk çizgisine ait bilgiler sisteme aktarıldığında Şekil 2.13.'deki ekran görüntüsü elde edilir.



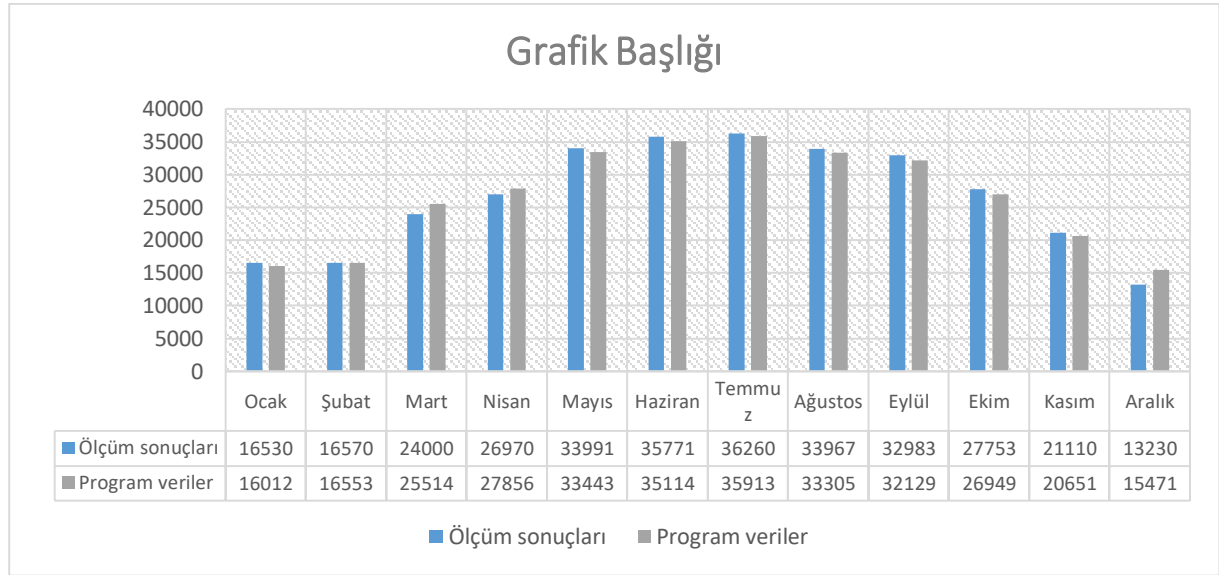
Şekil 2.13. Horizon bölümü ekran görüntüsü

2.7. Simülasyon Bölümü

Santrale ait bütün verilerin rapor ve tablolar halinde analiz anlatılmaktadır. Ana ekran üzerindeki report sekmesine tıkladığında, Lebit Enerji güneş santralının 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.), horizon (ufuk çizgisi) veri ve grafiğine, 3 boyutlu çizime ve gölgeleme kaybı grafiği ile PV sisteminin, üretim verilerine ve performans bilgisine ve enerji akış diyagramına ulaşılır.

3. Bulgular ve Tartışma

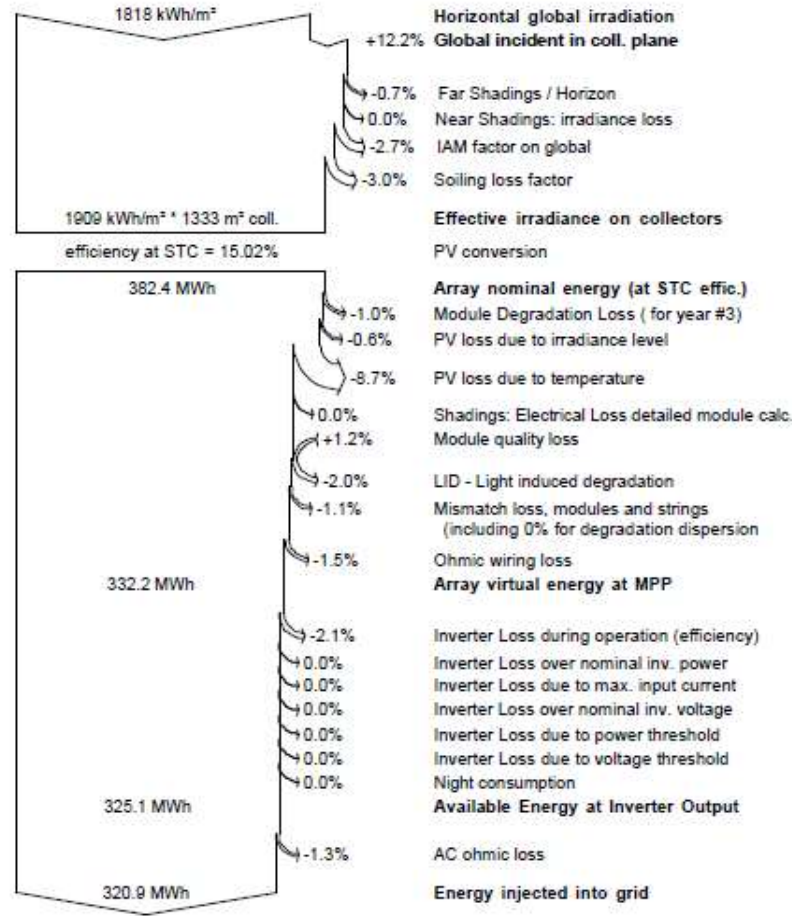
Lebit Enerji güneş santraline ait üretim değerleri ile PVsyst programı ile elde edilen simülasyon değerlerinin karşılaştırılması, Şekil 3.1.'de verilmiştir. Şekil 3.1.'de verilen tablo incelendiğinde; Lebit Enerji güneş santralinde, bir yıl boyunca toplamda 319,1 MW enerji üretilmesine karşılık, PVsyst 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 3.1. 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, yağın karın birikintisine sebep olması ve temizleme işleminin gecikmesinden kaynaklanmıştır. En fazla üretim 36,260 MW ile Temmuz ayında, en düşük üretim ise 13,230 MW ile Aralık ayında olmuştur. Bu durumun sebebi de en fazla ışımının Temmuz ayında, en az ışımının ise Aralık ayında elde edilmesidir.

Şekil 3.2.'de Lebit Enerji güneş santraline ait simülasyon sonucu elde edilen enerji akış diyagramı bulunmaktadır. Güneş panelleri 26°'lik bir açı ile yerleştirildiğinde panel yüzeyine gelen ışımın %12.2 oranında artmaktadır. Horizontan 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.



Şekil 3.2. Enerji akış diyagramı

4. Sonuç ve Öneriler

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 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 şu an 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 ışımalarının 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 ışımaya elde etmesine olanak sağlar. Ayrıca, sabit veya hareketli sistemler kullanılarak güneş paneli açısının belirlenmesine de sağlanmaktadır.

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 yenilenebilir 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 çalışmada, 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'lık çok küçük bir fark ile yakınsadığı 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 ulaşamadığından, 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.

Yazarların Katkısı

Uğur ARİFOĞLU makalenin yürütülmesini organize etmede, ilerlemesini gözetmek ve sorumluluğunu üstlenmede, fikir olarak makalenin hipotezini veya fikrini oluşturmada, çalışmanın teslim edilmesinden önce, dil ve yazımsal düzeltmelerden bağımsız olarak bilimsel anlamda çalışmayı yeniden değerlendirmede; Hamit Kürşat DEMİRYÜREK sonuçlara ulaşılmasını sağlayacak metodu belirleme ve uygun olarak tasarlamada, çalışma için gerekli kaynak taramasında sorumluluk almada, çalışmanın tamamının ya da önemli bölümlerinin yazılmasında; Mehmet BOLAT simülasyonu gerçekleştirilen tesisin gerçek datalarının toplanmasında, verilerin düzenlenmesi ve raporlanmasında, simülasyonların yapılması için sorumluluk almada, elde edilen verilerin mantıklı bir şekilde değerlendirilip karşılaştırılarak sonuçlandırılmasında katkı sağlamıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

- [1] Yılmaz Ş. 2015. Kahramanmaraş İl Merkezi Koşullarında Optimum Enerji Verimliliğine Sahip Fotovoltaik Temelli Bir Elektrik Jeneratörünün Modellenmesi ve Gerçekleştirilmesi. Doktora Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- [2] Küçüköze O.M. 2016. Erzincan İlinde Güneş Enerjili Elektrik Üretim Sisteminin Ekonomik Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Erzincan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzincan.
- [3] Ajder A. 2011. Fotovoltaik Güneş Enerjisi Sistemleri İçin Optimum Eğim Açısının Hesaplanması. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [4] <http://Globalsolaratlas.info/> (Erişim Tarihi: 17.12.2017).
- [5] <http://www.teknosayfa.com/gunes-enerjisi-kullanimi-2016-yilinda-rekor-seviyelere-ulasti-h391.html> (Erişim Tarihi: 17.12.2017).
- [6] Kılıç Ç.F. 2015. Güneş Enerjisi Türkiye'deki Son Durumu ve Üretim Teknolojileri. Mühendis ve Makina, 56 (671): 28-40.
- [7] <https://www.setav.org/dunyada-ve-turkiyede-yenilenebilir-enerji/> (Erişim Tarihi: 17.12.2017).
- [8] <http://www.eie.gov.tr/mycalculator/default.aspx>. (Erişim Tarihi: 17.12.2017).
- [9] Haydaroglu, C., Gümüş, B., 2016. Dicle Üniversitesi Güneş Enerjisi Santralinin PVsyst İle Simülasyonu ve Performans Parametrelerinin Değerlendirilmesi. Dicle Üniversitesi Fakültesi Mühendislik Dergisi, 7 (3): 491-500.
- [10] Rüştü E. 2000. Fotovoltaik Güç Sistemlerinde Performansın Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- [11] Nirwan D., Thakur T. 2017. Performance Evaluation of Grid Connected Solar PV Plant Using Pvsyst. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 4 (5): 3190-3194.

- [12] Yadav P., Kumar N., Chandel S.S. 2015. Simulation And Performance Analysis of A Lkwp Photovoltaic System Using Pvsyst. *Computation of Power, Information And Communication (ICCPEIC)*, 3 (5): 358-363.
- [13] Tallab R., Malek A. 2016. 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.
- [14] Özerdem Ö.C., Tackie S., Biricik S. 2015. Performance Evaluation of Serhatköy (1.2 MW) PV Power Plant, *IEEE*, 3 (5): 398-402.
- [15] Kandasamy C.P., Prabu P., Niruba K. 2013. Solar Potential Assessment Using Pvsyst Software. *IEEE*, 5 (6): 667-672.
- [16] Soualmina A., Rachid C. 2016. Modeling And Simulation Of 15MW Grid-Connected Photovoltaic System Using Pvsyst Software. *IEEE*, 7 (6): 9-12.
- [17] Raj A., Gupta M., Panda S. 2016. 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.
- [18] Morshed S., Chowdhury T.H., Rahman A. 2015. Designing of a 2kW Stand-alone PV System in Bangladesh Using PVsyst, Homer and SolarMAT. *IEEE*, 3 (7): 9-12.
- [19] Lalwani M., Kothari D.P., Singh M. 2010. Investigation of Solar Photovoltaic Simulation Softwares. *International Journal of Applied Engineering Research Dindigul*, 3 (1): 87-92.
- [20] Sekçuloğlu S.A. 2012. Fotovoltaik, Rüzgâr ve Hibrit Sistemlerin Tasarımı ve Ekonomik Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- [21] Bayrak G. 2011. Balık Çiftlikleri İçin Tasarlanan, Şebekeden Bağımsız, 1.1 kW'lık Kurulu Güce Sahip PV Sistemin Performans Analizi. 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11).
- [22] Yılmaz U. 2008. Gökçeada'da Yenilenebilir Enerji Kaynaklarıyla Elektrik Üretimi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [23] McGowan J.G., Manwell J.F., Warner C.L. 1996. Hybrid Wind/PV/Diesel Hybrid Power Systems Modeling and South American Applications. *Renewable Energy*, 836-847.
- [24] Bali S. 2015. Güneş Enerjisi Sektöründe Kullanılan Bilgisayar Destekli Simülasyon Programları; PV*SOL Expert Programı İncelemesi. VIII. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu Bildiriler Kitabı, İstanbul, 127-132.
- [25] Çiftçi F. 2016. Güneş Enerji Sistemlerinde Farklı Cins Panellerle Maliyet ve Güç Analizinin Yapılması. Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [26] Kıyanççek E. 2013. Fotovoltaik Sistemlerin Boyutlandırılması için Pvs2 Paket Programının Gerçekleştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- [27] Lima J.B.A., Prado R.T.A., Taborianski V.M. 2006. Optimization of tank and flat-plate collector of solar water heating system for single-family households to assure economic efficiency through the TRNSYS program. *Renewable Energy*, 31: 1581-1595.
- [28] Gültuna K.M. 2015. Gürsu-Bursa Fotovoltaik Güç Santralının Simülasyonu Teknoekonomik ve Çevresel Optimizasyon. Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [29] Demiryürek H.K. 2017. 200kwp Kurulu Güçteki Lebit Enerji Güneş Santralının PVsyst ile Tasarımı ve Üretim Değerleri ile Simülasyon Değerlerinin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- [30] Şahin M.E., Okumuş H.İ. 2013. Güneş Pili Modülünün Matlab/Simulink ile Modellenmesi ve Simülasyonu. *Elektrik Mühendisleri Odası Bilimsel Dergi*, 3 (5): 17-25.
- [31] Ekici B.B. 2015. Ankara'da teras çatılarda kurulacak fotovoltaik sistemler için optimum eğitimin belirlenmesi. 2. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı, Ankara, 437-447.