



MALATYA YÖRESİ İÇİN ÖRNEK BİR GÜNEŞ SANTRALİ MODELİNİN BENZETİMİ VE ŞEBEKEYE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Ozan AKDAĞ*, Celaleddin YEROĞLU

İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Malatya, Türkiye

Anahtar Kelimeler	Öz
<i>Güneş santrali, Yenilenebilir enerji, Modelleme, Yük akış analizi.</i>	Güneş enerjisi günümüzde soğutma, ısıtma ve elektrik enerjisi elde etme gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Güneş enerjisinin temiz bir yenilenebilir enerji kaynağı oluşu, ülkemizin güneş enerji potansiyelinin yüksek olması ve 2023 yılı ülkemizin 5000 MW kurulu güneş santrali hedefinin olması, güneş enerjisine ilgiyi artırmaktadır. Güneş santralleri kurulmadan önce ön çalışmalar yaparak, güneş santrali yapılacak bölgenin tespiti, ilave edilecek güç sistemine etkileri ve güvenilirlikli bir işletme şartlarının oluşturulması önemlidir. Bu gibi işlemleri önceden öngörmek ve güneş santralini, güç sistemine en iyi biçimde entegre etmek için modellemeler yapmak gereklidir. Bu çalışmada Malatya ilinde güneş santrali kurulumu açısından uygun olan bir bölge ön etüt çalışması yapılarak belirlenip, daha sonra o bölgeye en yakın 154/34,5 kV transformatör merkezinin 34,5 kV'lık barasına dâhil edilmesi düşünülen santralin, sanal modeli oluşturulup güç sistemine etkileri detaylı bir şekilde analiz edilmiştir.

SIMULATION OF A MODEL FOR A SUN PLANT FOR THE MALATYA REGION AND INVESTIGATION OF NETWORK EFFECTS

Keywords	Abstract
<i>Solar power plant, Renewable energy, Modelling, Load flow analysis.</i>	Today, solar energy is used in many areas such as cooling, heating and electricity generation. Solar energy is a clean renewable energy source, our country's solar energy potential is high, 2023 is the target of our country's 5000 MW installed solar power plant, it is increasing in solar energy in our country. Before solar power plants were established, detection of the zone where the solar power plant will be constructed, it is important to determine the effects on the power system to be added. It is important to anticipate such operations in advance and to model them in order to optimally integrate solar power plants into the power system. In this study, a suitable region for the establishment of solar power plant in Malatya province was determined and the solar power plant, which is considered to include to the 34,5 kV bar of the nearest 154/34,5 kV transformer center, was designed and a virtual model was created and the effects on the regional power system were analyzed.

Alıntı / Cite

Akdağ, O., Yeroğlu, C., (2019). Malatya Yöresi İçin Örnek Bir Güneş Santrali Modelinin Benzetimi ve Şebekeye Etkilerinin İncelenmesi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 7(3), 552-560.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)	Makale Süreci / Article Process
O. Akdağ, 0000-0001-2345-6789	Başvuru Tarihi / Submission Date 20.07.2018
C. Yeroğlu, 0000-0002-6106-2374	Revizyon Tarihi / Revision Date 24.02.2019
	Kabul Tarihi / Accepted Date 08.03.2019
	Yayın Tarihi / Published Date 15.09.2019

*İlgili yazar / Corresponding author: ozanakdag@live.com, +90-541-310-8631

1. Giriş

Güneş doğadaki birçok olay ile doğrudan ya da dolaylı olarak etkilidir (Gueymard, 2004). Atmosferdeki biyolojik vb. süreçlerdeki değişimlerin daha iyi yorumlanabilmesi özellikle günümüzde güneş enerjisi gücünden daha da yararlanmaya olanak sağlamıştır (Uğurlu, 2007). Son yıllardaki güneş enerjisinde yaşanan teknolojik gelişmeler ile güneş santrali kurulum maliyetleri düşmesi bu santrallere ilgiyi artırmıştır. Bu ilgi artışı ile beraber güneş santrallerinin yaygınlaşması kömür, petrol gibi fosil yakıtlardan üretilen enerjinin miktarı giderek azalmaktadır. Böylece dünyamızda hava kirliliği giderek azalarak, küresel ısınmanın etkileri her geçen gün azaltılmaktadır. Bu olumlu gelişmeler, Londra Gratham Enstitüsünün Şubat 2017’de yayınladığı raporda da görülmektedir. Bu raporda önceki yıllara göre küresel ısınma konusunda kısa sürede önemli gelişmelerin yaşandığı sunulmuştur (Cabal vd., 2017). Ayrıca raporda, yaşanan bu olumlu gelişmelerde güneş enerjisi ve batarya teknolojisindeki olumlu gelişmelerin de etkisi olduğu bildirilmiştir (Cabal vd., 2017). Dünyada güneş enerjisinde yaşanan bu olumlu gelişmeler ve ülkemizin 2023 hedeflerinden biri olan Milli Enerji ve Maden Politikasının önemli ayaklarından biri olan yenilenebilir enerji konusundaki devlet destekleme teşvik programları ile ülkemizde güneş enerjisine olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır.

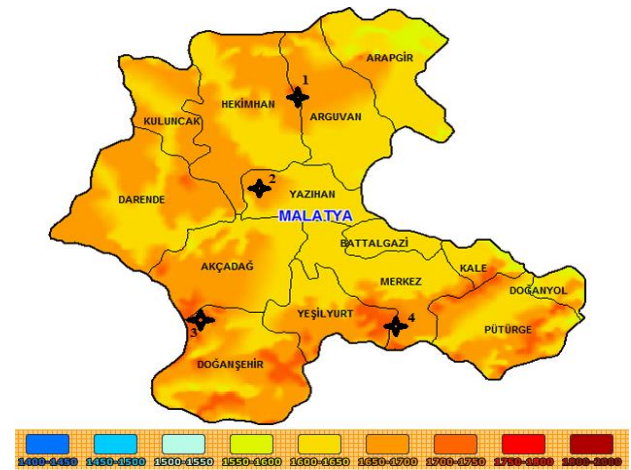
Güneş santrallerinin kurulmadan önce santralin kurulacağı yerin tespiti ve kurulduktan sonra ilgili şebekeye bağlantı noktasında yapılacak detaylı analizler için önceden sanal modellemeler yapmak oldukça önemlidir. Bu modeller ile fotovoltatik güneş panellerinin (PV) ilgili şebekeye bağlantısındaki, şebekeye etkileri önceden öngörülelebilmektedir. Güneş santrali eklendiği güç sisteminin, yük (akım) taşıma kapasitesini, kısa devre gücünü, gerilim seviyesini, röle koordinasyonunu, sistemin kararlılığı gibi önemli parametreleri etkiler (Grozdev, 2010; Samancıoğlu, 2014). Literatürde bu tarz sanal modellemeler ile yapılan bir çok güneş santrali benzetimi çalışması bulunmaktadır (Bükün, 2017; Marinopoulos vd., 2011; Nassar ve Abdella 2017).

Bu yayında Malatya ili için güneş santrali kurulumunda uygun bölge tespiti, sahada yapılan ön incelemeler ve PVsyst 6.7.3 adlı simülasyon programı yardımıyla belirlenmiştir. Sonrasında güneş santralinin ilgili 13 baralık bölge güç sistemine bağlantısı DigSilent programı ile yapılarak analizleri gerçekleştirilmiştir.

Türkiye’de güneş enerji potansiyeline sahip illerinden biri olan Malatya’da bu alanda yapılan çalışma bölge açısından bir ilk olma özelliği taşımaktadır.

2. Ön Saha Çalışması

Bu çalışmada ön saha çalışması ile Malatya ili sınırları için yaklaşık 100 dönümlük bir arazide fotovoltatik güneş panellerinden, elektrik enerjisi üretecek güneş santralinin kurulması aşamaları kurgulanmıştır. Güneş santralinin kurulumunun ilk aşamalarından biri uygun yer tespitinin yapılmasıdır. Bunun için ilgili bölgenin güneşlilik verileri önemli bir parametredir. Saha belirleme çalışmaları yapılırken, çeşitli ölçüm istasyonlarından alınmış güneş ışınım değerleri o bölge için tahmini güneş enerjisi potansiyelini vermektedir. Bununla birlikte sahada yapılacak ölçümlerde, çalışmanın hassasiyeti artıracak önemli bir işlemdir (Girgin, 2011). Şekil 1’de Malatya ili için Yenilenebilir Enerji Müdürlüğünden alınmış global güneş radyasyonu ve güneş ışınım haritası görülmektedir. Bu haritada güneş ışınımının yüksek olduğu 4 nokta Şekil 1’de işaretlendiği gibidir. Bu noktaların bölge dağıtım ya da iletim sistemine yakınlığı da göz önünde tutularak, güneş santrali kurulumu yapılacak, en iyi nokta bulunmaya çalışılacaktır. Bu yerlerde güneş verileri hesaplanırken, 2 farklı veri tabanından (METEONORM ve Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi NASA) alınan ölçüm verileri kullanılarak, PVsyst adlı simülasyon programı ile bu 4 bölgenin, 1 yıllık üreteceği toplam enerji miktarı ve performansı analiz edilerek uygun yer tespiti yapılmaya çalışılmıştır.



Şekil 1. Malatya ili için güneş ışınım haritası (YEGM, 2018)

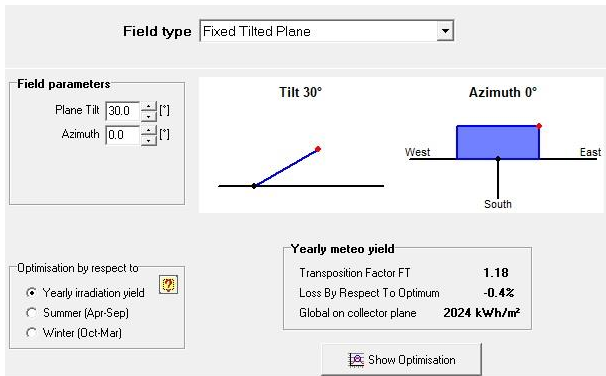
PVsyst programı fotovoltatik panel ile güneş enerjisinden elektrik enerjisi üreten santrallerin tasarımını ve analizini yapan bir simülasyon programıdır (PVsyst, 2013). Bu program şebeke bağlantılı ya da şebeke bağlantısız tasarım yapabilmektedir. Ayrıca bu program güneşin doğuşu ve batışı aralığında güneş panellerine düşen gölgenmeleri gerçek zamanlı görebilir (PVsyst, 2013). Program çeşitli marka ve modellere göre panel, inverter seçenekleri ile modelleme yapılmasına olanak sağlar. Bu çalışmada PV modülü olarak

Universal Energy markasının UE M185-HR modeli modülü kullanılmıştır. İnverter olarak ise ABB marka UNO-DM-2.0-TL-PLUS modeli modellemeye seçilmiştir. Modellemeye ölçüm verileri olarak, NASA (Nasa, 2013)'dan daha iyi sonuç elde ettiği için METEONORM ölçüm istasyonuna ait veriler kullanılmıştır. 4 bölge için PVsyst programında panellerin konumu Şekil 2'de ki gibidir. Bu 4 bölgeye ait PVsyst programı ile elde edilen veriler ise Tablo 1'de görüldüğü gibidir. Tablo 1'de ki veriler elde edilirken, programda Şekil 1'de görülen her bir 4 bölge için toplam panellerin kapladığı alan 50000 m² olarak seçilmiştir. Toplam güneş santrallerinin kurulduğu alan ise 100000 m² olarak düşünülmüştür.

Tablo1. PVsyst programına ait sonuçlar

Bölge No	Güneş Paneli Kayıp Faktörü	Toplam Ortalama Güç	Performans Oranı	Üretilen Enerji (yıllık)
1	20 W/m ² K	5402 KW	80.32 %	10515 MWh/yıl
2	20 W/m ² K	5732 KW	82.1 %	10974 MWh/yıl
3	20 W/m ² K	5798 KW	82.49 %	11849 MWh/yıl
4	20 W/m ² K	5698 KW	82.06 %	10793 MWh/yıl

Tablo 1 incelendiğinde en uygun bölge olarak 3 numaralı nokta görülmektedir. Ön saha çalışmaları sonucu bu bölgeye güneş santrali kurulabileceğine karar verilmiştir.



Şekil 2. PVsyst programında güneş panellerinin konumu

Şekil 2 incelendiğinde, görülen açı (plane tilt) güneş panelleri ile düzlem arasındaki açıdır. Bu çalışmada bu değer 30° olarak seçilmiştir. Azimuth açısı ise güneş panellerinin güney yönünde olan sapmasını veren açıdır. Bu değer çalışmada güneş panellerinin güney doğrultuda yerleştirildiğinden 0° olarak seçilmiştir.

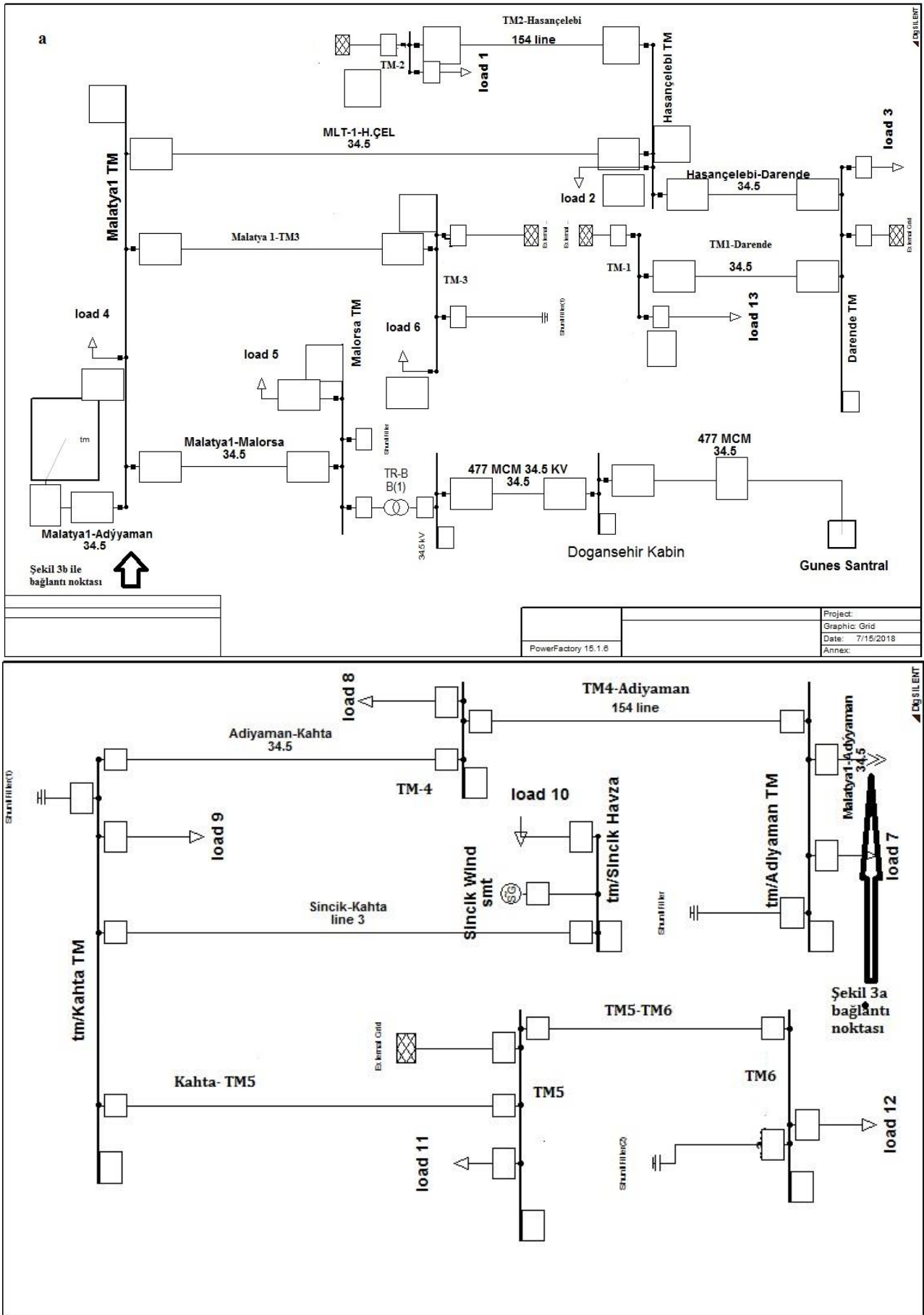
3. Güç Sisteminin Modellenmesi

Bu çalışmada Doğu Anadolu bölgesinin bir bölümüne ait 154 kV enerji iletim sisteminin 13 baralık bir kesitinde, bir güneş santralinin bu enerji sistemine eklenme koşulları detaylı analiz edilerek

yorumlanmıştır. Çalışmada, gerçek güç sistemine yakın olarak olarak, güç sisteminin modellenmesi DigSilent (PF2017, 2018) yazılımı kullanılarak yapılmıştır. DigSilent programı, güç sistemlerinde planlama, optimizasyon, yük akış analizi, koruma koordinasyonu vb işlemleri yapan bir yazılım programıdır. Bu yazılım başka bir yazılım programına ihtiyaç duymadan çalışabilir.

Güç sisteminin tek hat şeması Şekil 3a ve 3b'de görüldüğü gibidir. DigSilent programında güneş santralının modellenmesi yapılırken, Şekil 4'de PVsyst programında kullanılan güneş panellerine ait veriler kullanılmıştır. Bu veriler DigSilent programında güneş panelleri veri giriş kısmına Şekil 5'de görüldüğü gibi girilmiştir. Digsilent programında güneş santralının toplam kurulu gücü, PVsyst programında Tablo 1'de bulunan 5798 KW'ya denk olacak şekilde Şekil 6'da girilmiştir. Şekil 6'da 2899 tane 2 KW gücünde inverter ile toplam 5798 KW kurulu güce sahip güneş santrali tasarlanmıştır. Her bir inverter grubunda ise yaklaşık 14 adet güneş paneli DigSilent programında eklenmiştir.

Güneş Santrali, bölüm 2'de yapılan önsaha çalışması sonucu Malatya ili Doğanşehir mevkinde bir noktaya kurulacağı tespit edilmiştir. Bu santral Şekil 3a'da görüldüğü gibi Malorsa Transformator merkezine bağlı 34.5 kV'lık Doğanşehir kabinine 11.1 km'lik iletim hattı (477 MCM) ile eklenerek, iletim sistemine dahil edildiği kurgulanmıştır. İletim hatlarının yaklaşık/tahmini verileri Tablo 2'de görüldüğü gibidir. Baralara ait üretim/tüketim verileri ise, tahmini olarak alınmıştır. Bu veriler Tablo 3'de gösterildiği gibidir.



Şekil 3. Güç Sisteminin Tek hat şeması

Şekil 4. PVsys programına ait güneş paneli verileri

Şekil 5. DigSilent programında güneş panellerine ait verilerin girildiği arayüz

Şekil 6. DigSilent programında inverter adeti ve her bir invertere ait güneş panellerinin sayısının girildiği arayüz

Tablo 2. İletim hattına ait veriler

nl	nr	R pu	X pu	½ B pu
1	2	0.0292 pu	0.0871 pu	0.01730 pu
2	3	0.0356 pu	0.1142 pu	0.01955 pu
2	4	0.0493 pu	0.1583 pu	0.02710 pu
3	13	0.0308 pu	0.0921 pu	0.01825 pu
4	5	0.0121 pu	0.0389 pu	0.00667 pu
4	6	0.0102 pu	0.0312 pu	0.00593 pu
4	7	0.0422 pu	0.1354 pu	0.06579 pu
7	8	0.0088 pu	0.0255 pu	0.00485 pu
7	9	0.0179 pu	0.0477 pu	0.00985 pu
9	10	0.0050 pu	0.0423 pu	0.01400 pu
9	11	0.0445 pu	0.1427 pu	0.02440 pu
11	12	0.0538 pu	0.1727 pu	0.0296 pu

(nl=bara başlangıç, nr=bara bitiş)

Tablo 3. Güç sistemine ait veriler

Bara No	Yük (load)		Generator		Generator	
	P	Q	P(min)	P(max)	Q(min)	Q(max)
1	14 MW	4 MVAR	-	-	-	-
2	10 MW	3 MVAR	0 MW	0 MW	0 MVAR	0 MVAR
3	15 MW	3 MVAR	0 MW	17 MW	-4 MVAR	4 MVAR
4	40MW	4 MVAR	0 MW	0 MW	0 MVAR	0 MVAR
5	44 MW	4 MVAR	0 MW	0 MW	0 MVAR	0 MVAR
6	38 MW	2 MVAR	0 MW	40 MW	-20 MVAR	20 MVAR
7	40 MW	7 MVAR	0 MW	0 MW	0 MVAR	0 MVAR
8	5 MW	0.5 MVAR	0 MW	0 MW	0 MVAR	0 MVAR
9	30 MW	4 MVAR	0 MW	0 MW	0 MVAR	0 MVAR
10	10 MW	2 MVAR	0 MW	30 MW	-10 MVAR	20 MVAR
11	30 MW	6 MVAR	100 MW	140 MW	-50 MVAR	18 MVAR
12	70 MW	5 MVAR	0 MW	0 MW	0 MVAR	0 MVAR
13	15 MW	5 MVAR	65 MW	200 MW	20 MVAR	40 MVAR

4. Analizler

4.1. Yük Akış Analizi

Yük akış analizi ile söz konusu iletim şebekesinde bulunan enerji nakil hatlarında her baranın gerilimin genliği, faz açısı ve hattaki her baranın aktif/reaktif gücü hesaplanabilecektir. Yük akış analizi ile sistemdeki yüklerin durumu görülebilecektir (Ozan, 2018). Yük akış analiz sonuçları ile kısaca;

- Gerilim düşümü
- Sistemdeki güçlerin dağılımı

-Sistemdeki elemanların yüklenmesi

-Sistemdeki kayıplar vb... gibi bilgiler tahmin edilebilecektir. Bu çalışmada öngörülüp modellenen Güneş santrali, yaklaşık 5,7 MW kurulu güce sahiptir. Bu santral ürettiği enerjiyi 34,5 kV Doğanşehir kabinine oradan da 154 kV Malorsa TM'ye getirerek, 154 kV Türkiye iletim sistemine vermektedir. Ülkemizde üretilen enerjinin %30 düzeylerinde dağıtılmış üretim sistemlerinden (DÜS) üretilmesi öngörülmektedir, bundan dolayı bu çalışmada (Arsoy ve Perdahçı 2010), dağıtılmış üretim seviyesinden güneş santralinin iletim sistemine dahil olması durumu modellenmiştir. Modellemede yük akış

parametreleri tahmini verilerek kullanılarak oluşturulmuştur. Örnek güç sisteminde yük akışı sonucu (güneş santralının tam kapasitede olduğu kabul edilmiştir) güneş santralının devrede olduğu ve devrede olmadığı veriler Tablo 4'de gösterildiği gibidir. Güç sisteminde 1 nolu bara salınım barası olarak DigSilent programında seçilmiştir. Güneş santrali güç sistemine 5,8 MW aktif güç verdiği görülmektedir. Güneş santrali devrede olmadığı an yapılan yük akışında güç sisteminin toplam aktif güç kaybı 28,54 MW iken santral devreye girdiğinde bu kayıp 27,61 MW'e düşmektedir. Sonuç olarak Tablo 4'e göre güneş santrali, ilgili güç sistemi ile uyumlu çalışarak 0,93 MW aktif güç kazancı sağlamıştır.

Tablo 4. Yük Akış Analizi Sonuçları

	Güneş Santrali Devrede Değil iken	Güneş Santrali Devrede iken
P1Ge	5,2 MW	-1,5 MW
P3Ge	17 MW	17 MW
P6Ge	40 MW	40 MW
P10Ge	30 MW	30 MW
P11Ge	117,4 MW	117,4 MW
P13Ge	179,9 MW	179,9 MW
Q1Ge	20,9 MW	17 MW
Q3Ge	19,4 MW	19,4 MW
Q6Ge	4,3 MW	4,3 MW
Q10Ge	17,3 MW	17,3 MW
Q11Ge	12,6 MW	12,6 MW
Q13Ge	3,8 MW	3,8 MW
V1	1 pu	1 pu
V2	0,99 pu	1 pu
V3	1,03 pu	1,03 pu
V4	0,96 pu	0,96 pu
V5	0,95 pu	0,96 pu
V6	0,96 pu	0,97 pu
V7	0,96 pu	0,97 pu
V8	0,97 pu	0,98 pu
V9	0,98 pu	0,99 pu
V10	0,99 pu	1 pu
V11	0,99 pu	1 pu
V12	0,95 pu	0,96 pu
V13	1,07 pu	1,07 pu
P demand	361 MW	361 MW
Ptotal loss	28,54 MW	27,61 MW

4.2. Kısa Devre Analizi

Kısa devre arıza hesaplamalarında mevcut güç sistemine ait herhangi bir barada kısa devre akımının değeri hesaplanabilir. Bu çalışmada 13 baralılık 154 kV ve 1 baralılık 34,5 kV güç sisteminde 3-faz kısa devre arızası incelenmiştir. 3-faz kısa devre arıza durumu güç sistemlerinde en riskli durumu oluşturan arıza tipidir. Bu çalışmada örnek güneş santralının, 13

baralılık güç sistemine eklenmesi mevcut güç sisteminde değişen 3-faz kısa devre değerleri incelenmiştir. DigSilent programı ile hesaplanan 3-faz kısa devre akım değerleri Tablo 5'de görüldüğü gibidir. Tablo 5'de güneş santraline yakın olan örnek güç sistemindeki baralar dikkate alınmıştır. Tablo 5 incelendiğinde 34,5 kV Doğanşehir barasında ve onun bağlı olduğu Malorsa barası ile diğer baralarda 3-faz kısa devre akım değerlerinin arttığı görülmektedir. Bu artış en fazla Doğanşehir kabinindedir bu yüzden özellikle bu kabine koruyan koruma rölelerinin bu değere göre tekrardan güncellenmesi gerekmektedir. Sonuç olarak güç sisteminde oluşturulan 3-faz arıza analizi ile 154 kV tüm baralarının IEC 60909 standartına göre hesaplanan 3 fazlı en yüksek I_k'' akımları, dayanabilecekleri 31,5 kA'lık üst I_k'' sınır değerinin altında olduğu görülmüştür. 34,5 kV da ise üst sınır I_k'' 16 kA'dır (Samancıoğlu, 2014). Bu değerde sınırın altındadır. Böylece mevcut bir güç sistemine herhangi bir teçhizat bilhassa bir santral ilave edildiğinde, güç sisteminin kısa devre akım değerlerinin tekrardan hesaplanması önemlidir. Böylece güç sisteminin dayanım sınırlarının aşıp aşmadığı görülebilir. Ayrıca güç sisteminde koruma cihazlarının bu değişen kısa devre akım değerlerine göre ayarlarının revize edilmesi sağlanarak korumanın seçicilikle yapılmasına katkı sağlar.

Tablo 5. 3-faz kısa devre akım değerleri

	Güneş Santrali Devrede Değil iken I_k''	Güneş Santrali Devrede Değil iken I_k''
34,5 kV Doğanşehir	2,563 kA	1,224 kA
154 kV Malorsa	3,721 kA	3,571 kA
154 kV Malatya 1	4,21 kA	4,098 kA
154 kV TM3	3,17 kA	3,114 kA
154 kV Hasan Çelebi	9,535 kA	9,509 kA
154 kV Darende	4,647 kA	4,645 kA

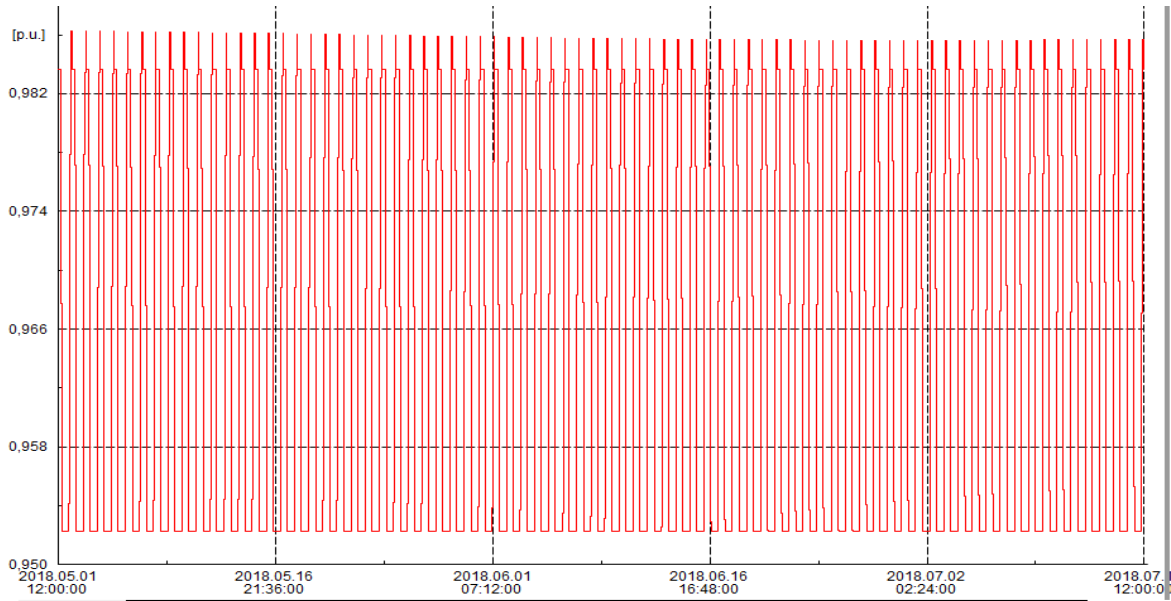
4.3. Dinamik Simülasyon Analizi

Dinamik simülasyon (Zhao vd., 2016), orta ve uzun vadeli simülasyon çalışmalarında kullanılan zamana bağlı yük akış analizi yapmaya yarayan DigSilent'a ait bir modüldür. Bu modül ile simülasyon periyodu ve simülasyon adım aralığı gibi parametreler belirlemek mümkündür. Bu özellik ile güç sisteminin istenilen işletme koşullarında sistem performansı hakkında bilgiler alınabilir. Bu çalışmada güneş santralının belli bir zaman aralığında güç sistemine etkisi analiz edilmiştir.

Güç sistemlerinde gerilim kararlılığı nominal işletme koşullarında olan bir güç sisteminde geriliminin istenilen sınırlarda kalması ile ifade olur. İlgili baraya ait gerilim dalgalanması 0,95 pu-1,05 pu sınırlarında

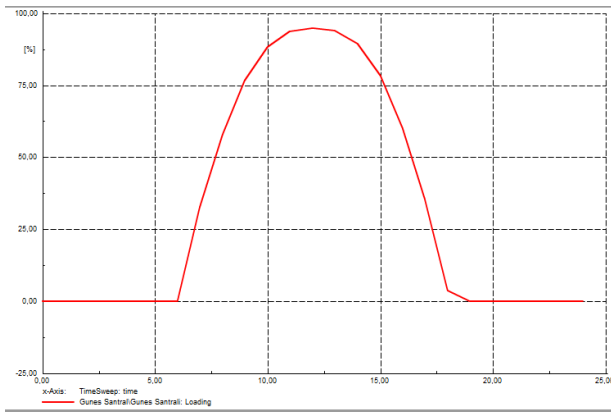
kalması istenilir (EŞY, 2017). Örnek güç sisteminde, 01.05.2018-18.07.2018 tarihleri arasındaki nominal işletme koşullarında güneş santralının güç sistemine entegre edildiği noktadaki bara gerilimi değerleri Şekil 7'de görüldüğü gibi değişkenlik gösterir. Şekil 7

incelendiğinde güneş santraline ait baranın gerilim değeri 0,955 pu ve 0,985 pu aralığında kaldığı görülmektedir. Böylece güneş santrali belirlenen zaman aralığında istenilen gerilim aralığında kalmıştır.



Şekil 7. Güneş santraline ait baradaki gerilim değeri

Örnek güç santralının 19.07.2018 tarihine ait günlük performansı Şekil 8'de görüldüğü gibidir. Güneş santrali sabah güneş doğuşu ile kapasitesini artırarak saat 09:00-15:00 arasında %75 kapasitenin üzerinde çalışmaktadır. Daha sonra güneşin batış saatine doğru bu kapasite değeri düşmektedir. Güneş santrali Şekil 8 incelendiğinde istenilen kapasiteye yakın üretim yaptığı görülmektedir.



Şekil 8. Güneş santralinin günlük yüklenme kapasitesi

5. Sonuç ve Tartışma

Türkiye, enerjisinin önemli bir oranını 2023'e kadar yenilenebilir enerji kaynaklarından üretmeyi planlıyor. Bu planlama ile Türkiye de yenilenebilir enerji kaynaklarına hızlı bir yönelim olmaktadır. Bu yönelim ile güneş santrallerinin de sayısı giderek

artmaktadır. Bu nedenden dolayı bu çalışmada örnek bir güneş santralin kurulumunda önce ön çalışması ile uygun yerin belirlenmesi daha sonra güneş santralının uygun şartlar altında bölge güç sistemine entegrasyonu yapılmıştır. Çalışmanın ilk bölümünde PVsyst programı ile birlikte Malatya yöresinde güneş santrali kurulmaya uygun 4 bölge, meteorolojik veriler ile tespit edilmiştir. Daha sonra bu bölgelerde 100 dönüm arazi üzerinde kurulacak güneş santralının yıl başına düşecek KWH'ı bulunarak, bu 4 bölgeden en iyi sonucu vereni seçilmiştir. Sonrasında PVsyst programında kullanılan güneş paneli ve inverterlerin etiket değerlerine bağlı kalınarak DigSilent programında güneş santralının modellemesi 13 baralıklı bölge 154 kV güç sistemi ile yapılmıştır. Modellemede güneş santralının tanımlanan voltaj sınırlarını ihmal etmeden (0,955-0,985 pu) ilgili güç sistemine entegrasyonu sağlanmıştır. Daha sonra güneş santralının yaklaşık 2 ay boyunca çalıştığı koşullarda dinamik simülasyonu yapılarak bu voltaj sınır değerlerini koruduğu gözlemlenmiştir. Güneş santralının 1 günlük yüklenme durumları modellemede ele alınarak, güneş santralinde istenilen üretim performansının olup olmadığı yorumlanmıştır. Yapılan incelemede güneş santralının istenilen performansta olduğu görülmüştür. Çalışmada ayrıca yük akış ve kısa devre arıza analizleri de yapılmıştır. Yük akış analizi ile güç sistemi saatlik bazda 0,93 MW aktif güç kaybı kazancı sağlamıştır. Kısa devre analizi ile de baraların kısa devre sınır değerlerine yaklaşımı yorumlanarak, bu değerlere göre koruma ekipmanlarının ayar değerlerinin güncellenmesi gerekliliği belirtilmiştir. Sonuç olarak bu çalışma 2023

Türkiye'miz yenilenebilir enerji politikaları kapsamında ileride yapılacak benzer çalışmalara, örnek olacak nitelikte olduğu düşünülmektedir.

Conflict of Interest / Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar

Basa Arsoy, A., Perdahçı, C. 2010. Elektrik Dağıtım Sistemlerinde Dağıtılmış Üretim. Uluslararası Enerji ve Çevre Fuarı ve Konferansı (ICCI), 13.

Bükün, N., 2017. Siirt yöresi için tek eksenli güneş takip sistemli güneş panellerinin enerji verimliliğinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Siirt University, Fen Bilimleri Enstitüsü, Siirt, 55.

EŞY, (2017). Elektrik Şebeke Yönetmeliği, <http://www.epdk.org.tr/TR/DokumanDetay/Elektrik/Mevzuat/Yonetmelikler/Sebeke>,

Girgin, H. M., 2010. Bir fotovoltatik güneş enerjisi santralının fizibilitesi, karaman bölgesinde 5 MW'lık güneş enerjisi santrali için enerji üretim değerlendirilmesi ve ekonomik analizi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik University, Enerji Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 202.

Grozdev, M., 2010. Alternatif Enerji Kaynakları: Güneş Enerjisi ve Güneş Pilleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul University, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 60.

Gueymard, C. A., 2004. The sun's total and spectral irradiance for solar energy applications and solar radiation models. *Solar energy*, 76(4), 423-453.

Marinopoulos, A., Papandrea, F., Reza, M., Norrga, S., Spertino, F., Napoli, R., 2011. Grid integration aspects of large solar PV installations: LVRT capability and reactive power/voltage support requirements. In *PowerTech*, 2011 IEEE Trondheim (pp. 1-8).

NASA, 2018. Earth's Radiation Budget Facts, http://science.edu.larc.nasa.gov/EDDOCS/radiation_facts.html

Nassar, I. A., Abdella, M. M. 2017. New Dynamic Model for Gas Power Plants for Increasing Wind and Solar Energy in the Egyptian Power System. *power*, 5(10).

Akdağ, O., Yeroğlu, C. 2018. Darende Rüzgâr Santral Modeli ve Şebekeye Olan Etkilerinin İncelenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18(2), 504-515.

PF2017 (EN), 2018. User Manual; <http://www.digsilent.de/index.php/downloads.html>

PVsyst, 2018. Software for Photovoltaic Systems, www.pvsyst.com/5.2/index.php.

Ramos Cabal, A., Guarracino, I. L. A. R. I. A., Mellor, A. L. E. X. A. N. D. E. R., Alonso Álvarez, D. I. E. G. O., Childs, P. E. T. E. R., Ekins Daukes, N., Markides, C. N., 2017. Solar-Thermal and Hybrid Photovoltaic-Thermal Systems for Renewable Heating.

Samancıoğlu, F., 2014. Rüzgar havza planlaması ve rüzgar santrallerinin şebekeye olan etkilerinin digsilent programı ile modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi University, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 137.

Uğurlu, Ö., Örcen, İ., 2007. Küresel Isınmanın Türkiye'nin Enerji Kaynaklarına Olası Etkileri, TMMOB Türkiye VI. Enerji Sempozyumu-Küresel Enerji Politikaları ve Türkiye Gerçeği, Ekim.

YEGM, 2018. <http://www.enerjiatlas.com/gunes-enerjisi-haritasi/malatya>

Zhao, D., Hu, D., He, J., Zhang, L., Chen, N. 2016. Model validation of solar PV plant with hybrid data dynamic simulation based on fast-responding generator method. In *MATEC Web of Conferences* Vol. 65, p. 02006.