

Afyonkarahisar Bölgesinde Tesis Edilen Gerçek Bir Güneş Enerjisi Sisteminde Gölge Analizi Yapılması

Erol Ayaz ^{1*}, Fatih Onur Hocaoğlu ²

¹ Çevre ve Şehircilik Bakanlığı; erolayaz-43@hotmail.com

² Afyon Kocatepe Üniversitesi; fohocaoglu@gmail.com

* Sorumlu Yazar; erolayaz-43@hotmail.com

Gönderme tarihi: 03/05/2019

Kabul tarihi: 25/06/2019

ÖZET

Güneş enerjisi sistemleri günümüzde fosil yakıtların olumsuz çevresel etkileri ve ömürlerinin azalması nedeniyle günümüzde oldukça popüler hale gelmiştir. Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üreten sistemlerin maliyetleri gün geçtikçe her ne kadar düşüyor olsa da, konvansiyonel kaynaklarla kıyaslandığında kurulum maliyetleri oldukça yüksektir. Bu nedenle, bu tür sistemler tesis edilirken sahadaki verimlerini arttırıcı önlemler alınmalıdır. Güneş takip sistemleri, maksimum güç noktası izleyicilerinin kullanılması sistemlerin verimini olumlu yönde etkilemektedir. Ancak, sistemlerin tesis edileceği bölgenin çevresel şartları ve olası gölgelenmeler de güneş enerjisi sistemlerinin verimlerini önemli ölçüde azaltmaktadır. Bu çalışmada gölge analizinin önemi vurgulanmış ve örnek bir proje üzerinde gölge analizinin doğru yapılmaması ve/veya sistemin doğru konumlandırılmaması durumunda güneş panellerinden üretilen enerji miktarının değişimi analiz edilerek elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Şebekeden Bağımsız Sistemler; Gölge Analizi

Shadow Analysis of a Real Solar Energy System in Afyonkarahisar Region

ABSTRACT

Solar energy systems have become popular today due to the negative environmental impacts of fossil fuels and their reduced life span. Although the costs of the systems that produce electricity from solar energy are falling day by day, the installation costs are quite high compared to conventional sources. Therefore, measures should be taken to increase their efficiency in the field when such systems are installed. The use of solar tracking systems, maximum power point monitors positively affects the efficiency of the systems. However, the environmental conditions and possible shadings of the area where the systems will be installed significantly reduce the efficiency of solar energy systems. In this study, the importance of shadow analysis was emphasized and the results obtained by analyzing the change in the amount of energy to be produced from the solar panels in case of correct analysis of the shadow analysis and / or correct positioning of the system on a sample project were interpreted. has become. Although the costs of the systems that produce electricity from solar energy are falling day by day, the installation costs are quite high compared to conventional sources. Therefore, measures should be taken to increase their efficiency in the field when such systems are installed. The use of solar tracking systems, maximum power point monitors positively affects the efficiency of the systems. However, the environmental conditions and possible shadings of the area where the systems will be installed significantly reduce the efficiency of solar energy systems. In this study, the importance of shadow analysis was emphasized and if the shadow analysis was not performed correctly on a sample project and / or the system was not positioned correctly, then the results obtained were analyzed by analyzing the change in the amount of energy to be produced from the solar panels.

Keywords: Off-Grid Systems; Shadow Analysis

1. GİRİŞ

Yenilenebilir enerji kaynakları günümüzde oldukça önemli bir hale gelmiştir. Güneş enerjisi en gözde enerji kaynağıdır. Bunun başlıca nedeni güneş enerjisinin oldukça kolay erişilebilir olmasıdır. Ayrıca güneş enerjisinden elektrik enerjisi üreten sistemlerin kurulumu ve devreye alınması kolaydır. Günümüzde bu tür sistemlerin kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Devletlerin teşvik ve desteği ile şebekeye bağlı hale getirilebilmeleri sayesinde depolama maliyetlerinin de ortadan kalkması ve kullanılmayan enerjinin şebekeye satılabilmesi de mümkün hale gelmiştir. Ancak her ne kadar kullanımları yaygınlaşmış olsa da kurulum maliyetleri halen yüksektir ve verimleri düşüktür. Güneş panellerinin üretim esnasında ve sahada verimlerinin artırılmasına yönelik çalışmalar hız kazanmıştır.

Güneş Enerjisi sistemlerinin performansının artırılması için sahada verimleri artıran güneş takip sistemleri ve maksimum güç noktası izleyicileri kullanılmaktadır. Afyon Kocatepe Üniversitesi'nde yapılan bir çalışmada farklı fotovoltaiik (PV) panellerin etkinliklerini en üst düzeye çıkarmak yeni bir güneş takip sistemi önerilmiştir. Sistem mekanik ve kontrol kısımdan oluşmaktadır. Sistemin mekanik kısmı hem dikey hem de yatay eksenlerde hareket etme özelliğine sahiptir. Bu bölümde servo motorlar seçilmiş ve kullanılmıştır. Öte yandan, kontrol kısmı uzaktan erişim sağlanacak şekilde tasarlanmıştır. Sistemin kontrol stratejisi, arzu edildiğinde kolaylıkla değiştirilmektedir. Bu durum farklı kontrol algoritmalarının test edilmesini sağlamaktadır. Ayrıca, farklı teknolojilerle üretilen farklı PV panelleri sistem üzerinde test edilir. İzleme sisteminden elde edilen PV panellerin elektrik üretim çıktıları sabit PV panellerinden elde edilen çıktılarla karşılaştırılmıştır. Ayrıca farklı kontrol stratejilerinin karşılaştırmalı sonuçları sunulmuş ve tartışılmıştır (Çınar ve ark., 2014). Diğer bir çalışmada fotovoltaiik sistemlerde güneşi en iyi şekilde takip eden sistemlerin oluşturulabilmesi için matematiksel bir denklem geliştirilerek, dağınık ve yansıyan güneş ışınlarının bu sayede kullanılabilmesi hedeflenmiştir. Böylece dağınık ve yansıyan ışınımın kullanılabilir olduğu PV sistemlerinin doğru konumlandırılması ile optimizasyonun mümkün olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Fernández-Ahumada ve ark., 2017). Bir diğer çalışmada güneş panellerinin hareketini sağlamak için robotik sensörler kullanmışlar ve bu sistemler üzerinde deneyler gerçekleştirmişlerdir (Flores-Hernández ve ark., 2017).

Literatürdeki çalışmalarda bir yandan güneş takip edilip sistem performansı artırılmaya çalışılırken diğer taraftan da güneşi enerji harcamadan takip etme fikirleri ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda yapılan başka bir çalışmada güneş ışınımına endeksli sürücülü bir metal hidrit(MH) aktüatör kullanılarak, elektriksiz bir güç kaynağı ile enerji harcamadan güneş takip sistemi geliştirilmiştir (Obara ve ark., 2017).

Öncelikle güneş takip edilerek sistem performansının artırılmasının amaçlandığı literatürde, takip sırasında fazla enerji harcandığı tespit edildikten sonra, enerji tüketmeyen ya da minimum enerji harcayacak yeni sistemler üzerinde yapılan bir çalışmada sıcaklık etkisine bağlı kayıpların azaltılması hedeflenmiş ve güneş hücrelerini aktif olarak soğutmak için, PV panelinin arkasına düzgün hava akımı dağılımı için tasarlanmış bir giriş/çıkış manifoldu bulunan paralel bir kanal dizisi eklenerek güneş hücrelerinin verimliliğinde %12 ile %14 arasında bir artış sağlandığı tespit edilmiştir (Teo ve ark., 2012). Başka bir çalışmada ise güneş hücrelerinin iç yapısını değiştirmeden panel yüzeyine su içerikli film kaplama işlemi ile soğutma uygulanarak sistem performansının artırılması hedeflenmiştir (Schiro ve ark., 2017). Diğer bir çalışmada ise güneş panellerinin açısı ayarlanarak doğal havalandırma yapılmaya çalışılmış ve sıcaklık etkisinin azaltılması hedeflenerek 30 derece açıda doğal havalandırmadan maksimum performans elde edildiği görülmüştür (Charfi ve ark., 2018).

Yukarıda bahsedilen GES sistemlerindeki kayıplardan başka diğer bir kayıp şekli de gölge etkisidir. Gölgeleme literatürde üzerinde çok çalışılan konulardan birisidir. Gölgeye maruz kalan bir hücrenin üreteceği enerji miktarı önemli ölçüde azalmaktadır.

Yapılan bir çalışmada, bulut gölgelerinin kenarlarının neden olduğu gölge boylarının ortalama 150 m uzunluğa sahip olduğunu ve en büyük güneş enerjisi santrallerinin bile bu gölgelerden çok etkilendiğini gözlemlenmiştir. Santrallerin kurulumu sırasında yapılan yerleştirme hatalarına ek olarak, bu gölgelenmelerin de maksimum güç noktası izlemede başarısızlıklara neden olduğu ve güneş enerjisi sistemlerinin çıkış gücünde önemli dalgalanmalara neden olabildiğini tespit etmişlerdir (Lappalainen ve Valkealahti, 2017). Diğer bir çalışmada kısmi gölgelenmenin polikristal ve mono-kristal PV modüllerin çalışmasına etkisi araştırılmış ve güneşli günlerde fotovoltaiik modüllerin akım-voltaj ve güç-voltaj eğrilerinin ölçümlerinden oluşan deneyler hem gölgesiz hem de gölgelendirme profilleri uygulanarak gerçekleştirilmiş ve sonuçta, bir mono-kristal PV modülünün %50'si gölgelendirildiğinde güç üretiminin % 30'a kadar azalabildiği görülmüştür (Dolara ve ark., 2013). Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üreten sistemlerin üreteceği enerji miktarının doğru tahmin edilmesi oldukça önemlidir. Güneş enerji sistemlerinin üreteceği enerji miktarını etkileyen en önemli faktör ışınım şiddeti parametresidir. Literatürde ışınım şiddetini doğru tahmin eden çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Örneğin yapılan bir çalışmada saatlik güneş ışınım şiddetinin tahmin edebilmek amacıyla yeni bir hibrit model (Mycielski-Markov) geliştirilmiştir (Hocaoğlu ve Serttaş, 2017).

Bu çalışmada 2. bölümde bu konuda yapılan çalışmalar ile şebekeden bağımsız çalışan tipik bir güneş enerjisi sistemi ve bileşenleri sunulmuştur. Ayrıca bir güneş enerjisi sisteminin çalışmasını etkileyen sistem bileşenleri ve bunların doğru seçimi üzerinde durulmuştur. Diğer taraftan gerçek bir sistem PVsyst programında 3 boyutlu olarak modellenip sistemin gölge analizi yapılmıştır. 3. bölümde PVsyst programında modellenen gerçek sistemin gölgelenmeye bağlı enerji kayıpları ortaya konulmuş ve son olarak 4. bölümde sonuçlar tartışılmıştır.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

2.1 Şebekeden Bağımsız Çalışan Tipik Bir Güneş Enerjisi Sistemi ve Bileşenleri

Şebeke elektriği olmamasına karşın elektriğe gereksinim duyulan lokasyonlarda şebekeden bağımsız akülerle donatılmış sistemler kullanılmalıdır. Akülü ve şebeke ile bağlantısız olarak çalışan sistemlerde 4 farklı cihaz vardır: İnvörtör ve Akü Gurubu, Güneş Paneli, Şarj Kontrol Cihazı.

2.1.1 İnvörtör (Evirici)

Güneş paneli doğru gerilim üretir ve üretilen gerilim invörtörler yardımıyla akülerden alıp alternatif akıma çevrilir.

2.1.2 Aküler

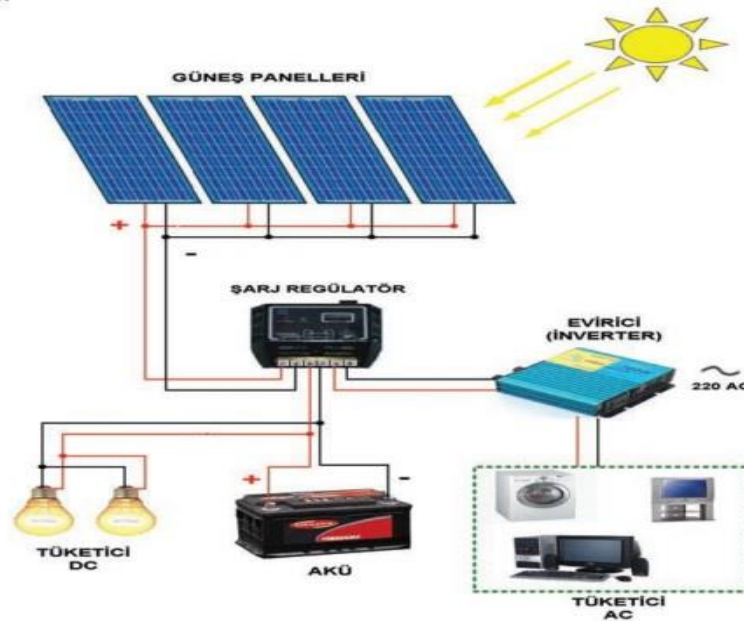
Kimyasal formda elektriği depolayabilen ve ihtiyaç duyulduğu anda bu enerji formunun elektrik enerjisi olarak kullanılabilmesine olanak sağlayan aygıtlara akü denir.

2.1.3 Güneş Paneli

Foton ışınım prensibine göre çalışarak güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine çeviren cihazlardır. Güneş panellerinden üretilen elektrik enerjisi genellikle akülere depolanır.

2.1.4 Akü Şarjını Kontrol Eden Cihazlar

Güneş modüllerinden foton ışınma yöntemi ile elde edilen voltajı gereken düzeye düşürmek için kullanılan cihazlardır.



Şekil 1. Şebekeden bağımsız bir sistemin şematik gösterimi (Köroğlu ve ark., 2010)

Şebekeden bağımsız sistemler projelendirilirken dikkat edilmesi gereken bir takım detaylar şöyle sıralanabilir.

1. Gün içerisinde hangi elektrikli cihazın kaç saat boyunca çalıştığı ve bu cihazların saat başına ne kadar tüketiminin olduğu belirlenerek total tüketim ortaya konmalıdır.
2. GES projesinin yapılması düşünülen bölgenin ne kadar güneş aldığı ve ışınım parametreleri hesaba katılarak kurulacak olan sistemin boyutlandırılması yapılmalıdır.
3. Diğer bir sistem bileşeni olan akülerin şarj seviyesini kontrol altında tutan cihazın boyutları belirlenmelidir.
4. İnvörtör büyüklüğünün belirlenmesi gerekmektedir.
5. Akü sayısı, büyüklüğü belirlenmelidir.
6. Projenin yapılması planlanan alanda muhtemel gölgelenmeler düşünülerek gölge analizi yapılmalıdır.
7. Uygun nitelikte malzemeler (çelik konstrüksiyon, beton, kablolama,) projede kullanılmak üzere belirlenmelidir.

Bu çalışmada 6 numaralı maddenin dikkate alınmadığı gerçek bir sistem ele alınmış ve bu sistemdeki verim kaybı araştırılmıştır.

2.2 Sistem Bileşenlerinin Seçimi

Güneş enerjisini oluşturan bileşenler genellikle yapılan boyutlandırma analiz sonuçlarına göre seçilir. Bir güneş enerjisi sistemi 2. bölümde de bahsedildiği gibi invertörler, bataryalar, güneş panelleri ile şarj kontrol cihazları, ile güneş panellerin üzerinde duracağı beton ayakları olan çelik konstrüksiyondan oluşur.

2.2.1 İnvörtörler

Çizelge 1'de karşılaştırmalı olarak verilen invertörler aşağıdaki özelliklerine ve kullanım alanlarına göre seçilir.

- Sinüs İnvörtör (Modifiye)

Güneş panellerinden elde edilen DC gerilim şekli olan kare dalga şekillerinin adetlerini artırmak suretiyle gerilim şeklini sinüs dalgaya benzetmeye çalışan cihazlardır. Aydınlatma sistemlerinde ve bazı aletlerin sıkıntısız çalışmaları için uygundur. Fakat zamanla kullanılan elektronik ürünlerin arızalanmasına ve ömürlerinin azalmasına yol açabilirler.

- **Tam Sinüs İnverter**

Adından da anlaşılacağı üzere tam bir sinüs dalgası üretirler. Bu tip cihazlar AC olarak çalışan içinde motor barındıran tam sinüse ihtiyaç duyan evsel ya da endüstriyel cihazların off-grid uygulamalarında kullanılırlar.

- **Tam Sinüs Akıllı İnverter**

Akıllı tam sinüs inverterler, tam sinüs özelliği sayesinde tüm sistemlerde kullanılır. Akıllı inverterler kendi içerisinde şarj kontrol özelliği ile akülerinizin doluluk oranını takip edebilirsiniz. Ayrıca şebekeden akülerinizi şarj edebilme özelliğine de sahiptir. Çizelge 1’de inverterlerin karşılaştırmalı biçimleri verilmiştir.

Tablo 1. Farklı Tip ve Özellikteki İnverterlerin Karşılaştırılması (Karki ve ark., 2015)

	TAM SİNÜS AKILLI İNVERTÖR	TAM SİNÜS İNVERTÖR	MODİFİYE SİNÜS İNVERTÖR
İNVERTÖR GÜCÜ	1000 W	600 W	600 W
GİRİŞ GERİLİMİ	230 VAC	12 V	12 V
FREKANS	50hertz / 60hertz	50hertz / 60hertz	50hertz / 60hertz
DEMERAJ GÜCÜ	2000 VA	1200 W	1200 W
AŞIRI YÜK KORUMASI	VAR	VAR	VAR
BOYUT(MM)	95x240x316	258x155x55	235x105x555
AĞIRLIK(KG)	5,0	1,6	0,84

2.2.2 Bataryalar

Diğer bir sistem bileşeni olan bataryalar aşağıdaki yapılarda üretilmektedirler.

- **Jel Akü**

Bu tip akülerin içeriğinde sıvıya benzer nitelikte jel bulunur. Değişen iklimsel ve benzeri koşullardan etkilenmeyen özelliktedirler. Bu sebeple GES sistemlerinde öncelikleri bulunmaktadır. Bu tip aküler epey bir müddet enerjisiz kalsa bile boşalmaz ve tekrar kullanılma imkânı sunar.

- **Kuru Akü**

Kuru aküler bakım ihtiyacı olmayan su ve benzeri sıvı içermeyen kapalı şekilde tasarlanmış akülerdir.

- **Sübablarından Ayarlanabilen Kurşun-Asit Aküler**

İçeriğindeki asit miktarının ayarlanabilen sübablar sayesinde kontrol altında tutulabilmesi sızıntı veya taşırma ihtimallerinin ortadan kalkması ile güvenilir olma potansiyellerinin artması bu aküleri daha güvenli hale getirmektedir. Ayrıca emisyon miktarlarının çok az olması güvenilir olmaları için ayrı bir etmendir. Tamamen boşalma süreleri uzun olduğundan raf ömürleri yeterince fazladır.

- **AGM Akü**

İçeriğinde bulunan elektrolit maddesi seperetörler ile homojen bir karışım oluşturan sübablarından ayarlanabilen kurşun-asit akülerin bir türüdür.

- **Derin Döngülü Akü**

Büyükliğünün yüzde yirmisine kadar boşaldığı halde kapasitesi azalmayan akülerdir.

2.2.3 Fotovoltaik Modüller

Yarı-iletken bir diyot gibi çalışabilen güneş hücreleri üzerlerine düşen ışığı elektrik enerjisi formuna dönüştürebilen çoğunlukla silisyumdan oluşan malzemelerdir. Değişik şekillerde üretilebilen hücreler farklı boyutlarda yüzey alanına ve kalınlığa sahip olabilirler. Güneş pillerinin üzerlerine düşen güneş ışığı hücreler içerisindeki vipollerin hareketini sağlar ve bu hareket hücreler üzerinde bir gerilim farkı oluşturur. Böylece güneş hücrelerinden elektrik üretilmiş olur. Güneş hücresi üretildiği malzemeye ve içeriğine göre değişik yüzdelerdeki verim oranlarıyla elektrik üretebilir. Daha fazla güç elde etmek amacıyla birden fazla güneş hücresi birbirine bağlanarak panel ya da modül dediğimiz sistemi meydana getirir. Aynı şekilde bu panellerin bağlanmasıyla dize dediğimiz daha büyük güçlü sistemler meydana getirilir.

Tablo 2. Fotovoltaik pillerin verimlilik oranları (www.yegm.gov.tr, 2019)

Güneş Pilinin Cinsi	Verimlilik(%)
Tek Kristalli Silisyum	24
Çok Kristalli Silisyum	17,4
Amorf Silisyum	14,7
Cu/In, Ga/Se ₂	17,75
Cd Te-Cds	15,82
GeAS Mono Kristal	23,9



Şekil 2. Güneş pilinden modüle kadar üretim aşamaları (www.yegm.gov.tr, 2019)

2.2.4 Akü Şarjını Kontrol Eden Cihazlar

Güneş modüllerinden foton ışınımı yoluyla elde edilen voltajı gerekli seviyede tutmak amacıyla kullanılan şarj kontrol cihazları iki gruba ayrılır. Maksimum güç noktasını takip eden aküler verimi artırmak amacıyla tasarlanmıştır.

- **PWM Şarj Kontrol Cihazı:**

Cihaz üzerindeki ekran vasıtasıyla akülerin dolu veya boş olma durumlarının izlenebildiği cihazlardır.

- **Şarj Kontrol Cihazı:**

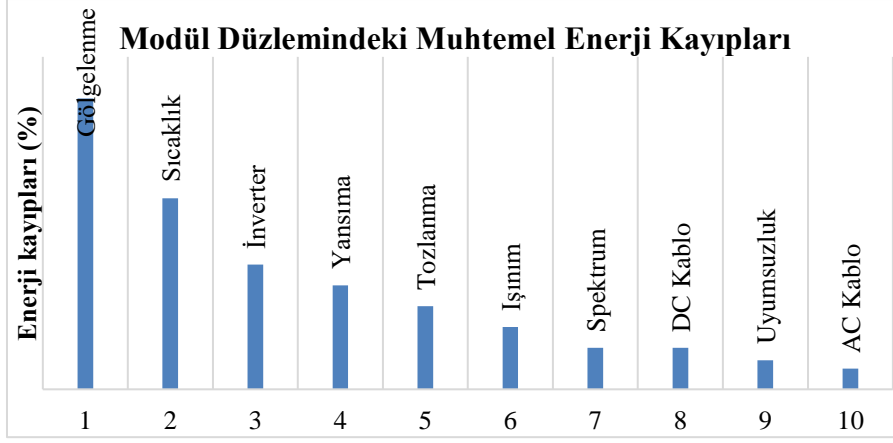
PWM cihazlardaki gibi sadece izlemenin yapılmadığı, aynı zamanda güç verimliliğinin artırılması amacıyla muhtemel maksimum güç noktasının takibinin gerçekleştirildiği cihazlardır.

2.3 Gölge Analizi

GES'lerde görülmesi muhtemel kayıplar Şekil 3'teki gibi tozlanma, yansıma, spektrum, ışınım şiddeti, sıcaklık, uyumsuzluk, kablo kayıpları, inverter kayıpları şeklindedir.

Bu kayıpların yanı sıra en büyük enerji kaybı gölgelenmeden kaynaklanmaktadır. Bu bölümde enerji kayıplarından gölgelenme etkisi üzerinde durulmuş ve Afyon bölgesinde yer alan bir okul etrafına tesis edilen şebekeden bağımsız bir güneş enerjisi sistemi PVsyst yazılımı ile analiz edilmiştir. (Şekil 4).

Yukarıda bahsedilen okul bahçesindeki güneş panellerinin etrafında birçok sayıda ağaç görülmüş ve panellerden bazılarının gölgede kaldığı tespit edilmiştir. Bu durum analiz edilerek gölgelenme etkisinin, Şekil 3'te bahsedilen muhtemel enerji kayıpları da göz önüne alınarak enerji kayıplarını ne kadar artırdığı ortaya konulmuştur.



Şekil 3. Güneş enerjisi sistemlerindeki muhtemel enerji kayıpları



Şekil 4. PVsyst'de 3 boyutlu hazırlanarak gölge analizi yapılan gerçek sistemin fotoğrafı

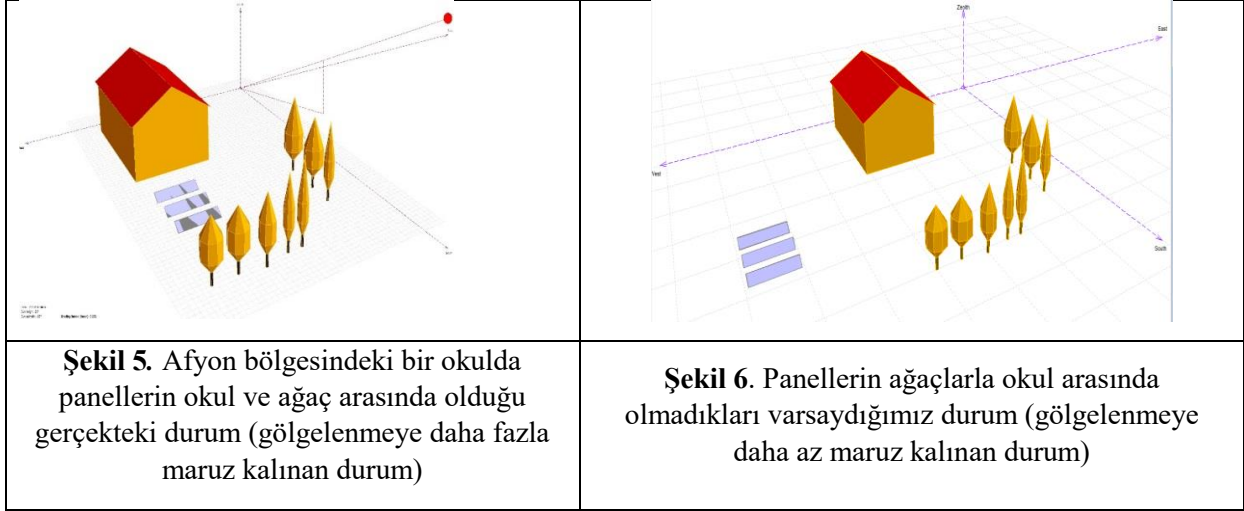
2.3.1 PVsyst Yazılımının Tanıtımı

PVsyst ve benzeri yazılımlarla fotovoltaik GES'lerin boyutlandırılması yapılarak tasarım sonuçları yorumlanabilmektedir. Bu yazılım ile çeşitli fotovoltaik sistemler oluşturulabilmektedir (Sun, 2011). Gerek şebekeye bağlı gereken şebekeden ayrı sistemler tasarlanabilmektedir (Yadav, 2015). PVsyst paket yazılımını diğer güneş enerjisi sistemi tasarlayan programlardan ayıran en önemli özelliklerden birisi 3 boyutlu tasarım yapılarak gölge yapan cisimlerin sisteme entegre edilerek analiz yapılması ve gölge durumundaki enerji kayıplarının ortaya konulmasının tam olarak sağlanmasıdır. Tasarlanacak sistemde, ya da gerçek bir sistemin simülasyonu sırasında, güneşin doğudan batıya doğru hareketi esnasında ne tarz gölgelerin oluştuğu gerçek zamanlı olarak görülebilmektedir. Bununla birlikte programda çeşitli marka ve özelliklerde invertör, panel bilgileri ile analizi yapılacak bölgenin meteorolojik özellikleri bulunmakta olup, modellenen sistemin yıllık ortalama sonuçlarına ulaşılabilmektedir (Fisher ve ark., 2014). Gerçek sistemimizin teknik ve elektriksel bilgileri programdan seçilmiş ve sistem etrafında gölge nesnelere gerçek boyutlarıyla PVsyst programında 3 boyutlu olarak çizilmiştir.

2.3.2 PVsyst Simülasyon Prosedürü

2.4. bölümde bahsi geçen şebeken bağımsız gerçek bir sistem PVsyst programı kullanılarak analiz edilirken aşağıdaki yöntemler kullanılmıştır. Tesisin kurulacağı konum Afyonkarahisar olarak seçilmiş ilgili meteorolojik verilerin kullanılması sağlanmıştır. PV modül tipi seçilerek seri ya da paralel bağlantı şekline göre toplam panel sayısı programa girilmiştir. Ayrıca gerçek sistemdeki akü ve invertörler PVsyst veri tabanından bakılarak belirlenmiştir. Gölge

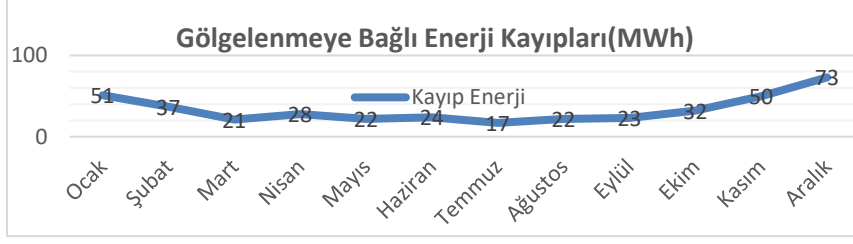
nesneleri olan ağaçlar ve okul binası yerinde yapılan ölçümler sonucu elde edilen verilere göre PVsyst’de “Near Shadings” bölümünden 3 boyutlu olarak oluşturulmuştur. Bu nesnelere oluşturulurken okul mimarisindeki ölçüler ile ağaçların boy, yükseklik, kalınlık gibi fiziksel özellikleri kullanılmıştır. Gerçek sistemimiz PVsyst’de 3 boyutlu olarak oluşturulduktan sonra gölge analizi yapılmıştır(Şekil 5).



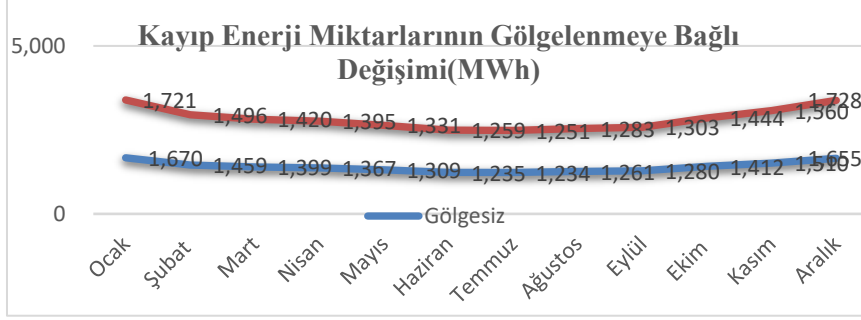
Bu analiz sonucundaki enerji kayıpları “main results” bölümünden alınarak kaydedilmiştir. Ayrıca fotovoltaik paneller okul ve ağaçların arasında olmadığı yere kaydırılarak, daha az gölgelenmeye maruz kalacakları durum da analiz edilerek simülasyon tekrar edilerek oluşturulan yeni enerji kayıpları kaydedilmiştir (Şekil 6).

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Şekil 5’te güneş panellerinin ağaçlar ile okul arasına yanlış olarak konumlandırıldığı görülmektedir. Bu durumdaki muhtemel enerji kayıplarından olan gölge etkisine göre kaybolan enerji miktarındaki artışın aylara göre değişimi Şekil 7’de gösterilmiştir. Gölge etkisinin en az olduğu ay güneş ışınlarının yeryüzüne en dik açılarla geldiği Temmuz ayıdır. Sistemin konumlandırılması sadece sistemin kurulumu sırasındaki ay olan temmuz ayına göre yapılmıştır. Oysaki gölge boyunun mevsimlere göre değiştiği ve yılın son aylarında maksimuma ulaştığı kurulumu yapan mühendisler tarafından hesaplanamamıştır. Gölge analizi o andaki duruma göre düşünülmüş, yılın genelindeki gölge boyu değişimi hesaplamalara katılmamıştır. Tam da burada gerçek sistemdeki hatanın ortaya konabilmesi amacıyla yıl sonuna doğru güneşlenme süresinin azalmasına ve gölge boyunun artmasına bağlı olarak enerji kayıplarının daha da arttığı PVsyst simülasyonunda net şekilde tespit edilmiştir. Enerji kayıplarının gölgeye bağlı olarak 13 MWh’ten 73 MWh’e çıktığı belirlenmiştir. Şekil 7’de verilen sonuç Şekil 8’deki daha fazla gölgelenmeye maruz kalan gerçek sistem ile daha az gölgelenmeye maruz kalan sistemdeki enerji kayıplarındaki farktan oluşturulmuştur. Aralık ayında bu kayıpların 73 MWh ile maksimuma ulaştığı anlaşılmaktadır. Şekil 6’te ise bu panellerin gölgeleme nesnelere arasında olmadığı ve doğru şekilde konumlandırıldığı durum incelenmiştir. Bu durumda gölge etkisine bağlı kayıp miktarı çok azalacak, ancak Şekil 3’te gösterilen tozlanma, yansıma, spektrum, ışınım şiddeti, sıcaklık, uyumsuzluk, kablo kayıpları, inverter kayıpları gibi muhtemel kayıplar hala olacaktır. Bu durum Şekil 7’deki gölgesiz durumdaki enerji kaybı olarak gösterilmiştir. İki farklı durumdaki kayıp enerji miktarındaki değişim karşılaştırmalı olarak Şekil 8’de sunulmuştur.



Şekil 7. Yanlış konumlandırma sonucu sistemdeki enerji kayıplarının aylık değişimi.



Şekil 8. Daha fazla gölgelenmeye maruz kalan gerçek sistem ile daha az gölgelenmeye maruz kalan sistemdeki enerji kayıplarının karşılaştırılması

4. SONUÇ

Bu çalışmada güneş enerjisi sistemleri ve bileşenleri tanıtılmış olup, Afyonkarahisar bölgesinde kurulan gerçek bir güneş enerjisi sistemi PVsyst programında gerçeği ile aynı şekilde tasarlanarak yanlış konumlandırılmadan dolayı kaybolan enerji miktarlarının aylara göre değişimi incelenmiştir. Bir yandan güneş enerjisi sistemlerinin verimleri artırılmaya çalışılırken diğer yandan yanlış bir konumlandırmanın çok büyük kayıplara neden olabileceği ortaya konulmuştur. Çalışmada gerçek bir sistemin simülasyonu yapılmış ve gölgelenmenin daha az olduğu diğer durum varsayılarak iki farklı sistemin gölgelenmeye bağlı enerji kayıpları karşılaştırılmıştır. Tesis edilen sistemin tesisi esnasında gölge boyunun kısa olmasının tasarımcıları yanıltarak paneller üzerine gölge düşmediğinin sanıldığı ancak gerçek sistem PVsyst programında simüle edilerek gölge boyunun uzadığı diğer aylardaki sonuçlar incelendiğinde okulun bahçesinde yer alan ağaçların gölgelerinin paneller üzerine düşerek ciddi oranda verim kaybının yaşanacağı tespit edilmiştir. Bu bağlamda GES sistemleri konumlandırılırken gölge analizi mutlaka yapılmalı, gölge analizi yapılırken de o andaki durum değil yılın genelindeki durum incelenmelidir. Güneş panellerinin yaygınlaşması bu ve benzeri problemleri de beraberinde getirmektedir. Bu tür sistemler tesis edilmeden önce mutlaka doğru konumlandırılmalı ve mevsimsel gölge analizleri yapılarak mümkün olduğunca gölgeye maruz kalmayacak şekilde tesis edilmelidir.

KAYNAKLAR

- Charfi, W., Chaabane, M., Mhiri, H. & Bournot, P. (2018). "Performance evaluation of a solar photovoltaic system", *Energy Reports*, 4, 400-406.
- Çınar, S.M., Hocaoğlu, F.O. & Orhun, M. (2014). "A remotely accessible solar tracker system design", *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 6, 033143.
- Dolara, A., Lazaroiu, G.C., Leva, S. & Manzolini, G. (2013). "Experimental investigation of partial shading scenarios on PV (photovoltaic) modules", *Energy*, 55, 466-475.
- Fernández-Ahumada, L.M., Casares, F.J., Ramírez-Faz, J. & López-Luque, R. (2017). "Mathematical study of the movement of solar tracking systems based on rational models", *Solar Energy*, 150, 20-29.
- Flores-Hernández, D.A., Palomino-Resendiz, S., Lozada-Castillo, N., Luviano-Juárez, A. & Chairez, I. (2017). "Mechatronic design and implementation of a two axes sun tracking photovoltaic system driven by a robotic sensor", *Mechatronics*, 47, 148-159.
- Hocaoglu, F.O. & Serttas, F. (2017). "A novel hybrid (Mycielski-Markov) model for hourly solar radiation forecasting", *Renewable Energy*, 108, 635-643.
- Lappalainen, K. & Valkealahti, S. (2017). "Effects of PV array layout, electrical configuration and geographic orientation on mismatch losses caused by moving clouds", *Solar Energy*, 144, 548-555.
- Obara, S., Matsumura, K., Aizawa, S., Kobayashi, H., Hamada, Y. & Suda, T. (2017). "Development of a solar tracking system of a nonelectric power source by using a metal hydride actuator", *Solar Energy*, 158, 1016-1025.
- Schiro, F., Benato, A., Stoppato, A. & Destro, N. (2017). "Improving photovoltaics efficiency by water cooling: Modelling and experimental approach", *Energy*, 137, 798-810.
- Teo, H.G., Lee, P.S. & Hawlader, M.N.A. (2012). "An active cooling system for photovoltaic modules", *Applied Energy*, 90, 309-315.
- Köroğlu, T., Teke, A., Bayındır, K.Ç. & Tümay, M. (2010). "Güneş Panelleri Sisteminin Tasarlanması", *Elektrik Mühendisleri Dergisi*, 439, 98-104

- Fisher, B., Ghosal, K., Riley, D., Hansen, C., King, B., Burroughs, S. (2014.) "Field performance modeling of Semprius CPV systems", 2014 IEEE 40th Photovoltaic Specialist Conference, S: 759–765.
- Sun, J. (2011). "An optimum layout scheme for photovoltaic cell arrays using PVSYST" Proceedings 2011 International Conference on Mechatronic Science, Electric Engineering and Computer, S: 243–245.
- Yadav, P. (2015). "Simulation and Performance Analysis of a 1 kWp Photovoltaic System Using PVsyst", S: 358–363.
- Karki, P., Adhikary, B. & Sherpa, K. (2012). "Comparative study of grid-tied photovoltaic (PV) system in Kathmandu and Berlin using PVsyst.", Proceedings of 2012 IEEE Third International Conference on Sustainable Energy Technologies (ICSET), S:196-199.
- http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx