27. TARIMSAL MEKANİZASYON ULUSAL KONGRESİ

BİLDİRİ KİTABI

5-7 EYLÜL 2012
SAMSUN

ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
ZİRAAT FAKÜLTESİ
TARIM MAKİNALARI BÖLÜMÜ

Tokat Belediyesi Evsel Atıksu Arıtma Tesisinde Biyogaz Üretim Aşamaları 459
Biogas Production in Tokat Domestic Wastewater Treatment Plant
Mehmet Metin ÖZGÜVEN, Muzaffer Hakan YARDIM, Alim ÇİĞDEM, Talip KURU

Güneş Enerjili Elektrik Güç Sistemlerinin Tarımsal Alanlardaki Uygulamaları Üzerine Bir Fizibilite Çalışması: Tavuk Çiftliği Uygulaması 472
A Feasibility Study on PV Power Systems Applications in Agricultural Area: A Poultry Farm Application
Nuri ÇAĞLAYAN, Can ERTEKİN

Mikrodenetleyicili Tohum Ekim Ünitesinin Tasarım Parametreleri 482
Design Parameters of Seed Drill Unit with Microcontroller
Kadir SABANCI, Cevat AYDIN

Sivas İlindeki Hayvansal Atıklardan Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi 488
Determining Biogas Potential from Animal Waste of Sivas Province
İrfan YOKUŞ, Ayten ONURBAŞ AVCIOĞLU

Türkiye'deki Sera Bitkisel Biyokütle Atık Miktarının Belirlenmesi 499
Determination of Greenhouse Vegetable Biomass Waste Amount in Turkey
Sefai BİLGİN, Can ERTEKİN, Ahmet KÜRKLÜ

Üzüm Posası ve Bileşenlerinin Bazı Termokimyasal Özellikleri ve İzotermal Olmayan Şartlarda Piroliz Kinetikleri 509
Some Thermochemical Properties and Pyrolysis Kinetics of Grape Pomace and its Components Under Non-Isothermal Conditions
Türkan AKTAŞ, Mecit Halil ÖZTOP

Tarımda Partikül Madde Maruziyetinin Sağlık Etkileri, Araştırma Konuları ve Politikalar 518
Health Effects of Particulate Matter Exposure in Agriculture, Research and Policies
Selçuk ARSLAN, Ali AYBEK

Yulaf Çeşitlerinin Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Sınıflandırılması 519
Classification of Oat Varieties by Using Artificial Neural Networks
Alper TANER, Ali TEKGÜLER, Hüseyin SAUK, Bahadır DEMİREL

Biyodizel Yakıtla Çalıştırılan Küçük Güçlü Bir Diesel Motorun Performans ve Emisyonuna Giriş Hava Basıncının Etkisinin İncelenmesi 530
Investigation of the Effect of Air Intake Pressure on the Performance and Emissions Characteristics in a Small Diesel Engine Using Biodiesel
A. Konuralp ELİÇİN, Doğan ERDOĞAN

Güneş Enerjili Elektrik Güç Sistemlerinin Tarımsal Alanlardaki Uygulamaları Üzerine Bir Fizibilite Çalışması: Tavuk Çiftliği Uygulaması

Nuri ÇAĞLAYAN, Can ERTEKİN
Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, Antalya
ertekin@akdeniz.edu.tr

Özet: Fotovoltaik güç üretimi güvenli, sessiz, kirlilik oluşturmayan ve yenilenebilir bir teknolojidir. Öte yandan bakım harcamaları çok düşüktür ve hedeflenen hizmet ömürleri 20-30 yıldır. Fotovoltaik sistemler, özellikle diğer elektrik kaynak tiplerinin kullanılamadığı tarımsal ve kırsal alanlarda önemli sosyal ve ekonomik yararlar sağlayabilirler. Bu çalışmada, Antalya ilinde bulunan bir tavuk çiftliğinin enerji ihtiyacı belirlenmiş ve bu çiftlik için elektrik şebekesinden bağımsız 2 kW gücünde bir fotovoltaik sistem tasarlanmıştır. Ayrıca yenilenebilir enerji optimizasyon yazılımı (HOMER) ile fotovoltaik sistemin performansı araştırılmıştır.
Anahtar kelimeler: Fotovoltaik güç üretimi, şebekeden bağımsız, tavuk çiftliği

A Feasibility Study on PV Power Systems Applications in Agricultural Area: A Poultry Farm Application

Abstract: Photovoltaic power generation is safe, silent, non-polluting and renewable. On the other hand, their maintenance costs are very low and projected service lifetimes of 20 to 30 years. Photovoltaic power systems can provide important social and economic benefits especially in agricultural and rural areas where other types of electricity supply are unavailable. In this study, energy need is estimated for a poultry farm, in Antalya province and a stand-alone 2kW power PV system is designed. In addition, performance of the PV system is investigated using The Hybrid Optimization Model for Electric Renewable (HOMER) software.
Key words: Photovoltaic power generation, stand-alone, poultry farm

Giriş

Fotovoltaik (PV) sistemler, panel fiyatlarındaki azalışın sürmesi, uzun ömürlü ve sessiz çalışmaları yanında bedava, temiz ve tükenmeyen bir enerji kaynağına sahip olunması gibi avantajlarıyla sosyal ve ticari alanlardaki pazar paylarının sürekli olarak artmasını sağlamaktadırlar. Kolay ve esnek bir şekilde tasarlanmış PV sistemlerinin, tarımsal alanlarda aydınlatma, içme ve sulama suyu pompalama sistemlerinde, televizyon, buzdolabı gibi ev cihazlarının enerji ihtiyacının karşılanması ile kırsal alanda telekomünikasyon araçları ve sağlık kliniklerinde elektrik ihtiyacının karşılanması gibi pek çok kullanım alanı mevcuttur. Günümüzde, kırsal alanlardaki konutlarda ve halkın ortak kullanım alanları için PV sistemlerini yaygınlaştırmayı amaçlayan çeşitli programlar pek çok hükümet ve uluslararası kuruluş tarafından yürütülmekte veya planlanmaktadır.

Avrupa Fotovoltaik Endüstri Birliği EPIA (The European Photovoltaic Industry Association)'ya göre fotovoltaik pazarı 2007 yılında 2,4 GW ve 2009 yılı itibarıyla da toplamda 5,5 GW sınırına yaklaşmıştır. Bu da pazarın bir yıllık süre içerisinde %129 oranında büyüme kaydettiğini göstermektedir. EPIA'ya göre İspanya toplam yeni altyapı ve kurulumların yarısını tek başına gerçekleştirerek toplamda 2,5 GW sınırına ulaşmıştır. İspanya'nın ardından Almanya 1,5 GW ile ikinci en büyük ve en güvenilir pazar durumu haline gelmiştir. Buna karşılık Türkiye'de ise, PV elektrik kurulu gücü 3MW civarındadır. Yok denecek kadar az olan

bu kapasitenin çoğu şebekeden bağımsız sistemlerden oluşmaktadır (EPIA, 2012). Buna rağmen, bol güneş ışığı alması ve güneş enerjisi sistemleri kurmaya uygun geniş alanlara sahip olması nedeniyle Türkiye'nin fotovoltaik pazarındaki potansiyelinin oldukça geniş olduğu görülmektedir (Ayas ve ark., 2009).

Yapılan hesaplara göre Türkiye, 2006 yılında ürettiği elektrik miktarının yaklaşık 11000 katı kadar güneş ışığı almaktadır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nde (DMİ) mevcut bulunan 1966-1982 yıllarında ölçülen güneşlenme süresi ve ışınım şiddeti verilerinden yararlanarak ve Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) tarafından yapılan çalışmaya göre, Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresinin 2640 saat, ortalama toplam ışınım şiddetinin 1311 kWh m^{-2} olduğu tespit edilmiştir. Aylara göre Türkiye güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süresi değerleri Çizelge 1'de verilmiştir (YEGM, 2012).

Çizelge 1. Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli

Aylar	Aylık Toplam Güneş Enerjisi (kWh m^{-2} ay^{-1})	Aylık Güneşlenme Süresi (Saat)
Ocak	51,75	103,0
Şubat	63,27	115,0
Mart	96,65	165,0
Nisan	122,23	197,0
Mayıs	153,86	273,0
Haziran	168,75	325,0
Temmuz	175,38	365,0
Ağustos	158,40	343,0
Eylül	123,28	280,0
Ekim	89,90	214,0
Kasım	60,82	157,0
Aralık	46,87	103,0
Toplam	1311	2640
Ortalama	3,6 kWh m^{-2} $gün^{-1}$	7,2 saat $gün^{-1}$

Bu çalışma kapsamında 600 m^2 alana kurulu ve 5500 adet tavuk kapasitesine sahip bir tesisin temel elektrik ihtiyaçlarını karşılayacak bir PV sistemi tasarlanmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında kurulacak PV sisteminin tüm bileşenlerine ait hesaplamalar yapılmış, ikinci aşamasında ise, yenilenebilir enerji optimizasyon yazılımı olan HOMER (NREL, 2012) kullanılarak kurulması planlanan fotovoltaik sistemin performans analizi yapılarak sonuçlar tartışılmıştır.

PV panel teknolojileri

Fotovoltaik paneller birbirine eklenmiş fotovoltaik hücreler içerirler. PV sisteminin en önemli parçaları olan hücreler, farklı teknolojilere sahiplerdir. Bunlar;

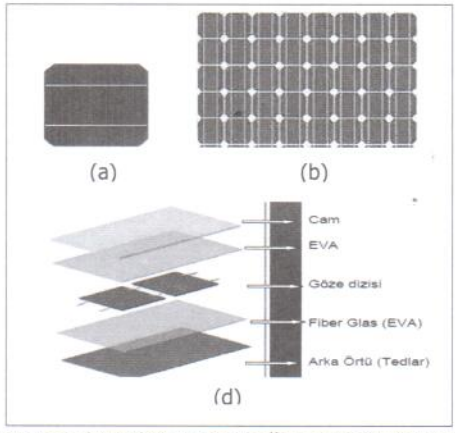
-Monocrystalline, multicrystalline ve ribbon tabaka tip kristal silikon teknolojisi; verimliliği %12-17 arasındadır ve %90 pazar payına sahip en yaygın olanıdır.

-İnce film teknolojisi; maliyeti daha ucuzdur, fakat verimlilik düşüktür (% 5-13).

-AR-GE aşamasında olan diğer PV teknolojileri; hücrenin üzerine odaklanmış mercek düzeneği bulunan verimleri daha yüksek (%20-30) PV teknolojileridir.

Bu hücreler, üzerine güneş ışığı düştüğünde güneş enerjisini doğrudan doğru akıma (DC) çeviren ve bu süreçte Silikon, Galyum, Arsenit, Kadmiyum Tellurid ya da Bakır İndiyum Diselenid gibi yarı iletkenleri kullanan yapılardır. Genelde yüzeyleri kare, dikdörtgen veya daire şeklinde biçimlendirilen kristalin güneş hücrelerinin alanı 100/156/243 cm^2 civarında ve

kalınlıkları ise 0,2-0,4 mm arasındadır. İnce film hücreler ise istenilen yüzeylere farklı ebatlara uygulanabilmektedir (Gessolar, 2012). Güneş hücre dizilerinden oluşturulan bu göze dizileri bazı katman ve koruyucu tabakalar içerisinde muhafaza edilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Güneş hücresi (a) ve Güneş hücrelerinin seri bağlanarak oluşturulmuş göze dizisi (b). PV panel yapısı (Şenol, 2012)

PV panellerde kullanılan hücreler 0,5V gerilim ürettiklerinden pratikte çok işe yaramazlar. Eğer 12V gerilime sahip bir aküyü şarj etmek ve bununla pompa ve motorların çalıştırılması isteniyorsa, 36 hücrenin birbirleriyle bağlanması gereklidir. Benzer şekilde daha yüksek akım, gerilim veya güç elde etmek için seri ve paralel bağlı panel dizileri oluşturulmalıdır (Brooks, 2010).

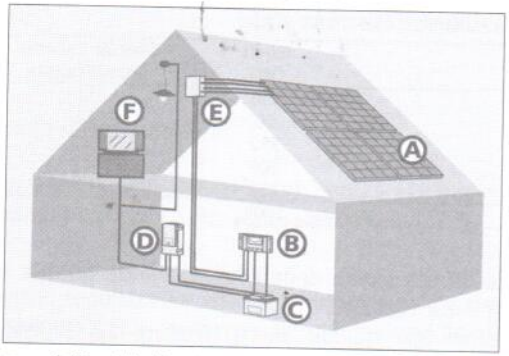
PV güneş enerji sistemleri

Güneş enerjisi ile elektrik üretim sistemleri temelde ikiye ayrılmaktadır:

-Şebekeden bağımsız (off grid) sistemler

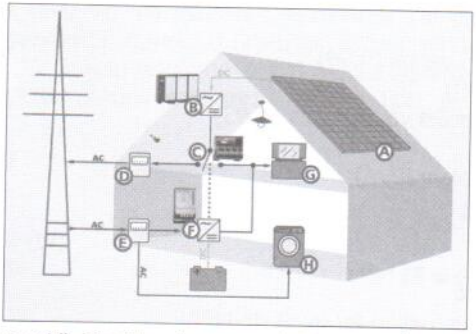
-Şebekeye bağlı (on grid) sistemler

Şebekeden bağımsız sistemler, şebeke elektriğinin olmadığı veya tercih edilmediği yerlerde elektrik ihtiyacının karşılanması amacıyla elektrik üreten sistemlerdir. Paneller aracılığıyla güneş enerjisinden elde edilen doğru akım elektrik enerjisi, bir şarj regülatörü aracılığıyla sisteme bağlı aküler şarj edilir. Depolanan enerji bir çevirici (inverter) aracılığıyla da şebeke elektriği ile aynı özellikte alternatif enerjiye çevrilir. Gündüz üretilen ve depolanan enerji ihtiyaç olduğu zaman kullanılır (Şekil 2).



Şekil 2. Şebekeden bağımsız (off grid) bir sistemin yapısı:A. Panel, B. Solar şarj kontrol, C. Akü, D. İnvertor, E. Bağlantı kutusu, F. Cihazlar.

Şebekeye bağlı (on grid) bir sistemin, şebeke elektriği bulunan tüm mahallerde elektrik ihtiyacının karşılanmasına yönelik güneş enerjisinden faydalanan elektrik üretim sistemleridir (Şekil 3).



Şekil 3. Şebekeye bağlı (on grid) bir sistemin yapısı: A. Panel, B. İnvertör, C. Röle, D. Şebeke satış sayacı, E. Şebekeden alış sayacı, F. sinüs invertör, G. Kesintide desteklenen yükler, H. Kesintide desteklenmeyen yükler (STECA GmbH, 2012)

Bu tür sistemlerde üretilen enerjinin tamamı veya fazlası elektrik şebekesine satılır, yeterli enerjinin üretilmediği durumlarda ise şebekeden enerji alınır. Şebekeye bağlı sistemler, akülü ve aküsüz olarak kurulabilmektedirler.

PV tesis tasarımı: Tavuk çiftliği uygulaması

Çalışmada ele alınan tavuk çiftliği 600 m² alana kurulu ve 5500 adet tavuk kapasitesine sahiptir. Çiftlikteki iklim kontrolü otomatik olarak yapılmaktadır. Kurulacak PV sistemin tasarımı için, tavuk çiftliğinin temel elektriksel ihtiyaçları belirlenmiş ve sistem için gerekli olan güneş panellerinin ve akülerin sayısı hesaplanmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Tavuk çiftliğinde kullanılan elektriksel yükler

Elektriksel yükler	Gücü (W)	Günlük Çalışma Süresi (saat)	Toplam Enerji Miktarı (Wh gün^{-1})
Havalandırma	550	12	6600
Aydınlatma	50	12	600
Yemleme sistemi	750	3	2250
Sulama sistemi	500	3	1500
Diğer (TV, radyo vb).	150	10	1500
Toplam	2000		12450

Antalya için en düşük güneş ışınım değeri Aralık ayında görülür ve bu aydaki ortalama değeri 3346 Wh m^{-2}. gün^{-1}' dür (EU JRC, 2012).

Çizelge 2'ye göre sistem için günlük enerji tüketimi 12,45 kWh olarak belirlenmiştir. Sistemden çekilecek anlık güç ise 2000 Wp değerindedir. Sistemin aküden kullanım süresinin 2 gün olması planlanmıştır. Sistemde kullanılmak üzere seçilen güneş paneli özellikleri şunlardır:

VOC=68,7 V, VMPP=55,8 V, ISC=3,83 A, IMPP=3,59 A, ηPV=%17,2, PVA=1,28 m2.

Toplam sistem verimi (ηS), eşitlik (1)'den 0,120 olarak hesaplanmıştır.

$$\eta_S = \eta_{PV} \cdot \eta_I \cdot \eta_A \cdot \eta_D \quad (1)$$

Burada;

ηI : Evirici (inverter) verimi (0,94)

ηA : Akü verimi (0,80)

ηD : Kablo, sıcaklık etkisi vb. etkenler (0,93)

Buna göre gerekli PV alanı (PVA);

$$PV_A = \frac{E_{ELD}}{\eta_S \cdot E_{SD}} \ (m^2) \quad (2)$$

$$PV_A = \frac{12450}{0.120.3346} = 31\ m^2$$

olur. Sistem için gerekli toplam PV gücü (PVMPP);

$$PV_{MPP} = 2000.\eta_{PV}.PV_A \ (Wp) \quad (3)$$

$$PV_{MPP} = 2000.0172.31 = 10664\ Wp$$

Burada;

ELD : Günlük enerji tüketimi (kWh gün-1)

ESD : Birim alan için güneşten elde edilen en düşük ışınım değeri (kWh m-2 gün).

Birim güneş panelinin gücü (PMPP), eşitlik (4)' ten;

$$P_{MPP} = V_{MPP} \cdot I_{MPP} \ (W_p) \quad (4)$$

$$P_{MPP} = 55,8.3,59 = 200\ W_p$$

Gerekli panel sayısı (np);

$$n_p = \frac{10664 W_p}{200 W_p} = 53$$ adet'tir.

Seçilen güneş paneli için en yüksek güç noktasındaki gerilim değeri VMPP=55.8 V'tur. Buna göre 48V ve 250Ah akü seçimi uygun olacaktır. Akü şarj derinliği ise %85 olarak seçilebilir. Sistemin aküden kullanım süresi 2 gün olacak şekilde tasarlanacağından gerekli akü kapasitesi (Kakü);

$$K_{aKU} = \frac{E_{TOP} t_a}{\eta_A V_{aKU}} (Ah) \quad (5)$$

eşitliğinden bulunur.
Burada;
ta : Aküden kullanma süresi (saat gün^{-1})

Eşitlik (5)' ten toplam akü kapasitesi 648 Ah ve gerekli akü sayısı (nakü) eşitlik (6)'dan 3 adet olmak üzere toplam akü kapasitesi 750 Ah olacaktır.

$$n_{aKU} = \frac{K_{aKU}}{I_{aKU}} \quad (6)$$

Akülerin şarjı için uygun regülatör kapasitesi belirlenirken, seçilen akü gerilimine göre en yüksek kısa devre akımının (ISC) değerine dikkat edilmelidir. Güneş panelleri paralel bağlandığı durumda (ISC) değeri;

$$I_{SC} = 55.39A = 210.65A$$

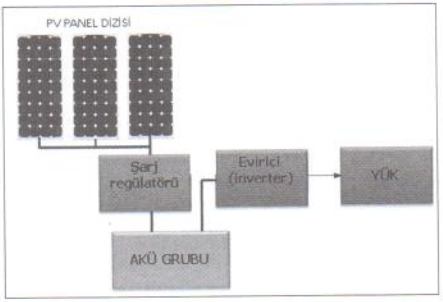
olacaktır. Bu durumda regülatör giriş akımı bu değerin üzerinde seçilmelidir. Genelde piyasada bulunan şarj regülatörlerinin sahip olduğu giriş akımı değeri bu değerin altındadır. Bu bakımdan, uygun akü şarj akımını karşılayabilmek için birden fazla regülatör paralel olarak sisteme bağlanabilir.

Sistemde kullanılacak cihaz ve makinaların çalışabilmesi için panellerden üretilen doğru akımın alternatif akıma çeviren bir çeviriciye (inverter) ihtiyaç vardır. Literatürde genel kural olarak çevirici gücünün, PV kurulu gücünün %80'i olacak şekilde seçilmesi önerilmektedir (Öztürk ve Dursun, 2011). Bu durumda, çevirici kapasitesi (IK), eşitlik (7)'den yaklaşık 1702 VA olarak bulunmuştur.

$$I_K = \frac{P_{KG} \cdot 80}{\eta_I} (W) \quad (7)$$

Burada;
PKG : Kurulu PV gücü (W)
ηI :Çevirici verimi'dir.

Piyasada bu değere en yakın kapasite değeri olarak 2000 VA güce sahip çevirici seçilebilir. Tasarlanan PV sisteminin blok şeması Şekil 4' te verilmiştir.



Şekil 4. Tasarlanan PV sisteminin blok şeması

PV sistemi için modelleme ve kapasite analizi

Şebekeden bağımsız olarak çalışacak 2kW gücündeki PV sistemde öncelikle kullanılacak güneş paneli sayısı ve akü sayısı belirlenmiştir. Sisteme bu elemanların dışında, 2000VA'lik DC-AC dönüşüm yapabilecek bir çeviricinin ve günlük 12450 Wh'lık yüklerin de eklenmesi ile PV sistem optimizasyon programında (HOMER) modellenerek sonuçlar verilmiştir.

PV sisteminin modellemesinde, sistemi oluşturan PV paneli, çevirici, akü şarj regülatörü ve akü grubu gibi bileşenlerin teknik özellikleri yanında, bu bileşenlerin hesaplamalar sonucu elde edilen kapasite değerlerinden yararlanılmıştır. Ayrıca, Antalya ili matematiksel konumuna (36° 07'-37° 29' kuzey enlemleri ve 29° 20'-32° 35' doğu boylamları) bağlı olarak aylık ortalama güneş açıklık indeksleri ve ortalama güneş ışınım değerleri (Çizelge 3) sistemde tanımlanmıştır.

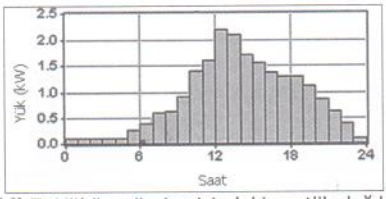
PV sisteme girilen bilgilere göre, elektriksel yüklerin günlük ortalama enerji tüketimi 12,45 kWh, yük faktörü 0,264 olduğu ve yükün maksimum 1,97 kW değerinde güç harcayacağı hesaplanmıştır.

Çizelge 3. Antalya ilinin aylara göre ortalama açıklık indeksi ve güneş ışınımı değerleri (YEGM, 2012)

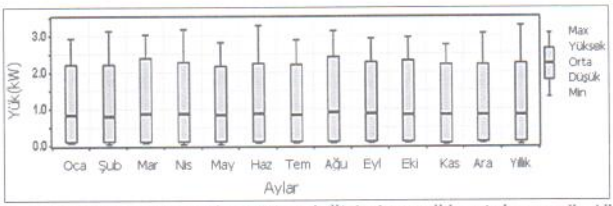
Aylar	Açıklık İndexi	Günlük Işınım ($kWh\ m^{-2}\ gün^{-1}$)
Ocak	0,494	2,420
Şubat	0,526	3,284
Mart	0,554	4,486
Nisan	0,573	5,669
Mayıs	0,616	6,835
Haziran	0,656	7,581
Temmuz	0,657	7,417
Ağustos	0,651	6,712
Eylül	0,661	5,744
Ekim	0,608	4,119
Kasım	0,544	2,824
Aralık	0,492	2,204
Ortalama	0,602	4,949

Araştırma Bulguları

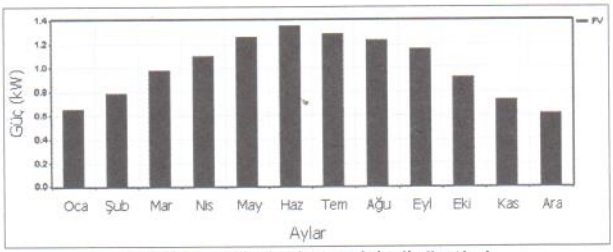
Analiz sonuçlarına göre yükün gün içerisindeki dağılımı Şekil 5'te, elektriksel yükün aylara göre değişimi ve yıllık ortalama güç tüketimi Şekil 6'da verilmiştir. Yükün gün içerisindeki dağılımına bakıldığında, özellikle öğle saatlerinde yük artmaktadır. Bu artış, serinletme sisteminin devreye girmesinden kaynaklanmaktadır. Elektriksel yükün aylara göre değişimine bakıldığında ise, Haziran ayında en yüksek değerine ulaştığı ve 3 kW'ın üzerine çıktığı görülmektedir. Panellerden elde edilecek aylık ortalama elektrik üretimi (Şekil 7) ise yaz aylarında en yüksek değerlerine ulaşmaktadır. PV panellerine ve çeviriciye ait çıkış güçlerinin gün içerisindeki değişimi ve aylara göre dağılımına (Şekil 8-9) bakıldığında, PV çıkış gücünün en yüksek seviyelerine, güneşlenme sürelerinin uzun olduğu ve güneş ışınım şiddetinin en fazla olduğu saatlerde ulaştığı gözlenmektedir. Ayrıca sisteme bağlı akülerin şarj edilme durumu (Şekil 10) Mayıs-Haziran ayları arasında ve öğle saatlerinde en yüksek seviyelerde olduğu görülmektedir.



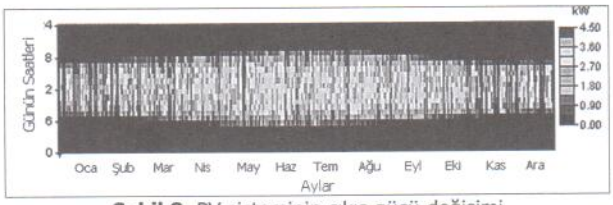
Şekil 5. Yükün gün içerisindeki saatlik dağılımı.



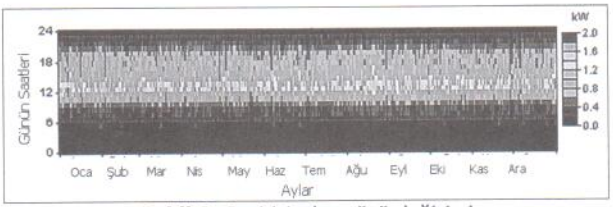
Şekil 6. Elektriksel yükün aylara göre değişimi ve yıllık ortalama güç tüketimi



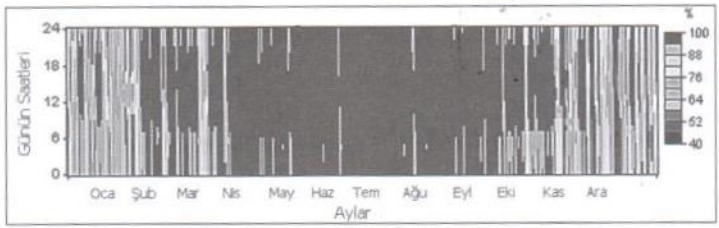
Şekil 7. Aylık ortalama elektrik üretimi



Şekil 8. PV sisteminin çıkış gücü değişimi



Şekil 9. Çevirici çıkış gücü değişimi



Şekil 10. Akülerin şarj edilme durumu

Tasarlanan 2 kW'lık PV kurulumu için sabit açılı, hareketsiz ve güneş izleme sistemine sahip hareketli PV sistemi kullanan iki farklı durumda benzetim yapılmıştır. Sabit açılı sistemde, Antalya ilinin enlem açısı olan 36,1° eğime göre PV sisteminin yerleştirildiği kabul edilmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4'te verilmiştir. Burada yıllık elde edilen elektrik enerjisi 6937 kWh $yıl^{-1}$ olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4. Sabit açılı PV sisteminin benzetim sonuçlar

Özellik	Elde edilen değer
Toplam enerji üretimi	6937 kWh/yıl
Nominal kapasite	4 kW
Ortalama çıkış gücü	0,79 kW
Ortalama günlük çıkış enerjisi	19 kWh/gün
Kapasite faktörü	%19,8
En yüksek çıkış	4,16 kW
En düşük çıkış	0,00 kW
Çalışma süresi	4389 h/yıl

Güneş izleme sistemine sahip PV sistemi ise iki eksende hareket ettiği varsayılarak benzetim yapılmış ve PV sisteminden 8791 kWh $yıl^{-1}$ enerji elde edilebileceği görülmüştür. Güneş izleme sistemli PV düzeneği sabit açılı PV düzeneği ile karşılaştırıldığında yılda 1854 kWh daha fazla enerjinin üretildiği görülmüştür. Bu da sabit açılı PV sisteminin ürettiği elektrik enerjisinden %26.7 daha fazla bir değere karşılık gelmektedir (Çizelge 5).

Çizelge 5. İki eksenli güneş izleme sistemli kullanan PV sistemin benzetim sonuçları

Özellik	Elde edilen değer
Toplam enerji üretimi	8791 kWh $yıl^{-1}$
Nominal kapasite	4 kW
Ortalama çıkış gücü	1 kW
Ortalama günlük çıkış enerjisi	24,1 kWh $gün^{-1}$
Kapasite faktörü	%25,1
En yüksek çıkış	4,22 kW
En düşük çıkış	0,00 kW
Çalışma süresi	4389 h $yıl^{-1}$

Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, Antalya ilinde 600 m^2 alana kurulu ve 5500 adet tavuk kapasitesine sahip bir tavuk çiftliği için temel elektrik ihtiyacını karşılamak üzere, 2 kW kurulu güce sahip bir PV sistem tasarlanmıştır. Kurulacak PV sistemine ait bileşenlerin güç ve enerji değerleri hesaplanarak ortaya konmuştur. Tavuk çiftliğinde kullanılan ve enerjisinin PV sisteminden

elde edileceği elektriksel yüklerin günlük ortalama enerji tüketiminin 12,45 kWh, yük faktörünün 0,264 olduğu ve yükün maksimum 1,97 kW değerinde güç harcayacağı hesaplanmıştır.

Kurulması planlanan sistemin performansı, HOMER optimizasyon yazılımında araştırılmış, sabit açılı güneş paneli sisteminden oluşan 2 kW'lık PV sistemi ile aynı sistemin iki-eksenli güneş izleme sistemini kullanması durumundaki analizleri yapılarak her iki sistem karşılaştırılmıştır. Benzetim sonuçlarına göre sabit açılı PV sisteminden yıllık toplam 6937 kWh enerji elde edilebilirken, ortalama günlük çıkış enerjisi 19 kWh olarak belirlenmiştir. Buna karşılık, iki eksende hareketli güneş izleyici sistemine sahip PV düzeneğinden elde edilebilecek yıllık toplam enerji 8791 kWh ve ortalama günlük çıkış enerjisi 24,1 kWh olacağı görülmüştür. Bu durumda, hareketli paneller ile elektrik enerjisi üretmenin, sabit açılı paneller ile elde etmeye göre %26,7 oranında daha yüksek olacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Literatür Listesi

Ayas, C., Demirayak, F., Karaosmanoğlu, F., İş, G., Kumbaroğlu, G., Or, İ., Can, O., Yenigün, O., Arıkan, Y., (2009), İklim Çözümleri: 2050 Türkiye Vizyonu, X-Press Baskı, İstanbul.

Brooks, B. 2010. Subject: Inspecting Photovoltaic (PV) Systems For Codecompliance. inspecting_pv_systems_for_codecompliance.pdf http://www.pge.com/includes/docs/pdfs/shared/solar/solareducation/inspecting_pv_systems_for_code_compliance.pdf, Erişim: Nisan 2012.

EPIA, 2012. Global Market Outlook for Photovoltaics until 2016. http://www.epia.org/publications/epiapublications.html, Erişim: Nisan 2012.

EU JRC, 2012. Solar radiation and photovoltaic electricity potential country and regional maps for Europe. JRC Institute for Energy and Transport. http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis, Erişim: Mayıs 2012.

Gessolar, 2012. GES Elektronik ürün kataloğu. Konu: Fotovoltaik sistemler. www.gessolar.com.tr/pdf/tr-en.pdf, Erişim: Nisan 2012.

NREL, 2012. National Renewable Energy Laboratory (NREL). HOMER-Analysis of micropower system options. http://www.nrel.gov/homer/, Erişim: Mayıs 2012

Öztürk, A., Dursun, M., 2011. 2,10 ve 20 KVA'lık Fotovoltaik Sistem Tasarımı. 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 16-18 May 2011, Elazığ, Turkey

STECA Gmbh, 2012. STECA Gmbh PV ürün kataloğu. www.stecasolar.com/index.php?Products_Overview, Erişim: Mart 2012

Şenol, 2012. Konu: Güneş Pili Nasıl Yapılır? http://www.unienerji.com/?p=521, Erişim: Nisan 2012. YEGM, 2012. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası. http://www.eie.gov.tr, Erişim: Nisan 2012.