



tmmob  
makina mühendisleri odası

# 5 GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ

SEMPOZYUMU VE SERGİSİ

“Temiz enerjinin  
farkında mısınız

7-8 Ekim 2011  
Kültür Merkezi / Mersin

Yayın No: E/2011/562

## BİLDİRİLER KİTABI

**TMMOB MAKİNE MÜHENDİSLERİ ODASI**  
**5. Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi**  
**7 – 8 Ekim 2011**

**GÜNEŞ ENERJİLİ DAMLA SULAMA SİSTEMİ ARAZİ PERFORMANSININ DENEYSEL DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Ümran ATAY<sup>1</sup>, Yusuf IŞIKER<sup>2</sup> ve Bülent YEŞİLATA<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>GAP Toprak Su Kaynakları ve Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Şanlıurfa

<sup>2</sup>Harran Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü, Osmanbey Kampüsü, 63000 Merkez, Şanlıurfa.  
[umranatay@hotmail.com](mailto:umranatay@hotmail.com)<sup>1</sup>, [yusuf47@harran.edu.tr](mailto:yusuf47@harran.edu.tr)<sup>2</sup>, [byesilata@harran.edu.tr](mailto:byesilata@harran.edu.tr)<sup>2</sup>

**Özet**

Bu çalışmada Şanlıurfa ilinin yüksek güneş enerjisi potansiyelinden yararlanarak; fotovoltaik güneş enerjisi destekli sulama sistemlerinin gerçek arazi koşullarındaki performansı deneysel yöntemle araştırılmıştır. Söz konusu sistem; fotovoltaik (PV) güneş panellerine bağlı doğru akım (DC) ile çalışan fırçasız bir pompadan oluşmakta ve damlama sulama sistemi (DSS) kurulu arazinin sulanmasında kullanılmaktadır. Kıyaslama amacıyla şebekeye bağlı klasik alternatif akım (AC) ile çalışan bir pompanın beslediği aynı boyutlardaki DSS ile aynı koşullardaki komşu bir arazinin de sulaması gerçekleştirilmiştir. Her iki sistemin gerçek arazi koşullarında teknik ve ekonomik açıdan deneysel kıyaslaması yapılmış; tarla etkinlikleri ve sistem performansları, araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar; PV- DSS kullanımının GAP Bölgesi açısından etkin ve verimli bir çözüm olabileceğini göstermektedir.

**1. Giriş**

Türkiye’de tarımsal sulama; elektrik, mazot veya petrol gibi konvansiyonel enerji kaynakları ile çalışan su pompaları kullanılarak yapılmaktadır. Elektrik olmayan veya elektrik götürülmesi güç ve pahalı olan tarımsal alanlarda, mazot ve petrol pompaları kullanılmaktadır. Bu tip sistemler daimi günlük bakım isterler ve ancak suyu bol olan yerlere değil, ulaşımı kolay olan yerlere kurulabilirler. Güneş enerjisi ile çalışan su pompası sistemleri ise günlük bakım istemedikleri gibi arzu edilen herhangi bir yerde, bol güneş olması şartı ile kurulabilirler. Bu tip pompaların ilk kuruluş masrafları yüksek olmasına rağmen, işletme ve bakım masrafları çok düşüktür. Bu nedenle, özellikle güneş ışınım potansiyeli yüksek yerlerde çok kısa sürede daha ekonomik duruma geçerler (Yeşilata ve Aktacir, 2001).

Güneydoğu Anadolu Bölgesinde, baraj ve sulama projeleri vasıtasıyla sulamaya binlerce dönüm arazi açılmış olup, bu rakamın daha da büyümesi söz konusudur. Ülkemizin en büyük yatırım projesi olan GAP projesi kapsamında bulunan sulama alanlarında yeni enerji hatları oluşturulması gerekecek ve elektrik enerjisindeki cömertçe kullanımın ülkemize gittikçe artan yükler getirmesine sebep olacaktır. GAP Bölgesinde kırsal alanda, az nüfuslu çok sayıda birimden oluşmuş yaygın ve dağınık bir yerleşme düzeni egemendir. Bu yerleşimlere kamu hizmetlerinin götürülmesinde zorluklar yaşandığı gibi, bu hizmetleri götürmenin maliyeti de yüksek olmaktadır. Bölgenin başta gelen sorunları arasında, su temini ve tarımsal sulama amaçlı faaliyetler için tüketilen enerjinin yüksekliği nedeniyle, yasal bedelin alınmasında zorluklar oluşmasıdır. Fotovoltaik güç destekli sulama uygulamaları bu kapsamda ön sıralarda gelen uygulamalar arasındadır. GAP Bölgesinde bulunan illerin yüksek güneş enerjisi potansiyelinden tarımsal uygulamalarda yararlanmak amacıyla, güneş enerjisiyle çalışan damla sulama sisteminin (DSS) kullanılabilirliği ve yaygınlaştırılması, bölgenin geleceği açısından önemlilik arz etmektedir.

Bu yaklaşım gerçekte, GAP Bölgesi rekabet gündemi çalışmalarında öncelikli olarak vurgulanan; organik tarım ve yenilenebilir enerji gibi alanların entegrasyonu açısından da önem taşımaktadır (GAP eylem planı: <http://includes.gap.gov.tr/files/ek-dosyalar/gap-eylem-planı/gap-eylem-planı.pdf>). Diğer taraftan GAP’ın merkezi konumundaki Şanlıurfa tarım alanı olarak 12.205.434 dekar bir alana sahip olup bu alan arazi dağılımı bakımından Türkiye’deki toplam tarım alanının %4,9 dur. Bu da ülkemizde

Konya ve Ankara'dan sonra üçüncü en büyük tarım alanına sahiptir. Hali hazırda Şanlıurfa ilinde sulanan alan 3.693.248 dekar'dır. GAP projesi tamamlandığında ise sulanacak alan miktarının 5.181.420 dekar olması beklenmektedir (<http://www.sanlıurfa-tarim.gov.tr/web2011/brifing.pdf>). GAP'ın sonuçlandırılması sonunda Şanlıurfa bölgesinin tarım alanlarının yaklaşık olarak %42'lik bir kısmı sulanmış olacaktır. GAP Bölgesi'nin sulamaya açılacak alanlarında önemli bir gelir artışı gerçekleşeceği açıktır. Bu durum sulama dışı alanlarda yaşayanlarla, sulamadan yararlananlar arasında birinci grup aleyhine bir gelir düzeyi farklılaşmasının ortaya çıkmasına neden olacaktır. Bu farkı ortadan kaldırmak, kırsal alandaki verimliliği ve istihdam olanaklarını artırmak amacıyla, güneş enerjisi ile çalışan fotovoltaik (PV) pompaların kullanılması en iyi seçeneklerden biri olarak görülmektedir. (Atay vd., 2009).

Güneş enerjili ya da güneş pili destekli damla sulama sistemleri (DSS), enerji ve su kullanımında sağladığı verimlilik nedeniyle, GAP Bölgesi'nde aşırı enerji ve su tüketimine yönelik sorunları gidermede en uygun çözümlerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak, ilk yatırım masraflarının yüksekliği ve toplam sistem verimlerinin düşüklüğü gibi, önemli dezavantajları da söz konusudur. Bu dezavantajların azaltılması için seçilen konfigürasyonların maksimum kullanılabilirliği sağlayacak şekilde optimize edilmesi gerekmektedir (Yeşilata ve ark. 2006, Atay ve ark. 2009).

Güneş pili damla sulama sistemi (PV-DSS) tercihi göz önüne alınması gerekli birçok faktör söz konusudur. Bu faktörler kullanım yerindeki günlük su ihtiyacı, su kalitesi, pompa statik ve dinamik yükleri, kullanılma sezonunu kapsayan aylar ve bu aylardaki güneş ışınım şiddeti olup, uygulama öncesi bu faktörlerin detaylı olarak analizi gerekmektedir (Yeşilata ve Aktacir, 2001, Yeşilata ve ark. 2006, Atay ve ark., 2009).

Bu çalışmada; Şanlıurfa ili sınırları içerisinde kurulu bir PV-DSS'ningerçek arazi koşullarındaki performansı araştırılmakta ve klasik bir AC-DSS sistemi ile karşılaştırılmaktadır.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Tarla denemelerine ait parametreler

Kurulan sistemin tarla denemesi sırasında çekilen görüntüsü Resim 1'de gösterilmiştir. Biri PV destekli DC-pompa, diğeri de şebeke hattına bağlı AC-pompa ile sulanan her iki deneme parselinde, Şanlıurfa bölgesinin en çok tüketmiş olduğu ürünlerden biri olan yerli kırmızı biber ekilmiş olup, yetiştirme şartları eşit tutulmuştur. Biber tohumları nisan ayının başında torf içeren viollere ekilmiş; daha sonra olgunlaşan fideler aynı zamanda tarlaya dikilmiştir. Üretim alanında sıra arası 70 cm, sıra üzeri mesafe 40 cm olarak alınmıştır. Fide dikiminden önce toprağın bakım işeri yapılarak, toprak kulaklı pulluk ve kültüvatorle toprak işleme yapıldıktan sonra, rototiller ile kesekler parçalanarak üzerinden tapan geçirilip dikime hazır hale getirilmiştir. Ayrıca dikim işleminden sonra 3 adet çapa yapılmıştır.

Denemede kullanılan gübre miktarları Çizelge 1'de verilen toprak analizine göre belirlenmiştir. Buna göre deneme parsellerine dekara saf olarak 21kg/da N, 10kg/da P205, 13 kg K205 uygulaması yapılmıştır. Azotlu gübrenin 1/3 taban gübrelemesinde kalan kısmı, çiçeklenme ve hasat dönemlerinde DSS ile uygulanmıştır. Fosforlu gübrenin 1/2 taban gübrelemesinde kalan kısmı yine DSS ile fakat çiçeklenme döneminde uygulanmıştır. Potasyumlu gübrelemeye bitkinin gelişme döneminde başlanarak, son hasattan 30 gün öncesine kadar belirli aralıklarla tarlaya verilmiştir.



Resim 1. Denemenin yapıldığı arazilerin kuşbakışı görüntüsü.

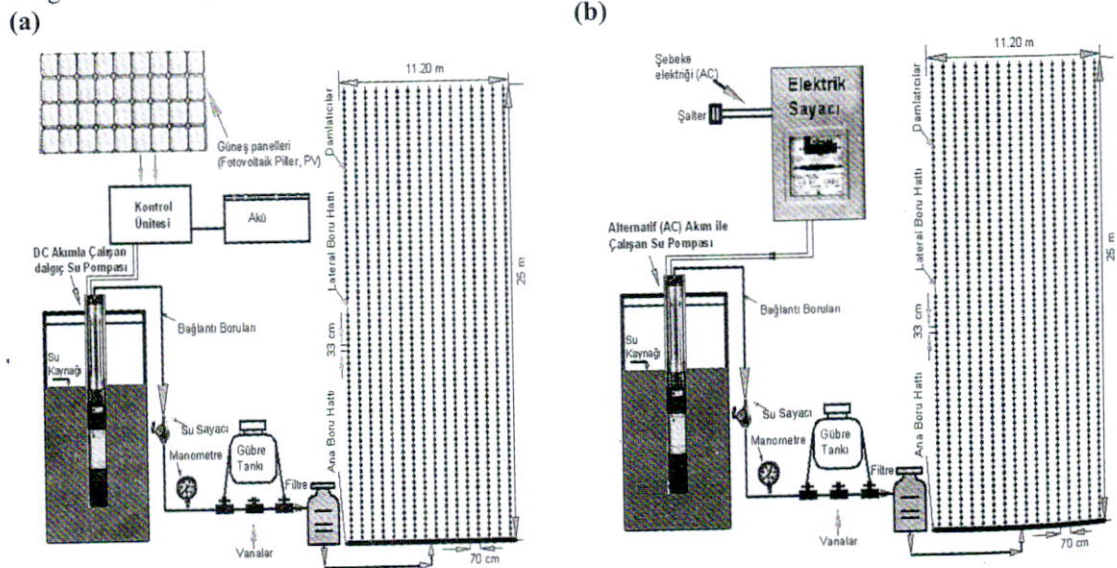
Çizelge 1 Toprak analiz sonuçları.

Derinlik (cm)	Kireç (%)	Fosfor P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Kg/da)	Potas. K <sub>2</sub> O (Kg/da)	Org.Mad. (%)	Hacim ağırlığı (gr/cm <sup>3</sup> )	Bünye
0-20	27,12	3,24	106,71	1,32	1,32	Kil
20-40	26,55	2,594	105,91	1,41	1,29	Kil

## 2.2. Sulama Sistemi Bileşenleri ve Veri Ölçüm Ekipmanları

Biri PV destekli DC-pompa, diğeri de şebeke hattına bağlı AC-pompa ile beslenen DSS'leri şematik olarak Şekil 1'de gösterilmiştir. Söz konusu sistemler; Harran Ovası içinde bulunan Şanlıurfa GAP Toprak-Su Kaynakları ve Tarımsal Araştırma Enstitüsü'ne ait olan Koruklu Talat Demirören Araştırma İstasyonu arazisinde kurulmuştur.

PV-DSS sistemi (Şekil 1(a)) 4 adet 160 W Güneş paneli, 2 adet 230 Ah batarya, 1 adet Maksimum güç noktası izleyicisi (MPPT), 1 adet dalgıç tipi PV solar pompa (3-5 m<sup>3</sup>/h debi ve 22 m basma yüksekliğinde) su sayacı, debimetre, gübre tankı, filtre, vanalar, bağlantı boruları, ana boru hattı ve lateral boru hattından oluşmaktadır. Şebeke elektriği ile çalışan AC-DSS sistemde (Şekil 1(b)) ise; 1 adet elektrik sayacı, elektrik panosu, elektrik direği, AC dalgıç pompa (3-5 m<sup>3</sup>/h debi ve 15 m basma yüksekliğinde) ile diğer sistemdeki gibi; su sayacı, debimetre, manometre, gübre tankı, filtre, vanalar, bağlantı boruları, ana boru hattı ve lateral boru hattı bulunmaktadır.



Şekil 1. Sulama sistem ve ekipmanlarına ait şematik şekiller (a) PV-DSS, (b) AC-DSS.

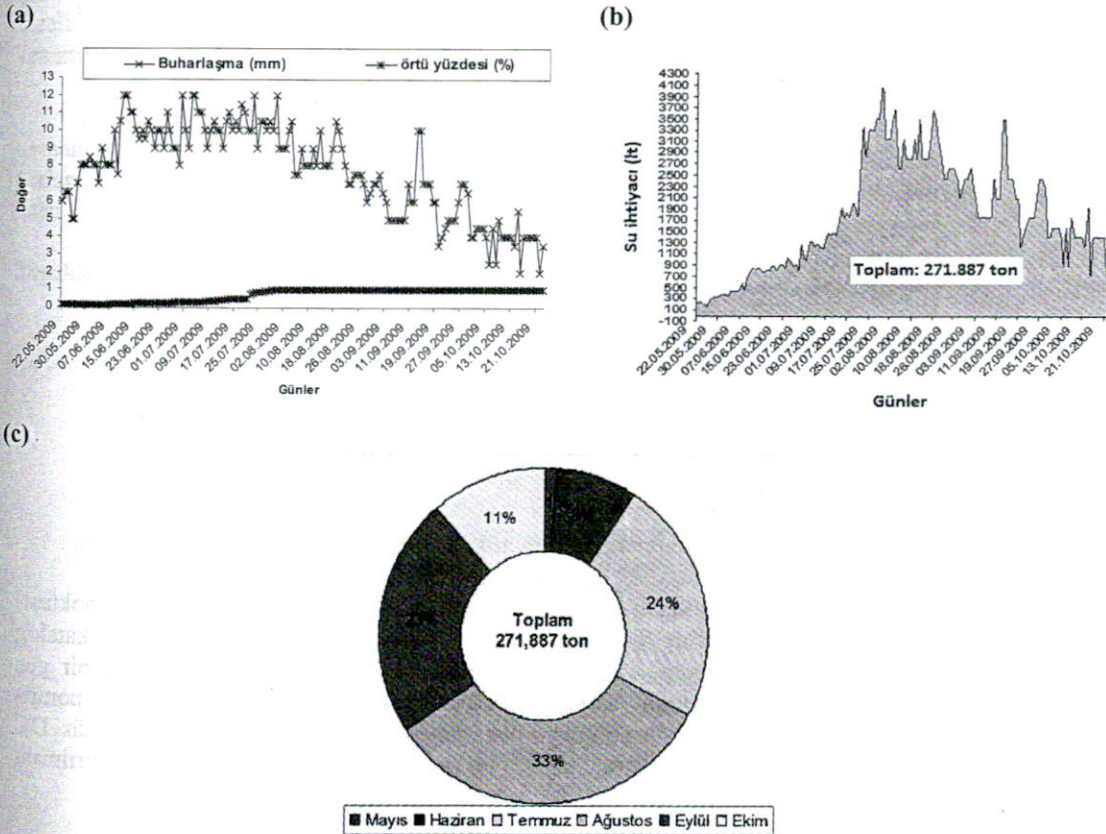
Kullanılan PV sistemlerin elektrik enerjisi çıktısını arttırabilmek için güneşten gelen ışınların güneş panelleri üzerine dik olarak düşmesi gerekmektedir. Bundan dolayı güneş panellerinin yerleştirilmesinde Şanlıurfa ilinin aylık ya da sezonluk bazda eğim açıları için Fıratoğlu ve Yeşilata (2001) tarafından her ay için tespit edilen optimum eğim açıları kullanılarak sulama sezonunu oluşturan Mayıs-Eylül ayları için sezonluk ortalama optimum eğim açısı 10° değeri belirlenmiş ve paneller bu eğim açısında yerleştirilmiştir.

Sulama sistemlerinin performansını belirlemek amacıyla kullanılan veri ölçüm ve kayıt ekipmanları şunlardır: Anlık güneş ışınımın ölçen piranometre, DC akım ölçer, DC volt ölçer, T tipi termocift sıcaklık sensörleri (ortam ve panel yüzey sıcaklıkları için), manyetik debimetre, Hioki-32 kanallı veri kayıt cihazı, Hioko-3636-20 ClampAC akım sensörüne kayıt cihazı, Hioko-3637-20 voltaj sensörü ve kayıt cihazı, LTS 25 lem modülü.

### 3. Arazi Deneyi Sonuçları

Biberin yetiştirme periyodu süresince (Mayıs-Ekim ayları arası) DSS ile yapılan sulama işleminde; su ihtiyacı, sulama için 2-4 gün aralıkları kullanılarak ve Class- A pan 2-4 günlük yığılımlı buharlaşma değerleri, 1.25 Pan katsayısı ile çarpılarak belirlenmiştir. Günlük buharlaşma ve örtü yüzdesinin ölçülmesi sonucunda, ürün günlük su ihtiyacına yönelik veriler belirlenmiştir. Atay ve ark, (2011) tarafından yapılan bu ölçümler, belirlenen su ihtiyacı değerleri ve arazilere sevkedilen aylık su miktarları Şekil 2' de gösterilmiştir.

Şekil 2(a)'da verilen grafikten; en yüksek ve en düşük buharlaşma miktarlarının sırasıyla, Temmuz ayı (en yüksek değer 12 mm), Ekim ayında (en düşük değer 2 mm) gerçekleştiği görülmektedir. Örtü yüzdesi ise; 22 Mayıs-29 Temmuz 2009 tarihleri arasında '1' değerinin altında iken, 29 Temmuz-23 Ekim 2009 tarihleri arasında '1' olarak ölçülmüştür. Bu nedenlerle; Şekil 2(b)'de gösterilen günlük sulama suyu ihtiyacı grafiği, örtü yüzdesi ile buharlaşma değerlerinin çarpımıyla doğru orantılıdır. 280 m<sup>2</sup> alana sahip her bir arazi için maksimum günlük su ihtiyacı; Temmuz ayında 4,1 ton olarak belirlenmiştir.

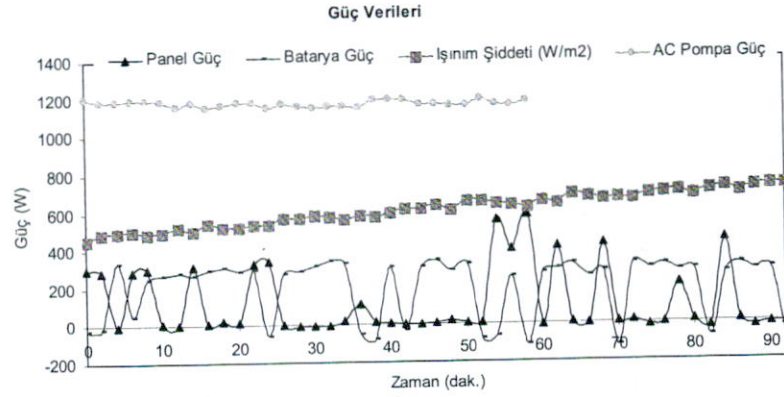


Şekil 2. (a) Buharlaşma ve örtü yüzdesi ölçümleri, (b) Günlük su ihtiyacı, (c) Araziye pompalanan aylık su miktarları.

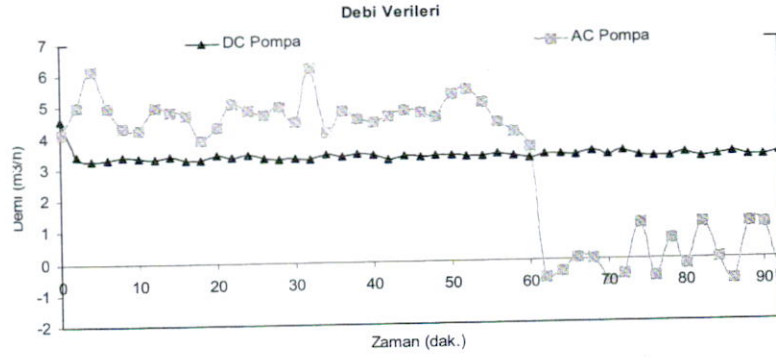
Şekil 2(c) 'de gösterilen aylık sulama suyu miktarı; Mayıs ve Haziran aylarında, günlük buharlaşma ve örtü yüzdesi değerlerinden dolayı düşük, Temmuz ayının sonlarına doğru ise, örtü yüzdesinin 1 değerine ulaşması ve sıcaklıkların artması nedeniyle, yüksektir. Ancak Ağustos ayının sonlarından itibaren, örtü yüzdesideğeri halen '1' olmasına rağmen, sıcaklığın düşmesiyle, sulama suyu miktarlarında bir azalma meydana gelmiştir. Sulama sezonu boyunca toplam 67 sulama yapılmış olup; her iki araziye de 280 m<sup>2</sup>'lik alan için aynı miktarda (arazi başı toplam 271,887ton) su verilmiştir.

Biri PV destekli DC-pompa, diğeri de şebeke hattına bağlı AC-pompa ile sulama yapılan her iki arazide; sulama pompası performanslarına yönelik ölçümlerde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada özellikle DC pompanın bataryalı çalışması sırasındaki güç analizleri ile araziye pompalanan su debileri, AC pompa ile kıyaslanmıştır. Örnek olmak üzere; sulama ihtiyacının yüksek olduğu Ağustos ayı içerisinde (24 Ağustos 2009) elde edilen ölçüm sonuçları Şekil 3'te gösterilmiştir.

(a)



(b)



Şekil 3. Gerçek arazi koşullarında yapılan sulamada; a) güç tüketimleri, (b) pompalanan su debileri.

Sulama; yerel saat ile sabah saat 08:21'de (grafiklerde  $t=0$  ile gösterilen başlangıç noktası) başlanmıştır. AC pompa şebekeden sabit bir güç çekmekte olup, bu çekilen güç pompa katalog değerinin iki katından fazladır. Bu durum, çalışma esnasında AC sistemde ciddi seviyede bir güç dönüşüm kaybı yaşandığını göstermektedir. Diğer taraftan grafikteki batarya gücü, DC pompa tarafından çekilen güçtür ve bu değer, klasik pompaya nazaran oldukça düşük, fakat değişkendir. DC pompa bu doğrultuda daha az su pompalamakta ve bu nedenle daha uzun süre çalıştırılması gerekmektedir.

AC pompa, günlük su ihtiyacı olarak belirlenen miktarı, (yaklaşık 60 dakikada) sağladıktan sonra, manuel olarak kapatılmakta fakat DC pompa çalıştırılmaya devam ettirilmektedir. DC pompa ise yaklaşık 32 dakika daha fazla çalıştırdıktan sonra; toplam günlük su ihtiyacı koşulu sağlanmakta ve

pompa durdurulmaktadır. Debi değerlerinin gösterildiği Şekil 2(b) vasıtasıyla da bu çalışma süresi farklılığını görmek mümkündür. AC pompa için ortalama debi 5 m<sup>3</sup>/h, ortalama anlık güç tüketimi ise 1.2 kW olmuştur. Bu duruma karşılık; DC pompa için söz konusu değerler sırasıyla, 3.5 m<sup>3</sup>/h ve 0.3 kW olarak belirlenmiştir. Sulama yapılan diğer aylarda da benzer bir trend söz konusudur.

Yapılan arazi deneyleri sonucunda; sulanan her bir araziden farklı tarihlerde hasat edilen ürün (biber) miktarları Çizelge 2'de sunulmuştur. Sulama sezonu boyunca; ortalama hasat verimleri, güneş paneli ile sulanan alan için 4485 kg/da, AC pompa ile sulanan alan için ise 4367 kg/da olarak belirlenmiştir.

Çizelge 2. Arazilardan farklı tarihlerde toplanan ürün (hasat edilen biber) miktarları

Hasat tarihleri ve miktarları (kg.biber)	03/09	17/09	24/09	01/10	07/10	14/10	21/10	28/10	Toplam
DC sulama	85	237	228	245	145	111	140	65	1256
AC sulama	70	117	167	320	199	150	130	70	1223

#### 4. Bulgu ve öneriler

Bu çalışmada, bir PV destekli DC-DSS sistemi ile şebeke hattına bağlı bir AC-DSS sisteminin gerçek arazi koşullarında sulama ve ürün performansları deneysel olarak incelenmiştir. 2009 sulama sezonu boyunca, her iki sistem ile yapılan sulamaların tümü sorunsuz gerçekleştirilmiştir. DC pompa, PV panel ve batarya sistemi ile birlikte kullanıldığından, gündüz ve gece kesintisiz çalışabilmektedir. Saatte 2,5-5 ton aralığında su basabilmektedir. Güneşin olmadığı durumlarda batarya ile 16,76 saat kesintisiz çalışma mümkündür ve bu süre içerisinde toplam 68,7 ton su pompalanabilmektedir. Özellikle sulama döneminde sık sık ortaya çıkan elektrik kesintilerinde AC pompa ile sulama kesintiye uğrarken, DC pompa ile bekleme gereksizdir sorunsuz sulama yapılabilmektedir.

Bu çalışmada sunulan güneş enerjili sulama sistemlerin yüksek ilk yatırım masrafına karşılık, herhangi bir işletme masrafı bulunmamaktadır. Kırsal bölgelerde, elektrik şebekesinin gitmediği yerlerde kullanımı halinde, elektrik hattı getirmek amacıyla yapılacak yüksek yatırımlara kıyasla çok daha ekonomik bir çözümlenebilecektir.

#### Teşekkür

Bu çalışma TAGEM (Proje No: TAGEM-BB-090210J1) tarafından desteklenmektedir.

## Kaynaklar

- Atay Ü., Işiker Y. ve Yeşilata B., 2009. Fotovoltaik Güç Destekli MİKRO Sulama Sistemi PROJESİ-1: GENEL ESASLAR. V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu bildiriler kitabı, Diyarbakır.
- Atay Ü., Işiker Y. Yeşilata B., 2009, Fotovoltaik Güç Destekli Mikro Sulama Sistemi Projesi-2: Simülasyon Çalışması V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu bildiriler kitabı , Diyarbakır.
- Atay Ü., Işiker Y. ve Yeşilata B., "Güneş Enerjili Damla Sulama Sistemlerinde Modelleme ve Performans Analizi" TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi, sayfa 103-111, (2009).
- Atay Ü., Işiker Y. ve Yeşilata B., Rastgeldi U., Çıkman A. , Nacar A.S. ,2011. Güneş Pili Damla Sulama Sistemi Kurulumunun Şanlıurfa Koşullarındaki Tarla Denemesi. GAP VI. Tarım Kongresi, 09-12 Mayıs 2011, Şanlıurfa
- Firatoglu Z. A., ve Yeşilata B., 2001. Fotovoltaik Güç Destekli Dalgıç Pompa Sistemlerinde Optimum Dizayn Koşullarının Araştırılması, Tesisat Mühendisliği Dergisi, Nisan-Mart, s.59-66.
- Odeh, I, Yohanis, Y.G., Norton, B., " Economic Viability of Photovoltaic Water Pumping Systems", Solar Energy, (2005).
- Posorski R., " Photovoltaic Water Pumps, An Attractive Tool For Rural Drinking Water Supply", Solar Energy 58, 155-163, (1996).
- Short, T.D. and Oldach, R., Solar Powered Water Pumps: The Past, the Present and the Future?. Solar Energy Engineering 125, 76-82, (2003).
- Yeşilata, B., ve Aktacir, A., 2001, Fotovoltaik Güç Sistemli Su Pompalarının Dizayn Esaslarının Araştırılması. Mühendis ve Makina Dergisi, 42 (493): 29-34.
- Yeşilata B., Aydın M., Işiker, Y., 2006, Küçük Ölçekli Bir PV Su Pompalama Sisteminin Deneysel Analizi, Mühendis ve Makina, cilt 47, sayı 553, sy. 31-38.