

## BİR FOTOVOLTAİK POMPA SİSTEMİNİN DENEYSEL İNCELENMESİ

Mehmet Azmi Aktacir<sup>1</sup>, Yusuf Işiker<sup>2</sup> ve Bülent Yeşilata<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Osman Bey Kampüsü, Şanlıurfa tel:0.414.3440020-1121, fax:0.414.3440031, aktacir@harran.edu.tr

<sup>2</sup> Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Osman Bey Kampüsü, Şanlıurfa tel:0.414.3440020-1124, fax:0.414.3440031, yusuf47@harran.edu.tr

<sup>3</sup> Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Osman Bey Kampüsü, Şanlıurfa tel:0.414.3440020-1096, fax:0.414.3440031, byesilata@harran.edu.tr

### ÖZET

Günümüzde fotovoltaik-pompa uygulamaları, fotovoltaik uygulamalar arasında en ekonomik sistemleridir. Bu çalışmada, küçük ölçekte su teminine yönelik bir fotovoltaik (PV) pompa sistemine ait temel bileşenlerinin tasarım ve kurulum aşamaları tanıtılmakta ve sistem üzerinde gerçekleştirilen deneylere ait sonuçlar sunulmaktadır. Sistemde pompa için gerekli enerji; 130 Wp nominal güce sahip, 2 adet polikristal PV panel tarafından sağlanmaktadır. Fırçasız DC motor ve santrifüj pompa ikilisi ile paneller arasında bir maksimum güç noktası takip (MPPT) ünitesi bulunmaktadır. Deneysel ölçümler; sistemin çalışma performansına etki eden bazı parametrelerin anlık ve ortalama değerler bazında değişimlerini kapsamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:**Güneş Enerjili Pompa; Fotovoltaik; Tarımsal Sulama; Maksimum Güç Noktası; Deneysel Analiz.

### ABSTRACT

Photovoltaic-pumps are nowadays the most economical systems among wide-variety of photovoltaic applications. In this study, design and installation phases of a photovoltaic (PV) pump suitable for a small-scale water supply are introduced. The system consist of two polycrystal PV panels of each 130 Wp, a brushless DC motor, a centrifugal pump and a maximum power point tracker (MPPT). We present here results of some experiments performed with this system. Variations in instantaneous and averaged values of the PV-pump system parameters that are effective on operational performance are briefly discussed.

**Keywords:**Solar Powered Pump; Photovoltaic; Agricultural Irrigation; Maximum Power Point; Experimental Analysis.

### 1.GİRİŞ

Günümüzde, fotovoltaik (PV) sistemlerin enerji kaynağı olarak en fazla tercih edildiği uygulamalar arasında su pompalama sistemleri bulunmaktadır. PV güç sistemli su pompalama uygulaması özellikle şehir su ve elektrik şebekesine bağlı olmayan kırsal yörelerde kuyu veya kanallardan su temininde veya zirai amaçlı arazilerde sulama kanallarından araziye su dağıtımında ekonomik olarak kullanılabilir (Posorski 1996). Çünkü bu tür bölgelere yeni enerji hattının çekilmesi nedeniyle ortaya çıkan ilk yatırım maliyeti genellikle çok yüksek meblağlar oluşturmaktadır. Tarım arazileri gibi geniş alanlarda sabit enerji noktasından veya sulama kanallarından arazinin tüm bölgelerine su dağıtımını ekstra kablo düzeni gerektirmektedir. En önemlisi sulama döneminde tüketilen ve genellikle tükenmeye yüz tutmuş enerji kaynaklarıyla elde edilen elektrik enerjisi çok yüksek maliyetle kullanılmaktadır (Short and Oldach 2003).

Fotovoltaik güç destekli pompaların kullanımında ülkemizde açısından da son yıllarda olumlu bir kamuoyu oluşmuş olup, yaygınlaşma trendi henüz başlamıştır. Bu anlamda, GAP Bölgesi kullanım ve yaygınlaşma potansiyeli en yüksek coğrafyalardan biri olarak gösterilmektedir. Temel nedenleri şunlardır:

- Sulama ihtiyacı çok yüksektir
- Güneş ışınım şiddeti ülke standartlarının üzerindedir
- Sulama bölgelerinde elektrik temini güvenilir değildir.
- Birçok kırsal bölgede elektrik hattı bulunmamakta ve günlük hayat için gerekli su temininde bile zaman zaman sorunlar yaşanmaktadır.

Bu nedenlere ek olarak sulama dönemlerdeki aşırı elektrik ihtiyacı nedeniyle il merkezlerine bile elektrik aktarımını çok sık engelleyen hat arızaları meydana gelmektedir. PV pompalama sistemleri, belirtilen sorunları gidermede en uygun çözümlerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır (Yeşilata ve Aktacir 2001). Ancak, ilk yatırım masraflarının yüksekliği ve verimlerinin düşüklüğü gibi önemli dezavantajları da söz konusudur. Bu

dezavantajların azaltılması için seçilen konfigürasyonların maksimum kullanılabilirliği sağlayacak şekilde optimize edilmesi gerekmektedir (Firatoğlu ve Yesilata 2003, Firatoğlu ve Yesilata 2004).

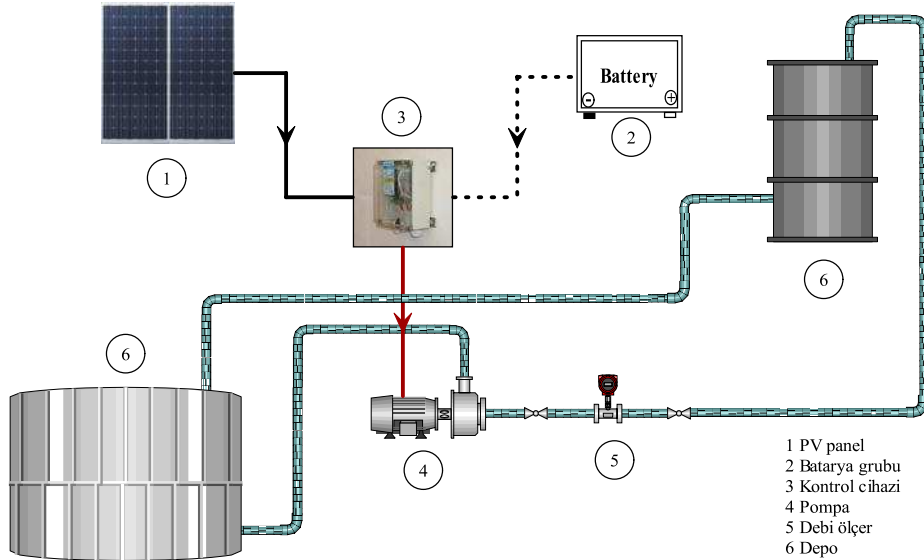
Bu çalışmada, küçük ölçekte su teminine yönelik bir PV pompa sistemine ait temel bileşenlerinin tasarım ve kurulum aşamaları tanıtılmakta ve sistem üzerinde gerçekleştirilen deneylere ait sonuçlar sunulmaktadır. PV pompa sisteminde bulunan bir MPPT ünitesi ile maksimum güç çıkışı sağlanabilmektedir. Sistemin çalışma performansına etki eden bazı parametrelerin anlık ve ortalama değerler bazında değişimlerine ait deneysel ölçüm sonuçları kısaca irdelenmektedir.

## 2. SOLAR POMPA SİSTEMİ

Harran Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü laboratuvarında kurulan solar pompa, doğru akım (DC) ile yüksek verimde çalışan fırçasız tip bir

santrifüj pompadır. Solar pompa sistemi, enerji üreten PV panel, enerjinin düzenlendiği kontrol ünitesi ve su aktarımının sağlandığı depolardan oluşmaktadır. Şekil 1’de solar pompa sistemi şematik olarak gösterilmiştir. Solar pompa (4), PV paneller (1) tarafından üretilen 12/24V DC ile doğrudan çalışmaktadır. Eğer istenilirse sisteme batarya (2) ilave edilerek, güneşin olmadığı saatlerde de pompanın çalıştırılması mümkündür. PV panellerin ürettiği enerji solar kontrol cihazında (3) düzenlenerek pompa motoruna yönlendirilmektedir. Böylece kaynağından alınan su (6), istenilen yere basınçlandırılarak gönderilmektedir. Sistem üzerine debimetre (5) ilave edilerek debi ölçümü yapılmaktadır.

Sistemde kullanılan DC solar santrifüj pompanın teknik özellikleri Tablo 1’de verilmiştir. Tabloda belirtildiği gibi, pompa 12/24V doğru akımla çalışma özelliğine sahiptir.



Şekil 1. Solar pompa sistemi

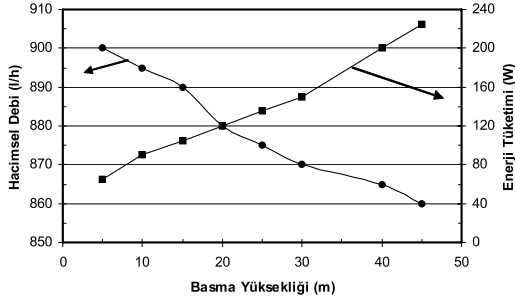
Tablo 1. Pompanın teknik özellikleri

Voltaj aralığı	12/24V DC
Maksimum açık devre voltajı	50V
Maksimum giriş akımı	20A
Düşük voltaj koruma sınırı	11/22V DC
Tekrar çalışma voltajı	13/26V DC
Pompa boyutları	260X175X100 mm
Ağırlığı	1,5 kg
Çalışma sıcaklık aralığı	-20 °C /50 °C
Motor+kontrol cihazı maksimum verimi	%92

Pompa paslanmaz çelik, pirinç ve alüminyum gibi korozyon olmayan malzemelerden üretilmiştir. Pompanın (11/22V DC) düşük voltaj koruması vardır. 12V DC ile çalışması durumunda; sisteme

verilen gerilim 11V altına düştüğünde sistem devre dışı bırakılır. Gerilim 13V üzerine çıktığında sistem otomatik olarak tekrar devreye alınmaktadır. 24V çalışma durumunda da benzer koruma vardır. 50V’tan büyük gerilimlerde ise pompanın hasarlanma riski söz konusudur.

Şekil 2’de solar pompanın güç karakteristiği verilmiştir. Basma yüksekliği, enerji tüketimi ile doğru orantılı olarak artmakta, pompa debisi ile azalmaktadır. Ortalama olarak pompanın debisi 900 l/h’dir. Pompanın kuru olarak (susuz) çalıştırılması uygun değildir. Kum balçık, kil gibi katı maddeler pompaya zarar vermemesi için pompanın emiş hattına filtre konulmuştur.



Şekil 2. DC pompanın güç karakteristiği



Şekil 3. PV-panel dizisi

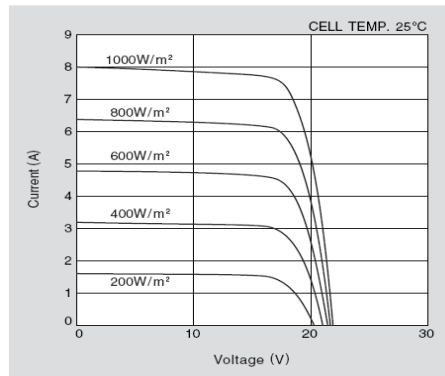
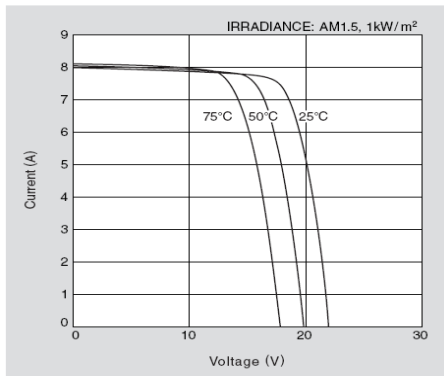
### 3. ENERJİ ÜRETİMİ VE DEPOLAMA

Solar pompanın enerji ihtiyacı PV panel dizisinden sağlanmaktadır. Sistemde 2 adet %16 verimli polikristal hücreli 130W'lık panel paralel bağlanarak PV dizisi oluşturulmuştur. PV paneller güneğe doğru ve yer düzlemine 50°'lik bir açıyla yerleştirilmiştir. Şekil 3'de pompa sisteminde kullanılan PV panel dizisi gösterilmiştir.

Tablo 2'de PV panel özellikleri verilmiştir. Üretici firma tarafından 2 yıl malzeme ve işçilik, 25 yıl da güç üretimi için garanti verilmiştir. PV panellerin 1.5 hava yoğunluğu (air mass spectrum) bir ortamda çeşitli radyasyon ve sıcaklık şartlarında Akım-Voltaj dağılımları Şekil 4'te sunulmuştur.

Tablo 2 PV panel özellikleri

Elektiksel Data		Panel Boyutu	
Maksimum Güç	130 W	Boy	1425 mm
Tolerans	%10-%5	Genişlik	652 mm
Maksimum Güç Voltajı	17.6 V	Kalınlık	36 mm
Maksimum Güç Akımı	7.39 A	Ağırlık	12.2 kg
Açık Devre Voltajı ( $V_{oc}$ )	21.9 V	Hücreler	
Kısa Devre Akımı ( $I_{sc}$ )	8.02 A	Hücre sayısı	36
$V_{oc}$ sıcaklık katsayısı	$-8.2 \cdot 10^{-2} \text{ } ^\circ\text{C}$	Hücre teknolojisi	Polikristal
$I_{sc}$ sıcaklık katsayısı	$3.18 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}$	Hücre şekli	Dikdörtgen
NOCT	47 $^\circ\text{C}$		
Maksimum Sistem Voltajı	1000 V		



Şekil 4. Akım-Voltaj değişimi

### 4. SOLAR KONTROL ÜNİTESİ

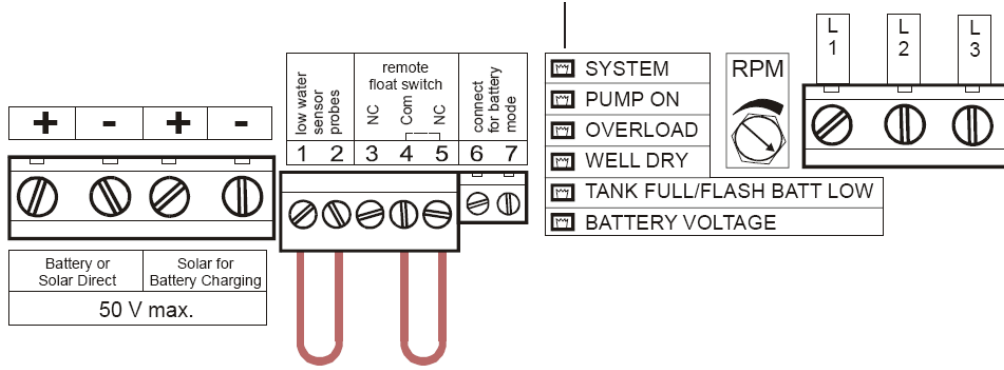
Solar pompa sisteminin çalışması için hız/voltaja bakılmaksızın hemen hemen sabit akıma ihtiyaç duyar. Düşük radyasyon değerlerinde PV dizisinde gerekli akımı üretilemez. Voltaj azalarak sıfıra

doğru düşer, dolayısıyla pompa çalışmasında zorlanma başlar. "Lineer Control Booster" (LCB) lineer akım destekleyici olarak adlandırılan pompa kontrolünde, maksimum güç noktası takip "Maximum Power Point Tracking" (MPPT) sistemi

vardır. Bu motora verilen akımı artırırken voltajı düşürerek yük ile güç kaynağını uygun olarak eşleştirir. Sistemde kullanılan MPPT şarj kontrol ünitesi fotovoltaiik sistemlerin verimlerini artırmanın teknolojik bir metodudur. MPPT teknolojisi sayesinde kontrol cihazı, PV panelinden üretilen enerji, maksimum noktada kullanıldığından klasik kontrol cihazlara göre daha fazla performans sağladığından sistemin verimini (%30) artırmaktadır.

PV pompa sisteminin en önemli elemanı olan solar kontrol cihazının bu özelliğine ilave olarak pompa hızını değiştirmek için hız fonksiyonu, susuz çalıştırılmamasını engellemek için kaynak su seviye kontrolü, uzaktan tank su seviye kontrolü ve batarya koruması için düşük ve yüksek voltaj koruması “Low Voltage Disconnect” (LVD) vardır. Solar kontrol sistemi üzerindeki ışıklı göstergelerle (LED) sistem çalışırken kontrolü sağlanabilir. Solar kontrol sisteminin görüntüsü Şekil 5’te verilmiştir. Pompadan gelen 4 kaplodan 3’ü L1 L2 L3

portlarına diğeri ise toprak hattına takılır. Kontrolör üzerinde 7 adet terminal vardır. (1-2) terminaline pompanın susuz çalışmasını önlemek için düşük su seviyesi probu takılır. (3-4-5) su seviyesi uzaktan kontrolü için NO veya NC tip anahtarlar bağlanır. (6-7) terminali batarya düşük ve yüksek gerilim kontrolünde kullanılır. Kontrol üzerindeki LED lambalar ile sistem ile ilgili bilgiler alınmaktadır. SYSTEM devrede iken yeşil devre dışında iken yeşildir. PUMP ON pompa devrede iken yeşil ışık yanar. OVERLOAD aşırı yük korumasından dolayı pompa devre dışı kaldığında kırmızı ışık yanar. WELL DRY kaynaktaki su seviyesi düşük olduğunda kırmızı ışık yanar. Motor 20 dakika sonra yeniden çalıştırılır. TANK FULL uzaktan kontrolle tank dolu olduğunda motor kapatılır. RPM göstergesi ile manuel olarak motor devri artırılır (300, 500, 750, 1000, 1250, 1500 d/d). BATTERY VOLTAGE kırmızı ışık yandığında batarya voltajının düşük olduğu anlaşılır.

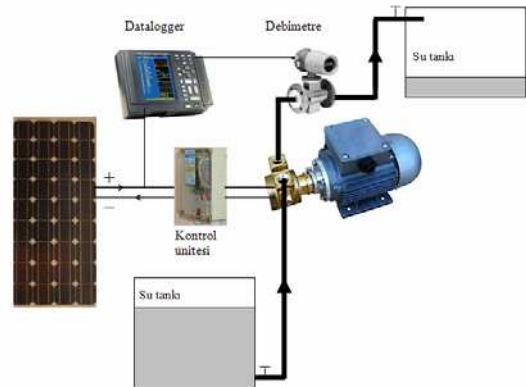


Şekil 5. MPPT kontrol sisteminin görüntüsü

## 6. DENEY DÜZENEGİ

Harran Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında kurulan PV-pompa sisteminde, Şanlıurfa yerel koşullarında Mayıs ayında deneyler gerçekleştirilmiştir. Deneylerde PV ve pompa grupları üzerinde akım (I), gerilim (V) ile çeşitli noktalardan sıcaklık ölçümleri ve pompanın debi ölçümü yapılmıştır. Deney düzeneği ve ölçme elemanları Şekil 6’da şematik olarak gösterilmiştir. Sıcaklıklar ölçümünde T tipi termal çift ve pompa debisi ölçümünde ABB marka elektro manyetik debi ölçer kullanılmıştır. Ölçümler anlık olarak 32 kanallı datalogger’a kaydedilmiştir.

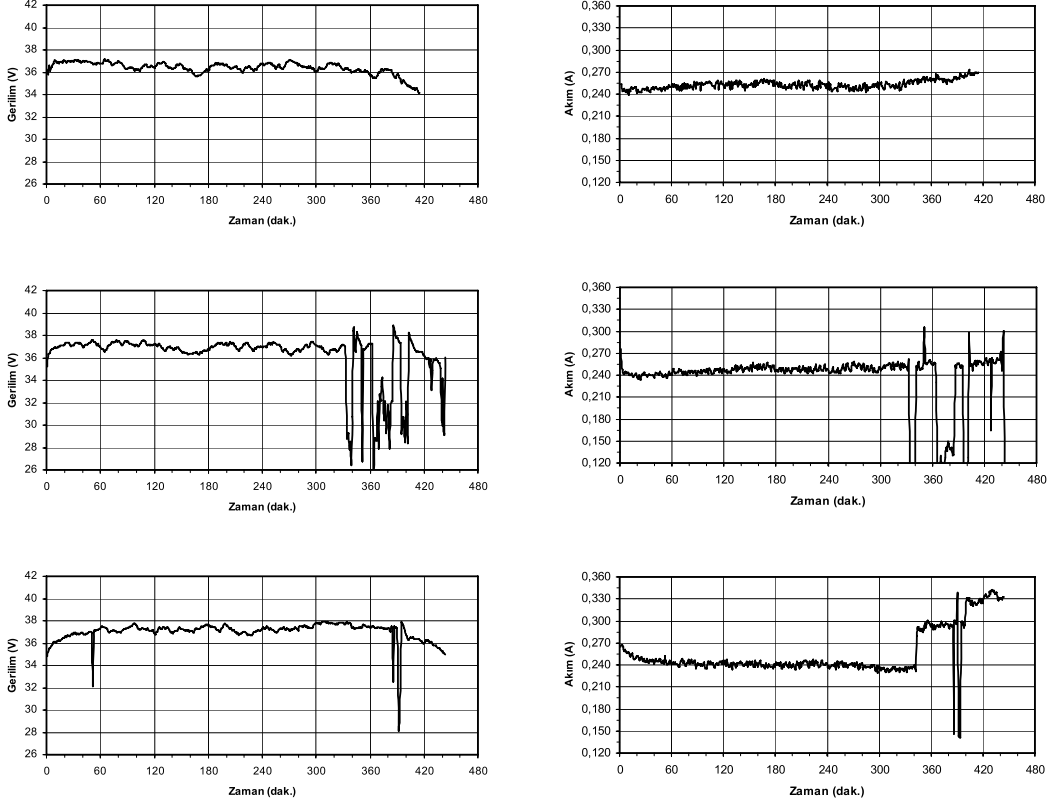
Deneyler 22-27-29 Mayıs 2008 günlerinde 3 defa tekrarlanmıştır. Deneyler saat 09:00’da başlatılmıştır.



Şekil 6. Deney düzeneği ve ölçme elemanları

Şekil 7’de farklı günlerde gerçekleştirilen 3 deney için solar pompanın harcadığı akımın ve panellerin ürettiği gerilim zamana göre değişim grafikleri verilmiştir. Şekillerden görüleceği gibi, solar pompanın çektiği akım sabit ve yaklaşık olarak 0.24A olmaktadır. Akımın düştüğü anlar, güneş

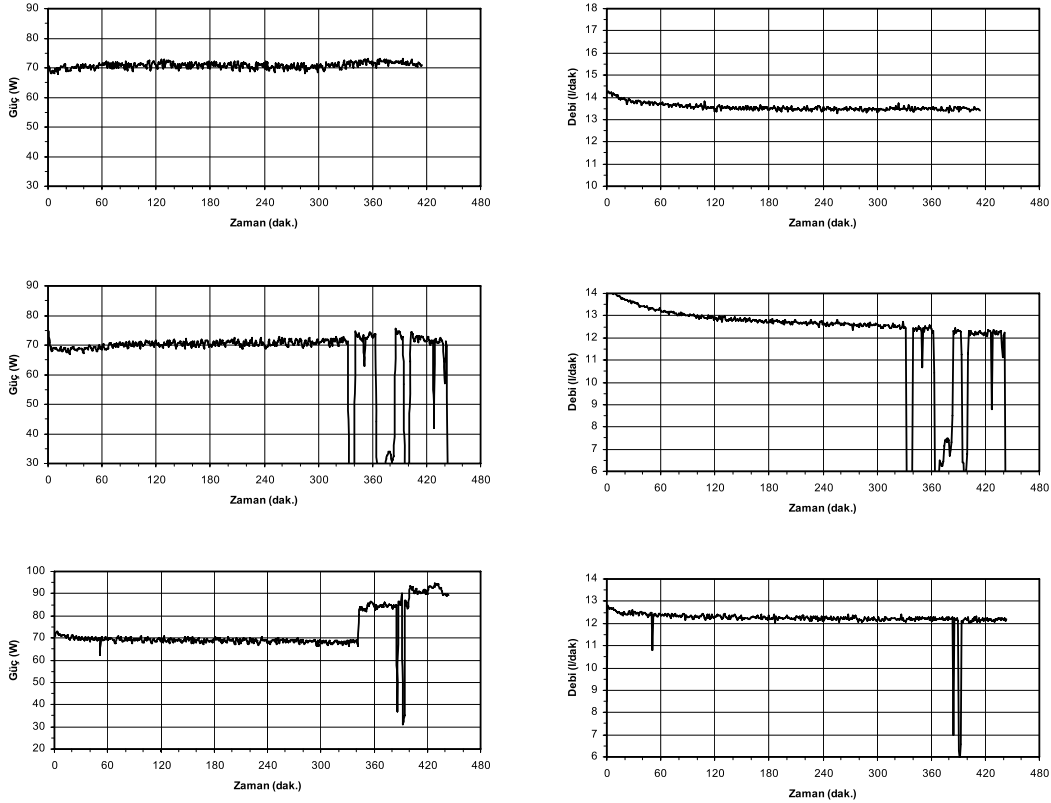
radyasyonunun azaldığı anlara karşılık gelmektedir. Günlük periyotta ortalama olarak panel grubundan 36-38V aralığında bir gerilim üretimi söz konusudur. Gerilimin düştüğü anlar, yine güneş radyasyonunun azaldığı anlara karşılık gelmektedir.



Şekil 7. Solar pompa akım-zaman ve gerilim-zaman grafikleri

Şekil 8’de aynı deney datalarından elde edilen solar pompanın harcadığı gücün ve bu güç girişine karşılık solar pompanın sağladığı debinin zamana göre değişim grafikleri verilmiştir. Şekillerden görüleceği gibi günlük periyotta güç ve debinin azalmasına muhtemelen bulutlanmadan kaynaklanan güneş radyasyonundaki düşüşler sebep olmuştur. Mayıs ayında gerçekleştirilen deneylerde

güneş radyasyonunun yeterli olduğu anlarda solar pompanın güç harcaması sabit ve yaklaşık olarak 70W’dır. Benzer şekilde solar pompanın sağladığı debi 12-14 l/dak aralığında değişmektedir. Açık ve güneşli bir günde mevcut küçük ölçekli pompa sistemi ile yaklaşık 10 ton su sirkülasyonu, enerji bedeli ödmeden sağlanabilmektedir.



Şekil 8. Solar pompanın harcadığı gücün ve sağladığı debinin zamana göre değişimi

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, elektrik enerjisi ihtiyacı fotovoltaik sistem ile karşılanan küçük ölçekli bir PV pompa sistemi kurulmuştur. Sistemde, DC güç ile çalışan elektrik motoru ve fırçasız tip santrifüj pompa kullanıldığından daha etkin çalışma performans sağlanmıştır. Sistemde DC-AC dönüşümüne gerek kalmamış ve pompa (sürtünme) kayıpları düşürülmüştür. Ayrıca sistemde kullanılan bir MPPT ünitesi ile maksimum güç noktalarında çalışma sağlanmıştır. Güneş ışınımının yeterli seviyede ( $< 700 \text{ W/m}^2$ ) olduğu anlarda solar pompanın güç harcaması sabit ve yaklaşık olarak 70W'dır. Bu harcamaya karşılık solar pompanın sağladığı debi ise 12-14 l/dak aralığında değişmektedir. Açık ve güneşli bir günde mevcut küçük ölçekli pompa sistemi ile yaklaşık 10 ton su sirkülasyonu, enerji bedeli ödemediği sağlanabilmektedir.

Elde edilen bu sonuç; tarımsal alanlarda modern sulama tekniklerinin (damla ve yağmurlama sulama) PV pompa uygulamaları ile birleştirilerek kullanılabilmesi adına umut vericidir. Bu sayede; su israfı, çoraklaşma, tuzlaşma gibi önemli sorunların çözümüne de katkı sağlanabilmesi mümkündür.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, 2006K/120670 Nolu DPT projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir.

## 7. KAYNAKLAR

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, Aktacir A. " Fotovoltaik Güç Sistemli Su Pompalarının Dizayn Esaslarının Araştırılması" *Mühendis ve Makina Dergisi*, 42, 493, 29-34, 2001.

Fıratoglu, Z.A., Yesilata B. " New Approaches on the Optimization of Directly-Coupled Photovoltaic Water-Pumping Systems " *Solar Energy*, 77, 1, 81-93, 2004.

Fıratoglu, Z., A., Yeşilata B. "Maksimum Güç Noktası İzleyicili Fotovoltaik Sistemlerin Optimum Dizaynı ve Çalışma Koşullarının Araştırılması", *Dokuz Eylül Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5, 1, 2003.