

# Balık Çiftlikleri İçin Tasarlanan, Şebekeden Bağımsız, 1.1 kW'lık Kurulu Güce Sahip PV Sistemin Performans Analizi

G. Bayrak<sup>1</sup>, M. Cebeci<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Firat Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Elazığ/TÜRKİYE,  
[gbayrak@firat.edu.tr](mailto:gbayrak@firat.edu.tr), [mcebeci@firat.edu.tr](mailto:mcebeci@firat.edu.tr)

**Abstract**— Electricity generation method using solar energy which is the primary source of renewable energy sources, thanks to its processive photovoltaic (PV) technology has been a widespread put account in diverse application areas except its known applications. In this study, by designing a 1.1 kW installed power PV system, performance of the PV system is investigated using The Hybrid Optimization Model for Electric Renewable (HOMER) software, especially in Elazig province, surrounding three sides with dams and has a rapid extending aquaculture and fish farms, in order to supply required electrical energy for existing fish farms. Furthermore, fixed installed PV system is simulated and it is compared with the system which has two-axes sun tracking system with HOMER software. In conclusion, from simulation results it was seen that 35.25 % more energy will be obtained in the two-axes sun-tracking system when compared to the fixed system.

**Keywords**—PV, Solar Energy, Solar Tracking System.

## I. GİRİŞ

GÜNEŞ enerjisinden elektrik üretimi, fotovoltaik teknolojinin son yıllardaki hızlı gelişimi ile günümüzde pek çok alanda kullanım alanı bulmaya başlamıştır. Güneş enerjisinin kolay elde edilebilir olması ve fosil türevi yakıtlara göre çevreci bir yapıda olması, güneş enerjisinin önemini bir kat daha arttırmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının ve özellikle güneş enerjisinin kullanılmasına yönelik çalışmalar da son yıllarda hızla artmaktadır. Kırsal bölgelerde binaların elektrik ihtiyacının karşılanması, şehirlerde yüksek katlı binalarda uygun tasarım yöntemleri ile elektrik enerjisi üretilmesi, tarımsal alanlarda sulama faaliyetlerinin yürütülmesi, güneş enerjisi ile çalışan çevre dostu araçların tasarımı gibi farklı alanlarda uygulama çalışmaları yapılmaktadır.

Özellikle son birkaç yılda, PV sistemlerin farklı alanlarda kullanıldığı birçok çalışma bulunmaktadır. Bunlardan bir tanesi de Manolakos ve arkadaşlarının yaptığı çalışmadır. Çalışmada akü ile enerji depolamanın kısmen mikro-hidrolik bir sistemle gerçekleştirildiği, şebekeden bağımsız PV bir sistem tasarlanmıştır. Çalışma Yunanistan'ın Ege denizindeki Donoussa adasına bağlı 13 evden oluşan uzak bir köyünde

gerçekleştirilmiştir. Her ev için aydınlatma, TV ve buzdolabı gibi basit elektriksel yüklerin çalıştırılması planlanmıştır [1]. Bir diğer çalışmada ise Almonacid ve arkadaşları, bir bina üzerine yerleştirdikleri PV sistemin yıllık enerji üretimini, çeşitli metotlar kullanarak tahmin etmişlerdir. Yöntemler farklı tip sistemlere uygulanmış ve farklı tip PV modüller kullanılmıştır [2].

Farklı bir çalışma ise çevreye duyarlı, akü ünitesi kullanmayan, güneş enerjisinden PV üretim yolu ile güç sağlayan ve uzak bölgelerdeki müstakil uygulamalarda kullanılacak bir buz-yapıcı tasarımını gerçekleştiren sistem ile Axaopoulos ve Theodoridis tarafından gerçekleştirilmiştir [3]. Kaldellis ve arkadaşları ise yaptıkları çalışmada, PV sistemden beslenen bir su pompalama sistemi üzerine çalışmışlardır. Geliştirilen PV sistem, hem tüketicilerin günlük elektriksel güç taleplerini hem de tüketicilerin günlük su taleplerini karşılayacak şekilde tasarlanmıştır[4]. Kore'de, PV sistemlerin test edildiği bir bina için, 3 kW'lık şebeke bağlantılı, farklı yapıda PV sistemler kullanılarak, bunların performansı incelenmiştir. Bu amaçla güneş enerjisi uygulama merkezine bir bina yerleştirilmiş, Ocak 2003'ten Aralık 2006'ya kadar 4 yıl boyunca kurulan sistem analiz edilmiştir [5].

Bu çalışmaların yanı sıra, güneş enerjisi sistemlerinin analizini HOMER yazılımı ile yapan çalışmalar da mevcuttur. Güney Irak'ta tesis edilecek, şebekeden bağımsız PV sistemlerin analizi, Al-Karaghoul ve Kazmerski tarafından yapılmıştır [6]. Benzer bir çalışma da, Bangladeş'te bulunan bir bölge için PV-rüzgar hibrit sisteminin kurulması çalışmaları, Nandi ve Ghosh tarafından yapılmıştır[7].

Son yıllarda, ülkemizde de güneş enerjisi ile ilgili birçok çalışma yapılmaktadır. Yapılan bir çalışmada, Pamukkale Üniversitesi'nde kurulu fotovoltaik-rüzgar-yakıt pili hibrid güç sistemi için bir veri toplama ve kontrol sistemi tasarlanmış ve devreye alınmıştır. Bu sistemle akım ve gerilim değerleri rahatlıkla okunabilmekte ve kaydedilebilmektedir [8]. Şekil 1'de gösterilene benzer balık çiftlikleri için yapılan bir çalışmada ise, çiftliklere yerleştirilmiş olan algılayıcılardan elde edilen fiziksel, kimyasal ve biyolojik verilerin veri iletim birimi aracılığı ile GPRS bağlantısı üzerinden Tarım Bakanlığı kapsamında kurulacak kontrol merkezi uygulama sunucusuna

aktarılması amaçlanmıştır. Çalışmada sistemin çalışması için gerekli elektrik enerjisi, güneş pillerinden sağlanmıştır [9].



Şekil 1: Bir balık çiftliğinin görünümü.

Ülkemizde iç sularda balık yetiştiriciliğinin gelişmesine paralel olarak, baraj ve göller üzerinde balık çiftliklerinin sayısı da hızla artmaktadır. Yerleşim yerlerinden ve elektrik şebekesinden uzakta olan balık çiftlikleri için elektrik enerjisi ihtiyacının karşılanması önemli bir sorundur. Elazığ ilinde de Keban ve Karakaya Baraj Gölleri üzerinde çok sayıda balık çiftliği mevcuttur. Bu çalışmada, balık çiftliklerinin aydınlatma, ısıtma ve elektronik cihazları çalıştırmak için gerekli temel elektrik ihtiyacının karşılanması için 1.1 kW'lık kurulu güce sahip bir PV sistem tasarlanmış ve sistemin performansı HOMER programı ile incelenmiştir. Çalışmada ayrıca, kurulacak PV sistemin güneş izleyici sistemi kullanması durumunda, sabit PV sisteme göre performansı da araştırılmıştır.

## II. PV SİSTEMİN TASARIMI

Kurulacak PV sistemin tasarımı için, balık çiftliklerinin temel elektriksel ihtiyaçları belirlenerek, buna göre sistem için gerekli olan güneş panellerinin ve akülerin sayısı hesaplanmıştır. Tablo 1'de sistemde gerek duyulan enerji miktarları ve sistemin gereksinim duyduğu toplam enerji miktarı belirtilmiştir.

Tablo 1: Balık çiftliklerinde kullanılabilecek bazı elektriksel yükler.

Elektriksel Yüklerin Kullanım Alanları	Güçü (W)	Günlük Çalışma Saati	Gerekli Enerji Miktarı (Wh)
Aydınlatma	200	12	2400
Isıtma / Soğutma	500	12	6000
Elektronik Yükler (TV, Radyo vb.)	400	12	4800
<b>Toplam</b>	<b>1000</b>	<b>-</b>	<b>13200</b>

Yukarıdaki tabloya göre bir güneş panelinin üretebileceği enerji miktarı hesaplanırsa [11]:

$$E_m = I_{\text{module}} \cdot V_{\text{battery}} \cdot t_{\text{sun}} \quad (1)$$

Burada:  $E_m$ ; Güneş panelinin üreteceği enerji miktarı (Wh).  
 $I_{\text{module}}$ ; Güneş panelinin akımı (A).  $V_{\text{battery}}$ ; Akü gerilimi (V).  
 $t_{\text{sun}}$ ; Güneşlenme süresi (Saat).

Seçilen güneş panelleri 24 V DC nominal gerilime ve 3.75 A nominal akıma sahiptir. Ortalama güneşlenme süresi Elazığ ili için yaklaşık 8 saattir [10] ve buradan hareketle bir güneş panelinden elde edilebilecek enerji miktarı belirlenmiştir:

$$E_m = 3.75 \text{ A} \cdot 8 \text{ h} \cdot 24 \text{ V} = 720 \text{ Wh}$$

Sistemde güneşlenme süresi ortalama 8 saat olduğundan, gündüz 8 saat boyunca sistem güneş panellerinden, geriye kalan 16 saat ise akülerden beslenecektir. Bu durumda sistem için gerekli olan 13200 Wh'lık enerjinin, gündüz 4400 Wh'lık kısmı güneş panellerinden; gece ise 8800 Wh'lık kısmı akü grubundan sağlanacak şekilde tasarım yapılmıştır. Tasarlanan PV sistem için gerek duyulan güneş panellerinin ( $n_m$ ) ve akülerin sayısının hesabı ise şu şekilde yapılmıştır:

$$n_m = \frac{E_T}{\eta \cdot E_m} \quad (2)$$

Burada;  $n_m$ : Gerek duyulan güneş paneli sayısı.  $E_T$ : Toplam enerji miktarı (Wh),  $\eta$ : Akü verimi (%). Sistemde kullanılan akülerin verimi % 80'dir ve buradan toplam enerji miktarı yeniden hesaplanırsa:

$$E_T = 4400 / 0.8 = 5500 \text{ Wh}$$

$$\text{Gerekli güneş paneli sayısı; } n_m = 5500 / 720 = 7.638$$

Bu sonuca göre, sistemde 24 V DC nominal gerilime ve 3.75 A nominal akıma sahip 8 adet güneş paneli kullanılmalıdır.

$$E_{\text{battery}} = \frac{E_T \cdot t_{\text{on}}}{V_{\text{battery}}} \quad (3)$$

$E_{\text{battery}}$ : Akü enerji miktarı (Wh),  $t_{\text{on}}$ : Akü çalışma süresi (saat).

Gerekli olan akü sayısını hesaplamak için akü şarj derinliğinin ve akü amper.saat bilgisinin bilinmesi gereklidir. Sistemde 110 Ah ve % 85 şarj derinliğine sahip aküler kullanıldığında, gerekli olan akü sayısı aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$n_{\text{battery}} = \frac{E_{\text{battery}}}{\delta \cdot Ah} \quad (4)$$

$n_{\text{battery}}$ : Gerekli akü sayısı, Ah: Akü Ah değeri,  $\delta$ : Maksimum akü şarj derinliği (%)

Gece boyunca sistemin akülerden besleneceği düşünülerek, sistemin 16 saat boyunca akülerden enerjisini sağlayacağı hesaplanmıştır. Buradan hareketle akülerin sayısı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$E_{\text{battery}} = 8800 \text{ (Wh)} / 12 \text{ (V)} = 733.33 \text{ Ah,}$$

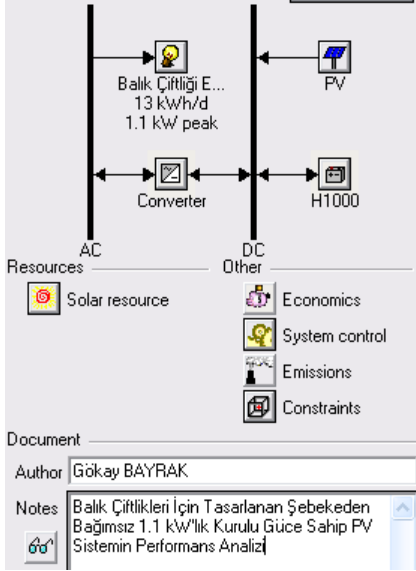
$$n_{\text{battery}} = (733.33 / 0.85) / 110 = 7.843$$

Bu sonuca göre sistemde 12 V, 110 Ah ve % 85 akü şarj derinliğine sahip 8 adet akü kullanılmalıdır.

### III. PV SİSTEMİN HOMER İLE ANALİZİ

Şebekeden bağımsız olarak çalışacak 1.1 kW gücündeki PV sistemde öncelikle kullanılacak güneş paneli sayısı ve akü sayısı belirlenmiştir. Sisteme bu elemanların dışında, 1.5 kW'lık DC-AC dönüşüm yapabilecek bir inverterin ve günlük 13200 Wh enerji ihtiyacı olan yüklerin de eklenmesi ile PV sistem HOMER programında Şekil 2'de gösterildiği gibi modellenmiştir.

PV sistemdeki her bir elemanın akım, gerilim, Ah değeri gibi değerleri, ikinci bölümde hesaplanan değerler kullanılarak sisteme girilmiştir. Aküler için nominal gerilim 12 V, amper.saat değeri 110 Ah ve şarj derinliği % 85 olarak programa girilmiştir. Benzer şekilde güneş panellerinin elektriksel bilgileri de girildikten sonra, kullanılacak akü ve güneş paneli sayıları belirtilerek, 1.1 kW'lık PV sistem modeli gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2: HOMER programı ile modellenen 1.1 kW'lık PV sistem

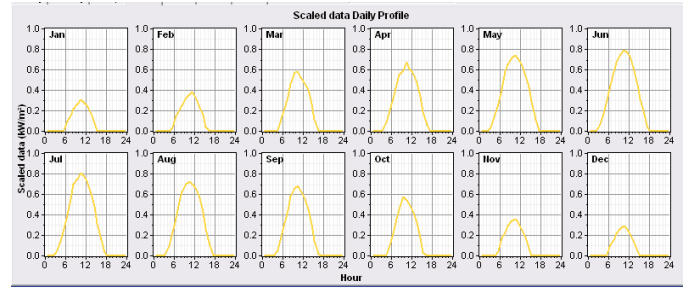
Sistem modellenirken güneş kaynağı modeli de oluşturulmuştur. Güneş modeli oluşturulurken Elazığ ilinin coğrafi koordinatları, aylara göre değişen ortalama güneş açıklık indeksleri ve yine aylara göre değişen ortalama güneş ışınım değerleri sisteme girilmiştir. Elazığ ilinin, 38 derece 40 dakika kuzey enlemleri ve 39 derece 13 dakika doğu boylamları şeklinde tanımlanan coğrafi koordinatları sistemde tanımlanmıştır.

Tablo 2: Elazığ İlinin Aylara Göre Değişen Ortalama Açıklık İndeksi ve Güneş Işınımı Değerleri

Aylar	Açıklık İndeksi	Günlük Işınım (kWh/m <sup>2</sup> /gün)
Ocak	0.410	1.830
Şubat	0.423	2.470
Mart	0.527	4.100

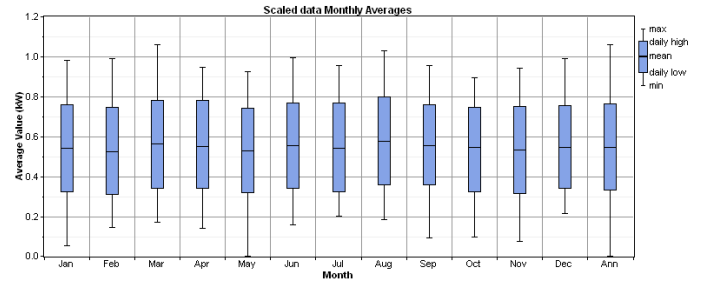
Nisan	0.527	5.120
Mayıs	0.573	6.330
Haziran	0.591	6.840
Temmuz	0.599	6.760
Ağustos	0.588	5.990
Eylül	0.600	5.060
Ekim	0.582	3.730
Kasım	0.483	2.300
Aralık	0.423	1.710

Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından hazırlanmış olan Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA) kullanılarak, Tablo 1'de yer alan, Elazığ ilinin aylara göre değişen ortalama güneş ışınım değerleri ve ortalama güneşlenme süreleri sistemin tasarımında kullanılmıştır. Şekil 3'de bu değerlerin aylara göre değişimi görülmektedir.



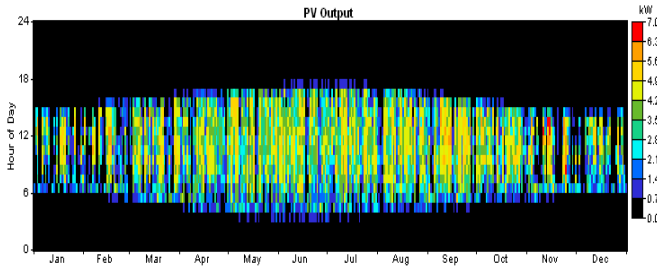
Şekil 3: Açıklık İndeksi ve Günlük Işınım Değerlerinin Aylara Göre Değişimi

Programda PV sistemin modelinin oluşturulmasının ardından, simülasyon aşamasına geçilmiştir. PV sisteme girilen bilgiler ışığında, elektriksel yüklerin günlük ortalama 13.2 kWh enerji tükettiği, yük faktörünün 0.514 olduğu ve yükün maksimum 1.06 kW değerinde güç harcayacağı hesaplanmıştır. Geliştirilen sistemde yükün aylara göre değişimi ve yıllık ortalama güç tüketimi grafiği Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4: Elektriksel yükün aylara göre değişimi ve yıllık ortalama güç tüketimi grafiği

Programda ayrıca PV çıkış gücünün gün içerisinde saatlere göre değişimi ve bu değişimin yıl içerisinde aylara göre yayılımını gösteren PV çıkış değişim grafiği ise Şekil 5'te gösterilmiştir. Buradan özellikle güneşlenme sürelerinin uzun olduğu ve güneş ışınım şiddetinin fazla olduğu yaz aylarında, PV çıkış gücünün en yüksek seviyelerine ulaştığı görülmektedir.



Şekil 5: PV Sistem Çıkış Gücü Değişim Grafiği

Tasarlanan 1.1 kW'lık PV sistem, iki farklı durum için simülasyonu yapılmıştır. İlk durumda sistemin sabit açılı güneş panellerinden elektrik enerjisini ürettiği kabulü yapılmıştır. Bu kabule göre elde edilen sonuçlar Tablo 3'te gösterilmiştir. Burada yıllık elde edilen elektrik enerjisi 8184 kWh/yıl olarak hesaplanmıştır.

Tablo 3: Sabit Açılı PV Sistemin Simülasyon Sonuçları

Nominal Güç Kapasitesi	5.76 kW
Asıl Çıkış Gücü	0.93 kW
Asıl Çıkış Enerjisi	22.4 kWh/gün
Kapasite Faktörü	% 16.2
Toplam enerji üretimi	<b>8,184 kWh/yıl</b>
Minimum çıkış gücü	0.00 kW
Maksimum çıkış gücü	5.87 kW
Çalışma Süresi	4384 saat/yıl

İkinci durumda ise sabit açılı PV sistem yerine, iki eksenli güneş izleme sistemini kullanan PV sistem düşünülerek sistemin simülasyonu yapılmıştır. Tablo 4'te güneş izleyici sistemin kullanılması ile elde edilen sonuçlar görülmektedir. Buna göre, iki eksenli güneş izleyici sistemi kullanan PV sistemden yıllık 11069 kWh enerji elde edileceği hesaplanmıştır. Sabit açılı PV sistemden elde edilen enerjinin 8184 kWh/yıl olduğu düşünülürse, iki eksenli güneş izleme sistemini kullanan sistemin, sabit sisteme göre yılda 2885 kWh daha fazla enerji ürettiği anlaşılmaktadır. Bu değer sabit açılı PV sistemin ürettiği elektrik enerjisinden %35.25 daha fazla bir değere karşılık gelmektedir.

Tablo 4: İki Eksenli Güneş İzleme Sistemi Kullanan PV Sistemin Simülasyon Sonuçları

Nominal Güç Kapasitesi	5.76 kW
Asıl Çıkış Gücü	1.26 kW
Asıl Çıkış Enerjisi	30.3 kWh/gün
Kapasite Faktörü	% 21.9
Toplam enerji üretimi	<b>11,069 kWh/yıl</b>
Minimum çıkış gücü	0.00 kW
Maksimum çıkış gücü	6.46 kW
Çalışma Süresi	4384 saat/yıl

#### IV. SONUÇLAR

Bu çalışmada, özellikle üç tarafı barajlar ile çevirili olan ve balık yetiştirme çiftliklerinin hızla arttığı Elazığ ilinde, mevcut balık yetiştirme çiftliklerinin temel elektrik ihtiyacını karşılamak üzere, 1.1 kW kurulu güce sahip bir PV sistem tasarlanarak, sistemin performansı, elektrik yenilenebilir sistemler için hibrid optimizasyon (HOMER) yazılımında araştırılmıştır. Ayrıca program kullanılarak, sabit açılı güneş paneli sisteminden oluşan 1.1 kW'lık PV sistem ile aynı sistemin iki-eksenli güneş izleme sistemini kullanması durumundaki analizleri yapılarak her iki sistem karşılaştırılmıştır. Simülasyon sonuçlarından, iki eksenli güneş-izleyici sistemi kullanarak elektrik enerjisi üretmenin, sabit açılı paneller ile güneşten elektrik enerjisi elde etmeye göre % 35.25 oranında daha fazla enerji üreteceği sonucuna ulaşılmıştır.

#### KAYNAKLAR

- [1] D. Manolakis, G. Papadakis, D. Papantonis, S. Kyritsis, "A stand-alone photovoltaic power system for remote villages using pumped water energy storage", *Energy*, vol. 29, issue. 1, pp. 57–69, 2004.
- [2] F. Almonacid, C. Rus, P. Pérez-Higuera, L. Hontoria, "Calculation of the energy provided by a PV generator Comparative study: Conventional methods vs. artificial neural networks", *Energy*, vol. 36, issue. 1, pp. 375–384, 2011.
- [3] P. J. Axaopoulos, M. P. Theodoridis, "Design and experimental performance of a PV Ice-maker without battery", *Solar Energy*, vol. 83, issue. 8, pp. 1360–1369, 2009.
- [4] J.K. Kaldellis, G.C. Spyropoulos, K.A. Kavadias, I.P. Koronaki, "Experimental validation of autonomous PV-based water pumping system optimum sizing", *Renewable Energy*, vol. 34, issue. 4, pp. 1106–1113, 2009.
- [5] Z. G. Piao, B. Jung, Y. Choi, G. Chol, "Performance Assessment of 3kW Grid-Connected PV Systems in Korea", *31st International Communications Energy Conference*, 2009.
- [6] A. Al-Karaghoul, L.L. Kazmerski, "Optimization and life-cycle cost of health clinic PV system for a rural area in southern Iraq using HOMER software", *Solar Energy*, vol. 84, issue. 4, pp. 710–714, 2010.
- [7] S. K. Nandi, H. R. Ghosh, "Prospect of wind-PV-battery hybrid power system as an alternative to grid extension in Bangladesh", *Energy*, vol. 35, issue. 7, pp. 3040–3047, 2010.
- [8] E. Çetin, A. Yılcı, H. K. Öztürk, S. İplikçi, M. Çolak, İ. Kaşıkçı, "A micro-DC power distribution system for a residential application energized by photovoltaic-wind/fuel cell hybrid energy systems", *Energy&Buildings*, vol. 42, issue. 8, pp. 1344–1352, 2010.
- [9] G. Bölük, O. Baykan, "Balık Çiftlikleri için Uzaktan İzleme Sistemi Tasarımı", *Gömülü Sistemler ve Uygulamaları Sempozyumu, GÖMSIS*, pp. 61-67, 2010.
- [10] GEPA Solar Map of Turkey, Solar Energy Statistics of General Directorate of Electrical Power Resources Survey and Development Administration, *EIE*, 2008. Available: <http://www.eie.gov.tr>
- [11] A. Luque and S. Hegedus, "Handbook of Photovoltaic Science and Engineering", John Wiley and Sons, ISBN 0471491969, 2003.