

# Ankara İli İçin Fotovoltaik-Ev Sistem Tasarımı: Farklı Ölçülendirme Yaklaşımları İle Otonomi-Maliyet Analizi

Ali Naci ÇELİK, Orhan GÖRMEZ

Mustafa Kemal Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makine Müh. Bl. Tayfur Sökmen kampusu, Antakya/HATAY, Tel: 0532-2277353, Fax: 0326-2455499

(\*Yrd. Doç. Dr., E-Mail: ancelik@mku.edu.tr

(\*\*)Yüksek Lisans Öğrencisi, E-Mail:orfagormez@hotmail.com

## ÖZET

Çalışmalar dünyadaki petrol rezervlerinin yaklaşık olarak 43 yıl, doğal gazın 65 yıl, uranyumun ise 43 yıl yetecek kadar kaldığını göstermektedir. Kömür rezervleri 228 yıl yetebilecek, ancak onunda çevreye olumsuz etkileri nedeniyle kullanımının sınırlı miktarda kalması istenmektedir. Tüm bunlara ilave olarak çağdaş uygarlık seviyesini yakalama hedefi olan ülkemizin, ekonomik ve teknolojik gelişimine paralel olarak enerji ihtiyacının hızla artacağı düşünüldüğünde, fotovoltaik enerji sistemlerinin öneminin daha fazla ortaya çıkacağı görülmektedir. Türkiye'nin toplam kurulu fotovoltaik gücü 2000 yılı itibari ile 241 kW kadardır. Önümüzdeki yıllarda giderek artan nüfus ve %6'nın üzerinde olacağı tahmin edilen ekonomik büyümeye bağlı olarak enerji talebimiz de hızla artacaktır. Ülkemizdeki fotovoltaik enerji sistemi uygulamalarını geliştirmek ve böylece yenilenebilir enerji potansiyelimizin artırılmasına katkı sağlamak amacı ile bu çalışmanın kapsamı fotovoltaik sistem tasarımı olacaktır. Bu bildiride, farklı ölçülendirme yaklaşımları kullanarak bağımsız fotovoltaik-ev sistem tasarımı, performans-maliyet analizi bağlamında ele alınmaktadır. Bu çalışmada, Türkiye Meteoroloji Enstitüsünden temin edilen Ankara'ya ait bir yıllık saatlik güneş ışınımı verileri kullanılmaktadır. Böylece fotovoltaik enerji sistemlerinin performans-maliyet ilişkisi Türkiye şartlarında araştırılmaktadır.

ANAHTAR KELİMELER: güneş enerjisi; fotovoltaik sistem; otonomi-maliyet

## 1. GİRİŞ

Temiz ve sürdürülebilir enerji sistemlerinin önem kazandığı günümüzde güneş, rüzgar ve jeotermal enerji gibi yenilenebilir kaynakların katkısına büyük önem verilmektedir. Enerji, toplumların kalkınmasının başlıca unsurlarından birisi olmuş, yirminci yüzyıl içinde yaşam düzeyinin sürekli yükselmesiyle birlikte kişi başına enerji tüketimi artmıştır. Günümüzde güvenilir, ucuz ve temiz enerji temini bütün ülkelerin enerji politikalarının vazgeçilmez esasları arasında yer almaktadır. Önümüzdeki yıllarda da, dünya enerji talebini arttıran nedenlerin yanı sıra, enerji temininde güçlük çıkaracak çevresel etkenlerde enerji konusunda önemli bir etken olacaktır. Enerji talebini arttıran nedenlerin başında dünya nüfusundaki artış görülmektedir. Dünya nüfusu 1970 yılında 4 milyar iken, 2025 yılında 8.5 milyara ulaşacağı tahmin edilmektedir. Nüfus artışı ve giderek yükselen yaşam düzeyinin getirdiği kişi başına enerji tüketim artışı, önümüzdeki yıllarda dünya enerji tüketiminin artacağına işaret etmektedir. Buna karşılık dünya enerji rezervleri sınırlı miktardadır. Türkiye açısından ise, 1980 yılında 44 milyon civarında olan nüfusumuz 1995 yılında 62 milyonun üzerine çıkmıştır. Aynı

dönemde enerji tüketimimiz 32 milyon ton eşdeğer petrol den (mtep) 63 mtep'e ulaşmıştır ki nüfus artışındaki %40.7'lik orana karşılık, enerji tüketim artışı %97.7 olmuştur. Buna rağmen kişi başına enerji tüketimi açısından Türkiye dünya ortalamasının oldukça altındadır (1993 yılında dünya ortalaması 1396 tep/kişi'dir). Türkiye hızla sanayileşmesini tamamlamak ve kişi başına enerji tüketimini artırarak insanlarına daha iyi yaşam şartları sunmak durumundadır.

1997 yılında 71 mtep olan enerji tüketimimizin sadece 27.5 mtep'i (%38.8) yerli kaynaklardan karşılanmıştır. Bu %38.8'lik yerli üretimin 18.1 mtep'ini (%65.8) fosil kökenli yakıtlar (taş kömürü, linyit, asfaltit, doğalgaz, petrol) karşılarken, 9.4 mtep'ini (%34.2) yenilenebilir kaynaklar karşılamaktadır. Yenilenebilir kaynaklar içinde en önemli pay hidrolik enerjiye ve biyokütle'ye aittir. 1997 yılındaki toplam 27.5 mtep olan yerli kaynaklarımız içerisinde, hidrolik enerji 3.5 mtep ile üretimin %12.7'sini oluştururken, biyokütle (odun, hayvan, bitki atıkları) enerji 5.5 mtep ile %20 oranında bir yer tutmaktadır. Bunun yanında jeotermal enerji 179 bin tep ve güneş enerjisi de 80 bin tep ile enerji üretimimize katkıda bulunmuştur.

Önümüzde ki yıllarda giderek artan nüfus ve %6'nın üzerinde olacağı tahmin edilen ekonomik büyümeye bağlı olarak enerji talebimiz de hızla artacaktır. Yapılan tahminlere göre 2000 yılında 91 mtep olacak olan enerji talebi, 2005 yılında 124 mtep'e ve 2010 yılında 175 mtep'e ulaşacaktır. Arz ve talep projeksiyonları yerli üretim payının yavaş yavaş azalacağını, ithal enerji payının artan bir trend izleyeceğini ortaya koymaktadır. Şu anda %38.8 olan yerli üretim payının 2010 yılında %30 olacağı tahmin edilmektedir. Bu nedenle gelecekte ki enerji, talebinin karşılanmasında güneş, rüzgar ve jeotermal enerji gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının payının artırılması kaçınılmaz olacaktır.

Bu bildiri de güneş enerjisi fotovoltaik (PV) özelinde ve Türkiye koşullarında incelenmektedir. Farklı ölçülendirme yaklaşımları kullanarak bağımsız PV-ev sistem tasarımı, performans-maliyet analizi bağlamında ele alınmaktadır. Türkiye Meteoroloji Enstitüsünden temin edilen Ankara'ya ait bir yıllık saatlik güneş ışınımı verileri kullanılmaktadır.

## 2. DUNYADA VE TURKIYE'DEKİ FOTOVOLTAİK KULLANIMI

Özellikle gelişmekte olan toplumlara katkısının çok büyük olacağı düşünülen PV modüllerin [1], dünyada 1994 yılında 500 MW olarak verilen kümülatif satış miktarı, 1998 yılı içinde 800 MW ve 2000 yılı itibari ile de 1000 MW mertebesine ulaşmıştır [2]. PV modül üretimi son 10 yıldan bu yana %15 den fazla artış hızıyla büyümektedir. Tesis edilen sistemler büyük ölçüde PV sistemlerin klasik kullanım alanı olan elektrik şebekesinin ulaşamadığı yerlerde küçük güçte enerji talebini karşılama yada kırsal temel elektrik talebini karşılayan sistemler şeklinde olmuş, [3-4], son yıllarda merkezi yada dağıtık olarak şebekeye bağlı sistemlerin oranları da hızla artmıştır [5]. Kurulu PV gücü en fazla olan 4 ülke; Almanya, Japonya, İtalya ve ABD'dir. Bu ülkeler, aynı zamanda en fazla PV modül üreten ülkelerdir. Bu kapsamda dünya PV modül üretiminin %90'ını ABD, Japonya ve Avrupa ülkeleri gerçekleştirmektedir. Kalan %10'luk bölüm, az bir üretim kapasitesiyle üretim yapan Brezilya, Çin, Hindistan, Cezayir, Tunus, Singapur gibi ülkelere aittir. Avrupa topluluğu 2010 yılında PV kurulu gücünü 3000 MW a çıkartmayı hedeflemektedir. Ülkemizde sınırlı bir kullanım bulunmaktadır. Türkiye'nin toplam kurulu PV gücü 2000 yılı içinde 241 kW kadardır. Bu miktarın; 75 kW kadarı Türk Telekom'a ait haberleşme istasyonlarında, 151 kW kadarı Orman Genel Müdürlüğüne ait orman gözetleme kulelerinde, 3.5 kW kadarı Denizcilik İşletmeleri Genel Müdürlüğü'nün deniz fenerlerinde kullanılmaktadır. Bunun dışında EİE ve

TÜBİTAK'ın tesis ettiği araştırma-geliştirme amaçlı sistemlerde de 12 kW civarında kurulu PV güç bulunmaktadır.

### 3. ANKARA İÇİN FOTOVOLTAİK-EV SİSTEM TASRIMI

Bu bölümde, enerji ihtiyacının PV modüllerden karşılandığı varsayılan bir PV-ev tasarımı yapılacaktır. PV-ev tasarımı, Ankara ilinde yatay bir düzlemde ölçülmüş olan saatlik verilerden derlenen ve Tablo 1 de özetlenen güneş ışınım değerleri baz alınarak yapılacaktır.

#### 3.1) Yükün belirlenmesi

Tasarlanan örnek PV-evde karşılanması istenen enerji, Tablo 2 deki öngörüler doğrultusunda aylık ortalama 287 kWh olarak tespit edilmiştir.

Tablo 1. Ankara ilinde ölçülmüş aylık toplam güneş ışınımı değerleri

Aylar	Gün sayısı	Güneş ışınımı (kWh/m <sup>2</sup> )
Ocak	31	55.59
Şubat	28	78.33
Mart	31	137.69
Nisan	30	129.51
Mayıs	31	187.35
Haziran	30	189.56
Temmuz	31	221.05
Ağustos	31	189.28
Eylül	30	151.39
Ekim	31	106.16
Kasım	30	70.12
Aralık	31	50.27
Aylık ortalama		130.52
En kötü ay		50.27

#### 3.2) Tek bir modülün ürettiği net enerji

PV modülün ürettiği net enerji yaklaşık bir hesaplama;

$$E_{PV} = \eta_p \eta_d A G$$

(1)

ile verilebilir. Bu formülde  $\eta_p$  PV modül verimi,  $\eta_d$  diğer güç çevrim ve elektronik cihazların toplam verimi, A modül alanı ve G de birim alana düşen güneş ışınımıdır. Bu çalışmada, kullanılacağı varsayılan OST-64 PV modüllerine ait teknik özellikler şunlardır:

Alan	:1.03 m <sup>2</sup> (ölçüleri UxGxY 137x75x3 cm)
Verim (max. nokta, $\eta_{mp}$ )	:0,10
Ağırlığı	:9,17 kg.
Çalışma sıcaklığı	:-40°C ile +90°C
Voltaj (max. nokta, $V_{mp}$ )	:16,5 V
Akım (max. nokta, $I_{mp}$ )	:3,88 A
Fiyatı (\$)	:445
$\eta_p$	:0.10

$$\eta_d :0.80$$

$$\eta_d$$

Tablo 2. Örnek PV-ev tasarımında karşılanması istenen aylık enerji (yük)

Sıra	Evde kullanılan cihazların		Harcadığı güç (kW)	Günlük çalışma süresi (dk)			Tekrar	Aylık Toplam çalışma süresi (h)	Aylık sarfiyat (kWh)
	Cinsi	Markası		Gündüz	Gece	Toplam			
1	Bulaşık makinesi	Arçelik-6060	1.800	120	-	120	4	8.0	14.4
2	Çamaşır makinesi	Arçelik 5800	1.800	180	-	180	6	18.0	32.4
3	Süpürge	Arçelik-6380	1.200	60	-	60	10	10.0	12.0
4	Fırın	Arçelik-9421	2.900	60	-	60	4	4.0	11.6
5	Ütü	Arçelik	1.200	60	-	60	6	6.0	7.2
6	Televizyon	Arçelik-2251	0.065	120	360	480	25	200.0	13.0
7	Müzik seti	Arçelik-5640	0.075	120	-	120	8	16.0	1.2
8	Bilgisayar	Arçelik	0.065	120	120	240	20	80.0	5.2
9	Uydu alıcısı	Arçelik	0.036	360	360	720	25	300.0	10.8
10	Buzdolabı	Arçelik-8250	1.462	300	300	600	31	310.0	45.3
11	Split klima	Arçelik-4710)	1.950	60	90	150	25	62.5	121.9
12	Lamba (3 adet)	40 W	0.120	-	240	240	25	100.0	12.0
Model evde kullanılan elektrikli cihazların sarf ettiği aylık ortalama elektrik enerjisi								287	

Not: Model evde ikamet edenlerin çeşitli nedenlerle yılda ortalama 24 gün, aylık ortalama 2 gün evde olmadıkları varsayılmıştır.

### 3.3) Gerekli modül sayısı hesabı

Gerekli parametrelerin Denklem (1) de kullanılması ile tespit edilen modül başına enerji üretimi ile toplam yük göz önüne alınarak bulunan aylık modül sayıları Tablo 3 te verilmiştir.

Tablo 3. Her ay için gerekli modül sayısı

Aylar	Güneş ışınımı (kWh/m <sup>2</sup> )	Modül başına enerji üretimi (kWh)	Toplam yük (kWh)	Gereken modül sayısı (adet)
Ocak	55.59	4.58	287	62.66
Şubat	78.33	6.45	287	44.47
Mart	137.69	11.35	287	25.30
Nisan	129.51	10.67	287	26.89
Mayıs	187.35	15.44	287	18.59
Haziran	189.56	15.62	287	18.37
Temmuz	221.05	18.21	287	15.76
Ağustos	189.28	15.60	287	18.40
Eylül	151.39	12.47	287	23.01
Ekim	106.16	8.75	287	32.81
Kasım	70.12	5.78	287	49.67
Aralık	50.27	4.14	287	69.29
Aylık ortalama	130.52	10.75	287	287/10.75=26.68
En kötü ay	50.27	4.14	287	287/4.14=69.29

Aylık modül sayıları en çok güneş enerjisinin kazanıldığı Ağustos ayında 18.4 adet, en az güneş enerjisinin olduğu Aralık ayında 69.29 olarak tespit edilmiştir. Aylık ortalama modül sayısı ise 26.68 olarak tespit edilir. PV-ev tasarımı ‘aylık ortalama’ ve ‘en kötü ay’daki modül sayıları dikkate alınmak sureti ile 2 farklı ölçülendirme yaklaşımı kullanarak yapılacak ve sonuçlar karşılaştırılacaktır. PV sistemlerin ölçülendirilmesi ve

değişik şartlar altında çeşitli parametrelere bağlı olarak performansının tespiti yönünde çok sayıda çalışma yapılmıştır [6,8]. PV sistemlerde kullanılacak yükün dağılımının sistem tasarımı üzerindeki etkisi Khouzam [9] tarafından araştırılmıştır. PV modüllerin farklı enerji kaynakları ile hibrit kullanımı yönünde de çalışmalar yürütülmüştür [10-11]. Aylık ortalama ve en kötü aydaki modül sayıları dikkate alınarak hesaplanan üretilen aylık toplam enerji miktarları Tablo 4 de verilmiştir. Akü kapasitesi yıllık ortalama günlük enerji tüketiminin 2 katı olacak şekilde seçilerek hesaplanan akü sayıları Tablo 5 de verilmiştir.

Tablo 4. Aylık ortalama ve en kötü aya göre aylık ve yıllık toplam enerji üretimi

Aylar	Toplam enerji üretimi (kWh)		Tüketim (kWh)	Üretim/tüketim	
	Aylık ortalamaya göre	En kötü aya göre		Aylık ortalamaya göre	En kötü aya göre
Ocak	123.67	320.61	287	0.43	1.12
Şubat	174.26	451.79	287	0.61	1.57
Mart	306.34	794.21	287	1.07	2.77
Nisan	288.12	746.98	287	1.00	2.60
Mayıs	416.82	1080.65	287	1.45	3.77
Haziran	421.74	1093.40	287	1.47	3.81
Temmuz	491.80	1275.03	287	1.71	4.44
Ağustos	421.12	1091.78	287	1.47	3.80
Eylül	336.80	873.19	287	1.17	3.04
Ekim	236.18	612.31	287	0.82	2.13
Kasım	156.00	404.44	287	0.54	1.41
Aralık	111.83	289.93	287	0.39	1.01
Aylık ortalama	290.39	752.86	287	1.01	2.62
Yıllık toplam	3484.67	9034.34	3444	-	-

Tablo 5. Akü kapasitesinin hesaplanması

	Aylık ortalamaya göre	En kötü aya göre
Ortalama günlük tüketim (kWh)	9.41	9.41
Akü kapasitesi (kWh)	18.82	18.82
Akü gerilimi (V)	12	12
Akü kapasitesi (Ah)	1568.30	1568.30
100 Ah 12 V'luk kuru tip akü (adet)	16	16

#### 4. MALİYET ANALİZİ

Bağımsız PV sistemlerin performansı genellikle su parametrelerden birisi ile verilir: yük-kayı, yük-kayı olasılığı, güç-kayı, güç-kayı-olasılığı, solar fraksiyon, otonomi gibi Bunlardan, yük kaybı ve yük-kayı olasılığı belirli bir süreç için sistemdeki yükün karşılanmama oranını veya olasılığını verirken, solar fraksiyon ve otonomi gibi parametreler yükün ne oranda karşılandığının bir ölçüsüdür. Yük-kayı olasılığı (LLP) şu formül ile bulunabilir,

$$LLP = \frac{\int_0^t \text{enerji acigi}}{\int_0^t \text{enerji ihtiyaci}}$$

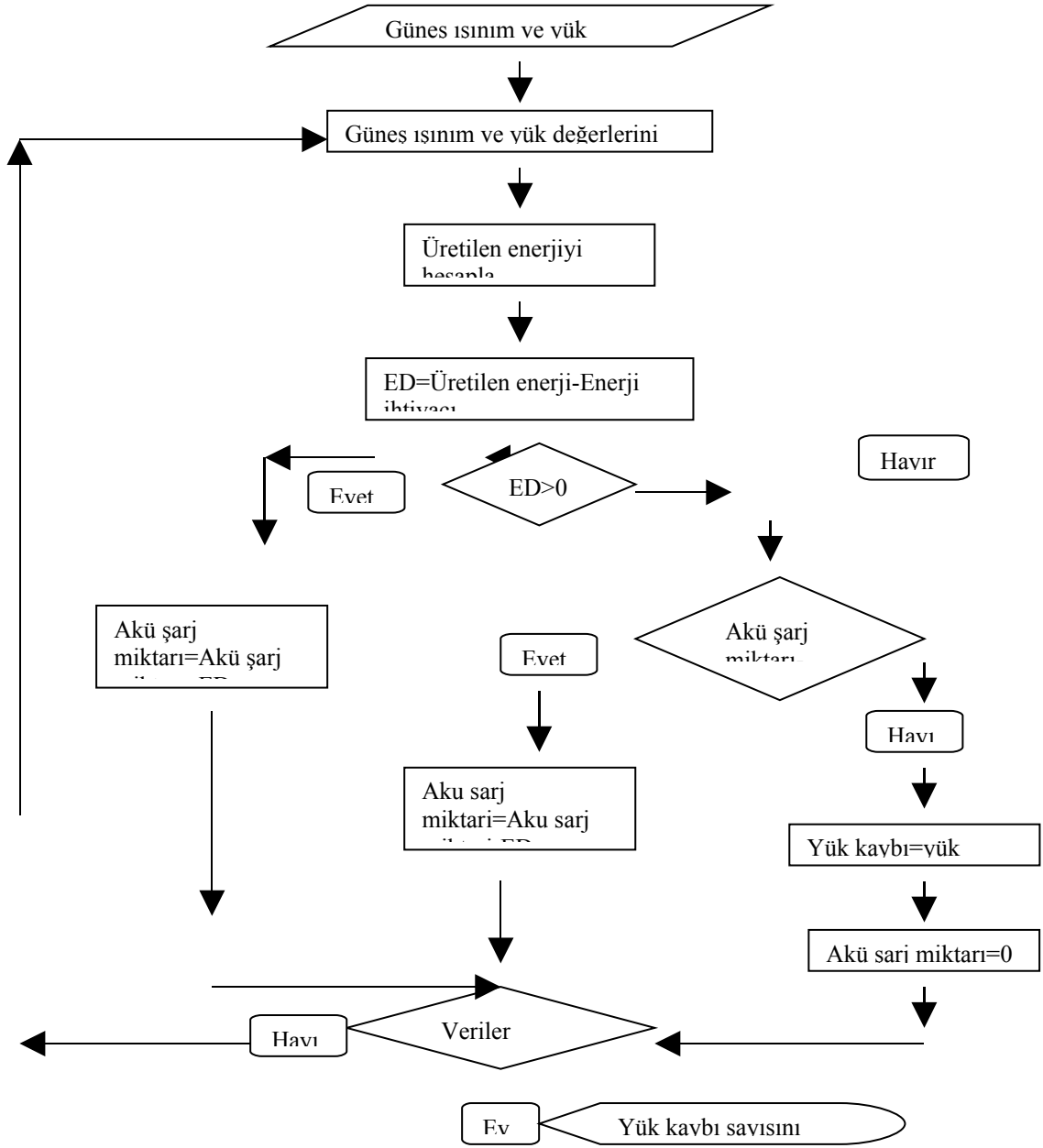
Bu durumda otonomi (A) ile LLP arasındaki ilişki şu formül ile verilebilir,

$$A = 1 - LLP$$

Bu bildiride sistem performansı yani PV sistemin yükü karşılama oranı otonomi parametresi ile verilmektedir. Farklı ölçülendirme yöntemlerine göre aylık üretim/tüketim (yük) oranları ve otonomi değerleri Tablo 6 da verilmektedir. Sistem otonomi değerleri PV modüllerin %8 verim ile çalıştığı kabul edilerek, akü-şarj-seviyesi (State-of-Charge, SoC) ile tanımlanan bir akü-algoritması kullanılarak FORTRAN dilinde yazılan ve akış şeması Şekil 1'de verilen simülasyon programı ile hesaplanmıştır. Bu programda, yükün 24 saate yayıldığı kabul edilmiştir.

Tablo 6. Farklı ölçülendirme yöntemlerine göre aylık enerji üretim/yük oranları ve otonomi değerleri

Aylar	Aylık ortalama		En kotu ay	
	Üretim/yük	Otonomi	Üretim/yük	Otonomi
Ocak	0.43	0.36	1.12	0.89
Şubat	0.61	0.53	1.57	0.97
Mart	1.07	0.93	2.77	1.00
Nisan	1.00	0.92	2.60	1.00
Mayıs	1.45	0.99	3.77	1.00
Haziran	1.47	0.97	3.81	1.00
Temmuz	1.71	1.00	4.44	1.00
Ağustos	1.47	1.00	3.80	1.00
Eylül	1.17	0.99	3.04	1.00
Ekim	0.82	0.77	2.13	1.00
Kasım	0.54	0.50	1.41	0.96
Aralık	0.39	0.34	1.01	0.94
Aylık ortalama	1.01	0.78	2.62	0.98



Şekil 1. Simülasyon programının akış şeması

Tasarlanan PV-eve ait toplam maliyet aylık ortalamaya göre Tablo 7 de, en kötü aya göre ise Tablo 8 de verilmektedir. PV modüllere 25 yıllık garanti verildiğinden sistemin toplam maliyet 25 yıl üzerinden yapılmıştır.

Tablo 7. Aylık ortalamaya göre toplam maliyet

	Ost-64 PV modül (64W)	Regüleli şarj cihazı (144W)	DC/AC çevirici (1500W)	Akü (1200Wh)
Sistemde kullanılma miktarı	27	16	5	16
Birim fiyat (\$)	445	102	940	100(x5)
Toplam fiyat (\$)	12015.00	1632.00	4700.00	8000.00
Toplam cihaz maliyeti (\$) =26347.00				
Kurulum, bakım ve diğer maliyetler (%40) (\$) =10538.80				
Toplam sistem maliyeti (\$) =36885.80				

Tablo 8. En kötü aya göre toplam maliyet

	Ost-64 PV modül (64W)	Regüleli şarj cihazı (144W)	DC/AC çevirici (1500W)	Akü (1200W h)
Sistemde kullanılma miktarı	70	16	5	16
Birim fiyat (\$)	445	102	940	100(x5)
Toplam fiyat (\$)	31150	1632.00	4700.00	8000.00
Toplam cihaz maliyeti (\$) =45482.00				
Kurulum, bakım ve diğer maliyetler (%40) (\$) =18192.80				
Toplam sistem maliyeti (\$) =63674.80				



Tablo 9. Farklı ölçülendirme yöntemlerine göre maliyet analizi

	Aylık ortalama			En kötü ay		
	Toplam üretilen	Yüke harcanan	Artan	Toplam üretilen	Yüke harcanan	Artan
Ortalama otonomi		0.78			0.98	
Enerji ihtiyacı (kWh)		86100			86100	
PV enerjisi (kWh)	87116.84	66727.5	20389.34	225858.46	84378	141480.46
Sistemin toplam maliyeti (\$)		36885.80			63674.80	
Birim maliyet (PV) (\$/kWh)	0.42	0.55	-	0.28	0.75	-
Birim maliyet (Şebeke) (\$/kWh)		0.12			0.12	
<u>Birim maliyet (PV)</u>						
Birim maliyet (Şebeke)	3.53	4.61	-	2.35	6.29	-

Farklı ölçülendirme yöntemlerine göre hesaplanan maliyet analizleri Tablo 9 da özetlenmektedir. Aylık ortalama göre tasarlanan sistemde üretilen elektriğin birim maliyeti 0.42 ile 0.55 \$/kWh arasında değişmektedir. Bu, şebekeden alınan elektriğin birim fiyatı olan 0.12 \$/kWh ile karşılaştırıldığında, sistemde üretilen elektriğin maliyetinin, şebekeden alınan elektriğin fiyatının 3.53 ile 4.61 katı olduğu görülmektedir. En kötü aya göre tasarlanan sisteme baktığımızda, üretilen elektriğin birim maliyetinin 0.28 ile 0.75 \$/kWh arasında değiştiği görülmektedir. Sistemde üretilen elektriğin maliyetinin, şebekeden alınan elektriğin fiyatına oranla 2.35 ile 6.29 kat kadar pahalı olduğu görülmektedir. Ancak, en kötü aya göre tasarlanan sistemde artan enerji miktarının kullanılana oranla çok daha fazla olduğu görülmektedir. Artan enerjinin herhangi bir şekilde satılma olasılığı olur ise, buradan sağlanan gelir ile yüke harcanan enerjiye göre tespit edilen birim maliyetin daha aşağı seviyeye çekilmesi mümkün görülmektedir.

## 5. SONUÇ

Model PV-evde yapılan çalışma sonucunda yatırım maliyetini arttıran en önemli etkenin göreceli olarak yüksek PV modül fiyatları olduğu görülmüştür. Bu nedenle güneşlenmenin en uzun süre ve güneş ışınlarının daha dik geldiği yaz aylarında üretilen ihtiyaç fazlası elektriğin aküler vasıtası ile depolanarak güneşlenmenin nispeten daha az olduğu ve güneş ışınlarının daha yatay olduğu kış aylarında ihtiyacın eksik kalan kısmını karşılamak üzere kullanıldığında yatırım maliyetinin daha düşük olacağı ancak

işletme ve depolama maliyetinin artacağı söylenebilir. PV modüller ile üretilen elektriğin, konvansiyonel üretim teknikleri ile üretilen ve ulusal şebekeden alınan elektriğe oranla 2.35 ile 6.29 kat daha pahalı olduğu sonucuna varılmıştır. Bu da PV teknolojilerinin şehir şartlarında henüz konvansiyonel sistemler ile rekabet edebilecek durumda olmadığını göstermektedir. Ancak, Türkiye enerjide dışa bağımlı bir ülkedir ve enerji bağımlılığını azaltacak her türlü yerli kaynaklarını değerlendirmek durumundadır. "Güneş Enerjisi" de bu enerji kaynaklarından biridir ve güneş enerjisi açısından zengin sayılabilecek bir ülkedir. PV teknoloji henüz konvansiyonel kaynaklarla şehir içi şartlarında rekabet edebilecek durumda olmamasına rağmen uzun vadede ekonomik olabilecek gibi görünmektedir.

#### Referanslar

- [1] Reinhard H. The value of photovoltaic electricity for society, Solar Energy 1995;54(1):25-31.
- [2] Patel MR. Plant economy, Wind and Solar Power Systems, 1st Edn, CRC Press, New York, 1999;283-288.
- [3] Gabler H. Autonomous power supply with photovoltaics: photovoltaics for rural electrification-reality and vision, Renewable Energy 1998;15:512-518.
- [4] Vallve X, Serrasolses J. Stand-alone PV electrification in la Garrotxa (Catalonia, Spain): A 50 kWp programme promoted by the users, 12th European PV solar energy Conference, Amsterdam, The Netherlands, 11-15 April 1994; 465-468.
- [5] Tsujino N, Ishida T, Takeoka A. Residential photovoltaic power generating system connected to utility line, Solar Materials and Solar Cells 1994;35:497-502.
- [6] Klein SA, Beckman WA. Loss-of-load probabilities for stand-alone photovoltaic systems, Solar Energy 1987;39(6):499-511.
- [7] Gordon JM. Optimal sizing of stand-alone photovoltaic solar power systems, Solar Cells 1987;20:295-313.
- [8] Chapman RN. Development of sizing nomograms for stand-alone photovoltaic/storage systems, Solar Energy 1989;43(2):71-76.
- [9] Khouzam K, Y. The load matching approach to sizing photovoltaic systems with short-term energy storage, Solar Energy 1994;53(5):403-409.
- [10] Beyer HG, Langer C. A method for the identification of configurations of PV/Wind hybrid systems for the reliable supply of small loads, Solar Energy 1996;57(5):381-391.
- [11] Celik AN, Marshall RH. Yearly system performance of photovoltaic, wind and hybrid energy systems and an approach for estimating the performances, Proceedings of North Sun'97, Finland, 1997; Volume 1:190-198.