

## **ÇEVRE KALİTESİNİ ARTIRMADA FOTOVOLTAİKLERİN KULLANIMI**

Ümran TEZCAN ÜN

**ÖZET :** Temiz ve sürdürülebilir bir enerji kaynağı olarak Dünyada kullanımı hızla artan fotovoltaik (PV) güç sistemlerine çevresel bir bakış açısı oluşturmak üzere bu çalışma gerçekleştirilmiştir. PV sistemlerinin avantajları çevresel ve ekonomik açıdan incelenmiştir. PV güç sistemlerinin yaşam döngüsü boyunca oluşan emisyonları ve kullanımı sonucunda oluşacak sera gazı emisyonları azalmaları ve CO<sub>2</sub> geri ödeme zamanı geleneksel sistemler ile kıyaslanarak verilmiştir. Ayrıca PV sistemlerinin uygulama alanları ve bazı uygulama örnekleri, Dünyada PV sistemlerini destekleyici projeler ile birlikte ele alınmıştır.

**ANAHTAR KELİMELELER :** Çevre, Fotovoltaik (PV), Temiz Enerji

## **THE USE OF PHOTOVOLTAICS FOR IMPROVING THE ENVIRONMENTAL QUALITY**

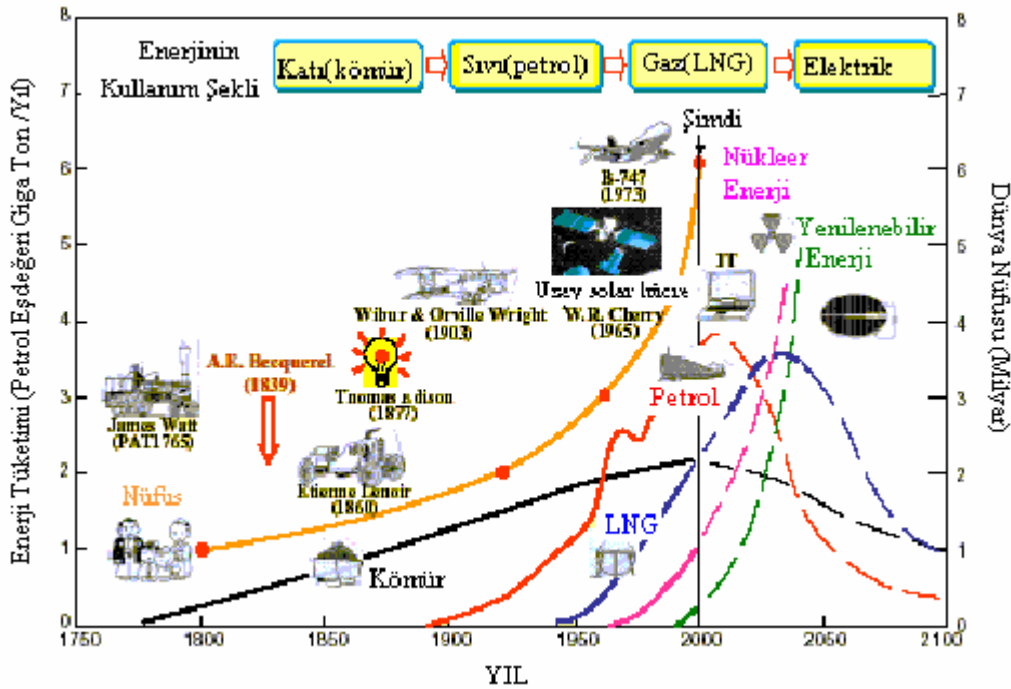
**ABSTRACT :** This study was performed to constitute an environmental point of view for photovoltaic (PV) power systems, which is increasingly being used over the world as a clean and sustainable power. Advantages of PV systems were investigated from an environmental and economical point of view. Emissions of PV systems over its life cycle, greenhouse gas emissions saving by using PV systems and CO<sub>2</sub> pay back time of PV systems were given in comparison with traditional power systems. Furthermore, application areas of PV systems and some examples were investigated along with programmes that promote to use PV systems in the world.

**KEYWORDS :** Environment, Photovoltaic (PV), Clean Energy

## 1. GİRİŞ

1775'te James Watt tarafından buhar makinesinin icadı ile başlayan endüstriyel devrim kömür yakan buharlı gemilerin 19.y.y.'da geliştirilmesi ile devam etmiştir. 1860'ta ise Etienne Lenoir'ın içten yanmalı motoru icadı ile yakıt olarak petrolün kullanılmasına başlanmıştır. 20. y.y.'da ise otomobil endüstrisinde ve uçaklarda benzinli motorların kullanılması ile petrol dönemi en parlak günlerini yaşamıştır. Şekil 1'de uygarlık ile enerji kaynakları arasındaki ilişki gösterilmiştir. Enerjinin üretimi, taşınımı ve depolanması kolaylığından dolayı, enerji şekli katıdan sıvıya, sıvıdan da gaza kaymıştır. 21. y.y.'da en kullanışlı enerji türü ise elektrik enerjisidir [1].

21. y.y. uygarlığında ekonomik gelişmeler, enerji harcamalarının ve çevresel problemlerin hızla artması, fosil kaynakların rezervlerinin sonlu olması ve çevresel etkilerinin çok olması nedeniyle, çevre dostu ve temiz enerji kaynakları arayışları son yıllarda hızla artmıştır.



Şekil 1: Enerji kaynaklarının uygarlık ile değişimi[1].

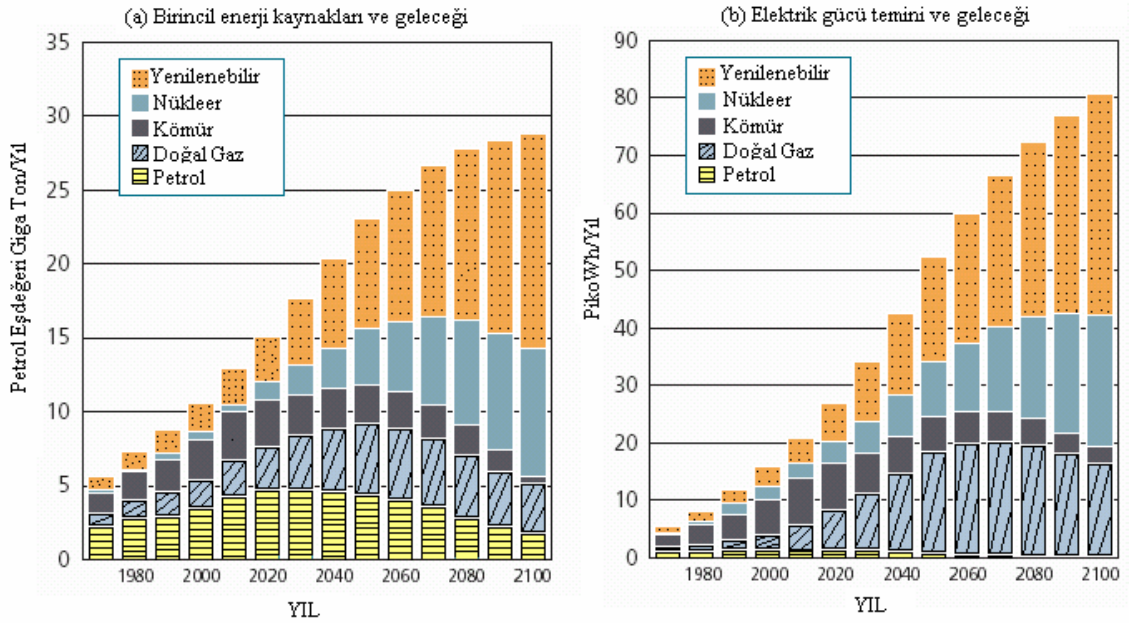
Fotovoltaik güç sistemleri, yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisine dayalı, ışık enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren bir enerji teknolojisidir. Fotovoltaik güç sistemleri akım ve gerilim gereksinimlerine bağlı olarak düzenlenmiş PV modüller, sistemde depolanmaya gereksinim var ise, aküler ve denetim sistemi ile doğru akım/alternatif akım dönüşümünü sağlayan çeviricilerden oluşur.

Fotovoltaik hücrelerde yeryüzünde en bol bulunan elementlerden biri olan silisyum kullanılmaktadır. Şebekeden uzak kırsal bölgelerde olduğu kadar yerleşim bölgelerinde şebekeye bağlı olarak elektrik üretebilmektedir. Geleneksel enerji kaynakları ile karşılaştırıldığında, daha az bakım maliyeti gerektirir ve güvenilirliği yüksektir. Ayrıca güneş enerjisi diğer geleneksel kaynaklarla birleştirilerek çevresel zararlar artırılmaksızın güç üretim kapasitesi artırılabilir. Güneş güç santralleri kullanılarak pik enerji ihtiyaçları karşılanabilir. PV sistemleri Kuzey Alaska gibi az ışık alan bölgeler haricinde birçok bölgede uygulanabilir [2].

PV güç sistemlerinin kullanımı ile atmosferik kirleticiler veya radyoaktif atık ve gürültü oluşmaz. Nüfusun yoğun olduğu şehirlerde fazla olan termal ısı kullanılarak yerel ısı dengesi korunur[2]. Belirli bir teknolojidен yayılan kirleticilerin çevrede meydana getirdiği etkinin maliyeti olarak tanımlanan dış maliyeti geleneksel enerji üretim sistemleri ile karşılaştırıldığında çok düşüktür. Örneğin Fuel oil yakmalı buhar türbini için 3,8328 cent/kWh, doğal gaz yakmalı gaz türbini için 1,5047 cent/kWh olan dış maliyet, PV güç sistemi için 0,1792 cent/kWh'tır [3].

PV güç sistemlerinin yukarıda belirtilen çeşitli avantajları olmasına rağmen dezavantajı, güneş ışınımının değişerek günün belirli zamanlarında ve belirli mevsimlerde azalması ve gece zamanında elde edilememesidir. Bu nedenle de gün boyu üretilen elektrik enerjisi aküler vasıtasıyla depolanır [4]. Diğer bir dezavantaj ise fiyatının diğer enerji sistemlerine göre yüksek olmasıdır. Ancak, 1970'lerde 30 US\$/kWh olan fotovoltaik elektrik üretim maliyeti 20 yılı aşan büyük araştırmalar sonucunda 4 US\$/kWh'ın altına düşmüştür[1,4]. Ticari PV modüllerinin verimi de 1980'de %10'dan günümüzde %14 civarına yükselmiştir [5]. Dünyada hızla artan PV üretimi 1995 yılında 77,7 MW/yıl iken 2001 yılında 381,3 MW/yıl'a ulaşmıştır [6].

PV sistemler şimdilerde yerleşim yerlerinden uzak bölgelerde ekonomik bulunmasına rağmen yakın gelecekte teknolojik ilerlemelerin sürmesi ve pazarın daha da büyümesi ile her alanda diğer enerji üretim sistemleri ile rekabet edebilir olacaktır. Şekil 2'den de görüleceği gibi özellikle 2040 yılından itibaren kullanımının yaygınlaşması beklenen yenilenebilir enerji kaynaklarından PV güç sistemlerinin 2050 yılında ana enerji kaynağı olacağı öngörülmektedir [1].



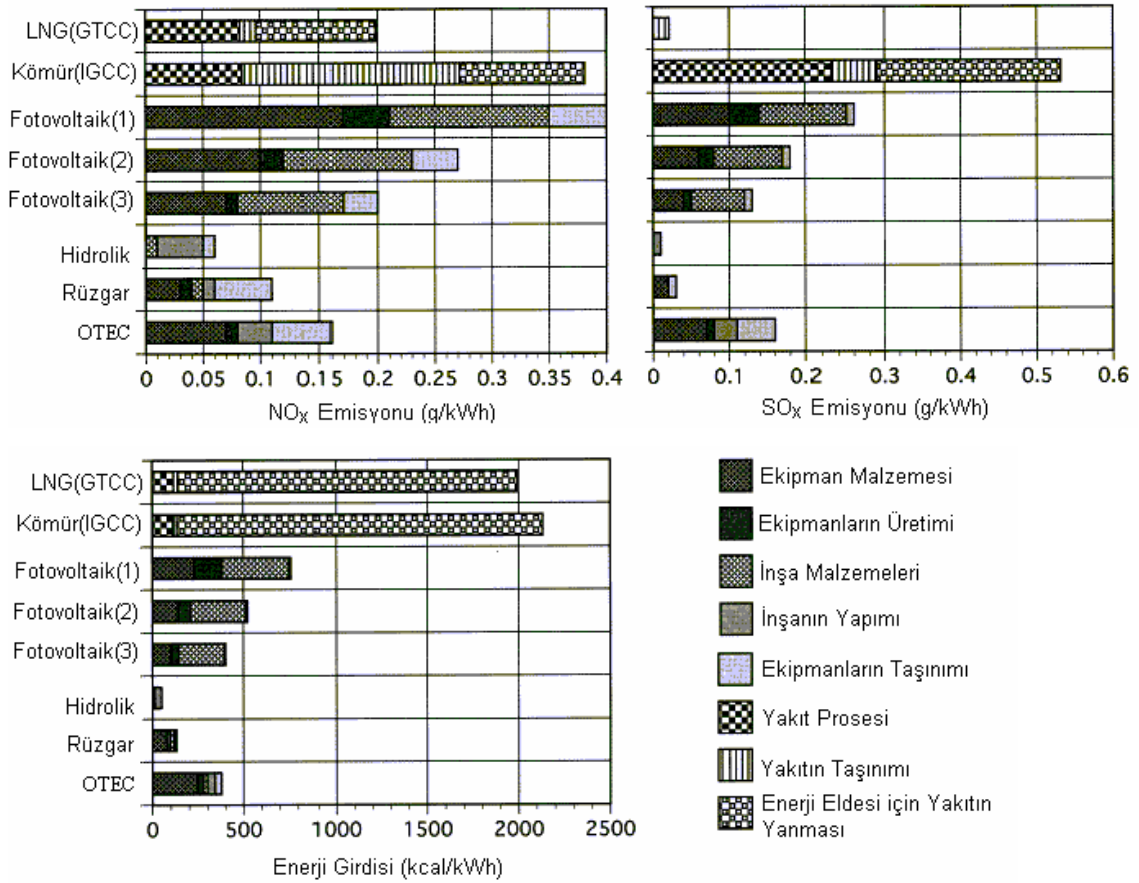
Şekil 2: Gelecekteki birincil enerji kaynaklarının (a) ve çeşitli kaynaklardan üretilen elektrik enerjisinin (b) konumu [1].

## II. FOTOVOLTAİK GÜÇ SİSTEMLERİNİN ÇEVRESEL ETKİSİ

Son zamanlarda küresel çevrenin giderek önem kazanması sonucu insan etkinliklerinin çevreye olan doğrudan ve dolaylı etkileri değerlendirilmeye başlanmıştır. Bu nedenle de enerji sistemlerinin değerlendirilmesinde sistemin yaşam döngüsü boyunca çevreye olan etkisi diğer değerlendirilme ölçütleri ile birlikte ele alınmaktadır. Elektrik üretimi için mevcut olan çeşitli teknolojiler arasında çevresel açıdan en iyi olanı yaşam döngüsü analizi ile belirlenebilir. Bu nedenle fotovoltaik güç sistemleri sadece ilk yatırım ve işletme maliyeti ile değil yaşam döngüsü analizi ile birlikte değerlendirilmelidir. Yaşam döngüsü analizinde, hammaddenin çıkartılmasından, işlenmesine, taşınmasına ve sistemin üretilmesine, inşasına kadar olan tüm basamaklardaki ve sistemin yaşam ömrünün sonuna kadarki tüm emisyonlar dikkate alınır. Termal güç santrali için ana emisyon kaynağı yakıtın çıkarılması ve yanması iken, PV güç sistemlerinde ana emisyon kaynağı güneş pili panellerini destekleyen çerçevelerin üretimidir.

Şebeke bağlantılı (akü olmayan ancak çeviriciyi içeren) bir PV sistemi için yapılan yaşam döngüsü analizinde [7], PV panellerin üretiminde kullanılan elektrik ve yakıt miktarları ve hammaddenin üretimi için kullanılan enerji belirlenerek sistemin girdi-çıkı denkliliklerinden ve emisyon faktörlerinden  $\text{NO}_x$  ve  $\text{SO}_x$  emisyonları belirlenmiştir.

Emisyon miktarlarının hesaplanmasında işçilik, çerçevelerin üretimi dikkate alınmış, PV sistemlerinin kamyonla 400 km taşındığı varsayılarak buradan oluşan emisyonlar sonuçlara eklenmiştir. PV güç üretim sistemlerinin yaşam döngüsü boyunca toplam  $\text{NO}_x$  emisyonu 0,2-0,4 g/kWh ve  $\text{SO}_x$  emisyonu 0,13-0,16 g/kWh tahmin edilmiş ve hesaplanan  $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_x$  emisyonlarının ve enerji girdilerinin termal ve diğer yenilenebilir enerji sistemleri ile karşılaştırılması Şekil 3'te verilmiştir. Bu hesaplamalarda tesisin inşası, termal güç sistemleri için yakıtın çıkarılması, taşınması ve yakıtın yakılması dikkate alınmış, sistemin montesi hariç tutulmuştur. Tüm enerji sistemlerinin ömrü 25 yıl olarak alınmıştır.



Şekil 3: Enerji sistemlerinin yaşam döngüsü boyunca yayılan kirletici emisyonları ve enerji girdisi[7]. IGCC:Kömür gazlaştırma kombine çevrim teknolojisi; GTCC:Doğal gaz-fuel gaz türbin kombine çevrim teknolojisi; OTEC: Deniz ısı enerjisi dönüşüm teknolojisi

Şekil 3'ten de görülebileceği gibi yenilenebilir enerji sistemlerinden oluşan emisyonlar fosil yakıt yakan sistemlerden düşüktür. Yenilenebilir enerji sistemlerinden hidrolik güç üretim sistemi birim elektrik çıktısı başına en düşük emisyonu sahiptir. Bunu rüzgar

türbin sistemi takip eder. PV üretim sisteminde ekipmanda kullanılan maddelerin üretiminden dolayı emisyonlar daha büyüktür [7].

### ***II.1 PV Sistemlerin CO<sub>2</sub> Geri Ödeme Zamanı***

En önemli çevre sorunlarından biri olan küresel ısınma atmosferik CO<sub>2</sub> derişiminin artması nedeniyle oluşmaktadır. Bu nedenle enerji sistemleri için CO<sub>2</sub> geri ödeme zamanı tanımlanmıştır. Bir enerji sisteminin CO<sub>2</sub> geri ödeme zamanı; o enerji sisteminin kullanılması sonucunda oluşacak CO<sub>2</sub> emisyon miktarındaki azalmanın, o enerji sisteminin üretimi sırasında oluşan CO<sub>2</sub> emisyon miktarına eşit oluncaya kadar geçen süredir[8]. Fotovoltaik enerji sistemlerinin çevresel açıdan incelendiği bir çalışmada [9], üç farklı PV güç santrallerinin CO<sub>2</sub> geri ödeme zamanları hesaplanmıştır. Bu çalışmada enerji santralının inşası sırasında kullanılan inşaat malzemeleri ve enerji miktarlarına dayalı olarak oluşan CO<sub>2</sub> emisyonları, üretilen kWh enerji için tahmin edilmiştir. PV güç santralının işletmesi sırasında oluşan CO<sub>2</sub> emisyonları da, sistemin inşası sırasında oluşan yıllık emisyonun %1'i olarak alınmıştır. CO<sub>2</sub> geri ödeme zamanı 1-3 eşitlikleri kullanılarak hesaplanmıştır. Örneğin PV güç santralının kömür yakan güç santraline göre CO<sub>2</sub> geri ödeme zamanı (T) şu şekilde hesaplanır.

$$T = \left( \frac{C_{PV}}{E_{PV}} - \frac{C_{kömür}}{E_{kömür}} \right) / \left( \frac{O_{kömür}}{E_{kömür}} - \frac{O_{PV}}{E_{PV}} \right) \quad (1)$$

$$y = C_{kömür} + O_{kömür} \times T \quad (2)$$

$$Y = \frac{y}{E_{kömür}} = \frac{C_{kömür}}{O_{kömür}} + \frac{O_{kömür}}{E_{kömür}} \times T \quad (3)$$

Burada;

O:Güç santralının CO<sub>2</sub> emisyonu,[kgCO<sub>2</sub>/yıl]

E:Yıllık üretilen elektrik, [kWh/yıl]

C:Malzemelerin üretimi ve inşasından kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonu, [kgCO<sub>2</sub>/yıl]

T:CO<sub>2</sub> geri ödeme zamanı, [yıl]

y: Kümülatif CO<sub>2</sub> emisyonu, [kgCO<sub>2</sub>]

Y:Üretilen elektrik başına yıllık CO<sub>2</sub> emisyonu, [kgCO<sub>2</sub>/(kWh/yıl)]'dır.

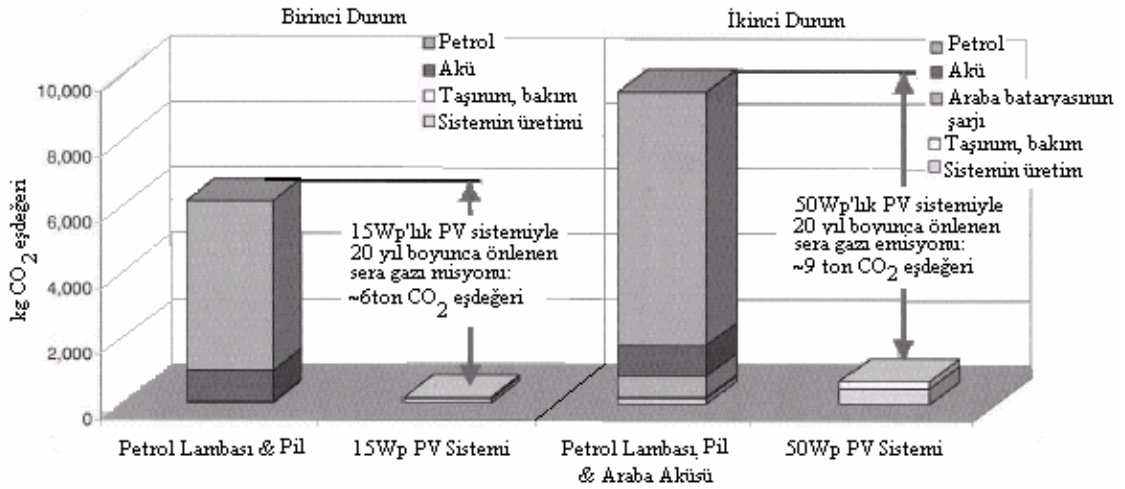
Yenilenebilir enerji kaynakları için hesaplanan CO<sub>2</sub> geri ödeme zamanları Tablo 1’de verilmiştir. Hidroelektrik ve OTEC(100MW), inşası sırasında oluşan CO<sub>2</sub> emisyonlarının daha az olmasından dolayı CO<sub>2</sub> geri ödeme zamanları PV güç santralinden daha kısadır. Ancak PV güç sisteminin yaşam ömrü CO<sub>2</sub> geri ödeme zamanından daha uzun olduğu için kullanımı küresel ısınmayı azaltmada katkı sağlayacaktır [9].

Tablo 1: CO<sub>2</sub> geri ödeme zamanı ;[yıl] [9]

Enerji Sistemi	Kömür	Petrol	LNG
PV U	4,00	4,9	6,69
PV I	3,85	4,71	6,43
PV J	4,91	6,03	8,26
Hidro	0,41	0,5	0,68
OTEC(2,5MW)	2,54	3,12	4,28
OTEC (100MW)	0,26	0,32	0,43

PV I:Endonezya’daki bir güç santralinde kurulmuş Japon yapımı solar hücre (elektrik üretimi 1,183x10<sup>7</sup>kWh/yıl ve kapasitesi 10MW), PV J: Japonya’da kurulu, Japon yapımı solar hücre (elektrik üretimi 8,640x10<sup>6</sup> kWh/yıl ve kapasitesi 10MW), PV U: (elektrik üretimi 1,248x10<sup>6</sup>kWh/yıl ve kapasitesi 1MW); Hidro: elektrik üretimi 3,932x10<sup>7</sup>kWh/yıl ve kapasitesi 10MW; OTEC(2,5MW): elektrik üretimi 8,760x10<sup>6</sup>kWh/yıl ve kapasitesi 2,5 MW; OTEC(100MW): elektrik üretimi 5,696x10<sup>8</sup> kWh/yıl ve kapasitesi 100MW.

Başka bir çalışmada ise [10] şebekeden uzak bölgede PV sistemleri ile enerji ihtiyacının karşılanması durumunda önlenecek CO<sub>2</sub> emisyonu belirlenmiştir. Hesaplamalarda PV sisteminin denizde 10 000 km, karada kamyonla 100 km taşındığı ve kurulacak yere servisin kamyonetle 150 km (15Wp’lık sistem için) ve 500 km (50 Wp’lık sistem için) olduğu varsayımı yapılmıştır. Şekil 4’ten de görülebileceği gibi birinci durumda PV sisteminin (15Wp gücünde) taşınımı, kurulması ve bakımı dahil 20 yıl kullanımı sonunda oluşan sera gazı emisyonu 160 kg CO<sub>2</sub> eşdeğeridir. Bu değer enerjinin diğer kaynaklardan karşılanmasından doğan emisyonların %2,7’sidir ve PV sisteminin kullanımı ile 6 ton CO<sub>2</sub> emisyonunun önlenmesi anlamına gelmektedir. İkinci durum ise daha büyük enerji ihtiyacının (50Wp) karşılandığı durumdur. Burada PV sisteminin taşınımı, kurulması ve bakımı dahil 20 yıl kullanımı sonunda oluşan sera gazı emisyonu 650 kg CO<sub>2</sub> eşdeğeridir. Bu enerjinin diğer kaynaklardan sağlanmasından oluşan emisyonların %6,8’idir ve 8,9 ton CO<sub>2</sub> emisyonunun önlenmesi anlamına gelmektedir. Bir bölgede toplam 5000 küçük (15Wp) ve 3000 standart (50Wp) PV sistemi kurulduğu varsayımında ise yıllık 2800 ton CO<sub>2</sub> eşdeğeri sera gazı emisyonu önlenebilir demektir [10].



Şekil 4: Küçük ve orta ölçekli PV sistemlerinin sera gazı emisyonları [10].

1. Durum: Aydınlatma (4h/gün): petrol lambası, kaset çalar (2h/gün): kuru pil ile.

2. Durum: Aydınlatma (5h/gün): petrol lambası, kaset çalar (2h/gün): kuru pil ile; TV (4h/gün): araba aküsü ile.

### III. PV SİSTEMLERİN UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Fotovoltaik güç sistemleri iletişim, trafik sinyalizasyonu, otoyollarda aydınlatma, orman kuleleri, deniz fenerleri, park ve bahçe aydınlatması gibi şebekeden uzak kırsal bölgelerdeki elektrik gereksiniminin karşılanması için uygulanabildiği gibi (Şekil 5) şebekeye bağlı olarak da (binaların yüzeyinin PV ile kaplanması veya çatılara PV paneller konulması) uygulanabilmektedir (Şekil 6). PV sistemler bölgesel, çevresel ve evrensel olarak başlıca üç alanda kullanılarak (Tablo 2) küresel çevreyi korumada katkı sağlayabilir.



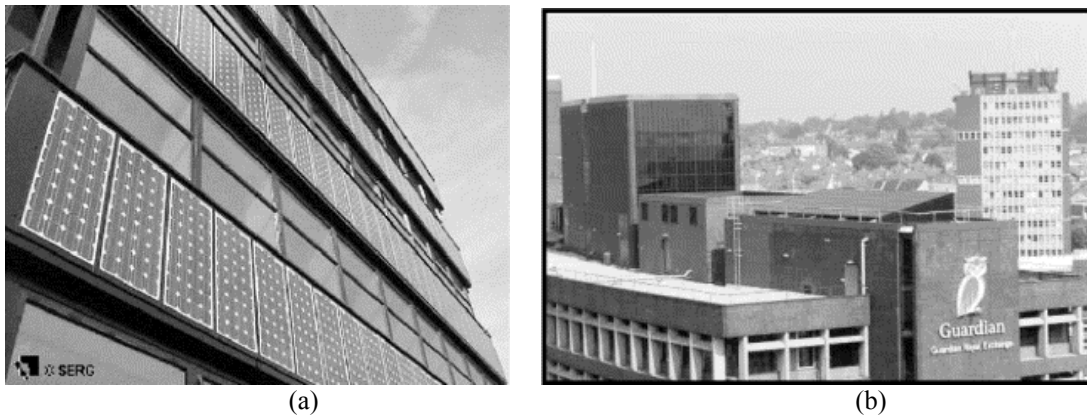
(a)



(b)

Şekil 5: a) PV sistemi ile sokak aydınlatma örneği [11]; b) Oxford Solar Evi: hem PV hem de solar termal uygulanmıştır [12].





Şekil 6: a) İngiltere’de Southampton Üniversitesinde 4 seviyeli 7,2 kWp gücünde PV ile kaplanmış bina [13] b) Finansal servis ( The Guardian Royal Exchange) binasının çatısında PV uygulaması [12].

Tablo 2: PV uygulama alanlarının küresel çevreye katkısı [1]

Bölgesel	(1) Solar PV güç üretimi (2) Kirliliğin temizlenmesi	Temiz, sürdürülebilir enerji kaynağı Kirlenici gazların PV ile ısıl bozundurulması
Çevresel	(3) Suyun temizlenmesi (4) Hidrojen enerjisinin üretimi	PV ile elektrokimyasal proses PV ile suyun elektrolizi
Evrensel	(5) Çölleşmenin durması, Çöllere yeşillendirilmesi	PV ile yeşil alana su pompalanması

Birçok ülkede PV panellerini destekleyici ulusal teşvik programları geliştirilmiştir. Örneğin Almanya’da “100 000 çatı” [6,12], Japonya’da 2005 yılına kadar “70 000 çatı”, Amerika hükümetinin 2010’a kadar bir milyon güneş sistemini çatılara kurduğunu hedeflediği “bir milyon güneş enerjili çatı” [2] programları sayılabilir. Yakın zamanda ise BP şirketi dünyanın en büyük projesini açıklamıştır. İspanya hükümeti tarafından finanse edilecek 48 milyon \$ maliyetindeki bu proje ile Filipinlerde 150’den fazla köyün elektriği sağlanacaktır (15 000 ev, 69 sulama sistemi, 147 okul, 37 sağlık ve 148 halk merkezini kapsamaktadır) [14]. Bu programlardan başka 3MWp’a kadar olan büyük ölçekli birçok sistem İtalya’da ve İspanya’da işletilmektedir ve 1MWp’a kadar olan büyük çatı uygulamaları PV ile birleştirilmiş binalar olarak son zamanlarda gerçekleştirilmektedir [12].

Diğer bir uygulama alanı olan PV modüllerinden elde edilen enerji ile hidrojen üretimi artan bir ilgi görmektedir, hatta PV panellerinin Suudi Arabistan’da kurularak hidrojenin

üretilmesi ve Türkiye üzerinden taşınarak OECD ülkelerinin enerjisinin karşılanması senaryoları yapılmaktadır [14].

#### ***IV. SONUÇ***

PV güç sistemleri, enerji güvencesi, stratejik teknoloji ve uzun dönemli ekonomik büyüme gibi avantajlara sahip olduğundan, günümüzde birçok ülke, ulusal düzeyde PV teknolojisini desteklemektedir. Daha temiz ve verimli bu enerji teknolojisinin pazara çıkması, ülkelerin kirletici emisyonlarında düşüşleri sağlamak üzere yapacağı harcamaların azalmasına olanak sağlayacaktır. Ayrıca PV güç sistemlerinin yaşam ömrü CO<sub>2</sub> geri ödeme zamanından daha uzun olduğu için kullanımı sonucu emisyonların azalması ile küresel iklim değişikliği sorununa kalıcı ve etkili bir çözüm sağlanacaktır.

PV güç sistemleri, temiz, sürdürülebilir enerji kaynağı olarak şebekeye bağlı veya şebekeden uzak bölgelerde güç üretmek için kullanılacağı gibi, kirli havanın ve suyun temizlenmesi ve hidrojen üretimi gibi çevresel alanlarda da uygulanabilmektedir.

Geleneksel enerji üretim sistemleri ile karşılaştırıldığında PV güç sistemlerinin dış maliyetleri düşük (0,1792 cent /kWh) olmasına rağmen ürettiği elektriğin maliyeti mevcut enerji üretim sistemlerinin maliyetlerinden yüksektir. Ancak gelecekte yakıt kaynaklarının tükenmesi ve kirlilik kontrolü için konulan standartların giderek sıkılaşması nedeniyle geleneksel güç üretim sistemlerinin maliyetleri zamanla artacak, diğer yandan yenilenebilir sistemlerin maliyetleri de gelişen teknoloji ve bu tür teknolojilerin yaygınlaşmasıyla zamanla düşecektir. Böylece teknolojik ilerlemelerin sürmesi, pazarın daha da büyümesi ve çevre konusunda duyarlılığın artması ile her alanda diğer enerji üretim sistemleri ile rekabet edebilir olacaktır. Özellikle 2040 yılından itibaren kullanımının yaygınlaşması beklenen yenilenebilir enerji kaynaklarından PV güç sistemlerinin 2050 yılında ana enerji kaynağı olacağı öngörülmektedir.

#### ***KAYNAKLAR***

- [1] Hamakawa, Y., "Solar PV Energy Conversion and the 21st Century's Civilization", *Solar Energy Materials & Solar Cells*, Vol. 74, Issues 1-4, pp.13-23, 2002.

- [2] Pearce, J.M., "Photovoltaics-A Path to Sustainable Futures", *Futures* 34, Issue 7, pp.663-674, 2002.
- [3] El-Kordy, M.N., Badr, M.A., Abed, K.A., Ibrahim,S.M.A., "Economical Evaluation of Electricity Generation Considering Externalities", *Renewable Energy* 25, pp.317-328, 2002.
- [4] Lesourd, J.B., "Solar Photovoltaic Systems:The Economics of a Renewable Energy Resource", *Environmental Modeling and Software* 16, pp.147-156, 2001.
- [5] Gross,R., Lech, M., Bauen, A., "Progress in Renewable Energy", *Environmental International* 29, pp.105-122, 2003.
- [6] Goetzberger, A., Hebling, C., Schock, H.W., "Photovoltaic Materials, History, Status and Outlook", *Materials Science and Engineering* R40, pp.1-46, 2003.
- [7] Nomura, N., Inaba, A., Tonooka, Y., Akai, M., "Life-Cycle Emission of Oxidic Gases from Power-Generation Systems", *Applied Energy* 68, pp.215-227, 2001.
- [8] Tezuka, T., Okushima, K.,Sawa, T., "Carbon Tax for Subsidizing Photovoltaic Power Generation Systems and Its Effect on Carbon Dioxide Emissions", *Applied Energy* 72, pp.677-688, 2002.
- [9] Tahara, K., Kojima, T., Inaba, A., "Evaluation of CO<sub>2</sub> Payback Time of Power Plants By LCA", *Energy Conversion and Management*, 38, pp.615-620, 1997.
- [10] Posorski, R., Bussmann, M., Menke, C., "Does the Use of Solar Home Systems (SHS) Contribute to Climate Protection?", *Renewable Energy* 28, pp.1061-1080, 2003.
- [11] Özel, S., "Fotovoltaik Güneş Enerjisi ve Aydınlatma Sistemlerinde Kullanılması", <http://elektrikci.hypermart.net/pv/pv.htm>, 2003.
- [12] Bahaj, A.S.,"Means of Enhancing and Promoting the Use of Solar Energy", *Renewable Energy* 27, pp.97-105, 2002.
- [13] Bahaj, A.S., "Implementation of the First Building Integrated Photovoltaic Cladding On The South Coast Of The United Kingdom", *Renewable Energy*, Vol.26, Issue 4, pp.509-519,2002.
- [14] Muneer, T., Asif, M., Kubie, J., "Generation and Transmission Prospects for Solar Electricity: UK and Global Markets", *Energy Conversion and Management* 44, pp.35-52, 2003.