

ÇATI MALZEMESİ OLARAK GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ

Prof. Dr. İ. Engin Türe¹

Konu Başlık No: 4 Sürdürülebilir Çatı ve Cephe Sistemleri

ÖZET

Güneş enerjisinden elektrik üretimi için tasarlanan fotovoltaik (PV) panellerin (güneş pilleri) verimleri giderek artmakta ve maliyetleri düşmektedir. Dünyanın karşı karşıya olduğu küresel iklim değişikliği nedeniyle enerji üretiminde, artık kömür, petrol, doğal gaz gibi fosil yakıtların yerine güneş, rüzgar, biyokütle, jeotermal gibi yenilenebilir kaynakların kullanımı zorunlu hale gelmektedir.

Bilindiği üzere, güneş enerjisinden elektrik üretimi için kullanılan PV panelleri, genellikle bina çatılarında, mevcut çatı malzemeleri üzerine yerleştirilmektedir. Ancak son yıllarda yeni geliştirilen ileri teknoloji PV ürünleri, artık çatı kaplaması yerine de kullanılabilir. Bu yeni çatı kaplama malzemeleri ile hem çatının sağlam bir şekilde hava şartlarına karşı korunumu sağlanmakta hem de çatı elektrik üretebilmektedir. En az 40-50 yıl gibi uzun ömürlü bu malzemeler ile konutların enerji ihtiyacı ekonomik ve sürdürülebilir olarak karşılanabilecektir. Bu tebliğde binaya entegre çatı ve cephe kaplamalarında kullanılan ileri teknoloji PV ürünlerine yer verilmiş olup, örnek yapılar ve teknik özellikleri ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER

Çatı kaplamaları, Sürdürülebilirlik, Güneş enerjisi, Fotovoltaik paneller.

¹ Engin Türe UNIDO-ICHET, Sabri Ulker Sok. 38/4 Cevizlibağ, İstanbul, 34015, Telefon 0 212 416 4848, Faks 212 4168945, e-posta: eture@unido-ichet.org

1. GİRİŞ

Binalara Entegre Fotovoltaik Paneller (BEFP), elektrik enerjisi üretiminde gittikçe önem kazanmakta olup, ev ve ticari yapıların hepsine uygulanabilmektedir [1-5]. Başta Almanya, Amerika, İspanya ve Japonya gibi ülkelerin uyguladıkları teşviklerle Fotovoltaik panellerin kullanımı son yıllarda hızlı bir artış göstermiştir. Örneğin, Japonya’da 300,000, Almanya’da 150,000 ve Amerika’da 500,000 den fazla binaya Fotovoltaik paneller monte edilmiştir. Burada temel amaç, bina yapı elemanları yerine bu paneller kullanılarak hem binanın elektrik üretimi sağlanmakta hem de kiremit, asfalt shingle, çatı membranı, yüzey kaplaması gibi yapı malzemelerinden tasarruf edilmektedir. Ayrıca fotovoltaik paneller tente, balkon, kapalı giriş koridorları, garaj gibi birçok yerde yine yapı malzemesi olarak kullanılabilir. Bu çatı kaplama malzemeleri ile hem çatıların sağlam bir şekilde hava şartlarına karşı korunumu sağlanmakta hem de çatı elektrik üretebilmektedir. Böyle bir sistem aynı zamanda çatıların ekonomik olarak kaplanmasını da imkanı vermektedir.

Burada yapı malzemesi yerine geçen bu paneller için ek olarak elektrik bağlantılarına gerek duyulmaktadır. Halen fotovoltaik panellerin nispeten yüksek fiyatlarından dolayı BEFP sistemlerinin ilk yatırım maliyetleri de yüksek olup, burada devlet desteğine ve teşviklere ihtiyaç vardır. Ancak hızla artan petrol fiyatları ve giderek etkisini daha da fazla hissettirmeye başlayan küresel iklim değişikliği yakın zamanda bu teşviklere bile gerek kalmadan fotovoltaik panellerin bina kabuğu üzerinde kullanılmasını zorunlu hale getirecektir.

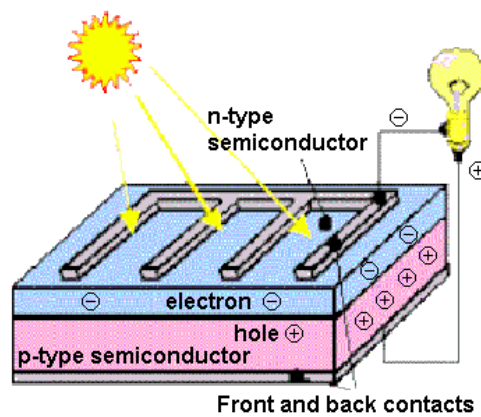
Halen dünyada kullanılan toplam elektrik enerjisinin yaklaşık 17,000 TWh olmasına karşın dünya yüzeyine yalnız bir günde gelen güneş enerjisi miktarının 174,000 TWh olduğu göz önüne alındığında, bu temiz enerjiden yararlanmanın önemi daha da belirgin hale gelmektedir.

2. FOTOVOLTAİK PANELLER

Fotovoltaik paneller (güneş pilleri) bir veya daha çok fotovoltaik (PV) hücre ve buna yardımcı elamanların birleştirilmesi ile güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir. Fotovoltaik hücreler yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarıiletken tabanlı ileri teknoloji ürünü araçlardır. Yüzeyleri kare, dikdörtgen, daire şeklinde biçimlendirilen güneş hücrelerinin alanları genellikle 100 cm² civarında, kalınlıkları ise 0,2- 0,4 mm arasındadır. Şekil-1 de bir güneş hücresi ve Şekil-2 de bir güneş hücresinin çalışma prensibi gösterilmektedir.



Şekil-1 Fotovoltaik Hücre



Şekil-2 Fotovoltaik hücre çalışma prensibi

PV hücreleri yarıiletken diyotlardan oluşur ve bu diyotların ara yüzeyine gelen ışık fotonlarının elektron sökmesi ve bu elektronların dış devrede toplanması esasına dayanır. Güneş hücreleri, imal edildikleri

4. Ulusal Çatı & Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler” Sempozyumu,
İTÜ Mimarlık Fakültesi Taşkılla - İstanbul 13-14 Ekim 2008

malzeme ve yapısına bağlı olarak, güneş enerjisini % 5-25 arasında bir verimle elektrik enerjisine çevrilebilir.

Güç çıkışını artırmak amacıyla çok sayıda güneş hücresi birbirine paralel ya da seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilir, bu yapıya fotovoltaik panel veya güneş pili sistemi adı verilir. Güç talebine bağlı olarak hücreler birbirlerine seri ya da paralel bağlanarak bir kaç Watt'tan mega Watt'lara kadar değişebilen modüler bir sistem oluşur. Bu sistemler tamamen elektronik olup, oynar parça bulunmadığı için 30-40 sene gibi oldukça uzun ömürlüdür. 1960 yıllarında uzaya gönderilen uydularda bulunan bu sistemler hala çalışmaya devam etmektedir. Üretici firmaların bazıları fotovoltaik paneller için 20 sene garanti vermektedir. Şekil 3 de çatıya monte edilmiş bir fotovoltaik panel gösterilmektedir.

Bu sistemler bazen tek başlarına bazen de diğer konvansiyonel kaynaklarla beraber kullanılabilirler. Buna göre, güneş pilleri sistemlerini iki kategoride incelemek mümkündür; a) bağımsız sistem ve b) elektrik şebekesine bağlı sistem.



Şekil-3 Çatı üzerinde bir fotovoltaik panel

Bağımsız sistemler, en basit hali ile yalnız PV modül içerir ve örneğin akü şarj etme, lamba yakma veya su pompalama gibi işler için direkt olarak kullanılabilir. Bu sistemlere bir invertör bağlanması ile DC yerine AC cihazlar da çalıştırılabilir. Telekomünikasyon cihazları, katodik koruma, trafik kontrol sistemleri, DC aydınlatma, TV, radyo vs. DC uygulamalarında, güneş yeterli olmadığı veya gece süresince de bu cihazları çalıştırabilmek için, sisteme bir akü ve yük düzenleyicisi ilave edilmelidir. Cihazlarda elektrik kesintisinin olmaması istendiğinde, sisteme bir de konvansiyonel yakıtlarla çalışan bir jeneratör ilave edilir. Böylece, güneş enerjisinin bulutlu havalarla uzun süre kesintiye uğradığı durumlarda jeneratör akülerin doldurulmasını sağlar. Ana elektrik şebekesine bağlı sistemlerde jeneratör yerine şebeke akımı aynı görevi üstlenir.

2.1 Güneş Hücrelerinin Yapısı

Günümüz elektronik ürünlerinde kullanılan transistörler, doğrultucu diyotlar gibi güneş pilleri de, yarı-iletken maddelerden yapılırlar. Yarı-iletken özellik gösteren birçok madde arasında güneş pili yapmak için en elverişli olanlar, silisyum, galyum arsenit, kadmiyum tellür gibi maddeler olup, bunlar tek kristal, poli kristal veya amorf yapıda olabilirler. Ayrıca, güneş hücreleri kristal yapı üzerinde oluşturulabildiği gibi cam veya başka malzeme üzerine ince film kaplama olarak da imal edilebilir. Tablo-1 de çeşitli malzeme ve yapıda güneş hücrelerinin verimleri gösterilmiştir [6].

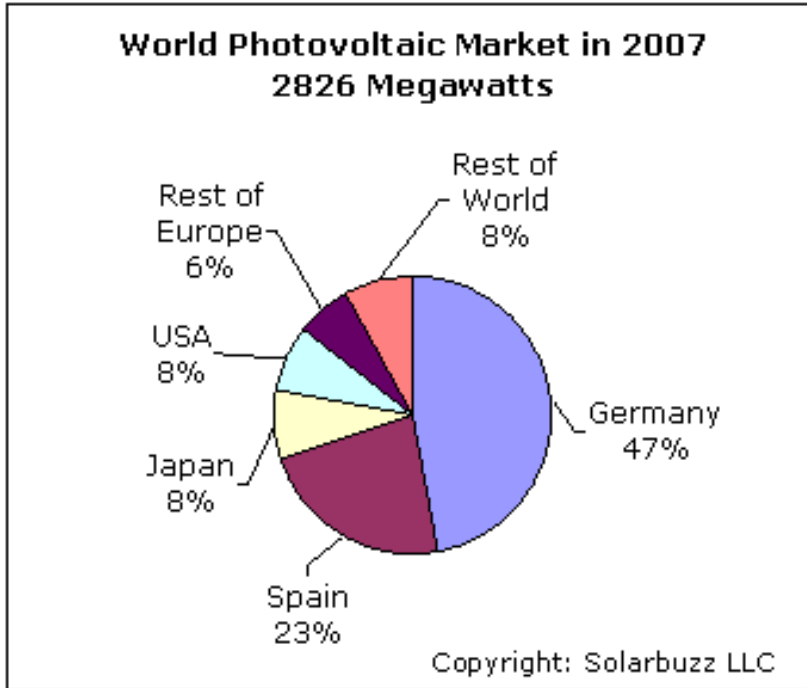
4. Ulusal Çatı & Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler” Sempozyumu,
İTÜ Mimarlık Fakültesi Taşkışla - İstanbul 13-14 Ekim 2008

Fotovoltaik Hücre Malzeme/Yapı	Verim %
Silisyum (tek kristal)	25
Silisyum (polikristal)	20
Silisyum amorf (ince film)	9
Galyum Arsenit (tek kristal)	25
Galyum Arsenit (poli kristal)	18
Galyum Arsenit (ince film)	24
CuInGaSe ₂ (ince film)	19
CdTe (ince film)	17
CIS (ince film)	9
Organik boyalı	6
Organik polimer	3

Tablo-1 Fotovoltaik hücre verimlilikleri

2.2. Fotovoltaik Pazarı

Güneş enerjisinin çevreye zarar vermeden kullanılmasını sağlayan fotovoltaik panellerin dünyadaki pazarı inanılmaz bir hızla artmakta olup, 2007 yılında sektör % 62 gibi bir büyüme göstermiştir. Yapılan çalışmalar hızlı artışın önümüzdeki on yıllarda da devam edeceğini göstermektedir. Şekil 4 dünya fotovoltaik pazarının ülkelere göre dağılımını göstermektedir.



Şekil-4 2007 Fotovoltaik Dünya Pazarının ülkelere göre dağılımı

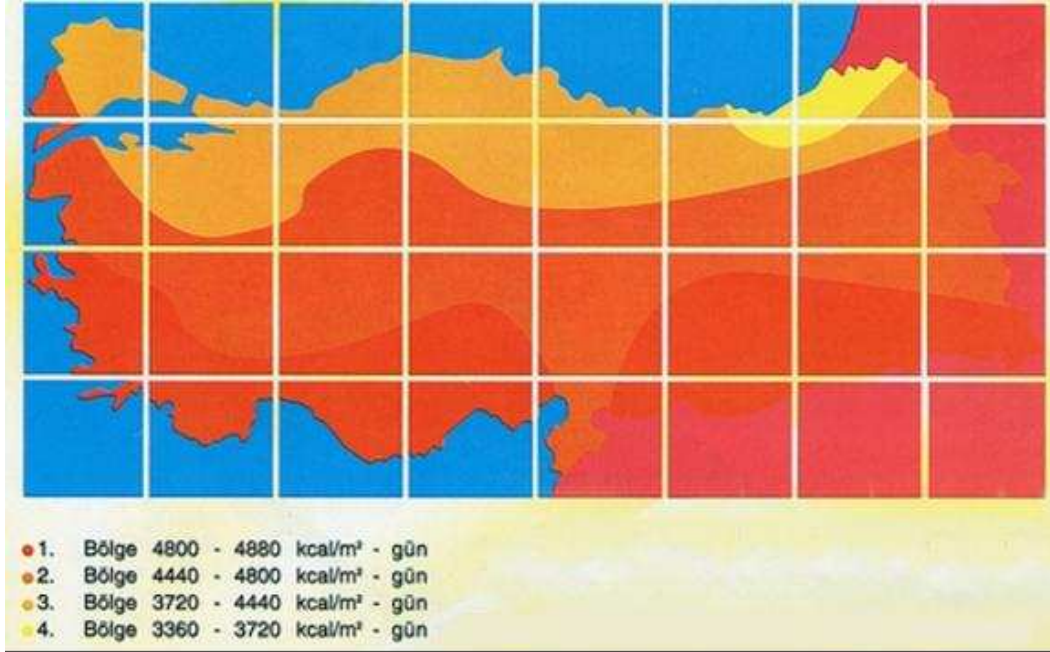
Fotovoltaik pazarı 2007 de 17.2 milyar dolar gelir sağlamış olup bunun %47 gibi büyük bir kısmı bu alanda liderliği elinde tutan Almanya tarafından elde edilmiştir.

2.3 Fotovoltaik Maliyeti

Fotovoltaik hücre ve bunların birleştirilmesi ile imal edilen panel maliyetleri kullanılan baz malzeme ve yapılara göre değişiklik göstermektedir. Dünya pazarında fotovoltaik panellere olan talebin son derece fazla olması nedeniyle fiyatlarda beklenen düşüş henüz yaşanmamıştır. Her teknolojik üründe olduğu gibi zaman içerisinde konuya yapılan araştırma ve geliştirme giderleri üretilen ilk ürünlere yansıtılmakta ve dolayısıyla yeni ürünler ilk başta pahalı olmaktadır. Ancak zaman içerisinde maliyetler ucuzlamakta ve rekabet arttığı için ürün fiyatları ucuzlamaktadır. Fotovoltaik panellere özellikle Almanya, Amerika, Japonya ve İspanya gibi ülkelerin verdiği teşvikler nedeniyle bu alanda bir talep patlaması yaşanmakta ve dolayısıyla fiyatlar henüz istenilen düzeye inmemiştir. Halen watt başına 2.5–3 USD olan hücre fiyatlarına karşın panel ve sistemde kullanılan akü, invertör gibi diğer bileşenlerle birlikte fiyat yaklaşık watt başına 5–7 UDS arasında olmaktadır. Bu maliyetlerin yakın zamanda hızla düşeceği ve watt başına 1-2 USD civarında olacağına kesin gözü ile bakılmaktadır.

2.4. Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli:

Türkiye coğrafi konumu itibariyle dünyada güneş kuşağı olarak tarif edilen bölge içinde kalmakta olup, güneş enerjisi potansiyeli açısından özellikle Avrupa ülkelerine göre çok daha şanslı durumdadır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünde (DMİ) verileri ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti 1311 kWh/m²-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir. Şekil 5 de Türkiye'nin Güneş Enerjisi Haritası verilmektedir.



Şekil-5 Türkiye'nin Güneşlenme Haritası

3. ÇATI MALZEMESİ OLARAK GÜNEŞ ENERJİSİ

3.1 Çatıya Entegre Fotovoltaik paneller

Fotovoltaik paneller doğrudan çatı üzerine konulabildiği gibi çatı malzemesi olarak hava şartlarından korunmayı sağlayacak şekilde çatı yerine de kullanılabilir. Böylece çatı elektrik üretirken aynı zamanda kaplama fonksiyonunu da yerine getireceğinden uzun vadede daha ekonomik olmaktadır. Binaya entegre fotovoltaik sistemlerin avantajları ise:

- Çatı ve cephe kaplama malzeme fiyatlarında azalma;
- Mimari olarak temiz ve çekici;
- Düşük bakım ve onarım giderleri (20-50 yıl arası dayanıklılık);
- Elektrik faturasında indirim;
- Sabit voltaj ile cihaz bozulmalarına kesin önlem;
- Elektrik kesintilerine çözüm;
- Sosyal sorumluluk çerçevesinde emisyonları azaltma ve çevre koruma;
- Isı yalıtımına katkı.

Binaya entegre fotovoltaik paneller şematik olarak şekil-6 da gösterilmiştir.



Şekil- 6 Bina çatı ve cephesine entegre fotovoltaik panellerin şematik gösterimi

3.2. İnce film Fotovoltaik Çatı kaplama Malzemeleri

Amorf silisyum, bakır indiyum diselenyum (CIS) veya benzeri ince filmlerin çeşitli baz malzeme üzerine kaplanması ile elde edilen ve kiremit yerine sağlam bir şekilde çatılarda kullanılabilen malzemelerdir. Bu malzeme örnekleri aşağıda şekil 7 de gösterilmiştir.



Şekil-7 İnce film Fotovoltaik çatı malzemeleri

Bu malzemeler ile kaplanan çatılara örnek olacak ve Şekil 8 de gösterilen evde kullanılan amorf silisyum ince film fotovoltaik yapı çatı panelleri doğrudan lamine edilmiş olup, çatı eğimi ve alt yapısı bu sisteme göre tasarlanmıştır.



Şekil-8 Binaya entegre ince film silisyum güneş panelleri

4. Ulusal Çatı & Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler” Sempozyumu,
İTÜ Mimarlık Fakültesi Taşkışla - İstanbul 13-14 Ekim 2008

Benzer şekilde shingle olarak da kullanılan ince film fotovoltaik paneller aşağıda şekil 9 da gösterilmiştir.



Şekil-9 İnce film fotovoltaik çatı kaplamaları (shingle)

3.3. Çatı Üstü Mono ve Poli-Kristal Fotovoltaik Panel Kaplamaları

Mevcut binalar da kolaylıkla uygulanabilen bu sistemlerde çatı durumuna göre hazırlanmış tek veya poli kristal fotovoltaik paneller doğrudan kiremit veya asfalt çatı üzerine yerleştirilebildiği gibi, mevcut çatı malzemesi arasına da konabilmektedir. Bu sistemlere ait örnekler Şekil-10 da verilmiştir.



Şekil-10 Mono ve poli kristal fotovoltaik paneller ile çatı üstü kaplamalar

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye gibi güneş enerjisi yönünden son derece avantajlı bir ülkede elektrik üreten fotovoltaik panellerin yalnız bazı ev, işyerleri çatıları ile özellikle geniş çatı alanına sahip fabrika gibi yerlerde kullanılması ile yılda tahmini 40 milyar kWh elektrik üretmek mümkündür. Türkiye'nin elektrik tüketiminin 2007 itibariyle yılda yaklaşık 190 milyar kWh olduğu göz önüne alındığında bunun kesinlikle önemli bir miktar olduğu açıktır. Ayrıca, önümüzdeki yıllarda elektrik üretimi için herhangi bir yakıtı para ödenmeyeceği gibi karbondioksit emisyonu düşecek ve çevre kirliliği de azalacaktır.

5. KAYNAKLAR

1. Cook, G., David, R., Gwinner, D., and Hicks, A., 2000, *Photovoltaics; Energy for the New Millennium*, 1-17, 1-1-2000, NREL, Golden, CO, Department of Energy.
2. Schoen, T. J., 1999, “Information,” *Renewable Energy World*, 2, No. 5, p. 84.
3. Energy-10, V1.3, 2000, “A Tool for Designing Low Energy Buildings,”
4. Fanney, A. H., and Dougherty, B. P., 2000, “Building Integrated Photovoltaic Test Facility,” *Proc. of Solar 2000: Solar Powers Life, Share the Energy*, June, Madison, WI, ASME, New York..
5. Byrne, J. et al (1997) “Commercial Building Integrated Photovoltaics: Market and Policy Implications.” *Proceedings of the 26th IEEE Photovoltaic Specialists Conference* Anaheim, CA: 1301 – 1304.
6. Progress in photovoltaics: research and applications Prog. Photovoltaic: Res. Appl. 2007; 15:425–430