

GÜNEŞ ENERJİSİYLE HİDROJEN ÜRETİMİ

Kim. Müh. Serdar ŞAHİN / Serkan KESKİN

1. GİRİŞ

Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretilmesi işlemi , çeşitli alanlarda uygulanmıştır . Fakat güneş enerjisinin depolanması işlemi bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır . Güneş enerjisinin , temiz ve tehlikesiz bir biçimde elektrik enerjisine dönüştürülmesi , silisyum yarı iletkeninden yapılmış güneş panelleriyle gerçekleştirilmiştir . Bu elektrik enerjisinin H₂ ile depolanması işlemi elektroliz ile gerçekleştirilir . Üretilen H₂ ' den depoladığı enerjinin tamamı alınabilmektedir . H₂ ' nin saflığı % 99 .0 civarında olduğundan çeşitli kimya sanayinde hammadde olarak kullanılabilir . Bu nedenle H₂ ' nin üretimi konusunda fotoelektrolizin gelecekte önem kazanması beklenmektedir .

Yapılan çalışmada yılda 152 GJ ' lük enerjiye eşdeğer H₂ üretimi gerçekleştirebilecek bir tesisin Türkiye ' nin herhangi bir yöresinde kurulması halinde mamülün maliyetinin ne civarda olacağı hesaplanmıştır .

2 . KAYNAK TARAMASI

Güneş pillerinin yapıları ve verimi [1-3] , güneşle elektrik üretimi için gerekli prosesler ve bu proseslerde kullanılan teknik cihazlar [4,5], Türkiye güneş enerjisi potansiyeli [6] ve İstanbul yöresinde çeşitli eğimdeki yüzeyler için güneş enerjisi potansiyeli [8], güneş enerjisiyle elektrolizle H₂ üretim maliyetinin değişimi [4,9] hakkında bilgi toplanmış ; bir fotoelektroliz pilot tesis uygulaması [10] incelenmiş, ayrıca özel görüşmeler [2,11] yapılarak ek bilgiler toplanmıştır.

3 . FOTOELEKTROLİZLE HİDROJEN ÜRETİMİ

3.1. Güneş pilleri

Alternatif enerji kaynakları arasında güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde etmek ; temiz , tehlikesiz ve sonsuz olması nedeniyle son yıllarda daha da önem kazanmaktadır . Güneş pili veya fotovoltaik pili (PV) bir yarı iletken devre olup güneş ışınlarını emerek fotovoltaik etki yardımıyla DC voltaj ve akım üretir . Güneş pilleri genelde iki grupta sınıflandırılır . Birincisi , güneş pili imalatında kullanılan kristalin .kalitesine göre olup

- a) Tek kristal
- b) Çok kristal
- c) Amorf güneş pilleri ' dir .

İkincisi , eklem yapım türüne bağlı olarak:

- a) Tek eklem
- b) Çok eklem
- c) Metal - yarı iletken eklem (MS)
- d) Metal - yarı iletken - yarı iletken (MS)

e) Yarı iletken - yalıtkan - yarı iletken (Sis)

f) Elektrolit piller ' dir .

Güneş pillerinde , güneş radyasyonunu soğuran çeşitli malzemeler vardır. Endüstrinin ince film fotovoltaik teknolojiye ve özel olarak amorf silisyuma ilgisi çok artmıştır . Bu artışta önemli sebeplerden birisi hidrojenlenmiş amorf silisyum (kısaltılmış notasyonu a-Si:H) materyalinin güneş ışınlarını , konvansiyonel kristal silisyum malzemelerden , daha iyi soğurmasıdır. Böylece amorf silisyumdan yapılmış güneş pilleri için kristal silisyumdan yapılmış fotovoltaik düzenden daha az malzeme gerekecektir .

3.1 .1. Güneş pili paneli yapımında kullanılan malzemeler

Hidrojenlenmiş amorf silisyum ilk olarak 1955 yılında Sterling tarafından incelenmiş fakat hidrojenin rolü üzerinde durulmamıştır . a - Si : H , a -Si ' dan farklı bir çok özelliklere sahiptir . Fotoiletkenlik a - Si filmlerde ihmal edilebilir olduğu halde a-Si :H filmlerde büyük bir fotoiletkenlik olayı gözlenmektedir ve güneş pilleri için de önemli olan fotoiletkenliktir . Güneş pillerinin veriminde 1978 ' den beri büyük artışlar oldu . 1978 ' de pil verimi %4 , 1982 ' de % 10 ve şimdi de % 13 ' e yükselmiştir ,[1] .

3.1.2. Amorf silisyum devre elemanı yapıları

Tarihsel olarak Metal-Yalıtkan-Yarı iletken (MIS) , Schottky engeli ,

p-i-n ve n-i-p homojonksiyon , heterojonksiyon ve üstüste (stacked) jonksiyon gibi birçok amorf silisyum devre elemanı yapıları incelendi . Konvansiyonel olarak p-i-n ve n-i-p hücreleri arasındaki fark , yazılan ilk tabakaya güneş ışığının düştüğünün gösterilmesinden ibarettir . Homojonksiyon tek bir materyalin kullanıldığını gösterir , halbuki heterojonksiyonda ise pencere tabakası farklı materyalden yapılmıştır .

3.1.3. Silikon güneş pillerinde verim

Bir silikon güneş pilinin (n + / p) yapısı Şekil 3.2.a ' da basit eşdeğer devresi ve akım - voltaj karakteristiği Şekil 3.2.b. ve Şekil 3.2.c ' de görülmektedir . Şekil 3.2.b ' de Rsh ve Rs pilin paralel ve seri dirençlerini Ip foto akımı , ID karanlık devre akımını ve I ise yük akımını göstermektedir .Silikon güneş pillerinde Rs < 0.5 ohm ve Rsh > 500 ohm olup etkileri ihmal edilmektedir . Bu durumda yük direnci , RL öyle seçilmeliki Şekil 3.2.c. ' deki maksimum güç noktası elde edilsin bu noktada ki pil verimi η şöyle verilmektedir :

$$I_{sc} \times V_{oc} \times CF (I_m \times V_m)$$

$$\eta = \frac{I_{sc} \times V_{oc} \times CF}{P_i} = \frac{I_m \times V_m}{P_i} , [3] .$$

$$P_i \times A I_{sc} \times V_{oc}$$

3.1.3.1. Pil veriminin sıcaklığa göre değişimi

Pil veriminin 300 K ' de ömür sürelerine bağlı olarak % 27.3 , % 21 .4 ,% 10.3 olduğu ve her 10 K artışta % 1 ' lik bir azalma olduğu tespit edilmiştir .

3.1.3.2. Pil veriminin baz katkı konsantrasyonuna bağlı olarak değişimi

n+ / P / P+ yapıdaki p+ tabakası pilin arka yüzeyinde bir elektrik alanı yaratarak Sb ' yi düşürmekte ve pil verimini arttırmaktadır . Şekilde baz katkı konsantrasyonu nn >

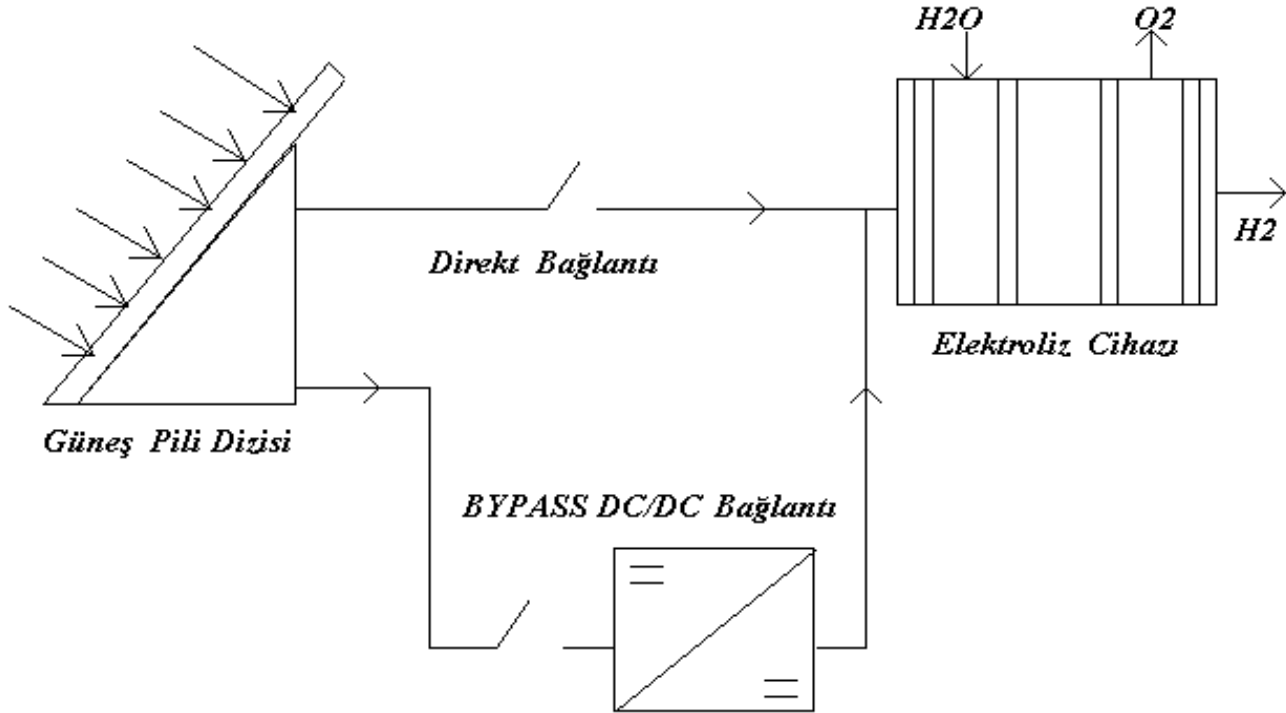
1017 cm⁻³ durumunda pil verimi n+ / p ve n+/p / p+ düşmeye başlamakta ve iki yapıdaki farkın azaldığı görülmektedir . Bu sonuç taşıyıcıların ömür sürelerinin katkı konsantrasyonuyla azalmasına bağlıdır .

Ekleme Atmosfer	Ortalama Ömür	Yüksek Ömür
Türü Şartı	Isc Voc CF η (mA/cm ²) V %	Isc Voc CF η (mA/cm ²) V %
n+/p AM0	53.5 0.603 0.828 19.7	60.2 0.652 0.838 24.3
AM1	46.1 0.599 0.827 21.4	51.9 0.648 0.837 26.4
n+ /p / p+ AM0	53.5 0.603 0.828 19.7	61.3 0.661 0.839 25.1
AM1	46.9 0.599 0.827 21.4	52.9 0.657 0.39 27.3

3.2. Elektroliz

Suyun elektroliziyle , sudaki H₂ ve O₂ yüksek saflıkta elde edilebilirler . Faraday kanunlarına göre , her bir amper saatte 0.037 gr H₂ ve 0.298 gr O₂ serbestleştirilir . Ağırlık olarak yukarıda verilen miktarlar 0° C ve 760 mmHg da 0.4176 l ve 0.2088 l ' ye karşılık gelir . Buna göre buharlaşma kaybını ihmal edersek 1 m³ H₂ için 8 litre su gereklidir . Saf su , elektroliz olayında kullanılmaz . Çünkü iletkenliği çok azdır . Bu nedenle oksijen asit veya bazla seyreltilir .

3.3. Proses akım şeması



Şekil 3.5. Suyun fotoelektrolizi ile hidrojen üretim şeması

Stuart (Unipolar) hücresi tipi ve yıllık H2 üretim kapasitesi 152

GJ/yıl H2 olan elektroliz cihazı kullanılmıştır. [4] Kullanılan paneller yatay olarak yerleştirilmiştir ve Türkiye'deki güneş ışınım aralıklarına göre panel alanı ve adeti bulunmuştur. Kurulan proste elektroliz cihazı verimi %96,00 saflığa sahiptir.H2 201 bar 'a kadar sıkıştırılarak standart gaz şişelerinde depo edilmektedir.

Direkt bağlantı kavramı; PV jeneratörü ve elektroliz cihazı direkt olarak birbirine bağlanmaktadır.

Bypass DC/DC kavramı; Elektroliz cihazına direkt olarak bağlanır.Direkt bağlantı kavramı kavramı gerekli PV gücünü sağlamadığı taktirde devreye geçmektedir, [5] .

3.4 Türkiye ' nin güneş potansiyeli

Türkiye genelinde, meteorolojik amaçlarla kurulmuş meteorolojik ölçüm istasyonları vasıtasıyla Dünya Meteoroloji Teşkilatı (WMO) standartlarına uygun olarak güneş enerjisi ile ilgili bazı ölçümler Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünce (DMİ) 1935 yılından beri sürdürülmektedir .

Türkiyenin güneş enerjisi potansiyelinin belirlenmesi sonucunda çeşitli kurum ve şahıslarca bazı değerlendirme çalışmaları yapılmıştır . 1966 - 1982 periyodunu baz alan değerlendirmeye göre ;

Türkiye genelinde ve bölgeler bazında maksimum güneşlenme temmuz ayında , minimum güneşlenme ise aralık ayında olmaktadır. Türkiye' nin en fazla güneş alan bölgesi GüneyDoğu Anadolu olup bunu Akdeniz Bölgesi izlemektedir. Buna göre Türkiye' nin tüm yüzeyine yılda gelen toplam güneş enerjisi miktarı 1016×10^{12} kWh olmaktadır .

Türkiye güneş enerjisi potansiyeli ve bu potansiyelin bölgesel bazda dağılımı yönünden , her türlü güneş enerjisi uygulamaları için uygun bir ülke durumundadır.

Güneş enerjisi ile ilgili meteorolojik verilerin değerlendirilmesiyle hazırlanan bir matematiksel modelle hesaplanmış olan Türkiye yıllık güneş ışınımı miktarları Şekil 6 'da gösterilmiştir. [6]

3.5. Ekonomik inceleme

Türkiye yıllık güneş ışınımı haritasına göre ,[6] .

Stuart unipolar hücresi tipi ve elektroliz cihazı , [4] .

Tablo 3.2. Güneş paneli [1]

Pil Verimi , %	13
Pil Alanı , m ²	0.426
Maximum Güç , W	5 3
Akım Şiddeti , Amper	3.4

Gerilim , V	21.7
Pil Fiyatı (1994) DM	500

Tablo 3.3 Elektroliz Cihazı , [4] .

Kapasite GJ/Yıl	152
Verim , %	96
Maliyeti (1987) \$	4370

Bir Modul fiyatı : 500 DM

Çapraz kur : 1. 67 DM = 1 \$, [7]

Modul fiyatı : 500 / 1.67 = 297 .91 \$/ Modul

Elektroliz cihazı maliyeti : 4370 \$

$$BF = EF (1 + I)^k I = 0$$

$$= 4370 (1+0)^7$$

$$= 4370 \$$$

Kapasite :

$$152 \times 10^9 \text{ J} \times y \times d \times h$$

$$152 \text{ GJ/Yıl} = \text{-----}$$

$$y \times 360 \text{ d} \times 24 \text{ h} \times 3600 \text{ s}$$

$$= 4886.8 \text{ W}$$

$$= 4.89 \text{ kW}$$

$$\text{Bir modulün alanı} = 1.293 \text{ m} \times 0.330 \text{ m}$$

$$= 0.426 \text{ m}^2 / \text{modul}$$

$$\text{Pil Fiyatı} = 297 .91 / 0.426$$

$$= 699.31 \$ / \text{m}^2$$

$$4886 . 83 \text{ W}$$

Gerekli güneş enerjisi = -----

$$0.96 \times 0.13$$

= 39157.29 W , bulunmuştur .

3.5.1. Kurulu Ekipman Tutarı

3.5.1.1. Güneş Pilleri

210 w/m² 'lik güneş radyasyonu şiddetine göre 39157,29 W 'lık gerekli güneş enerjisini sağlayacak panel alanı ve sayısı:

$$Gerekli Alan = \frac{39157,29}{210 \frac{W}{m^2}} = 186,46 m^2$$

bulunmuştur.

Bu alanı sağlayacak güneş pili modül sayısı: $\frac{186.46}{0.426} \cong 438$ adet bulunmuştur.

Buna göre pil maliyeti (210 w/m² Güneş Radyasyon Şiddeti için):

$$186.46 m^2 \times 699.31 \$/m^2 = 130393.34 \$$$
 bulunmuştur.

Diğer Güneş Radyasyon Şiddetlerine göre gerekli Güneş pili sayısı, alanı ve maliyeti Tablo 4 ' te yukarıdaki gibi hesaplanarak gösterilmiştir.

<http://www.geocities.com/SiliconValley/Campus/4400/gunes.htm>