

BÖLGEMİZİN ENERJİ KAYNAKLARI VE ENERJİ PROJEKSİYONU

Prof.Dr. Mehmet CEBECİ*

*Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü Elazığ
mcebeci@firat.edu.tr

Özet

Dünya enerji üretiminin büyük çoğunluğu yenilenemeyen kaynaklardan sağlanmaktadır. Ancak yenilenemeyen kaynakların tükenecek olması dikkatleri yenilenebilir enerji kaynaklarına ve bunların kullanımına çevirmiştir. Türkiye yenilenebilir enerji kaynakları açısından zengin bir ülkedir. Bu çalışmada özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesinde kullanılabilir olan yenilenebilir enerji kaynakları ve bunların kullanım teknolojileri hakkında bilgiler verilmiştir.



1. Giriş

Bugün dünyada kullanılan elektrik enerjisinin %80'i yenilenemeyen kaynaklardan (kömür, doğalgaz, petrol ve uranyum) üretilir. Bunlar kesintisiz olarak enerji üreten kaynaklardır. Geri kalan bölüm ise yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanır. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında hidrolik enerji %19'luk bir paya sahipken; güneş, rüzgar, biyomas ve jeotermal kaynaklardan elde edilen enerjinin toplam payı ise %1 kadardır.

Türkiye, yenilenebilir enerji kaynaklarının çeşitliliği ve potansiyeli bakımından zengin bir ülkedir. Mesela Türkiye, hidrolik enerji potansiyeli açısından dünyanın sayılı ülkelerindedir. Rüzgar enerjisi potansiyeli yaklaşık 160 TWh olarak tahmin edilmektedir. Ülkemizde yıllık yağışlar 220-2500 mm arasında değişmekte olup, ortalama 642,6 mm 'dir. Bu değer yıllık ortalama 501 milyar m³ yağış miktarına tekabül eder. Bu miktarın takriben 186 milyar m³ 'lük kısmı akış haline geçer.

Türkiye, birçok ülkede bulunmayan jeotermal enerjide dünya potansiyelinin %8'ine sahiptir. Ayrıca coğrafi konumu nedeniyle büyük oranda güneş enerjisi almaktadır. Potansiyel belirleme çalışmaları ile ülkemizin yıllık ortalama ışıma şiddeti 3.6 kWh/m².gün olarak tespit edilmiştir. Bunların dışında, kayda değer ölçüde biyoenerji potansiyeli bulunmaktadır.

Türkiye 'deki enerji profili gözden geçirildiğinde yenilenebilir enerji kaynaklarının yeri ve önemi açıkça görülmektedir (Tablo 1). Ancak yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı oldukça düşük düzeydedir.

Enerji kaynakları itibariyle fosil kökenli kaynakların Türkiye 'deki birincil enerji üretiminin hemen hemen yarısını oluşturmaktadır olduğu gözlenmektedir. Türkiye'deki elektrik enerjisi üretiminde kömür %47, petrol ve doğal gaz %15, hidrolik ve jeotermal %13, ticari olmayan yakıtlar %23 ve diğer yenilenebilir kaynaklar ise %2 civarında yer almaktadır.

Bu çalışmada Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Bölgemiz itibariyle büyük önem taşıyan Hidrolik, Güneş, Rüzgar, Biyoenerji ve Hidrojen Enerjisi için bazı değerlendirmeler yapılacaktır.

Tablo 1. Türkiye yıllık yenilenebilir enerji potansiyeli (MTEP: Mega Ton Eşdeğeri Petrol).

Yenilenebilir Enerji Türü		Kullanım Enerji Türü	Doğal Potansiyel	Teknik Potansiyel	Ekonomik Potansiyel
Güneş Enerjisi		Elek.Enj. (milyar kWh)	977000	6105	305
		Isı (MTEP)	80000	500	25
Hidrolik Enerji		Elek.Enj. (milyar kWh)	430	215	124,5
Rüzgar Enerjisi	Direkt Rüzgar Enj. Karasal	Elek.Enj. (milyar kWh)	400	110	50
	Direkt Rüzgar Enj. Denizsel	Elek.Enj. (milyar kWh)	-	180	-
	Deniz Dalga Enj.	Elek.Enj. (milyar kWh)	150	18	-
Jeotermal Enerji		Elek.Enj. (milyar kWh)	-	-	1,4
		Isı (MTEP)	31500	7500	2843
Biyomas Enerjisi		Yakıt (klasik MTEP)	30	10	7
		Yakıt (modern MTEP)	90	40	25

2. Hidrolik Enerji

Ülkemizin brüt hidrolik potansiyeli 433 milyar kWh/yıl, teknik olarak değerlendirilebilir potansiyeli ise 216 milyar kWh/yıl olarak öngörülmektedir. Geliştirilen projelere göre öngörülen ekonomik hidroelektrik potansiyel yaklaşık 35000 MW ve ekonomik yıllık ortalama enerji üretimi ise yaklaşık 125 milyar kWh/yıl'dır. İnşa halindeki santrallerin devreye alınmasıyla ekonomik potansiyelin %43'ü değerlendirilmiş olacaktır. Potansiyelin henüz değerlendirilememiş %57'lik bölümü, ön inceleme aşamasında etüdü tamamlanmış en az 332 adet hidroelektrik santralının yapımını öngörmektedir. Böylece ülkemiz, ekonomik olarak üretilebilir 125 TWh/yıl elektriği üretmek için toplam 34455 MW'lık kurulu güçte 510 adet hidrolik santral kurmayı planlanmıştır.

Ülkemizdeki hidrolik potansiyelin tamamının devreye alınması durumunda dahi, 2020 yılındaki elektrik enerjisi talebinin yalnızca %23'ünün hidrolik potansiyelden karşılanması mümkün olabilecektir.

Bu veriler dışında kalan küçük su kaynaklarının değerlendirilmesi halinde ekonomiye büyük bir katkı sağlanabilir. Uzmanlar tarafından bu potansiyelin 25 TWh civarında olabileceği belirtilmektedir. Yani küçük su kaynaklarının değerlendirilmesi ile hidrolik üretimimiz %20 kadar artabilecektir.

Küçük HES'ler, Birleşmiş Milletler Sanayi ve Kalkınma Organizasyonu (UNIDO) sınıflamasına göre, 10 MW'a kadar kurulu güçlere sahip santralleri kapsamaktadır:

- 1 MW 'dan daha küçük kapasiteli HES'ler; mini HES,
- 10 MW-100 MW kapasiteli HES'ler; orta büyüklükte HES

Hidrolik Kaynaklarımızın büyük kısmının Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde bulunduğuna dikkat etmeliyiz.

Bu açıdan bakıldığında, bölgemizin kalkınmasına önemli etkisi olacağı düşünülen küçük güçte santral yapımına başlanabilmesi için, 1977 yılında TEMSAN 'ın (Türkiye Elektromekanik Sanayii A.Ş.) kurulması, su türbinleri ve generatörlerin yurt içinde yapılabilmesi adına çok önemli bir adım olmuştur. Ancak daha sonra gereken ilginin gösterilmemesi sonucu bu kuruluş, tasarım ve projelendirme konusunda tamamen dışa bağımlı olarak bugünlere gelmiştir. TEMSAN 'ın kurulduğu yıllarda 500 'den fazla HES kurulması planlanan ülkemizde, böylesine isabetli bir yatırımın devlet eliyle yapılması ne kadar doğru ise, geçen zaman içerisinde küçük HES'ler gereken önemin verilmemesi ve dolayısıyla bu yatırımın desteklenmemesi, teşvik edilmemesi ve yapılacak santrallarda yerli üretim oranının arttırılamaması da o kadar yanlış olmuştur.

Ülkemiz küçük HES potansiyeli bakımından çok zengin bir ülkedir. DSİ planlamalarına göre ülkemizde küçük HES tanımlamasına giren 130 adet proje mevcuttur. Bu projelerin toplam kurulu gücü 710 MW 'a ulaşmakta ve bu potansiyel toplam HES potansiyelinin %2 'sine, işletmedeki HES 'lerin ise yaklaşık %6 'sına tekabül etmektedir. Ülkemizdeki küçük HES potansiyelinden bugüne kadar inşaatı tamamlanarak işletmeye açılan santralların toplam gücü 135,7 MW ile potansiyelin %19 'luk bir bölümünü oluşturmaktadır.

Küçük HES 'lerin birim yatırım maliyeti projenin özelliklerine göre farklılık göstermekle birlikte, yaklaşık bir değer olarak 1500-2000 \$/kW aralığında alınabilir. Yıllık işletme ve bakım gideri ise yaklaşık 50 \$/kW olarak kabul edilebilir.

HES 'lerin özellikle küçük düşülü ve küçük kapasiteli olanlarının ilk yatırım maliyetlerinin izafi olarak yüksek çıkması; oldukça uzun işletme sürecinde yeterli elektrik satış fiyatıyla elde edilen gelir, düşük işletme ve bakım giderleri, taşkın koruma, su depolama, konutlara ve sanayiye içme ve kullanma suyu temini, balıkçılık ve yörenin ekonomik gelişiminin sağlanması gibi çok çeşitli faydalar ile dengelenebilir.

Küçük suların değerlendirilmesi, buldukları yöreye enterkonnekte şebekenin ulaşma zorunluluğunu da ortadan kaldıracığından, iletim şebekelerindeki kayıplarda önemli bir azalma meydana getirecektir. Ülkemizin her köşesine, özellikle doğu ve güneydoğu Anadolu Bölgesine yayılmış olan çaylar ve akarsular üzerinde kurulacak küçük HES 'ler, hem enterkonnekte şebekenin yükünü hafifletecek, hem de iletim ve dağıtım kayıplarını azaltıcı ve ulusal şebekenin stabilitesini artırıcı bir rol oynayacaktır. Bunun yanı sıra küçük HES 'ler uzun ömürlü olması, yakıt masrafı gerektirmemesi ve yapımının büyük ölçüde yerli kaynaklara dayanması nedeniyle ülkemiz için faydalıdır ve teşvik edilmeleri gerekir.

3. GÜNEŞ ENERJİSİ

Güneş enerjisi çevre kirliliğine yol açmayan tükenmez bir enerji kaynağıdır. Son yıllarda görülen yakıt fiyatlarındaki yüksek artışlar nedeniyle birkaç yıl öncesine kadar ekonomik görülmeyen güneş enerjisi, bazı kullanım alanlarında oldukça ekonomik duruma gelmiştir. Fizyon enerjisinin en büyük kaynağı, dünyaya zarar vermeyecek bir mesafede olan güneştir. Nitekim petrol, kömür ve atom enerjisi gibi birincil enerji kaynaklarına alternatif olarak güneş enerjisi çok umut vericidir.

Güneşten dünyaya gelen enerjinin yoğunluğu, atmosferin üzerinde m² başına 1.35 kW kadardır. Bu yoğunlukta dünya çapının kapladığı alana gelen güneş gücü 178109 MW düzeyindedir. Dünyanın tüm yüzeyine bir yılda düşen güneş enerjisi, 1.22 10¹⁴ TET (Ton Eşdeğeri Taşkömürü) ya da 0.814·10¹⁴ TEP gibi görkemli boyuttadır. Bir başka anlatımla,

bir yılda gelen güneş enerjisi miktarı, bilinen kömür rezervinin 50 katı ve bilinen petrol rezervinin 800 katı kadardır.

3.1. Türkiye 'de Güneş Enerjisi

Ülkemizin coğrafik yapısı ve yerleşim merkezlerinin birbirinden uzak olması, bu yerleşim merkezlerine elektrik enerjisinin iletimini güçleştirmektedir. Üretimin ancak %3 'ü böyle uzak yörelerde tüketilebilmektedir. Bu bölgelerin enterkonekte sisteme bağlanma maliyetlerinin çok yüksek olması ve üretilen enerjinin önemli bir bölümünün iletim ve dağıtım hatlarında kaybolduğu göz önüne alınırsa, bölgesel ve bağımsız olarak çalışacak küçük güneş enerjisi elektrik santrallerinin önemi belirginleşecektir.

Türkiye 'nin yıllık güneşlenme süresi 2608.8 saat olup, maksimum değer 361.8 saat ile Temmuz ayında ve minimum değer 97.8 saat ile Aralık ayında görülmektedir. Güneşlenme süresi yönünden en zengin bölge yılda 3015.8 saat ile Güneydoğu Anadolu 'dur. Karadeniz Bölgesi yılda 1965.9 saat ile en düşük değere sahiptir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi için yıllık ortalama güneş radyasyon yoğunluğu $341.23 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{gün}$ düzeyindedir (Bu değer Karadeniz Bölgesinde $246.55 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{gün}$). Bu değerler Avrupa ülkelerinin çoğunluğu ile kıyaslanmayacak oranda yüksek değerlerdir.

Türkiye güneş potansiyeli açısından oldukça zengin bir ülkedir. Ülke genelinde yıllık ortalama güneş enerjisi 1315 kWh/m^2 'dir. Buna göre Türkiye 'nin tüm yüzeyine gelen enerji miktarı $1025 \cdot 10^{12} \text{ kWh}$ olmaktadır. Bu miktar Türkiye 'nin elektrik üretiminin yaklaşık 10000 katı kadardır.

Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi teorik olarak dört grup halinde toplanabilir:

1. Güneş Pili üretim tesisleri
2. Dağınık kolektör sistemi(DCS-Distributed Collector System) olarak tanımlanan solar termik küçük santraller
3. Merkezi kuleli aynalar
4. Güneş havuzları üretim tesisleri

Bugün için güneş enerjisinin kullanılmasındaki genel amaç, alışılagelen birincil kaynak fosil yakıtların tutumlu ve ölçülü kullanımına yardımcı olmaktır. Dünya yapay enerji bunalımı, güneş enerjisinin teknolojik gelişimini ve geleceğini büyük ölçüde etkileyerek özellikle üç uygulamaya ağırlık kazandırmıştır. Bunlar;

- 1- Yapıların ısıtılmasında güneş enerjisinin kullanılması,
- 2- Güneş enerjisinin elektriğe dönüştürülerek kullanılması ve güneş elektrik santrallerinin geliştirilmesi,
- 3- Geleceğin yakıtı olan hidrojenin sudan üretilmesinde güneş enerjisinin kullanılması

Güneş ışığı yardımıyla elektrik enerjisi üreten güneş pilleri; uzun ömürlü, dayanıklı, kayda değer bir çevre kirliliği oluşturmayan yarı iletken aygıtlardır. Çalışmaları sırasında hiçbir elektriksel sorun çıkarmazlar ve çok az bakım gerektirirler. Modüler yapıda olan güneş pilleri birbirlerine seri ve paralel bağlanabilirler. Çok küçük güç ihtiyaçlarını karşılayabildikleri gibi, kendi başına bir güç santrali gibi de çalışabilirler. Verimlerinin düşük ve ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olması güneş pili sistemlerinin en büyük dezavantajıdır. Ancak 20 yıl içerisinde maliyetinin şebeke elektriği ile yarışabilecek düzeye geleceği umulmaktadır.

Güneş pili sisteminin işletme kolaylığı, hareketli parçalarının olmaması nedeniyle uzun yıllar sorunsuz çalışması, modüler olması; yani talebe bağlı olarak bir kaç W 'tan bir kaç yüz MW 'a kadar büyüklükte kurulabilmesi, çok kısa sürede devreye alınabilmesi, kullanım noktasına yakın tesis edilerek hat kayıplarının azaltılması, uç noktalarda şebekeye bağlanarak elektrik kalitesinin artmasını sağlaması; böylece gerilim düşmeleri nedeniyle oluşan arızaların ortadan kalkmasıyla milli ekonomiye katkısı, özellikle yaz aylarında pik

yükleri karşılama özelliği ve en önemlisi çevresel açıdan son derece temiz bir enerji kaynağı olması, bu enerjinin başlıca üstünlükleridir.

Güneş pili üretiminde başta gelen ülkeler, ABD ve Japonya 'dır. ABD 'nin üretimi, dünya piyasasının %30 'unu oluşturmaktadır. Japonya ise hesap makinelerinde kullanılan fotopillerin %80 'inden çoğunu üretmektedir. Fransa dünyadaki yıllık üretimin %5 'ini, Avrupa 'nın ise %30 'unu sağlamaktadır. İtalya, Avrupa 'daki %25 'lik payı ile Fransa 'yı izlemektedir. Sonraki sıralarda ise %20 'lik pay ile Almanya ve %10 luk pay ile İspanya gelmektedir.

Güneş Pili Sisteminin Yapısı ve Sistemin Gelişimi

Güneş pillerinin çalışma ilkesi, Fotovoltaik (Photovoltaic) olayına dayanır. Güneş pilleri (fotovoltaik diyotlar) üzerine güneş ışığı düştüğünde, güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine çeviren cihazlardır. Pilin verdiği elektrik enerjisinin kaynağı, yüzeyine gelen güneş enerjisidir. Yüzeyleri kare, dikdörtgen, daire şeklinde biçimlendirilen güneş pillerinin alanları genellikle 100 cm² civarında, kalınlıkları ise 0,2-0,4 mm arasındadır. Bu enerji çevriminde herhangi hareketli parça bulunmaz. Güneş enerjisi, güneş pilinin yapısına bağlı olarak % 5 ile % 20 arasında bir verimle elektrik enerjisine çevrilebilir (Tablo 2.).

Tablo 2. Çeşitli Güneş Pillerinin Verimleri

Güneş Pili Türü	Tipik Modül Verimliliği %	Maksimum Güneş Pili (Maksimum ölçülen) Verimliliği % (laboratuarda)
Tek kristal silisyum	12-15	16-18-24
Çok kristalli Silisyum	11-14 (15.3)	18.6
Amorf Silisyum	6-7 (10.02)	14.7
Kadmiyum Tellür	7-8 (10.01)	15.8
Bakır İndiyum di Selenid	14.1	17.7

Güneş pili bir fotovoltaik diyod olup, üzerine ışık düştüğünde iki uç arasında potansiyel farkı ortaya çıkar. Ancak, bir güneş pilinden elde edilebilecek gerilim çok küçük (0.5-1 V dolayında) olduğundan, istenen gerilime uygun olacak sayıda güneş pili seri olarak bağlanır. Seri-paralel bağlı pillerin oluşturduğu birime güneş pili modülü adı verilir. Güç ihtiyacına bağlı olarak modüller birbirlerine seri yada paralel bağlanarak bir kaç Watt'tan mega Watt'lara kadar sistem düzenlenebilir. Güneş pili modüllerinin laminasyonu genellikle güneş pillerinin ön yüzeyinde yüksek optiksel geçirgenliğe sahip cam ve arka yüzeylerinde EVA (ethlene viny acetate) kullanılarak geçirgenleştirilir. Ayrıca camı korumak ve sistemi daha kullanılabilir, sağlam bir yapıya sokmak için modül, metal çerçeve ile çerçevesenir. Modüler yapının kullanım kolaylığı yanında, büyük bir üstünlüğü de, güç ihtiyacına uygun olarak değişik boyutlarda fotovoltaik dizilerin (PV Array) kurulmasına uygun olmalarıdır.

Bugün güneş pili sektöründe, üretilen modüllerin yaklaşık %90 kadarını silisyum kristalini taban alan sistemler oluşturmaktadır. Güneş pili modül üretiminin çoğunluğunu ABD (%44), Japonya(%20) ve Avrupa (%27) olarak bölüşürken, %9 kadar bir bölümü de diğer ülkelere gerçekleştirilmektedir. Artan ihtiyaca karşılık olarak hızla büyüyen güneş pili pazarının iş kapasitesi 1milyar dolar/yılı geçmiş bir durumdadır. 2010 yılı itibari ile ABD güneş pili endüstrisi 60 milyon dolarlık bir kapasite hedeflemektedir. Japonya'nın

hedeflediği 70000 çatıya güneş pili sistemi programını gerçekleştirirken, Avrupa'nın da bunu izleyeceği sanılmaktadır.

Ülkemizin de, güneş enerjisinden ve diğer tükenmez enerjilerden yararlanma konusundaki yarışta geri kalmaması gerekir. Çünkü, ülkemiz üç kıtaya en yakın konumda bulunmakta, ayrıca güneş kuşağı denilen ve ekvatora göre kuzey ve güney 40 enlemlerini kapsayan bölgede bulunmaktadır. Ülkemizin bu iki özelliği, güneş enerjisinin teknolojik uygulamalarına bir vitrin durumuna gelmesinde büyük bir üstünlük sağlayabilir. Dengeli bir kalkınmanın, temiz ve tükenmez enerji kaynaklarına dayalı olacağı unutulmamalıdır.

3.2. Şebeke Bağlantılı Güneş Pili Sistemleri

Şebeke bağlantılı güneş pili sistemlerin gücü, birkaç kW' tan birkaç MW'lara kadar değişebilmektedir. Bu tür sistemler, iki ana gruba ayrılır:

İlk tür sistem, temelde bir yerleşim biriminin mesela, bir konutun elektrik ihtiyacını karşılar. Bu sistemlerde, üretilen fazla enerji elektrik şebekesine satılır. Yeterli enerjinin üretilmediği durumlarda şebekeden enerji satın alınır. Böyle bir sistemde enerji depolaması yapmaya gerek yoktur, yalnızca üretilen d.a. elektriğin, a.a. elektriğe çevrilmesi ve şebeke uyumlu olması yeterlidir.

İkinci tür şebekeye bağlı güneş pili sistemleri kendi başına elektrik üretilip, bunu şebekeye satan büyük güç üretim merkezleri şeklindedir. Bunların büyüklüğü 600-700 kW' tan MW' lara kadar değişir. EİE Didim Güneş ve Rüzgar Enerjisi Araştırma Merkezi'ne 4,8 kW gücünde şebeke bağlantılı güneş pili sistemi kurulmuştur. Ayrıca 1,2 kW gücünde bir şebekeye bağlı güneş pili sistemi de EİE Yenilenebilir Enerji Kaynakları Parkı'na tesis edilmiştir (Şekil 1).



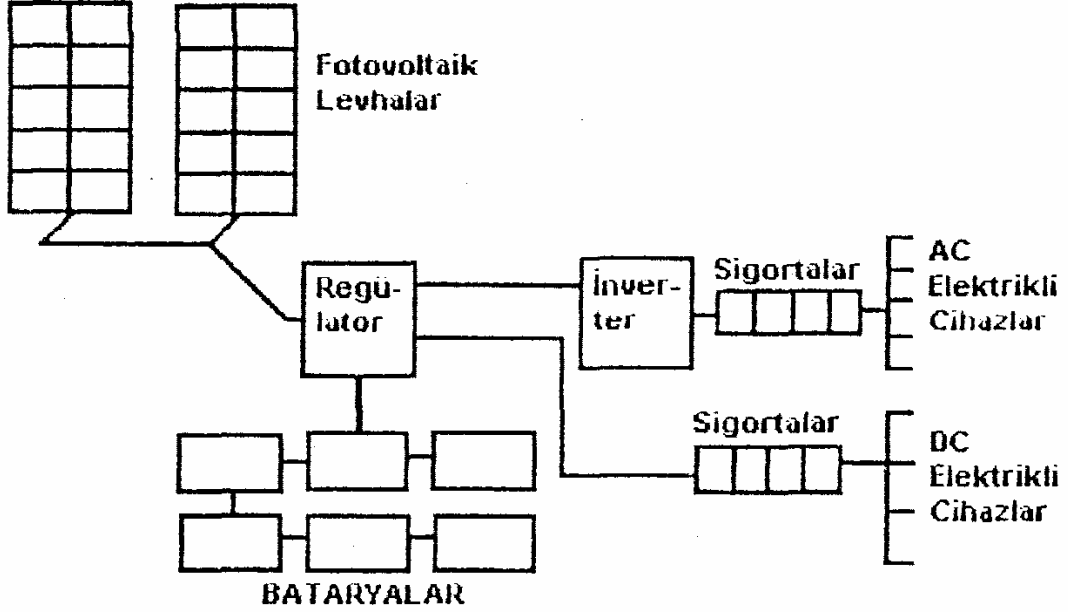
Şekil 1. Şebekeye bağlı güneş pili sistemleri.

3.3. Bağımsız Güneş Pili sistemleri

FV sistemlerinin en tipik ve en yaygın kullanım şekli, yerleşim yerlerinden uzak yörelerde enerji ihtiyacını karşılayan bağımsız (stand - alone) sistemlerdir. Bu sistemler birkaç watt'tan birkaç yüz kW' lara kadar değişebilen güçlerde ve çok çeşitli türlerde yüklerin enerji talebini karşılayabilir.

Bu tür sistemlerde yeterli sayıda güneş pili modülü, enerji kaynağı olarak kullanılır. Güneşin yetersiz olduğu zamanlarda yada özellikle gece süresince kullanılmak üzere genellikle sistemde akümülatör bulundurulur. Güneş pili modelleri gün boyunca elektrik enerjisi üreterek bunu akümülatörde depolar, yüke gerekli olan enerji akümülatörden alınır. Akünün aşırı şarj ve deşarj olarak zarar görmesini engellemek için kullanılan kontrol birimi ise, akünün durumuna göre, ya güneş pillerinden gelen akımı ya da yükün çektiği

akımı keser. Şebeke uyumlu alternatif akım elektriğin gerekli olduğu uygulamalarda, sisteme bir inverter eklenerek akümülatördeki d.a. gerilim 220 V 50 Hz' lik sinüs dalgasına dönüştürülür (Şekil 2).



Şekil 2. Bağımsız Güneş Pili Sisteminin Yapısı.

Bağımsız güneş pili sistemlerinin kullanıldığı tipik uygulama alanları:

- Radyolink istasyonları, kırsal radyo, telsiz ve telefon sistemleri,
 - Bina içi ve dış aydınlatma,
 - Yerleşim yerlerinden uzaktaki evlerin beslenmesi,
 - Tarımsal sulama ya da ev kullanımı amacıyla su pompası çalıştırılması,
 - Orman gözetleme kuleleri ,
 - Deniz fenerleri ,
 - İlk yardım, alarm ve güvenlik sistemleri ,
 - İlaç ve aşı soğutma,
 - Petrol boru hatlarının katodik koruması, metal yapıların (köprüler, kuleler vb.) korozyondan korunması ,
 - Elektrik ve su dağıtım sistemlerinde yapılan telemetrik ölçümler, hava gözlem istasyonları,
 - Hava alanı pist ışıklandırmaları,
 - Askeri hizmetler,
 - Uzay amaçlı kullanım,
 - Yakıt pili sistemleri için hidrojen üretimi ,
- olarak sıralanabilir (Şekil 3-7).



a)



b)

Şekil 3. Bağımsız Güneş Pili sistemi Uygulama Örnekleri
a)Güneş Pilleri ile Sokak Aydınlatması b)PV Panelli Deniz Feneri

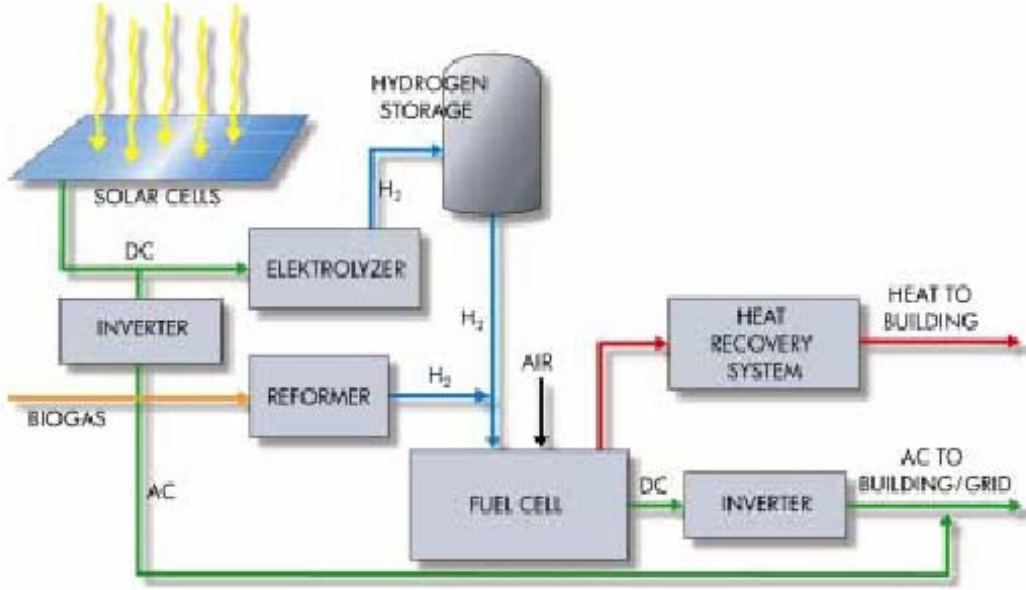


a)



b)

Şekil 4. Mobil değişken mesaj işaretlerinde güneş pillerinin kullanılması.



Şekil 5. Hidrojeni ayrıştırmada güneş paneli kullanılması:

Güneş pillerinin uygulama alanlarından biri olan hidrojenin uygulanma alanı hızla büyümektedir. Çeşitli amaçlarla kullanılması düşünülen (konutlarda, arabalarda, jeneratörlerde vb.) yakıt pillerinin yakın zamanda piyasaya sürülmesi hidrojene olan ihtiyacı daha da artıracaktır. Günümüzde, hidrojenin suyun elektrolizi yöntemi ile, Güneş enerjisinden yararlanarak, üretilmesi çok daha cazip görünüyor. Bu amaçla etkili üretim ve depolama sistemlerinin geliştirilmesi önem taşımaktadır.



Şekil 6. Robotik projesinde güneş pillerinin kullanımı

Nasa tarafından gerçekleştirilen ve 100.000 feet'te uçarak uydu haberleşmesi vs.. gibi amaçlarla kullanılması planlanan, gündüz güneş enerjisi ile yol alan ve havayı ayrıştırıp hidrojen depolayan, gece ise depoladığı hidrojeni yakıt pillerinde yakarak (Fuel Cell) enerji elde eden, bu sayede aylarca yere inmeden dolaşabilen ROBOTİK uçak Şekil 6'da görülmektedir.

Küçük çaplı sulamada kullanılabilecek olan bu güneş pili sistemlerin Şekil 7’de görülmektedir. Bu sistemde 616 W gücünde güneş pili, inverter ve dalgıç pompa bulunmaktadır. 7 m derinlikteki bir kuyudan yılda yaklaşık 11000 m³ su pompalayabilen bu sistem şebekeden uzak yerlerde dizel motopomplarla ekonomik olarak rekabet edebilmektedir. 756 W gücünde diğer bir su pompaj sistemi ise EİE Yenilenebilir Enerji Parkı’nda bulunmaktadır.



Şekil 7. Güneş Pili Su Pompaj Sistemleri

3.4. Güneş Pili Sistemlerinin Ekonomisi

Güneş pili sistemlerinin enerji maliyetini üç önemli etken belirler. Bunlar:

- Pil verimi
- Sistemin ilk yatırım maliyeti
- Sistemin ömrü

Pil veriminin maliyet üzerinde doğrudan bir etkisi vardır. Bu verimin artırılmasıyla güneş pili sistemlerinin maliyeti azalacaktır. Daha gelişmiş teknolojiler kullanılarak gelecekte pil verimlerinin %24’ler mertebesine çıkarılacağı umulmaktadır.

Güneş pili sistemlerinin işletme ve bakım maliyetleri çok az olduğu için toplam sistem maliyetinin büyük bir kısmını ilk yatırım maliyeti oluşturur. Üretim teknolojisinin geliştirilmesi yüksek verimli pillerin yapılması, modül tasarım ve yapım tekniklerinin geliştirilmesi ile ilk yatırım maliyeti azalacaktır. Güneş pili sistemlerinin ilk yatırım maliyetleri arasında arazi, tesisat, montaj, inverter ve diğer güç cihazları gibi destek elemanlarının maliyeti yer alır. Destek sistemlerinin maliyeti bir güneş pili sistemini maliyetinin yaklaşık yarısını oluşturduğu için, bu tür maliyetleri azaltmak en az modül maliyetini azaltmak kadar önem taşır.

Bir güneş pili sisteminin ürettiği enerjinin maliyeti, depolama yapılmadığı zaman 0.3-0.4 \$/ kWh arasındadır. Bu maliyetle güneş pili sistemleri, enterkonekte şebekenin olmadığı veya ulaşımın zor ve pahalı olduğu bölgelerde diğer alternatif enerji kaynakları ile yarışabilir düzeydedir. Bu gibi yerlerde bir kaç kW’a kadar küçük güçteki uygulamalar (iletişim, ilaç-aşı soğutma, su pompası ve aydınlatma gibi), teknolojik açıdan olduğu kadar ekonomik açıdan da kendini kanıtlamıştır.

3.5. Güneş Pili Sistemlerinin Üstünlükleri

Güneş pilleri dayanıklı, güvenilir ve uzun ömürlüdür. Çalışmaları sırasında bir elektriksel sorun çıkarmazlar ve bozulmazlar. Güneş pili modüllerinin karşı karşıya kalabilecekleri en büyük tehditler, yıldırım düşmesi ve uzun dönemde (yaklaşık 20 yıl) hava koşullarından dolayı aşınmadır.

Elektrik şebeke hattı bulunmayan veya şebeke hattının götürülmesinin pahalıya mal olduğu kırsal yörelerde güneş pillerinin kullanımı daha ekonomik olabilmektedir. Çünkü güneş pili sistemlerinde bir kez yatırım yapıldıktan sonra başka masraf olmamaktadır. Oysa dizel jeneratörler ucuz satın alma fiyatlarına karşılık, yakıt ve bakım maliyetleri nedeniyle uzun dönemde daha pahalıya mal olmaktadır. Genellikle ulaşımın da zor olduğu bu tip kırsal yörelerde, dizel jeneratörlere sürekli yakıt taşımak sorun olabilmektedir.

Güneş pili sistemlerinin en fazla üstünlük gösterdiği alanlardan biri de, bütün diğer yenilenebilir enerji kaynaklarında (rüzgar, hidrolik, termal güneş, jeotermal) olduğu gibi çevre açısından olumsuz etkilere sahip olmamasıdır. Halen dünya enerji tüketiminin % 80'ini oluşturan fosil kökenli yakıtlar, neden oldukları asit yağmuru, karbondioksit yayılımı gibi dezavantajlarla dünya iklimi için tehlike oluşturmaktadır.

Güneş pillerinin yakıtı güneş enerjisidir. Yakıt masrafı yoktur. Çevreyi kirletmezler. Gelecekte dünyayı bekleyen en önemli sorunların global kirlenme ve sera gazı emisyonu olacağı artık bilinmektedir. Petrol türevi tüm yakıtlar sera gazı emisyonu yaparlarken, güneş pillerinin diğer sürdürülebilir enerji kaynaklarında olduğu gibi doğaya hiçbir zararlı etkisi yoktur.

Dünyada her konuda olduğu gibi enerjide de merkezîyetçilikten, bireyselliğe yönelim vardır. Her ev, kendi enerjisini çatısına kurduğu güneş pilleriyle karşılayabilir. Böylece iletim ve enerjiyi taşıma maliyetleri ve kayıpları ortadan kalkar.

Güneş pili teknolojisinin hammaddesi kumdur (SiO₂). Dünyada çok fazla bulunur. Güneş pili teknolojisi ilerledikçe, hammadde sarfiyatı da ince film teknolojisinde olduğu gibi azalmaktadır. Bununla paralel olarak fiyatlar da düşme eğilimindedir.

Yakın bir gelecekte Hidrojen enerjisinin, petrolün yerine geçeceği düşünülmektedir. Ancak Hidrojen de en ucuz olarak elektroliz yoluyla yine güneş pillerinden elde edilecektir.

Petrol ile güneş pillerinin birim maliyetlerde fiyat çakışma noktası sanıldığı kadar uzak değildir. Bunun farkında olan gelişmiş ülkelerin hemen hepsi, şebekeye bağlı güneş pili sistemlerini destekleyici kanunlar çıkarmış ve uygulamıştır. Almanya hatta İngiltere gibi Türkiye'ye göre güneş fakiri ülkelerde bile, bugün binlerce ev, enerjisini güneşten almaya başlamıştır.

4. RÜZGAR ENERJİSİ

Rüzgar enerjisi tükenmeyen, yakıt ihtiyacı olmayan, çevresel etkileri en az olan, emniyetli bir enerji kaynağıdır. Rüzgar enerjisi hava koşullarına ve topoğrafik şartlara göre değişim göstermektedir. Bu enerji yatay veya düşey eksenli rüzgar türbinleri ile mekanik enerjiye dönüştürülmekte, su pompalama veya elektrik üretimi amacıyla da bu mekanik enerjiden yararlanılmaktadır.

Rüzgar santrallerinin maliyeti, hidrolik ve doğalgaz santrallerden biraz pahalı, linyit ve nükleer santrallerle yaklaşık aynı, diğer santrallerden ise daha ucuzdur.

Günümüzde rüzgardan elektrik üretimi için büyük güçlü türbinlerle kurulan rüzgar santrallerinin (rüzgar çiftliklerinin) yanında, küçük güçlü türbinler olan rüzgar jeneratörleri de kullanılmaktadır. Uygulamada bunlar şebekeden bağımsız çalıştırılan rüzgar jeneratörleri ve şebeke bağlantılı rüzgar santralleri olarak ikiye ayrılmaktadır.

Şebekeden bağımsız rüzgar elektrik sistemleri birkaç kW ile 100 kW arasında kullanılmakla birlikte, çoğunlukla 30 kW 'ı aşmamaktadır. Bu tür rüzgar jeneratörleri üç

kanatlı bir çark, transmisyon sistemi, d.a. generatör, yöneltici kuyruk ve fren sisteminden oluşur. Makina daha çok direk tipi pilon üzerine yerleştirilir. Elde edilen d.a. elektrik aküler ile depolanabilir.

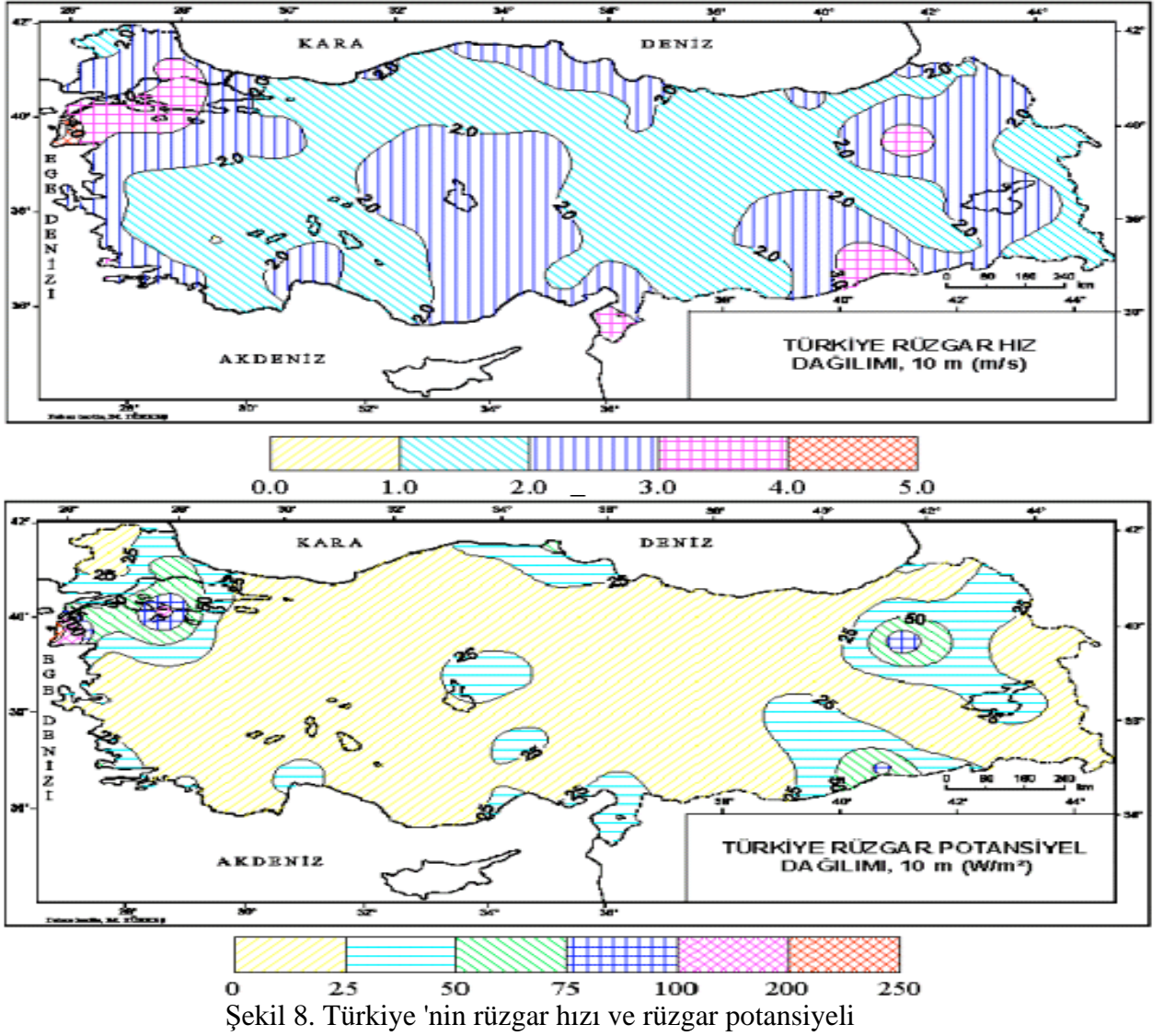
Şebekeden bağımsız büyük güçlü (10-100 kW) sistemler, yedek enerji kaynağı olarak dizel generatörlerle paralel çalıştırılmaktadır. Böyle bir sistemde dizel generatörün rüzgardan yararlanarak %40-50 yakıt tasarrufu sağlaması amaçlanmaktadır. Rüzgar-dizel sistemlerinde d..a/a.a. inverter kullanılarak tüketici a.a. ile beslenmektedir.

Avrupa 'da şu anda 12 MW 'lık denizüstü rüzgar santrali çalışır durumdadır ve denizüstü kurulu gücün kısa zamanda 180 MW 'a çıkarılması planlanmıştır. 2030 yılında Avrupa 'da 100.000 MW'a çıkması hedeflenen rüzgar kurulu gücünün denizüstü payının % 25 'den az olmayacağı beklenmektedir (Tablo 3.).

Tablo 3. Dünya 'da rüzgar enerjisi kullanımı

Ülkeler	1998 sonu kurulu güç(MW)	1998 yılında tesis edilen kapasite(MW)	Büyüme hızı (%)
ABD	1820	147	8.8
Kanada	82	57	228
Kostarika	26	6	30
Amerika Toplamı	1960	228	
Almanya	2875	794	38.2
Danimarka	1450	300	26.1
İspanya	834	195	38.1
Hollanda	361	42	13.2
İngiltere	333	14	4.4
İsveç	165	43	35.3
İtalya	154	51	49.5
Türkiye	9	9	0
Avrupa Toplamı	6469	1523	
Hindistan	968	28	0
Çin	214	48	28.9
Japonya	40	22	122.2
Asya Toplamı	1249	98	
Avustralya	17	6	54.5
Mısır	5	0	0
Kıtalar toplamı	27	7	
Dünya toplamı	9512	1856	

Türkiye rüzgar bakımından zengin yöreleri olan bir ülkedir. 10 m yükseklikteki yıllık ortalama rüzgar hızı ve güç yoğunluğu açısından en yüksek değer 3.29 m/sn ve 51.91 W/m² ile Marmara Bölgesi 'nde belirlenmiştir. En düşük değer ise, 2.12 m/sn hız ve 13.19 W/m² güç yoğunluğu ile Doğu Anadolu Bölgesi 'ndedir. Türkiye 'nin %64.5 'inde rüzgar enerjisi güç yoğunluğu 20 W/m² 'yi aşmazken, %16.11 'inde 30-40 W/m² arasında, %5.9 'unda 50 W/m² 'nin ve %0.08 'inde de 100 W/m² 'nin üzerindedir.



Rüzgardan elektrik enerjisi elde edilmesinde kullanılan rüzgar enerjisi çevrim santralleri için gerekli ortalama 2.5-4 m/sn başlangıç rüzgarı, 7 m/sn üretim hızının bulunabilirliği ve sürekliliği adına ülkemizde Marmara, Ege ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri oldukça büyük potansiyele sahiptir. Mesela; Çeşme-Alaçatı bölgesinde kurulu olan 12*0.6 MW ve 3*0.5 MW, toplam 8.7 MW gücündeki rüzgar çevrim santrallerinin 1999 yılı üretimlerinin, Çeşme-Alaçatı'nın toplam tüketiminin 2/3'üne eşdeğer olduğu belirlenmiştir. Türkiye Avrupa'da rüzgar enerjisi potansiyeli en ümit verici olan ülkedir. Türkiye'nin rüzgar potansiyeli tam olarak belirlenememiş olsa da, brüt potansiyelinin yılda 400 milyar kWh, teknik potansiyelinin ise 120 milyar kWh olduğu düşünülmektedir. Brüt potansiyel 160000 MW, teknik potansiyel de 48000 MW rüzgar gücüne karşılık gelir. Ancak, Türkiye'nin ekonomik rüzgar potansiyelinin 50 milyar kWh/yıl olduğu tahmin edilmektedir. Bu potansiyelin değerlendirilmesi için gereken kurulu rüzgar gücü ise 20000 MW'dır. Rüzgar enerjisi potansiyelinin gerçeğe daha yakın olarak tahmin edilebilmesi için, Türkiye coğrafyasında homojen bir dağılım gösteren uygun sayıda rüzgar ölçüm istasyonunun kurulması ve rüzgar atlası istatistiklerinin hesaplanması gerekmektedir.

Tablo 4. Türkiye 'de rüzgar gücü yoğunluğu için yapılan ölçüm sonuçları.

İstasyon Adı	Rüzgar gücü yoğunluğu (W/m ²)	Bölge Adı	Rüzgar gücü yoğunluğu (W/m ²)
Bandırma	152.6	Akdeniz	21,36
Antakya	108.9	İç Anadolu	20,14
Kumköy	82	Ege	23,47
Mardin	81.4	Karadeniz	21,31
Sinop	77.9	Doğu Anadolu	13,19
Gökçeada	74.5	Güneydoğu Anadolu	29,33
Çorlu	72.3	Marmara	51,91
Çanakkale	71.3		

Tablo 5. Türkiye'de ölçülen yıllık ortalama rüzgar hızları.

Bölge	Yıllık ortalama rüzgar hızları (m/sn)
Bandırma	5.12
Sinop	4.73
Nurdağı (K.Maraş)	7
Datça	5.85
Akhisar	6.84
Yalıkavak (Bodrum)	5.68
Göktepe (Bitlis)	5.66
Belen (İskenderun)	7.01
Zengen (Bor)	3.54
Didim	4.81
Kocadağ (Çeşme)	9.28
Karabiga (Çeşme)	6.52
Şenköy (Mardin)	7.69
Gökçeada	7.03
Söke	5

5. BİYOENERJİ

Genel bir tanımla biyogaz, organik maddelerin oksijensiz koşullarda fermantasyonu sonucu oluşan bir gaz karışımıdır (Ağırlıklı olarak Metan ve Karbondioksit).

Biyogazın ısı değeri, bileşimindeki metan oranına göre değişmekle birlikte genellikle 4500-5700 kcal/m³ 'tür.

Bu enerji;

- 0.62 lt gazyağı
- 1.46 kg odun kömürü
- 3.47 kg odun
- 13.3 kg tezek
- 4.7 kWh elektrik enerjisine eşdeğerdir.

Biyogaz üretimi için organik içerikli maddeler kullanılır:

- 1- Hayvansal atıklar
- 2- Bitkisel atıklar

3- Organik içerikli şehir ve endüstriyel atıklar

Yapılan bazı çalışmalar ülkemizde sadece toplam hayvan varlığından elde edilebilecek gübre miktarının biyogaz tesislerinde kullanılmasıyla, yaklaşık 2.8-3.9 milyar m³/yıl biyogaz üretiminin mümkün olabileceğini ortaya koymaktadır. Bu miktar, 1.4-2 milyon ton/yıl petrole veya 24 milyar kWh elektrik enerjisine eşdeğerdir. Öte yandan, Türkiye 'de bulunan 2000 'in üzerindeki çöplükte kendiliğinden oluşan metan gazı miktarı 650 milyon m³ olarak kabul edilmektedir. Bu miktar da yılda yaklaşık 650000 TEP 'e veya 8 milyar kWh elektrik enerjisine eşdeğerdir.

Biyogaz Üretimi Akış Şeması şu aşamalardan oluşur:

- 1- Organik maddelerin toplanması, taşınması
- 2- Öğütülmesi
- 3- Sulandırılması ve Karıştırılması
- 4- Biyogaz Tesisinde Gaz ve Organik Gübre elde edilmesi
- 5- Gazın depolanması ve kullanımı
- 6- Organik gübrenin depolanması ve kullanımı

Metan gazı üretiminin başarısı şu faktörlere bağlıdır:

- Ortam sıcaklığı (en önemli etken, ideali 35 derece)
- Hammaddenin cinsi ve miktarı
- Ortam asitliği (pH)
- Partikül büyüklüğü
- Fermantasyon süresi
- Karbon/azot oranı (bakterilerin besin maddeleri, ideal değer 30/1)
- Tesis tipi
- Kuru madde miktarı

Kapasitelerine göre biyogaz tesisleri 4'e ayrılmaktadır:

- 1- Aile tipi (6-12 m³ kapasiteli)
- 2- Çiftlik tipi (50-100-150 m³ kapasiteli)
- 3- Köy tipi (100-200 m³ kapasiteli)
- 4- Sanayi tipi (1000-10000 m³ kapasiteli)

6. YAKIT PİLİ

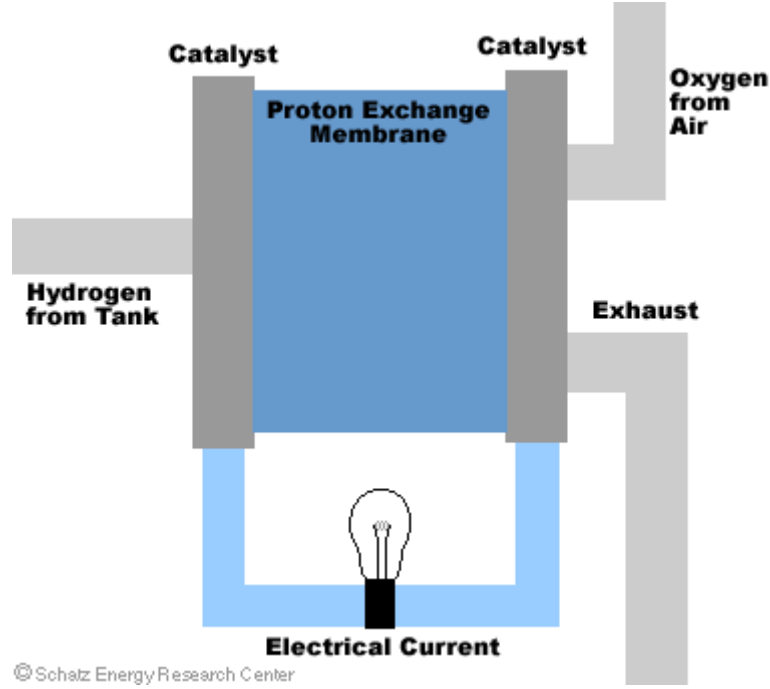
Dünyanın yeni enerji kaynaklarına yönelmesi zorunludur. Bunun için en güçlü aday, hidrojenidir. Kokusuz bir gaz olan hidrojen, yeryüzünde diğer elementlerle bileşik halinde bulunur. Yakıt pili, hidrojeni elektrokimyasal olarak elektrik enerjisine dönüştüren elemandır.

Hidrojenin elektrik hücrelerinde elektriğe dönüştürülmesi termal ünitelerden çok daha ekonomiktir. Dönüşüm verimi termal ünitelere göre iki katıdır. Bir hidrojen akü-elektrikli motor sistemi , benzin ya da dizel motorlarına göre iki katından daha fazla verimle yakıtı mekanik güce çevirebilmektedir. Endüstriyel ya da evsel ısıtma ve soğutmada hidrojen, fosil yakıtlara göre %24'den daha fazla verimle termal enerjiye dönüşmektedir. Verimin yüksekliği iş yapan cihazların küçülmesini de beraberinde getirecektir. Herhangi bir yakıt yerine hidrojen kullanmak %26 ' lık bir kaynak tasarrufu sağlayabilmektedir.

Elektroliti dışında tüm yakıt pillerinin dizaynı neredeyse aynıdır (Şekil 9). Kullanılan elektrolit malzeme çeşidine göre 5 çeşit yakıt pili tanımlayabiliriz (Tablo 6).

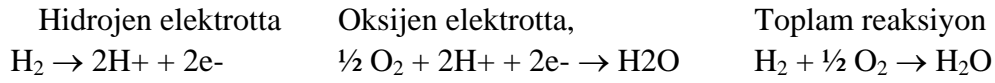
- Değişken proton membranlı yakıt pilleri
- Fosforik asitli yakıt pilleri
- Alkalın yakıt pilleri
- Eriyik karbonatlı yakıt pilleri
- Katı oksit yakıt pilleri

- Doğrudan metanol kullanan yakıt pilleri



Şekil 9. Yakıt Pili Yapısı

Yakıt pilindeki reaksiyonlar aşağıdaki gibidir:



Tablo 6. Çeşitli yakıt Pillerinin Özellikleri

Yakıt Pili Tipi	Elektrolit Malzeme	Çalışma Sıcaklığı (K)
Alkalin	Potasyum hidroksit	320-360
Proton deęiřtiren membranlı	Polimerlik	320-400
Fosforik asit	Ortofosforik asit	460-480
Erimiş karbonat	Lityum/potasyum karbonat karışımı	900-920
Katı oksit	Stabilize zirkonyum oksit	1170-1270
Biyolojik	Sodyum klorür	Çevre sıcaklığı
Doğrudan metanol	Sülfürik asit veya polimer	320-390

Hidrojen üretim yöntemlerini aşağıdaki şekilde sınıflandırabiliriz.

- Fotobiyolojik Yöntem
- Termokimyasal Yöntem

- Biyokütleden hidrojen üretimi
- Elektrokimyasal Yöntem
- Fotoelektrokimyasal Yöntem
- Güneş enerjisiyle hidrojen üretimi

Fotobiyolojik Yöntem:

Fotobiyolojik sistemler genellikle bakteri ve algin doğal Fotosentetik etkinliğini kullanarak hidrojen üretirler.

Biyolojik olarak hidrojen üretimi sırasında elde edilen yan ürünler ilaç sanayisinde, cerrahi malzemelerde ve ambalaj sanayinde kullanılmaktadır.

Mühendislik sistemleri ve katalizörler kullanılarak verimin %24'e kadar çıkartılabileceği düşünülmektedir.

Biyolojik sistemlerle hidrojen üretimi, düşük verim ve yüksek maliyeti nedeniyle henüz ekonomik olmamakla beraber gelecek vaat etmektedir.

Termokimyasal yöntem:

Odun, buğday ve pamuk sapı gibi lignoselülozik materyallerden hidrojen üretimi, iki türlü teknoloji ile mümkündür. Lignoselüloziklerin buharlı ortamda direkt olarak gazlaştırılması. Lignoselüloziklerin ilk önce piroliz edilmesi ve daha sonra piroliz sonucu elde edilen piroliz yağının katalitik buhar reformu ile muamele edilmesidir.

Biyokütleden hidrojen üretimi:

Doğal gaz, kömür, metanol ve hatta benzinden hidrojen üretmek için günümüzde steam reforming prosesi kullanılır. Yenilenebilir enerji kaynağı olarak biyokütlenin gazlaşması ya da pirolizi-organik madde- hidrojene dönüştürülmek üzere yakıt gazı olarak üretilebilir. Bu alanda son yapılan çalışmalar sonucu, çok basamaklı termo-kimyasal işlemlerde gerekli sıcaklık 750 °C'ye kadar indirilmiş, toplam verim ise % 50 olarak bulunmuştur. Ancak, ekonomik yönden bu sistemlerin yarı-iletken sistemlerle şimdilik rekabet edebilmesi pek mümkün görülmemektedir.

Fotoelektrokimyasal yöntem:

Bu yöntem güneş ışığı kullanarak suyun içine daldırılmış yarıiletkenlerle tek adımda hidrojen üretir. Bu yöntemde hidrojen üretmek için iki elektro-kimyasal sistem kullanılır. Bunlardan birisi katalizör olarak çözünebilir metal bileşikleri kullanırken, diğeri yarı-iletken yüzeylerinden faydalanır.

Güneş enerjisi ile hidrojen üretme:

Güneş enerjisinden hidrojen elde etmenin en çok bilinen yöntemi elektrik enerjisi ile suyun ayrıştırılmasıdır. Güneşten elektrik elde etmek için kullanılan güneş pili teknolojilerindeki gelişim, bunların verimlerdeki artış ve suyun içinde doğrudan elektroliz yapan yeni sistemler sayesinde güneş enerjisiyle hidrojen üretimi giderek daha ekonomik hale gelmektedir. Suyun doğru akım kullanılarak hidrojen ve oksijene ayrılması işlemine elektroliz denilmekte olup, hidrojen üretimi için en basit yöntem olarak bilinmektedir. Prensipte olarak, bir elektroliz hücresi içinde, genelde düzlem bir metal veya karbon plakalar olan, iki elektrot ve bunların içine daldırıldığı, elektrolit olarak adlandırılan iletken bir sıvı bulunmaktadır. Doğru akım kaynağı bu elektrotlara bağlandığında akım, iletken sıvı içinde, pozitif elektrottan (anot), negatif elektroda (katot) doğru akacaktır. Bunun sonucu olarak da, elektrolit içindeki su, katottan çıkan hidrojen ve anottan çıkan oksijene ayrışacaktır. 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 1m³ H₂ için 8 litre su gereklidir.

6.1. Hidrojen Depolama Yöntemleri

Hidrojen depolama yöntemleri aşağıda gibi sıralanabilir:

- Sıkıştırılmış Gaz
- Sıvı Hidrojen
- Hidrokarbonlar
- Hidrürler
- Karbon ve Nano Tüpler
- Cam Küreler
- Alanatlarda Depolama
- Bor Esaslı Depolama

Gerek sabit gerekse taşınabilir uygulamalar için hidrojenin etkin ve güvenilir tarzda depolanabilmesi gereklidir. Hidrojen depolama sistemleri ucuz ve çok miktarda doldurulabilme özelliğine sahip olmaları gerekmektedir. Tekrar doldurulabilir depolar en az 1000 defadan daha fazla doldurulabilmeli ve kullanım süreleri 10 yılı aşmalıdır. Hibrit elektrik, arabalarda aküler yılda en az 10000 defa dolabilecek şekilde dizayn edilebilmelidir.

Taşınabilir uygulamalarda ilave olarak depolamada hafiflik önem kazanmaktadır. Hidrojenle çalışan bir araba diğer arabalar kadar gidebilmek ve yeterli ivmelenmeyi sağlamak için en azından 5 kg hidrojene gereksinim duymaktadır. Diğer taraftan yakıt deposunun taşıtın toplam ağırlığının % 16'sından fazla olmaması istenen bir özelliktir. Bu nedenle hidrojeni depolamak için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Farklı depolama yöntemlerinde elde edilebilecek hidrojen miktarı ve enerji yoğunluk değerleri Tablo 7'de verilmektedir.

Tablo 7. Farklı Depolama Yöntemleri İle Elde Edilecek Hidrojen Miktarı ve Enerji Yoğunluk Değerleri.

Depolama Ortamı	Hidrojen Miktarı (ağırlık %)	Hacimce Yoğunluk (H atomu) (x10 ²⁵)	Enerji Yoğunluğu	
			MJ Kg-1	MJ l-1
Gaz Halde H ₂	100.00	0,5	141,90	1,20
Sıvı H ₂	100,00	4,2	141,90	9,92
MgH ₂	7,65	6,7	9,92	14,32
Mg ₂ NiH ₄	3,6	5,9	4,48	11,49
TiFeH	1,95	5,5	2,47	13,56
NaLiH ₆	1,50	7,6	1,94	12,77
NaBH ₄	10,60	6,8	-	-
Nanotüpler	1-10	-	?	?
Benzin	-	-	47,27	6,6-9,9
Metanol	-	-	22,69	5,9-8,9

Pratik uygulamalar esas alındığında hidrojen depolamada amaçlanan özellikler belirlidir. Bu özellikler;

- Olabildiğince yüksek geri dönüşümlü depolama kapasitesi
- Olabildiğince düşük geri-bırakım sıcaklığı
- Zehirlenmeye karşı direnç ve bağlı olarak olabildiğince yüksek tekrarlanabilir dolum sayısı 'dır.

Uluslararası Enerji Ajansı ve A.B.D. Enerji Bakanlığı otomotiv uygulamaları için hedef değerleri kapasite: >% 5-6, geri bırakım sıcaklığı: <150 °C ve kullanım ömrü: >1000 dolum olarak tespit etmişlerdir.

6.2. Bor Esaslı Depolama,

Türkiye dünyadaki bor madeni rezervlerinin %66 sına sahiptir. Bir çok pil, akümülatör vs. enerji üretim aygıtında yakıt olarak kullanılan hidrojenin elde edilme, nakil ve depolama yöntemleri bu aygıtların verimliliğinin artırılması karşısındaki en önemli sorunlardır. Sodyum bor hidrürde hidrojen depolamanın en önemli üstünlüğü depolanan hidrojenin oda sıcaklığında geri alınabilmesi ve geri alımın katalizör yardımı ile kolaylıkla kontrol edilebilmesidir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Elektrik enerjisi ile ilgili bu yeni teknolojilerin biz neresindeyiz? Hangi sistem, parça ve elemanları yapabiliyoruz? Bu yeni teknolojiler ile ne kadar elektrik üretiyoruz? Eğer bu yeni teknolojilere pahalı oldukları için girmezsek, daha sonra sadece satın alıp kullanıcı olmaktan öteye gidebilecek miyiz?

Yalnızca yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı bir enerji politikası, bugün için gerçekçi olmayacaktır. Bu alandaki teknolojik gelişme, henüz yeterli miktar ve ucuzlukta enerji üretimi sağlamaktan çok uzaktır. Ancak Türkiye'nin mevcut yenilenebilir enerji kaynakları enerji sorununun çözümüne kayda değer katkılarda bulunabilecek düzeydedir.

Diğer ülkelerin kendi verileriyle, kendileri için en elverişli bularak aldığı kararların ülkemizde de uygulanması çabaları çoğu zaman olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Gerekli enerji sistemlerinin ülkemiz şartları için ne ölçüde ekonomik ve uygulanabilir olduğunun araştırılması, acil derecede bir öneme sahiptir. Bu konuda üniversiteler ve özel sektör, devlet desteği altında araştırma yapılmalıdır.

1- Devlet teşvikiyle bölgede büyük veya orta ölçekli örnek Güneş, Rüzgar, Biyogaz santralleri kurulmalıdır.

2- Devlet, mikro güçteki elektrik üretimlerinin her eve ve aileye yaygınlaşmasına öncülük etmelidir:

a) Güneş, rüzgar ve biyogaz aracılığı ile elektrik üretimi sağlayan birkaç tipte ve güçte paket santral projesi geliştirilmelidir.

b) Bu projelere isteyen herkes kolayca ulaşabilmelidir.

c) Küçük elektrik üretimlerinin şebekeye satılabilmesini sağlayacak düzenlemeler yapılmalı ve böylece vatandaşın yeni teknolojilere yönelmesi sağlanmalıdır.

3- Elektrik Teçhizatı üretimini geliştirmek amacıyla bölgeye hitabeden bir YG Test Merkezi kurulmalıdır. Üretimi yapılan malzemelerin Türk ve Dünya standartlarına uygunluk testleri burada yapılmalıdır (Önce AG ve OG, daha sonra da YG ve ÇYG testlerini yapmaya yönelik bir planlama dahilinde...)

4- Yakın geleceğin teknolojisi olan yakıt pili, elektrige ihtiyaç duyulan her yerde, istenilen anda ve istenilen miktarda üretim yapabilecek özelliktedir. Bu yöndeki teknoloji büyük bir hızla gelişmektedir. Bir an önce bu teknolojiye geçiş sağlanmalıdır. Bunun için bölgede güneş enerjisi yardımıyla hidrojen elde eden ve depolayan bir sistem yatırımı planlanmalı ve gerekli etüt çalışmaları yapılmalıdır.