

Dağıtılmış Enerji Sistemlerine (DES) Genel Bir Bakış Ve Türkiye'deki Potansiyel Durumu

Ayetül GELEN

Niğde Üniversitesi, Müh. Mim. Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, 51245, Niğde
aygelen@ieeee.org

Tankut YALÇINÖZ

tyalcinoz@nigde.edu.tr

ÖZET

Hızla sanayileşen dünyamızda giderek artan enerji ihtiyacını karşılayabilmek için geleneksel enerji kaynakları dışında yenilenebilir ve sürekliliği olan enerji kaynaklarına yönelme başlamıştır. Bu enerji kaynaklarına rüzgar, güneş, jeotermal, biyokütle, okyanus ve hidrojen enerjileri örnek olarak verilebilir. Bu tür enerji kaynakları Dağıtılmış Enerji Sistemlerinin (DES) temelini oluşturmaktadır. DES; temiz, çevre dostu, sistem güvenilirliğini arttıran ve yakıt çeşitliliği olan bir enerji üretim teknolojisidir. Yukarıda bahsedilen DES çeşitlerinden Türkiye'de en çok yararlanılan rüzgar enerjisidir.

Anahtar Kelimeler: Dağıtılmış Enerji Sistemleri (DES), Rüzgar Enerjisi, Güneş Enerjisi, Biyokütle Enerjisi, Okyanus Enerjisi, Hidrojen Enerjisi.

1. GİRİŞ

Elektrik enerjisi uygarlığın temel taşlarından biridir. Elektrik enerjisi üretiminde küçük aksamalar bile, temel endüstri ile ticari gelişmeler ve bağlantılarda karmaşaya yol açmakta, hatta günlük hayatı olumsuz şekilde etkilemektedir. Bugün, Dünya; ticari elektrik enerji üretiminin %80'i yenilenemeyen kaynaklardan (kömür, doğalgaz, petrol, uranyum) sağlanmaktadır [1]. Ancak, bu kaynaklardan elde edilen yakıtların çevreye olan zararları her geçen gün artmaktadır. Sonuçta yeni alternatif enerji kaynakları arayışı hızlanmaktadır.

Türkiye'de hemen her türlü enerji kaynağı mevcut olmakla birlikte, linyit ve hidrolik enerji kaynaklarının dışındaki enerji kaynakları ihtiyaca cevap verebilecek düzeyde olmayıp enerji ihtiyacının yarısından fazlası ithalat yoluyla karşılanmaktadır. Bu nedenle, enerji politikaları çerçevesinde mümkün olduğu kadar yerli enerji kaynaklarının kullanılmasını ve henüz gerektiği gibi değerlendirilmeyen yeni (yakıt pilleri) ve yenilenebilir enerji kaynaklarını (rüzgar, jeotermal, güneş, vb.) en kısa zamanda enerji arzında katkısının sağlanmasına öncelik

verilmelidir. Aksi takdirde dışa bağımlılık oranı ve kaynak ithalatı için ödenmesi gereken döviz miktarı hızla artmaya devam edecektir [2].

Dağıtılmış Enerji Sistemleri (DES); küçük ölçekli güç üretim teknolojilerinin kullanımı ile genellikle yüklere yakın yerlere yerleştirilerek hizmet veren ve yeni elektrik üretim modellerini kapsayan bir enerji üretim teknolojisidir [3, 4]. DES; yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları şeklinde sınıflandırılabilir [5, 6]. Yenilenebilir enerji kaynakları:

- Güneş, PV (Photovoltaic) veya termal
- Rüzgar
- Jeotermal
- Biyokütle

● Okyanus (Gel-git, Dalga vb.) şeklinde sıralanabilir. Yenilenemeyen fakat sürekli [7] enerji teknolojileri ise;

İçten yanmalı motorlar (ICE, Internal combustion engines)

- Birleşik çevrim (Combined cycle)
- İçten yanmalı jeneratörler (Combustion turbine)
- Mikrotürbin
- Yakıt pilleri

olarak sıralanabilir [7-17]. Tablo 1'de DES teknolojilerinin ürettikleri güç aralıkları ve şebeke bağlantı türleri verilmektedir [18].

Teknoloji	Güç Aralıkları	Şebeke Arayüzü
Güneş, PV	1 W-100 kW	DC-AC Konvertör
Rüzgar	100 W-1 MW	Asenkron Jeneratör
Jeotermal	100 kW-1 MW	Senkron Jeneratör
Okyanus	100 kW-1 MW	Senkron Makine
ICE	100 kW-10 MW	Senkron Jeneratör veya AC-AC Konvertör
Birleşik Çevrim	10 MW-100 MW	Senkron Jeneratör
Yanmalı Türbin	1 MW-100 MW	Senkron Jeneratör
Mikrotürbin	10 kW-1 MW	AC-AC Konvertör
Yakıt Pilleri	10 kW-10 MW	DC-AC Konvertör

Tablo 1. Dağıtılmış enerji sistemleri güç aralıkları ve şebeke bağlantı türleri

Bu derleme çalışmasında Dağıtılmış Enerji Sistemleri teknolojilerinin bir kısmı hakkında genel bilgiler ve bu teknolojilerin Türkiye'deki potansiyel durumları verilecektir.

2. DAĞITILMIŞ ENERJİ SİSTEMLERİ

Son zamanlarda küresel iklim değişimi, sera etkisi ve çevresel yaşam kalitesi gibi unsurlar insanlığın ilgisini başta yenilenebilir enerji kaynaklarına olmak üzere DES teknolojilerine çekmektedir. Geleneksel (gaz türbinleri, mikrotürbinler ve içten yanmalı motorlar) ve yenilenebilir enerji kaynakları ile koojenerasyon üzerine temellendirilmiş olan Dağıtılmış Enerji Sistemleri şebekenin dağıtım şebekesine veya tüketiciye doğrudan bağlanan küçük ölçekli elektrik güç üretim kaynaklarıdır [3, 4, 7-13, 19]. Aynı zamanda, küçük ölçekli üretim, yerleşik (embedded) üretim, merkezileştirilmemiş (decentralized) üretim [20] veya dağınık (dispersed) üretim [5] olarak ta bilinmektedir. DES; yeni elektrik üretim modellerini kapsamaktadır.

DES metodunun kullanım amaçları [20]:

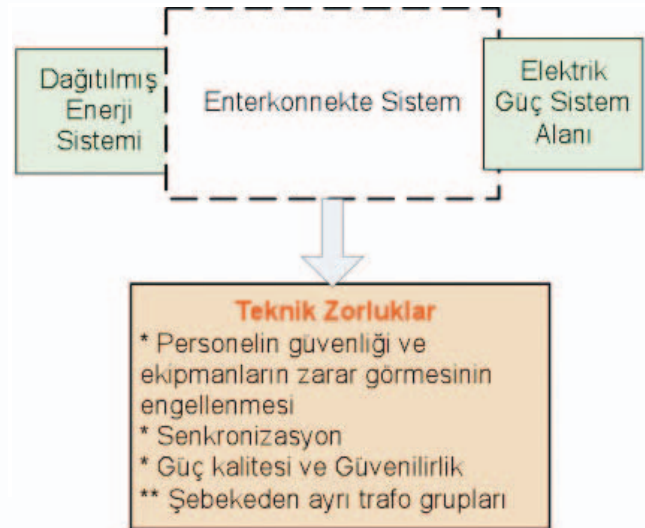
- Elektrik piyasasını serbestleştirme,
- Çevresel faktörler,
- Güç kaynağının güvenilirliğini ve güç kalitesini arttırmak,
- Isınma ve elektrik üretimini birleştirmek,
- Elektriğin maliyetini azaltmak şeklinde sayılabilir.

DES teknolojilerinin avantajları ise aşağıdaki şekilde sıralanabilir [3, 7-11, 17, 19, 21];

- İletim hattı ve transformator kayıplarını azaltırlar,
- Çevresel etkileri azaltırlar,
- Elektrik iletim ve dağıtım karışıklığını ortadan kaldırırlar,
- Sistem güvenilirliğini arttırırlar,
- Güç kalitesini düzeltirler,
- Yedek güç üretimi sağlarlar,

Isınma ve güç ihtiyacının birleştirilmesi ile tüketici tarafından kullanılan toplam enerjiye ödenen para miktarını azaltırlar.

Rüzgar, güneş, jeotermal, hidrolik, biyokütle, okyanus ve kimyasal (yakıt pilleri) gibi kaynaklardan elde edilen alternatif enerji türleri çevre dostu olmalarının yanı sıra dünya var oldukça tükenmeyen enerji türleridir [7-17]. Bu enerji türleri tek başlarına kullanılacakları gibi birleştirilmiş güç sistemi şeklinde de kullanılmaktadırlar. Böylece her bir enerji türünün avantajı hibrit bir oluşumla değerlendirilebilmektedir [22, 23]. Şekil 1'den de anlaşılacağı üzere DES, Geleneksel Elektrik Güç Sistemi ve Enterkonnekte Sistem iç içedir. Ancak enterkonnekte sistemin bir takım teknik zorlukları vardır. Bunlardan en önemlisi de üretim tesislerine uzak olan bölgelerde trafo postalarından beslenen yerleşim yerlerindeki elektrik kesintisi durumundaki zorluklardır. Arıza giderilene ve sistem tekrar devreye alınana kadar geçen süre boyunca tüketiciler enerjisiz kalmak zorundadır.



Şekil 1. Dağıtılmış Enerji Sistemi ve Enterkonnekte Sistem arasındaki ilişki [24]



Şekil 2. Günümüzün ve geleceğin enerji sistemi [24]

Şekil 2’de ise günümüzün ve geleceğin elektrik üretim sistemleri verilmiştir. Burada geleneksel güç sistemi hidroelektrik ve termik santrallerden sağlanan enerjinin bir şebeke üzerinden tüketiciye ulaştığını göstermektedir. Dağıtılmış Enerji Sistemleri ise rüzgar türbinlerinden, güneş panellerinden, yakıt pillerinden (hibrid bağlantı) üretilen elektriğin direk tüketicilerin yanında tesis edildiğini göstermektedir. Bu elektriğin fazlası gerektiğinde şebeke bağlantısı ile sisteme de verilmektedir. Ayrıca enerji sisteminde hidroelektrik ve termik santraller de bulunmaktadır.

2006 yılında Türkiye; enerji üretiminin %12.6’sı hidrolik (jeotermal-elk), %1.5’i güneş ve rüzgar ve % 19.2’si de biyokütleden elde edilmiştir. Ancak biyokütle ile ilgili oran elektrik üretimi şeklinde enerji üretimini içermemektedir [25]. Günümüzde Türkiye’de enerji eldesinde yenilenebilir kaynaklardan en çok biyokütle enerjisi ve hidrolik enerji kullanılmaktadır. Biyokütle enerjinin önemli potansiyeline karşılık, enerji bitkileri tarımı yeterince tanınmamakta ve gündeme alınmamakta, enerji ormancılığı da sınırlı bir kapsamda ele alınmaktadır. Jeotermal enerji üçüncü sırada yer almakla birlikte, kullanımı sınırlıdır. Güneş enerjisinin kullanımı sembolik düzeyde iken, rüzgar enerjisi kullanımı yeni başlamakta, dalga enerjisi ile ilgili ilk çalışmalar ise oldukça yenidir [2]. Hidrojen enerjisi kullanımı için ise akademik ve endüstriyel olarak araştırma ve geliştirme aşamasında olduğu söylenebilir. Bu çalışmada rüzgar, güneş, jeotermal, biyokütle, okyanus ve hidrojen enerjisi türleri genel açıdan incelenmiştir.

2.1. Rüzgar Enerjisi

Binlerce yıldır insanlığın hizmetinde bulunan rüzgar enerjisinden elektrik üretimi ilk olarak 1891 yılında Danimarka’da gerçekleştirilmiştir. Bundan kısa bir süre sonra da USA’de yel değirmenlerinin küçük güçteki rüzgar türbinlerine dönüştüğü ve elektrik enerjisi ürettiği bilinmektedir [26]. Fosil yakıtların ucuzluğu nedeniyle yeterli seviyede benimsenmeyen rüzgar enerjisi, 1970’li yıllardaki petrol krizi nedeniyle yeniden hatırlanmış ve bundan sonra, rüzgar türbinlerinin seri üretime geçilmesi ile bu alandaki yatırımlar gittikçe artan oranlarda gelişmiş ve rüzgar enerjisi santralleri oluşturulmaya başlanmıştır [2].

Önceleri Şekil 3’te gösterildiği gibi kara parçaları üzerinde oluşturulan bu santraller kıyı açıklarına ve deniz üzerine de kurulmaya başlanmıştır (Şekil 4-a-b). Bu tür enerjinin verimi %35’i aşmaktadır ve son zamanlarda elektronik

kontrol düzeneklerine bağlı olarak çalışan rüzgar enerjisine dayalı jeneratörlerin verimleri %45’e kadar çıkabilmiştir [26].



Şekil 3. Kara parçaları üzerinde oluşturulan rüzgar santrali



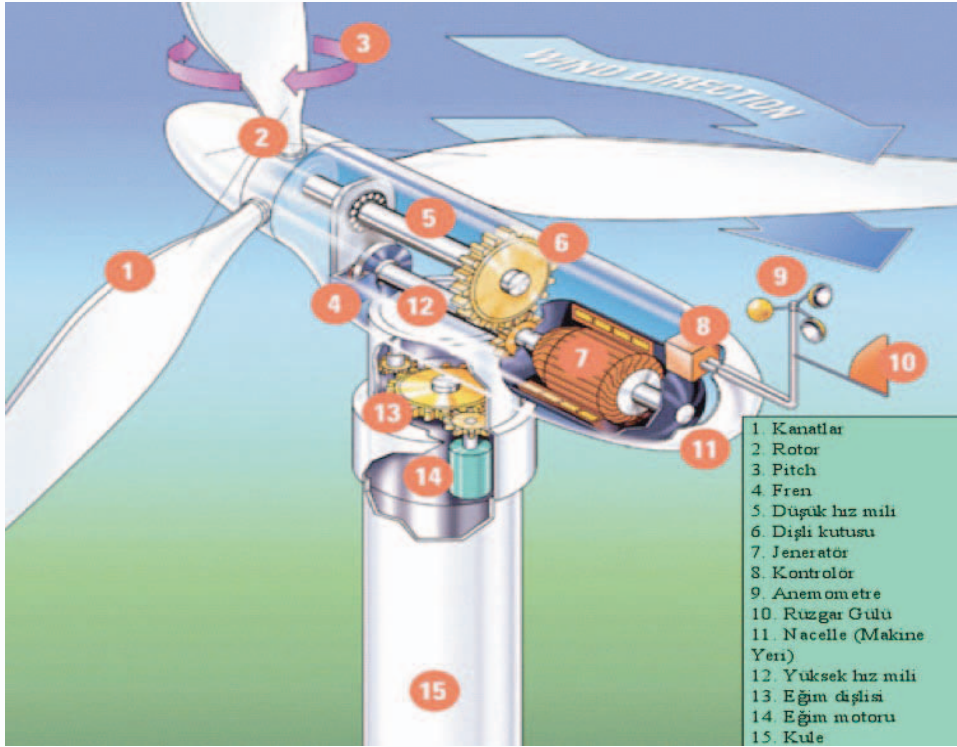
Şekil 4. a- Deniz kıyısı ve b- deniz üzerine kurulan rüzgar santralleri

Rüzgar enerjisi sistemlerinin tasarımı, planlaması ve çalıştırılması için rüzgarın karakteristiklerinin tüm detaylarıyla bilinmesi gerekmektedir. Türbin yerleşimi ve rüzgar enerji potansiyelinin belirlenebilmesi için uzun süreli güvenilir verilere ihtiyaç duyulmaktadır [2].

Rüzgar enerjisi sistemleri artan elektrik fiyatlarına alternatif oluşturmaktadır. Fosil yakıtlara bağımlılığı azaltan, çevreyi kirletmeyen bir enerji sistemidir. Örneğin 1 kWh’lik elektrik enerjisi elde etmek için fosil yakıtlar yerine rüzgar santrali kullanıldığında, ortalama olarak 750-1250 gr karbondioksit, 40-70 gr kül, 5-8 gr kükürt dioksit, 3-6 gr azot oksit’in atmosfere salımı engellenmiş olacaktır. İlk yatırım masrafları yüksektir, ancak ömür boyu kullanım ve bedava enerji sağladığı için geleneksel sistemlere alternatiftir [3, 23, 27].

Rüzgar türbinleri kabaca aşağıdaki parçalardan oluşmaktadır;

- Nacelle (Gövde veya kapak)
- Rotor kanatları
- Hub (Kanatların rotora bağlantısını sağlayan parça)
- Düşük hız şaftı
- Dişli kutusu
- Yüksek hız şaftı ve mekanik fren
- Elektrik jeneratörü
- YAW mekanizması (türbinin yatay ekseninde)



hareketini sağlar)

- Elektronik kontrol sistemi
- Hidrolik sistem

Şekil 5. Rüzgar türbini iç yapısı [28]

- Soğutma ünitesi
- Kule
- Anemometre ve rüzgar gülü

Şekil 5'te rüzgar türbini kısımları ayrıntılı bir şekilde gösterilmiştir [28]. Rüzgar türbinleri bir kule üzerine monte edilmektedir. Yaklaşık 30 metre ve daha yüksek olan kule uzunlukları ile daha hızlı ve daha az türbülanslı rüzgar profilleri yakalamak mümkündür. Nacelle (gövde, makine yeri); rüzgar türbininin dişli kutusu ve elektrik jeneratörü dahil tüm kilit parçalarını içerir. Kanat mili rüzgar türbininin düşük hız miline bağlı olup, bu mil aerodinamik frenlerin çalışması için hidrolik sisteme ait borular içerir. Ayrıca düşük hız mili hub (kanat göbeği) vasıtasıyla dişli kutusuna ve rotora bağlanmaktadır. Dişli sistemi, kanat milinin devir sayısını jeneratörün gerek duyduğu devir sayısına çıkarır. Dişli kutusunu jeneratöre bağlayan mile de, jeneratör mili ya da yüksek hız mili denir. Bu mil üzerinde acil durum mekanik freni vardır. Mekanik fren, aerodinamik frenlerin çalışmaması durumunda veya türbin bakımdayken kullanılır. Elektrik jeneratörü, senkron veya asenkron jeneratör olabilir. Ayrıca bu jeneratörler, doğru akım jeneratörleri olabilir. Burada elde edilen elektrik akımı, yetersiz kalitede alternatif akım veya doğru akım bile olsa, çeşitli güç elektroniği düzenekleriyle şebekeye uygun hale getirilebilir [29]. Elektronik kontrol ünitesi, rüzgar türbininin durumunu sürekli izleyen ve eğim

mekanizmasını kontrol eden bir bilgisayar içerir. Bir arıza halinde (örneğin, dişli kutusu veya jeneratörün fazla ısınması) rüzgar türbinini otomatik olarak durdurur ve telefon modem hattı vasıtasıyla türbin operatörünün bilgisayarına uyarı verir. Eğim mekanizması ise, kanat ile birlikte (Nacelle) makine yerini rüzgara karşı döndürmek üzere elektrik motorlarından yararlanmaktadır. Eğim mekanizması, rüzgar gülünü kullanarak rüzgar yönünü algılayan

elektronik kontrol ünitesi tarafından çalıştırılır. Son olarak Anemometre (Rüzgar ölçer) ve rüzgar gülü, rüzgar hızı ve yönünü ölçmek için kullanılır.

Türbinler 2 veya 3 kanatlı yapıda olup rüzgarı yakalarlar ve kanatlar dönmeye başlar. Böylece oluşan kinetik enerji elektrik enerjisine dönüşür [8, 16, 29]. Rüzgar türbinleri elektrik şebekesinden bağımsız olarak istenilen yerde elektrik üretirler (örneğin şehir dışında bir çiftlik evi), daha büyük ölçekli rüzgar türbinleri ise şebekeye bağlanabilir, bir çok türbinin oluşturduğu rüzgar çiftlikleri elektrik santrali gibi çalışırlar ve elektrik satarlar [23]. Rüzgar türbinleri kanat ekseninin yatay ya da dikey olmasına göre sınıflandırılmaktadır.

Rüzgar enerjisinden, mekanik olarak su pompasında, elektrik eldesinde jeneratörler ve santrallerde yararlanılmaktadır. Rüzgar enerjisi santralleri şebekeye bağlı olmayan (bireysel 40-300 W) ve şebekeye bağlı (rüzgar tarlaları 700-1000 kW) olarak iki şekilde uygulanmaktadır. Bireysel türbinlerden elde edilen elektrik, akülerde depolanabilir veya diğer kaynaklarla hibrit olarak (güneş, sıvı yakıtlar, yakıt pilleri gibi) kullanılabilir. Bu tip üretim deniz fenerleri, gözlem noktaları ve iletişim istasyonları gibi yerler için çok uygundur. Günümüzde özellikle Danimarka; tüm elektrik enerjisini bu yöntemle sağlamaktadır [30]. Ancak miktar olarak rakama vurulduğunda Almanya ve daha sonra USA başta gelmektedir [26].

Türkiye'de 1990 yılından sonra Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) birçok yerde ölçüm yapmış ve rüzgar enerjisi potansiyeli yüksek olan bölgeler belirlenmiştir. Rüzgar enerjisi zenginliği sırasıyla Marmara, Ege, Akdeniz ve Karadeniz kıyı

alanlarında bulunmaktadır. Bunun yanı sıra Güneydoğu Anadolu, İç Anadolu ve Doğu Anadolu'da rüzgarca zengin yörelerin var olduğu bilinmektedir. Türkiye'deki rüzgar enerjisi santralleri İzmir, Balıkesir, Çanakkale, Manisa, İstanbul, Muğla ve Hatay illerinde bulunmaktadırlar. Ülkemizin rüzgar enerjisi üretim kapasitesi 433 MW'tır [31].

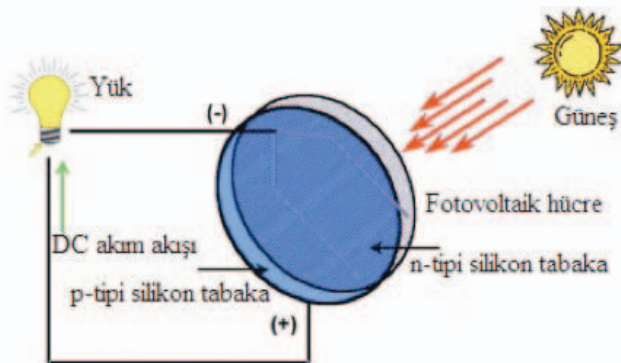
2.2. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile açığa çıkan ışıma enerjisidir ve güneşteki hidrojen gazının helyuma dönüşmesi şeklindeki füzyon sürecinden kaynaklanır. Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970'lerden sonra hız kazanmış, güneş enerjisi sistemleri teknolojik olarak ilerleme ve maliyet bakımından düşme göstermiş, çevresel olarak temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir [2]. Güneş enerjisi teknolojileri yöntem, malzeme ve teknolojik düzey açısından çok çeşitlilik göstermekle birlikte iki ana gruba ayrılabilir [16]:

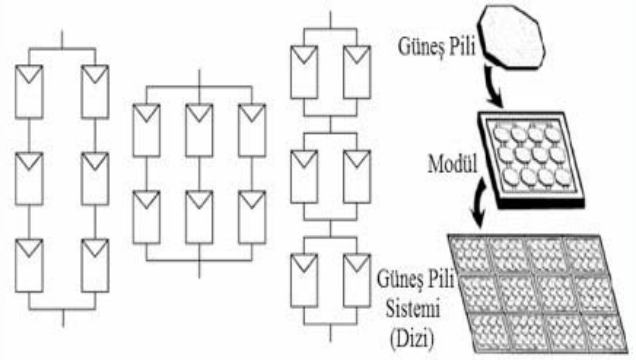
Isıl (Termal) Güneş Teknolojileri: Bu sistemlerde öncelikle güneş enerjisinden ısı elde edilir. Bu ısı doğrudan kullanılabilceği gibi elektrik üretiminde de kullanılabilir.

Güneş Pilleri: Fotovoltaik piller olarak ta bilinen bu yarı-iletken malzemeler güneş ışığını doğrudan DC elektriğe çevirirler.

Güneş pilleri yarıiletken malzemelerden (silisyum, galyum arsenit, kadmiyum tellür) yapılmaktadırlar. [23, 32]. Bu elemanlar eklem bölgeleri üst yüzeye yakın ve geniş alanlı bir yapıdadır. Güneş pilinin çalışma prensibi ise Şekil 6'da verilmektedir. Şekle göre güneş ışığı eklem tarafından emildiğinde, emilen fotonların enerjisi, malzemedeki elektron sistemine transfer edilir ve eklemden ayrılan yük taşıyıcıları oluşturulur. Yük taşıyıcıları, sıvı elektrolitteki elektron-iyon çiftleri veya katı yarıiletken malzemedeki elektron-delik çiftleri olabilir. Eklem bölgesindeki yük taşıyıcıları, potansiyel bir fark meydana getirir ve elektrik alan altında hızlanarak dış devre boyunca akım şeklinde akarlar. Güneş pili çıkışında üretilen elektrik işareti DC'dir [32, 33].

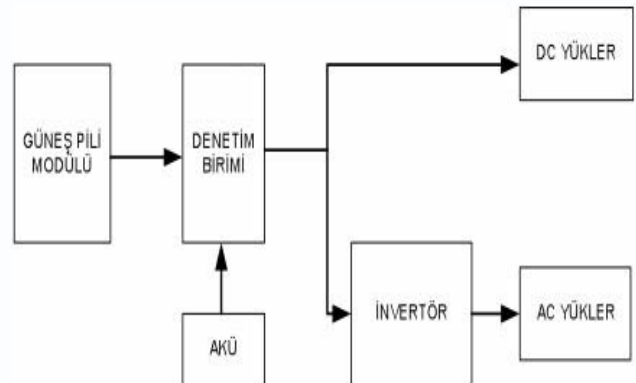


Şekil 6. Güneş ışığına tutulan fotovoltaik pil [33]



Şekil 7. Birbirlerine seri ve/veya paralel bağlanmış güneş hücreleri [34, 35]

Güneş enerjisi, güneş pilinin yapısına bağlı olarak %5 ile %20 arasında bir verimle elektrik enerjisine çevrilebilir. Güç çıkışını artırmak amacıyla Şekil 7'de gösterildiği gibi çok sayıda güneş pili birbirine paralel yada seri bağlanılarak bir yüzey üzerine monte edilir ve bu yapıya güneş pili modülü ya da fotovoltaik modül adı verilir. Güç talebine bağlı olarak modüller birbirlerine seri ya da paralel bağlanarak bir kaç Watt'tan MWatt'lara kadar sistem (dizi) oluşturulur [3, 8, 36]. Güneşin yetersiz olduğu zamanlarda, özellikle gece süresince kullanılmak üzere genellikle sistemde akü bulundurulur. Güneş pili modülleri gün boyunca elektrik enerjisi üreterek bunu akülerde depolar ve yüke gerekli olan enerji akülerden alınır. Akünün aşırı şarj ve deşarj olarak zarar görmesini engellemek için kullanılan denetim birimi ise akünün durumuna göre, ya güneş pillerinden gelen akımı ya da yükün çektiği akımı keser. Şebeke uyumlu alternatif akım elektriğinin gerekli olduğu uygulamalarda, sisteme bir invertör eklenerek akülerdeki DC gerilim, 220 V, 50 Hz'lik sinüs dalgasına dönüştürülür. Benzer şekilde, uygulamanın şekline göre çeşitli elektronik devreler sisteme katılabilir. Bazı sistemlerde, güneş pillerinin maksimum güç noktasında çalışmasını sağlayan maksimum güç noktası izleyici cihazı bulunur. Şekil 8'de şebekeden bağımsız bir güneş pili enerji sisteminin şeması verilmektedir [37, 38].

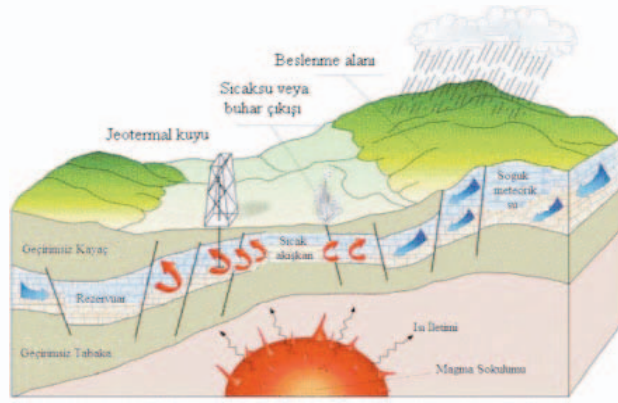


Şekil 8. Güneş pili sistemi

Fotovoltaik sistemler, özellikle yerleşim yerlerinden uzak, elektrik şebekesi olmayan yörelerde, jeneratöre yakıt taşımanın zor ve pahalı olduğu durumlarda kullanılırlar. Bunun dışında dizel jeneratörler ya da başka güç sistemleri ile birlikte hibrit olarak kullanılmaları da mümkündür. 2007 verilerine göre, Dünya’da toplam güneş paneli kurulu gücü 7841 MW’tır. Almanya, Japonya ve USA başta gelmektedir [39]. Türkiye’nin en fazla güneş enerjisi alan bölgesi Güney Doğu Anadolu Bölgesi olup, bunu Akdeniz Bölgesi izlemektedir. Ülkemizde çoğunluğu Orman Bakanlığı Orman Gözetleme Kuleleri, Türk Telekom, deniz fenerleri ve otoyol aydınlatmasında, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Muğla Üniversitesi, Ege Üniversitesi gibi kamu kuruluşlarında olmak üzere küçük güçlerin karşılanması ve araştırma amaçlı kullanılan güneş pili kurulu gücü 1 MW’ a ulaşmıştır [40].

2.3 Jeotermal Enerji

Jeotermal kaynak, yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu, sıcaklıkları sürekli olarak bölgesel atmosferik ortalama sıcaklığın üzerinde olan ve çevresindeki normal yeraltı ve yerüstü sularına göre daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen sıcak su ve buhar olarak tanımlanabilir. Jeotermal enerji ise bunlardan dolaylı veya doğrudan her türlü faydalanmayı kapsamaktadır [8, 41, 42]. Ayrıca, herhangi bir akışkan içermemesine rağmen, bazı teknik yöntemlerle ısısından yararlanılan, yerin derinliklerindeki “Sıcak Kuru Kayalar” da jeotermal enerji kaynağı olarak nitelendirilmektedir [41].



Şekil 9. Bir jeotermal sistemin gösterimi [43]

Jeotermal sistem Şekil 9’da gösterildiği gibi üç ana unsurdan oluşmaktadır: Isı kaynağı, rezervuar ve ısıyı taşıyan akışkan. Isı kaynağı yüksek sıcaklıkta (>600 °C) ve yüzeye yakın kısımlara ulaşabilen (5-10 km) magmatik sokulumlar olabileceği gibi, düşük sıcaklıklı sistemlerde de derinlikle birlikte artan normal sıcaklık olabilir. Rezervuar ise ısıyı taşıyan

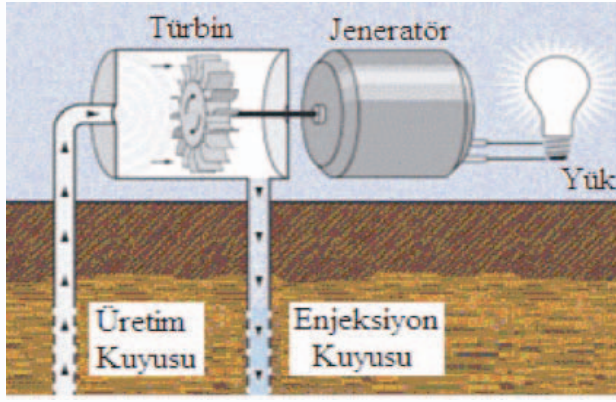
sıvının devir-daim edebileceği çatlaklı geçirgen kayalardır. Rezervuarların üzerinde genellikle geçirimsiz tabakalar bulunmaktadır. Jeotermal akışkan ise çoğu durumda meteorik sudur ve rezervuarda sıcaklık ve basınca bağlı olarak buhar veya sıvı haldedir. Bu su genellikle bazı kimyasal maddeler ve gazlar (CO₂, H₂S gibi) içerir [43, 44].

Suyu ısıtmak ve buharlaştırmak için fosil yakıt kullanılarak çevreyi kirletecek herhangi bir işlem yapılmadığından, jeotermal enerji çevre dostu bir enerji türüdür. Ancak jeotermal akışkanın korozyona ve kireçlenmeye sebep olabileceği, içerdiği bor yüzünden tarımsal sulamaya uygun olmadığı, yapısındaki CO₂ ve H₂S gibi gazların açığa çıktığı bilindiğinden, jeotermal enerji uygulamalarında bazı teknolojik önlemlerin alınması gerekmektedir. Hem rezervuar parametrelerinin korunması ve hem de jeotermal suyun ve gazların çevreye zarar vermesinin önlenmesi için, tüm dünyada yasalarla zorunlu hale getirilmiş olan reenjeksiyon (akışkanı yeraltına geri verme) uygulanmalıdır. Bu durumda jeotermal enerji çevreyi kirletmediği gibi petrol, doğalgaz ve kömür yerine kullanıldığı için döviz tasarrufu da sağlar [44, 45].

Jeotermal enerji, jeotermal akışkanın sıcaklığına bağlı olarak elektrik üretimi, ısıtma (konut, sera, termal tesis, sebze meyve kurutma), sağlık amaçlı termalizm, soğutma, endüstride süreç enerjisi, kimyasal enerji eldesi vb. alanlarda tek başına veya entegre olarak kullanılmaktadır [42, 43, 45].

Elektrik jeneratörlerinin rotorunu döndüren sıcak gazı veya buharı üreten yer kabuğu içindeki yağ veya suyun pompalanması vasıtasıyla jeotermal enerjiden elektrik üretilmektedir. Jeotermal enerjiden elektrik üretim maliyeti nükleer enerji ve fosil yakıtlara göre ortalama olarak % 50-80 oranında daha ucuzdur [42]. Jeotermal enerjiden elektrik üretiminde çıkış ürünü olarak tekrar su buharı elde edilmektedir. Fakat sıfır emisyon vardır. Genelde elektrik üretimi, jeotermal kaynağın karakteristiğine bağlı olarak üç tip santralde yapılmaktadır [16, 43, 44, 46]:

Kuru buhar santralleri; türbini döndürmek için kuyudan üretilen kuru buhar direk olarak kullanılır. Bu santraller en ucuz ve en yaygın olarak kullanılan santral tipidir. Şekil 10’da örnek bir kuru buhar santrali görülmektedir. Bu sistemde 180 °C ile 350 °C aralığındaki basınçlı buhar yeraltından bir kuyu aracılığıyla yüksek hızda yer yüzeyine doğru hareket etmektedir. Daha sonra bir buhar türbini içinden geçen bu basınçlı buhar, jeneratörden elektrik üretmektedir. Türbin haznesindeki düşük basınçlı buhar ise bir enjeksiyon kuyusu yardımı ile tekrar yeraltına gönderilir. Böylece jeotermal kaynağın çevreyi kirletmesi önlenmiştir [43].



Şekil 10. Kuru buhar santrali [43, 46]

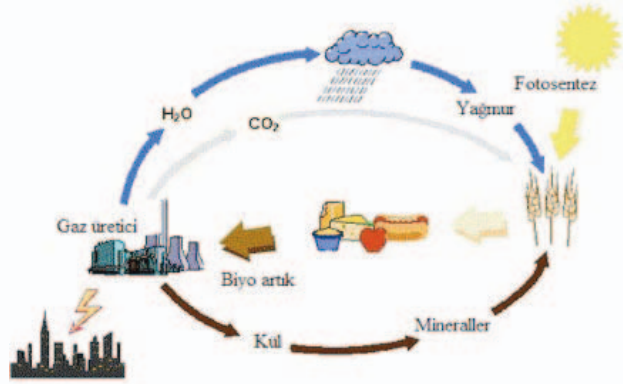
Flaş buhar santralleri; yüksek basınçla kuyudan gelen akışkan, düşük basınçlı ayırıcılarda su ve buhar olarak ayrılır ve ayrıştırılan buhar ile türbinin döndürülmesi sağlanır. Flaş buhar santrali jeneratörlerinin güç aralıkları 10 MW-55 MW şeklindedir. Birçok ülkede kullanılan bu tip santrallerin kapasitesi 20 MW'tır [43].

İkili çevrim santrali; jeotermal akışkanın sıcaklığından faydalanılarak sudan daha az buharlaşma sıcaklığına sahip akışkan, sıcaklık değiştiricide buharlaştırılır ve buharlaşan bu akışkan ile türbinin döndürülmesi sağlanır. Bu santral tipi buhar üretimi için yeterli sıcaklığa sahip olmayan veya buharlaştırma işlemi için kullanılacak akışkanın çok miktarda kimyasal bileşen içerdiği jeotermal kaynakların bulunduğu yerlerde kullanılır. Bu santrallerde yüksek verimlilik ve düşük sıcaklıktaki kaynakların da kullanımı sağlanmaktadır. Ancak korozyon problemi bulunmaktadır [43].

Dünyada jeotermal elektrik üretiminde ilk 5 ülke USA, Filipinler, İtalya, Meksika ve Endonezya'dır. Türkiye; jeotermal kaynak potansiyeli açısından Dünya'da 7. sırada yer almaktadır. Türkiye'de bilinen 1000 dolayında sıcak su ve mineralli su kaynağı ile jeotermal kuyu mevcuttur. Sıcaklığı 40 °C'nin üzerinde olan jeotermal sahaların sayısı ise 170'dir. Bunların 11 tanesi yüksek sıcaklık saha olup konvansiyonel olarak elektrik üretimine uygundur (Aydın-Germencik (232 °C), Manisa-Salihli-Göbekli (182 °C), Çanakkale-Tuzla (174 °C), Aydın-Salavatlı (171 °C), Kütahya-Simav (162 °C), İzmir-Seferihisar (153 °C), Manisa-Salihli-Caferbey (150 °C), Aydın-Yılmazköy (142 °C), İzmir-Balçova (136 °C) ve İzmir-Dikili (130 °C)). Türkiye'nin 1984 yılında kurulan tek, Avrupa'nın ikinci jeotermal elektrik güç üretim istasyonu 20 MW'lık kapasiteyle Denizli-Kızıldere'de bulunmaktadır. Aydın-Salavatlı'da 7.9 MWe Binary Cycle jeotermal elektrik üretim santrali kurulmuş olup Mart 2006'da üretime başlamıştır. Türkiye elektrik üretimi için 200 MW'lık jeotermal enerji kaynaklı kapasiteye sahiptir [47-51].

2.4. Biyokütle Enerjisi

Biyokütle enerji teknolojisi kapsamında; odun (enerji ormanları, ağaç artıkları), yağlı tohum bitkileri (ayçiçeği, koza, soya v.b), karbonhidrat bitkileri (patates, buğday, mısır, pancar, v.b), elyaf bitkileri (keten, kenevir, sorgum, vb.), bitkisel artıklar (dal, sap, saman, kabuk v.b), hayvansal atıklar ile şehirselle ve endüstriyel atıklar değerlendirilmektedir. Biyokütle yenilenebilir, her yerde yetiştirilebilen, sosyo-ekonomik gelişme sağlayan, çevre dostu, elektrik üretilen, taşıtlar için yakıt elde edilebilen stratejik bir enerji kaynağıdır. Biyokütle doğrudan yakılarak veya çeşitli süreçlerle yakıt kalitesi artırılıp, mevcut yakıtlara eşdeğer özelliklerde alternatif biyoyakıtlar (kolay taşınabilir, depolanabilir ve kullanılabilir yakıtlar) elde edilerek enerji teknolojisinde değerlendirilmektedir. Şekil 11'de biyokütle enerji çevrimi verilmektedir [16, 52].



Şekil 11. Biyokütle enerji çevrimi [53]

Biyokütleden; fiziksel süreçler (boyut küçültme-kırma ve öğütme, kurutma, filtrasyon, ekstraksiyon ve briketleme) ve dönüşüm süreçleri (biyokimyasal ve termokimyasal süreçler) ile yakıt elde edilmektedir [16]. Dönüşüm süreçleri ve ürünlerine örnek olarak, uygulamadaki başarısını kanıtlamış aşağıdaki biyoyakıtlar verilebilir [52]:

- Biyometanlaştırma Süreçleri: Biyogaz
- Biyofotoliz Süreçleri: Hidrojen
- Fermantasyon Süreçleri: Biyoetanol
- Piroliz Süreçleri: Pirolitik sıvı
- Gazlaştırma Süreçleri: Gaz yakıt
- Karbonizasyon Süreçleri: Biyokömür
- Esterleşme Süreçleri: Biyomotorin-Biyodizel

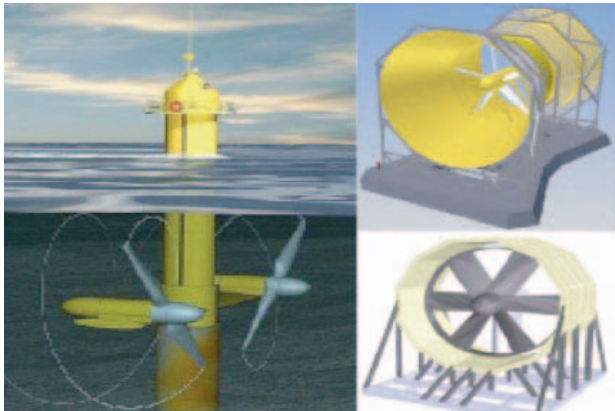
Bu yakıtlar içinde biyogaz, biyoetanol ve biyomotorin önde yer almaktadır. Biyokütleden elektrik üretmenin pratikte sadece iki yöntemi mevcuttur. Bunlardan ilki bir jeneratörü süren içten yanmalı motorda biyogaz kullanımı, diğeri ise yakıt pillerindeki kullanım için hidrojen zengin bir yakıt elde etmek amacı ile biyogaz dönüşümü şeklindedir. Kısaca biyogaz elektrik üretimi ve büyük fabrikaların enerji gereksinimi için kullanılmaktadır [16, 54]. Biyogazdan

elektrik üretimi ise Doğrudan Yakma tekniği ile yapılmaktadır. Bu teknikte biyokütle bir kazanda buhar üretmek amacı ile yakılır ve bu üretilen buhar bir türbin içerisinden geçirilerek jeneratörden elektrik üretimi sağlanmaktadır [8].

Dünya’da bu şekilde elektrik üreten ülkelerin başında USA, Almanya, Finlandiya, İsveç, Avusturya ve Çin gelmektedir. Türkiye de biyokütle kullanım potansiyeline ve ekolojik yapıya sahip ülkeler arasındadır. Ülkemizde enerji üretimine yönelik olarak, modern biyokütle çevrim teknolojilerinin de kullanıldığı, çalışmalar küçük ölçekli olarak 1993 yıllarından sonra başlamıştır. Toplam kapasite 27.6 MW’tır. Bu da endüstriyel sektördür [55]. Ancak Çaycuma OYAK kağıt fabrikasında Ekim 2008’de kurulan 10 MW’lık biyokütle santralinde ağaç kabuğu ve odun yakılarak ülkemizde ilk kez elektrik ve buhar üretilmeye başlanmıştır. Toplam kullanılabilir biyoenerji potansiyeli ise yaklaşık 17.2 Mtoe (milyon ton petrol eşdeğeri) olarak tahmin edilmektedir [56].

2.5. Okyanus Enerjisi

Denizlerdeki ve okyanuslardaki faydalanılabilir enerji; dalga ve gel-git enerjisidir. Bu enerji yenilenebilir ve temiz bir enerjidir. Son yıllarda özellikle USA, Japonya, İngiltere ve Norveç kıyılarında çokça kullanılmaktadır. Rüzgar, denizdeki hareketli taşıtlar, denizlerin altındaki depremler veya ay ve çekim kuvveti gibi dış etkenler sonucunda dengesi bozulan deniz yüzeyinin tekrar eski denge konumuna dönmek için yaptığı hareketlere; deniz dalgaları denir. Gel-git santralleri; bu olayın meydana geldiği kıyılara kurulur ve çift taraflı çalışan türbinler yardımıyla elektrik eldesi prensibiyle çalışır. Dalga enerjisi santralleri; kıyılara ve açık denizlere kurulabilir. Bu sistemler Şekil 12’de gösterildiği üzere deniz tabanına yerleştirileceği gibi su yüzeyine de yüzer olarak konulabilir. Dünya’da kurulu sistemlerde, küçük sistemler için birim dalga cephesi başına güç 10-20 kW/m olurken geliştirilmiş sistemlerde güç 40 kW/m gibi bir değere çıkmaktadır [26, 57-59].



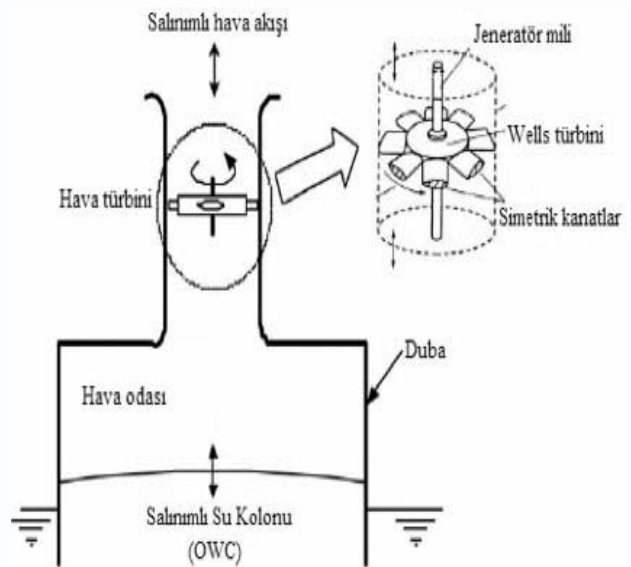
Şekil 12. Deniz altı santraller [59]

Dalga enerjisi dönüşüm sistemlerinde kullanılan Wells türbinleri; üzerinde buldukları düzenekte eksenleri doğrultusunda, zıt yönlerde gelen hava akımlarında ise tek yönde hareket ederler ve hava akışı ile basınç düşmesine bağlı olarak çalışmaktadırlar. Bu türbinler; 3000 dev/dak gibi yüksek devirlere çıkabilen bir türbin sistemidir [60, 61]. Dalga enerjisi dönüşüm sistemleri; biçimleri, ölçüleri ve çalışmalarına göre iki sistem içerisinde ele alınmaktadırlar [58, 62].

2.5.1 Deniz kıyısı ve dibinde kurulu sistemler

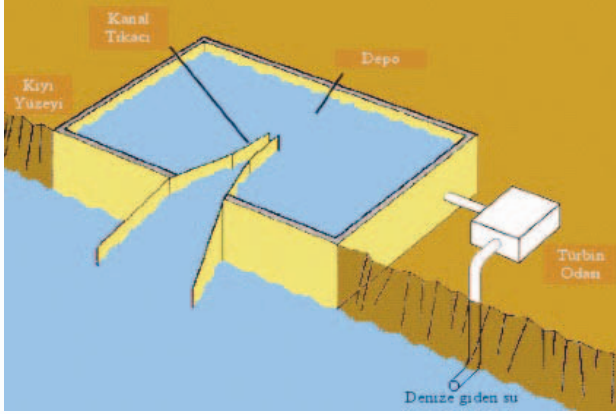
Bu sistemler hareketli olmadıklarından dolayı; bakım ve onarım konularında büyük avantajlara sahiptir. Ancak bu tip sistemlerin kurulum yerlerinin bulunması sınırlıdır. Bu sistemler; Salımlı Su Kolonu (OWC), TAPCHAN ve Sarkaç Tipi enerji dönüştürme çeşitleri olmak üzere 3’e ayrılmaktadırlar [63, 64].

OWC dönüşüm sistemleri: Salımlı Su Kolonu (OWC, Oscillating Water Column) sistemleri; kıyı boyunca dizilmiş birçok platformun kıyı ile sualtı kablolar aracılığı ile ilişkilendirilmesi sonucu oluşmuştur. Bu dönüşüm sisteminde, elektrik enerjisi Şekil 13’te gösterildiği gibi iki kademededir. Dalgalar kolona girerken, boşluk içindeki havayı kolonun yukarısına doğru iterek türbinden geçirir ve böylece; kolonun yukarısında basınç artar. Dalgalar çekilirken ise bir vakum meydana gelir ve kolonun tepe kısmında bulunan hava geri çekilerek türbinden geçirilir. Böylece dalga enerjisi hava akımı yardımıyla türbini çevirmekte ve türbin de kendine bağlı jeneratörü çevirerek elektrik enerjisinin elde edilmesini sağlamaktadır [63-66].



Şekil 13. OWC enerji dönüşüm sistemi [65]

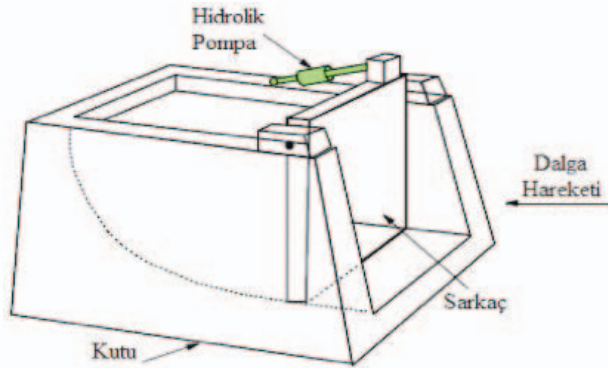
TAPCHAN dönüşüm sistemi: TAPCHAN (Tapered channel systems), ya da kanal tıkacı sistemleri, Şekil 14'te görüldüğü üzere deniz seviyesinden 3-5 m yükseklikte kıyıda kurulu olan depo şeklinde bir yapının girişinde bulunan dar kesitli bir kanal tıkacından oluşmaktadır.



Şekil 14. TAPCHAN sistemi [66]

Kanalın dar olması ile dalga yüksekliği arttırılarak, dalganın depo içerisine dolması sağlanmaktadır. Böylece hareket eden dalganın kinetik enerjisi depo içerisinde biriktirilerek, potansiyel enerjiye dönüştürülür. Bir potansiyel enerjiye sahip deniz suyu, deponun alt kısmında bulunan kaplan türbinden geçirilerek elektrik enerjisi elde edilmektedir [64, 66].

Sarkaç tipi dönüşüm sistemi: Şekil 15'te gösterilen Sarkaç Tipi (Pendulum type) dalga güç dönüştürücü sistemi; bir tarafı denize açılan bir kutudan meydana gelmektedir. Dalga hareketi sarkaç kapağının ileri-geri yönde salınım yapmasını sağlamaktadır. Bu hareket bir hidrolik pompa ve jeneratör ile güç üretmek için kullanılmaktadır [61, 64].



Şekil 15. Sarkaç tipi dönüşüm sistemi [61]

2.5.2 Açık denizde kurulu sistemler

Açık denizde kurulu enerji dönüşüm sistemleri diğer sistemlere göre daha fazla enerji elde edilmesini sağlamaktadırlar. Bunda sistemlerin

çok büyük, sağlam yapıda yapılması ve açık denizlerdeki dalga enerjisi yoğunluğu büyük rol oynamaktadır. Bu sistemlerin; Deniz Tarakları, Salter Ördeği vb. gibi enerji dönüştürme çeşitleri bulunmaktadır [61].

Deniz tarakları: Bu sistem birbirine bağlı 12 adet hücrenin, 60 m çapında çember oluşturacak şekilde birleştirilmesiyle düzenlenmiştir. Dalgalar sistemdeki her bir hücrenin esnek hava yastığına çarptığında, hücre içerisindeki havayı hareket ettirerek bir hücreden diğer hücreye geçmesini sağlar. Havanın bu geçişi sırasında basınç altındaki hava her bir hücredeki türbini çevirir. Türbinde kendisine bağlı elektrik jeneratörüne hareket vererek elektrik üretimini sağlamaktadır [67].

Salter ördeği: Salter tarafından geliştirilen cihazın kanat kısmının dalgalar tarafından oluşturulan salınımlı hareketleri sayesinde elektrik enerjisi üretilmektedir. Ördek; dalga geri çekilirken tepesi bükülü bir şekilde döner. Bu hareket hidrolik bir motoru süren akışkanı pompalar. Son olarak motor da bir jeneratörü sürerek elektrik enerjisi elde edilmiş olur. Yüksek dönüştürme verimine sahip olan sistem Pelamis tipi sisteme benzemektedir [66, 67].

Dünya Enerji Konseyi dünya dalga enerjisi potansiyelini 2 TW olarak belirlemiştir. Çevresel avantajları ortada olan dalga enerjisinin, yatırım maliyeti diğer yenilenebilir kaynaklardan daha yüksektir. İngiltere, İrlanda, Norveç ve Portekiz gibi ülkelerde dalga enerjisinin önemi anlaşılmış; santraller kurulmuş, devlet desteği ile pilot çalışmalar başlatılmış ya da enerji planlamalarında yakın hedef olarak belirlenmiştir. Örneğin Norveç kuzey sahillerinde 350 kW'lık, Endonezya- Avustralya arasında 1.5 MW'lık santralleri hizmettedir [29]. Türkiye'de dalga enerjisi üretiminin ilk uygulaması; Türkiye Elektromekanik Sanayi (TEMSAN) ve Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü (BOREN) işbirliği ile Karadeniz'de kurulmuştur. Günlük 5 kWh enerji üretebilen deniz üstü santralinin deneme üretimi başlamıştır [68].

2.6 Hidrojen Enerjisi

Doğada bileşik biçimde bol miktarda bulunan hidrojen serbest biçimde bulunmadığından, bir doğal enerji kaynağı değildir. Hidrojen birincil enerji kaynakları ile değişik hammaddelerden üretilebilmekte ve üretiminde dönüştürme işlemi yer almaktadır [8, 69, 70]. Hidrojen karbon içermeyen bir yakıt olduğundan, fosil yakıtların neden olduğu türden bir kirliliğe yol açmamaktadır. Hidrojenin yakıt olarak kullanıldığı enerji sistemlerinde, atmosfere atılan ürün sadece su ve/veya su buharı olmaktadır. Hidrojen petrol yakıtlarına göre ortalama 1.33

kat daha verimli bir yakıttır. Gaz ve sıvı biçiminde saklanarak uzun mesafelere taşınabilmektedir. Üretiminde yenilenebilir kaynakların kullanılması durumunda, bu kaynakların doğasında bulunan kesintili olma sorununa da çözüm getirmektedir [2, 8]. Dünyadaki hidrojenin kullanım gelişimi; yakıt olarak kullanıldığı yakıt pili teknolojisi doğrultusundadır. Yakıt pilleri, taşınabilir bilgisayarlar, cep telefonları gibi mobil uygulamalar için kullanılabilirliği gibi elektrik santralleri için de uygun güç sağlayıcılarıdır. Yüksek verimlilikleri ve düşük emisyonları nedeniyle, ulaşım sektöründe de geniş kullanım alanı bulmuşlardır. Hidrojen enerji sistemi; üretimi depolama ve iletim ile enerji dönüşümü kısımlarından oluşmaktadır. Hidrojen halen en ucuz olarak fosil yakıtlardan buharla reaksiyon yöntemi ile elde edilmektedir. Ancak bu yöntem fosil kaynaklara olan bağımlılığı azaltmamakta ve aynı zamanda hava kirliliğine sebep olmaktadır. Diğer en çok kullanılan yöntem ise elektrolizle suyun ayrıştırılmasıdır. Hidrojen; gaz, sıvı veya bir kimyasal bileşik içinde depolanabilir. Daha çok gaz halinde saklanmaktadır. Fakat düşük yoğunluklu olduğundan çok yer kaplamaktadır. Bunun için basınçlı tanklarda ve tüplerde sıkıştırılmış olarak saklanır. Sıvı hidrojen daha az yer kaplar. Fakat hidrojenin sıvılaştırılması için çok yüksek enerji (sıvılaştırılan hidrojenin enerji değerinin 1/3'ü kadar) gerekir. Katı şekilde hidrojen depolamak için metal hidritler kullanılmaktadır. Hidrojen gazı metal hidrit tarafından sünger gibi çekilerek gözenekleri içinde depolanır. Ancak metal hidritler çok ağırdır. On kat daha hafif malzeme olarak karbon nano yapıları geliştirilmektedir. Hidrojenden enerji elde edilme yöntemleri; yakma ve yakıt pili şeklinde olmaktadır [69-71].

NASA tarafından yapılan çalışmalar 1960'larda, yakıt pillerinin Dünya'nın enerji problemlerinin tümüne çözüm olabileceği tahminlerine yol açmış ve 1970'li yıllarda çalışmalara başlanmış, 2000'li yıllarda ülkelerin enerji politikalarında önemli yer tutmaya başlamıştır. Japonya'da Tokyo Electric Company tarafından kurulan 11 MW'lık elektrik santrali Rokko adasının elektrik ve ısı ihtiyacını karşılamakla birlikte, kapasiteleri 50 ile 500 MW arasında değişen yüzlerce yakıt pilli tesisi bulunmaktadır. Japonya'da Tokyo Electric Company'nin yanı sıra Sanyo, Hitachi, Toshiba, Kawasaki, Fuji Electric, Kansai Electric, USA'da; Westinghouse, Institute of Gas Technology (IGT), Unocal, San Diego Gas and Electric, Avustralya'da; Ceramic Fuel Cell Ltd., Avrupa'da Siemens KWU, Dornier System ve Sulzer Innotec, dünyada yakıt pilli sistemleri kullanan ve gelişimi için çalışmalar yapan şirketlerden bazılarıdır. Ülkemizde hidrojen enerjisi kullanımı için ise akademik ve endüstriyel olarak araştırma ve

geliştirme aşamasında olduğu söylenebilir [72].

3. SONUÇLAR

Enerji, ekonomik kalkınmanın ve toplumsal gelişimin kaynağıdır. Buna göre dengeli ve ileri kalkınmada enerji, insanların refahı ve ülke ekonomisinin gelişmesinde belirleyici unsur olmaktadır. Enerji talebinin; her dönemde yeterince, verimli, güvenilir, ekonomik, devamlı ve çevreye dost koşullarda sağlanması temel hedefler arasında olması gerekmektedir. Ülkemizin kalkınmasında, enerji potansiyeli açısından olabildiğince bağımsız kalabilmenin ve çeşitlendirmeye gidebilmenin anahtarı, yıllardır ihmal edilen öz kaynaklarımızın geliştirilmesidir. Kendi doğal potansiyelini bilmeyen ve geliştiremeyen ülkeler, enerjide ve ekonomide dışarıya giderek daha artan oranlarda bağımlı kalmaya mahkumdurlar. Son yıllarda, enerji ihtiyacının karşılanmasında yenilenebilir kaynaklara olan ilgi artmıştır. Ülkemiz, kendisini refaha çıkaracak kadar zengin bir potansiyele sahiptir.

Kalkınmakta ve nüfusu hızla artan bir ülke olan Türkiye'nin, daha büyük bir hızla, elektrik tüketimi artmaktadır. Bu yüzden tıpkı kalkınmakta olan diğer ülkeler gibi Türkiye'nin de yeterli elektrik enerjisine şiddetle ihtiyacı vardır. Özellikle sanayinin devamını sağlamak için; ucuz enerjiye ihtiyaç vardır. Çünkü enerji maliyeti toplam maliyet içinde büyük bir yer tutar. Birçok sanayi kuruluşu ve organize sanayi bölgesi, maliyetleri düşürmek için kendi mobil dizel santrallerini kurmuşlardır. Fakat çözüm çevreyi kirleten bu eski teknolojiye değildir. Bunların yerine ucuz, bol ve temiz olan yenilenebilir ve sürekliliği bulunan kaynaklarından oluşan dağıtılmış enerji sistemlerine gerek vardır.

Dağıtılmış Enerji Sistemleri küçük ölçekli güç üretim teknolojilerinin kullanımı ile şebekenin dağıtım tarafına veya yüklere yakın yerlere yerleştirilerek hizmet veren ve yeni elektrik üretim modellerini kapsayan bir enerji üretim teknolojisidir. Rüzgar, güneş, jeotermal, su, biyokütle, okyanus, içten yanmalı motorlar/jeneratörler, mikrotürbinler ve kimyasal (yakıt pilleri) gibi kaynaklardan elde edilen alternatif enerji türleri DES kapsamında incelenmektedirler. Dağıtılmış Enerji Sistemlerinin sistem kayıplarını azaltma, çevre kirliliğinin etkilerini azaltma, sistem güvenilirliğini artırma ve enerjiye ödenen para miktarını azaltma gibi faydaları bulunmaktadır. Bu derleme çalışmasında sırasıyla rüzgar, güneş, jeotermal, biyokütle, okyanus ve hidrojen enerjilerinden bahsedilmiştir.

Bu enerji türlerinden Türkiye'de elektrik üretiminde en çok kullanılanı rüzgar enerjisidir. İkinci olarak jeotermal enerji gelmektedir. Güneş

enerjisinin Türkiye'deki kullanımı toplam 1 MW'tır. Türkiye'de dalga enerjisi üretimi ilk olarak TEMSAN ve BOREN işbirliği ile Karadeniz'de 5 kWh'lik kapasite ile bir santral kurulmuştur. Hidrojen enerjisi için ise akademik ve endüstriyel olarak araştırma ve geliştirme aşamasında olduğu söylenebilir. Yenilenebilir ve sürekliliği olan enerji türlerinin kullanılabilmesi için maliyet indirimi ve şebeke arayüz sistemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

4. KAYNAKLAR

- [1] Gençoğlu, M. T. ve Cebeci, M., "Türkiye'nin Enerji Kaynakları Arasında Güneş Enerjisinin Yeri ve Önemi, Türkiye 8. Enerji Kongresi, Cilt:2, Sy: 63-73, Mayıs 2000.
- [2] Nazlı O. S., "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretiminde Kullanımı", D. Ü. F. B. E. Yüksek Lisans Tezi, Kütahya, Ocak 2005.
- [3] Ramakumar, R., Chiradeja, P., "Distributed Generation and Renewable Energy Systems", 37th Intersociety Energy Conversion Engineering Conf. (IECEC), Washington DC, 29-31 July 2002.
- [4] Dicorato, M., Forte, G., Trovato, M., "Environmental-constrained Energy Planning Using Energy-efficiency and Distributed-generation Facilities", Renewable Energy, Vol. 33, No: 6, pp: 1297-1313, 2008.
- [5] Püttgen, H. B., Macgregor, P., R., Lambert, F. C., "Distributed Generation: Semantic Hype or the Dawn of a New Era", IEEE Power Energy Magazine, ISSN: 1540-7977/03, 2003.
- [6] Andrew Goett of CBO's Microeconomic and Financial Studies Division, "Prospects for Distributed Electricity Generation", 2003.
- [7] Brown, R. E., "Reliability Benefits of DG on Heavily Loaded Feeders", IEEE Power Engineering Society General Meeting, pp: 1-4, 24-28 June 2007.
- [8] Stanley, R. B., "Renewable Energy Today and Tomorrow", Vol: 89, No: 8, pp: 1216-1226, August 2001.
- [9] Xu, D., Girgis, A. A., "Optimal Load Shedding Strategy in Power Systems with DG", IEEE Power Engineering Society Winter Meeting, Vol: 2, pp: 788-793, 28 Jan.-1 Feb. 2001.
- [10] Sadeghzadeh, S. M., Ansarian, M., "DG and Renewable Planning with a Linear Programming Model", 1st Int. Power and Energy Conf. (PECon), pp: 48-53, Malaysia, November 28-29, 2006.
- [11] Qiang, M., Wei-yang, W., Zhen-lin, X., "A Multi-directional Power Converter for a Hybrid Renewable Energy DG System with Battery Storage", 5th International Power Electronics and Motion Control Conference (IPEMC), IEEE, Vol: 3, pp: 1-5, China, August 2006.
- [12] Zhengyi, L., Xiangjun, Z., Shuntao, T., Zigang, G., "A Novel Scheme of Stability Control for DG Systems", Int. Conf. on Power System Tech. (POWERCON), pp: 1528-1531, Singapore, November 21-24, 2004.
- [13] So, C. W., Li, K. K., "Protection Relay Coordination on Ring-fed Network with DG, IEEE Region 10 Conference on Computers, Communications, Control and Power Engineering (TENCON), pp: 1885-1888, 2002.
- [14] Ackermann, T., Andersson, G., Söder, L., "Distributed Generation: A Definition", Electric Power Systems Research, Vol: 57, Issue: 3, pp: 195-204, 2001.
- [15] Dai, M., Marwali, M. N., Jung, J., Keyhani, A., "Power Flow Control of a Single DG Unit with Nonlinear Local Load", IEEE Transaction on Power Electronics, Vol: 23, Issue: 1, pp: 343-352, 2008.
- [16] Balakrishnan, J., "Renewable Energy and DG in Rural Villages", First International Conference on Industrial and Information Systems (ICIIS), pp: 190-195, Sri Lanka, August 8-11, 2006.
- [17] Dondi, P., Bayoumi, D., Haederli, C., Julian, D., Suter, M., "Network Integration of Distributed Power Generation", Journal of Power Sources, Vol: 106, Issue: 1-2, pp: 1-9, 2002.
- [18] Zhang, Z. R., Yin, Z. D., Hu, F. X., "Research of Multi-farms Transmission of DG Based on HVDC Light", IEEE International Conference on Power System Technology, pp: 1-6, China, October 2006.
- [19] Azmy, A. M., Erlich, I., "Impact of DG on the Stability of Electrical Power Systems", IEEE Power Engineering Society General Meeting, Vol: 2, pp: 1056-1063, 12-16 June 2005.
- [20] Pepermans, G., Driesen, J., Haseldonckx, D., Belmans, R., D'haeseleer, W., "Distributed Generation: Definition, Benefits and Issues", Energy Policy, Vol: 33, pp: 787-798, 2005.
- [21] Khatri, P. R., Jape, V. S., Lokhande, N. M., Motling, B. S., "Improving Power Quality by DG", The 7th Int. Power Engineering Conf. (IPEC), Vol: 2, pp: 675-678, Singapore, 29 Nov.- 2 Dec. 2005.
- [22] Femia, N., Petrone, G., Spagnuolo, G., Vitelli, M., "Matching the PV Field Orientation to Load Requirements in Stand-Alone Distributed Power Systems", 35th Annual IEEE Power Electronics Specialists Conf., pp: 1933-1938, Germany, 2004.
- [23] Das, D., Esmaili, R., Xu, L., Nichols, D., "An Optimal Design of a Grid Connected Hybrid Wind/Photovoltaic/Fuel Cell System for Distributed Energy Production", 32nd Annual Conference of IEEE Industrial Electronics Society (IECON), pp: 2499-2504, 6-10 Nov. 2005.
- [24] Enjeti, P., "Designing Power Conditioning Systems for Fuel Cells", The India Int. Conf. on Power Electronics (IICPE) 2004, Dec. 20-21, 2004.
- [25] Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, "2005-2006 Türkiye Enerji Raporu", ISSN: 1301-6318, Aralık 2007, Ankara.
- [26] Haktanır, D., "Hava Kirlenmesini Önleyebilecek Yenilenebilir Enerjilerle Yakıt Hücreleri", EMO Bilim dergisi, Cilt: 1, Sayı: 1, Eylül 2001.
- [27] Lisias, V. L., Shahidehpour, M., "Wind Energy and Power System Inertia", IEEE Power Engineering Society General Meeting, pp: 1-6, June 18-22, 2006.
- [28] <http://www.petervaldia.com/technology/energy/wind-energy.php>, 03.01.2008.
- [29] Poullikkas, A., "Implementation of DG Technologies in Isolated Power Systems", Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol: 11, Issue: 1, pp: 30-56, 2007.
- [30] Koeppel, G., "Distributed Generation-Literature Review and Outline of the Swiss Situation", ETH, Zurich, November 2003.
- [31] Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ),

http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/ruzgar/ruzgar_index.html, 03.01.2008.

[32] Bello, M. M., Davidson, I. E., "Performance Analysis of a PV System Coupled to a Universal Motor Using Matlab Tool", IEEE Power Engineering Society General Meeting, pp: 1-6, June 18-22, 2006.

[33] <http://temagem.sdu.edu.tr/index.php?dosya=b3&tur=2>, 03.01.2008.

[34] <http://www.energyquest.ca.gov/story/chapter15.html>, 03.01.2008.

[35] Sanchis, P., Lopez, J., Ursua, A., Marroyo, L., "Electronic Controlled Device for the Analysis and Design of PV Systems", IEEE Power Electronics Letters, Vol. 3, No. 2, June 2005.

[36] Luque, A., Hegedus, S., "Handbook of Photovoltaic Science and Engineering", John Wiley, ISBN: 0-471-49196-9, 2003.

[37] Shepperd, L. P., Richards, E. H., "Solar Photovoltaics for Development Applications", 1993.

[38] Architectural Energy Corporation, "Maintenance and Operation of Stand-Alone Photovoltaic Systems", 1991.

[39] <http://en.wikipedia.org/wiki/Photovoltaic>, 03.01.2008.

[40] Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ), http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/gunes/gunes_index.html, 03.01.2008.

[41] Devlet Planlama Teşkilatı Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, "Elektrik enerjisi Özel İhtisas Komisyonu Raporu", Sy: 4/35, Ankara 2001, <http://ekutup.dpt.gov.tr/enerji/oik585.pdf>, 3.01.2008.

[42] Şimşek, N., "Enerji Sorununun Çözümünde Jeotermal Enerji Alternatifi", Ekoloji Çevre Dergisi, Sayı: 29, Sy: 15-20, 1998,

[43] Toka, B., "Jeotermal Enerji", www.maden.org.tr, 03.01.2008.

[44] Sheth, S., Shahidehpour, M., "Geothermal Energy in Power Systems", IEEE Power Engineering Society General Meeting, Vol: 2, pp: 1972-1977, June 6-10, 2004.

[45] Etemoglu, A. B., Can, M., "Classification of Geothermal Resources in Turkey by Exergy Analysis", Renewable and Sustainable Reviews, Vol: 11, Issue: 7, pp: 1596-1606, 2007.

[46] <http://academic.evergreen.edu/g/grossmaz/heidtken.html>, 03.01.2008.

[47] Akpınar, A. et. al, "Energy Situation and Renewables in Turkey and Environmental Effects of Energy Use", Renewable and Sustainable Reviews, Vol: 12, No: 8, pp: 2013-2039, October 2008.

[48] Yüksel, I., "Global Warming and Renewable Energy Sources for Sustainable Development in Turkey", Renewable Energy, Vol: 33, No: 4, pp: 802-812, April 2007.

[49] Köse, R., "Geothermal Energy Potential for Power Generation in Turkey: A Case Study in Simav, Kutahya", Renewable and Sustainable Reviews, Vol: 11, Issue: 3, pp: 497-511, 2007.

[50] Kaygusuz, K., Kaygusuz, A., "Geothermal Energy in Turkey: The Sustainable Future", Renewable and Sustainable Reviews, Vol: 8, Issue: 6, pp: 545-563, 2004.

[51] Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ), http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/jeotermal/10jeotermal_enerji.html, 03.01.2008.

[52] <http://www.biyogaz.com/bke.htm>, 03.01.2008.

[53] <http://www.ncl.ac.uk/pim/biomass.htm>, 03.01.2008.

[54] Sriram, N., Shahidehpour, M., "Renewable Biomass Energy", IEEE Power Eng. Society General Meeting, Vol: 1, pp: 612-617, June 12-16, 2005.

[55] Energy Policies of IEA Countries: Turkey 2005 Review, IEA/OECD, Paris, 2005.

[56] Saraçoğlu, N., "Biyokütleden Enerji Üretiminde Enerji Ormanlığının Önemi", VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul, Aralık 2008.

[57] Öner, F., "Alternatif Enerjiler", <http://izoder.org.tr/pdfadmin/files/1161250941.pdf>, 23.02.2007.

[58] Mineral Management Service, "Ocean Energy", Washington.

[59] Ben Elghali, S. E., Benbouzid, M. E. H., Charpentier, J. F., "Marine Tidal Current Electric Power Generation Technology: State of the Art and Current Status", IEEE Int. Electric Machines & Drives Conference (IEMDC'07), Vol. 2, pp. 1407-1412, May 3-5, 2007.

[60] Watterson, J. K., Raghunathan, S., "Investigation of Wells Turbine Performance using 3-D CFD", Proc. of the 31st Intersociety Energy Conversion Engineering Conference (IECEC 96), Vol. 3, pp. 1777-1782, August 11-16, 1996.

[61] Thorpe, T. W., "An Overview of Wave Energy Technologies: Status, Performance and Costs", Wave Power: Moving towards Commercial Viability, pp. 1-16, London, November 30, 1999.

[62] Bregman, R., Knapp, R. H., Takahashi, P. K., "Design Considerations for Ocean Energy Resource Systems", IEEE Challenges of Our Changing Global Environment Conference Proc. (OCEAN'95), Vol: 2, pp: 1084-1091, SanDiego, October 9-12, 1995.

[63] Broke, J., "Wave Energy Conversion", Elsevier Press, ISBN 0080442129, 2003.

[64] http://www.energysavers.gov/renewable_energy/ocean/index.cfm/mytopic=50009, 03.01.2008.

[65] Kinoue, Y., Mamun, M., Setoguchi, T., Kaneko, K., "Hysteretic Characteristics of Wells Turbine for Wave Power Conversion (effects of solidity and setting angle)", Int. Journal of Sustainable Energy, Vol. 26, No. 1, pp. 51-60, March 2007.

[66] <http://www.rise.org.au/info/Tech/wave/index.html>, 23.12.2008.

[67] Thorpe, T. W., Picken, M. J., "Wave Energy Devices and The Marine Environment", IEE Proceedings-A, Vol. 140, No. 1, pp. 63-70, January 1993.

[68] <http://www.istanbulhaber.com.tr/haber/deniz-dalgalari-ampul-yakti-1634.htm>, 25.03.2009.

[69] Oral, E., Çelik, V., "Hidrojen Yakıtlı Motor Teknolojisi", Mühendis ve Makine Dergisi, Cilt: 46, Sayı: 540, Sy: 30-40, Ocak 2005.

[70] İder, S. K., "Hidrojen Enerji Sistemi", Metalurji Dergisi, Sayı: 134, Sy: 101-105, 2003.

[71] Karamolla, M., Doğan, H., "Hidrojen Enerjisi Üretimi ve Kullanım Olanakları", MakinaTek Dergisi, Sayı: 100, 2006.

[72] Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ), http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/hidrojen/index_hidrojen.html, 03.01.2008.