

YEŞİL ENERJİ KAYNAKLARI VE TEKNOLOJİLERİ

Bekir YELMEN¹, M.Tarık ÇAKIR²

¹Aksaray Üniversitesi OMYO Makina Bölümü, byelmen@aksaray.edu.tr
²Sağlık Bakanlığı İnşaat ve Onarım Daire Başkanlığı, mutlutar@gmail.com

ÖZET

Günümüzde enerji tüketiminin hızla artmasına paralel olarak alışlagelen enerji kaynaklarının yakın bir gelecekte tükeneceği bilimsel bulgularla ispatlanmış bir gerçektir. Enerji bugün dünya ülkelerinin en önemli sorunlarından biri haline gelmiştir. Tükenmekte olan doğal enerji kaynakları nedeniyle dünya yeni enerji kaynakları arayışı içindedir. Bilindiği gibi kömür ve petrol gibi enerji kaynaklarının ömürleri sınırlıdır. Ayrıca; fosil yakıtların kullanımından dolayı her gün enerji kaynaklı küresel ısınmanın arttığı da bir gerçektir. Elde edilen veriler ışığında enerji ihtiyacımız için alternatif çözümler bulunmalı, yenilenebilir enerji kaynakları değerlendirilmelidir. Özellikle çevre kirliliği ile ilgili problemler arttıkça yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi artmış ve bunlarla ilgili projeler de destek görmeye başlamıştır. Bunun için şu an tüm dünyada enerji üretiminde yeşil enerji kaynakları önerilmekte ve kullanılmaktadır. Bu enerji kaynakları temel olarak hidroelektrik enerji, rüzgar enerjisi, güneş enerjisi, jeotermal enerji, biokütle enerji ve hidrojen enerjisi olarak sınıflandırılabilir. Bu çalışmada yeşil enerji kaynaklarından enerji üretimi yöntemleri, çevre ile ilişkileri ve bu enerji kaynakları ile kullanılan yeni teknolojiler anlatılmıştır. Bu enerji kaynakları arasında karşılaştırmalar yapılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Çevre kirliliği, enerji, fosil yakıtlar, yenilenebilir enerji kaynakları.

1.GİRİŞ

İnsan hayatının başlamasıyla paralel olarak, enerjiye duyulan ihtiyaç da kendiliğinden ortaya çıkmıştır. Çünkü; medeni yaşamın gereği olarak enerjiyi yeteri düzeyde üretmek - temin etmek ve günlük hayatın kullanımına sunmak, insan yaşamının en temel ihtiyaçlarının başında gelmektedir. Aydınlatmadan - ulaşım, ısınmadan - pişirmeye, üretimden - tüketime, iletişimden bilişime, vb. sayısız kullanım genişliği - zenginliği ile enerji kullanımı, günümüz dünyasında sosyal ve ekonomik faaliyetlerimizin vazgeçilmez unsurudur. Enerji aynı zamanda her türlü mal ve hizmet üretiminin ana bileşenidir. Başta kent yaşamında olmak üzere doğal olarak günümüz dünyasında enerji üretimi ve tüketimine ilişkin göstergeler, sosyal ve iktisadi kalkınmışlığın belirlenmesinde kullanılan en başta gelen gelişmişlik ölçütlerindedir. Günümüz kırsal toplumlarında hala, geleneksel usullerle enerji ihtiyacının karşılanması fiziki ve ekonomik zorlukları baskınlığını korumaktadır. Bu da sonuçta, kırsal alanlarda yaşayan ailelerin-kesimlerin

üretim potansiyellerini beklenen verimlilikte ortaya koymalarını engellemektedir. Bu durum kır-kent arasındaki gelir dengesizliğinin artarak devam etmesinde, olumsuz bir dışsallık olarak dikkat çekmektedir. Bugün dünya enerji tüketim talebinin %85'i fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Talebin büyük çoğunluğunun fosil yakıtlardan karşılanması sebebiyle ısınan dünyada iklim değişimleri yaşanmaktadır. Enerji sorununa çözüm bulunmadığı takdirde ekosistem bozulacak, bitki ve hayvan türleri yok olacaktır. Doğaldır ki yoğun hava kirliliği yaşanan kentlerde de zehirlenme vakaları görülmektedir. Böyle muhtemel sonuçların yarattığı endişe enerji konusuna ilgiyi arttırmış ve bilimsel araştırmalar hız kazanmıştır. Hükümetlerce desteklenen bu araştırmalarda tükenen fosil yakıtlar yerine enerji problemine çözüm düşüncesiyle; yeşil enerji kaynakları olarak adlandırılan, güneş, rüzgar, gel-git, jeotermal enerji sistemleri üzerine çalışmalar yoğunlaşarak devam etmektedir. Özel sektörde enerji konusunda araştırmalarda bulunmaktadır. Shell Petrol Şirketi, 2025

yılında yenilenebilir enerji kaynaklarının dünya enerjisine katkısının, fosil yakıtların bugünkü katkısının yarısı ve hatta üçte ikisi kadar olacağını belirtmiştir. Yenilenebilir enerjilerin önemi gaz emisyonlarıyla daha iyi anlaşılabilir. Avrupa Birliği raporlarına göre; yenilenebilir enerji tüketimi 10 yıl içerisinde iki katına çıkarılabilir ise, Avrupa'da karbondioksit emisyonu her yıl 402 Milyon Ton azalacaktır [1]. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Konferanslarında "temiz ve yenilenebilir enerji kaynakları tüketim payı tüm enerjiler içerisinde en az %25 olmalıdır" sonucu çıkmıştır. Bu hedefe en geç 30 yıl içerisinde ulaşılması aksi takdirde dünyada yaşanılmayacak bölgelerin oluşacağı ve değişen iklim koşullarının kalıcı olacağı belirtilmiştir [2,3]. Bunlara önlem olarak Avrupa Birliği 2010 yılı yenilenebilir enerji kaynakları kullanım hedefi şöyledir. 1.000.000 fotovoltaiik çatı (güneş enerjisi) dönüşümü 10.000 MW ilave rüzgar enerjisi artışı 10.000 MW enerjiye eşdeğer ilave biyokütle enerjisi artışı olarak belirlemiştir. Bu hedeflerin gerçekleşmesi halinde karbondioksit emisyonlarında yıllık toplam. 402 milyon tonluk bir düşüş sağlanacağı belirtilmektedir. Ayrıca; enerji ihtiyacının tamamını yenilenebilir enerji kaynaklardan sağlayacak bölgelerin oluşturulması belirtilen hedefler içerisinde [1]. Türkiye'nin de Bakan düzeyinde katıldığı Japonya'nın Kyoto kentinde yapılan "Küresel Isınma" içerikli toplantıda alınan kararlar uyarınca diğer ülkelerin de kabul ettiği enerji politikalarına ülke çapında uyulmak zorundadır. Buna göre, Türkiye enerji tüketim talebini karşılamada yenilenebilir enerji kullanımını özendirilmeli, yeni kurulacak sanayi tesisleri için teşvik sistemini geliştirmeli, kurulu tesislerin sera gazı salım oranlarını denetlemeli ve sektörleri yönlendirici yaptırımları uygulamalıdır. Kyoto sözleşmesine göre gelişmiş ülkeler 2008-2012 yılları arasında atmosfere salacakları sera gazı miktarını 1990 yılı değerinin % 5.4 altına indirmiş

olacaktır [2]. Ortak bir çevre bilincine sahip ülkeler enerji sorununa çözüm bulacaklardır. Günümüzde çözüm için fosil yakıtlara alternatif olarak yaygınlaştırılmak istenilen rüzgar enerjisi, güneş enerjisi ve hidrojen enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynakları alanında Ar-Ge çalışmaları sürdürülmektedir. Ekoloji, canlı varlıklar ile onların doğal çevresi arasındaki ilişkileri inceleyen bilim dalıdır. Her ne kadar ekolojik bilgi, binlerce yıldır insanlar tarafından kullanılmakta ise de, ekoloji bugün yeni bilim dallarından biridir. Özellikle çevre kirliliği sorunlarının başladığı günümüzde oldukça güncel bilim dallarından biri olmuştur [4]. İçinde yaşadığımız dönem konvansiyonel enerji kaynaklarının risk faktörlerinin arttığı sürecin başlangıcıdır. Bu faktörler; klasik enerji kaynaklarının birçoğunun yakın bir gelecekte tükenecek olmaları, çevre için büyük ve geri dönüşümü olmayan tehlikeler yaratmaları ve gelişen teknolojiyi beslemekte yetersiz kalmalarıdır. Bu sebeplerle günümüzde yenilenebilir enerji kaynaklarının çeşitliliği artmakta, bir kısmı ekonomik alternatiflik açısından değer kazanmakta ve bir kısmı üzerinde ekonomik analiz yapılmaktadır. Özellikle 1970 yılındaki enerji krizinden sonra yenilenebilir enerji kaynakları önem kazanmıştır. Bu enerji kaynaklarının tümünün ortak sonucu çevreye kısa ve uzun vadede olumsuz etki oluşturmamalarıdır [5].

Petrol fiyatlarının yükselmesi, kaynaklarının sınırlı olması ve çevre problemleri nedeniyle, petrol ve kömüre dayalı klasik yöntemlerle elektrik enerjisi üretimine alternatif olarak yeşil enerji kaynaklarının kullanımı gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Yeşil enerji kaynakları, rüzgar enerjisi, güneş enerjisi, su gücü, biyolojik yakıt enerjisi, deniz dalgalarının gücü, jeotermik enerji, ve benzeri biçimlerde karşımıza çıkar. Ancak yıllarca süren çalışmalar göstermiştir ki, bunlar arasından rüzgar ve güneş enerjisinin doğrudan elektrik enerjisine dönüştürülebilmesi daha pratik ve kolaydır [6].

Petrol ve doğal gazın yanı sıra, kömür ve nükleer enerji de dünyanın enerji ihtiyacını daha uzun bir süre karşılayabilir [7]. Ancak, hem kömür hem de nükleer enerji ciddi çevre kirliliğine yol açmaktadırlar. Kömür büyük ölçüde madencilik işlemi gerektirdiği gibi, geride kalan alanların başka amaçla kullanımı da güçtür. Ayrıca kömürün yanmasıyla Karbon Dioksit ve Sülfür Dioksit gibi gazlar oluşarak çevre kirliliğine yol açarlar. Nükleer enerjide temel problem ise, artıkların yok edilmesidir [7].

Nükleer artıklar kolayca doğaya karışmamakta ve etkilerini uzun yıllar sonra bile göstermektedirler. Teknolojik olarak gelişmiş ülkelerde bol miktarda kullanılan bu enerji türüne alternatif olarak rüzgar ve güneş enerjisini kullanma yolları araştırılmaktadır. Ancak stratejik önem taşıdığı için nükleer enerji önemini sürdürmektedir ve daha uzun yıllar da sürdürecektir.

2.YEŞİL ENERJİ KAYNAKLARI

2.1. Güneş Enerjisi

Güneş çekirdeğindeki hidrojen gazının helyuma dönüşmesi şeklinde tanımlayabileceğimiz füzyon süreci sonucunda açığa çıkan ışın enerjisi, güneş enerjisidir [8]. Dünyada 330000 kat daha büyük olan güneş, doğal bir füzyon reaktörüdür. Güneş dünyamız için temiz ve tükenmez bir enerji kaynağıdır. Sadece çöllerin kapladığı bölgelere gelen yıllık güneş radyasyonunun, günümüzde tüketilen her çeşit enerjinin yüzlerce katı olduğu ileri sürülmektedir [9]. Sera etkisine yol açan karbondioksit gazının, atmosfere yayılımının %80'i, enerji üretimi, dağıtım ve tüketiminden kaynaklanmaktadır. Karbondioksit, günümüz toplumunun en büyük atık ürünüdür. Kömür yerine kullanılacak olan güneş pilleri sayesinde, karbondioksit miktarında önemli azatlımlar sağlanabilmektedir. Güneş enerjisinden, şimdilik çoğunlukla güneş pilleri aracılığıyla faydalanılmaktadır, kısaca güneş enerjisi günümüzde güneş pilleri anlamına gelmektedir. Güneş pilleri

teknolojisi elektrik üretim ihtiyacını karşılayabilecek düzeydedir [10]. Güneş pilleri konusundaki en önemli engel pillerin maliyetidir. Güneş pilleri üzerinde çalışan firmaların günümüzdeki hedefi, pillerin maliyetini 50 sente kadar düşürmektir, çünkü eğer bu başarılabılırsa, güneş enerjisi şirketleri elektrik ve doğalgaz şirketleriyle rekabet edebilir bir seviyeye geleceklerdir. Pillerin üretiminin ucuzlaması ve bireylerin ihtiyaçları olan bireysel enerjilerini kendilerinin elde edebilme olanaklarının artması sonucu enerji kavramı yeni bir anlam kazanabilecektir. Uzmanlar bu durumu “mevcut teknoloji düzenini yıkan teknoloji olarak” olarak adlandırmaktalar [11] (Parfit, 2005, s.88). Fotovoltaik enerji üretimi, diğer enerji kaynaklarıyla kıyaslandığında henüz ekonomik değildir. Ancak yapılan araştırmalar sonucunda, maliyetlerin düşürülmesi başarılabılmıştır. Bu alanda araştırma yapan ve alanın öncü devletleri, ABD, Almanya ve Japonya, yılda yaklaşık bir milyar dolar civarında yatırımı, bu konuyla ilgili harcamalara yapmaktadırlar. 2050 yılında dünyadaki enerji tüketiminin %15'nin güneşten elde edilmesi planlanmaktadır [12]. Güneş enerjisinin maliyetinin pahalı olmasının yanında bir diğer engeli daha bulunmaktadır; enerji elde etmek amacıyla kurulacak olan güneş panellerine yetecek arazinin bulunması. Mesela ABD'nin tüm elektrik ihtiyacını karşılamak için kurulması gereken güneş panelleri için 26.000 kilometre karelik bir alan ihtiyaç vardır. Bu durumun önemli bir engel olduğu söylenemez, kentlerdeki binaların çatıları veya beton alanlar kullanılarak bu sorun halledilebilir [11]. Günümüzde özellikle ekvator da ve ılıman iklim kuşaklarında güneş enerjisi ısınma ve sıcak su elde etmede oldukça ucuz ve yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. Güneş enerjisinden üretilen elektriğin kapalı havalarda ve geceleri de kullanılabilmesi için depolanması problemi konusunda henüz teknolojik bir takım zorluklar bulunmaktadır [13]. Güneş enerjisi

konusunda, Avrupa Birliği ülkeleri ön sıralarda yer almaktadırlar. Güneş enerjisiyle, enerji dış alım artış hızı frenlenebilir ve fosil yakıtlardan kaynaklanan çevre kirliliği engellenebilir [14]. Çünkü, güneş enerjisi elde etmek amacıyla kurulan sistemler, yanmadan dolayı açığa çıkan gazlar olmaksızın enerjiyi güneşten, direk olarak almaktadır [15]. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli bakımından birçok ülkeye göre oldukça şanslıdır. Ülkemizde güneş enerjisi, genelde sıcak su elde etme amacıyla kullanılmaktadır. Maalesef güneş enerjisi potansiyelimiz yeteri kadar değerlendirilmemektedir.

2.2. Hidrolik Enerjisi

Hidrolik enerji; suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüştürülmesi sonucu elde edilen bir enerji türüdür. Alternatif bir kaynak oluşu, çevreye etkisinin en alt düzeylerde olması, herhangi bir çevre kirliliğine neden olmaması, işletme ve bakım masraflarının az olması, ulusal bir kaynak olması ve güvenilir bir enerji arzı sağlayan bir kaynak oluşu ile hidroelektrik enerjisi, gün geçtikçe önem kazanmaktadır [16].

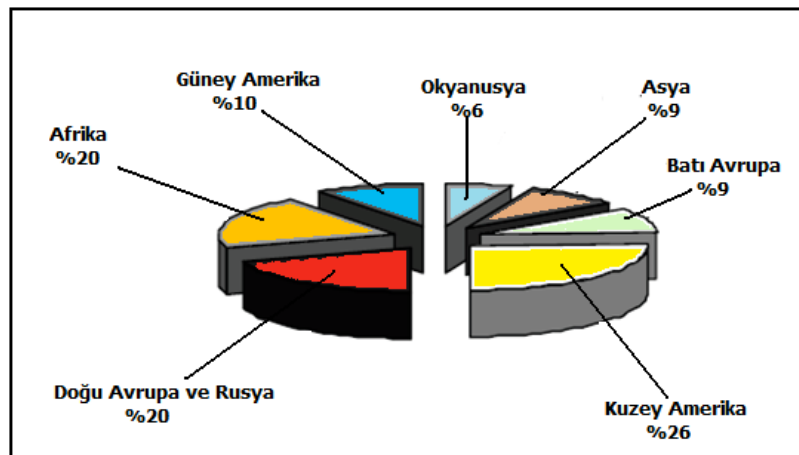
Hidrolik enerjiden yaygın olarak, nehirler üzerine barajlar inşa ederek, suyun potansiyel enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmek suretiyle enerji elde edilmektedir. ABD’de enerji ihtiyacının

%10’nu hidrolik enerjiden sağlanmaktadır. Türkiye’de ise hidrolik enerjiden üretilen enerjinin payı gittikçe azalmaktadır[17]. 1990 yılında elektrik üretiminde, hidrolik enerjinin payın %40 iken, 2010 yılında bu oran %17’ye düşmüştür. Termik santrallerden üretilen enerji miktarının artması hidrolik enerjinin payının düşmesinde etkili olmuştur. Yenilenebilir enerji kaynakları içinde, hidrolik enerji kurulu gücümüz en yüksek paya sahiptir [18].

Hidrolik santraller, termik santrallere ve doğal gaz santrallerine göre çevresel faktörler ve dünyadaki eğilimler karşılaştırıldığında daha avantajlı konumdadırlar [19].

2.3. Rüzgar Enerjisi

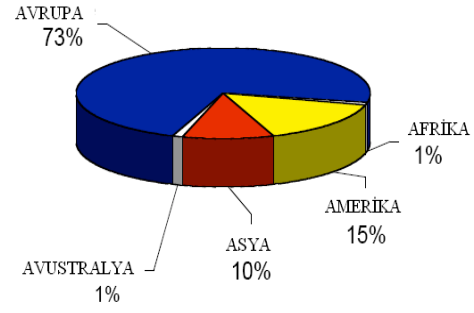
Dünya rüzgar enerji potansiyelinin, 50° kuzey ve güney enlemleri arasındaki alanda 26.000 TWh/yıl olduğu ve ekonomik ve diğer nedenlerden dolayı 9.000 TWh/yıl kapasitenin kullanılabilir olduğu tahmin edilmektedir [20]. Yine yapılan çalışmalara göre, dünya karasal alanları toplamının %27’sinin yıllık ortalama 5.1 m/s’den daha yüksek rüzgar hızının etkisi altında kaldığı belirtilmektedir. Bu rüzgar enerjisinden yararlanma imkanının olabileceği varsayımıyla 8 MW/km² üretim kapasitesi ile 240.000 GW Kurulu güce sahip olunacağı hesaplanmaktadır.



Şekil 1. 2010 yılı Dünya teknik rüzgar enerjisi potansiyelinin dağılımı [21]

Şekil 1. de 2010 yılı dünya teknik rüzgar enerjisi potansiyelinin dağılımı verilmektedir. Özellikle Avrupa ve Amerika sahip olduğu rüzgar enerjisi potansiyelini mümkün olduğunca verimli bir şekilde değerlendirmeye çalışmaktadır.

Şekil 2. kıtalara göre kurulu gücün paylaşımını göstermektedir.



Şekil 2. Kıtalarda kurulu gücün paylaşımı [21]

Şekil 2.'den de görüldüğü gibi, dünya rüzgar enerjisi pazarını Amerika ve Avrupa sürüklemektedir. Amerika'da birçok hanede kişisel kullanım görülmekte; Avrupa'da da bu tip kullanım gitgide yaygınlaşmaktadır [22]. Yeni kurulan rüzgar santrallerinin %90'ı Amerika ve Avrupa'da kurulmaktadır. Bu arada Hindistan'da iyi bir pazarın habercisi olup Amerika ve Avrupa dışında bulunan en büyük kurulu güçtür. Tablo 1. rüzgar enerji santrallerini en çok kullanan ülkeleri göstermektedir[23].

Tablo 1. Rüzgar enerji santrallerini en çok kullanan ülkeler

En Büyük 5 Pazar	2006 (MW)	2007 Sonu (MW)	2008 Eklemeleri (MW)	2009 Sonu (MW)	2010 Sonu (MW)
Almanya	18.428	20.622	22.247	23.903	25.777
ABD	9.149	11.603	16.819	25.170	35.159
İspanya	10.028	11.630	15.145	16.740	19.149
Hindistan	4.430	6.270	7.850	9.587	10.925
Danimarka	3.132	3.140	3.129	3.164	3.465

Rüzgar enerjisi kullanımında dünya genelindeki artış oranı her yıl gitgide azalmaktadır (%21). Bunun nedeni ise özellikle lider pazarların (Amerika, Almanya, Danimarka) yeni santral kurma hızlarının düşmüş olmasıdır[24].

Rüzgar Enerjisinin Avantajları ve Dezavantajları

Avantajları: Fosil kaynaklı ya da başka bir organik veya inorganik yakıtı olmayan

temiz ve emisyonsuz bir enerji kaynağıdır, emisyonu olmadığı için sera gazları oluşturmaz ve küresel ısınmaya katkı yapmaz, yakıt parası yoktur ve işletme masrafları çok azdır. Bu nedenle ekonomik bir enerji kaynağıdır, dışa bağımlı olmayan ve çevresel koşullar uygun olduğunda sürekli enerji oluşturan bir kaynaktır, kullanılan makineler, karmaşık olmayan ve otomatik makinelerdir ve periyodik bakımlar sonucu 20-30 yıllık ömürleri

boyunca sorunsuz çalışırlar, yer kaplamazlar ve buldukları alanlar başka amaçlarla da kullanılabilir, radyoaktif ışınım veya radyasyon tehlikesi yoktur, işletmeye almak ve kullanmak üç ay gibi kısa bir sürede mümkün olabilmektedir, rüzgar türbinleri sadece tek değil gruplar halinde de kullanılabilirler ve dolayısıyla üretilen enerji miktarlarını arttırabilirler, tükenmeyen sonsuz bir enerji kaynağıdır[25].

Dezavantajları: Enerji üretimi rüzgara bağımlı olduğundan rüzgar kesilmesi veya azalması ile enerji kaybı oluşur, rüzgar miktarına bağımlı bir enerji olduğu için sadece yeterli rüzgarın bulunduğu alanlarda kurulabilir, türbin maliyetleri yüksek olabilmektedir ancak gittikçe azalan bir maliyet durumu söz konusudur, büyük dönel bir makine olduğundan ötürü çevrede kuş ölümlerine neden olabilmektedir, rüzgar türbinlerinin kurulacağı alanların durumu önemlidir. Örneğin arazinin engebeli oluşu ya da sit alanlarına yakınlığı mahzur olabilir, rüzgar türbinlerinin meydana getirdiği ses şiddeti çevreye gürültü olarak yansiyabilir, bu gürültü, türbinden uzaklaştıkça azalma eğilimi gösterir, türbin kanatlarından dönerken parçaların kopması çevreye tehlike arz edebilir, türbinler; elektromanyetik dalgaları dağıtabilir veya yön değiştirebilir, bir türbin radyo,televizyon veya mikrodalga ileticisi ile alıcısı arasına kurulduysa elektromanyetik dalgayı etkileyebilir [26].

Rüzgar enerji santrallerindeki gelişmeler

Rüzgar türbinleri ile ilgili gelişmeler teknoloji ile birlikte her geçen gün artmaktadır. Günümüzde rüzgar türbinlerinde en çok gelişen sahalardan biri türbinin elektronik sistemlere adaptasyonudur. Rüzgar enerji santrallerinde aşağıdaki gelişmeler olduğunda bu enerji kaynağının daha da kullanılabilir olacağı aşikardır. Daha verimli tasarım ve üretim (aerodinamik tasarım, gelişmiş yük ve dayanım güvenliği, yüksek dayanımlı ve sönümlü malzemelerin kullanımı, gelişmiş

üretim teknolojileri, yeni konseptlerin oluşturulması, gelişmiş kanat tasarımı ve bakım-onarım masraflarının azaltılması), türbülans altında yüklerin durumunu, yapısını ve türbin ömrüne etkisini kavrayabilmek, sistem model ve simülasyonlarını geliştirmek, entegre jeneratör ve güç elektroniği sayesinde mekanik dişli kutularından kurtulmak, verimli ve düşük maliyetli enerji depolamak, daha iyi rüzgar hızı karakter analizi yapmaktır. Yapılacak araştırmalar sonucunda daha iyi tasarım, geliştirme ve üretim yaparak rüzgar enerjisinin kullanılabilirlik yüzdesini arttırmak temel amaçtır.

2.4. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, yer kabuğunun derinliklerindeki ısının yer altı sularını ısıtması sonucunda ısınan suyun yeryüzüne çıkmasıyla oluşan bir enerji türüdür. Bu enerjinin daha çok ısı enerjisi olarak kullanılması önerilmektedir. Bunun yanında sanayi için diğer enerji kaynaklarından çok daha ucuzdur. Jeotermal enerjinin kullanım tarihi oldukça eskiye dayanmaktadır. Jeotermal enerjiyi ilk kullananlar, eski Romalılardır. Doğal sıcak su olarak termal banyolarda ısıtma ve sağlık amacıyla kullanmışlardır. ABD’de konut ısıtma amacıyla ilk kez 1891 yılında kullanılmıştır. 1904 yılında İtalya’da ilk defa jeotermal kuru buhardan elektrik üretilmiştir. 1969 yılında Fransa’da büyük şehirlerin jeotermal enerjiyle ısıtılmasına başlanmıştır. Türkiye’de ısınma amacıyla ilk olarak 1964 yılında Gönen’de (Balıkesir) bir otelde kullanılmıştır. Türkiye’deki konutların %30’unun jeotermal enerji ile ısıtılması mümkündür. 31500 megawattlık enerjinin günümüzde sadece %2’ si kullanılmaktadır [27]. Jeotermal enerjiden konutlarda ısıtma, kaplıçalarda, sera ısıtmacılığı ve elektrik üretiminde faydalanılmaktadır.

2.5. Biokütle Enerjisi (Biyomass)

Karbon içeren her türlü bitkisel veya hayvansal atıklardan oluşan organik maddelere biokütle denir. Bu kaynaklar,

bitkisel atıklar, hayvansal atıklar ile şehir ve endüstri atıkları olarak sınıflandırılır. Yeryüzünde doğrudan veya dolaylı olarak fotosentezin ürünü olan biokütle, yanma denilen oksijen ile tepkimesi sonucu içinde depolanmış güneş enerjisini ortaya çıkarır. Dolayısıyla her türlü biokütle yakılarak enerji elde edilebilir. Enerji üretme prensipleri termik santrallerle aynıdır. Temel fark yakıt olarak kömür yerine biokütlenin kullanılmasıdır. Biokütle enerjisinin farklı yollardan enerji sağlayabilmesi için birçok formları oluşturulmaktadır. Yenilenebilir biokütle ve biokütleden elde edilen yakıtlar çevresel fayda sağlaması sebebiyle günümüz enerji kullanımında kolaylıkla fosil yakıtların yerine geçebilecektir. Biokütle kaynaklarının sağlanması fosil kaynak sağlanmasından daha pahalıdır. Fakat biokütle yenilenebilir bir kaynak olmasıyla tükenmekte olan fosil yakıtların yanında sürdürülebilir global enerjinin önemli bir unsurudur. Buna ilaveten sera gazları emisyonu ve karbon döngüsünü azaltıp, kırsal ekonominin gelişimini desteklemektedir. Ayrıca biokütlenin gazlaştırılması ile elde edilen gaz, doğal gazın kullanıldığı yerlerde küçük modifikasyonlar yapılarak kullanılabilir ve yaygınlaştırılabilir. Bilinen bir husus da bir husus da bir enerji kaynağı olarak kullanılan biokütlenin birçok dezavantajının olduğudur. Düşük enerji yoğunluğuna sahip (yaklaşık 16-20 MJ/kg) ham biokütle kaynakları direkt olarak yakıldığı takdirde, verim çok düşüktür ve iç-dış mekanlarda yüksek seviyede hava kirliliği oluşmasına neden olur. Sağlığa zararları açısından koku, gürültü, yanma/patlama riski, CO zehirlenmesi, akıt gaz ve gazın temizlenme prosesinden kaynaklı pis su çıkışı dezavantajlarıdır. Biokütle gazlaştırma prosesinde katı yakıt deposu, yanabilen tozlar, yakıtın kurutulması ve üretilen gaz temel risk faktörlerini oluştururlar. Renksiz ve kokusuz olan karbon monoksit gazı solunduğunda tehlikeli bir toksik etki yaratır. Daha az kullanılmasındaki en

önemli faktör; petrol ürünlerine göre üretimi ve depolanmasının daha zahmetli olması, gaz üretim sistemlerinin çalıştırılması için farklı üniteler gerektirmesidir. Yapılan araştırmalara göre, 2025 yılında dünya genelinde biokütleden sağlanacak enerji, Dünya Enerji Konseyi'nin Raporu'nda 1.339.3 Mtep ile 3.291.5 Mtep arasında bildirilmiştir. En düşük öngörüm Dünya Enerji Konseyi'ne aittir. Dünya Enerji Konseyi raporlarında 2020 yılında yeni ve yenilenebilir kaynaklarla enerji talebinin minimum % 3-4'ünün, maksimum % 8-12'sinin. Ortaya konulan senaryoya göre modern biokütle ile sağlanacak enerji jeotermal enerjinin 6.4 katı, rüzgar enerjisinin 2.6-3 katı, güneş enerjisinin 1.6-2.2 katı olabilecektir. Görüleceği gibi en büyük pay modern biokütleye ayrılmıştır. Günümüzde Avrupa Birliği kapsamında enerji tüketiminin % 2-3'ü biokütleden karşılanmakta olup, bazı AB ülkelerinde biokütlenin payı % 10-16 düzeyinde bulunmaktadır. 2020 yılında modern biokütle enerji üretiminin ABD'de 235-410 Mtep, Almanya'da 11-21 Mtep, Japonya'da 9-12 Mtep olması planlanmıştır.

Biokütle enerjili ısı-güç santralleri

Günümüzde elektrik enerjisine katkı sağlamak için atık maddelerden faydalanılabilir. Özellikle büyük yerleşim merkezlerinde toplanılan atıkların daha uzak bölgelere dökülmesi kısa süreli çözümlerdir. Bunları yakarak buradan açığa çıkan ısı enerjisi ile suyu buharlaştırıp türbin-jeneratör grubunun çalıştırılması ile elektrik enerjisi üretmek mümkündür. Ayrıca burada atıklarda çok bol miktarda metan gazı ve açığa çıkmaktadır. Bu gazlar da ısıtma için kullanılabilir. Yapılan araştırmalara göre bu yöntem, yakıttan elde edilen temel enerjinin en yüksek verim olanağını sağlayan tekniktir.

Gazlaştırma

Gazlaştırma biokütleden gaz yakıt elde edilen termokimyasal bir dönüşüm

prosesidir. Diğer bir deyişle biokütle termokimyasal bir dönüşümle gaz yakıtla dönüştürülür. Modernize edilmiş biokütle enerjisi teknolojilerinin amacı üretim ve kullanım sırasında emisyonları azaltırken yakıtın yoğunluğunu arttırmaktır. Üretilen gazın enerji içeriği içten yanmalı motorlarda, kazanlarda ve fırınlarda kullanıma uygundur. Fakat azot içeren gaz orta ve uzun taşımacılık için tavsiye edilmez. Biokütlenin gazlaştırılmasında tam kapasiteli yanmanın sağlanabilmesi için havanın yerine oksidan olarak saf oksijen veya buhar kullanıldığında yüksek enerji yoğunluğuna sahip gaz elde edilir[28].

Isıl değeri düşük olmasının rağmen gaz motorları ve türbinlerinde, elektrik üretiminde veya içten yanmalı motorlarda katı biokütle gazlaştırılarak enerji kaynağı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu metotla kullanılabilir ve modernize edilen gaz yakıtlar daha az zararlı emisyon ile geleneksel yakıtlar gibi kullanılabilir.

Aşağıda üretilen biogazın ısıl değerleri ve diğer yakıtlarla karşılaştırılması verilmiştir[29].

1 m³ Biyogazın Sağladığı Isı Miktarı
(4700-5700 kcal/m³)

• 0,62 litre gazyağı, 1,46 kg odun kömürü, 3,47 kg odun, 0,43 kg bütan gazı, 12,3 kg tezek, 4,70 kWh elektrik enerjisi, eşdeğerindedir.

1 m³ Biyogaza Eşdeğer Yakıt Miktarları;

• 0,66 litre motorin, 0,75 litre benzin, 0,25 m³ propan' eşdeğerdir.

Özellikle atıklardan elektrik enerjisi üretme fikri 1978 yılından sonra yaygınlaşmıştır. İsviçre Bern'de bulunan Parlamento binasının ısıtılması 3 km uzaklıktaki çöp gazından üretilen metan gazı ile olmaktadır. 1990 yılında tamamlanan Fransa Paris'te yer alan St. Queen bölgesindeki santral her yıl 600.000 ton atığı yakmakta, 11 MW güç üretmekte ve ısıtma amaçlı 1.5 milyon ton buhar üretmektedir. 1994 yılında

İngiltere'de Londra yakınlarındaki Deptford santrali 400.000 ton atığı yakmakta, 32 MW güç üretmekte ve 50 MW'lık ısı üretmektedir. Amerika'da Williams Lake (British Columbia'da) santrali 60 MW, El Nido santrali (California'da) 10 MW, Okeelanta Santrali (Florida'da) 74 MW güç üretmektedir. Finlandiya'da Lahti santrali 25 MW güç üretmektedir. Bunlar çalışan santrallardan bazılarıdır[30].

2.6. Hidrojen Enerjisi

Hidrojen, bir element olarak, ilk kez 1766 yılında Cavendish tarafından bulunmuş ve Lavoisier tarafından adlandırılmıştır. Hidrojen, kömür, biyokütle, doğal gaz ve suyun bulunduğu bir çok maddeden elde edilebilen, doğadaki en basit ve en fazla bulunan elementtir [31]. Hidrojen gazı doğada serbest halde bulunmamaktadır. Bu nedenle, doğal bir enerji kaynağı değildir. Hidrojen gazının kullanılabilmesi için, öncelikle bu gazın açığa çıkarılması gerekmektedir. Hidrojen gazı, hem yenilenebilir enerji kaynaklarından hem de fosil yakıtlardan elde edilebilmektedir. Yani hidrojeni elde etmek amacıyla kullanılan yöntem, açığa çıkan enerjinin çevre dostu olup olmayacağını belirlemektedir. Bundan dolayı, hidrojen enerjisi kullanımı küresel ısınmayı tetikleyici etki de yapabilmektedir. Çevre kirliliğini önlemek amacıyla, güneş kaynaklı elektrik enerjisiyle elde edilen hidrojenin, mükemmel bir çözüm olduğu düşünülmektedir. Ancak bu henüz teorik olarak düşünülen bir durumdur. Sınırsız bir kaynak olan güneşten elde edilecek olan elektrik ve bunun esnek, taşınabilir, depolanabilir olması, ayrıca neredeyse hiç çevre kirliliğine neden olmaması, son derece cazip görülmektedir. Ancak bu şekilde elde edilecek olan enerjinin maliyeti, mühendisler tarafından aşılması zor bir engel olarak görülmektedir [31]. Hidrojen elde etmek amacıyla, dünyanın farklı bölgelerinde değişik yöntemler uygulanmaktadır. Brezilya'da nehirlerden, Arjantin'de rüzgardan,

Ekvator'a yakın bölgelerde güneşten, Çin ve ABD'de kömürden, hidrojen enerji elde etmek amacıyla araştırmalar yapılmaktadır. Ülkemizde de Karadeniz'in altmış metre derinliklerinde bulunan hidrojen sülfürden, jeotermal kaynaklardan ve rüzgardan hidrojen enerjisi elde edilmesi planlanmaktadır [32]. Yerel olarak üretimi mümkün olan kolay ve güvenilir bir şekilde taşınabilen ve taşınma aşamasında az enerji kaybı olan, ulaşım araçlarından ısınmaya, sanayiden mutfaklarımıza kadar her alanda yararlanabileceğimiz bir enerji sistemidir. Genellikle, yakıt pilleri olarak kullanılmaktadır. Yakıt pilleri, 1950'lerin sonunda NASA tarafından uzay çalışmalarında kullanılmaya başlanmıştır. Yakıt pilleri, laptoplar, cep telefonları gibi mobil uygulamalarda kullanılmaya yanı sıra elektrik santralleri içinde uygun güç sağlayıcılarıdır.

Yüksek verimli olması ve düşük emisyonları nedeniyle, ulaşım sektöründe de tercih edilmektedir [33]. Elektriği 20. yy. enerji taşıyıcısı olarak nitelendiren çevreler, hidrojeni de 21.yy. enerji taşıyıcısı olarak görmektedirler. Fakat, geleceğin alternatif enerjisi olarak kabul edilen hidrojen enerjisinin üretiminin kullanımının ve bunun doğal dengeleri nasıl etkileyeceği hala tartışılan konular arasındadır. Avrupa Yenilenebilir Enerji Konseyi, hidrojeni, yenilenebilir, temiz enerji kaynaklarından elde edilmedikçe yeşil enerji olmayacağı görüşündedir. Bu durumda önemli olan hidrojen kaynağının temiz olup olmamasıdır [32]. Çünkü

hidrojen, fosil yakıtlardan oldukça ucuz olarak üretilebilmektedir. Ancak karbon gazı açığa çıkararak, hem geri kazanım maliyetlerine ek bir yük getirmekte, hem de karbon gazı ile iklim değişimine katkıda bulunmaktadır. Hava kirliliğini önlemede, iklim değişikliklerini azaltmada ve enerji bağımlılığındaki problemlerde bir çok alternatif sunmaktadır [31].

Geleceğin enerjisi olarak nitelendirilen hidrojen ile ilgili dünyanın ilk ve tek Uluslararası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Merkezi (ICHET) İstanbul'da kurulacaktır. Merkez, gelişmiş ülkelerle gelişmekte olan ülkeler arasında köprü vazifesi yapacaktır. Nisan 2004 tarihinde yapımına başlanan olan merkezin 5 yıl içinde tamamlanması planlanmaktadır. ICHET projesi, 21.yüzyılın enerjisi olarak nitelendirilen hidrojen enerjisi konusunda Türkiye'nin önde olmasını ve zaten var olan, güneş, rüzgar ve biyokütle gibi mevcut enerji kaynakları potansiyelini en iyi şekilde kullanmasını sağlayacak önemli bir girişimdir. Türkiye gibi, sınırlı fosil yakıt kaynaklarına sahip bir ülke için yakın gelecekte güneş-hidrojen sistemine geçmek son derece uygun bir seçenek olacaktır[34].

3.YEŞİL ENERJİ KAYNAKLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Enerji üretim sistemlerinin karşılaştırılması, çevre ve ekonomik açıdan yapılmıştır. Bunun için de tablolar halinde açıklanmıştır.

Tablo 2. Enerji türlerinin bağımlılık ve kalan ömürlerinin karşılaştırılması

	Dışa Bağımlılık/Yerellik	Kalan Ömrü(YIL)
Petrol	Dış	40-45
Kömür	Yerel/Dış	200-250
Doğalgaz	Dış	60-65
Nükleer	Dış	-
Hidrolik	Yerel	-
Güneş	Yerel	-
Jeotermal	Yerel	-
Rüzgar	Yerel	-

Tablo 3. Enerji türlerinin yaklaşık olarak yatırım ve birim enerji maliyetlerinin karşılaştırılması

	Yatırım Maliyeti (\$/kWh)	Üretim Maliyeti (cent/kWh)
Petrol	1500-2000	6
Kömür	1400-1600	2.5-3
Doğalgaz	600-700	3
Nükleer	3000-4000	7.5
Hidrolik	750-1200	0.5-2
Güneş	Yüksek	10-20
Jeotermal	1500-2000	3-4
Rüzgar	1000-1200	3.5-4.5

Tablo 4. Enerji türlerinin çevresel etkilerinin karşılaştırılması

	İklim Değişikliği	Asit Yağmuru	Su Kirliliği	Toprak Kirliliği	Gürültü	Radyasyon
Petrol	+	+	+	+	+	-
Kömür	+	+	+	+	+	+
Doğalgaz	+	+	+	-	+	-
Nükleer	-	-	+	+	-	+
Hidrolik	+	-	-	-	-	-
Güneş	-	-	-	-	-	-
Jeotermal	-	-	+	+	-	-
Rüzgar	-	-	-	-	+	-

Yukarıdaki tablolara baktığımızda yenilenebilir enerji kaynakları oldukça avantajlı görünmektedir. Bir tek yatırım maliyeti ve birim enerji maliyeti diğer enerji kaynaklarına nazaran daha pahalıdır. Teknolojinin ilerlemesiyle ve seri imalata geçilmek suretiyle ileriki yıllarda daha da ucuzlayacağı aşıkardır. Yenilenebilir enerji kaynakları ile kurulan santrallerin güçlerini, fosil yakıtlı santrallerin güçleri ile karşılaştırmak mümkün değildir. Bu sebeple yenilenebilir enerji kaynakları ile çalışan santraller ile fosil yakıtlı santralleri karşılaştırmaya gerek yoktur, yenilenebilir enerji kaynakları her zaman diğer enerji kaynaklarının tamamlayıcısı olmuştur.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Türkiye'nin enerji kaynakları ile artan nüfus ve gelişen sanayinin enerji gereksinimi karşılanamamaktadır. Bu nedenle enerji üretimi ve tüketimi arasındaki açık hızla büyümektedir. Enerji kaynaklarının hızla tükenmesi de göz önüne alınarak yeşil enerji kaynaklarının kullanımı özendirilmeli, özel sektör bu

alandaki teşvik edilmelidir. Bu amaçla, ülke öz kaynaklarının daha etkin biçimde kullanımının önemi artmıştır. Ancak halen enerji üretimi tekeli konusunda gerekli yasal düzenlemeler tam olarak yapılmamıştır. Bu konudaki kanuni engeller ortadan kalkarsa şahıs veya şirket bazında tüketiciler kendi enerjilerini üretme yönünde adımlar atabilir ve yeşil enerjilerle ilgili üretim kapasitemiz artabilir. Alternatif enerji kaynakları, enerji talebindeki hızlı artışın karşılanmasında etkin olarak kullanılmalı ve bu alandaki araştırmalara destek verilmelidir. Özellikle yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili teknik ve malzeme eksikliğini gidermeye yönelik olarak, yani yurt dışına bağımlılığı azaltmak için üniversite ve şirket bazında Ar-Ge çalışmaları hızlandırılmalıdır. Bu tip çalışmalarda bulunan kurumlara daha fazla destek sağlanmalıdır. Enerji üretim yöntemleri kullanılırken çevreyi ve iklimi korumaya özen gösterilmelidir.

KAYNAKLAR

[1].<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:FWvLmOTpT6gJ:www.ekodialog.com/.14.10.2011>

[2]. 1-10 Aralık 1997'de Kyoto'da yapılmış olan Birleşmiş Milletler İklim değişikliği Çerçeve Anlaşması Tarafları 3. Konferansı'nın sonuç protokolü.

[3]. Gürsoy, Umur; Dikensiz gül :temiz enerji, İskenderun Çevre Koruma Derneği Yayını 1999.

[4]. Muslu, Y., "Ekoloji ve Çevre Sorunları", Aktif Yayınevi, 2000

[5]. Sorensen, B., "Renewable Energy", Third Edition, Elsevier, 2004

[6]. J.W. Twidell and A.D. Weir, "Renewable Energy Resources", E.& F.N. Spon Ltd.,London, New York, 1986.

[7]. G.L. Johnson, "Wind Energy Systems", Prentice Hall, 1985.

[8].www.eie.gov.tr/turkce/gunes/gunesenerjisi.html. (01-09-2004)

[9]. Karabulut, Yalçın. (2000). Türkiye Enerji Kaynakları, A.Ü Basımevi, Ankara

[10]. Uzunoğlu, Mehmet & Ramazan Yüksel & Mert Ok. (2001). "Güneş Enerjisi ve Kullanım Alanları" Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, TMMOB, 12-13 Ekim 2001, Kayseri, ss. 89-95

[11]. Parfit, Michael. (2005). "Alternatif Enerji", National Geographic, Ağustos-2005, ss.88

[12]. Doğan, Mehmet. (2001). "Sanayileşme ve Çevre Sorunları", Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, TMMOB, 12-13 Ekim 2001, Kayseri, s.245-251

[13]. Özemre, Ahmet Yüksel. (1996). "Stratejik Meta Olarak Enerji", 1.Uluslararası Nükleer Enerji ve Çevre Sorunları Sempozyumu, Edirne,ss.70-81

[14].www.tubitak.gov.tr/btpd/btspd/platform/enerji/altgrup/cevre/bolum4.pdf

[15]. Parfit, Michael. (2005). "Alternatif Enerji", National Geographic, Ağustos-2005,ss.87

[16].www.tubitak.gov.tr/btpd/btspd/platform/enerji/altgrup/cevre/bolum2.pdf,

[17]. Çengel, Yunus A. (2003). "Dünyada ve Türkiye'de Jeoterma, Rüzgar ve Diğer Yenilenebilir Enerjilerin Kullanımı", Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, TMMOB, 3-4 Ekim Kayseri, s.1-14

[18]. Türkiye'nin Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı'nın Geliştirilmesi Projesi Enerji Sektörü Mevcut Durum Değerlendirmesi Raporu", (2.Taslak, Ekim 2010) Hazırlayan: Tülin Keskin-Ekim, s.20

[19]. Çetinkaya, Merve & Filiz Karaosmanoğlu. (2004). "Türkiye Enerji profili ve Hidrojen", www.dizayn.com/223/223/turkiye_enerji.pdf ,

[20]. www.windpower.com/index.htm

[21]. Mehel, N., 2010, Dünya'da ve Türkiye'de Rüzgar Enerjisi Potansiyeli, Kullanımı ve Almanya-Türkiye Karşılaştırması, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.

[22]. Johnson, G.L., "Wind Energy Systems", Manhattan, 2001

[23].<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:HmgzsJ5lzTUJ:tr.wikipedia.org/> 8 Ekim 2011

[24].<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:HmgzsJ5lzTUJ:tr.wikipedia.org/> 14 Ekim 2011

[25]. Walker J. F., Jenkins N., "Wind Energy Technology", Unesco Energy Engineering Series, 19-57,84-85,106-131, 1997

[26]. Gipe P., "Wind Energy Basics", Chelsea Green Publishing Company, 2003

[27]. İnan, Demir. (2001). Geçmişten Bugüne Enerji Kullanımı, Temiz Enerji

Vakfı Yayınları, Ankara

[28]. Acaroğlu, M., "Alternatif Enerji Kaynakları", Atlas yayını, 2003

[29]. <http://www.eie.gov.tr>

[30].<http://www.rmi.org/sitepages/pid703.php>

[31]. Ersöz, Atilla, Sevim Yolcular, Özden Olgun (2001). "Geleceğin Yakıtı Hidrojen", Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, TMMOB 12-13 Ekim 2001, Kayseri, ss.239-244

[32]. Ayman, Oya. (2004). "Hidrojen: Geleceğin Temiz Enerji mi?", National Geographic, Şubat, s.22

[33].www.eie.gov.tr/turkce/hidrogen/hidrogen.html.

[34]. www.hidroner.com,