

# YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ KULLANIMININ ÇEVRESEL OLUMLU ETKİLERİ

Kamil B.Varınca, M. Talha Gönüllü

YTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü, 34349, Beşiktaş-İstanbul  
[kvarınca@yildiz.edu.tr](mailto:kvarınca@yildiz.edu.tr); [gonul@yildiz.edu.tr](mailto:gonul@yildiz.edu.tr)

## ÖZET

Enerji kaynakları, üretimlerinde meydana getirdikleri çevresel etkiler ve süreklilikleri ile tercih edilebilirlikleri değişmektedir. Bu çalışmada, yenilenebilir enerji kaynaklarının sahip olduğu olumlu çevresel etkilerin, fosil yakıtlardan kaynaklanan olumsuz etkilere göre her bir tür kaynak için incelenmesi amaçlanmış ve bu amaçla fosil yakıtlardan kaynaklanan olumsuz etkiler ile yenilenebilir enerji kaynaklarından meydana gelen olumlu etkiler kategorize edilerek kıyaslama yapılmıştır. Sonuçta tüm bu bilgiler ışığında, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına yönelik çevresel önerilerde bulunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Yenilenebilir enerji kaynakları, fosil yakıtlar, çevresel etkiler.

## ABSTRACT

Preference of energy resources is depending on their environmental impacts created during their production and their continuity. In the search, a categorical comparison of fossil fuel sources and renewable energy sources was made in order to review negative and positive aspects of theirs. Finally, by aid of all this information, suggestions were presented related in the matter.

**Keywords:** Renewable energy sources, fossil fuels, environmental impacts.

## 1. GİRİŞ

Fosil kaynaklı enerji üretim ve kullanımı, insan ve çevre sağlığı üzerinde olumsuz etkiler meydana getirmektedir. Bu olumsuz etkiler, başta hava kirliliği olmak üzere çeşitli çevre sorunlarının meydana gelmesi ve bunun sonucunda halk sağlığının tehdit edilmesi olarak tanımlanabilir. Mesela kömür yakıldığında, yakılan her gram kömür başına 4 gram karbondioksit (CO<sub>2</sub>) açığa çıkmaktadır. Gerekli tedbirlerin alınmadığı yanma olaylarında yakılan kömürün dört misli ağırlığında CO<sub>2</sub> atmosfere verilerek sera etkisine sebep olmaktadır [1]. Tüm bu olumsuz etkiler, çevrenin yaşanamaz hale gelmesi ve insan ölümlerine neden olması gibi canlı yaşamını tehdit eden büyük sonuçlar doğurabilecek düzeydedir.

Gelinen noktada, fosil kaynaklı enerji üretim ve kullanımından kaynaklanan çevresel olumsuzluklar ve fosil kaynakların kısıtlılığı gibi konular göz önünde bulundurulduğunda, çevresel olumsuzlukları az olan ve kaynak kısıtlılığı göstermeyen yeni ve yenilenebilir enerji

kaynaklarına yönelmek gerektiği açıkça görülmektedir. Ayrıca, yenilenebilir enerji kaynaklarının sahip olduğu çevresel olumlu etkiler, bu kaynakların fosil yakıtlara kıyasla çevresel açıdan tercih edilmesinin kolay ve yaygınlaşmasının hızlı olmasını sağlayacaktır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının ilk çevresel olumlu etkisi, fosil kaynaklı enerji üretim ve kullanımının meydana getirdiği zararın durdurulması olacaktır. Zararın bir anda durdurulması yeterli olmayacak, fosil yakıtların kullanımından meydana gelen şimdiye kadar ki zararın düzeltilebilmesi için gerekli zaman zarfında da fosil yakıtlar yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması gerekecektir.

İşte bu sebeple, günümüzde klasik enerji kaynaklarına ek olarak, yeni ve yenilenebilir enerji kaynağı olarak isimlendirilen güneş, rüzgâr, jeotermal, hidrojen, deniz-dalga enerjileri ve biyokütle gibi enerji kaynakları üzerine çalışmalar ve araştırmalar yapılmakta ve uygulamalar gerçekleştirilmektedir.

## **2. KLASİK FOSİL KAYNAKLI YAKITLAR VE ÇEVRESEL ETKİLERİ**

Enerji üretiminde en önemli çevre sorunları termik santrallerden özellikle de linyite dayalı elektrik üretim santrallerden kaynaklanmaktadır [2]. Termik santraller yakılan çeşitli fosil yakıtlardan (kömür, fueloil, doğalgaz v.b.) elde edilen ısı ile suyun ısıtılarak yüksek basınçlı buhar haline dönüştürülmesi ve buhar vasıtasıyla elektrik jeneratörlerinin çok hızlı şekilde döndürülerek, jeneratörlerdeki magnetlerden oluşan elektrik impulslarının yoğunlaştırılması sonucu elektrik enerjisi üretimi esasına dayanır [3]. Genelde kömür yataklarına yakın inşa edilirler [4].

Termik santraller linyit kömürünün çıkarılmasından, yakılan kömürün oluşturduğu külün depolanmasına kadar geçen birbirine bağımlı birçok işlemle önemli çevre kirliliği oluşturdukları gibi bu kirlilikten insan, hayvan ve bitkiler de etkilenmektedir. Kömürün yakılması ile bölgesel ölçekte asit yağmurlarına, yerel ölçekte insan sağlığı, bitki ve malzemelere zararlı etkilere sebep olan SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub>, küresel ölçekte ısınmaya yol açan CO<sub>2</sub> gazlarının açığa çıkması gibi çevresel etkileri vardır [3, 4].

### **2.1. HAVA KİRLİLİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRME**

Termik santrallerde kullanılan kömürün kükürt içeriğinin yüksek ve ısı değerinin düşük olması halinde SO<sub>2</sub> ve partikül madde emisyonları yüksek olmakta ve önlem olarak santrallere elektrofiltreler ve Baca Gazı Desülfürizasyon (BGD) tesislerinin kurulmasını gerekli kılmaktadır. Ancak tesiste filtre yoksa veya iyi çalıştıramıyorsa kirleticilerin ve

uçucu küllerin atmosfere verilmesi sonucu önemli bir hava kirliliği oluşur. Uçucu küller huzme ile birlikte havaya yayılarak ağırlıklarına ve meteorolojik koşullara göre bacadan itibaren belirli mesafelerde yere çökerler. Bu esnada içerdikleri Co, Cd, Zn, Pb, Cu gibi metal bileşikler de hem yerel ölçekte alıcı ortamda (ormanlar, meralar, tarlalar vb.) tarla bitkileri veya meyve ağaçları üzerinde zehirli etki yapabilirler, hem de bölgesel ölçekte huzmede bulunan SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> gazlarının asit yağmurlarına dönüşmesinde katalizör etkisinde bulunurlar [3, 4]. Doğalgaz kombine çevrim (DGKÇ) santrallerinde ise yanma sıcaklığının ve yanma sırasında kullanılan hava miktarının yüksek olması nedenleri ile NO<sub>x</sub> oluşumu yüksek olabilmektedir [2].

Fosil yakıt kullanımının dayandığı yanma teknolojisinin kaçınılmaz ürünü olan CO<sub>2</sub> yayılımı sonucunda, atmosferdeki CO<sub>2</sub> miktarı, son yüzyıl içinde yaklaşık 1,3 kat artmıştır. Önümüzdeki 50 yıl içinde bu miktarın, bugüne oranla 1,4 kat daha artma ihtimali vardır. Atmosferdeki CO<sub>2</sub>'in neden olduğu sera etkisi, son yüzyıl içinde dünya ortalama sıcaklığını 0,7 °C yükseltmiştir. Bu sıcaklığın 1 °C yükselmesi, dünya iklim kuşaklarında görünür değişimlere, 3 °C düzeyine varacak artışlar ise, kutuplardaki buzulların erimesine, denizlerin yükselmesine, göllerde kurumalara ve tarımsal kuraklığa neden olabilecektir [5, 6].

## **2.2. SU KİRLİLİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRME**

Termik santrallerin soğutma sularını deşarj ettikleri su ortamındaki normal sıcaklık derecesi zamanla yükselerek, termik santral kurulmadan önceki doğal halinden farklı yeni bir sıcaklık dengesi oluşur. Sıcaklık sulardaki canlılar ve canlı metabolizması üzerinde hızlandırıcı, katalizleyici, kısıtlayıcı ve öldürücü gibi çeşitli etkilerde bulunur. Sıcaklık aynı zamanda sudaki çözülmüş oksijen konsantrasyonunun azalmasına neden olmaktadır [4].

Isı-su kütlelerinde biyolojik süreçleri hızlandırır, çözülmüş oksijen azalır. Su bitkilerinin büyümesini arttırarak suda tat ve koku problemine yol açar. Termik santrallerde kullanılmakta olan soğutma suyu pompalarla çekilerek arıtmadan geçirilmekte ve bu sırada geçici sertlik giderimi, çöktürme ve mikroorganizmaların yok edilmesi aşamalarında kimyasal maddeler ilave edilmektedir. Kullanılan bu kimyasallar soğutma suyunun bir alıcı ortama verilmesi durumunda alıcı ortamda kirliliğe sebebiyet vermektedir. Ayrıca santral bacasından çıkacak olan kirletici gazların oluşturacağı asit yağmurları da suların pH'ını değiştirebilmektedir. Uçucu küllerde bulunan Fe, Mn, Co, Cu, Zn, Pb, U gibi ağır metaller de zamanla taban suları vasıtasıyla alıcı ortama varabilmektedir [4].

### **2.3. KATI ATIK VE TOPRAK KİRLİLİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRME**

Katı atıklar, kömüre dayalı termik santrallerden atılan kül ve cüruf ile Baca Gazı Desülfürizasyon (BGD) tesisi atığı olan alçıtaşıdır. Çıkan atık miktarının çok olması ve atığın bertarafı sorun olarak durmaktadır [2].

Termik santrallerin bacasından çıkan duman bileşenlerinin zamanla yere çökmesi, çevresindeki alanlarda toprak kirliliğine neden olabildiği gibi, yanma sonucu linyit kömüründe %35–55 oranında bulunan küller de kül barajında toprak üzerinde depolanarak toprak kirliliği oluştururlar. Ayrıca, kömürün çıkarılması sırasında büyük alanlardan toprağın alınarak kömür olmayan alanlara yığılması da yanlış arazi kullanımına neden olduğu için bir nevi toprak kirliliği sayılmaktadır [4].

### **3. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI VE ÇEVRESEL ETKİLERİ**

Yenilenebilir enerji kaynaklarını güneş, rüzgâr, jeotermal, hidrojen, deniz-dalga ve biyokütle enerjileri olarak sıralamak mümkündür. Aşağıda bu enerji kaynaklarını çevresel etkileri ayrı ayrı ele alınmıştır.

#### **3.1. GÜNEŞ ENERJİSİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİ**

Güneş enerjisi günümüzde konut ve iş yerlerinin iklimlendirilmesi (ısıtma-soğutma), yemek pişirme, sıcak su temin edilmesi ve yüzme havuzu ısıtılmasında; tarımsal teknolojide, sera ısıtması ve tarım ürünlerinin kurutulmasında; sanayide, güneş ocakları, güneş fırınları, pişiricileri, deniz suyundan tuz ve tatlı su üretilmesi, güneş pompaları, güneş pilleri, güneş havuzları, ısı borusu uygulamalarında; ulaşım-iletişim araçlarında, sinyalizasyon ve otomasyonda, elektrik üretiminde kontrollü olarak kullanılmaktadır [7, 8, 9, 10].

Güneş enerjisi hem bol ve bedava hem de sürekli ve yenilenebilir bir enerji kaynağı oluşunun yanında insanlık için önemli bir sorun olan çevreyi kirlletici atıkların bulunmayışı, yerel olarak uygulanabilmesi, işletme kolaylığı, dışa bağımlı olmaması, karmaşık bir teknoloji gerektirmemesi ve işletme masraflarının az olması gibi üstünlükleri sebebiyle son yıllarda fosil yakıtlardan meydana gelen çevresel etkilerin azaltılması için kullanılan yaygın yenilebilir enerji kaynaklarından biridir.

Bunların yanında Güneş enerjisinin sahip olduğu olumsuzluklar şöyle sıralanabilir. Birim düzleme gelen güneş ışınımı az olduğundan büyük yüzeylere ihtiyaç duyması, Güneş ışınımı sabit ve sürekli olmadığından depolama gerektirmesi, depolama imkânlarının ise sınırlı oluşu, enerji ihtiyacının fazla olduğu kış aylarında güneş ışınımı az ve geceleri de hiç

olmayışı, Güneş ışınımından faydalanan sistemin güneş ışığını sürekli alabilmesi için çevresinin açık olması gerekliliğidir [10, 11].

### **3.1.1. Hava Kirliliği ve Emisyonlar Açısından Değerlendirme**

Güneş kaynaklı enerji üretim sistemlerinde atmosfere herhangi bir direkt kirleticisi (zehirli gazlar, sera gazları vs) emisyonu bulunmamaktadır. Dolaylı olarak yapılan kirleticisi emisyonları hesaba katıldığında bile emisyon miktarı çok düşük olmaktadır [6, 12].

### **3.1.2. Su Kirliliği ve Deşarjlar Açısından Değerlendirme**

Güneş kaynaklı enerji üretim sistemlerinde direk bir deşarj bulunmamaktadır. Sistemin yapısına bağlı olarak içerisinde bulunan kimyasal maddeli suyun herhangi bir kaza anında deşarjı söz konusu olabilir ancak bu normal şartlar için değil olağandışı haller için geçerlidir [6, 12].

### **3.1.3. Atıklar Yönünden Değerlendirme**

Güneş kaynaklı enerji üretim sistemlerinde çıkan atıklar sistemde kullanılan malzeme ve maddelerden oluşur. Oluşacak atık miktarı herhangi bir fosil yakıtlı enerji üretim sistemi ile kıyaslanmayacak derecede düşüktür. İlk kurulum esnasında kullanılan malzeme miktarı çok olabilir ancak uzun ömürlü olmaları sürekli olarak atık üretimini engellemektedir. Normal işletme şartlarında güneş pili sistemlerinde ne gaz veya sıvı kirleticisi ne de radyoaktif madde yayılımı vardır [6, 12].

### **3.1.4. Görüntü ve Gürültü Kirliliği Açısından Değerlendirme**

Kullanılan sistemin türüne bağlı olarak görüntü kirliliği oluşturabilirler ancak bugün gelen noktada binalarda kullanılan sistemler binaya uyumlu bir şekilde, arazide kurulan sistemler ise arazinin yapısına bağlı olarak tasarlandıklarında bu tür bir kirliliğinin oluşması önlenmektedir. Gürültü ise bu sistemlerde herhangi bir mekanik parça bulunmadığından bulunmamaktadır. Oluşabilecek yegâne gürültü kaynağı inşa aşamasındaki gürültüdür [6, 12].

### **3.1.5. Habitat ve Canlı Yaşama Olan Etkiler Açısından Değerlendirme**

Güneş kaynaklı enerji üretim sistemleri kuruldukları yere ve türlerine bağlı olarak canlı yaşamını etkilemektedirler. Doğal ekosistemlerde alan kullanımının etkisi alanın topografyası, doğal güzellik veya hassas ekosisteme uzaklık ile alanın biyoçeşitliliği gibi özel faktörlere bağlıdır. Etkiler ve alan üzerindeki değişikliklerle inşaat aşaması esnasında yer hareketleri ve taşınma hareketleri gibi inşaat faaliyetlerinden dolayı karşılaşmak muhtemeldir. Ayrıca bozulmuş toprak arazilerinde kurulmaları arazinin iyileştirilmesi açısından olumlu etki yapmaktadır [6, 12]. Güneş santralleri, barajlı hidroelektrik santrallerinden daha az yer

kapsamaktadır. Gerek güneş pili ve gerekse termik tip güneş santrallerinin kapsadıkları alan, 0,025 km<sup>2</sup>/MW düzeyinin altındadır. Barajlı hidrolik santraller için bu alan 1 km<sup>2</sup>/MW düzeyine kolayca ulaşabilmekte, hatta bunun üzerine çıkmaktadır [5].

### 3.2. RÜZGÂR ENERJİSİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİ

Rüzgâr, güneş enerjisinin dünyanın oldukça değişken olan yüzeyini eşit ısıtmamasından kaynaklanan sıcaklık, yoğunluk ve basınç farklarından dolayı oluşan yatay hava hareketleri olarak tanımlanmaktadır [2, 13]. Buradan hareketle, güneş var oldukça rüzgârın ve bunun neticesinde de gücünün var olacağı söylenebilir. Rüzgâr enerjisi ise hava kütlesinin sahip olduğu kinetik enerjinin mekanik enerjiye dönüştürülmesi ile oluşur. Rüzgâr enerjisi, dönüşüme uğramış güneş enerjisidir [4, 14].

Rüzgâr, önüne bir engel konulması veya sabit bir engelle karşılaşması halinde, onun üzerine bir basınç uygular. Böyle bir engelin harekete müsait olması durumunda, rüzgâr, o engelin hareket etmesine de sebep olur. İşte bu mantıktan hareketle, bir mil etrafında dönebilecek bir pervanenin (türbin) rüzgâr etkisi ile o mil etrafında dönmesi mümkün olabilmektedir. Bu fikir günümüzdeki rüzgâr türbinleri ile eski çağlardaki yel değirmenlerinin ilk çalışma ilkelerini teşkil eder [15].

Rüzgâr santrallerinin avantajları; hammaddelerinin atmosferdeki hava olması, kurulumlarının diğer enerji santrallerine göre daha hızlı oluşu, temiz ve sürdürülebilir enerji kaynağı olmaları, enerjide dışa bağımlılığı azaltmaları, fosil yakıt tüketimini azaltmaları neticesinde sera etkisinin azaltımına katkıları, her geçen gün güvenilirliklerinin artması ile maliyetlerinin ucuzlaması, bunun yanında rüzgâr türbinlerinin kurulduğu arazinin tarım alanı olarak kullanılabilmesi gibi sıralanabilir [13].

Rüzgâr enerjisinin hammaddesi tamamen atmosferdeki hava hareketleri olduğundan hava veya çevre kirlenmesi şeklinde bir kirlenici etkisi bulunmamaktadır [13]. Rüzgârdan enerji eldesi için kullanılan 1 MW kapasiteli bir türbin, aynı enerji kömür ile çalışan bir santralden karşılanmak istendiğinde yakılacak olan ve 135.000 ağacın üretebileceği oksijeni tasarruf etmek demektir. Herhangi bir radyoaktif ışınım tahribatı yapmamaları, atık üretmemeleri, hammadde için dışarıya bağımlı olmamaları, teknolojilerinin basitliği, atmosfere ısı emisyollarının olmaması, işletmeye alınma sürelerinin kısıtlılığı gibi avantajlar rüzgâr türbinlerini günden güne tüm dünyada daha da popüler yapmaktadır [16].

Rüzgâr kaynaklı enerji üretim sistemlerin sahip olabileceği muhtemel olumsuzluklar ise şöyle sıralanabilir. Büyük arazi kullanımı, gürültü, görsel ve estetik etkiler, doğal hayat ve

habitata etki, elektromanyetik alan etkisi, gölge ve titreşimler olarak sıralanabilir [17]. Ayrıca kesikli bir enerji kaynağı olması da dezavantaj olarak söylenebilir [15].

### **3.2.1. Hava Kirliliği ve Emisyonlar Açısından Değerlendirme**

Rüzgâr kaynaklı enerji üretim sisteminde hammadde rüzgâr olduğu ve herhangi bir yanma söz konusu olmadığından dolayı bir kirlletici emisyonu da söz konusu değildir. Bu sebeple hava kirliliğine sebep olmazlar [15].

### **3.2.2. Su Kirliliği ve Deşarjlar Açısından Değerlendirme**

Rüzgâr kaynaklı enerji üretim sistemlerinin diğer enerji üretim sistemlere kıyasla en büyük avantajı soğutma suyuna ihtiyaç duymamalarıdır. Bu sebeple herhangi bir su deşarjı olmaz ve su kaynaklarının kirlenmesi söz konusu değildir [4, 14].

### **3.2.3. Atıklar Yönünden Değerlendirme**

Rüzgâr kaynaklı enerji üretim sistemlerinde atık üreten bir işlem söz konusu olmadığından atık üretimi yoktur. Çıkabilecek yegâne atıklar kullanılan ve ömrünü doldurmuş malzemelerdir. Bunların da uygun yöntemler ile bertarafı yapılabilmektedir [15].

### **3.2.4. Görüntü ve Gürültü Kirliliği Açısından Değerlendirme**

Rüzgâr kaynaklı enerji üretim sistemlerinde kullanılan teknoloji ve tasarıma bağlı olarak görüntü ve gürültü kirliliği meydana gelebilir ancak tesisin kurulduğu yer, yerleşim şekli ve türbin tasarımlarına göre bu tür kirliliklerin düzeltilmesi her zaman mümkündür. Zaten proje yapılırken bu tür etkiler düşünülerek ve en aza indirilerek tasarım yapılmaktadır [2, 4, 14, 17, 18, 19, 20].

### **3.2.5. Habitat ve Canlı Yaşama Olan Etkiler Açısından Değerlendirme**

Rüzgâr kaynaklı enerji üretim sistemlerinin arazi uygulamaları geniş alanlara ihtiyaç duymaktadır. Ancak türbinler arasında tarım yapılabilmesi bu olumsuz etkiyi fırsata çevirmektedir [2, 4, 14, 19, 20]. Rüzgâr türbinlerinden kaynaklanan gürültü ve sesin, yapmış oldukları titreşimlerin insanlara, binalara ve diğer canlılara çeşitli olumsuz etkileri vardır [4, 15]. Ancak bunlar uygun teknolojik önlemlerle giderilebilmektedir. Türbinler doğal hayata ve habitata da çeşitli etkilerde bulunur. Etkiler canlı türlerine, mevsime ve yer özelliğine bağlı olarak değişir [18, 20, 21]. Türbinler kuş ölümlerine de sebep olmaktadır. Kuşlar bu rüzgâr türbinlerine doğru sürüklenmekte, çok hızlı dönen pervanelerden kaçamamakta ve ölmektedirler [14, 17, 21].

Rüzgâr türbini veya üretim donanımı elektromanyetik alana tesir edip Radyo-TV alıcılarında parazit yapabilirler. Fakat engellenmesi basit ve ucuzdur [2, 4, 14, 20, 21]. Enerji

üretmek amacıyla kurulan rüzgâr çiftliklerinin görsel etkilerinden söz etmek mümkündür [17]. Görsellik, estetik öznel bir olgudur. Ancak temel kıstas, doğaya uyumlu bütünleşmiş bir görsel etkinin oluşturulmasıdır [19].

### **3.3. JEOTERMAL ENERJİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİ**

Jeotermal enerji, yer kabuğunun 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. Ayrıca herhangi bir akışkan içermemesine rağmen bazı teknik yöntemlerle ısısından yararlanılan, yerin derinliklerindeki "Sıcak Kuru Kayalar" da jeotermal enerji kaynağı olarak nitelendirilmektedir [14].

Jeotermal akışkanın korozyona ve kireçlenmeye sebep olabileceği, içerdiği bor yüzünden tarımsal sulamaya uygun olmadığı, yapısındaki karbon dioksit ve hidrojen sülfür gibi gazların açığa çıktığı bilindiğinden, jeotermal enerji uygulamalarında bazı teknolojik önlemlerin alınması gerekmektedir. Hem rezervuar parametrelerinin korunması, hem de jeotermal suyun ve gazların çevreye zarar vermesinin önlenmesi için tüm dünyada yasalarla zorunlu hale getirilmiş olan reenjeksiyon (akışkanı yeraltına geri verme) uygulanmaktadır [2].

Jeotermal enerjinin aranması aşamasında çevreyi en çok etkileyebilecek husus, sondaj çalışması sırasında olabilmektedir. Arama aşamasında alınan tedbirlerle çok küçük ölçekli kalıcı olmayan bu etkiler bertaraf edilebilmektedir. Yeni nesil jeotermal elektrik santrallerinde çevre kirliliği sifıra yakındır. Yakıt yakılmadığından azot emisyonu oluşmamaktadır, kükürt dioksit emisyonu ise çok düşüktür. Binary jeotermal santraller sayesinde gaz emisyonu hiç bulunmamaktadır. Binary jeotermal santraller ile yüzeye akışkan atılmamaktadır. Santraller az alan kaplamakta ve görüntüyü bozmamaktadır [2].

Jeotermal enerji kaynaklarının çevre üzerindeki muhtemel olumsuz etkileri: yüzey deformasyonu, akışkanın çekilmesiyle oluşan fiziksel etkiler, gürültü, termal kirlilik ve zararlı kimyasal maddelerin ortaya çıkmasıdır. [14].

### **3.4. HİDROJEN ENERJİSİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİ**

Hidrojen bir birincil ya da doğalgaz enerji çeşidi olmayıp, bir başka enerji tüketilerek elde olunan sentetik yakıt durumundaki enerji taşıyıcısıdır. 21. yüzyılın yakıtı olarak varsayılmaktadır. Giderek ağırlaşan çevre sorunu ve küresel ısınma, tükenen hidrokarbon kaynakları hidrojen gibi sentetik yakıtları cazip duruma getirmektedir. Hidrojen motor yakıtı



olarak kullanılabilirdi gibi sanayide, elektrik üretiminde, konutlarda güvenle kullanılabilir durumdadır. Uygulamaya aktarılabilir üretim, taşıma, dağıtım, kullanım teknolojileri geliştirilmiş, uluslararası standartlar çıkarılmıştır. Hidrojen çağına ekonomik koşullara göre 10–15 yılda girilmesi beklenmektedir.

Yakıt pilleri, yakıt olarak kullanılan hidrojeni havadaki oksijenle birleştirerek direkt olarak izotermal bir işlemle elektrik enerjisine çeviren aletlerdir. Mevcut tüm yakıt pilleri hidrojen ve oksijenin su oluşturmak üzere fonksiyonlarından faydalanarak elektrik üretmektedirler. Yakıt pillerinin kurulu güçleri 200 kW–25 MW arasında değişmektedir. Teknik açıdan en gelişmiş olan yakıt pili tipi fosforik asitli yakıt pilleridir ve ticari olarak 200 kW'lık modüller halinde bulunmaktadır [2].

Bu üretim sonucunda su çıktığı için herhangi bir atık oluşumu veya gaz emisyonu yoktur. Herhangi bir mekanik işlem olmadığı için gürültü oluşmaz ve görüntü kirliliği ise meydana gelmez.

### **3.5. DENİZ KAYNAKLI ENERJİLER VE ÇEVRESEL ETKİLERİ**

Deniz enerjileri; deniz-dalga, boğaz akıntıları, med-cezir ve deniz sıcaklık gradyenti olarak tanımlanmaktadır. Bu sebeple herhangi bir madde giriş çıkışı olmadığından atık üretimi, gaz-sıvı emisyonu bulunmamaktadır. Kullanılan sisteme göre gürültü veya görüntü kirliliğine sebep olursa da bunun giderilmesi de zor değildir. En önemli etkileri habitata ve canlı yaşamına olan etkilerdir.

Bazı santraller oldukça büyük hacimlerde deniz suyu alınması ve başlatılmasını gerektirir. Bu santrallerle okyanusun hem yüzeyinden hem de derinliklerinden her bir MW elektrik çıkışı için her bir saniyede yaklaşık 4 m<sup>3</sup> su yer değiştirmektedir ve bu su kütlesi yaklaşık 100 ve 200 m arasındaki bir derinliğe deşarj edilmektedir. Bu devasa debiler, santral yakınlarındaki okyanus termal yapısını bozabilmektedir. Ayrıca okyanusun tuzluluk derecesini ve büyük miktarlardaki çözünmüş gazları, basıncı, besinleri, karbonatları ve bulanıklığı değiştirir. Bütün bu değişikliklerin büyüklükleri çevresel etki açısından dikkate alınması gereken oldukça önemli kıstaslardır. Yapılan çalışmalarda dalgalı güç projelerinin çevresel etkileri her bölgenin kendine özgü farklılıklarına ve büyük ölçüde yerel coğrafi yapılarına bağlı olduğu belirlenmiştir [14].

### 3.6. BİYOKÜTLE ENERJİSİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİ

Klasik ve modern anlamda olmak üzere biyokütleyi iki grupta ele almak mümkündür. Birincisi; konvansiyonel ormanlardan elde edilen yakacak odun ve yine yakacak olarak kullanılan bitki ve hayvan atıklarından oluşur. İkincisi yani modern biyokütle enerjisi ise; enerji ormancılığı ve orman-ağaç endüstrisi atıkları, tarım kesimindeki bitkisel atıklar, kentsel atıklar, tarıma dayalı endüstri atıkları olarak sıralanır. Günümüzde enerji tarımı adını verdiğimiz bir tarım türü oluşmuştur. Bu tarım türünde C4 adı verilen bitkiler (şeker kamışı, mısır, tatlı darı vb.) yetiştirilmektedir. Bu bitkiler suyu ve karbondioksiti verimli kullanan, kuraklığa dayalı verimi yüksek bitkilerdir [14].

Biyokütle yenilenebilir ve genel anlamda çevreye uyumlu bir enerji kaynağı olmakla birlikte günümüzdeki kullanılan tür ve kullanım şekli ile bazı çevresel etkilere sebep olabilmektedir. Örneğin, çöp ve benzeri bazı atıkların yakılması ve ortaya çıkacak atıkların kontrolü birçok çevresel önlemin alınmasını gerektirmektedir. Aynı zamanda, depolanmaları ile geçici görsel çevre kirliliği yaratılmaktadır [2].

### 4. ÇEVRESEL ETKİLER BAKIMINDAN KAYNAKLARIN MUKAYESESİ

Enerji üretiminde kullanılan kaynakların üretim esnasında oluşturdukları çevresel etkilerini gösterir çizelge, Tablo 1’de verilmiştir. Tabloda kaynağın belirtilen etkisi varsa “+”, yoksa veya çok az ise “-“ işareti konmuştur. Etkilerde derecelendirilme yapılmamış, sadece etkinin olup olmadığına bakılmıştır. Bu sebeple değerler izafidir.

Tablo 1. Kaynak türlerine göre çevresel etkiler

Kaynak	Emisyonlar, Hava Kirliliği ve İklim Değişikliğine Katkı	Deşarjlar, Su Kirliliği ve Sulak Alanlara Etki	Atık Oluşumu	Görüntü Kirliliği	Gürültü Kirliliği	Habitat ve Canlı Yaşamına Etki
Fosil Yakıtlar	+	+	+	-	+	+
Güneş	-	-	-	+	-	-
Rüzgâr	-	-	-	+	+	+
Jeotermal	-	+	-	-	+	+
Hidrojen	-	+	-	-	-	-
Deniz-Dalga	-	+	-	+	+	+
Biyokütle	+	-	+	+	-	+

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Her enerji üretim ve taşınım metotları çevreyi etkilemektedir. Geleneksel enerji üretiminin, hava, iklim, su, toprak ve vahşi hayata zarar verdiği, buna ilaveten zararlı radyasyon oranını yükselttiği açıktır. Yenilenebilir teknolojiler, büyük ölçekte birçok ciddi çevresel ve sosyal problemlere güvenli çözüm sunmaktadırlar

Yenilenebilir enerji kaynakları, konvansiyonel enerji kaynakları ile kıyaslandıklarında çok büyük çevresel faydalara sahiptir. En büyük avantajları hava emisyonları ve atık ürünlerin yokluğu veya azlığıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı hava, su ve toprak kalitesinin korunmasına ve doğal dengenin idamesine yardımcı olacaktır.

Büyük enerji üretim sistemleri kurulurken dikkat edilmesi gereken hususların başında alan kullanımı, habitat ve canlı yaşamına olan etkileri gelmektedir. Sistemin kurulacağı alanın doğal bitki örtüsü ve yaşam alanına zarar vermeden alanla bütünleşik bir yerleşimi çok önemlidir. Herhangi bir görüntü ve gürültü kirliliğine sebep olunmaması buna bağlıdır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının sahip olduğu çevresel etkilerin çoğu mevcut teknolojik imkânlar sayesinde azaltılıp hatta tamamen çözüme kavuşturulabilmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1]. ALTIN V., “*Enerji Sorunu ve Türkiye*”, Mimar ve Mühendis Dergisi, Sayı: 33, Nisan-Mayıs-Haziran, 2004.
- [2]. Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), “*Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Elektrik Enerjisi Özel İhtisas Komisyonu Raporu*”, DPT: 2569 – ÖİK: 585, Ankara, 2001.
- [3]. GONCALOĞLU B. İ., ERTÜRK F., ERDAL A., “*Termik Santrallerle Nükleer Santrallerin Çevresel Etki Değerlendirmesi Açısından Karşılaştırılması*”, Ekoloji Çevre Dergisi, Sayı: 34, Ocak-Şubat-Mart, 2000.
- [4]. KÜLTÜR, Ö. F., “*Enerji ve Çevre İlişkisi*”, Mimar ve Mühendis Dergisi, Sayı: 33, Nisan-Mayıs-Haziran, 2004.
- [5]. ÜLTANIR, M.Ö., “*21. Yüzyılın Eşiğinde Güneş Enerjisi*”, Bilim ve Teknik, Sayı: 340, S: 50-55, Mart 1996.
- [6]. VARINCA, K. B., VARANK, G., “*Güneş Kaynaklı Farklı Enerji Üretim Sistemlerinde Çevresel Etkilerin Kıyaslanması ve Çözüm Önerileri*”, Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi, İçel, 24–25 Haziran 2005.
- [7]. DİZER, M., “*Kaybolan Güneş Enerjisi ve İstifade Yolları*”, Bilim ve Teknik, Sayı: 7, S: 3-5, Mayıs 1968.
- [8]. TAHİROĞLU, A.T., “*Güneş Enerjisinden Yararlanma Çalışmaları*”, (çeviri), Bilim ve Teknik, Sayı: 33, S: 29-30, Ağustos 1970.
- [9]. AYGÜN, E., “*Güneş Enerjisi Nedir? Nasıl Faydalanılır?*”, Bilim ve Teknik, Sayı: 257, S: 22-23, Nisan 1989.
- [10]. BİLİR, Ş., “*Alternatif Enerji Sistemleri*”, Mimar ve Mühendis Dergisi, Sayı: 33, Nisan-Mayıs-Haziran, 56-58, 2004.

- [11]. GLASS, D., “Güneş Işığını Enerjiye Çeviren Hücreler”, Bilim ve Teknik, Sayı: 171, S: 8-10, Şubat 1982.
- [12]. TSOUTSOS, T., vd., “Environmental Impacts From The Solar Energy Technologies”, Energy Policy, 33, 289-296, 2005.
- [13]. ŞEN, Z., “Temiz Enerji ve Kaynakları”, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, 2002.
- [14]. AKKAYA, A. V., AKKAYA KOCA, E., DAĞDAŞ, A., “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çevresel Açından Değerlendirilmesi”, IV. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu Bildiri Kitabı Cilt I, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, 16–18 Ekim 2002.
- [15]. VARINCA, K. B., VARANK, G., “Rüzgâr Kaynaklı Enerji Üretim Sistemlerinde Çevresel Etkilerin Değerlendirilmesi ve Çözüm Önerileri”, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları / Enerji Yönetimi Sempozyumu, Kayseri, 3–4 Haziran 2005.
- [16]. Bursa Çevre Merkezi, “BÇM Aktüel”, Aylık bülten, www.bcm.org.tr, Bursa, Mayıs, 2000.
- [17]. Türkiye Çevre Vakfı, “Türkiye’nin Çevre Sorunları 2003”, Ankara, 2003.
- [18]. The European Wind Energy Association, “Wind Energy – The Facts Volume 4 Environment”, Belgium, 2003.
- [19]. PEKER, Z., “Rüzgâr Enerjisinin Çevresel Etkileri ve Bu Etkilerin Azaltılmasında Planlamanın Rolü”, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, II. Çevre ve Enerji Kongresi, İstanbul, 15–16–17 Kasım 2001.
- [20]. Discussion, “Footprints in the Wind? Environmental impacts of wind power development”, Refocus, volume 3, issues 5, pages 30-33, September-October, 2002.
- [21]. Pimentel, D., Rodrigues, G., and et. al, “Renewable Energy: Economics and Environmental Issues”, Bioscience, volume 44, no: 8, September, 1994.