

Fosil Yakıtsız Yaşama Doğru



Enerji

İşe giderken araba kullanmak, evde ışıkları yakmak, telefonu kullanmak, yemek pişirmek... Tüm bunları yapabilmek için enerji gerekiyor. Günlük yaşamda yaptığımız birçok şeyin enerjiye ne kadar bağlı olduğunu düşününce, enerjisiz yaşamın hayali bile zor geliyor. Buna karşın, enerjiyi pek de dikkatli kullandığımız söylenemez. Enerji elde ederken çevreyi düşünüyor muyuz? İnsanlık olarak "hep bana, hep bana" duygusuyla mı hareket ediyoruz?

İNSANLIK tarih boyunca, doğanın işleyiş yönünü değiştiren başarılar kazanmıştır. Bu başarılar insanlığa çoğu zaman rahatlık ve mutluluk getirmiştir. Ancak, ekolojinin temel önermelerinden biri olan "Doğaya karşı elde edilen her başarının bir bedeli vardır" ilkesinde belirtildiği gibi, bu başarıların bedelleri zaman zaman ödenmektedir. Doğa kendisine yapılan her müdahaleye tepki verir ve ona karşı kazanılmış başarı bir anda yenilgiye dönüşebilir. Başarı yenilgiye dönüştükten sonra da geri dönüş çok zor ya da olanaksızdır. Kendi kendini dengeleyen bir bütün olan doğada, insanın ileriye düşünmeden yaptığı değişiklikler, bu bütünün dengelerini bozmaktadır. Bozulan bu dengelerin yeniden kurulmasının çok zor olması, doğanın dokunulmazlığını daha da artırmaktadır. Tüm bunlar, insanın doğada yapacağı değişikliklerin umulmadık sonuçları olabileceği düşünülerek, atılacak adımların doğaya aykırı düşmemesi ya da beklenen sonuçlar varsa, bu sonuçların getirilerine yönelik önlemler alınması gerektiğini göstermektedir. Başka bir deyişle, doğaya uyumlu davranmanın gerekliliği vurgulanmaktadır.

Dünya Fosil Yakıt Rezervleri					Dünya Fosil Yakıt Rezervlerinin Kullanılabilir Süreleri			
Bölge	Petrol (milyar ton)	Doğalgaz (trilyon m ³)	Kömür (milyon ton)		Bölge	Petrol (yıl)	Doğalgaz (yıl)	Kömür (yıl)
			Taş kömürü	Linyit				
Kuzey Amerika	4,9	7,4	117177	132006	Kuzey Amerika	9,7	11,2	269
Latin Amerika	17,7	7,6	6900	4530	Latin Amerika	43,5	75,2	240
OECD Üyesi Avrupa	2,2	5,3	29333	67591	OECD Üyesi Avrupa	9,1	25,8	192
OECD Dışı Avrupa*	8,1	57,1	136167	179282	OECD Dışı Avrupa*	19,9	68,9	329
Orta Doğu	89,6	44,9	193	-	Orta Doğu	95,1	>100	325 +
Afrika	8,2	9,7	60811	1267	Afrika	25,1	>100	
Asya ve Okyanusya	6,0	10,0	170832	133093	Asya ve Okyanusya	17,6	53,0	171
Toplam Dünya	136,7	142,0	521413	517769	Toplam Dünya	43,1	64,9	236

*OECD üyesi olmayan Avrupa ülkeleri ve eski SSCB *Orta Doğu ve Afrika Bölgesi'ne ait kullanılabilir süreleri toplam olarak verilmiştir. Kullanım süreleri, herhangi bir yılın sonunda rezerv olarak geride kalan fosil yakıt miktarının o yıl içinde yapılan üretim miktarına bölünmesiyle hesaplanmıştır.

Enerji elde edilirken çevreye bırakılan atıklar doğada birikmektedir. Ne yazık ki, doğanın bu atıkları yok edebilecek doğal işleyişleri yeterli olamamaktadır. Bütün canlılar arasında, ortalıkta artık, atık bırakmayan, çok iyi kurgulanmış bir düzen vardır. Oysa, enerji elde etmek için düzene bir sürü atık bırakılmakta ve doğa bu atıklarla nasıl baş edeceğini henüz belirleyemediğinden istenmeyen bir birikim yaratılmaktadır. Bu birikim diğer dengeleri bozmakta ve dünyayı yeni sorunlarla karşı karşıya bırakmaktadır. Bu süreç yavaş yavaş gerçekleştiğinden, ileride nasıl bir çevre ile karşı karşıya kalınacağı konusunda tahmin yapmak artık güçleşmektedir.

Petrol, dünyada çok yaygın olarak kullanılan fosil yakıtlardan biridir. Yeraltındaki bitki ve hayvanların fosillerinden oluşur. Yeryüzünde açılan sondaj kuyularıyla çıkarılır ve daha sonra rafinerilerde işlenir. Petrol rezervlerinin bir süre sonra tükeneyeceği düşünülmektedir.

Dünyada Fosil Yakıt Kullanımı

Dünyada var olan enerji kaynakları tükenir ve tükenmez olarak iki grupta incelenir. Petrol, kömür ve doğalgaz tükenir enerji kaynaklarıdır. Çok uzun sürelerde oluşan bu enerji kaynaklarının depolanmaları da uzun sürelerde gerçekleşir. Bu yüzden, dünyada kullanılanları çok yaygın olan bu kaynakların önümüzdeki yüzyıl içinde önemli ölçüde azalacakları tahmin edilmektedir. ABD, Japonya ve Almanya'nın da üyesi olduğu OECD, dünyadaki enerji tüketiminin büyük bir bölümüne hakimdir. 1993 yılında OECD'ye üye 24 ülke, dünya enerji tüketiminin % 53'ünü gerçekleştirmiştir; bunlardan, ABD ve Kanada dünyanın en fazla enerji kullanan ülkeleridir. ABD, 1993 yılında OECD'nin gereksindiği enerji miktarının yaklaşık yarısını ve dünyanıninkinin yaklaşık dörtte birini kullanmıştır. Asya ülkeleri başta olmak üzere gelişmekte olan ülkelerde ise, 1980'lerden itibaren hızlı ekonomik gelişmeye bağ-

lı olarak enerji talebinde büyük artışlar olmuştur.

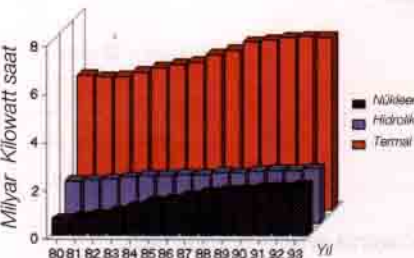
1980-1993 yılları arasında fosil yakıtların enerji kaynağı olarak kullanımını geçmiş yıllara göre farklılıklar göstermiştir. Petrol, dünyanın enerji gereksinimini karşılayan en önemli kaynak olmayı sürdürmüştür, fakat pazardaki payı azalmıştır. 1980'de enerji tüketiminin % 46'sı petrole dayalıyken, 1993'te bu oran % 39'a düşmüştür. Doğalgaz tüketimi 1980'de % 19 oranındayken, 1993'te % 22'ye yükselmiştir. Atmosfere yüksek miktarda karbon yayılmasına yol açan kömür kullanımı 1980'de % 26, 1993'te ise % 25 oranlarında kalmıştır. 1980 sonrasında bazı azalmalar olmasına karşın dünyanın temel enerji kaynağı fosil yakıtlardır ve bu, bir süre daha böyle sürecek gibi görünmektedir.

Isıl (termal), su gücü (hidroelektrik), çekirdek (nükleer), yeriçi ısı (jeotermal), güneş ve rüzgâr gibi kaynaklardan elektrik üretimi ise, yıldan yıla kararlı artışlar göstermektedir.

Fosil Yakıt Kullanımına Bağlı Çevre Sorunları

Enerji üretimi ve tüketiminin etkileri, her enerji kaynağının birim enerji üretimine karşılık gelen kirlenici madde ve miktarları, bunların çevredeki dağılımları, halk sağlığı üzerine etkileri ve zehirliliği ile çevre üzerine uzun dönemli etkileri açısından ele alınabilir. Fosil yakıtlar yüksek oranda karbon içerdiğinden çevrede zararlı birikimler yapabilmektedir.

Fosil yakıtların yanması sonucunda, karbon dioksit, karbon monoksit, kükürt dioksit, azot oksitler, uçucu organik bileşikler, radyoaktif maddeler ile tanesal maddeler açığa çıkmakta-

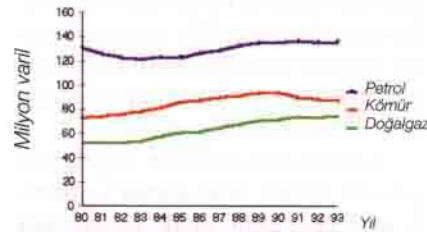


Dünyada, kaynaklara göre elektrik enerjisi üretimi



Enerji üretimi ve üretilen enerjinin taşınması sırasında oluşan kazalar, canlı ve çevre açısından büyük tehlikeler yaratmaktadır. Nükleer enerji santrallerinde ortaya çıkan kazalar, radyoaktif yayımlara ve bulaşmalara yol açar. Petrol taşınması sırasında olan kazalar, ekosistemlere petrolün yayılmasına ve doğal dengelerin bozulmasına yol açar. 24 Mart 1989'da Alaska'da Exxon Valdez tanker kazası da böyle kazalardan biridir.

dır. Binalarda, sanayide ve termik santrallerde yakıt olarak kömür kullanıldığında, bilinen kirlilik etmenlerinin yanı sıra kül de açığa çıkar. Bu kül kadmiyum, civa, kurşun ve arsenik gibi ağır metaller içerdiğinden, yüksek oranda kirlenici etkiye sahiptir. Büyük şehirlerde görülen hava kirliliği, özellikle bu karbon kökenli enerji kaynaklarının (kömür, petrol gibi) yakılması sonucunda oluşan gazların atmosfere verilmesinden kaynaklanmaktadır.



Dünyada petrol, kömür ve doğalgaz tüketimi

Petrol, kömüre göre daha az, doğalgaza göre daha fazla kirliliğe yol açar. Ancak bu, petrolün yarattığı kirliliğin zarar vermediği anlamına gelmez. Petrol ürünlerinin yakılması sonucunda hidrokarbonlar ve kurşun açığa çıkar. Trafiğin yoğun olduğu şehirlerde bu tip maddelerin zehirleyici etkisi daha fazla hissedilmektedir. Birçok ülkede ve Türkiye'de taşıtların kullandığı yakıtlarla ilgili kontrol mekanizmalarının bulunmaması, arabaların eski olması, bakımlarının düzenli yapılmaması ve yasal sınırlamaların yeterli olmaması nedeniyle, motorlu taşıtlardan çıkan kirlenitçiler, diğer hava kirlenitçilerin toplamı içinde önemli bir paya sahiptir.

Atmosferde normal olarak bulunan sera gazları (CO₂, NO_x, CH₄ ve CFC), güneş ışınlarından gelen enerjinin tutulmasını sağlar. Bu durum atmosferin



ortalama sıcaklığını dengede tutar. Sera gazlarının artmasının var olan dengeyi bozup, küresel ısınmaya yol açarak iklimsel değişiklikler ortaya çıkaracağı sanılmaktadır. Sera etkisini oluşturan etmenlerin % 46'sını enerji kaynakları oluşturmaktadır. Sera gazlarından karbon dioksit, % 55'lik bir oranla, doğal sıcaklık dengelerinin bozulmasında en büyük etkiye yapmaktadır. Karbon dioksiti fotosentez yapmak için doğal olarak kullanabilen bitkiler, diğer çevresel bozulmaların da etkisiyle hızla azalırken, atmosferdeki karbon dioksit miktarı da hızla artmaktadır. Fosil yakıtların yanması sırasında, havanın içinde bulunan azot gazının da yanması ile oluşan NO_x gazları atmosferin yüksek kısımlarındaki ozon ile etkileşime girerek ozon miktarını azaltır. NO_x, karbon monoksit (CO) ve diğer uçucu gazların yarattığı yayımların (emisyonların) düzeyleri, yakma teknolojisinin özelliklerine bağlıdır. NO_x'in açığa çıkması yanma sıcaklığına bağlıdır. Türkiye'de NO_x yayımları, linyite dayalı termik santrallerde kullanılan teknolojiye bağlı

Elektrik enerjisinin üretimi ve iletimi konusunda gelişmiş teknolojiler, çevre üzerine olan etkileri azaltırken, enerji gereksiniminin karşılanmasında da kolaylıklar getirecektir. Enerjiden tasarruf edilmesi hem üreticileri hem de tüketicileri kâra geçirecektir.





İklim Değişikliği Çerçeve Anlaşması

Küresel ısınmaya neden olan gazların atmosferde artışını önlemek, gaz yayılımlarını kontrol altına almak, sabit tutmak ve azaltılmasına yönelik olarak, Birleşmiş Milletler Çevre Kalkınma Konferansı'nda İklim Değişikliği Çerçeve Anlaşması 1992 yılında imzaya açılmıştır. En fazla yükümlülük gelişmiş ülkelere verilmiştir. Bu ülkeler gaz yayılımlarının 2000 yılına kadar 1990 yılı düzeyinde kalmasını sağlayacaklardır. Gelişmekte olan ülkelere mali ve teknolojik yardımlar yapılacaktır. Türkiye, kısa sürede köklü değişiklikler yapamayacağından ve anlaşma yükümlülüklerini yerine getiremeyeceğinden bu anlaşmayı imzalamamıştır. Sözleşmenin gereklerini yerine getirmek üzere hazırlık çalışmalarna başlamıştır.

olarak sorun yaratmamaktadır. Kükürt dioksit (SO₂) ve karbon dioksit (CO₂) yayılımları ise doğrudan doğruya tüketilen enerji miktarına bağlıdır. Güç santrallerinden ve taşıtlardan yayılan kükürt oksit asit yağmurlarına yol açarak, bitkilerin ve özellikle ağaçların büyümesini etkiler, orman ve ekosistemlere zarar verir. Türkiye'de linyite dayalı termik santrallerden kükürt dioksit yayılımlarının azaltılması için özel önlemler alınması gerekmektedir. Termik santrallerde kurulan kükürt arıtma tesisleri, kükürt yayılımını önemli ölçüde azaltmaktadır.

Kükürt ve azot oksitli bileşikler, insanlarda kronik hastalıklara yol açar, tarım ürünlerini etkiler, yapılarda aşınmaya neden olur ve tarihi eserlere zarar verir. Bunların yanında gaz patla-

maları, petrol kuyuları ve maden yataklarında olan kazaların da, çevreye kontrolsüz yayılıma yol açmaları nedeniyle, büyük zararları vardır.

Kömür, üretimi ve nakli sırasında, ayrıca kullanıldığı yerlerde çevreyi kirlenmeye sebep olur. Kuyulardan çıkarılmış olan ham petrole, hava kirlenmeye sebep olan ve aşındırıcı özelliklerini azaltmak amacıyla kükürt bileşiklerini uzaklaştırarak damıtma ve arıtma işlemleri uygulanır. Arıtma sırasında, çevrede su ve hava kirlenmesi ortaya çıkmaktadır. Petrolün yol açtığı kirlenmelerden bir diğeri de taşınması sırasında meydana gelmektedir. Tankerlerle taşınırken, deniz suyuyla yıkanan tanklardan çıkan yağlı suyun denize verilmesi ya da deniz kazaları sonucunda, petrol denize dökülmektedir.

Bu durum sadece denizde yaşayan canlıları etkilemekle kalmayıp, ciddi bir yanma tehlikesi oluşturmaktadır. Türkiye'de boğazlar (özellikle İstanbul Boğazı) bu tehlikeyle yüz yüzedir.

Borularda kaçak olup olmadığının uçaklarla kontrol edilebilmesi ve kaçak olan yerlerde bitkilerdeki sararmalar yüzünden kolaylıkla gözlenip kontrol altında tutulabilmesi nedeniyle petrolün boru hatlarıyla taşınması daha az tehlikeli görünmektedir.

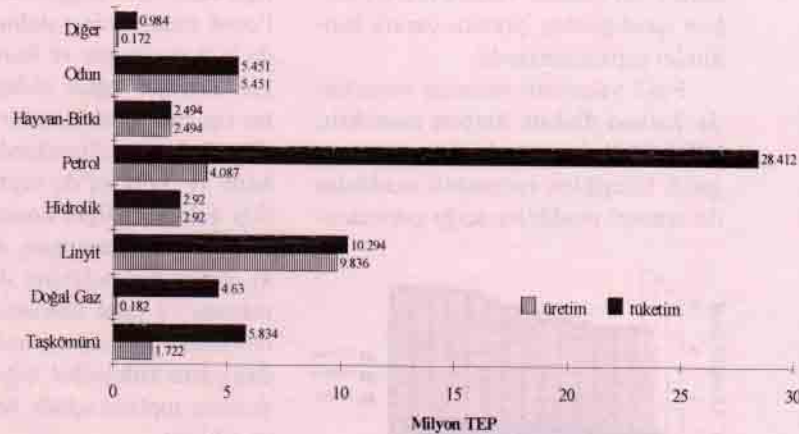
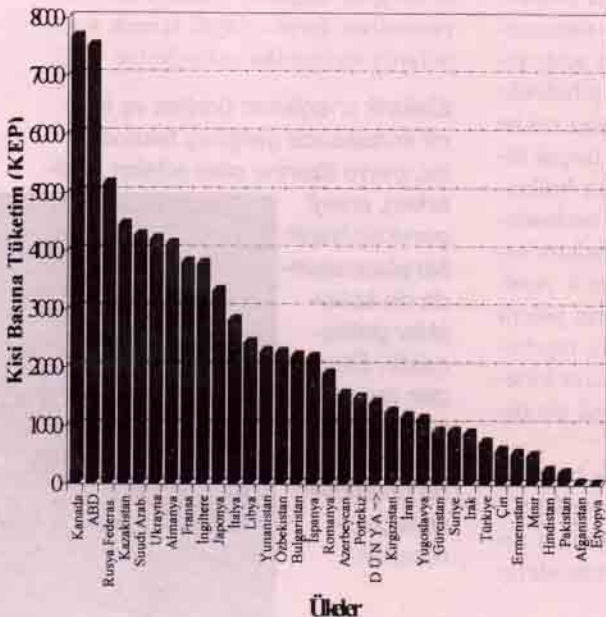
Yeraltından çıkarılan doğalgazın çevreye verdiği zarar, kömür ve petrole göre daha azdır ancak, bu gaz hava ile karışınca kuvvetli bir patlayıcı karışım olur ve çevre zarar görebilir.

Çekirdek enerjisi santrallerinde çevre sorunları, cevherin çıkarılması,

Türkiye'de Yıllık Gaz Yayılımları ve Trafikten Kaynaklanan Yayılımların Bunlar İçindeki Payı

Parametre	Toplam Yayılımlar (%)	Trafikğin Payı (%)
Tanesel maddeler	5,63	0,47
Kükürt dioksit	2,50	0
Azot oksitler	0,64	82,09
Karbon monoksit	0,86	56,75
Hidrokarbonlar	0,17	92,36

zenginleştirilmesi, reaktörde kullanılması ve nükleer atıkların depolanması aşamalarında ortaya çıkabilir. Bu santrallerde, radyasyon yayılımlarının kontrol edilmesi, üretilen fakat kullanılmayan atık ısı enerjisinin ve radyoaktif atıkların toplanarak doğaya ve insanlara zarar vermeyecek bir biçimde uzaklaştırılması gerekmektedir. Bunlardan üzerinde en çok durulması gerekenler, atıkların uzaklaştırılması işlemleri ve kaza durumunda ortaya çıkacak radyoaktif kirlenmedir. Kaza sonucunda ya da atıkların yeterince kontrol altına alınamaması durumlarında, tarım alanlarının üzerinde atmosferik depolanma oluşur. Atmosferik depolanma, toprak yüzeyini, bitki köklerini, yeraltı sularını ve yüzeysel suları kirlenerek, doğanın dengesini bozar. Yer kirlenmesi sonucunda, gıdalara ve solunum gibi dolaylı yollarla hayvanlara, insanlara, et, süt gibi ürünlere, etkisi çok uzun süren radyoaktif bulaşma söz konusu olur. Topraktaki radyoaktif maddelerin % 50'si bitkilerde depolanır.



Solda, ülkelere göre kişi başına enerji tüketimleri. Sağda, Türkiye'de 1993 yılında kaynaklara göre enerji üretim ve tüketimi.



Çevre dostu olarak tanımlanan rüzgâr enerjisi, aynı zamanda ekonomiktir. Sera gazları içermez. Asit yağmurları oluşturmaz. Fosil yakıt kullanımının azalmasına katkıda bulunur. Radyoaktif atık içermez. Rüzgâr enerjisi çiftlikleri elde edilen enerji miktarını artıran bir sistemdir. Bu çiftliklerde elde edilen enerji elektrik enerjisine dönüştürülerek kullanılmaktadır.

Ucuz Bir Enerji Kaynağı: Tasarruf

Milyonlarca yılda oluşan fosil yakıtların sentetik olarak üretilibilmeleri ve doğadaki oluşumlarının hızlandırılması olanaksızdır. Buna karşın, enerji tüketimi, dünyadaki nüfus artışına bağlı olarak, üstelik de sınır tanımayan bir biçimde artmaktadır. Petrol ve kömürün gelecekte tükeneceği tahmin edilmektedir, fakat, dünyadaki rezervleri çok büyük olduğundan, uzun bir süre daha yeteceği umulmaktadır. Ancak tüketimdeki artış hızını teknolojik gelişmenin yanı sıra insanın rahata ve kolaya kaçma eğilimini de artırdığından tükenme süreci hızlanabilir. Çözüm nedir? Bazı çözümler, çekirdek enerjisinin temiz oluşu ve tükenme olasılığının düşük olmasına dayanıyor. Ancak, çekirdek enerjisi santral atıklarının ve ortaya çıkabilecek kazaların büyük tehlikeler yaratabileceği önemli bir engel olarak ortaya çıkmaktadır. Bunun yanında, radyoaktif elementlerin de dünyadaki rezervlerinin sonsuz olmadığı, temiz, yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmenin gerekliliği öne sürülmektedir. Bir de, üzerindeki çalışmalar henüz tamamlanmamış olan kaynaşım (füzyon) enerjisi üzerinde durulmaktadır.

Bütün bu teknik çalışmalar, önlemler, planlamalar bir yana bir de insanın tüketim alışkanlıkları var. Tüketim alışkanlıkları, sanki doğayı biraz daha zorlamaya yönelik olarak giderek artmaktadır. Tüketim alışkanlıklarımızı belirleyen yaşam biçimimizi, çevreyi zorlayacak boyutlara getirmemek gerekiyor. Yaşam biçimleri daha çok enerji tüketmeye ayarlanmış gibi. Teknolojideki ilerlemeler de enerji kullanımını artırmaktadır. Tüketimin kontrollü bir düzeyde tutulması, hem ekonomiye katkıda bulunacak hem de kirleticilerin çevreye daha az yayılmasına neden olacaktır. Özellikle Türkiye gibi enerji gereksinimi gittikçe artan, ancak yerli

kaynakları bu gereksinimi karşılayamayacak düzeyde olan ülkelerde, enerjinin ithal edilmesi gerekmektedir. Bu da döviz kaybı anlamına gelmektedir. Sanayide üretilen mallarda, maliyette enerjinin payı, ürünün cinsine göre % 5-50 arasında değişebilmektedir. Üretimde kullanılan enerjinin miktarının ya da maliyetinin düşürülmesi, satılan malların maliyetlerinin de düşmesine neden olacaktır. Yeni enerji kaynaklarının devreye sokulabilmesi için gereken maliyete kıyasla, enerji verimliliğinin artırılması yani tasarruf yapılması daha ucuza gelmektedir. Ayrıca kullanılan daha az enerji, daha az karbon dioksit, kükürt dioksit ve taneler maddenin çevreye yayılması demektir. Yanma sonucunda açığa çıkan karbon dioksit yayılımını önleyecek bir teknoloji olmadığından, tasarruf çok uygun bir çözüm gibi görünmektedir.

Avrupa Birliği, 1992 yılında, gaz ve sıvı yakıtlı sıcak su kazanları ile ev aletlerinin enerji verimliliğinin artırılması için araştırmalar yapmış ve bunlara dayanarak yönergeler hazırlamıştır. Bunların yanında, binalarda ısı kaybının azaltılması, ticari binalarda enerji ölçümü yapılması ve benzeri konularla ilgili yasal düzenlemeler hazırlanmaktadır.

Türkiye'de 2010 yılında enerji gereksiniminin ancak % 38'inin yerli kaynaklardan karşılanabileceği düşünülmektedir. Türkiye'de enerji tasarrufu girişimleri çevresel sorunların azaltılmasına olduğu kadar, enerjinin yeterli miktarlarda elde edilmesine de

katkıda bulunacaktır. Bu sorunların üstesinden gelebilmek amacıyla, Türkiye'de bir enerji tasarrufu mevzuatının hazırlanması, büyük ticari binalar ve fabrikalarda enerji yönetim birimlerinin kurulması, binalarda ısı yalıtımı ile ilgili yönetmelik ve düzenlemelerin yeniden gözden geçirilmesi, elektrikli ev araçları ve taşıtlar için enerji verimliliğini artırma çalışmaları yapılarak sonuçlarının, eğitim ve tanıtım kampanyaları yoluyla yaygınlaştırılması gerekmektedir.

Güneş'ten Gelen Enerji

Dünya'daki canlıların yaşamlarını sürdürebilmelerini sağlayan temel enerji kaynağı Güneş'tir. Fotosentez yolu ile bitkilerde tutulan ve besin maddelerine dönüşen güneş enerjisi, bu bitkilerin (üreticilerin) otobur canlılar tarafından yenilmesiyle başlayıp süren bir besin zinciriyle etoburlara (tüketicilere) kadar ulaşmaktadır. Bunun sonucu olarak, insanın besinlerle aldığı enerji Güneş'ten kaynaklanmaktadır. Dünya'ya gelen güneş enerjisinin yaklaşık yarısı, Dünya yüzeyini ısıtmada kullanılmaktadır. Bu enerjinin bir kısmı Dünya'daki suların buharlaşmasını ve sonra yeniden yağış olarak Dünya'ya düşmesini sağlamaktadır. Dünya'daki su devrini Güneş sağlamaktadır. Rüzgârların ve okyanus dalgalarının oluşmasını da Güneş sağlamaktadır. Odun, kömür ve petrol de güneş

Güneş enerjisinden yararlanmak amacıyla özel güneş enerjisi toplayıcıları geliştirilmiştir. Dünyaya zarar vermeden enerji gereksinimlerinin karşılanması, güneş enerjisinden daha fazla yararlanma yollarının aranmasına neden olmuştur. Hemen hemen tüm enerji kaynakları kökenini güneşten almaktadır. Bitkilerde gerçekleşen fotosentez, güneş enerjisini kimyasal enerjiye dönüştürür. Fosil yakıtların da oluşumunun temeli fotosenteze dayalıdır.





Enerji gereşimini kendi rüzgâr ve güneş enerjisi tesisinden karşılayan bir çiftlik. Yeni yaklaşımlarda ev ve çiftliklerin kendi enerji sağlama sistemlerinin kurulması yoluna gidiliyor. Güneş ve rüzgârdan yararlanılabilen bölgelerde özellikle bu uygulama yapılmaktadır.

enerjisinin birikimi ile oluşan depolardır. Kömür ve petrolün gelecekte tükenen olması ve çevreyi kirleten atıklar bırakması, yeni enerji kaynakları arayışını gündeme getirmiştir. Bu yeni kaynaklar güneş, rüzgâr, su gücü, yerici ısı (jeotermal), gelgit, biyokütle, deniz dalgası ve deniz ısı enerjisi dir. Yeni enerji kaynaklarıyla ilgili yaklaşımlar "alternatif", "temiz", "tükenmez", "yeni ve yenilenebilir" gibi adlandırmalarla artık sık sık gündeme gelmektedir. Bu enerji kaynaklarından bir kısmı, yaygın olmamakla beraber günümüzde kullanılmaktadır. Ancak bunların kullanılması, var olan teknolojilerin geliştirilmesini ya da yeni teknolojilerin bulunmasını daha çok gerektirmektedir.

Güneş enerjisi, düz ve koyu renkli özel toplayıcılarla toplanarak konut ısıtmasında ve çok daha yaygın olarak su ısıtmasında kullanılmaktadır. Güneş enerjisi elektriksel güç kaynağına dönüştürülerek de kullanılabilir. Güneş pilleri (fotovoltaik piller) bu amaca hizmet etmektedir. Güneş enerjisinin toplanması, depolanması ve güneşsiz günlerde sıcaklık sağlayabilecek sistemlerin kurulmasına ilişkin sorunların çözümüne ve güneş pillerinin verimliliğinin artırılmasına yönelik çalışmalar yoğun olarak sürdürülmektedir. Bu enerjinin yaygın olarak kullanılmasına en büyük engel, başlangıçta yüksek bir sermaye gerektirmesidir.

Doğrudan kullanılabilen ve mekanik enerji sağlayan rüzgâr gücünün, çevreye olumsuz etkisi diğer enerji kaynaklarına göre daha azdır. Rüzgâr türbini olarak adlandırılan aygıtlar, kıyılarda ve rüzgâra açık olan tüm alanlarda kurulabilir ve bunlarla elektrik üretilir. Rüzgâr enerjisinin tek olumsuzluğu rüzgârın kesikli olması ve dü-

zenli olmamasıdır. Çok eski zamanlardan beri kullanılan yeldeğirmenleri, bu enerjiyi elde etmek için kullanılan klasik uygulamalardır. ABD'de Kaliforniya bölgesinde, 1981 ve 1988 yılları arasında 1500 megawatt'lık 15000 rüzgâr türbini kurulmuş ve bu türbinler, 1987 yılında San Fransisko şehrinin yıllık tüketimine eşit miktarda elektrik üretimi yapabilmektedir. Rüzgâr enerjisinden yararlanırken de, enerjinin depolanmasına ilişkin sorunlar vardır. Elektrik üretiminde verimli çalışabilecek rüzgâr türbinlerinin geliştirilmesi çalışmaları batı ülkelerinde yapılmaktadır.

Yerici ısısından da, günümüzde enerji kaynağı olarak yararlanılmaktadır. Yerküreden çıkan sıcak su ve su buharı kaynakları, yerici ısısını kullanılır hale getirmektedir. Bu enerji kaynağından konutlarda, seralarda ve endüstride ısıtma amacıyla yararlanılmaktadır. Elektrik üretiminin de olanaklı olduğu yerici ısı enerjisinin Türki-

ye'deki kaynaklarının yeterli olduğu düşünülmektedir. Çünkü Türkiye'de çok sayıda sıcak su kaynağı bulunmaktadır. Bu kaynağın kullanıma alınmasından önce, yol açtığı gaz yayılmaları, atıklarında bulunan bor minerallerinin çevreye olumsuz etkileri ile zehirli maddelerin oranı ve oluşturduğu kalsit çökelmelerinin çevrede yaratacağı sorunlar üzerinde durulması gerekmektedir.

Çevreye zararı çok az olan bir enerji kaynağı da su gücüdür. Su gücünden dolayı ya da dolaysız olarak yararlanılabilir. Doğrudan kullanımı sudolapları ile gerçekleşir. Bunların yanında, su türbinlerinde de su gücü kullanılmaktadır. Su türbinlerinde üretilen elektrik gücü, istenilen her yere kolaylıkla iletilir. Su gücünün bir kullanımı da, gelgit olan yerlerde gerçekleştirilebilir. Su yükseldiğinde, bir bölmeye akıtılır ve çekildiğinde, bir sudolapı ya da türbinin dışarı atılır. Bu yolla elek-

Tükenmez Enerjiler

Demir İnan
H.Ü. Fizik Mühendisliği Bölümü

Canlılar içinde günlük gıda enerjisi ile yetinmeyen tek yaratık olan insanoğlu, türlü enerji kaynaklarından yararlanmaktadır. İnsanın, bu enerji kaynaklarına bağımlılığı, özellikle 20.yüzyılda büyük oranda artmış, ek enerji kaynakları olmadan yaşayamayacak duruma gelmiştir.

Günümüz gelişmiş toplumlarında yaşayan bir insanın her gün kullandığı enerji kaynaklarına baktığımızda, bunların, yaşamını sürdürmek için gıdadan aldığı enerji; yaşadığı evde kullandığı enerjiler (ısıtma, aydınlanma, yemek pişirme, çamaşır yıkama, sıcak su vb.); bir yerden başka bir yere gitmek için bindiği taşıtlarda kullanılan enerjiden kişi başına düşen pay; işyerinde kullandığı çeşitli araçlar için gerekli enerjiden kişi başına düşen pay (ısıtma, aydınlanma, asansör, bilgisayar, telefon vb.) ve sanayinin ürettiği araç ve gereçlerin kullanımıyla, bunların yapımı için harcanan enerjiden kişi başına düşen pay (kumaş, otomobil, çimento, tv, cam, plastik, kağıt...) olarak sıralanabileceğini görürüz.

Bugün gelişmiş ülkelerde yaşayan bir insan için günlük enerji tüketimi, yaklaşık 950 milyon J (joule)'dür (bir joule yaklaşık, bir kibritin verdiği ısı enerjisinin binde biridir.) Bu tutarı içine, yazının başında sayılan tüm enerji kaynaklarından bir insana düşen payları girilmektedir. Doğal olarak, dünyadaki her insan gelişmiş bir ülkede yaşamamakta ve dolayısıyla bu denli enerji tüketmemektedir. Ancak, tüm ülkeler gelişme çabası içindedirler. Gelişme, bir yönüyle kişi başına kullanılan enerjinin artmasıdır. Öyleyse, bir gün gelip de

tüm ülkelerin bugünkü gelişmiş ülkeler düzeyine ulaşmasını varsayarsak, acaba ne kadar enerji gerekecektir? Bugün, dünyadaki insan sayısı, yaklaşık 5,5 milyardır ve bu sayı artma eğilimini sürdürmektedir. Günümüzde yaygın görüşe göre dünyadaki insan sayısı 9-12 milyara dek yükselecek ve orada durarak değişmez kalacaktır. Ortalama 10 milyar insanı göz önüne alırsak, hepsinin bugünkü gelişmiş ülke insanı gibi yaşayacağını düşünersek, bu durumda, günlük toplam 95×10^{17} J'lük enerji gerekecektir. O zaman acaba, enerji kaynakları bu enerjiyi karşılamaya yetecek midir?

Tükenir enerji kaynaklarının, yakın sayılabilecek bir sürede büyük oranda tükeneceği varsayıldığında, sonunda elimizin altında sadece tükenmez enerji kaynakları kalacaktır. Acaba bu kaynaklar yeterli olabilecekler midir?

Gelin, tükenmez enerji kaynaklarının biz insanlara neler verebileceğine, neler verebileceğine bakalım. İlginçtir, insanoğlu, dünya yüzeyinde var olduğu sürenin çok büyük bir bölümünde tükenmez enerji kaynaklarından yararlanmış, ancak 16. yüzyıldan sonra ve özellikle 20. yüzyılda büyük ölçüde tükenir kaynaklara bağımlı duruma gelmiştir.

Tükenmez enerji kaynaklarını, en küçüğünden, gelgitten başlayarak ele alalım. Gelgit, başat olarak Ay'ın ve az da olsa Güneş'in Dünya'yı kütleçekim kuvveti ile çekmesinden kaynaklanmaktadır. Bu çekim kuvvetinin etkisi ile denizlerdeki sular yükselip alçalabilmektedir. Ay'ın karşısına gelen yüzdeki deniz suları Ay'a doğru çekildiğinde kabarmakta, arka yüzeyde kalan sular da alçalmaktadır. Ay, dünyanın çevresinde döndüğünden, bu kabarıp alçalma bir gün süresinde olmaktadır. Öyleyse, denizler kabardığında bir tür kapak ile bu sular hapsedilip, sonra alçalma döneminde bu sular aktararak bir türbin çevrilebilir ve buradan da elektrik enerjisi elde edilebilir. Gelgit'ten enerji elde edilmesi Dünya'nın her yerinde olanaklı değildir. Gelgit enerjisinin büyüklüğü

trik üretilir. Dalgaların kabarıp alçalması da bir enerji kaynağı olarak kullanılabilir. Deniz termal enerjisi ise, denizdeki sıcaklık farklarına dayandırılmış bir enerji kaynağıdır. Ancak gelgit, dalga ve deniz termal enerjisi konularında çok daha ileri araştırmaların yapılması gerekmektedir.

Çevre açısından sağlıklı bir enerji kaynağı da biyokütle enerjisidir. Odunda ve bitkilerde yakalanmış güneş enerjisi olan biyokütlenin temel kaynakları bitkiler ve ağaçlardır. Biyokütle enerjisi, odun yakılması yoluyla uzun süredir kullanılmaktadır. Biyokütle niteliğinde bir gaz da, metan gazıdır. Metan gazı (CH₄) karbon ve hidrojen içeren bir bileşiktir ve yanıcıdır. Tarla gübresi, mutfak atıkları ve insan dışkı gibi organik atıkların ayrıştırılmasıyla elde edilir. Pişirme, aydınlatma, soğutma, ısıtma ve küçük makineleri çalıştırmada yakıt olarak kullanılabilir. Metan gazı üretimi ve depolan-

masıyla ilgili çalışmalar sürdürülmektedir. Biyokütle, gelecekte ulaşımında kullanılacak bir sıvı yakıt kaynağı olacaktır. Taşıtların motorlarında ve tanklarında basit değişiklikler yapıldıktan sonra bu yakıtlar kullanılabilir. Bugünlerde ABD'de mısır ve diğer tahıllardan elde edilen etanol (etil alkol), özel bir karışım halinde araba yakıtı olarak satılmaktadır. Bu tür yakıtların elde edilmesi güç olduğundan henüz pahalıdır, fakat 21. yüzyılın ortalarında petrole dayalı yakıtlarla yarışabileceği düşünülmektedir. Diğer temiz enerji kaynaklarına göre, biyokütlenin çevresel kirlilik riskleri biraz daha fazladır; zehirli atıklar ve kül bırakabilir, hava kirliliğine yol açabilir. Bunların yanında, yanma nedeniyle, topraktaki besinlerin tükenmesine yol açabileceği de düşünülmektedir.

Uluslararası bir petrol firmasının yaptığı değerlendirmelere göre, 2050



Enerji üretiminde kullanılan ayçiçeği bitkisi ve ayçiçeği tohumu kabuklarından enerji elde edilen bir tesis. Taşıtlarda yakıt olarak kullanılabilen etanolün elde edildiği mısır bitkisi



yılından itibaren yeni enerji kaynaklarının, dünyanın enerji tüketiminde etkin rol oynamaya başlayacağı tahmin edilmektedir. Dünya Enerji Konseyi ise, güneş, rüzgâr, hidroelektrik, biyokütle ve deniz kaynaklarının, 2020 yılında dünyanın enerji çıktısının % 5'ini oluşturacağını tahmin etmektedir. Bu bakışla, fosil yakıtların, gelecek yüzyılın ortalarına kadar dünya enerji gereksiniminin çoğunu karşılayacağı düşünülmektedir.

Sonuç olarak, enerji sorununun çözümü bir anda gerçekleşmeyeceğinden planlı çalışmalar gerekmektedir. Çözüme giden yol bir geçiş döneminden geçecektir. Enerjinin verimli kullanımını bu dönemi başlatmak için uygun bir yoldur. Bu arada da, yeni enerji kaynaklarının uygun bölgelerde verimli bir biçimde kullanıma geçirilmesi sağlanmalıdır. Geçmişte yapılan hatalardan ders alarak, yeni enerji kaynakları çevreyle uyumlu biçimlerde devreye sokulmalıdır. Günümüzde kullanılan enerji kaynaklarının, çevreye daha az zarar vermesi için gereken çalışmalar yapılmalı ve yeni teknolojiler geliştirilmelidir. Tüm bunlarla beraber, kendimizi gözden geçirmeli ve insan olarak çevreyle uyumlu yaşayabilmek için bireysel önlemler almamız gerekir. Enerji sorununu, sadece bir yönetim sorunu gibi görmeyip, bu sorunun yaşam biçimiyle de çok ilişkili olduğunu düşünerek davranmalıyız.

Zuhâl Özer

Konu Danışmanı: Demir İnan
Prof. Dr. H.Ü. Fizik Mühendisliği Bölümü

Kaynaklar
Dickson D., Alternatif Teknoloji, 1992.
Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi 1993 Enerji Raporu, 1994.
<http://alternatives.com/library/energy2/cooleng.txt>
<http://alternatives.com/library/energy/ecol0008.txt>
<http://gophet.ecosys.dnr.virginia.edu/00/library/civ/energy>
<http://www.eia.doe.gov/emea/world/overview.html>
Kışlalıoğlu M., Berkes F., Çevre ve Ekoloji, 1995.
Scientific American, Eylül 1994.
Türkiye 6. Enerji Kongresi Teknik Oturum Tebliğleri, 1994.

3 milyar kW dolayındadır. Yani, günlük gelgit enerjisi, yaklaşık 2.6×10^{16} J'dür. Bugün gelgit enerjisi çok sınırlı olarak kullanılmaktadır. Gelgit enerjisinin hemen hiçbir olumsuz çevre etkisi bulunmadığı gibi, bu enerji, Ay ve Dünya bugünkü konumlarını korudukları sürece, tükenmez bir enerji kaynağı olarak kullanılabilir. Gelgit enerjisinin olumsuz yanları, bu kaynaktan elde edilen enerjinin kesikli olması (gün boyunca ancak belli saatlerde bundan yararlanılması) ve Dünya'nın her yerinde uygulama olanağının bulunmamasıdır.

Yerçi ısı (jeotermal) insanlığın çok eskilerden beri yıkanmak ve sağlık bulmak amacıyla kullandığı yeraltından gelen sıcak sular ile sıcak buharlardan oluşur. Yerkürenin içinde, bugünkü görüşlere göre, Dünya'nın oluşumundan ve yerçindeki ışınsız (radyoaktif) maddelerin saldıkları ısı enerjisinin ısı enerjisine dönüşmesinden kaynaklanan sıcak katmanlar bulunmaktadır. Bu katmanlar üzerinden akan ya da bu katmanların çatlaklarından sızan yeraltı sularının ısınıp kendiliğinden yol bularak sıcak su ya da sıcak buhar halinde yeryüzüne çıkması, ya da insanlığına delinerek yeryüzüne çıkarılması sonucu bu ısıdan yararlanılması, yerçi ısısının temelini oluşturur. Bugün bunun doğal değeri 2.6×10^{16} J/gün'dür. Güneş, Dünya'nın dışında yakın çevremizdeki en büyük enerji kaynağıdır. Güneş'in bir günde çevresine saldığı enerji 3×10^{27} J'dür. Dünya bu enerjinin çok küçük bir bölümünü almaktadır: 1.5×10^{21} J (yani, yaklaşık on milyarda biri).

Güneş, gezegenimiz için temel enerji kaynağıdır. Günlük güneş enerjisi gezegenimizde pek çok işe yararaktadır. Bunların başında biz canlılar için en önemli olay olarak nitelenebilecek olan fotosentez (ışıkla birleşim), yani güneş ışığının enerjisi ile suyun oksijen ve hidrojeni ayrıştırarak, oksijeni dışarı atıp hidrojenle karbonu birleştirerek oluşturulan hidrokarbonlar ve dolayısıyla oluşan biyokütle gelmektedir. Öyleyse, yeryüzündeki canlıların oluşmasında ve varlıklarını sürdür-

mede güneş enerjisi, olmazsa olmaz bir enerji kaynağıdır. Dünya'ya gelen günlük güneş enerjisinin onbinde ikisi fotosentez için kullanılmaktadır. Bunun değeri 3.5×10^{16} J/gün'dür. Fotosentez enerjisinden hem gıda hem de biyokütle (odun gibi) olarak yararlanılmaktadır insanlığı.

Günlük güneş enerjisinin bir başka görevi de, yağışların oluşturulmasıdır. Yeryüzündeki suların buharlaştırılması ve yeniden yeryüzüne düşmesi ile dereler sürekli akabilmekte, su gücünden (hidrolik enerji) yararlanma olanağı doğmaktadır. Güneş enerjisinin % 23'ü bu iş için harcanmaktadır. Bunun değeri 3.5×10^{17} J/gün'dür.

Rüzgârların oluşması, okyanus dalgaları ve akıntılar da güneşin işleri arasındadır. Günlük güneş enerjisinin binde ikisi bu işler için harcanmaktadır. Bunun değeri 32×10^{16} J/gün'dür. Bunların dışında, yeryüzüne düşen güneş enerjisinin büyük bir kısmı (yaklaşık %50'si) karalarca soğurulmaktadır: 7×10^{21} J/gün. Diğer büyük bir kısmı da (%26'si), yeryüzünü saran havaküre (atmosfer) geri yansıtılmaktadır. Bu yansıtma en önemli payı bulutlar almaktadır (% 20).

Burada verilen sayılardan görülmektedir ki, tükenmez enerji kaynaklarının hemen hepsi, ayrı ayrı alındığında bile, daha önce bulduğumuz 95×10^{16} J/gün değeri için yeterli görülmektedir. Ancak şurası da gözden kaçırılmamalıdır ki, bu enerjilerin, istediğimiz enerjilere dönüştürülmesinde bir verim katsayısı için içine girmektedir. Bu katsayıyı doğal enerji çevrimlerinde değiştiremeyiz; söz gelimi, fotosentezde verim %10 dolayındadır. Ancak, insanlığın geliştirdiği dönüştürücülerin verimini bilimsel sınırlara dek yükseltebiliriz. 21. yüzyıl, bu tükenmez enerjilerden yararlanmada yeni dönüştürücülerin geliştirileceği ve verimlerinin artacağı bir yüzyıl olmaya aday görünmektedir. İnsanlığı nasıl ateşten yararlanmanın yolunu bulup kullandıysa, tükenmez enerjilerden de verimli bir biçimde yararlanmanın yolunu bulacaktır.