

ENERJİ VE ÇEVRE

Prof. Dr. Ali İrfan İLBAŞ

Erciyes Üniversitesi
Seyrani Ziraat Fakültesi



ENERJİ KAYNAKLARI

A. Birincil Enerji Kaynakları

1. Fosil yakıtlar
 - a. Linyit
 - b. Taşkömürü
 - c. Petrol
 - d. Doğalgaz
 - e. Asfaltit
 - f. Bitümlü şist
 - g. Turba
2. Yeni ve yenilenebilir Enerji kaynakları
 - a. Hidrolik enerji
 - b. Güneş enerjisi
 - c. Rüzgar Enerjisi
 - d. Jeotermal Enerji
 - e. Biyokütle Enerjisi
 - f. Okyanus ve Deniz kökenli enerji
3. Nükleer Enerji

B. İkincil Enerji Kaynakları

1. Elektrik
2. Hidrojen, borhidrür, demirhidrür v.b.
3. Metanol, Etanol, LPG, LNG, biyodizel, biyogaz ve çeşitli petrol ürünleri gibi sıvı ve gaz yakıtlar.

Birincil (primer) kaynaklar kendisinden doğrudan enerji sağlanan tüm katı, sıvı ve gaz formundaki enerji kaynaklarını ifade eder. İkincil (sekonder) kaynaklar ise bu doğrudan enerji kaynaklarının veya diğer potansiyel enerji kaynaklarının dönüşümü ile elde edilen, bir bakıma enerji taşıyıcısı kaynakları ifade etmektedir. Bu ikincil enerji kaynaklarından elektrik 20. yüzyılın enerji taşıyıcısı olmuştur. Hidrojen ise muhtemelen 21. yüzyılın enerji taşıyıcısı olacaktır.

ÜLKEMİZDE FOSİL YAKITLARIN DURUMU

Türkiye, kömür (taş kömürü ve linyit), petrol ve doğalgaz rezervlerine sahiptir ve bu rezervlerden belli ölçüde yararlanılmaktadır. Bunlardan linyit kaynakları bakımından ülkemiz zengin olup diğer kaynaklar sınırlıdır. Yeni aramalarla bu rezervlerin artırılması ve işletme teknolojilerindeki gelişmelerle üretimin devamı mümkündür. Ekonomik işletmeleri yapılmayan diğer fosil kaynaklarımız ise bitümlü şist, asfaltit ve turbadır.

Ülkemiz fosil yakıt rezervinin kaynaklara dağılımı aşağıdaki gibidir:

KAYNAK	%
Linyit	63
Taş kömürü	28
Bitümlü şist	5
Petrol	2
Doğalgaz	1
Asfaltit	1

Türkiye’de 1997 yılı itibarı ile en fazla ithal edilen fosil yakıtlarda yerli üretimin tüketimi karşılama oranı aşağıdaki gibidir:

Kaynak	Tüketimi karşılama oranı (%)
Petrol	9,1
Doğalgaz	2,3
Taşkömürü	15,8

Taş kömürü

Türkiye’nin en önemli taş kömürü havzası Zonguldak-Ereğli yöresindedir. Ayrıca, Antalya-Kemer ve Diyarbakır-Hazro yörelerinde de az miktarda taş kömürü rezervi bulunmaktadır.

Ülkemiz taş kömürü üretimi yetersiz olup ihtiyacı karşılayamamaktadır. Taş kömürü ithalatımız giderek artmaktadır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı planlamasına göre taş kömürü ithalatı 2010 yılında yaklaşık 42 milyon ton, 2020 yılında yaklaşık 150 milyon tona ulaşacaktır. O halde, ekonomik nedenlerle faaliyetleri yavaşlatılan MTA’nın yeniden arama çalışmalarını artırarak yeni taş kömürü yatakları bulması ve bunların üretime alınması önem arz etmektedir.

Linyit

Linyit ülkemizin en önemli fosil yakıt kaynağıdır ve fosil kaynak rezervlerinin %63’ünü oluşturmaktadır. Türkiye’de linyitin %90’ı açık işletme %10’u yeraltı işletmeciliği ile

üretilmektedir. Ülkemizde 117 ekonomik linyit alanı bulunmuştur. Yine ekonomik nedenlerle uzun yıllardır arama çalışmalarında bir yavaşlama görülmektedir. Yapılacak yeni arama çalışmaları ile bu sayı artırılabilir. Ülkemizin hemen her bölgesinde linyit rezervine rastlamak mümkündür.

Asfaltit

Türkiye asfaltit yatakları Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Şırnak ve Silopi civarlarında bulunmaktadır. Asfaltit ısı değeri yüksek, sentetik petrol üretimine elverişli bir hammaddedir. Ancak, toplam rezervin düşük görülmesi ve açık işletmeye uygun rezervin önemli bölümünün işletilmiş olması nedenleriyle asfaltit şimdilik konut yakıtı olarak kullanılmakta ve ileride termik santral yakıtı olarak kullanılması planlanmaktadır.

Bitümlü Şistler

Kerojen adlı organik bir madde içeren ince taneli ve yapraklı yapıya sahip sedimanter kayaç olarak tanımlanan bitümlü şistler, bitümlü şeyl ve petrolü şeyl gibi adlarla da bilinmektedir. İçerdikleri kerojenden dolayı yakıt hammaddesi durumundadır. Bu kayaçlardan damıtma yöntemi ile sentetik petrol ve gaz elde edilebileceği gibi katı yakıt olarak termik santrallerde kullanılmaları da mümkündür. Ülkemizde çoğunluğu Batı Anadolu'da olmak üzere birçok bitümlü şeyl yatağı bulunmaktadır. Ancak, ısı değerinin düşük olması, işletme güçlüğü ve kül oranının fazlalığı nedenleriyle şimdilik potansiyel yakıt olarak bulunmaktadır.

Turba

Oluşumunu henüz tamamlamamış kömür türü fosil yakıtlardır. Türkiye'nin önemli turba yatakları Kayseri ve Yüksekova'da bulunmaktadır. Kayseri Ambar köyü yöresindeki 105 milyon ton rezervli turba yerleşim alanı altında kalmıştır. Türkiye turbaları şimdilik enerji hammaddesi olarak kullanmayı düşünmemektedir.

Petrol

Ülkemiz birincil enerji tüketim kaynak payı en yüksek (%48) olan ve tüketimin yaklaşık %90'ı ithal edilerek karşılanan petrol ülkemiz için çok önemlidir. Ülkemiz petrol elde edilmesi giderek daha derin kuyulardan sağlanabilmektedir. Son yıllarda petrol aramaları giderek azalmış ve tüketim hızına uygun olarak yeni rezerv artışı sağlanmamıştır. 1997 yılı sonuna kadar keşfedilen petrol sahası 96 adet'e ulaşmıştır. 1997 yılı itibarı ile ülkemizde 21'i

yabancı 4'ü yerli olmak üzere toplam 25 şirket arama ve işletme faaliyetlerinde bulunmaktadır. Güneydoğu Anadolu, Batı Toroslar, Batı Karadeniz, İç Anadolu ve denizlerimizde yapılacak arama çalışmaları ile bilinen petrol rezervlerinin artırılması mümkündür.

Doğalgaz

Ülkemiz doğal gaz tüketiminin yalnızca %2'si kadarı yerli üretimle karşılanabilmektedir. Türkiye'nin bilinen doğalgaz üretim alanları Trakya ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde bulunmaktadır. Ancak, üretimin yaklaşık %83'ü Trakya-Hamitabat sahasında yapılmaktadır. 1997 yılı sonuna itibarı ile 4'ü karbondioksit olmak üzere toplam 21 adet doğalgaz sahası keşfedilmiştir. Ülkemizde, özellikle Batı Karadeniz, Marmara ve İç Anadolu'da olmak üzere, yeni doğalgaz alanlarının bulunması mümkündür. 1988'de Silivri açıklarında denizde bulunan Marmara Doğal Gaz Sahası bu ümitlerin bir delili olmaktadır.

FOSİL YAKITLAR VE ÇEVRE

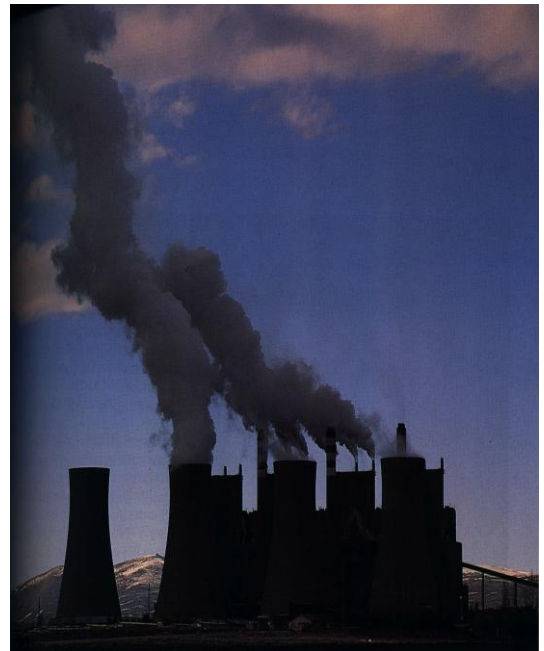
Son elli yılda çevre kirliliğinin hızla artışında sanayi devrimi sırasında özellikle Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa devletlerinin fosil yakıtlardan aşırı derecede yararlanması önemli bir yere sahiptir. Kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtların aşırı kullanımı sera etkisi ve asit yağmurları gibi bilinen çevre sorunlarıyla birlikte insan sağlığı üzerinde çok olumsuz etkilere sahip olmaktadır.

Fosil yakıtlardan açığa çıkan önemli kirleticiler:

- Karbon oksitler (CO_x)
- Azot oksitler (NO_x)
- Kükürt oksitler (SO_x)
- Kurşun oksitler (PbO_x)
- Ozon
- Hidrokarbonlar
- Klor
- Halojenli bileşikler
- Kanserojen polisiklik aromatik hidrokarbonlar
- Partiküller

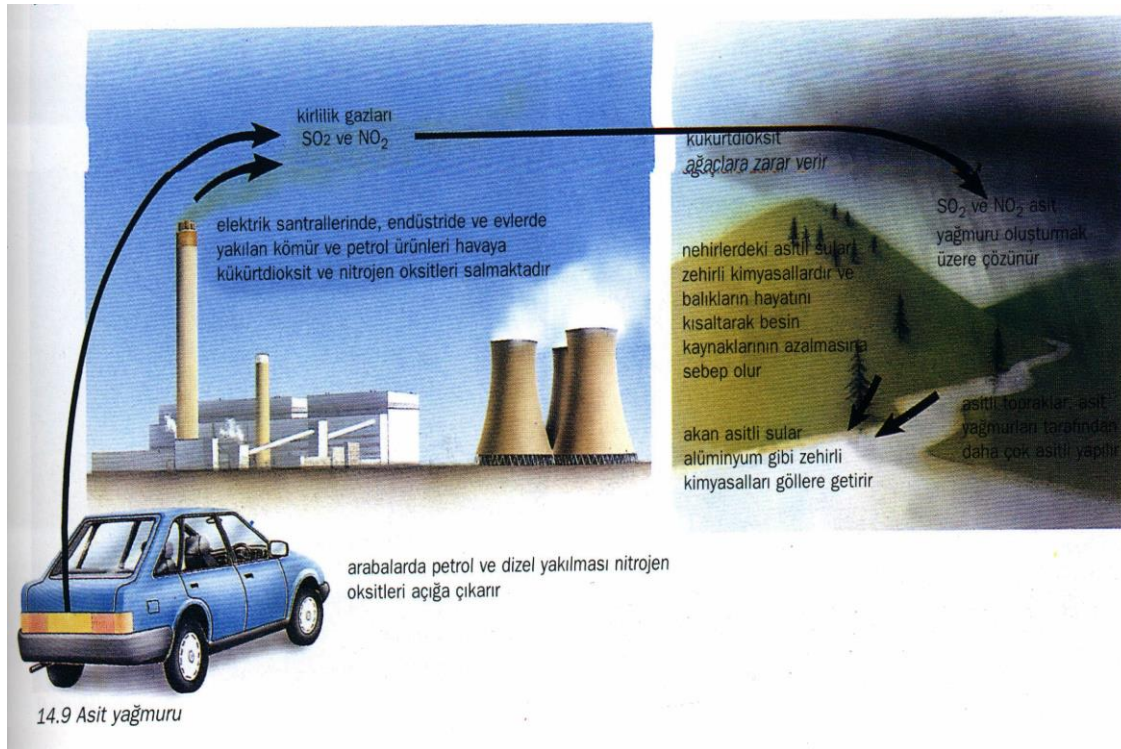
Fosil yakıtların CO_2 emisyonu:

Kömür	85,5 kg/Gj
Petrol	69,4 kg/Gj
Doğalgaz	52,0 kg/Gj



Tüm dünyanın geleceğini etkileyen küresel ısınma adıyla bilinen sorunun ortaya çıkmasına sera gazları neden olmaktadır. Sera gazlarının açığa çıkışı ise kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtların aşırı kullanımından kaynaklanmaktadır. Doğalgaz, kömür ve petrole göre daha az kirletici etkiye sahiptir karbondioksit emisyonu diğerlerinden daha düşüktür. Su buharı yanında küresel ısınmaya neden olan sera gazlarının başında karbondioksit ve karbon monoksit gelmektedir. Azot oksitler, kükürt oksitler, ozon, oksidantlar, hidrokarbonlar, partiküller de küresel ısınmaya neden olmaktadır.

Bu gazlar ve türevleri atmosferin yeryüzüne yakın katmanında birikerek bir örtü oluşturmaktadır. Güneşten gelen uzun dalga boylu ısınma ışınlarının bir kısmı normal koşullarda atmosfere tekrar yansıtılmaktadır. Ancak, bu sera gazların yakın atmosferde

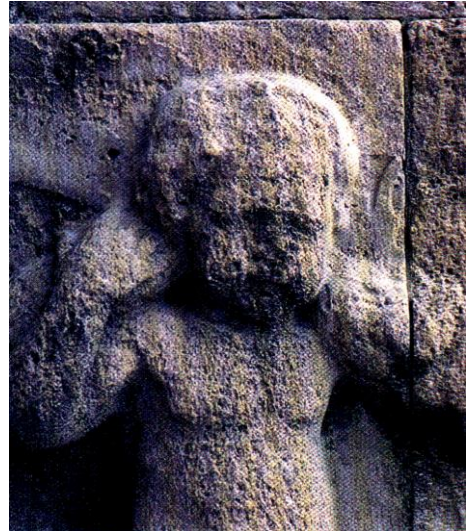


oluşturduğu örtü uzun dalga boylu güneş ışınlarının bir kısmının tekrar atmosfere yansıtılmasına engel olmakta ve ısıya dönüşerek dünyanın daha fazla ısınmasına neden olmaktadır. Son elli yılda dünyanın 1,7 °C ısındığı belirtilmekte, fosil yakıt tüketimi aynı hızla devam eder ise 2050 yılında bu ısınmanın 2,2 °C çıkacağı tahmin edilmektedir. Buzul çağından beri ısı artışının yalnızca 3 °C olduğu düşünülür ise son elli yıldaki artış ne kadar yüksek olduğu daha iyi anlaşılmış olur. Küresel ısınma dediğimiz bu olay sonucu buzulların erimeye başladığı gözlenmektedir. Antarktika'da 147 km uzunluğunda 38 km genişliğinde dev bir buzulun ana kütlede kopmuş olduğu ve buzullarda çatlama meydana geldiği tespit edilmiştir. Fosil yakıtların 50 yıl daha bu şekilde kullanımı ile yeryüzü sahillerinde su seviyesinin 0,5 m kadar yükseleceği tahmin edilmektedir. Küresel ısınma sonucu suların

yükselmesi ve meydana gelecek iklim değişikliğinin ortaya çıkaracağı muhtemel olumsuz etkiler bilim ve siyaset adamlarının gelecek kaygısını artırmaktadır. Bazı bölgelerde kurak, bazı bölgelerde aşırı yağışlar ve fırtınalar, sahillerin ve verimli ovaların tahribi gibi çok önemli değişiklikler beklenmektedir. Bazı bitki ve hayvan türleri sahillerden yükseklerle doğru geçiş yapacak, bazı türler ise yok olacaktır. Küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliklerinin diğer canlı türleri ve insanlar üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkilerinin neler olacağı günümüzün önemli tartışma konularındandır.

Sera gazlarının yeryüzüne yakın atmosferde birikimi insan sağlığı üzerine doğrudan olumsuz etkilere de sahiptir. Başta solunum yolu hastalıkları, akciğer ve kalp hastalıkları olmak üzere çeşitli sağlık sorunları ortaya çıkmaktadır.

Fosil yakıtların aşırı tüketimi sonucu asit yağmurları adıyla bilinen diğer bir çevre sorunu da ortaya çıkmaktadır. Fosil yakıtların tüketimi ile sağlık ve çevre üzerine olumsuz etkide bulunan sülfürik asit damlaları, nitrik asit buharı ve sülfat ve nitrat tuz partikülleri ortaya çıkmaktadır. Fosil yakıtların kullanımı ile ortaya çıkan SO_2 ve NO_2 gibi gaz molekülleri su buharı ile reaksiyona girerek sülfürik asit (H_2SO_4) ve nitrik aside (HNO_3) dönüşmektedir. Atmosferde oluşan bu asitler yağışlarla yeryüzüne ulaştığında bina sıvalarının yapısında bulunan kalsiyum (Ca) ile reaksiyona girerek binaların ve toprak ve kayaç kökenli tarihi eserlerin yıpranmasına neden olmaktadır. Kükürt dioksitin kalsiyum ile reaksiyon özelliği bilindiğinden termik santrallerden çıkan kükürt dioksit (SO_2) kireç taşı çözeltisi ile yıkanarak arıtılmaktadır. Toprağa işleyen sülfürik asit topraktaki magnezyumu yıkayarak bitki besin eksikliğine neden olduğu gibi, yıkanan magnezyumun su kaynaklarına karışarak içme sularının kalitesinin bozulmasına da neden olmaktadır. Yine bu asitler bitki beslenme



fizyolojisini olumsuz etkilemekte, yaprak yüzeylerinde yanmaya neden olmakta, fotosentez hızını düşürmekte ve toprak pH'sını düşürerek bitki gelişimini olumsuz etkileyebilmektedir.

Fosil yakıtlara dayalı termik santrallerde sistem yakıtın suyu ısıtması ile elde edilen su buharının elektrik üreten türbinleri çalıştırması esasına dayanmaktadır. Fosil yakıtlara dayalı bu santraller baca gazı emisyonları ve yanma artığı ürünlerle büyük bir çevre kirleticisi haline gelmektedir. Bu tip santrallerin çevreye etkisi ortaya çıkardığı kirlilikle kalmaz. Soğutma kulelerinde yeterince soğutulmadan alıcı ortama boşaltılan su başta balıklar olmak üzere ortamda yaşayan canlılar üzerine olumsuz etkilere neden olacaktır.

Açık kömür işletmeciliğinde, işletme sahasındaki doğal bitki örtüsü tamamen yok edilebilmektedir. Ülkemizde linyit üretiminin %90'ı açık işletme %10'u yeraltı işletmesi şeklindedir. Üretim sonrası bu alanların yeniden bitki örtüsüyle kaplanması zorunlu tutulmalıdır. Denizlerden geçen petrol yüklü tankerler muhtemel kazalar nedeniyle tehlike saçmaktadır. Kaza sonucu deniz canlıları ve kuşların yaşamı olumsuz etkilenmektedir. Özellikle boğazlardan geçen tankerler yoğun deniz trafiği ve olumsuz hava koşullarında tehlike saçmaktadır. Petrol ve doğalgazın tankerle deniz üzerinde taşınması yerine uygun olan bölgelerde boru hatlarıyla taşınması tercih edilmelidir. Petrol ve doğalgaz boru hatları doğal koruma alanlarından ve tehlike oluşturacak yerlerden geçirilmemelidir.

Petrole dayalı ulaşım sektörü de çevre kirliliğine neden olmaktadır. Trafikte partikül ve kükürt dioksit kirliliği önemli bulunmamaktadır. Ancak, hidrokarbonlar, azot oksitler ve karbon monoksit emisyonu ulaşım araçlarından kaynaklanan çevre kirlenmesinde önemli yer tutmaktadır. Büyük şehirlerde yoğun trafik sonucu oluşan emisyon kirlilikleri termik santrallerin oluşturduğundan daha fazla olabilmektedir.

Isınmada kullanılan fosil yakıtlardan kaynaklanan emisyon durgun ve nemli havalarda büyük bir hava kirliliğine neden olmakta başta solunum ve dolaşım organları olmak üzere çeşitli sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Bu alanlarda kirlilik düzeyi yüksek olan kömür gibi fosil yakıtların kullanılması sınırlandırılmalıdır. Yakma hataları en aza indirilmeli ve iyi yalıtım sağlamak gibi uygulamalarla enerjinin verimli kullanımı sağlanmalıdır.

Son dönemdeki artan hava kirliliği termik santrallerde, ulaşım araçlarında, endüstriyel faaliyetlerde ve konutların ısıtılmasında kömür, petrol ve doğalgazın yoğun kullanımından

kaynaklanmaktadır. Kömür, petrol ve doğalgazın dünya enerji tüketimindeki payı %88'ler civarındadır.

Fosil yakıtların çevre ve sağlık açısından olumsuz sonuçlarını aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür:

1. Küresel ısınma, iklim değişikliği, bazı türlerin yok oluşu
2. Asit yağmurları, bitki gelişimine olumsuz etki, bina ve tarihi yapıların yıpranması
3. Solunum yolu, akciğer ve kalp hastalıklarında artış
4. Radyasyon ve partikül kirliliği
5. Kül için alan gereksinimi ve görüntü kirliliği
6. Ağır metal atıkları
7. Taşıma sorunları
8. İşletmelerdeki kaza ve ölümler
9. Termik santrallerde ısınan suyun alıcı ortamda balık ve diğer canlıları öldürmesi
10. Açık kömür işletmeciliğinin doğayı tahrip etmesi ve görüntü kirliliği

TÜRKİYE İÇİN FOSİL YAKIT DURUM DEĞERLENDİRMESİ

Fosil yakıtların dünyadaki rezervleri giderek tükenmektedir.

Kömürün 210 yıl,

Petrolün 41 yıl,

Doğalgazın 64 yıl sonra tükeneceği ileri sürülmektedir. Ancak, bu rakamlar kesin olmayıp arama ve işletme teknolojilerinin gelişmesiyle yeni rezervlerin ortaya çıkışı ve kullanılması bu sürelerin çok daha uzun olabileceğini göstermektedir. Süre ne kadar uzayabilir olsa da nihayetinde fosil yakıtların miktarı sınırlı olup bunların tükenen kaynaklar olduğu açıktır.

Doğalgazın kirleticiliği kömür ve petrole göre daha düşük seviyededir. Hem daha bol ve ucuz olması hem de daha az kirlitici olması nedeniyle doğalgaz kullanımı dünyada ve ülkemizde hızla artmaktadır. Doğalgaz kullanımındaki bu artışın 2040 yılına kadar en yüksek seviyeye ulaşacağı daha sonra trendin düşmeye başlayacağı tahmin edilmektedir. Buna göre, günümüzde dünya enerji tüketiminde %23'ler civarında yer tutan doğalgaz tüketiminin 2-3 kat artacağı tahmin edilmektedir. Bu durumda doğalgazın gelecek 50 yılın hakim enerji kaynağı olacağı tahmin edilmektedir.

Doğal gazın temel bileşenleri	Yaklaşık hacim (%)
Metan (CH ₄)	50-90
Etan (C ₂ H ₆)	6
Propan (C ₃ H ₈)	4
Bütan (C ₄ H ₁₀)	2
Hidrojen sülfür (H ₂ S), CO, CO ₂	1

Doğalgazdan propan ve bütanın -184 C'de sıvılaştırılarak alınması ile Sıvılaştırılmış Doğalgaz (LNG) elde edilebilir ve soğutmalı gemilerle taşınır. Doğalgaz gaz haliyle deniz taşımacılığı yoluyla nakledilebilmektedir. Ancak, özellikle boğazlardan geçişlerde olmak üzere deniz taşımacılığında çevreyi olumsuz etkileyecek kaza riskleri bulunmaktadır. Bir diğer taşıma yöntemi de boru hatlarıyla taşınımıdır. Ülkemizde planlamalar gerçekleştirildiğinde komşu ülkelerdeki kaynakların üçüncü ülkelere naklini kolaylaştırmak amacıyla 8 doğalgaz boru hattı ve 3 petrol boru hattı yapılmış olacaktır. Ülkemiz doğalgaz zengini ülkelerle komşu durumda olup, alıcı ülkelere köprü oluşturmaktadır.

Dünya doğal gaz rezervleri:

Ülke	Rezerv payı (%)
Rusya, Kazakistan	40
İran	14
ABD	5
Katar	4
Suriye	4
Diğerleri	33

Doğal gazın kömür ve petrole üstünlükleri:

1. Doğalgazın CO₂ emisyonu kömürden %40, petrolden %20 daha azdır.
2. Doğalgazda kömürde olduğu gibi uranyum gibi radyoaktif maddeler bulunmaz.
3. Kömür ve petrolede olduğu gibi yanma sonucunda ağır metaller ve partiküller açığa çıkmaz.
4. Kömürde olduğu gibi kül ve buna bağlı görüntü kirliliği yoktur.
5. Petrole göre fiyatı ucuz olup, kömüre göre taşınması daha ucuz ve kolaydır.

Ancak, doğalgaz alımında belli ülkelere bağlı kalındığında fiyat, siyasi istekler ve enerji güvenliği bakımından beklenmedik durumlarla karşılaşmak mümkündür. Bu nedenlerle enerji temininde kaynak çeşitlendirilmesine gitmek ülke güvenliği ve güvenilir enerji temini için zorunlu görülmektedir.

Ülkemizde 2000 yılında birincil enerji tüketiminde petrol ürünlerinin kaynak payı %43, doğalgazın payı %16,6 olmuştur. Ne var ki ülkemiz tükettiği petrolün %83'ini, doğalgazın hemen tamamını (%98) ithal etmektedir. Türkiye'de 1997 yılı itibarı ile 21'i yabancı 4'ü yerli olmak üzere toplam 25 petrol şirketi faaliyet göstermektedir. Petrol aranacak efektif alanımızın kara ve denizde toplam 335,105 km² olduğu bildirilmektedir. Son 65 yılda açılan kuyu sayısı 1044 ve sondaj miktarı 2430505 metre olmuştur. Konunun uzmanları ülkemizde petrol arama ile ilgili bu kuyu açma ve sondaj miktarların oldukça düşük düzeyde kaldığını bildirmektedir. Doğalgaz ihtiyacımızın 2010 yılında 53 milyar metreküpe, 2020 yılında 80 milyar metreküpe çıkacağı tahmin edilmektedir. Ülkemizde Trakya, Marmara, Güneydoğu ve Orta Anadolu bölgelerinde doğalgaz rezervlerinin bulunabileceği tahmin edilmektedir. Halen bilinen 12 milyar metreküplük rezervin 3 milyar metreküpü üretilmekte ve bu doğalgaz üretiminin %80'i Trakya bölgesinde Hamidabat'ta gerçekleştirilmektedir. Doğalgazın karbon emisyonu yaklaşık olarak kömürün neredeyse yarısı, petrolün üçte ikisi kadardır. Ayrıca doğalgazda kömür içerisinde bulunan uranyum gibi radyoaktif maddeler bulunmamaktadır. Kömür ve petrolün yanmasıyla açığa çıkan ağır metaller ve partikül atıklar da doğalgazda görülmemektedir.

Avrupa Birliği 5. Çerçeve Eylem Planı ve 1992 yılında Rio'da Birleşmiş Milletler Çevre Konferansınca imzaya açılan "İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi" gereğince "Sera gazı emisyonlarının 1990 yılı düzeylerine çekilmesi durumu söz konusudur. Bu sözleşmenin imzalanması konusunda ABD isteksiz davranmaktadır. Ancak, sözleşme tüm Avrupa Birliği üyesi ülkelere onaylanmıştır. Bu durum ülkemizi de zora sokmaktadır. Oysa gelişmelerini daha önce gerçekleştiren ülkelerin 1990 yılındaki emisyonları zaten yüksek düzeydedir. Aşırı fosil yakıt kullanımı ile tüm dünyayı etkileyen çevre sorunlarına neden olan gelişmiş ülkeler, gelişmekte olan ülkelere adeta ucuz enerji elde etme ve kalkınma yolu kapatılmaktadır. Örneğin, Türkiye'nin 1990 yılındaki karbondioksit emisyonu önemli bazı Avrupa ülkeleri ile kıyaslandığında durum daha açık görülecektir.

1990 yılında Türkiye'nin CO₂ emisyonu;

Almanya'nın	%14'ü,
İngiltere'nin	%23'ü,
İtalya'nın	%34'ü,
Fransa'nın	%36'sı kadardır.

Kaldı ki, bu ülkeler enerjilerinin önemli bir kısmını nükleer enerji kaynaklarından sağlamaktadırlar. Kişi başına karbondioksit emisyonu bakımından bakıldığında da durum bundan farksızdır. Son dönemde hızla gelişerek dünya ekonomisinde söz sahibi olan Çin kalkınmasının anahtarı olan enerji temini amacıyla kömür kullanarak 1982–1992 yıllarında CO₂ emisyonunu %50’den daha fazla artırmıştır.

1995 yılı kişi başına yıllık CO₂ emisyonu:

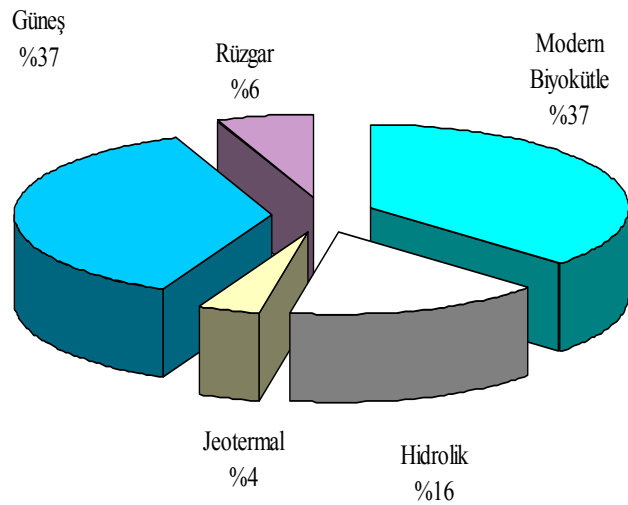
Ülke	Yıllık CO ₂ emisyonu (ton/kişi)
ABD	19,24
Kanada	14,60
Almanya	10,39
İngiltere	9,14
Japonya	7,75
Fransa	6,22
Türkiye	2,46

Fosil enerji kaynaklarının tükenir olması, çevre ve sağlık üzerine olumsuz etkileri, ülkemiz için petrol ve doğalgazdaki dışa bağımlılık ve yukarıda bahsedilen uluslar arası zorlayıcı kararlar Türkiye’nin yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmesini zorunlu kılmaktadır. Ülkemiz için yeni ve yenilenebilir kaynakların başında hidrolik enerji gelmekte, güneş, rüzgar, jeotermal ve biyokütle enerjileri de gelecek vaat etmektedir. Kaza riski ve atık sorunu güvence altına alındığında oldukça temiz ve ucuz enerji kaynağı olan nükleer enerjiye geçiş de ülkemiz için önemli bir seçenek olacaktır.

YENİ VE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Ülkemiz yenilenebilir enerji potansiyeli bakımından oldukça zengin durumdadır. Ülkemizde yenilenebilir enerji kaynak potansiyellerinin dağılımı aşağıdaki gibidir:

Kaynak	Oran (%)
Güneş	37
Biyokütle	37
Hidrolik	16
Rüzgar	6
Jeotermal	4



HİDROLİK ENERJİ VE ÇEVRE

Hidrolik enerji daha çok barajlarda biriken suyun potansiyel enerjisinin belli bir düşme yüksekliği ve debiyle aşağı yönde akarak tribünlerde kinetik enerjiye ve daha sonra jeneratörlerde elektrik enerjisine dönüşmesi ile üretilen enerjidir. Aynı yöntemle doğal göl ve akarsulardan da elektrik üretmek mümkün olabilmektedir. Hidrolik enerji Türkiye için çok önemli bir kaynaktır. Ülkemizde hidrolik enerjinin toplam enerji üretimindeki payı %12,4, elektrik üretimindeki payı ise %39'dur. Ülkemiz zengin hidrolik enerji potansiyeline sahiptir. Türkiye'de yapılabilir 439 hidroelektrik santralinden yalnızca 100 tanesi işletilmektedir. Hidrolik enerji üretimimizin %97,5'i barajlı %4,3'ü doğal göl ve akarsu üzerine kurulmuş santrallerde gerçekleştirilmektedir.

Ülkemizde Hidrolik potansiyelin %29'u işletiliyor,
%10'u inşa halinde,
%14'ünün projesi hazır,
%19'u planlama aşamasında,
%28'i ön inceleme aşamasında bulunmaktadır.



Hidrolik enerji temiz bir enerji kaynağı olmakla birlikte çeşitli olumsuz yanları bulunmaktadır. Bunlardan birincisi ekonomik ömürlerinin kısa oluşudur. Hidroelektrik santrallerin ekonomik ömrü genellikle 50 yıl kadardır. Bakım ve onarımla bu sürenin 75-100 yıla çıkarılması mümkündür.

Hidrolik enerji daha çok baraj inşa ederek sağlanmaktadır. Bu bakımdan çevre üzerinde olumsuz etkileri bulunmaktadır.

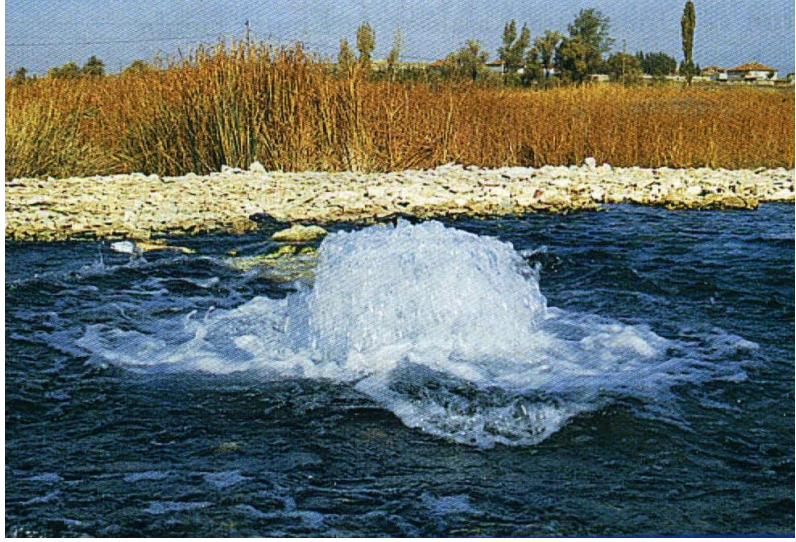
Bu olumsuz etkiler:

1. Barajların yapımı geniş alan gerektirmektedir. Baraj sahasında,
 - a. Doğal yapı tahrip edilmekte, sahada yaşayan bitki ve hayvan varlığı yok edilmektedir. Bazı endemik türlerin nesilleri tüketilmekte ve biyolojik çeşitlilik olumsuz etkilenmektedir.
 - b. Tarihi ve kültürel öneme sahip değerler Hasankeyf ve Zeugma'da olduğu gibi sular altında kalmaktadır.
 - c. Barajlar yerleşim alanlarını kaplayarak kırsal kesimden göçlere neden olmakta ve sağlıksız kentleşmeye yol açabilmektedir.
2. Mikroklimatik etki ile iklim değişikliği meydana gelmekte bu durumda da bitki ve hayvan varlığı değişebilmekte, biyolojik çeşitlilik olumsuz etkilenebilmektedir.
3. Barajlarda su birikmesi doğal fay hareketlerini etkileyebilmektedir.
4. Kaza ve ölümlere neden olabilmektedir.



JEOTERMAL ENERJİ VE ÇEVRE

Jeotermal enerji yer kabuğu derinliklerinden gelen ısınn doğal olarak yeraltı suları ısıtması ve bu ısınan suyun yeryüzüne ulaşması ile elde edilmektedir. Jeotermal enerji kaynaklarının doğrudan kullanımında Çin 1. sırada yer alırken, jeotermal elektriksel kurulu güç bakımından ABD 1. sırayı almaktadır. Ülkemiz



jeotermal kaynak potansiyeli bakımından dünyada 7. sırada, jeotermal elektriksel kurulu güce sahip olma bakımından 14. sıradadır. Türkiye’de tüm ülkeye yayılmış olan 30 °C’nin üstünde sıcaklığa sahip 140 adet büyük alanın varlığı bilinmektedir. Bu 140 alan içerisinde su sıcaklığı 100 °C’yi bulan 600 den fazla kaynağın var olduğu da bilinmektedir. Halen ülkemizde 200 kadar kuyu açılmış olup, arama ve işletme faaliyetleri yetersiz durumdadır.

Jeotermal enerji kaynağının kullanım alanlarını aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür.

1. Doğrudan kullanım
 - a. Konut ısıtma
 - b. Sera ısıtma
 - c. Termal tesislerde sağlık ve turizm amaçlı kullanım
 - d. Soğutma (klimatizasyon) da kullanım
2. Elektrik üretimi
3. Karbondioksit üretimi

Denizli-Kızıldere de 20 MW kapasiteli jeotermal elektrik santralimiz bulunmakta, Afyon-Germencik’te de 25 MW kapasiteli jeotermal elektrik santrali kurulma çalışmaları devam etmektedir.

Çevre dostu olmasına rağmen çevre üzerinde olumsuz etkilere de sahip olabilmektedir. Bu çevreye olumsuz etki jeotermal akışkanının içeriğinden ileri gelmektedir.

Akışkan içerikleri:

1. Sodyum, potasyum, sülfat, silikat ve borat tuzları
2. Metan, Karbondioksit, hidrojen sülfür ve bor

Bu içeriklerinden dolayı hava, toprak ve su kirliliğine neden olmamak için akışkanların tekrar kuyuya verilmesi gerekmektedir.

Çevreye olumsuz etkilerini aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür,

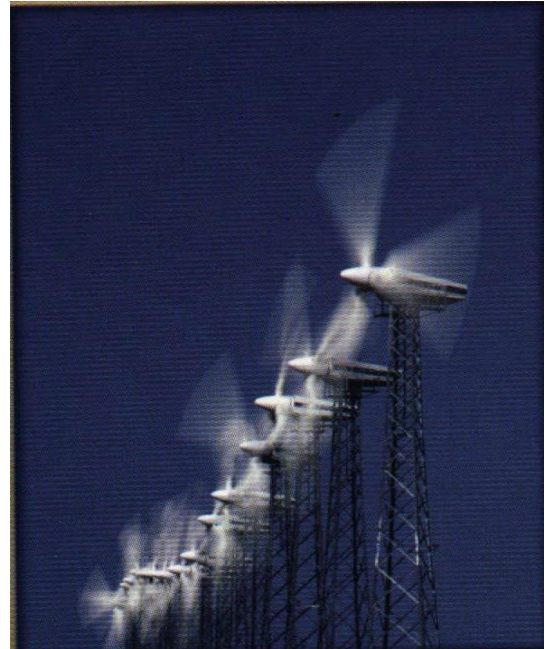
1. Sera gazları (CH_4 ve CO_2) çıkarırlar.
2. Asit gazı (H_2S) salgırlar.
3. Bor ve diğer ağır metal içeren akışkanlar tekrar kuyuya verilmediğinde akarsuları ve içme sularını kirlitebilirler.
4. Sondaj ve suyun çıkarılması sırasında gürültü kirliliği oluşturabilirler.
5. Hastalık ve kazalara neden olabilirler.

RÜZGAR ENERJİSİ VE ÇEVRE

Rüzgarda enerji elde etme uygulamaları yaklaşık 100 yıl öncesine dayanmaktadır. 1980'li yıllarda yeni teknolojilerle kurulan rüzgar santralleri maliyeti düşürmüş ve çeşitli ülkelerin rüzgardan enerji elde etme eğilimlerini artırmıştır. Buna rağmen, tüm dünyada var olan rüzgar santralleri kurulabilecek minimum potansiyelin binde biri kadardır.

Rüzgardan elektrik enerjisi elde etme çalışmaları son 15 yılda hızlanmıştır. Bu yıllar da ABD'de Kaliforniya'da 15 bin adet tribün kurulmuştur.

ABD'de bulunan Kenetech Rüzgar Çiftliği dünyanın en büyük kurulu rüzgar santralini oluşturmaktadır. 1998 yılı itibarı ile ABD'nin kurulu gücü 1800 MW civarındadır. Ancak, Almanya 1998'li yıllara gelindiğinde rüzgar santrallerinin kurulu gücünü 2200 MW'a çıkarmış ve ABD'yi geçmiştir. Danimarka ilk deniz üstü rüzgar santrali kurmayı başarmış ve Vindeby Rüzgar Çiftliğini kurmuştur. Ülkemiz üç tarafı denizlerle çevrili rüzgarın bol olduğu



bir ülkedir. Ayrıca Orta Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerimizin geniş bozkırlarında da bol rüzgara rastlamak mümkündür. Ekonomik bir rüzgar santralinin kurulması için 14 km/saat hızla esen rüzgarın varlığına ihtiyaç duyulur. Rüzgar hızı 26 km/saat olduğunda santral maliyeti oldukça düşmektedir.



Rüzgar tribünlerinin kurulacağı yerlerde 12 ay süresince rüzgar ölçümleri yapılmalıdır. Ülkemizde henüz kapsamlı ölçümler yapılmamıştır. Rüzgar ölçümleri klimatolojik amaçla meteoroloji kurumlarınca gerçekleştirilmektedir. Ancak, meteoroloji istasyonları yerleşim birimlerinin belli yerlerinde bulunduğu için bunlardan alınan ölçüm sonuçları rüzgar tribünlerinin kurulmak istendiği yerleri tam olarak temsil edememektedir.

Santral maliyetleri (cent/kWh):

Güneş	7-8	
Rüzgar	7-8	(26 km/saat esen rüzgar varlığında 4-5 cent/kWh)
Kömür	4,3	
Doğalgaz	3-3,5	
Nükleer	4,3	

Rüzgar santrallerinin maliyeti başta rüzgar hızı, santralin gücü ve uygulanan teknoloji gibi sebeplerle ülkeden ülkeye değişiklik gösterebilmektedir. ABD'nin bazı bölgelerinde maliyet 3,9 cent/kW'ye kadar düşebilmekte, Almanya ve İngiltere'de 5,6-5,7 cent/kW civarında olmaktadır. Bu rüzgar santrallerinin ekonomik ömrü yaklaşık 20 yıl kadar olmaktadır.

Ülkemizde 1997 yılı itibarı ile 18 Avrupa ülkesinden alınan teklifler aşağıdaki gibi olmuştur.

Türbin büyüklüğü (kW'lık)	Fiyatı (\$/kW)
450-600	900-1100
750-1000	1200-1300
1000-1500	1400-1500
1500-2000	1750

1997 yılına ulaşıldığında Ülkemizde Alaçatı, Bozcaada ve Gökçeada'da 12 adet rüzgar türbini kurulmuş olup, çeşitli aşamalarda 30 başvuru bulunmaktadır. Toplam enerji üretiminde rüzgar enerjisinin payı %0.5 civarında olup bu oranın %3,5'lere çıkarılması önerilmektedir.

Ulusal elektrik şebekesine bağlı olmayan üretilen enerjiyi akülerde depolayan 1-10 kW'lık sistemler, mazotla çalışan elektrik jeneratörlerine yedek enerji sağlayan 10-100 kW'lık sistemler ve 10 kW'dan küçük rüzgar+güneş sistemleri özel işletmeler tarafından özellikle kendi ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla kurulmaktadır. Elektrik üretim amaçlı tribünlerin en çok kullanılanları genellikle 1 MW (1000 kW) güce sahip olanlardır. 1 MW kapasiteye sahip bir tribün için 700-1000 m²'lik alana ihtiyaç duyulur.

Büyük rüzgar santrallerinde elde edilen enerjiyi depolamak mümkün olmadığından bu enerjiyi bir sayaçla mevcut elektrik şebekelerine bağlamaları gerekmektedir. Böylece, ürettikleri elektriği kendileri kullandıkları gibi dağıtım şirketlerine satabilmektedirler. Şebekeye giren ve şebekeden aldıkları miktarlar bilindiği için ücretlendirmek kolay olacaktır. Ancak, rüzgar enerjisi üretmek isteyen şirketlerin en temel istekleri kendilerine enerji alım garantisinin verilmesidir.

Rüzgar enerjisinin çevreye olumsuz etkileri:

1. Geniş araziye gereksinim duyarlar. Ancak, türbinler toplam arazinin ancak %1'ini işgal eder, geri kalan kısımda türbinler altında bitkisel ve hayvansal üretim yapılabilir ve bu alanlar mera olarak kullanılabilir.
2. 500-100 kW'lık güce sahip bir türbin için 100x10 m'lik alanda 5 metre derinlikte beton temeller atmak ve türbinlere ulaşmak için yollar açmak gerekmektedir.
3. Gürültü kirliliğine neden olabilir. Yerleşim yerlerinden en az 500 m uzakta olmalıdır.
4. Kuş ölümlerine neden olabilmektedir.
5. Radyo, televizyon, telsiz gibi alıcılara yakın yerlerde parazit oluşturabilmektedirler.

Rüzgar enerjisinin üstünlükleri:

1. Tükenmeyen rüzgar gibi doğal bir kaynaktan beslenirler. Çevre dostu sayılırlar.
2. Maliyetleri çok yüksek değildir.
3. Üretim esnasında sera gazları emisyonu söz konusu değildir.
4. Kuşların türbin kanadına çarpma olasılığı milyonda birden daha azdır. Çok çarpan kuşları uzaklaştırıcı koku veya sinyal yaymak gibi uygulamalar üzerinde çalışılabilir.
5. Türbinlerden 100 m uzaklıkta duyulan ses 60 dB (desibel) olup, oto içerisinde duyulan sestən azdır. 400 m uzaklıkta türbinden çıkan gürültü 37 dB gibi çok düşük düzeye ulaşır.

GÜNEŞ ENERJİSİ VE ÇEVRE

Türkiye ortalama 2609 saat/yıl güneşleme süresine sahip, yani yılın yaklaşık %30'u güneşli geçen bir ülkedir. Güneş kuşağı içerisinde bulunan ülkemizde ısı enerjisinin yüksekliği ve güneşleme süresinin uzunluğu coğrafi bölgelerimize göre değişiklik göstermektedir. Ekonomik potansiyelin binde beşi kullanılmaktadır. Bunun büyük çoğunluğu da ısıtma amaçlı kullanılmaktadır. Çok farklı kullanım biçimleri bulunmaktadır.



Güneş enerjisinden yararlanılan alanlar:

1. Konutlarda, Sanayide ve tarımda ısı amaçlı ve elektrik temininde
2. İletişim araçları (radyo, televizyon, telefon, telsiz gibi) ve elektronik eşyaların çalıştırılmasında
3. Trafik lambaları gibi sinyalizasyonlarda ve otomasyonda
4. Taşıma ve ulaştırma araçlarının çalıştırılmasında
5. Askeri uygulamalarda ve uzay teknolojisinde

Isıl uygulamalar aşağıdaki gibi örneklendirilebilir:

1. Kullanım suyu ısıtma
2. Yüzme havuzu ısıtma
3. Kaynatma ve pişirme
4. Kurutma
5. Su distilasyonu
6. İklimlendirme
7. Sanayi proses ısısı
8. Tarımda sulama pompalarının çalıştırılmasında
9. Isı ve elektriğin birlikte kullanıldığı tüm alanlarda
10. Fotokimyasal ve fotosentetik çevrimlerde

Güneş enerjisini toplayan temelde iki tip sistem bulunmaktadır.

1. Isıl güneş kolektörleri. Toplanan ısı bir sıvıya (akışkana) aktarıldığı sistem
2. Elektriksel güneş kolektörleri. Güneş pilleri yada fotovolatik (PV) piller. Yarı iletken diyot yapısındaki piller güneş ışığını fotonlarından ayırarak (fotoelektrik olayı) doğrudan elektrik enerjisine çevirirler.

Güneş pillerinin yapımında en çok kullanılan yarı iletken madde silisyumdur. Çevreye etkilerini değerlendirmek açısından güneş pillerinin yapımında kullanılan maddeleri bilmek gerekir.

Güneş pillerinin yapımında kullanılan malzemeleri aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür:

1. Kristal silisyum
2. Galyum arsenit
3. Amorf silisyum

4. Kadmiyum tellurid
5. Bakırindiyumdiselenit
6. Borontriflorat
7. Hidroflorik asit
8. Selenyum
9. Arsenik

Hesap makinesi, telefon, otomobillerin çalışması, sinyalizasyon gibi az enerji gerektiren alanlar yanında fotovoltatik sistemle (PV) güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine çeviren daha büyük elektrik santralleri kurulabilmektedir. Ancak, şu anda maliyet biraz yüksek (7-8 kW/h) gözükmemektedir.

Isıl kullanımın geliştirilerek büyük alanlarda güneş termik santrallerinin kurulması da mümkündür. Güneş enerjisi ile elde edilen buhar diğer termik santrallerde olduğu gibi türbin-jeneratör ünitesiyle elektrik üretmede kullanılabilir. Ayrıca, Güneş-Doğalgaz hibrit termik santrallerin kurulması verimli enerji üretimi yolu olarak görülmektedir.

Ülkemizde güneşli su ısıtıcıları üretimi oldukça yaygınlaşmıştır. Güneşli su ısıtıcıları üretiminin %20-25'i ihraç edilmektedir. Bu sektörde yaklaşık 2000 kişi istihdam edilmektedir.

Güneş enerjisi üretiminin çevreye olumsuz etkilerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

1. Güneşli su ısıtıcıları mimari bütünlükten yoksundur. Genellikle bina çatılarında düzensiz yerleştirilerek görüntü kirliliği oluşturmaktadır.
2. Güneş enerjisine dayalı elektrik santralleri geniş alan istemektedir. Ancak, bu alan rüzgar ve hidroelektrik santralleri için gerekenden az olmaktadır.
3. Güneş termik santralleri ve diğer kolektörler ışık yayarak, radyasyonun yayılmasına ve oluşturduğu parlaklıkla göz sağlığına olumsuz etki edebilir.
4. Güneş pillerinin yapımında kullanılan silisyum, borontriflorat, hidroflorik asit, arsenik, kadmiyum ve selenyum gibi maddeler imalat esnasında veya kazalar sonucu çevreye yayıldığında toprak, su ve hava kirliliğine neden olabilir.

BİYOKÜTLE ENERJİSİ VE ÇEVRE

Bitkisel ve hayvansal ürünlerden elde edilen enerjidir. 1997 yılı itibarı ile birincil enerji üretimimim %25'i klasik biyokütleden elde edilmiştir. Bitkisel ve hayvansal kaynakların iyi kullanılması ve enerji ormancılığı ve enerji tarımı yapılması gibi yollarla bitkisel üretimin artırılması ile biyokütle enerjisi hem dünya hem de ülkemiz için önemli bir kaynak olacaktır. Biosferde 250 milyon ton/yıl kuru madde kütlesi 100 milyar ton/yıl karbon kapasitesi bulunmaktadır. O halde biyokütle enerjisi yenilenebilen dengeli tüketildiğinde üretimle yeniden yerine konulan bir kaynaktır. Günümüzde toplam dünya biyokütle üretimi toplam enerji tüketiminin 8 katını aşmaktadır.

Biyokütle enerjisini klasik biyokütle ve modern biyokütle enerjisi olarak ikiye ayırmak mümkündür. Klasik biyokütle yakacak odun, bitkisel ve hayvansal artıkları ifade eder. Odunun, odun talaşının, pamuk, mısır ve buğday saplarının veya tezek adı verilen kuru hayvan dışkıların ve bunlar gibi bitkisel ve hayvansal kaynakların doğrudan yakılması ile elde edilen ısı enerjisi klasik biyokütle enerjisinin temelini oluşturur.

Modern biyokütle enerjisi üretiminde yararlanılan kaynakları aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür:

1. Enerji ormanları: Kavak, titrek kavak, söğüt ve okaliptus gibi hızlı gelişen odunsu bitkilerin üretilmesi
2. Enerji tarlaları: Darılar, mısır, sorgum, miskantus gibi bitkilerin tarla üretimleri
3. Tarımsal yan ürünler: sap, saman, hayvan dışkısı, melas, yağ vb.

Ülkemizde 1997 yılı itibarı ile klasik biyokütle toplam yerli enerji üretiminin ¼'ünü karşılamıştır. Ancak, klasik biyokütle kullanımında genellikle katı biyokütle yakıtların yakılması ile ısı enerjisi elde edilmesi esnasında kayıplar oldukça yüksek olmaktadır. Biyokütlenin ortalama ısı değeri 17,5 MJ/kg'dir.

Modern biyokütle enerjisi üretiminde bitkisel ve hayvansal kaynaklar geliştirdiği gibi bu kaynaklarla ısı, elektrik, sıvı ve gaz halinde sentetik yakıtlar elde etmek mümkündür.

Ülkemizde 20,2 milyon hektar civarında olan ormanlarımızın yarısından fazlası verimsiz durumdadır. Verimsiz durumda olan ormanlarımızın 5-6 milyon hektarında enerji ormancılığı

yapılacak olsa ülkemiz enerji ihtiyacının % 32'sini karşılamak mümkün olacaktır. Ülkemizde 23 milyon hektar tarla alanının %10'u enerji bitkileri üretimine ayrılacak olsa toplam enerji ihtiyacımızın %16'sını karşılamak mümkün olacaktır.

Biyokütleden elde edilen tüm yakıtlar biyoyakıt adıyla aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir.

1. Katı yakıtlar (odun, sıkıştırılmış briket, kurutulup sıkıştırılmış turba vb.)
2. Sıvı yakıtlar
 - a. Biyoalkoller
 - i. Etanol (Brezilya'da şeker kamışından üretilir ve otomobil yakıtı olarak çok fazla kullanılmaktadır. ABD'de en çok mısırdan elde edilen etanol benzine katılarak kullanılmaktadır.)
 - ii. Metanol (Esas olarak doğalgazdan üretilen metanol biyokütleden de üretilmektedir, ancak, şimdilik ekonomik bakımdan kullanımı uygun bulunmamaktadır.)
 - b. Dizel motorlarda kullanılan biyolojik yağlar
 - i. Doğrudan bitkisel yağların kullanımı
 - ii. Atık yağların kullanımı
 - iii. Biyodizel üretimi (Bitkisel veya hayvansal yağlardan transesterifikasyon yöntemiyle üretilmektedir. Dünyada en fazla kanola bitkisinin yağdan üretim yapılmaktadır.)
3. Gaz yakıtlar
 - a. Metan (Çiftlik gübresi ve biyolojik atık ve kalıntıların ayrışması esnasında açığa çıkan metan gazı toplanıp yakıt olarak kullanılabilir. Bu yolla %55-70'i metan olan biyogaz elde edilmekte ve ısınma, mutfak yakıtı ve elektrik jeneratörü çalıştırmak amacıyla tarımsal işletmelerde kullanılabilir.)
 - b. Hidrojen (Hidrokarbon yakıtların parçalanması ve suyun elektrolizi ile üretilen hidrojen gaz formunda, sıvılaştırılarak, metallerle hidritler oluşturularak, yakıt pilleriyle elektrığe dönüştürerek veya doğrudan buhara dönüştürerek çok çeşitli alanlarda kullanılabilir.)

Odundan yongalanmış veya briket halinde katı yakıt, metil alkol, etil alkol jeneratör gazı ve piroliz katranı şeklinde enerji kaynağı olarak yararlanmak mümkündür. Tek veya çok yıllık otsu bitkilerden etanol, sentetik petrol, gaz yakıt (metan) üretmek ve katı yakıt şeklinde enerji kaynağı olarak yararlanmak mümkündür.



Çöp termik santralleri ile kentsel organik atıklardan ısı ve elektrik üretilmektedir. Bu amaçla kent atıkları cam ve metallerden ayrılmalı veya daha baştan ayrı toplanmalıdır. Organik atıklar özel ızgaralı veya akışkan yataklı ocaklarda yakılır ve buradan elde edilen ısı ya doğrudan kullanılarak veya buhar elde edilip jeneratörlerde elektrik elde edilmektedir. Böylece çöplerde ortadan kaldırılmış olur. Ancak, bu santrallerde baca gazları uygun şekilde filtre edilmelidir.



Biyogaz organik materyalin anaerobik fermentasyonu ile elde edilmektedir. Biyogazın %55–70 metan, %35–45 karbondioksit ve geriye kalan kısmı da hidrojen sülfür, amonyak ve hidrojen gibi gazlardan oluşmaktadır. İçerdiği metan oranına bağlı olarak ısı değeri 19–27,5 MJ/m³ kadardır. Biyogaz elde edildikten sonra geriye kalan organik kısım tarla ve bahçelerde gübre olarak kullanılır.

Biyogaz kaynakları:

- Organik çöpler
- Hayvan dışkıları
- Sap-saman
- Melas (şeker ve gıda sanayinde yan ürün olarak üretilmektedir)
- Meyve posaları
- Yağ bitkilerinin artıkları ve küspeleri

Bu kaynaklar havasız koşullarda (beton veya metal tanklar içerisinde) 35 C'lik mezofilik veya 60 C'lik termofilik sıcaklıkta ve pH:6.7-7.6 koşullarında biyolojik fermantasyona uğratılarak tank üst kısmında biriken gaz bir boru sistemiyle alınarak ısıtma, mutfak ocakları veya elektrik üretmek amacıyla jeneratör çalıştırmak amaçlarıyla kullanılabilir. 1 kg kuru maddeden 0,15–0,20 m³ biyogaz üretilmektedir.

Biyokütleden enerji elde edilmesinin çevre üzerindeki muhtemel etkileri:

1. Karbondioksit, metan ve kükürt oksitler gibi sera gazı emisyonu vardır
2. Partikül emisyonu söz konusu olabilmektedir
3. Atık sorunu oluşabilmektedir
4. Görüntü kirliliği oluşturabilir
5. Tesise göre değişmek üzere gürültü kirliliği söz konusu olabilir
6. Belli bir alan gerektirir
7. Suya gereksinim duyulmaktadır

DENİZ VE OKYANUS ENERJİSİ

Denizlerden elde edilen enerji çeşitlerini aşağıdaki gibi gruplandırmak mümkündür.

1. Deniz dalga enerjisi
2. Deniz akıntı enerjileri (Boğazlardaki akıntılardan elde edilen enerji)
3. Deniz sıcaklık farkı enerjisi
4. Gel-git enerjisi (Okyanuslara sınırı bulunmayan ülkemiz için söz konusu değildir.)

Bunlardan ilk üçü ile ülkemizde araştırmalar ve ön çalışmaları yapılmalıdır ve yapılmaktadır.



NÜKLEER ENERJİ VE ÇEVRE

Doğal radyoaktivitenin ana kaynağı, karasal ortamlarda kayalarda, deniz diplerinde ise sedimentlerde bulunan radyoaktif maddelerdir. Havada ise kozmik ışınlar radyoaktivitenin ortaya çıkmasına neden olur.

Atom numarası (proton sayısı) aynı olduğu halde kütle numarası (proton+nötron sayısı) farklı olan maddelere o elementin izotopu denilmektedir. Bazı izotopların atom çekirdekleri farklı derecede kararsızlık göstermektedir. Bu kararsızlık nedeniyle, çekirdek bir enerji ile uyarıldığında parçalanmakta, bu **parçalanma esnasında çevreye radyasyon (ışın) yaymaktadır**. Yine bu parçalanma sırasında yeni elementler de açığa çıkmaktadır.

Bir radyoaktif (ışın yayan) izotopun yarısının parçalanması için geçen süre "yarı ömür" olarak adlandırılmaktadır. Her radyoizotopun belli bir yarı ömrü bulunmaktadır. Yarı ömrü kısa olan radyoizotopların radyasyon (ışın yayma) seviyesi daha yüksek olmaktadır. Uranyum, Sezyum, Stronsyum, Karbon, Potasyum, Ruthenium, İyot radyoizotopları bilinen yaygın elementlerdendir.

İzotoplardan enerji **fission (ayırma) ve fusion (kaynaştırma)** olmak üzere iki farklı yöntemle elde edilmektedir. Fissionda, çekirdeklerin daha basit ve sabit parçalara ayrılmaları sağlanarak bu esnada açığa çıkan ışıdan yararlanılır. Fusionda ise kütle numaraları farklı çekirdeklerin birleştirilmeleri sonucu açığa çıkan ışınlardan yararlanmayı sağlar. Bu yöntemle elde edilen enerji daha büyük olup, hidrojen bombasının yapımı bu teknolojiye dayanmaktadır.

Günümüzde insanlık, nükleer enerjiden (çekirdek enerjisi) yararlanma yollarını bulmuş elektrik tribünlerinin çalıştırılması, gemilerin, denizaltıların hareket ettirilmesi, bazı hastalıkların teşhis ve tedavisi, yapay göl ve liman oluşturmak gibi büyük çukurların kolayca yapılması ve benzer faaliyetlerde kullanır olmuştur.

Elektrik üretme amaçlı nükleer santrallerde fission yöntemi uygulanmaktadır. Bu santrallerde radyoaktif element olarak uranyum kullanılmaktadır. Nükleer santrallerde esas olarak U^{235} 'in çekirdek bölünmesi ile açığa çıkan enerjiyle ısı enerjisi olarak su buharı edilmekte ve buharı tribünlerinin çalıştırılmasıyla da jeneratörlerden elektrik üretimi gerçekleştirilmektedir. 141 kg doğal uranyumdan 1 kg U^{235} elde etmek mümkündür. Uranyum tükenen bir yeraltı kaynak

olmasına rağmen, bu gün dünyada uranyum kaynağı sıkıntısı bulunmamaktadır. Dünyada 2010 yılına kadar üretimin yarısını stoklardan sağlamak mümkündür. Dünyada kanıtlanmış 53 yıl, eklenebilir 39 yıl ve potansiyel 168 yıl yetecek uranyum varlığı tahmin edilmektedir. Türkiye henüz nükleer enerjiye geçmediği için uranyum kaynakları işletilmeden durmaktadır. Uranyum kaynaklarımızın yaklaşık %40 kadarı Sorgun-Yozgat'ta bulunmaktadır. Ayrıca, Eskişehir'de bulunan dünya çapında öneme sahip toryum yataklarımızda mevcuttur. Zaten uranyum kullanılmadığı için henüz toryum maden işletmeciliği de söz konusu değildir. Kısaca ülkemiz açısından nükleer kaynak sıkıntısı söz konusu değildir.

Dünya elektrik üretiminin % 17'si nükleer güce dayalıdır.

Avrupa Birliği elektrik üretiminde nükleer gücün payı 1997 yılı itibarı ile %35 civarındadır.

Ülkemizde araştırma amaçlı çalışmalar dışında nükleer güce dayalı santral ve elektrik üretimi bulunmamaktadır.



Bazı ülkelerin 1997 yılı itibarı ile toplam elektrik üretimindeki nükleer enerji payları aşağıdaki gibidir.

Ülke	Nükleer enerjinin payı (%)
Fransa	78
Belçika	60
İsveç	45
Bulgaristan	45
İsviçre	40
Japonya	36
Almanya	30
İspanya	29
İngiltere	28
ABD	21
Kanada	14
TÜRKİYE	YOK

Tüm dünyada üretilen elektriğin %17'si 32 ülkede yer alan 473 nükleer üniteden sağlanmaktadır. ABD 107, Fransa 59 ve Japonya 54 nükleer enerji ünitesine sahiptir. Nükleer enerji santrallerinin ekonomik ömürleri 40 yıl civarındadır.

Nükleer elektrik santralleri ile elektrik üretmenin üstünlükleri:

1. Ucuz elektrik sağlama
2. Sera gazları ve asit gazları (CO_x , SO_x ve NO_x) emisyonunu azaltma
3. Bilgi birikimi ve ileri teknoloji deneyimi kazandırma
4. Güvenli elektrik temini ile endüstriyel üretimi canlandırma
5. Yeni istihdam alanları sağlama

Nükleer elektrik santralleri ile elektrik üretmenin olumsuz yanları:

1. Nükleer santrallerin işletmeleri sırasında oluşacak kaza riski
2. Nükleer atıkların oluşturduğu riskler

1000 MW'lık kömür termik santrali yılda:

3 milyon ton kömür tüketir

7 milyon ton karbondioksit (CO_2) üretir

140 bin ton asit gazı üretir

750 ton kül üretir

1000 MW'lık nükleer santral 40 yıllık ekonomik ömrü boyunca:

120 milyon ton daha az kömür yakılmasını sağlar

2780 milyon ton karbondioksit (CO_2) emisyonunu engeller

5,6 milyon ton asit gazı (SO_x ve NO_x) emisyonunu engeller

Küresel ısınmanın temel nedeni olan başta CO_2 olmak üzere sera gazlarının emisyonu bakımından, nükleer enerji üretimi tüm fosil ve yenilenebilir kaynaklardan daha temizdir.

Türkiye'de elektrik üretim birim maliyetleri:

İthal kömür	4,6 cent/kWh
Doğalgaz	3,5–4 cent/kWh
Nükleer	4–4,5 cent/kWh

Nükleer santrallerin

Sökme ve atık depolama dahil birim elektrik üretim maliyeti	2 cent/kWh
<u>Sermaye payı</u>	<u>2-2,5 cent/kWh</u>
Topam birim enerji maliyeti	4-4.5 cent/kWh

1 kg uranyum ile üretilen elektrik miktarı 16,6 ton taş kömüründen ve 11,1 ton (8 varil) petrolden üretilen elektriğe eşittir.

Buna göre:

1 kg kömürden	3 kWh
1 kg petrolden	4.5 kWh
1 kg uranyumdan	50.000 kWh elektrik enerjisi üretilmektedir.

Nükleer silahların denenmesi, nükleer santrallerdeki atık, sızıntı ve kazalar kara, su ve havanın kirlenmesine neden olmaktadır. Bu şekilde açığa çıkan nükleer radyoaktivite hava akımı ile çok uzun mesafelere taşınabilmekte ve yağışlarla yeryüzüne inmektedir. 1986 yılında Rusya'daki Çernobil kazası sonucu açığa çıkan radyoaktivite ülkemiz Karadeniz Bölgesine kadar ulaşmış ve özellikle o yıl ekili çay bitkilerinde birikimi söz konusu olmuştur. Kazanın, Çernobil'deki nükleer santralin çok eski teknolojiye dayalı olmasından kaynaklandığı ifade edilmektedir.

Füzelerin nükleer başlıkları ve nükleer bombaların muhtemel kullanımı yeryüzünde yaşamı sona erdirecek boyutlara ulaşmış durumdadır.

Nükleer enerji üretimi dünyada en fazla kontrol altında tutulan enerji üretim yöntemidir. Yeni kuşak nükleer santrallerde kaza riski oldukça düşürülmüş durumdadır. Nükleer atıklar camlaştırılıp çelik borulara konulmakta, bu çelik borularda çelik veya beton bloklar içerisine alınmakta, beton bloklarda tuz veya granit yataklarına gömülmektedir. Nükleer kaynakla enerji temininin güvenli ve temiz olduğu konusunda en iddialı ülke Fransa'dır. Japonya elektrik üretimini artırmak için yeni santraller planlamaktadır. Almanya, Danimarka, İsveç, İtalya, Avusturya ve Hollanda gibi bazı ülkeler yeni santral kurma planlarını iptal etmiş veya askıya aldıklarını duyurmuşlardır. Ancak, bu ülkelerin kişi başına elektrik tüketimleri ülkemizin 3-5 katı kadar olmuştur, yani bir bakıma doyuma ulaşmışlardır. Yine bu ülkelerden bazıları zaten ekonomik ömrünü tamamlamış (40 yıl) santrallerini kapatırken, nükleer enerjiye karşı oldukları gibi bir propaganda yolunu seçebilmişlerdir. Ekonomik ömrünü

tamamlamayan santralleri ise üretime devam etmektedir. İtalya ve Avusturya referandumla yeni programlarını askıya almış, ancak İtalya 2010 yılında devreye girecek olan 4000 MW'lık nükleer santral planlamıştır. İsveç 1980 referandumunda şartlı karar almış, işsizlik ve pahalılığa neden olmaz ise 2010 yılında nükleer üniteleri devre dışı bırakacağını açıklamıştır.

Fransa'da Loire nehri üzerinde 14 santral bulunmaktadır. Soğutma suyu nehirden alınıp tekrar nehre boşaltılmaktadır. Buna rağmen nehir suyu sulamada kullanılmakta, denize döküldüğü koyda balık tutulmakta ve yüzülmektedir.

Nükleer santrallerin ilk tesisleri pahalı olmasına rağmen, işletmeleri daha ucuz olmaktadır. Kaza riski ve atık sorunları güvenli bir şekilde çözüldüğünde çevre açısından temiz nükleer enerji temiz bir enerji kaynağıdır. Kurulduğu ülkeye sağlayacağı bilgi birikimi ve ileri teknoloji deneyimi düşünüldüğünde nükleer enerji üretiminin önemi stratejik boyut kazanmaktadır. Ayrıca, çevre açısından daha temiz oluşu, ucuz ve güvenilir elektrik sağlayarak endüstriyel kalınma ve modern kentleşmeyi teşvik etmesi ve yeni istihdam alanları oluşturmaları bakımından mutlak sahip olunması gereken bir enerji üretim teknolojisi olarak görülmektedir.

ENERJİ VERİMLİLİĞİ

Çağımızda insan hayat standartlarının temini için artan enerji sorununa çözüm bulmak gerekmektedir. Ancak, enerji üretimi için bulunacak her türlü çözümün çevreye bir maliyeti olacaktır. Bu gün tartışmaların odağında çevreye olumsuz etkinin en aza indirildiği teknolojilerin tercihi yer almaktadır. Oysa en az bunun kadar önemli olan ve üzerinde durulması gereken bir diğer konuda enerjinin verimli kullanımı olmalıdır.

Enerji verimliliği için bazı öneriler:

1. Artık ısıdan yararlanma (Fabrika ısılarıyla elektrik üretimi, jeotermal artırlarının seracılıkta kullanılması vb.)
2. Ulaştırma, endüstri alanlarında ve konutlarda enerji tasarrufu
 - a. Ekonomik motor, cihaz, alet, araç ve sistemlerin geliştirilmesi ile daha az enerjiyle daha fazla iş yapmanın sağlanması
 - b. Binalarda yalıtım, iyi yakma, güneş enerjisi kullanma gibi uygulamalar ve tasarruflu kullanım
 - c. Melez enerji kaynaklarından yararlanma (güneş+kömür, güneş+doğalgaz, elektrik+biyogaz, etanol+benzin vb.)
3. Yakıt pilleri kullanımı gibi yeni teknolojilere geçiş. Klasik termik santrallerinin verimi %30 iken yakıt pillerinin verimi %40–60 olmaktadır. Yakıt pilleri metanol, etanol, doğalgaz, LNG, LPG ve hidrojen gibi yakıtları elektrokimyasal yolla elektriğe çevirebilmektedir.
4. Hidrojen enerjisine geçiş

HİDROJENİN YAKIT OLARAK KULLANILMASI

Hidrojen yakıldığında sudan başka atık bırakmaması, taşınma kolaylığı ve depolanabilirliği nedenleriyle 21. yüzyılın hızla kabul gören enerji taşıyıcısı olmaya aday sekonder enerji kaynağıdır. Hidrojen sudan, fosil yakıtlardan ve biyokütleden elde edilebilmektedir. Bu gün pahalı bulunan hidrojen elde etme teknolojisi üzerinde gelişmiş ülkelerce çalışmalar başlatılmış olup, gelecekte daha ucuza elde edilmesi beklenmektedir. ABD 2025 yılına kadar yıllık enerji tüketiminin %10'unu hidrojenden karşılamayı planlamaktadır. Bir otomobil motorunda yakıldığında egzozdan yalnızca su buharı çıkmasıyla sonuçlanan hidrojenin çevre dostu olduğu açıktır. Böyle bir enerji kaynağının daha ucuza elde edilmesi, taşıma, depolama

ve kullanım verimliliği gibi konular üzerinde Türk bilim adamlarınca da çalışmalar yapılmalıdır. Bilimsel çalışma sonuçları mutlaka teknolojiye aktarılmalıdır.

Hidrojen sudan elde edilebildiği gibi kömür gibi fosil yakıtlardan ve biyokütle kaynaklarından elde edilebilmektedir. Suyun doğrudan elektrolizi, fotoelektrokimyasal yöntemlerle ve fotobiyolojik yöntemlerle sudan hidrojen elde edilebilmektedir. Kömürden gazifikasyon yöntemleriyle hidrojen elde edilmektedir.

Hidrojen kullanım alanlarını ve üstünlüklerini aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür:

1. Çok yönlü kullanıma uygundur. Hidrojen çok farklı alanlarda kullanmak ve uygun formlarda taşımak ve depolamak mümkündür. Kullanım biçimleri:
 - b. gaz formunda
 - c. sıvılaştırılarak
 - d. borhidrür veya demirhidrür gibi metallerle hidritler oluşturarak
 - e. yakıt pilleriyle elektrige dönüştürerek
 - f. doğrudan buhara dönüştürerek
2. Motor yakıtı olarak, uçaklarda (1956'da ABD ve 1988 yılında Rusya'da denenmiştir), uzay mekiği ve roketlerde kullanmak mümkündür.
3. Verimlidir, ısı değeri yüksektir (1 kg Hidrojen 3,2 lt benzine eşittir.)
4. Çevre dostudur. (Yanma sonucu emisyonu su buharıdır.)
5. Emniyetlidir. Emniyet faktörü hidrojen için 1, benzin için 0,53 ve metan için 0,80 olarak ifade edilmektedir.

Dünya rezervinin %80'i ülkemizde bulunan bor kullanılarak borhidrür şeklinde yakıt elde edilmesi ve diğer elde ediliş yolları, kullanım formları, kullanım alanları ve verimli kullanımı üzerinde çalışmalar yapmak gerekmektedir.

ENERJİ KAYNAKLARININ DURUMU VE TÜRKİYE

Günümüzde dünyada var olan uluslar arası tartışmaların ve savaşların büyük çoğunluğunun temelinde enerji kaynaklarına ulaşma, bunların kullanımı ve kontrol altına alınması yatmaktadır. 1972 Stockholm'de düzenlenen Birleşmiş Milletler Çevre Konferansı ile çevre kirliliğine karşı ilk düzenli mücadele başlatılmıştır. Günümüzdeki çevre sorunlarının

%50'sinin son 50 yılda ortaya çıktığı tahmin edilmektedir. Özellikle insanlığın günümüzde ve gelecekteki en önemli sorunlarından olan doğal kaynakların tükenmesi, çevre kirliliği, enerji temini ve enerji kullanımını temelden etkileyen bir faktördür. Dünya ve Ülkemize ait enerji kaynak payları aşağıda olduğu gibidir.

Dünya enerji tüketiminde birincil enerji kaynak payları:

Enerji Kaynakları	%
Petrol	38
Kömür	27
Doğalgaz	23
Nükleer	7
Hidrolik	3
Yenilenebilir	2

Türkiye enerji tüketiminde birincil enerji kaynak payları:

Enerji Kaynakları	%
Petrol	48
Kömür	21
Doğalgaz	14
Hidrolik	7,8
Biyokütle	8,6
Nükleer	Yok

Türkiye elektrik üretimindeki kaynak payları:

Enerji Kaynakları	%
Hidrolik	39
Linyit	30
Taş kömürü	3
Doğalgaz	21
Petrol	7

Enerji tüketiminin %60'ı ısı biçimindedir. Buna göre fosil yakıtlar olarak adlandırdığımız kömür, doğalgaz ve petrolün dünya enerji tüketimindeki payı % 88'i bulmaktadır. Nükleer enerji %7, Hidrolik enerji de %3'lük bir pay alırken yenilenebilir enerji kaynakları yalnızca %2'lik bir paya sahiptir. Ülkemizin birincil enerji kaynak payları ise petrol %48, kömür % 21, doğalgaz %14, hidrolik %7,8 ve biyokütle %8,6 olarak ifade edilmektedir. Elektrik üretiminde ise kaynak payları hidrolik %39, linyit %30, taş kömürü %3, doğalgaz %21, petrol %7 şeklinde gerçekleşmektedir.

Ülkelerin kişi başına yıllık elektrik tüketim miktarı dünyada adeta bir gelişmişlik ölçüsü haline gelmiştir. Dünya Enerji Konseyinin 1998'deki bildirisine göre halen dünya nüfusunun

%20'si enerjinin %80'ini tüketmektedir. Dünya enerji tüketiminin önümüzdeki 20 yılda %50 artacağı düşünülmektedir. İkincil enerji kaynağı ve enerji taşıyıcısı olan elektrik endüstriyel kalkınmada ve refah düzeyinin yükselmesinde en önemli rolü oynamaktadır. Bu gün yatırımcılarımız Türkiye'de elektrik tüketiminin komşu ülkelerden daha pahalı olduğundan şikayet etmektedir.

1996 yılı itibarı ile bazı ülkelerin kişi başına elektrik tüketimi aşağıdaki gibidir:

Ülke	Brüt tüketim (KWh/kişi)
Dünya Ortalaması	2 376
ABD	12 700
Fransa	7 100
Almanya	6 500
İngiltere	5 800
İtalya	4 700
İspanya	4 100
Türkiye	1 428

Ülkemiz enerji tüketiminin %36.4'ü sanayi sektörüne ait olup, geri kalanı yaklaşık eşit oranlarda konut ve hizmet sektöründe tüketilmektedir. Ülkemizin kalkınma trendini sürdürebilmesi için 20.000 MW civarında olan elektrik enerjisi üretiminin 1995–2010 yıllarında eklenecek 40.000 MW kapasite ile 60.000 MW'ye ulaştırılması planlanmaktadır. Aksi halde ülkemizin enerji sıkıntısı ile karşı karşıya gelmesi söz konusu olacaktır. Ülkemiz 1995 yılında 696 GWh elektrik enerjisi ihraç etmişken yıl 2000 olduğunda ihracat 400 GWh olurken ithalatımız 3000 GWh olarak gerçekleşmiştir. Buna göre Türkiye enerji ihtiyacını karşılama bakımından dış ülkelere bağımlı hale gelmiştir. TEK yeni yatırımlar yapılmadığında ülkemizin enerji sıkıntısıyla karşı karşıya geleceğini belirtmektedir. Bu nedenle, 1995–2010 yıllarında

19 hidroelektrik santrali içerecek olan GAP projesine ilave olarak,

44 kömüre dayalı termik santral,

14 doğalgaza dayalı termik santral,

2 nükleer santralin devreye sokulması öngörülmektedir.

Böylece 60 MW'lık bir kurulu güce sahip olunması amaçlanmaktadır. Önümüzdeki 25 yıllık süreçte kaynakların geliştirilmesi, enerji verimliliği ve enerji-çevre uyumu için Türkiye'nin yaklaşık 300 milyar dolarlık yatırım yapması gerektiği ifade edilmektedir.

Türkiye'nin gelişmiş ülkeler seviyesine ulaşabilmek için kalkınmanın motoru olan enerji temini sorununu çözmesi gerekmektedir. Bunun için izlenebilecek yollar:

1. Fosil yakıtların (kömür, petrol ve doğalgaz) daha yoğun kullanılmasıdır ki bu yol çeşitli çevre ve sağlık sorunlarına yol açmaktadır ve petrol ve doğalgazda dışa bağımlılık vardır.
2. Kaza ve atıkların güvence altına alınması koşulu ile nükleer enerjiye geçerek bir veya iki nükleer santralin kurulması sağlanabilir.
3. Yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarından (güneş, rüzgar, su, jeotermal, biyokütle) enerji üretiminde özel teşebbüs teşvik edilmelidir.
4. İkincil enerji kaynağı olan hidrojen enerjisine geçiş, biyodizel ve biyobenzin kullanımının artırılması da enerji temini sorununun çözümüne destek verecektir.
5. Tüm bunların yanında, daha az yakıt tüketen motorların ve araçların üretilmesi gibi teknolojik gelişmelerle enerji verimliliğinin artırılması, kayıpların azaltılması ve enerjinin daha verimli kullanılması çalışmalarının desteklenmesi gerekmektedir.

Türkiye Cumhuriyetinin ve tüm milletimizin çağdaş medeniyetler seviyesine ulaşarak dünyada adaletin, hakça paylaşımın, huzur ve mutluluğunun sağlanmasında öncülerden olması mefkûremizin gerçekleşmesi en büyük dileğimizdir.

KAYNAKLAR

1. Akman Y., Ketenoğlu O., Evren H., Kurt L., Düzenli S., “Çevre Kirliliği, Çevre Biyolojisi”, Palme Yayıncılık, Ankara, 2000.
2. Anonim, “Dünyanın Durumu”, Worldwatch Enstitüsü Raporu, Çeviren: H. Gülseven, TEMA Vakfı Yayınları 19, İstanbul, 1997.
3. Anonim, “Enerjide Arayışlar”, Worldwatch Çevresel Uyarı Dizisi, Çeviren: Y. Köseoğlu, TEMA Vakfı Yayınları No: 12, İstanbul, 1996
4. Anonim, “Yeni ve Yenilenebilir Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı” MMO Yayın No: E/2003/238, Kayseri, 2003.
5. Devlet İstatistik Enstitüsü resmi internet sitesi
6. Devlet Planlama Teşkilatı resmi internet sitesi
7. Enerji Bakanlığı resmi internet sitesi
8. Miller, G.T., “Living in The Environment”, Wadsworth Publisinig Company, 727 p., California-USA, 1996
9. National Geography
10. Ültanır, M. Ö., “21. Yüzyıla Girerken Türkiye'nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi”, TÜSİAD, Yayın No. TÜSİAD-T/98-12/239, İstanbul, 1998.
11. Yıldız, K. Ş. Sipahioğlu ve M. Yılmaz, “ Çevre Bilimi” Gündüz Eğitim ve Yayıncılık, 299 s. , Ankara, 2005.