

# DÜNYANIN ENERJİ KAYNAKLARI

Bunlar baste güneş enerjisi gelmek üzere gelgitler, dünyanın ısı ve atomik enerjisidir. İnsanlığın tarihi bakımından fosil yakıtların dühemi oldukça kısa sürecektir.

KING HUBERT

**E**nerji devamlı olarak dünyanın yüzey çevresinin içine ve ondan da dışarıya doğru akar. Dünya yüzeyinin maddesel bileşikleri bunun bir sonucu olarak sürekli veya aralıklı bir dolaşım karşısındadır. Hakim enerji kaynağı güneş ışmasıdır, buna küçük miktarlarda dünyanın içinden gelen ısı ile Dünya, Ay ve Güneşin çekim sisteminin yarattığı gelgit enerjisi eklenir. Dünya yüzeyini meydana getiren maddeler doğada mevcut 92 kimyasal elementten oluşur, bunlardan birkaç tanesinin dışında ötekiler klâsik kimyada formüle edilen şekilde maddenin korunması ve değişmemesi prensiplerine uygun olan bir davranış gösterirler. Elementlerden birkaç tanesi veya izotopları, radyoaktif olmaları yüzünden bu prensiplerin dışında kalırlar.

Dünya yüzeyindeki maddelerin küçük bir kısmı yaşayan organizmalarda, bitkiler ve hayvanlarda temsil edilmektedir: Bitkilerin yaprakları, üzerlerine düşen güneş ışmasının küçük bir kısmını alır ve fotosentez mekanizması sayesinde onu depolarlar. Depolanan bu enerji, bitkisel ve hayvansal âlemin yaşamasını sağlayan esaslı bir enerji kaynağı olur. Biyolojik yollardan depolanan bu enerji, yaklaşık olarak depolama temposuna yakın bir tempo ile, oksidasyon yoluyla serbest kalır. Bununla beraber milyonlarca yılda bitkisel ve hayvansal maddelerin çok ufak bir kısmı, tam olmayan oksidasyon koşulları altında ve çürümek suretiyle fosil yakıtlar haline gelir ve bu da endüstri toplumlarının en fazla kullandıkları enerjiyi sağlar.

Fosil yakıtlarından sağladıkları enerjinin tüketiminin gittikçe çoğalmasına bu kadar alışmış olan insanlar, sonunda bu fosil yakıt çağının, insan tarihinin geniş bir dönemi içinde mütalâa edildiği takdirde, ne kadar geçici bir süre ifade etti-

ğini kolay kolay anlayamazlar. Durum yaklaşık olarak 10.000 yılın perspektifi altında çok daha iyi göz önüne getirilebilir. Böyle bir ölçüde dünyanın fosil yakıtlarının bütün tüketimi belki 1300 yıl içinde kalacaktır ve dönemin esas ağırlığını da yalnız 300 yıl üzerine olacaktır (bu baştan ve sondan % 10 yakıtın dışında kalan ve yakılan bütün yakıtın kullanıldığı dönem demektir).

Şu halde acaba hiç olmazsa bugünkü duruma eşit olacak bir ölçüde endüstrinin gelecekteki enerji ihtiyacını ne sağlayacaktır? Bunun cevabı insanın başka enerji kaynakları bulma ve onlardan faydalanma yeteneğine bağlı olacaktır, bugün için düşünülen esas itibarıyla atom enerjisidir, fakat ileride güneş enerjisinin daha büyük kaynakları olabilir. Bu yetenekle bugün elde bulunan enerji kaynakları halen mevcut sanayi büyüklüğünde bir sanayii 1000 yıl ve daha fazla sürdürmeye yetecek durumdadırlar. Bundan başka bu gibi enerji kaynakları karşısında endüstriyel faaliyetin sınırlarını, enerji azlığı değil, sonlu bir dünyanın yer ve matriyal kayıtlamalarıyla beraber ekoloji prensipleri (çevre ve çevrede yaşayan canlılarla ilgili prensipler) koyacaktır. Bu prensiplere göre biyolojik ve endüstriyel faaliyetler zaman'la eksponensiyal olarak artacak, fakat bütün dünyanın kaynakları her bir bileşiğin ayrı ayrı bunu karşılayacak şekilde çoğalmasına yetmeyecektir.

Şimdi dünyanın yüzeysel çevresindeki enerji akışını ayrıntılarıyla inceleyelim. Enerjinin iç akımının üç esas kaynağı vardır: (1) Güneşin ışması, radyasyonu. (2) Dünyanın daha sıcak olan içerisinden ısı iletme yoluyla ve sıcak su kaynakları ve yanardağlardan da ullanma (konvektion) suretiyle yüzeye taşınan termik enerji. (3) Dünya-Ay-Güneş sisteminin ortak kinetik ve potensiyel enerjisinden türeyen

gel-git enerjisi. Birçok yollardan yaklaşık olarak her kaynağın katkısını tahmin etmek mümkündür.

Güneş ışınmasında akış güneşsel katsayı ile ifade olunur ki, bu güneş enerjisinin radyasyonu dikey olan ve dünyanın atmosferi dışında ve güneşten orta uzaklıkta bulunan bir birim alanından geçen orta akış miktarı olarak tanımlanır. Dünya üzerinde ve uzay araçlarından yapılan ölçümlere göre bu güneşsel katsayı ortalama olarak metre kare başına yüzde 2 lik bir toleransla 1,395 kilowattır. Dünyanın çap yüzeyi olan  $1,275 \times 10^{14}$  metre kare tarafından kesilen tüm güneş radyasyonu, böylece  $1.73 \times 10^{17}$  watt olur.

Dünyanın içerisinde iletme suretiyle gelen ısının akımı ise geotermal eğilim derecesinin (sıcaklığın derinliğin artmasıyla çoğalması) ölçülmesi ve ilgili kayaların termik iletkenliğiyle belirlenir. Gerek karalarda ve gerek deniz diplerinde yapılan bu şekilde binlerce ölçümden dünyanın içinden dışarıya doğru akan ısının ortalama akış derecesinin metre kare başına 0,063 watt olduğu bulunmuştur. Dünyanın yüz ölçümü olan  $510 \times 10^{12}$  metre kare için ısının tüm akımı  $32 \times 10^{12}$  watt'ır. Sıcak kaynakların ve yanardağların ısı ullanımı, konveksiyonu ise iletlen ısının % 1'i veya yaklaşık olarak  $0,3 \times 10^{12}$  watt olarak tahmin edilir.

Gel-git kaynaklarından gelen enerjinin miktarı da  $3 \times 10^{12}$  watt tahmin edilmektedir. Bütün bu 3 ısı kaynağı  $10^{12}$  watt'lık ortak birim ile ifade edilirse, dünyanın yüzey çevresine olan tüm enerji akımının miktarı  $173.035 \times 10^{12}$  watt olur. Güneş radyasyonu bunun % 99,98 ini tutar. Güneşin, dünyanın bütün enerji bütçesine olan katkısını açıklamanın başka bir yolu da  $173.000 \times 10^{12}$  watt'ın, öteki kaynakların beraberce sağladıkları enerjinin 5.000 katı olmasıdır.

Dünyaya gelen güneş enerjisinin % 30'u ( $52.000 \times 10^{12}$  watt) doğrudan doğruya yansır ve dağılarak tekrar uzaya kısa dalga radyasyonu olarak geriye döner. % 47'si ise ( $81.000 \times 10^{12}$  watt) atmosfer, kara yüzeyleri ve okyanuslar tarafından emilir ve çevre yüzeyi sıcaklığında ısıya dönüşür. Geriye kalan % 23'ü de ( $40.000 \times 10^{12}$  watt) hidrolojik (devri daiminde) döneminde suyun buharlaşması, konveksiyonu, yağışı ve yüzeyde akıp gitmesi suretiyle tükenir. Küçük bir kısım da ( $370 \times 10^{12}$  watt) atmosferik ve okyanus konveksiyonlarını, dolaşımalarını meydana getirir, okyanus dalgalarını sürer ve sonunda sürtünmeden dolayı ısıya dönüşür. En

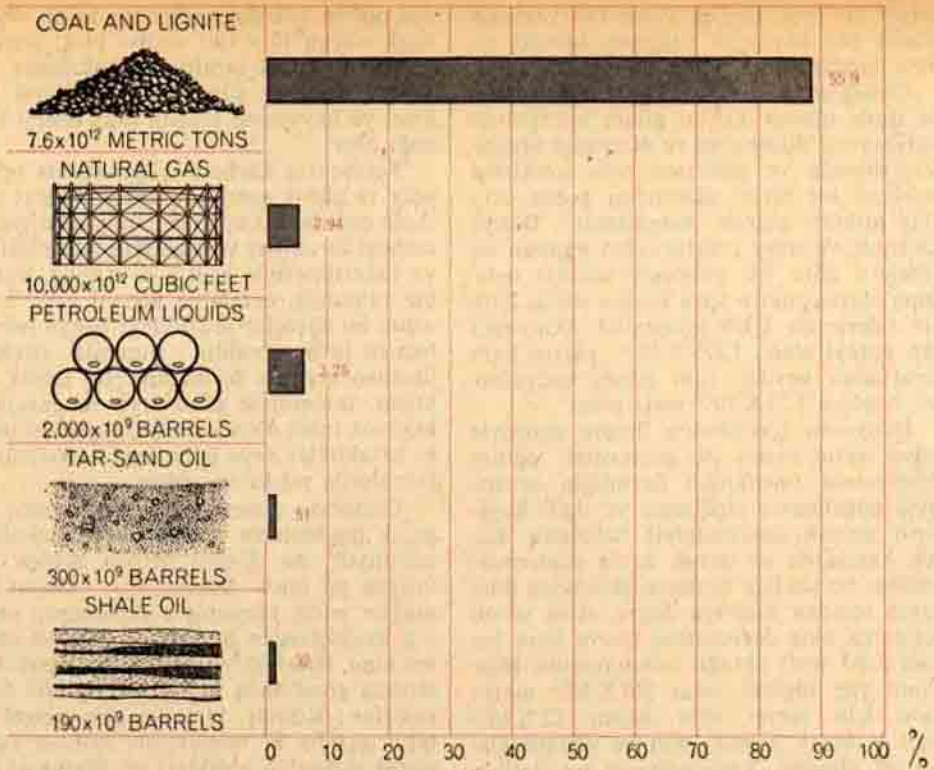
son olarak çok daha ufak bir kısım —yaklaşık olarak  $40 \times 10^{12}$  watt— bitki yapraklarının klorofil tarafından yakalanır, burada fotosentez sürecinin ve nihayet bitkisel ve hayvansal âlemin esas enerji kaynağı olur.

Fotosentez karbonu yapraklarda tespit eder ve güneş enerjisini karbonhidrat şeklinde depolar. O aynı zamanda oksijeni de serbest bırakır ve yaprağın çürümesi veya tüketilmesiyle enerji de dağılır. Belirli bir zamanda, ortalama bir yıl veya daha uzun, bu süreçler arasındaki denge hemen hemen mükemmeldir. Bununla beraber üretilen organik maddenin çok küçük bir kısmı, tamamıyla çürümeye ve enerjinin kaybına mani olan koşullar altındaki turpulu bataklıklar veya daha başka oksijeni az çevrelerde yığılır ve çöker.

Cambrian döneminden önce üremiş organik maddelerin az bir kısmı muhafaza edilmiştir, bu dönem hemen hemen 600 milyon yıl önce başlamıştır. Geçen 600 milyon yılda, tamamıyla çürümeyen organik maddelerden bazıları, çok kalın çökelek kum, bataklık ve kireç kaya tabakaları altında gömülmüş kalmışlardır. İşte fosil yakıtlar: Kömür, bitümlü şist, petrol ve tabii gaz'dır ki bunlar 600 milyon yıllık güneş ışığından aldıkları ve kimyasal bir surette depo ettikleri enerjice zengindirler. Süreç hâlâ devam etmektedir, fakat muhtemelen geçmiştiki aynı hızla; gelecek bir milyon yıl içinde toplanacak miktar muhtemelen şimdiye kadar toplanmış olanın altıyüzde biri olacaktır.

Sanayileşme tabiidir ki bu enerji bankasında biriktirilmiş olan stokları gittikçe artan bir çabuklukla çekmektedir. Örneğin kömürü ele alırsak, dünyanın son 110 yılındaki tüketimi, bundan önceki 700 yıla oranla 19 kat çoktur. Kömürün çıkarılma derecesinin büyüklüğü, 1940'tan bu yana üretilen ve tüketilen miktarın yaklaşık olarak 1940'a kadar olan tüm tüketime eşit olması göz önüne getirilirse, daha iyi anlaşılır. 1860'dan 1970'e kadar olan (1970 dahil) tüm üretim yaklaşık olarak 133 milyar ton tutmaktaydı. 1860'dan önce üretilen miktar ise aşağı yukarı 7 milyar tondur.

Petrol ve onunla ilişkili olan ürünler 1880'den önce o kadar büyük miktarlarda çıkarılmış değildi. Fakat ondan sonra üretim, neredeyse sabit bir exponensiyel ölçü almıştır. 1890 ile 1970 arasındaki 80 yıllık dönemde artma derecesi her yıl % 6,94'ü bulmuş ve her on yılda bir bu iki katına çıkmıştı. 1969 yılının sonuna kadar üretilen miktarın toplamı 227 milyar varili



**Dünyanın başlangıçtaki fosil yakıtlarının enerji kapsamı 10<sup>18</sup> termal kilowatt-saat üniteleri olarak gösterilmiştir (renkli). Kömür ve linyit, örneğin, 55,9 × 10<sup>18</sup> termal kilowatt-saat enerjiye sahiptirler ve dönüştürülebilir enerjinin % 88'ini temsil ederler.**

geçmiştir. Gene üretimin en çok olduğu dönem aslında oldukça küçüktür. 1857'den 1959'a kadar uzayan 102 yıllık dönemde tüm üretimin ilk yarısı ve 1959'dan 1969'a kadar süren 10 yıllık dönemde de öteki yarısı üretilmiştir.

Kömür ve ham petrolün göresel enerji katkıları, bu yakıtların verdikleri yanma ısılarının kıyaslanması suretiyle (10<sup>12</sup> kilowatt saatlik birimler olarak) incelenirse, 1900 den sonraya kadar petrolün katkısı kömürünküne oranla hemen hemen hiç dikkate alınmayacak kadar ufak kalır. 1900'den sonra ise petrolün katkısı kömürünkünden çok daha büyük bir hızla artmaya başladı. 1968 de petrol tüm katkının % 60'ını temsil ediyordu. Eğer tabii gaz ve tabii gaz sıvılarından alınan enerji de hesaba katılırsa, petrolün katkısı % 70'e çıkar. Birleşik Amerika'da 1968 de fosil yakıtlarından üretilen tüm enerjinin % 73'ü petrolden ve % 27'si kömürdendi.

**G**eniş bir ifade ile dünyanın endüstri maksatları için ürettiği enerjinin hemen hemen her yıl iki katına çıktığı söylenebilir. Bu çoğalmayı gözümüzün önüne getirince bunun daha ne kadar süreceği sorusu hatırlanıza gelir. Fosil yakıtları konusunda mantıklı ve kesin bir cevap bulmak kabildir. Aslında sınırlı bir kaynaktan insanlar onu çekiyorlar ve bir enerji kaynağı olarak kullanırken de onu yok ediyorlar. Bir fosil yakıtının kullanımının tam bir devresinin şu karakteristikleri, nitelikleri vardır. Sıfırdan başlayarak üretim derecesi nihayet exponensiyal olarak yükselme eğilimi gösterir. Sonra keşif ve çıkarma güçlükleri arttıkça üretim derecesinin büyümesi azalır, bir iki maksimum'dan geçer ve kaynak gittikçe boşa lacağından sonunda düşer ve sıfırı bulur.

Bilinen geçmiş üretim oranlarıyla gelecekte beklenen oranlar, halen mevcut olan yakıt miktarının akıllıca bir tahmi

niyle birleştirilebildiği takdirde, yakıt kaynaklarının sona ereceği zamanın uzunluğunu hesap etmek kabildir. Kömür için halen madenlerde mevcut miktarı tahmin etmek jeolojik haritalar ve birbirinden uzak birkaç sondaj yapmak sayesinde mümkündür, zira kömür geniş alanlara yayılmış tabakalar halinde yataklar veya damarlar şeklinde bulunur. Bu gibi incelemeler dünyanın kömür bulunan bütün bölgelerinde yapıla gelen şeylerdir.

Dünyanın başlangıçta mevcut kömür kaynakları hakkında son zamanlarda yapılan bir araştırma, Amerikan Jeoloji Araştırma Kurumundan Paul Averitt tarafından yapılmıştır. Bu araştırmanın verileri işletmeye elverişli kömürü göstermekte ve bu gerçekten mevcut olan kömürün % 50 si olarak kabul edilmektedir. Buna, 36 santimetre kalınlığındaki yataklarda ve 1,2 kilometre derinliğe kadar inen kömürler de dahildir, bu bazı hallerde 1,8 kilometre derinliğe kadar da gitmektedir.

Averitt'in başlangıçtaki üretimle ilgili tahmini olan 7,6 trilyon ton kabul edilir ve hali hazırdaki üretim süreyle iki miktarı olan yılda 3 milyar tonun üç yıldan daha fazla katına çıkmayacağı da tahmin edilir, üretimin zirve noktasına aşağı yukarı 2100 ile 2150 yılları arasında erişilecektir. İlk % 10 ile son % 10'un üretilmesi için gereken uzun zaman nazara alınmazsa, ortada kalan % 80'in üretilmesi için gereken zaman kabaca 2000 ile 2300 yılları arasındaki 300 yıl olacaktır.

Petrol ve gazın belirli bir bölgede bulunacak miktarıyla çıkış miktarını tahmin etmek çok daha güçtür. Bunun sebebi bu sıvıların daha dar bir hacim kaplaması ve çökelekli zeminlerde, sınırlı alanlarda, birkaç yüzmetreden 8 kilometrenin üstünde derinliklere kadar bile rastlanmasıdır. Bununla beraber belirli bir bölgeyle ilgili tahminler, işletme ve üretim ilerledikçe daha kesin sonuçlar verebilir.

Buna ek olarak iyi gelişmiş bölgelerle jeolojik mukayeselere dayanmak suretiyle görelî gelişmemiş bölgeler için de kaba tahminler yapmak kabildir.

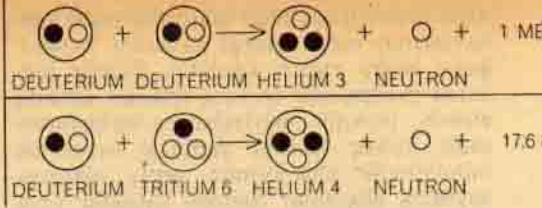
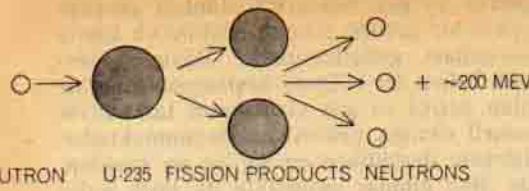
Dünyada en ileri derecede gelişmiş petrol üretim bölgesi Birleşik Amerika'nın Bitişik Bölgesi'dir. Alaska ve Havaî dışında kalan 48 eyalet. Bu bölge bugüne kadar petrol gelişiminde dünyanın önderliğini elinde tutmuştur ve Amerika halen üretimin de önderliğini yapmaktadır. Bu bölge hakkında geniş ölçüde bilgi toplanmıştır ve petrol kuyularının açılışındaki ilerleme derecesini ve muhtemelen üretilebilecek

petrol ve gaz miktarını oldukça gerçeğe yakın bir şekilde tahmin edebilecek analiz metodları geliştirilmiştir. Böyle bir metod, belirli bir bölgede başlangıçta mevcut olan petrol ve gaz alanlarının tamamıyla sınırlı olduğu prensibine dayanmaktadır. İşletme ilerledikçe en sıg ve en meydana olan alanlar genellikle ilk önce bulunur ve en derin ve erişilmesi en güç alanlar en son. Her yeni buluş daha bulunmamış olan alanların miktarının bir kadar eksilmesine sebep olur. Bu yüzden bulunmamış olan alanlar daha derin, birbirinden daha uzakta ve daha iyi saklanmışlardır. Bundan dolayı da sabit bir petrol ve gaz miktarını bulmak için gerekli keşif faaliyeti gittikçe artacak, ya da sabit bir keşif faaliyeti karşılığı bulunacak ortalama petrol ve gaz miktarı da gittikçe azalacaktır.

Yeni alanların çoğu bilinen alanların doğrudan doğruya yakınında olmayan yeni arazide delinen kuyular sayesinde bulunmuştur. B.A. istatistiklerinde 1945'ten beri her yıl yeni açılan önemli kuyuların sayısı gösterilmektedir ki önemli deyince bir milyon varil petrol veya ona muadil gaz anlaşılacaktır. Belirli bir yıla ait buluşlar arka arkaya 6 yıllık gelişmeden sonra değerlendirilmektedir. 1945'te önemli bir buluş yapmak için yeni arazide delinen 26 kuyuya ihtiyaç olmuştur. 1963'te bu sayı 65'e kadar çıkmıştır.

Problemi aydınlatmanın başka bir yolu da, keşif için yapılan her delmenin ayak (veya metre) başına düşen petrol miktarının nazara alınmasıdır. Petrolün kolayca bulunduğu 1860-1920 yıllarında ayak başına bu oran 194 varildi. 1920'den 1928'e kadar oran ayak başına 167 varile düştü. 1928 ile 1938 arasında ise, kısmen büyük Doğu Teksas petrol bölgesinin bulunmasından, kısmen de yeni işletme metodlarının uygulanmasından dolayı, oran maksimumu, ayak başına 276 varili buldu. Bu tarihten itibaren de keskin bir şekilde düştü ve sabit değer olarak 35 varilde kaldı. Bununla beraber bu düşüş devresi endüstrinin petrol işletme ve üretim tarihinde en çok araştırma yapılan devreyle aynı zamana düşer.

Bütün 48 eyaletin toplam buluşları 1965'te 136 milyar varili buldu. Bu delme ve keşif kayıtlarından B.A.'nın bitişik eyaletlerinde ve komşu kuyularda toplam keşiflerin 165 milyar varil alacağı tahmin edilmektedir. 1965'e kadar yapılan keşifler yaklaşık olarak gelecekteki son toplam miktarının % 82'si demek olacaktır. Tahminlerde yapılan hatalar göz önünde tutu-



**Fusion ve fission reaksiyonları, fosil yakıtları bitince onların yerini alacak gibi görünüyor. Halen nükleer enerji santralleri yakıt olarak uranium 235 yakarlar. Geliştirilmekte olan Breeder (üretici) reaktörler, uranium 235 (solda) fission'undan meydana gelen fazla nötronları kullanabileceklerdir ve öteki nükleer yakıtları meydana getireceklerdir: plutonium 239 ve uranium 233. Ünit verici iki fusion reaksiyonları deuterium - deuterium ve deuterium tritium sağda görülmektedir. Muhtelif reaksiyonlar sayesinde serbest bırakılan enerji milyon elektron volt olarak gösterilmiştir.**

lursa, bütün petrolün % 75'inin bu yeni bulunan alanlardan üretileceği söylenebilir.

48 eyalette bulunan tabii gaza gelince, hali hazırdaki keşif derecesinin yaklaşık olarak on yıllık bir ortalaması ayak başına 6500 varil petrole tekabül etmektedir. Petrol ve tabii gaza ait tahminlerin, üretim trendi (seyri) ile birleştirilmesi, bu enerji kaynaklarının daha ne kadar zaman süreceğini ortaya çıkarır. Petrol için zirve üretim dönemi bugünlere düşmektedir. Son toplam üretiminin orta % 80'ini üretmek için gerekli olan süre 1934'ten 1999'a kadar olan 65 yıllık zamandır, ki bu aslında bir insan ömründen azdır. Tabii gaz üretimi için zirve üretim muhtemelen 1975 ile 1980 arasına düşecektir.

Alaskada petrol bulunması bu tabloyu bir parça değiştirebilir. Prudhoe körfezi alanı 10 milyar varillik bir kapasiteye sahip görünmektedir. Alaskada bulunabilecek tüm petrol miktarı için ise yalnız kaba bir tahmin yapılabilir ki bu da 30-50 milyar varil kadardır. 30 milyar varilin Birleşik Amerika'nın bugünkü tüketim derecesine göre 10 yıldan daha az bir tüketim karşılığı olduğu da hatırdan çıkarılmamalıdır.

Tüm dünya petrol üretiminin ise 1350 milyar varilden 2100 milyar varile çıkacağı tahmin edilmektedir. Dünya üretiminde zirve noktasına 2000 yıl dolaylarında erişilecektir. Orta % 80'in tüketim dönemi ise muhtemelen 58-67 yıl sürecektir.

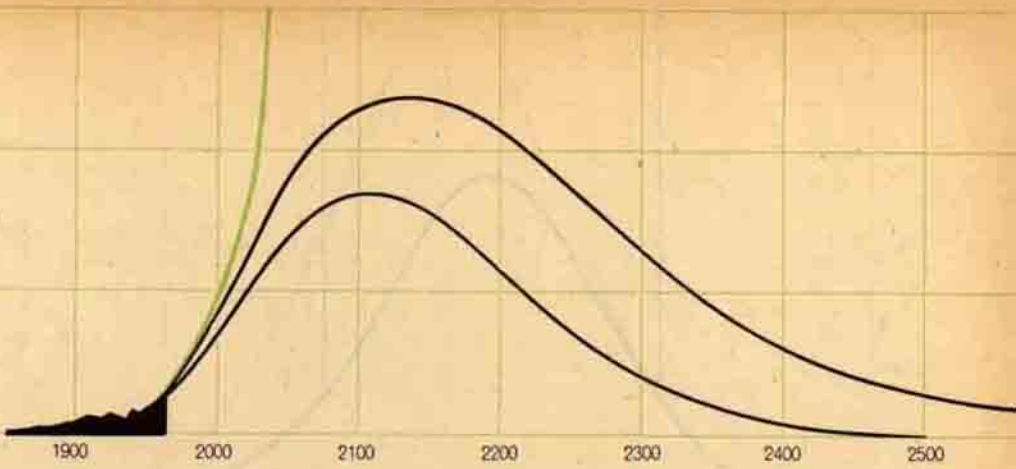
Oldukça önemli, fakat sınırlı bir petrol üretimi de katranlı kumlarla bitumlu şist'lerden sağlanabilir. En büyük katranlı kumlar Alberta'dadır (Kanada), tüm olarak elde edilebilecek rezervler 300 milyar varil tahmin edilmektedir. Bitumlu şistler ise tüm olarak 3100 milyar varil ve bun-

lardan elde edilecek petrol da muhtemelen 190 milyar varil tutacaktır.

Fosil yakıtlar sonunda nasıl olsa birkaç yüzyıl sonra biteceğinden, ondan sonra yeter derecede sanayileşmiş bir dünyanın enerji ihtiyaçları nereden sağlanacaktır? Beş enerji şekli düşünülebilir: doğrudan doğruya güneş enerjisinden faydalanma, dolaylı olarak güneş enerjisinden faydalanma, gel-gitlerin enerjisinden faydalanma, geotermal enerji ve nükleer enerji.

Güneş enerjisinden bugüne kadar doğrudan doğruya faydalanma, ancak küçük çapta ve kaynatmak ve fotoelektrik hücreler vasıtasıyla uzay araçlarında başarılan elektrik üretimi şeklinde olmuştur. Güneş enerjisinin fosil yakıtlarının yerini büyük çapta alabilmesi için çok daha büyük ek tesislere ihtiyaç olacaktır. Güneş enerji santralleri için 1000 megawatt'lık üniteler gerekecekti. Güneş ışınmasının dünyanın devamlı olarak sabit bir noktasına yönelmesi beklenemeyeceğinden günlük değişiklikleri dengeleyebilmek için büyük çapta enerji depolama imkânlarının da düşünülmesi gerekecektir.

Güneş enerjisinin geliştirilebileceği en elverişli yer ekvator, eşlek'ten 35° den fazla kuzey ve güney olmayan çöl alanlarıdır. Bu gibi sahalar, Birleşik Amerika'nın güney batı bölgelerinde, Büyük Sahra'dan Arabistan Yarım Adası üzerinden Basra Körfezine kadar uzanan alanlarla, Kuzey Şili'nin Atacama Çölünde ve merkezi Avustralya'da bulunmaktadır. Bu bölgeler yılda 3000-4000 saat güneş ışını alırlar ve yatay bir yüzeye düşen güneş enerjisi günde santimetre kare başına 300-650 kalori bulmaktadır. (Kış minimumu olan 300 kalori, 24 saatin ortalaması olarak metre kare başına 145 watt'lık bir güç yoğunluğu verir.)



Dünya kömür üretim dönemi, tahmin edilen üretim kaynakları ve miktarlarına göre eğrilerde gösterilmiştir. Üst eğri Averitt'in tahminlerine dayanarak başlangıçtaki madenden çıkarılan kömürü  $7,6 \times 10^{12}$  ton olarak göstermektedir. Altındaki eğri  $4,3 \times 10^{12}$  tonluk bir tahmin göstermektedir. Grafiğin üst kısmına doğru çıkan eğriye gelince, üretimin bugünkü durumuy- la g. mesel halinde meydana gelecek trend'i göstermektedir, burada yıllık artış % 3,56 dir. 1870 de başlayan yüzyılda çıkarılan ve yakılan kömür soldaki siyah alan ile gösterilmiştir.

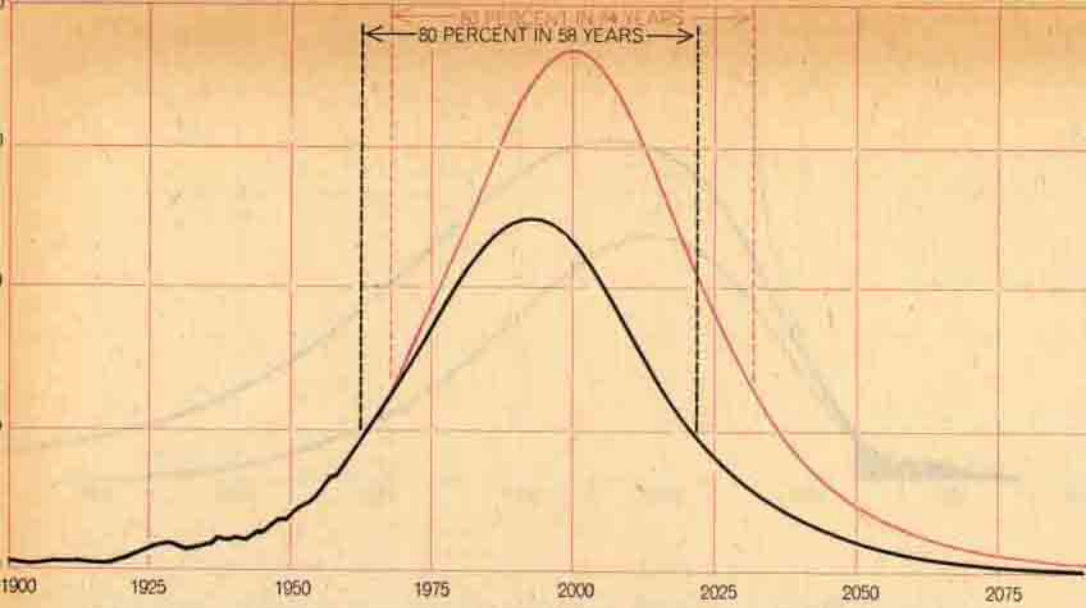
1000 megawattlık bir santralde bu enerjiyi toplamak ve dönüştürmek için üç yol vardır: Birincisi % 10'luk bir randımanı olan fotovoltaiik hücrelerin düz plaklarının kullanılmasıdır. İkinci bir olanak, içinde erimiş sodyum ve potasyumdan bir karışmaç bulunan borulara sürülen özel bir boya tabakasının yardımıyla sıcaklığın  $540^{\circ}\text{C}$  ye kadar çıkarılmasıdır ki buna ser, limonluk etkisi adı verilir. Bir ısı de-ğiştiricisi aracılığıyla bu ısı sabit bir sıcaklıkta izole bir odada depolanmaktadır, bu oda sodyum ve potasyum klorid'leriyle doldurulmuştur ve en azından bir günün ısısını depolayacak kapasiteye sahiptir. Bu odadan alınan ısı alışımlı bir buhar-elektrik enerji santralini işletir. Bu tesisin randımınının % 30 kadar olacağı sanılmaktadır.

Üçüncü bir sistem de bir mil karelik bir alana düşen güneş ışınlarını 5500 metre yükseklikte bir kule üzerindeki bir güneş ocağı ve kazanı üzerine yansıtarak 2000 Kelvin sıcaklığındaki ısıyı magnetohydro-dinamik bir dönüşme yoluyla elektrik enerjisine çevirmektir. Burada da suyun hidrolizi üzerine dayanan bir depolama sistemi düşünülmektedir. Tüm randıman aşağı yukarı % 20 tahmin edilmektedir.

1000 megawatt'lık bir santral için top- lanacak % 10-30 randımında termik

enerji 10.000 den 3300'e kadar termik megawatt'a tekabül edecektir. Yukarıdanberi açıklanan bu üç sistem için sırayla, 75, 35 ve 23 kilometre kareye ihtiyaç olacaktır. 350.000 megawatt'lık bir elektrik kapasite için, —ki bu B.A. nın 1970'deki kapasitesidir— üç randımının en küçüğü alın- mak şartıyla, 24.500 kilometre karelik bir alana ihtiyaç olacaktır. (Türkiye'nin otuz- da biri kadar).

Bu ölçüde güneş enerjisinden fayda- lanmak için gerekli olan fiziksel bilgi ve teknolojik kaynaklar bugünden mevcuttur. Yalnız, buna rağmen, karşılaşılabilecek teknolojik güçlüklerin de küçümsen- mesi gerekir. Dolaylı olarak güneş ener- jisinden faydalanmak pek emin ve geniş çapta pek pratik değildir, aynı şey hidro- lojik dönemin akan su kısmı içinde söy- lenebilir. İlk bakışta su akışından fayda- lanmak daha uygun görünür, çünkü dün- yanın tüm su gücü kapasitesi, elverişli yerlerde yaklaşık olarak üç trilyon watt' tır, ki bu, bugün sanayide kullanılan ener- jiyeye hemen hemen eşittir. Su gücünün yalnız % 85 kadarı halen gelişmiştir, bu- nunla beraber bu bakımdan en büyük po- tansiyele sahip olan bölgeler —Afrika, Gü- ney Amerika, Güney Doğu Asya— endüstri bakımından en az gelişmiş olanlardır. Da- ha fazla su enerjisinin geliştirilebilmesine



**Dünya petrol üretim dönemi, nihai olarak üretilecek petrol miktarıyla ilişik iki tahmin esas alınmak suretiyle çizilmiştir. Renkli eğri Ryman'ın tahmini olan  $2.100 \times 10^9$  varil, siyah eğri ise  $1.350 \times 10^9$  varillik başka bir tahmini göstermektedir.**

bu yüzden ekonomik problemler karşı çıkmaktadır.

**G**el-git enerjisi bir körfezi bir nehir ağzını veya bir bente kapatılabilen bir koyu doldurup boşaltmak suretiyle elde edilebilir. Kapatılan «havuz» yalnız gelgitlerin en yüksek ve en alçak olduğu kısa zamanlarda doldurulur ve boşaltılır ki mümkün olan en yüksek enerji sağlanabilsin. Bu hususta elverişli birçok yer vardır ve bunların potansiyel kapasiteleri iki megawatt'tan 20.000 megawatt'a kadar tutar. Bununla beraber gel-gitlerden sağlanacak tüm kapasite 64 milyar watt'ı bulur ki, bu da dünyanın su enerjisinin yalnız % 2'si kadardır. Şimdiye kadar gel-gitle çalışan büyük çapta bir enerji santrali yapılmıştır, o da Fransa'dadır. Başlangıçta 1966'daki kapasitesi 240 megawatt'ı, bunun 320 megawatt'a kadar çıkarılması plânlanmıştır.

Geotermal enerji, yanardağlar ve derin çökelek zeminlerin kumlarını dolduran sıcak sular vasıtasıyla dünyada geçici olarak var olan ısının meydana çıkarılması suretiyle elde edilir. Halen yalnız yanardağ kaynaklarından faydalanılmaktadır. 1904 yılından beri İtalya'da Larderello bölgesinde geotermal enerjiden yararlanılmaktadır, şimdiki kapasitesi 370 megawatt'tır. Geotermal enerji üretiminin ikinci esas bölgesi Kuzey Kaliforniya (B.A.) da ve Yeni Zelanda'da Wairakei'deki Gayzer'lerdir. Gayzer'lerdeki üretim 1960'da

12,5 megawatt'lık bir ünite ile başladı. 1969'da kapasite 82 megawatt'ı buldu ve 1973'te bunu 400 megawatt'a çıkarmak için plânlar yapılmaktadır. Wairakei santrali 1958'te işlemeğe başladı ve şimdi 290 megawatt'lık bir kapasitesi vardır, ki bunun elde edilecek en büyük kapasite olduğuna inanılmaktadır.

Dünyanın en büyük geotermal bölgelerinde elde edilebilecek tüm termik enerjinin miktarı yaklaşık  $4 \times 10^{20}$  joul olarak tahmin edilmektedir. % 25'lik bir dönüşürme faktörü kabul edilirse elektrik enerji üretimi yuvarlak olarak  $10^{20}$  joul, veya üç milyon megawatt-yıl olacaktır. Eğer, bir gün tükenecek olan bu enerji 50 yıl süreyle kullanılırsa, yıllık ortalama enerji üretimi 60.000 megawatt olacaktır ki, bunu gel-git enerjisiyle mukayese etmek kabildir.

**N**ükleer enerji deyince bu «fission» ve «fusion» adıyla iki başlık altında göz önünde tutulmalıdır. Fission demek uranyum gibi ağır elementlerin çekirdeklerinin parçalanması demektir. Fusion ise deuterium gibi hafif çekirdeklerin birleşmesi anlamına gelir. Nadir bir izotop olan Uranyum 235 (her 100.000 tabii uranyum atomu yalnız 6 Uranyum 234, 711 Uranyum 235 ve 99.283 Uranyum 238 atomunu kapsar). Göreli ılımlı çevresel koşullar altında fission yapmağa, parçalanmağa kabiliyetli olan biricik atomik türdür. Eğer nükleer enerji yalnız uranyum 235'e bağlı

olsaydı, nükleer yakıt dönemi kısa olacaktı, oysa bir nükleer reaktörde nötronları absorbe eden, emen, uranyum 238 parçalanabilen plutonyum 239 veya thoryum 232'ye dönüşerek parçalanabilen Uranyum 233 olur, böylece tüketilen nükleer yakıtan daha fazlasını yaratmak mümkündür. Mevcut bütün tabii uranyum ve thoryum'u üretmek suretiyle bunlardan atom reaktörleri için yakıt elde etmek kabildir. Halen Amerika'da, gittikçe hızla büyümekte olan nükleer enerji endüstrisinde, çalışmakta veya plânlanmış olan reaktörlerin çoğu esas itibariyle uranyum 235 ile işlerler. 1970 den 1980'e kadar olan artış için lüzumlu uranyumu karşılamak için 206.000 küçük ton (2200 libre) uranyum oksid'e (U.O.) ihtiyaç olduğu hesap edilmiştir. Geçenlerde Avrupa Nükleer Enerji Komisyonu ile Milletlerarası Nükleer Komisyonu tarafından yayınlanan bir raporda aynı süre içinde eldeki projeler için 430.000 ton Uranyum okside ihtiyaç olduğu bildirilmektedir, buna demirperde ülkeleri dahil değildir.

Bu istemler karşısında Amerikan Atomik Enerji Komisyonu, Amerika'da mevcut rezervlerden pound'u 8 dolardan üretilebilecek Uranyum oksit miktarını 243.000 ton ve dünya rezervlerinden 10 dolara veya daha aza mal edilecek miktarı da 840.000 ton olarak tahmin etmektedir. Aynı rapor geleceğe ait ihtiyaçları karşılayabilmek için 1985'e kadar bir milyon ton dan fazla ek rezervlerin bulunmasının ve geliştirilmesinin gerektiğini de belirtmektedir.

Şüphesiz yeni Uranyum kaynaklarının meydana çıkarılması devam edecektir (nitekim son zamanlarda Kuzeydoğu Avustralya'da böyle bir buluş haber verilmiştir), öte yandan şu andaki bütün deliller, (Breeder) üretici reaktörlere geçilmediği takdirde, bu yüzyılın sonundan önce düşük maliyetli cevherlerde büyük bir sıkıntı hissedileceğini göstermektedir. Bu bakımdan enerji üretimi için büyük çapta üretici reaktörlerin geliştirilmesiyle ilgili esash plânlar yapılmıştır. Eğer bunda muvaffak olunursa, yakıt sağlanması konusu tamamiyle kökünden çözülmüş olacaktır.

Bu ihtimal, üretici reaktörde bir gram Uranyum 238 den elde edilecek enerji miktarının  $8,1 \times 10^{10}$  joul'luk ısıya çıkabilmesinden ileri gelmektedir. Bu 2,7 ton kömürün veya 13,7 varil (1,9 ton) ham petrolün yanmasından meydana gelen ısıya eşittir.

**A**merikan Atomik Enerji Komisyonundan David J. Rose kontrol edilebilen

fusion'un olanaklarını incelerken, deuterium-tritium reaksiyonunu en ümit verici buldu. Deuterium bol miktarda vardır (her 6700 hidrojen atomuna karşılık bir atom), ve onu ayırmak için gerekli olan enerji fusion'la serbest bırakılacak enerjiye oranla ihmal edilecek kadar azdır. Öte yandan tritium tabiiatta çok az miktarda mevcuttur. Daha büyük miktarlar lithium 6 ve lithium 7'nin nükleer bombardımanıyla elde edilmek zorundadır. Sınırlayıcı izotop lithium 6'dır, ki bu da doğal lithium'a oranla yalnız % 7,4 kadar fazladır.

Hidrojenin Okyanuslarda bulunan miktarı göz önünde tutulursa, deuterium fazlasıyla bol sayılabilir, o aynı zamanda kolaylıkla elde edilebilir. Lithium çok daha azdır. O jeolojik nadir bulunan, pegmatit adı verilen volkanik kayalardan ve tuzlu göllerin tuzundan çıkarılmaktadır. Amerika, Kanada ve Afrika'da bilinen lithium kaynakları tüm 9,1 milyon ton elementel lithium kapsamaktadır ki, bunlarda lithium 6, 7,42 atom yüzdesi veya 67.500 tondur. Bu lithium 6 miktarından elde edilecek fusion enerjisi atom başına  $3,19 \times 10^{12}$  den  $215 \times 10^{21}$  joul alacaktır ki, bu yaklaşık olarak dünyanın fosil yakıtlarının enerji kapsamına eşit olacaktır.

Fusion enerjisi deuterium-tritium reaksiyonuna bağımlı olduğu müddetçe, ki bu halen en kolay gözükmektedir, çünkü süreç düşük bir sıcaklıkta ilerlemektedir, bu kaynaktan elde edilecek enerji fosil yakıtlardan üretilen enerjiye hemen hemen eşit olacaktır. Eğer fusion deuterium-deuterium reaksiyonu ile elde edilirse, tablo geniş ölçüde değişecektir. Bu reaksiyon da serbest bırakılan enerji tüketilen deuterium atomu başına  $7,94 \times 10^{13}$  joul'dur. Bir metre küp suda yaklaşık olarak  $10^{25}$  deuterium atomu vardır, ki kütlesi 34,4 gram ve potensiyel fusion enerjisi  $7,94 \times 10^{12}$  dir. Bu ise 300 ton kömür ve 1500 varil ham petrolün yanmasından elde edilen ısıya eşittir. Bir kilometre küp te  $10^9$  metre küp olduğuna göre bir kilometre küp deniz suyunun yakıt karşılığı 300 milyar ton kömür ve 1500 milyar varil ham petroldür. Okyanusların tüm hacmi ise yaklaşık olarak 1,5 milyar kilometre küptür. Okyanuslardan başlangıç yoğunluğu % 1 azaltacak şekilde deuterium çıkarıldığı takdirde, fusion yoluyla elde edilecek enerji dünyanın fosil yakıtları tarafından üretilen başlangıç enerjinin neredeyse 500.000 katı olacaktır.