

CEP ÜNİVERSİTESİ

# Güneş Enerjisi

JOHN. O'M. BOCKRIS
T. NEJAT VEZİROĞLU
DEBBI SMITH

İletişim Yayınları

CEP ÜNİVERSİTESİ

# Güneş Enerjisi

JOHN. O'M BOCKRIS
T.NEJAT VEZİROĞLU
DEBBI SMITH

İletişim Yayınları

# İçindekiler

**SUNUŞ** ..... 5

I. BÖLÜM

**Giriş** ..... 6
Günümüzde Enerjiyi Nasıl Sağlıyoruz? ..... 8
Mahkûmiyetin Öyküsü - Kirlenme ..... 14
Sera Etkisi ..... 20
Asit Yağmuru Saçmalığı ..... 28
Ozon Tabakasındaki Delik ..... 34
Kirli Sis, Pislik ve Kanser ..... 40
Çekirdek Enerjisi Dersleri ..... 43

**II. BÖLÜM**
En İyi Yanıt Güneş Enerjisi ..... 55
Güneş-Hidrojen Çiftlenimi ..... 59
Endüstrinin Yakıtı ..... 64
Evlerçin Enerji ..... 69
Pratik Uygulamalar ..... 71
Uçaklar, Trenler, Otomobiller ve Gemiler ..... 76
Güvenlikli mi? ..... 88
Ne Yapmalısınız? ..... 95

# SUNUŞ

Geçen zamanla birlikte havaküremizdeki karbondioksit ve diğer hava kirleticilerin oranları, yavaş da olsa, kesin bir artış gösteriyor.

Bunun sonucu ortaya çıkan dünyamızın ısınması, asit yağmurları ve havaküremizin kirlenmesi gibi sorunlar, bildiğimiz kadarıyla yaşama olanak tanıyan tek gezegen olan dünyamızın canlıküresine (biosfer) de ciddi hasarlar veriyor. Bu durum giderek gezegenin gerek insanları, gerekse diğer canlıları için son derece kaygı verici sonuçlar doğurmakta...

Karbondioksit ve karbonmonoksit, kükürt oksitler, azot, hidrokarbonlar ve is gibi diğer kirleticilerin oranlarındaki artışlar, kullanmakta olduğumuz enerjiyi, petrol, doğalgaz ve kömür gibi yakıtları yakarak elde etmemizden kaynaklanıyor.

Fosil yakıtlara olan bu bağımlılığımız, her gün havaküremizi daha çok karbondioksit ve diğerleri ile kirletip, durumumuzu giderek güçleştirmekte... Fosil yakıt bağımlılığından vazgeçmenin artık zamanı geldi.

Yakın geçmişte bu konuya ilgi duyanlar yerkürenin ısınmasının, asit yağmurlarının ve kirliliğin çaresizce tanımını yapmakla yetinip, konuya bir çözüm getiremediler. Oysa bizler "Güneş-Hidrojen-Enerji Sistemi" adı altında gezegenimizin fosil yakıtlarına olan bağımlılığını azaltacak ve yakıtların zararlı etkilerini tersine çevirecek bir çözüm öneriyoruz.

Bu kitap, sorunun nasıl çözülebileceği ve siz okuyucuların da bu çözümde ne tür katkıları olabileceğini açık bir dille öneren ilk örnektir.

*John O'M. Bockris*
*T. Nejat Veziroğlu*
*Debbi L. Smith*

# BİRİNCİ BÖLÜM

## I. Giriş

Gün geçmiyor ki, yayın organlarında ve günlük konuşmalarda havaküremizin ne büyük ölçüde kirlenip bozulmakta olduğu yazılıp söylenmesin. Ancak, bütün bu önlenemez gidişte en büyük rol oynayan etken de bizleriz. Sözgelimi hepimiz, dünyanın giderek ısınmasına ve bu ısınma sonucu kutuplardaki buzul kütlelerinin eriyerek denizlerin yükselmesine yolaçabilecek sera etkisini duymuşuzdur. Bunun yanında başka şeyler de olmaktadır. Yağmur, genellikle büyük sıcaklardan sonra yağan yağmur, giderek daha çok asit içermekte. Göllerdeki balıklar, çevremizdeki ormanlar ve kentlerimizdeki binaların tümü bu asit yağmurlarından zarar görmekte. Doğal olarak, artan çevre kirliliğinden, insan sağlığı da payını almakta.

Hükümetler, havaküremize yapılan tüm bu saldırılara yalnızca bazı vaatler ve bir dizi yardım önerileriyle yaklaşmaktadırlar. Oysa bu kitapta da belirtildiği gibi sorunların nedenleri gayet iyi bilinmektedir, hattâ epey bir süredir...

Zaman zaman, çeşitli hükümetlerin son duyurularında olduğu gibi, kirliliğe çare olacak ölçüler vaat edilmektedir; yakıtlarımızdaki kükürt oranı düşürülebilir; fabrika bacaları daha uzun yapılarak duman, kentlerden uzaklara taşınabilir. Fakat, temel soruna eğilinmemekte ve kullandığımız karbon-içeren yakıtlarımızdan karbonu çıkarmamıza, dolayısıyla küresel ısınmaya yolaçan karbondioksit gazının salınmasına son vermeye gerek duymamız söylenmemektedir.

Bu yakıtları bir kimyasal bileşik olarak ele alırsak,

bunlar iki element (karbon ve hidrojen) içeren moleküllerden yapılmışlardır. Ama gerçek odur ki, bu iki elementten sadece hidrojen, enerji elde etmek için gereklidir; yakıt içindeki hidrojenin havadaki oksijen ile birleşerek yanması (ve bu yanma ile oluşan ısı enerjisi, sadece ısınmak için değil, aynı zamanda çok yönlü enerji taşıyıcılarının (s.g. elektrik) üretimi için de kullanılır) sonunda zararsız su ve buhar oluşur. Oysa karbon (ve diğer kimyasal maddeler) bugün kullandığımız fosil yakıtlarda bulunduğundan, yanma sonrası dışatım gazlarında ya da baca gazlarında karbon da bulunur ve karbondioksit ($CO_2$) gazı olarak dışarı atılır.

Uzun yıllardan beri havaküreye büyük tutarlarda $CO_2$ atılmış durumdadır. Bu $CO_2$, seralardaki cam gibi davranır, güneşin ısısını tutarak havaküremizin ısınmasına yolaçar. Şimdilik bunun büyük bir etkisi bulunmamaktadır, belki 1/2 °C kadar; ancak zaman geçtikçe sıcaklık artacaktır. Geçtiğimiz yazlar önemli artışların zamanının geldiğini göstermektedir ve bugünkü karbon-içeren yakıtlarımızı kullanmayı sürdürdükçe gelecekten sadece boğucu ısınma dışında bir şey bekleyemeyiz. Bunun için, bu kitapta, bu ısının kökenini ve bunun nasıl ve neden üretildiğini ve karbon-içeren yakıtları taşıma düzenimizde ve fabrikalarda kullanmayı sürdürdükçe bunun bize neler yapabileceğini açıklamaya çalışacağız. Bu kitap bizi bu kasvetli senaryodan çok daha aydınlık bir senaryoya götürecek ve bu tür yakıtları kullanmamızın nasıl gerekli olmadığını gösterecek, diğer karbon-içermeyen yakıtların bulunduğunu da gösterecektir. Bu, hükümetlerin alacağı kararlara bağlıdır ama, bunun olabilmesi için biz, halkın bu değişim üzerinde ısrar etmesi gerekir. Buna karşı çıkanların size söyleyecekleri, bu değişmenin çok pahalı olduğudur, ama gerçek odur ki, o kadar da değil. Yeni temiz yakıtlara aşamalı geçerek dünya ekonomisini bir şoka sokmanın önüne geçilebilir.

Bu kitabın temelde vermek istediği böylece çok yalındır. Eğer karbon-içeren yakıtları kullanmayı sürdürürsek ısı ile boğulacağız. Ayrıca bunu yapmamıza da gerek yok. Karbonsuz yakıtlar vardır ve büyük oranlarda üretilmeye hazırdır; halkın, bunların üretilmesini istemesi gerekmektedir. Bu değişim için gerçek güç sizin ellerinizdedir.

## II. Günümüzde Enerjiyi Nasıl Sağlıyoruz?

İnsan ırkının kullanımı için enerjinin elde edilmesi, hiçbir zaman büyük bir planlama gerektirmemiş, kendiliğinden ortaya çıkmıştır. Enerji kullanımımız arttıkça, gelişmemiz de ilerlemiştir. Gelişmemiş toplumlardaki hayvan dışkısından, petrol, doğalgaz ve kömür gibi bugünkü enerji teknolojilerine gelinmiştir. Enerji bize yalnızca ışık ve sıcaklık gibi bazı temel gereksinimleri sağlamakla kalmaz. Kilometrelerce uzaklığı hava, kara ve deniz yoluyla aşabilmemize; fabrikalar çalıştırmamıza ve çamaşır makinesi, bilgisayar ve elektrikli diş fırçalarına kadar işgücü tasarrufu sağlayan çeşitli araçlardan yararlanmamıza olanak verir. Ancak enerji kullanımımız gelişip karmaşıklaktıkça, bunun gezegenimize ne tür zararlara neden olacağını kimse önceden kestirememiştir.

Bu bölümde enerjinin ne olduğu ve bugün nerelerden enerji sağladığımıza kısaca değineceğiz. Önce işe, enerjinin tanımını yaparak başlayalım. Bu sanıldığı kadar kolay bir iş değildir. Gerçekten de enerjiyi ne gösterebilir, ne de tartabiliriz. Ama onun varlığından hepimiz nedense eminizdir.

- Sözgelimi, ısının enerji olduğunu biliriz; bu yalnızca bizi ısıttığı için değildir. Isı, suyu kaynatır ve bundan elde edilen buhar türbinleri çevirerek elektrik üretilebilir. Görüldüğü gibi ısı, enerjidir.
- Metalleri bükmek oldukça zor bir iştir. Oysa iki otomobil çarpıştığında her türlü metal parçasının birbirine geçtiğini görürüz. Çarpışma, devinim enerjisi

ya da diğer bir deyişle hız enerjisidir. Uygulanan kuvvet ise otomobili parçalayacak güçtedir.

• Herkesin bildiği başka bir enerji türü ise, depolanmış enerjidir. Kömür, enerji deposudur. Havadaki oksijenle birlikte yanan kömür, bize suyu kaynatan ve elektrik üreten türbini döndürmeye yarayan ısıyı sağlar.

Artık enerjinin üç temel biçimini de biliyorsunuz- ısı, devinim, depolanmış enerji. Ancak bu üç temel enerji ile bağlantılı olarak iki tip enerji daha vardır. Kimyasal enerji ve elektrik enerjisi.

• Kimyasal enerji, kömürde depolanmış bir enerji türüdür. Sadece bir kimyasal tepkime sonucu ortaya çıkar. Örneğin, çoğumuzun yanma diye bildiği olay, oksijen ve kömürün ısı altında birleşmesidir.

• Elektrik enerjisi ise, daha başka türden bir enerjidir. Bazı kimyasal tepkimeler sonucu açığa çıkan elektronlar bir elektrik akımı oluşturur. Pil, bu yolla üretilen elektriğin bir kaynağıdır. Elektrik ayrıca, bir tel kangalının bir mıknatısal alan içinde döndürülmesiyle de elde edilebilir. Bu tür elektrik üretimine örnek, dinamodur. Bunun tam tersi olarak, elektrik enerjisi metalleri mıknatıslayabilir; böylece mıknatısal motorlar yapılabilir. Sözgelimi, asansörlerde bu tür motorlar bulunur.

Görüldüğü gibi enerjinin pek çok çeşidi vardır. Toplumlar geliştikçe, enerjinin elde ediliş biçimleri ve kullanım alanları da giderek gelişme gösterir. Kitabın ileriki bölümlerinde belirtileceği gibi, karşımıza çıkan en büyük sorun enerji sağlamada yararlandığımız yakıtların çoğunun karbon içermesidir.

Beygirgücünden Çekirdeksel Güce - Tarih öncesi insanları iş yapabilmek için yalnızca kas enerjisinden yararlanırlardı. Hayvanların evcilleştirilme sürecine girilmesiyle, tekerlekli arabaları çeken atlar insan kası enerjisinin yerini aldı. Böylece enerji kullanma hızı birimi, belli bir işi yapmak için kullanılan at sayısıyla ölçülür oldu- beygirgücü.

*Newcomen'in Makinesi* - 1712 yıllarında Thomas Newcomen, geliştirdiği bir buhar makinesiyle atarabalı dönemi noktaladı. Newcomen'in makinesi, kömürle ısıtılan bir kazandan çıkan buhar ile çalışan tek pistonlu bir ısı makinesiydi ve maden ocaklarındaki suyu dışarı atmak için kullanılıyordu. Buluşu, yalnızca madencilerin işine yaramakla kalmamış, kendinden sonra yapılan tüm buhar makinelerinin da öncüsü olmuştur.

Fakat ne yazık ki ne Bay Newcomen, ne de ondan sonra gelenler bu parlak buluşun havaya karbondioksit saldığının bilincinde idiler. Yıllar boyu odun, kömür ve daha sonraları petrol ve gaz yakıldıkça karbondioksit ve diğer kimyasal maddeler yavaş yavaş havaküremizde birikerek şu anda "sera etkisi" diye bilinen insanların sağlığını yakından ilgilendiren ısı tutucu bir ortam yarattı.

Pompalardan Trenlere - Odun ve kömür yakarak ısı elde etmemizi doğal karşılarız. Ancak, nasıl oluyor da ısı iş yapmamızı sağlayan yararlı bir enerjiye, mekanik enerjiye dönüşebiliyor?

Newcomen'in makinesinde su, kaynama noktasına kadar ısıtılır ve buhar basınç altında, içinde piston bulunan bir silindire verilir. Buhar, büyük basınçla silindire dolar dolmaz aynı hızla oradan çıkmak ister. Bunu yapabilmesinin tek yolu ise, pistonu itip pompanın milini devinime geçirmektir. Şayet piston, pompa yerine bir tekere bağlı ise, bu kez de teker dönecektir. 1814'te George Stephenson işte, bu düzeni kullanarak Roket adındaki ilk buhar lokomotifini yapmıştır.

Buhardan Çıkıp İçten Yanmaya Geçiş - Newcomen'in buhar makinesinde ateş, kazanın dışındadır. Alevler, kazanın sadece dış yüzünü yalayarak içindeki suyu kaynatır. Bu yol oldukça ısı kaybına yolaçan hantal bir yöntemdir. Ancak kısa süre sonra hacim olarak daha az yer tutan bir makine geliştirildi. Bugün kullandığımız otomobil motorlarının temelini oluşturan bu makine, içten yanmalı motordur.

Ancak bu motor klasik buhar makinesinden daha karmaşık bir yapıya sahiptir. Çünkü ısı enerjisi bir dizi atma ya da patlamalarla hızlı bir şekilde üretilmelidir-pistonun her vuruş süresine bir atma gelecek şekilde. Bu işi yapmanın tek yolu, pistona buhar vermek değildir. Bunun yerine, birleştikleri zaman sıcak patlayıcı bir karışım oluşturan iki gazı biraraya getirmek ve patlama sonucu genleşen bu gaz karışımının pistonu iterek tekerlekleri döndürmesini sağlamaktır. İşte arabanızın yürümesini sağlayan, bu patlamanın saniyede elli kez yinelenmesidir.

Bir içten yanmalı motorda kullanılan gazlar petrol buharı ve havadaki oksijendir. Bir kıvılcımla patlamaya geçen bu gazlar, ısınarak genleşir ve daha geniş bir yer kaplamak isterler. Genişleyebildikleri tek hacime pistonu iterek yayılırlar. Piston daha sonra arabanın krank milini döndürür ve bu dönen mil de tekerlekleri çevirir.

***Elektrik*** - Evinizde kaç elektrikli araç kullandığınızı hiç düşündünüz mü? Ampuller, TV, müzik seti, buzdolabı bunların içinde en belirginleridir. Ya başkaları? Kahve makinesi, çamaşır makinesi, elektrik süpürgesi, saç kurutma makinesi, karıştırıcı (mikser) ve mutfakta kullanılan diğerleri. İşyerlerinde kullanılan bilgisayarlar ise pek çok iş görürler; çoğunun elektrikli yazıcıları vardır. Elektrikli yazı makineleri, posta pulu basma makineleri ve elektronik tartılar, yine işyerlerinde kullanılan araçlardan bazılarıdır. Fabrikalarda da bir zamanlar insanlarca yapılan çoğu iş, elektronik robotlar aracılığıyla yapılmakta. Yukarıda sözü edilen araçların çoğunluğunun ortak yanı, ya doğrudan elektrikle çalışması ya da çalışabilmesi için elektrik motoru kullanılmasıdır.

1888'de Nikola Tesla, bugünkü elektrik motorunun habercisi olan dalgalı akım motorunu yapıp çalıştırdı. Tesla'ya bu buluşu için teşekkür etmeliyiz. Çünkü elektrik gereksinimlerimiz her geçen gün giderek artmakta. İşte bu nedenle elektrik enerjisinin nasıl üre-

tildiği bizi çok yakından ilgilendiriyor.

Günümüzde elektrik, 19. yüzyılda olduğu gibi büyük bir ölçüde kömürden elde edilir. 1866'da Johann von Siemens yanan kömürden elde edilen ısı enerjisini elektriğe çevirecek bir dinamo geliştirdi. Dinamo, havayı ısıtmak için kömürden üretilen ısıyı kullanır. Isınan hava genleşerek bir pistonu iter ve pistona bağlı bir döngen (rotor) böylece döner. Döngen, bir tel halkayı bir mıknatısal alan içinde yeteri hızlılıkla döndürerek bir elektrik akımının oluşmasına yolaçar. Sözü edilen dinamonun temel ilkesi, elektrik üretmede bugün de kullandığımız yöntemlerin temelini oluşturur. Bu şekilde üretilen elektrik ile tüm elektrik motorlarını çalıştırabiliriz. Ancak çok bağımlı olduğumuz bu elektrik motorları dışında da, gene aynı şekilde üretilen elektrikle çalışan başka araçlarımız da vardır -ampul, TV alıcısı- gibi.

Elektrik, fevkalâde ve çok yönlü bir enerji taşıyıcısıdır. Ancak bulaşık makinemiz ya da büro makinelerimiz uğruna çevreye zarar verilmemelidir. İşte bu nedenle temiz elektrik üretebilecek bir yöntem bulmalıyız.

*Çekirdek Enerjisi* - Isı ve Elektrik - Bir zamanlar sonsuz enerji kaynağı olarak görülen çekirdek enerjisi (nükleer enerji), kavramın ortaya ilk çıktığı 1940'ların sonu ve 1950'lerin başındaki beklentileri daha sonra değişikliğe uğrattı. İlk başlarda düşünüldüğü gibi çok ucuz olmak yerine, santrallerin yapım, işletme ve bakım giderlerinin yüklü olması sonucu, oldukça pahalı elde edilen bir enerji olduğu anlaşıldı.

Çekirdek enerjisinin nasıl üretildiğini anlayabilmek için önce atomun yapısı hakkında biraz bilgi edinmeliyiz. Atom, bizim güneş düzenimizin çok küçük boyutta ele alınışını andırır. Atom, iki bölümden oluşur. Çekirdek, atomun merkezidir - güneş gibi. Çevresinde, aynı gazegenlerin güneşin çevresinde dolanması gibi elektronlar dolanır. İşte bu elektronlar ve onların düzenlenişidir ki, kimyasal enerjiyi oluşturur. Kimya-

sal enerji ile çekirdek enerjisi arasındaki fark, aynı ağırlıktaki yakıttan elde edebileceğimiz enerji tutarındaki farktır. Çünkü, atom çekirdeğindeki enerjinin açığa çıkmasıyla, elektronlardan sağlanan enerjiden milyonlarca kat daha çok enerji elde edilir. Bu nedenle insanlar önceleri çekirdek enerjisinden sağlanacak elektriğin çok ucuz olacağını düşündüler.

İnsanların, atomun çekirdeğindeki bu enerjiden silah yapımı dışında başka işler için de yararlanabileceklerini anlaması, çekirdek enerjisiyle çalışan santraller yapımına yolaçtı. Bu santraller de elektrik üretiminde, buhar ve içten yanmalı motorların ilkelerinden yararlandı. Buhar elde etmek için sıvı (genellikle su) çekirdek enerjisi kullanılarak ısıtılır. Üretilen buhar ise türbinleri devinime geçirerek üreteçlerin döngenlerini çevirir ve sonuç: Elektrik. Çekirdeksel enerji üretimindeki önemli özellik, kullanılan yakıt -Uranyum'un- gerek kömür, gerekse de petrolden çok daha fazla depolanmış enerji ile yüklü oluşudur. Bu nedenle, az miktarda Uranyum bu iş için yeterli olabilmektedir. Ancak, çekirdeksel gücün en büyük tehlikesi, bilindiği gibi kanser yapıcı özelliği olan ışınımlardır.

***İyi Haber ve Kötü Haber*** - Günümüzde enerji sağladığımız üç temel yöntemi öğrenmiş bulunuyoruz. Bu konuda söylenebilecek iki iyi şey vardır: Enerji ucuzdur; petrol, doğalgaz ve kömür gibi yakıtların kullanımının sürdürülmesi için sistemler ve altyapı elimizin altındadır.

Kötü haber ise, enerjinin ucuz olmasına karşın tükenebilir oluşudur. İleriki bölümlerde görüleceği gibi, fosil yakıtların çevremizi ve sağlığımızı bozucu etkileri vardır.

Şimdi bu iki noktayı daha ayrıntılı biçimde inceleyelim. Kullandığımız fosil yakıtlar, çürüyen bitki, ağaç ve hayvanlardan oluşur. Ağaçlar ve bitkiler (ki bunlar hayvanların besinleridir) ayrıca, fotosentez olayı için güneş enerjisine bağımlıdırlar. Bu enerji, gerçekten de doğa tarafından milyonlarca yıldır tutsak alınıp,

depolandığı için ucuzdur. Uygarlığımızın başlayıp gelişimi için hazır olan bu sermaye bize doğanın bir bağışıdır. Bununla birlikte, artık yarınları düşünmeden bu sermayeden harcama yapmama zamanı gelmiştir. Bütünüyle yokolup bitmesine gözyumamayız. Depolanmış bu fosil yakıtların tükenmesi için kalan kısıtlı yıllarda bu yakıtları yakmayı sürdürürsek, gerek çevremizi, gerekse sağlığımızı tehlikeye atmış oluruz. Bu ise hiç de akıllıca bir iş değildir.

Oysa yapmamız gereken şey, depolanmış bu enerjiden elde ettiğimiz kârı gelecek için iyi bir yatırıma dönüştürmektir. Yatırımımız, yeni temiz bir enerji sistemi olmalıdır. Yatırımımız tamamlandığında geleceğimiz de güven altına alınmış olacaktır. O zaman, depolanmış bu sermayemizi, yani fosil yakıtlarımızı saklayabilir ve üretiminde fosil yakıtlara gereksinim duyulan, onlarsız üretilemeyen sentetik kumaş, mürekkep, aspirin gibi bazı ürünler için az miktarlarda bunları kullanabiliriz.

### *III. Mahkûmiyetin Öyküsü - Kirlenme*

Bu bölümde canlıküremizde (biosferimizde) ortaya çıkan gereksiz şeylerin bazılarına kısaca değineceğiz.

Kuşkusuz bunların içinde en önemlisi "Sera Etkisi" adını verdiğimiz güneş ısısının havakürede tutulması sonucu, gezegenin ısınmasına yolaçan kalın $CO_2$ yorganıdır. Acaba karbondioksit nereden geliyor.

***Yakıtlarımız Karbon İçeriyor*** - İnsanların at ve araba yerine ilk geri ateşlemeli otomobilleri kullanmasıyla, petrolün işlenmesi konusu da gündeme geldi. O zamanlar benzin istasyonlarının sayısı bugün olduğundan çok az, benzin tankerlerinin biçimi ise çok farklıydı. Diğer bir deyişle, otomobil kullanmak ve benzin doldurmak bugünkü kadar kolay değildi. Oysa bugün, istersek işimizden kilometrelerce uzakta oturabilir ve her gün bu uzaklığı arabamızla kat edebiliriz. Ancak, giderek artan bu petrol (ve doğalgaz) tüketiminin

gözle görünmeyen bir bedeli vardır. Aynı bedel, elektrik üretimi için gerekli olan kömürün ve kömür zenginliklerinin kullanımında ödenir. Oysa bu zenginlikler, petrol bittiği zaman sentetik yakıt üretimi kaynakları olarak kullanılacaktır. Bugün kullandığımız tüm bellibaşlı yakıtlar karbon içermektedir. Bu nedenle bunların yanması ya da havadaki oksijenle birleşmesi karbondioksit, ($CO_2$), yani "sera etkisi" yapan gazı oluşturur.

Pek çok yıldır $CO_2$, büyük miktarlarda solunmadıkça zehirli olmayan ve kanser yapmayan zararsız bir gaz olarak bilindi. Ayrıca $CO_2$ havaküreye doğal yollardan da karışmaktadır (volkanik püskürmelerde büyük tutarlarda). Ancak havadan karbondioksit alarak şeker üreten yeşil bitkilerin fotosentez olayı gibi, bazı durumlar, havaküredeki karbondioksit oranlarını dengeler.

Gerçekten de bitkiler ve yaşam için $CO_2$'nin varlığına gereksinim duyulmaktadır. Peki öyleyse otomobil tekerleğinin her dönüşünde havaküreye biraz $CO_2$ eklenmesinin ne sakıncası olabilir ki?

Ancak yüzyılların akıp gitmesi sonucu, özellikle de 1970'lerden beri bilimadamları, otomobillerimizin ve fabrikalarımızın çıkardıkları $CO_2$'nin havaküredе birikim yaparak dünyamıza ne büyük zararlar verdiğinin bilincine vardılar. Karbon içeren yakıtların kullanımı sonucu, havaküredeki $CO_2$ oranlarının giderek artmasının yaratacağı tehlikeler 1980'lerde artık tüm insanlığın gündemindeydi. Ne yazık ki, $CO_2$'nin çevresel zararlarının boyutları anlaşılmasına karşın, yakıt ve enerji sistemlerimiz doludizgin kullanılmakta ve kimse de bunları değiştirmek istememektedir.

***Azot ve Oksijen Birleştiler*** - Başımızda bir başka dert daha var. Karmaşık teknoloji toplumumuz için enerji üretiminin başlıca yöntemi, ısının yanma sonucu ortaya çıkmasıdır. Biz bu ısıyı karbon içeren yakıtları alıp, onları hava ile (oksijen ve azot karışımı) yakarak elde ederiz. Bu işlemin yan ürünleri ise karbondioksit

(CO2) ve buhardır (H20). Fakat biz bunu yaparken, üzerinde genellikle pek durmadığımız başka bir kimyasal tepkime daha oluşur. Havadaki azot, oksijen ile birleşerek halk dilinde NOX adı verilen gazı oluşturur. NOX aslında azotoksit ve azotsu oksit olmak üzere iki ayrı gazı temsil eder. Her iki gaz da tedirgin bir karışım biçiminde bulunurlar. Biz bu nedenle onları ayrım yapmadan NOX diye adlandırırız.

CO2'den farklı olarak NOX bize doğrudan saldırır ve kirli hava soluduğumuzda ciğerlerimizde aside dönüşür. Bu durumun yarattığı başlıca fizyolojik zarar, ciğerin süngerimsi yapısının giderek aşınması ve zamanla havadaki oksijeni emme kapasitesini kaybetmesidir. Bunun sonucu kan dolaşımımıza daha az oksijen karışır. Bu durum en sonunda ölüme yolaçar. Ancak daha önce kişi büyük olasılıkla kronik nefes darlığı, bronşit ve amfizem gibi ciğer hastalıklarından şikâyetçi olur. Los Angeles yakınındaki Güney Sahil Hava Üssünde bugün en büyük sağlık sorunu CO2'den çok, NOX ya da asit içeren petrol bileşimi olan PAN'dır.

İşte bu nedenle karbon içeren yakıtları yakmak yalnızca havakürenin ve gezegenin fazlaca ısınmasına yolaçmakla kalmaz, aynı zamanda sağlığımıza da zararları dokunan maddeler üretir. Bu maddeler bronşlarımızı doldurarak, çeşitli ciğer rahatsızlıklarına yolaçar. Daha da kötüsü, havaküredeki NOX miktarının artmasıyla ağaçlar çeşitli rahatsızlıklarıyla savaşamaz duruma düşer ve yavaş yavaş ölürler.

Kömür ve Petroldeki Kükürtten Kaynaklanan Zararlı Etkiler - Karbon içeren yakıtların başlıcalarından olan kömür ve petrolün de bir miktar kükürt içerdiğini pek çok kişi bilmez. Petrolde, kömürde olduğundan daha az miktarda kükürt bulunur. Böylece her kömür ve petrol yakışımızda (elektrik üretimi için doğal olarak çok miktarda kömür gerekir) kükürt üretilir.

Bu kükürt ise kükürtoksit şeklinde havaya karışır.

Aynı NOX gibi kükürtoksit de insan'sağlığı ve özellikle de solunum organları için benzer tehlikeler içerir. Havaküreye karışımıyla oksitlenme işi devam eder ve başka bir bileşim olan kükürt-trioksite (SO3) dönüşür. Sonunda, yağmur sularıyla birleşerek sülfrik asit'i oluşturur. Bu nedenle, yağmur yağdığı zaman asit içermektedir.

Kömüre Bağımlı Olmanın Tehlikeleri - Halen günümüzde kömür hakkındaki genel kanı, onun en büyük yakıt depomuz olduğudur. Yeraltında milyarlarca ton kömür bulunduğu varsayılmakta... Şayet bir gün Ortadoğu'da işler karışır da artık oradan petrol alamazsak, hâlâ yeri kazıp kendi kömürümüzü çıkartabiliriz. Ancak kömüre dayalı böylesine bir yaşam sürdürmeyi düşlemek büyük bir yanılgıdır. Kirlenme açısından kömür, petrolden çok daha kötü sonuçlar verecektir. Kömür, daha önce de belirtildiği gibi karbondioksit sorununu da gündeme getirecek ve sülfrikasid oluşmasına neden olacaktır. Ayrıca ortaya çıkacak olan uçuşan kül sorunu (fly ash) ve giderek artan oranlarda havaküreye karışan maddeler sisin oluşmasına neden olacaktır.

İşte bu bakımdan pek çok uzmanın söylediği gibi 100 yıl yetecek kömürümüz bile olsa (ki bazı uzmanlara göre bu süre 500 yıldır) yaratacağı büyük kirlilikten dolayı bunları yakıp tüketmek pek akıllıca olmayacaktır.

***Diğer Kirleticiler*** - Petrolün yanmasıyla ortaya çıkan diğer bir kirletici de 'PAN' kısa adı verilen 'peroxyacylnitrat'dır. PAN çok zararlı bir maddedir. Boğazdaki ses tellerinin (yani larynx) şişip, tahriş olmasına ve göz rahatsızlıklarına neden olur. Eğer çok miktarda solunursa, soluk almayı güçleştirecek bir yanma hissedilir.

Sözetmek istediğimiz diğer bir kirletici ise benzopyren'dir ki, insan bedenine uzun sürede en büyük zararı verir. Sigarada bulunan ve ciğer kanserine neden olan kimyasal madde olarak bilinir. Diesel motorla-

rından çıkan bu dumanın solunduğunda ne ölçüde kanser yaptığı henüz bilinmemekle birlikte, kanserojen olduğu kesindir.

Petrol, diesel ya da karbon içeren herhangi başka bir yakıtın yanmasından doğan diğer bir sorun da karbonmonoksit'in ortaya çıkmasıdır. Karbonmonoksitin, karbondioksit'ten farkı, zehirli olmasıdır. Yeterli havalandırma olmadan araçların ekzozunu soluyan kişilerin (oksijensizlikten) boğulmasına karbonmonoksit neden olur. Karbonmonoksit kirli havalı yerlerde de bulunur. Solunduğunda, başağrısı, tedirginlik ve şaşkınlık yaratır. Karbonmonoksit, alyuvarları akciğerlerden oksijen almış gibi aldatır ve alyuvarlar beyin ve kalp gibi yaşamsal organlarımıza oksijen yerine karbonmonoksit taşır.

Son kirletici ise 7. Bölüm'de daha ayrıntılı tartışacağımız, kirli sistir (smog). Kirli sis, sisin en kötü biçimidir ve pek çok sorunun yaratıcısıdır. Örneğin, güney California'daki Güney Sahil Hava Üssü'nde gözleri rahatsız eden puslu bir parlaklık gözlenir. Uzay mekiğinin indiği Edwards Hava Üssü'ne göre bazı zamanlarda bu bölgelerdeki kirli sis, görüşü tümüyle engelleyecek kalınlığa ulaşır.

Kirli sis yukarıda sözünü ettiğimiz tüm kirleticileri içerdiği için ve artık kirli sissiz büyük kent kalmadığı için, nüfusumuzun büyük çoğunluğu sağlıksız hava solumak zorundadır. Sizler de bu kişilerden misiniz?

Kirlenmenin Çevreye Olan Diğer Etkileri - Sera etkisi, kirli sis ve insan sağlığı üzerindeki değişik etkilerden sözettik. Ancak kirlenmenin sizi şaşkınlığa düşürecek bazı başka etkileri de vardır.

Havaküredeki kirleticiler ağaçları öldürüp, büyük ormanlık alanlara zarar verir. Kirleticiler yaprakların üzerinde bulunan ve fotosentez (bitkilerin besinlerini üretme yöntemi) olayının gerçekleşmesine ya da soluk almalarına yarayan küçük delikleri tıkayarak (bitkilerin besinleri parçalayarak enerjiye dönüştürme yöntemi), onların canlı kalmalarını engeller. Kirli ha-

vakürenin diğer bir ürünü ise asit yağmurlarıdır (bkz. Bölüm 5). Kömür ve petrol yanmasıyla ortaya çıkan kükürtlü gazların, yağmur suları ile birleşerek sıvı asit oluşturmasından daha önce sözetmiştik. Ne yazık ki bu asit, bitki ve ağaç yapraklarını yakar, topraktaki minerallerin erimesine yolaçar. Bitkiler ise eriyen bu minerallerden kendilerine zararlı olanlarını süzüp, eleme yapamazlar. İşin en kötü yanı ise toprağın kendisinin çok asit barındırıp, değişik ürün ve büyük miktarlarda üretim yapmaya elverişsiz hale gelmesidir. Bunlar bugün için gördüğümüz zararlı etkilerdir. Eğer asit yağmurları engellenemezse, geleceğin neler getireceğini şimdiden kestirmek güçtür.

***Kirlilik Nereden Geliyor?*** - Eskiden hükümetlerin standart olarak tutumu, kirliliğin nereden geldiğinin bilinmediğinin açıklanmasıydı. Bu konuda pek çok araştırmalar yapıldı. Alternatif bir enerji bulunması ve elektrik üretiminde daha temiz bir yöntem uygulanabilmesi için para harcanmasını ertelemedeki bir neden de bu araştırmalardı. Oysa artık kirliliğin nereden kaynaklandığı konusunda eskiye oranla daha çok ayrıntı bilmekteyiz. Kirliliğin esas kaynağı, bugün kullanmakta olduğumuz yakıtlardır: kömür, doğalgaz, petrol ve petrol arıtımından elde edilen ürünler. Bu yakıtlar havaküreye duman, kurum ve diğer zararlı bileşikler salmaktadır. Elektrik üreten santraller eğer çekirdek gücünden yararlanmıyorlarsa, kömür, petrol ve doğalgaz kullanırlar. Bunun doğal sonucu ise asit yağmurlarına yolaçan bol miktarda kükürtün havaya karışmasıdır.

Başka büyük çaplı bir kirlenme olgusu da, kent çöplerinin yakılma olayıdır. Eğer kalıntıları ve külleri yoketme konusunda herhangi bir önlem alınmadan bu işlem yapılırsa, bunlar havaya karışarak kirli sis içinde yerlerini alır ve özellikle kent kirliliğinin bir parçası olurlar. Çöp yakma makinelerinde özellikle dikkat gerektiren bir nokta da, plastik maddelerin yakılışında ortaya çıkan kimyasal bileşiklerdir. Bu kimyasal

gazlar, fabrikalarımız ve araç ekzozlarından çıkan atık gazlarla birlikte havakürenin kirlenmesine yolaçar.

Görüldüğü gibi bu çöp yakma makineleri, fabrika bacaları, araç ekzozları ve elektrik santralleri, kirlenme kaynaklarıdır. Aslında bunlar, kirletmemek üzere planlanmamışlardır; ilk başlarda insanlar kirlenmenin bu boyutlara ulaşacağını hiç düşünmemiş, havaküre içinde bu kirleticilerin dağılarak zararlı etki yapmayacağını sanmışlardır.

***Kirlenmenin Bedeli Ne?*** - Kir, zarar, gezegenin ısınması, hastalık, kirli duman, giderek kötüleşen tarım, denizlerin yükselmesi, kentlerin su altında kalması... tüm bunlar insanlığın başına gelebilecek felâketlerdir. Şu anda (Ocak 1991) karbon-içeren yakıtların neden olduğu kirliliğin bize maliyeti bir galon (yaklaşık 4 litre) petrol başına fazladan 1.30 ABD dolarıdır.

Bu fazladan maliyetler henüz seslerini pek yükseltmeden köşede duruyorlar. Belki benzin istasyonlarında olmasa da biz bu bedeli her an ödemekteyiz. Petrolün fiyatı üreticisine güzel kazançlar sağlıyor. Ancak, bu kazançta insanlığa verilen zararların bedeli gözardı ediliyor. İçinizden belki bazıları çıkıp petrolün gerçek fiyatının artık gözönüne alınması gerektiğini söyleyebilir. İşte o zaman daha çok insan sağlığa zarar veren, karbon-içeren bu yakıtlar yerine gerçekte ekonomik olanın karbonsuz yakıt kullanmak olduğunu anlayacaktır.

### *IV. Sera Etkisi*

Gerçekten de, Herkesin Konuştuğu "Sera Etkisi" Nedir? - Sera, içindeki bitkilere güneş ışığını ulaştıran, genellikle tavan ve kenarları camdan yapılmış bir yapıdır. Sera içinde istenilen hava koşulları yaratılarak bitkiler, dışarıdaki en soğuk havadan bile etkilenmeden yeşilliklerini ve canlılıklarını koruyabilirler. Son zamanlarda sözü edilen "sera etkisinde" de aynı durum sözkonusudur. Havaküremizdeki bazı gazlar

ışık-geçirgen tavan işlevini görür. Bu "sera gazlarından" en çok bulunanı başta karbondioksit olmak üzere, metan, karbonmonoksit, hidrokarbonlar ve kloroflorakarbon'dur (KFK). Bu gazlar ışık-geçirgen oldukları için yüksek sıcaklıktaki güneş ışınları havaküreyi aşarak yeryüzüne ulaşır. Yeryüzünden yansıyan düşük sıcaklıktaki ışınlar (ısı) ise 'sera gazları'nca engellenerek, yükselemez. Bunun nedeni, enerjinin karbondioksit tarafından soğurulması ve bunun sonucu havakürenin ve tüm gezegenin ısınmasıdır.

Gezegenimiz yaşama olanak verecek ısıyı sağlayabilmek için havakürenin dış katmanlarında bir miktar karbondioksite gereksinim duyar. Eğer güneş sistemimizdeki en yakın komşularımıza bir gözatacak olursak, bunlardan Venüs'ün havaküresinde, dünyadakinden daha çok karbondioksit bulunduğunu ve sonuç olarak çok sıcak olduğunu; Mars'ın havaküresinde ise daha az karbondioksit bulunmasından ötürü, gezegenin de çok soğuk olduğunu gözlemleriz. Görüldüğü gibi gezegenimiz yaşam için en uygun sıcaklık ortamına sahiptir. Bu nedenle, ne Mars gibi tümüyle karbondiokstten yoksun olmak, ne de havamızı kirletmeyi sürdürerek her geçen gün daha çok Venüs gibi olmak isteriz.

Dünyanın sıcaklığı sanayi devriminden bu yana 1/2 °C (yaklaşık 1 °F) artmış bulunuyor. Neden? Binlerce yıldır odun, insanlık için en bellibaşlı yakıt kaynağı olmuştur. Günümüzde bile pek çok insan odun kullanmaktadır. Daha sonraları kömüre sahip toplumlar, verimliliği daha yüksek olduğu için odun yerine kömür kullanmaya başladılar. Yüzyılımızın başında ise petrol, gerek taşınmasının, gerekse depolama ve kullanılmasının kolaylığı nedeniyle kömürün yerini aldı. Hızla tükenen petrol yatakları doğalgazın önemini her geçen gün arttırmakta.

Ancak odun, kömür, petrol ve doğalgaz gibi tüm yakıtların ortak özelliği yanma sonucu ortaya çıkan karbondioksit. Çoğalan nüfus ve giderek büyüyen ekono-

minin enerji gereksinimlerinin karşılanabilmesi, fosil yakıt tüketimini arttırarak, hava küredeki karbondioksit düzeyini çoğaltır. Sonuç: gezegenin ısınması. Dünyanın enerji gereksinimini karşılamak için fosil-yakıt kullanmayı sürdürürsek gelecek yüzyılın sonunda, gezegenin sıcaklığı ortalama 5 derece artabilir. Bu ise, gelecek kesimlerde açıklanacağı gibi felâket demektir.

Yükselen Okyanuslar ve Öldürücü Tayfunlar - Yeryüzü sıcaklığının artması daha şimdiden kuzey ve güney kutbundaki buz kitlelerini eritmeye başlamıştır. Buna ek olarak buzulların sınırları geri çekilmektedir. Sonuç: okyanus düzeylerinin yükselmesi.

Yeryüzündeki 243 ayrı bölgede yapılan ölçümlere göre 30 yıllık bir dönemde deniz düzeyleri 15 cm. kadar yükselmiştir. Hesaplamalara göre bugün okyanuslar yılda yaklaşık olarak 1 cm yükselmektedir. Eğer bugünkü hızımızla fosil yakıt tüketmeyi sürdürürsek, gelecek yüzyılın sonunda okyanus suları 1.8 - 2.4 metre dolaylarında yükselecektir. Kıyılarda yeralan ve bu boyutlardaki sellerden etkilenecek kentlerimizi düşünün.

Buzullar tümüyle eridikten sonraki son deniz düzeyleri ile ilgili çeşitli varsayımlar vardır. Ancak, daha temkinli hesaplamalar bile okyanus sularının yüksekliğini bugünkünden 6-7 metre daha fazla bulmaktadır. Sulardaki bu yükselme, yeryüzü nüfusunun büyük çoğunluğunu sular altında bırakır. Dünyanın en verimli topraklarına sahip olan kıyı ovalarını tümüyle sular basacaktır. Yeryüzünün her 35 yılda iki katına çıkacak kadar hızla çoğalan nüfusunu düşünürsek, hem verimli tarım hem de oturulabilir alanlarındaki bu kaybın dünya için ne büyük önem taşıdığını daha iyi anlarız.

Örneğin Bangledeş'in yarıdan çok oturulabilir alanı kullanılamaz hale gelecek, Mısır'ın nüfus yoğunluğu yüksek olan Nil Deltası, Kahire ve İskenderiye sular altında kalarak, 30 milyon kişinin evsiz kalmasına ne-

den olacaktır. Florida eyaletinin dörtte üçü karalararası suyollarına dönüşecektir. Hint Okyanusu'ndaki Maldiv Adaları haritadan silinecek ve Venedik artık batma tehlikesinden değil, suların yükselmesinden yakınacaktır.

Bu tartışmanın en kötü şekli 'olumlu geri besleme' diye bir kavramın doğmasına yolaçar. Büyük miktarda karbondioksit denizlerde erimiş olarak bulunur. Eğer havaküredeki karbondioksit artışına bağlı olarak, sıcaklık da artarsa, denizlerin üst 70 metresi de ısınır. Bu da yeniden bir miktar erimiş CO2'nin (karbondioksit) açığa çıkmasına ve sera etkisinin artmasına yolaçar. Bu durum ise deniz suyu sıcaklığının daha da artmasına ve daha çok CO2'nin açığa çıkmasına neden olur.

Kentlerin ve toprağın yokolmasının getireceği mâlî külfet milyarlarca dolar olarak hesaplanabilir. Tüm kıtaların çevresine yüksek barajların yapılması durumunda, Hollanda'da olduğu gibi kıyılar yükselen sulardan korunmuş olacaklardır. Ancak bu barajların 9-10 metre yüksekliğinde olması gerekir ve tabiî yeryüzünün denize dökülen tüm akarsularının da bu barajın üzerinden okyanuslara pompalanması gerekir. Oldukça temkinli hesaplamalara göre böyle bir baraj yapımı ve nehirlerin suyunun sürekli pompalanmasını sağlayan düzenimin maliyeti 70 trilyon Amerikan dolarıdır (1990). Diğer taraftan hiçbir sigorta şirketinin de böyle bir barajı sigortalamaya yanaşacağı söylenemez. Esaslı bir deprem ya da tayfun, baraj duvarlarında rahatlıkla bir çatlak açabilir, ya da pompalama sisteminde bir yavaşlamaya yolaçabilir ki, bunun sonucu büyük çapta toprak sel suları altında kalır.

Sorunlar bununla da bitmiyor. Deniz suyu yüzeyindeki 1 derecelik bir sıcaklık artışı, tayfunlardaki en küçük dayanılabilirlik basıncını 15-20 milibar arasında azaltıyor. Bunun sonucu, birkaç derecelik bir artış, hem tayfunların sıklığını, hem de şiddetini etkileyecektir. Örneğin, 1988'deki Gilbert Tayfunu, 885 mili-

barlık basıncı (1 milibar= 0.001 atm) ve saatte 330 km'lik rüzgâr hızıyla tarihte görülmüş en şiddetli fırtınaydı. Milyonlarca insan evsiz kaldı. Yüzlerce kişi öldü ve 1 milyar ABD doları dolayında maddî hasar meydana geldi. Bu çok özel fırtınaların, kesinlikle yeryüzü ısınmasından kaynaklandığını söylemek güç. Ancak, sera etkisinden kaynaklanan ısınma sonucu, tayfun ya da hortum biçimindeki bu fırtınaların sıklığında ve şiddetinde bir artış beklenebilir.

***Kıtlıklar ve Seller*** - Sera etkisi başkaca iklim değişikliklerine de yolaçar. Yeryüzü sıcaklığının artmasıyla, okyanuslardan, nehirlerden, göllerden ve bitkilerden buharlaşma oranlarında da artış görülür. Doğadaki denge yüzünden daha çok buharlaşma, daha çok bulutların oluşmasına ve daha çok yağmura yolaçar. Ancak son zamanlarda gözlendiği üzere, rüzgâr yönelimlerinin değişmesi sonucu, yağmur miktarlarındaki değişikliktir. Bu durum, geçmişte normal yağış alan bazı bölgelerde kuraklığın başgöstermesine yolaçar.

Kuraklık hem tarım üretimini ve hayvancılığı fakirleştirip verimini azaltır, hem de bölgenin doğal bitki örtüsünü yok edici tehlikeler taşır. Kuraklıktan sulama sistemleri ve içilebilir su kaynakları da nitelik ve nicelik açısından etkilenir. Birçok uzman 1988 yılında Amerika'da görülen kuraklığın doğrudan sera etkisinden kaynaklandığına inanıyor. Hesaplamalara göre 5 milyar Amerikan doları karşılığı ürün, bu kuraklık sırasında zarar görmüştür. Sonuçta zarar tüm tüketiciye yansımış ve pazar fiyatları yükselmiştir.

Ne yazık ki, dünyanın bir bölümünde yaşanan kuraklık, başka bir bölümünde de sel felâketlerine yolaçarak suyun doğal döngüsünü dengeler. İşte 1988'de yaşanan durum aynen böyle olmuştur. Amerika Birleşik Devletleri'nin bazı bölgelerinde ve orta ve batı Afrika'da görülen kuraklığa karşın, Bangledeş'te olduğu gibi bazı başka bölgelerde sel felâketleri görüldü. Bangledeş'teki yerleşim bölgelerinin dörtte üçü, çekilmesi haftalarca süren sel sularının altında kaldı. Ül-

kenin hasata hazır tarım ürünlerinin büyük çoğunluğu zarar gördü. Pek çok ev, yeniden onarımı olanaksız biçimde yıkıldı. Sayısız köprü ve karayollarının büyük bölümü suların etkisiyle kullanılamaz oldu. Zaten fakir olan ülkenin bu felâketin etkisinden kurtulabilmesi için büyük parasal yatırımlar ve uzun yıllar gerekmektedir; eğer bu arada bir başka sel felâketi ortaya çıkmazsa.

1988'in kuraklık ve sel felâketleri, yeryüzü sıcaklığındaki küçük bir sıcaklık artışının sonuçlarına örnektir. Bu durumu geleceğe uygularsak, sıcaklık artışları derecenin kesirleri ile değil de, birçok derece olarak ölçülmesi durumunda, sorunun büyüklüğü ortadadır.

***Isı Arttıkça Güç Azalır*** - Bütün elektrik güç santrallerinin suya gereksinimi vardır. Isıl (termal) güç santrallerinde (kömür, petrol, doğalgaz ya da çekirdek gücü ile çalışan santraller), kullanılmış buharın soğutulması ve yoğuşturulmasında su kullanılır. Suyun ayrıca hidro-elektrik güç santrallerinde doğrudan enerji kaynağı olma işlevi vardır. Örneğin ABD'de günde 800 milyar litre su, ısıl güç santrallerinin soğutulması için kullanılıyor; günde 1300 milyar litre su ise hidro-elektrik güç türbinlerinden geçerek elektrik üretmektedir.

Olağan koşullardaki bir yılda, güç üretimi için yeterli tutarda su bulunmaktadır. Ancak kuraklık dönemlerinde, olağan güç üretimi önemli bir biçimde bundan etkilenebilmektedir. Bunun yanında, sıcak geçen yıllarda elektrik istemi de artar (iklimlendirme v.b.g. gereçlerin çalıştırılması için). Oysa sıcaklık nedeniyle azalan su miktarı, elektrik üretiminin de azalmasına yolaçar.

Kuraklığın elektrik üretimi üzerindeki ağırlığı oldukça belirgindir. 1977'de California'da yaşanan kuraklık Pasifik Gaz ve Elektrik İdaresi'ne, 1.3 milyar ABD doları olan yıllık üretim giderlerine ek olarak 400 milyon dolarlık bir yük getirmiştir. Hidro-elektrik güç üretimindeki bu açık sonuç olarak daha pahalı ısıl

yöntemlerle elde edilen elektrik gücü dışalımı ile karşılanma zorunluluğunu doğurmuştur.

Özet olarak, kuraklığın, gerek hidro-elektrik gücü, gerekse ısıl güç üretimini büyük ölçüde azalttığını, ancak istemi arttırdığını söyleyebiliriz. Bu da sonuçta topluma hem ekonomik kayıplar, hem de çeşitli sıkıntılar yaratır.

Kısıtlanan Nehir Ulaşımı - Yüksek sıcaklıkların ve kuraklıkların diğer bir olumsuz etkisi ise, nehir sularının alçalması sonucu, suyolu trafiğinin engellenmesi ve ulaşım giderlerinin artmasıdır.

Örneğin, Missisipi nehri üzerindeki yük gemileri, tüm ABD gemi taşımasının yüzde 15'ini yüklenmektedir. 1988'deki kuraklık döneminde, nehrin 1871'den beri tutulan kayıtlarında o güne değin görülmemiş düzeydeki su alçalması ile yük gemileri kuyruklarda beklemek zorunda kaldı. Kuraklığın en yoğun döneminde ise su düzeyi, gemileri tümüyle çalışamaz duruma getirdi. Bu yüzden devletin vergi zararları 750 milyon doları buldu. Yüklerin bir bölümü, demiryolu ya da taşımacılığı gibi daha pahalı yollardan taşınarak maliyetleri arttırdı. Tutarlı bir hesaplamaya göre Missisipi bölgesinde kuraklığın neden olduğu taşımacılık alanındaki zarar 1.5 milyar dolardır. Sıcaklık artımları sürer ve kuraklıklar da daha yaygınlaşırsa, bu tür zararlar giderek fazlalaşacaktır.

İnsanca Mâl Oluş - İnsan yaşamı yitiğinden de sözetmeliyiz. Sağlıklı kişiler bile olağanüstü sıcak günlerde gerekli önlemleri almaksızın çevrede dolanırlarsa, ölümle sonuçlanan kalp ve damar rahatsızlıklarıyla karşılaşabilirler. Sera etkisi sonucu mevsim normallerinden daha sıcak günlerin sayısı artacak, bu da sonuçta aşırı sıcakların neden olduğu ölümlere yolaçacaktır.

1988'in sıcak yazında ABD'de 80'in üstünde kent ve kasaba tarihte ilk kez 38 °C'nin üzerinde sıcaklık yaşadılar. Sıcaklık dalgası sırasında basının açıkladığı ölüm olayları 175'e ulaştı. Basın, ayrıca İspanya, İtal-

ya ve Yunanistan gibi bazı Akdeniz ülkelerinde ağustos ayında 100 ölüm olayı görüldüğünü yayınladı. Üçüncü Dünya Ülkeleri'nde ise bu sayının daha da yüksek olabileceği sanılmakta. Ancak bu ülkelerde gerek iletişim araçlarının eksikliği, gerekse doğal ölüm ile sıcağa bağlı ölümler arasındaki ayırımın kolay yapılamaması, bu olayların kayda geçmesine engel oluşturmaktadır.

1980 Temmuzu'nun ikinci yarısında New York'ta yaşanan sıcaklık dalgası boyunca en sıcak günde kaydedilen ölüm oranındaki artış, olağan zamandakinden yüzde 50 fazlaydı (yaşlı insanlara en çok dokunan bu sıcak günlerdir). Araştırmalar, ölüm oranlarının sıcaklığın belirli bir derecenin üstüne çıkmasıyla arttığını gösteriyor (New York için bu değer 33 °C'dir). Bugün sıradan bir yaz döneminde bu sınırın üstüne çıkan gün sayısı, tüm yaz günlerinin yüzde 5'ini oluşturmaktadır. Ancak, yeryüzünün 4 °C daha ısınmasıyla (gelecek yüzyılın sonu için kestirilen 5 °C'ye daha ulaşmadan), yaz günlerinin yüzde 33'ü bu eşik (sınır) değerini aşacaktır. Dünya için bu artış, yaz boyunca sıcağa bağımlı 680 ölüm olayının kaydedileceği demektir.

Fosil yakıtları kullanmayı sürdürmemize değecek bir sonuç mudur bu? Torunlarımıza böyle bir dünya bırakabilir miyiz?

*İleriyi Düşünmeliyiz* - Toplumumuzun en önemli sorunlarından biri, kısa dönemde düşünmemizdir. Liderlerimiz ve politikacılarımız yeniden seçilmek isterler; bunun için de seçilmiş oldukları birkaç yıllık dönem için bir şeyler planlayıp yaparlar. Haklı olarak da bizi sevindirecek şeyler yaptıklarında yeniden seçilebileceklerdir ve buna göre de sadece sera etkisi ve hava kirliliği ile ilgili planlamalar yaparlar. Oysa çok daha uzun dönem için, 20-yıllık, 50-yıllık dilimleri gözönüne alarak planlamalar yapma gereksinimimiz vardır.

Sera etkisine yenik düşmemeliyiz. Ancak, önlem

alınmadan geçen her yıl bizim aleyhimize çalışıyor ve yerküre az da olsa biraz daha ısınıyor. Ya bir süre sonra, bugünün çocukları iş yaşamına atıldığı zaman ne olacak? Bu konuyu önceden planlayabilecek dünyada kaç ülke var? Sera etkisiyle zamanında savaşmalıyız ve bugünkü yakıtlarımızın yerine geçecek düzeni yaşama sokmalıyız. Yoksa, durum giderek tehlikeli boyutlara ulaşacak.

Oysa çoğu kişi bu kısa dönemli düşünce tarzımızı bir yana bırakacak olursak, gelecekte seçeneksiz kalabileceğimiz savından yola çıkarak, demokrasi ilkelerinin yara alacağını ileri sürmekte. Yapılması gereken, kamu bilinci içinde, geleceği düşünmeden çevreye zarar verici kararlardan kaçınmak. Yoksa, yalnızca demokrasi değil, yaşam bile tehlikeye girer. Sera etkisinin yoğunluğu arttıkça, özgürlükten sözetmek komik olacaktır.

### V. Asit Yağmuru Saçmalığı

Bulutlardaki subuharı, yoğunlaşıp su damlacıkları ya da kar taneleri olarak hava içinde yolalırken kükürt-oksit, azot ve karbon gibi kirletici gazlarla birleşerek sülfürük asit, nitrik asit ve karbonik asit gibi sıvı asitler oluşturur. İlk ikisi çok güçlü, aşındırıcı asitlerdir ve asit yağmurlarının başlıca nedenleri olarak bilinirler. Ancak, üçüncüsü, karbonik asit her ikisinden de güçsüz olmasına karşın, daha büyük miktarlarda üretildiği için zararı da çoktur.

Bu asiti içeren yağmur, göllere, nehirlere, okyanuslara, ormanlara, tarlalara, çiftliklere, binalara, yapılara, her yere düşer. Yağmur suyunun değdiği her yer asitin aşındırıcı etkisiyle karşı karşıyadır. Bu asitlerin hem canlılara, hem de cansız maddelere zararı dokunur. Asit yoğunluğu arttıkça, yağmur suları da daha zarar verici olur. Fosil yakıt kullanımındaki artış, asit yoğunluğunu da arttırır.

***Sudaki Yaşama Etkiler*** - Asit yağmuru ile nehir, dere

ya da okyanusun su kimyası, toprak türleri arasında karmaşık bir ilişki ile asitlenmiş sudan etkilenirler. Asit yağmurları ve asit karları sonucu göller ve nehirler daha çok asitleştikçe, sudaki yaşam (flora ve fauna) da bundan etkilenir. Önce en duyarlı olan organizmalar, levrek, somon, alabalık ve midyeler etkilenir. Asite daha az duyarlı olan su böcekleri ve yabanî otlar bile sonunda yok olurlar.

Göllerde ya da nehir ağızlarında yaşayan bitki ve canlıların asitik ortamdan etkilenerek ölmeleri, onların ayrışma ve çürümelerine yolaçar. Çürüyen organik madde sudaki oksijenle birleşir, böylece sudaki oksijen düzeyi düşer. Bu da sonuçta gölü ya da dereyi diğer canlılar için yaşanmaz kılar. Organik maddeler ayrıca istenmeyen yosun yığınlarının oluşmasında etkin olur ve bunun sonucu oksijen ve güneş ışınlarının suya giriciliği düşer. Göl ve dere ağızları böylece yaşanamaz, yaşam için uygun olmayan durumlara gelirler.

Araştırmalar, asit yağmurlarının ABD'nin kuzeydoğusunda, Kanada, Norveç, İsveç ve İngiltere'de, göl, gölet, nehir ağızları gibi yerlerde suların ekolojik dengesinin bozulduğunu ortaya çıkarmıştır. Örnek olarak İsveç'te asit yağmuru almış 14 bin gölden 4 bininde balık türünden canlılara rastlanmadığı gösterilebilir. ABD'nin New York eyaletindeki Adirondacks yöresinin yüksek bölgelerinde yeralan 200 gölde de yaşam tümüyle yokolmuştur. Sulardaki bu ekolojik bozukluk açıkça ortadadır. Ancak bu durumun yarattığı ekonomik zararların hesabı o denli kolay değildir.

Örnek olarak Adirondacks bölgesi göllerindeki ekolojik bozukluğun yarattığı sarsıntının fiziksel etkileri, balık bulunan alanların miktarı ve avlanma oranı olarak hesaplanacak olursa, avlanılabilir alanlardaki yüzde 10'luk bir azalmanın bedeli olarak 13 milyon dolarlık bir zarar ortaya çıkar. Bu değeri, ABD'nin suları asitlenen diğer bölgelerine uygulayacak olursak, buralardaki balık avcılığındaki zarar yıllık bir milyar dolara ulaşır. Ancak, yukarıda verilen bu hesaplama-

lar bazı konuları içermemektedir. Bu bölgelerin turistik ve dinlenme amaçlı kullanımları da gözönüne alınacak olursa, turist gelirlerinin azalması bakımından zarar iki katına çıkabilir.

Göllerdeki zarar hesaplamada diğer bir yaklaşım da, asitin zararlı etkilerini azaltmada kullanılan yöntemlerin maliyet hesaplarıdır. Özel yöntemlerden biri, göl sularına kireç katmaktır. Kireç baz (alkali) olduğu için asitik ortamları nötürleştirir ve canlıların yeniden yaşamasına olanak verir. 1985 yılında İsveç'te yıllık kireçleme giderlerine 40 milyon dolar harcanmıştır. Şayet ABD'nin kuzeybatısındaki göller kireçlenecek olursa, öngörülen harcama yıllık 500 milyon dolar tutacaktır. Doğal olarak bu tür geçici çözümler ancak yeterli kireç bulunabildiği sürece uygulanabilir.

Asit yağmurları yalnızca göllere, göletlere ve nehir ağızlarına değil, nehirlere ve okyanuslara da düşer. Kanada ve İskandinavya'da pek çok nehirde artık somon balığı üretimi yapılamamaktadır. Okyanuslardaki asitlenme de artıyor. Gelecek yüzyılın ortalarına doğru okyanuslardaki asit oranının o denli artacağı varsayılmaktadır ki, altmış metre derinliğe kadar olan sularda hiçbir canlının barınamayacağı ileri sürülmektedir. Bu durumun yaratabileceği maddî zararlar ise henüz hesaplanmamıştır..

Ormanlara ve Çiftliklere Zararlar - Asit yağışları gezegenimizin yalnızca sularını etkilemekle kalmaz, aynı zamanda toprağı da etkiler. Asit yağmurlarının özellikle ormanlara büyük zararları dokunur. Asit yağışı toprağın içine geçtikçe, olağan durumda çözülmemiş olan mineral ve bileşikleri çözerek toprağın içinde bulunan organik besin dengesini bozar. Çözülen tuzlar, özellikle alüminyum, ağaçların genç köklerine zehir etkisindedir. Ayrıca, asit yağmurları ağaçların yeni çıkan yumuşak yapraklarını yakarak, onların hastalıklara direncini azaltır.

Dünya üzerindeki ormanların tümünde görülen giderek artan olumsuz etkiler, doğal olarak asit yağ-

murlarına yorulmaktadır. Son zamanlarda Avrupa'da görülen bu yıkımın geniş çaplı bir araştırma ve çözümlemesi yapıldı. Sonuçlar, yeni büyüyen tomrukların yüzde 15'inin ya kötü durumda ya da ölmüş olduğunu gösterdi. Bu oran, kereste için yıllık kesilen tüm tomruklardan 6 kat fazladır. Başka araştırmalar, Almanya'da Kara ormanların yüzde 50'sinin asit yağmurlarından zarar gördüğünü ortaya çıkarmıştır. Hava ve toprağın giderek bozulması, ağaçların hastalanıp ölmelerine neden olmakta... Polonya, Çekeslovakya ve diğer Orta Avrupa ülkelerinden gelen bilgiler ise, oralarda daha büyük hasarlar öne sürmektedir. Çünkü bu bölgelerin yakıt gereksinimleri daha çok kömüre dayalıdır.

1978 yılında ABD'deki ormanların yüzde 5'inin asit yağmurlarından zarar gördüğü saptandı. Bu ise, yalnızca o yıl için 600 milyon dolarlık bir gelir kaybı demektir. Buna dinlence ya da turist gelirlerindeki kayıplar da eklenirse (ki bu yıllık olarak bir milyar dolardır), sözkonusu zarar yıllık 1.6 milyar dolara çıkar. Ancak, 1978 yılından sonraki yıllarda kömür ve petrol tüketimindeki artışın, asit yağmurlarını da arttırmış olduğu ve öngörülen zararların 1990'da 5 milyara ulaşmış olacağı varsayılmaktadır.

Asit yağmurları yalnızca ormanlardaki bitkileri öldürmekle kalmaz, aynı zamanda çiftlik ürünlerini de hem nicelik hem de nitelik açısından etkiler. Sebze ve meyveler daha küçük, çoğu zaman şekilsiz ve daha az besleyici olurlar. Asit, bitkilerin hastalıklara karşı da direncini azaltır ve bunun sonucu üretim azlığı ve daha kötü ürüne daha çok para ödenmesi durumu ortaya çıkar. Yapılan hesaplara göre 1984 yılında asit yağmurlarına bağlı olarak ABD'deki çiftlik ürünlerinde görülen zarar 8.2 milyar ABD dolarıdır. Giderek artan istek ve enflasyon gözönüne alınacak olursa, aynı zarar 1990 yılı için 12 milyar dolar olarak düşünülebilir.

Bina ve Yapılar Üzerindeki Etkiler - Asit yağışları-

nın kentlerimiz üzerine düşmesi doğal olarak yapılarımızı da kötü yönde etkiler. Taş binalar ve özellikle de tarihsel yapılar asit yağmurlarından çok zarar görürler. Yunanistan'daki Parthenon, Roma'daki Coliseum ve Paris'teki Notre Dame katedrallerinde bu etkiler en belirgin biçimde görünmektedir. Almanya, tarihsel Köln Katedrali'nin taşduvarlarının aşınanlarını değiştirmek için yılda 4 milyon ABD doları harcıyor. Bu iş için özel taş ve usta taşçılar gerekmekte... Ayrıca uzun süre isteyen bir iş. Ekip, binanın bir cephesindeki işini birkaç yılda bitiriyor. Binanın dört cephesinin bitirilmesi için harcanan zaman sonunda, ilk cephedeki taşlar aşınmaya başlıyor. Böylece yeniden başlangıç noktasına dönülüyor. Ancak, pek çok tarihsel yapı asit yağmurları sonucu restore edilemeyecek şekilde yokolmuş durumda.

Köprüler, demiryolları ve kablolar gibi metal yapılar da asit yağmurlarının etkisinden paylarına düşeni alırlar. Bu nedenle, onların aşınmaya karşı korunmaları gerekir. Aynı durum, diğer yapılar için de sözkonusudur. Sık temizleme, plastik, kimyasal maddeler ya da boya gibi koruyucu maddelerle korunabilirler. Asit yağmurları, boyanın koruyucu tabakasını ve otomobil, otobüs ve diğer araçların dışındaki metal çubukları bile etkiler. İyi durumda kalmaları için, daha sık temizlenip boyanmaları gerekir. Asit yağmurlarının yapılar üzerindeki zararlarını kapsayan çeşitli hesaplamalar yapılmıştır. 1984'te yapılan bir araştırmaya göre, tarihsel binalardaki zararın giderilmesi için harcanan miktar 20 milyar ABD dolarıdır. Bu miktar, resmî binalar için 80 milyar doları, evler için ise 40 milyar doları bulmaktadır. Toplam yıllık 140 milyarlık bir zarar. Bu zararın, fosil yakıt tüketimindeki artış ve özel ve resmî bina sayısındaki çoğalma nedeniyle 1990 yılında yıllık 200 milyara ulaştığı söylenebilir.

İnsanlar ve Hayvanlar Üzerinde Etkiler - Asit yağmuru, içtiğimiz suyun da asitliliğini arttırır. Bu su metal borulardan geçerken kurşun, bakır ve alüminyum

gibi metallerin özünü alır. Biz de böylece asitleri, zehirli metalleri ve kimyasal maddeleri içeren suları içip kullanırız. Sözgelimi, İsveç'te bu asitli suların bebekleri hasta ettiği görülmüştür.

Asitli sular, çocukları olduğu kadar büyükleri de etkilemektedir. Zehirli maddeler içeren bu tür sular, özellikle böbreklerde ve idrar yollarında çeşitli hastalıklara yolaçar. Asitlenmiş sularda kalsiyum oranı da düşer (Biz kalsiyumu genellikle içme sularından elde ederiz). Azalan kalsiyum damar hastalıklarına neden olur. Asit yağmurlarının insan sağlığı üzerindeki zararlı etkileri parasal ölçümlerle ABD'de 1985'te 180 milyon dolar olarak saptanmıştır. Bu veriler işin yalnızca parasal yönüdür; çekilen sıkıntı ve acılar da işin cabası.

Asit yağışlarının üzerimizdeki zehirli etkilerini ölçebilir ve kullandığımız suları belli bedeller ödeyerek temizlemeye çalışabiliriz. Ancak yaban hayvanları ve bitkiler için durum farklıdır. Onların bu durumu önleyici hiçbir çözümleri yoktur. Başvurabilecekleri tek çözüm, doğal yaşama bölgelerini değiştirmektir. Ancak insan nüfusu arttıkça ve fosil yakıtları kullanarak çevreyi kirlettikçe, oturdukları yerlerin sınırları giderek daralmakta ve böylece daha çok yer değiştirme zorunda kalmaktadırlar.

Fosil yakıt kullanımı sonucu ortaya çıkan kirleticiler ve asit yağmurları her yıl yüzlerce bitki ve hayvanın yok olmasına neden oluyor. Ancak bu kayıpların bize neye mal olduğunu gösterecek maddî veriler bulunmuyor. Fakat çevremizdeki tüm asit yağışının ya da hayvan ve bitki türlerinin yokoluşunun doğanın dengesini nasıl bozabileceğini anlamış bulunuyoruz.

Ne Yapmalı - Uzmanlar, yıllardır havaküremizin, fosil yakıt yakmanın sonucu ortaya çıkan yan ürünler, yani kirletici gazlar ve asit yağmurlarının etkisinde kalacağını söylediler. Fakat insan nüfusunun büyük çoğunluğu yaşam felsefesi olarak o denli kısa dönemli düşünmeyi benimsemiş durumdadırlar ki, 20-30 yıl

sonrasını düşünmek bile onlar için bir düş. Onların hep ivedi çözümler bekleyen ivedi sorunları var.

Oysa 10-20, hattâ 30 yıl önce ileri sürülen savlar, bugün gerçekleşmeye başladı bile. Asit yağmurları bugün ivedi bir sorun ve durum her geçen gün kötüye gidebilir. Torunlarımızın torunlarının belki de hiçbir zaman yabanî bir geyiğin ya da ormanın nasıl olduğunu, resimler dışında bilme şansı kalmayacak.

Pek çok kuşaktan insan da Roma'daki Coliseum'u göremeyecek. Bu durumu ancak, kısa dönemde düşünme felsefemizden vazgeçerek tersine çevirebiliriz. Çocuklarımıza ve torunlarımıza daha temiz ve sağlıklı bir dünya bırakabilmek istiyorsak, şimdiden gelecek için plan yapmalıyız.

## VI. Ozon Tabakasındaki Delik

*Cilt Kanseri Gerçekte Nedir?* - Herkes 'ben'in ve 'çil'-in ne olduğunu bilir. Benler bazen kalıtsaldır (Belli yerlerde bulunur). Bazen de güneş altında durmaktan çıkar. Çiller, gençlikte en çok güneş alan bölgelerde ortaya çıkar. Örneğin, burun kemerinin üzerinde ya da omuzlarda. Bu türden çiller zararsızdır. Ancak bazen normal gibi görünen bir ben, bir tür deri kanseridir. Bazı kanserler kırmızı, bir deri beneği gibi, bazıları ise ten renginde oluşur ve daha sonra kanayarak kabuksu bir görüntü alır. Bazıları ise, ki bunlar en tehlikeli olan türdür, açıklı koyulu renkte, kenarları belirgin olmayan benlerdir. Normal benlerden farklı bir görüntü verirler.

Normal görüntüde olan beni kansere çeviren etkenler nedir? Deri hücresinin DNA (deoxyribonucleic asit) oluşumu, yani hücrenin ve başka hücrelerin özelliklerini ve işlevlerini belirleyen genetik oluşum bu işte yarıyarıya etkendir. Varsayalım ki cildiniz güneşten yüksek dozda morötesi ışınları aldı (zararlı ışınlar). Bu durum bazı deri hücrelerinde DNA dengesini bozabilir ve genetik oluşumlarını değiştirir. Bu olay on-

ların normal hücreler üretmesini engeller ve onun yerine canavar hücreler, kanser hücreleri üretmeye başlarlar. İşte o zaman tümörler ve lekeler başlar. Çok güneş zararlıdır; bu yüzden güneşe dikkatli çıkılmalıdır. Sağlıklı korunma yöntemleri konusunda doktorlara danışılabilir.

***Ozon Tabakası Neden Önemli?*** - Ozon, üç oksijen atomunun birleşmesinden oluşan bir moleküldür; bu nedenle kimyasal simgesi 03'tür. (Soluduğumuz oksijen ise iki oksijen atomundan oluşan moleküllerdir ve simgesel olarak 02 olarak gösterilir).

Ozon, yeryüzünden 40 kilometreye değin yüksekliklerde havakürede her yerde bulunur. Yeryüzü düzeyinde kirli sisin bir ögesidir; onun için iyi bir şey değildir. Oysa, stratosfer diye bilinen yukarı katmanlarda güneşin zararlı ışınlarını soğurarak deri kanseri yapıcı morötesi ışınlarını perdeler ve böylece bunların yeryüzüne ulaşmasına engel olur.

Stratosferden geçen güneş ışınları, bu kez de oksijen, azot, karbondioksit, havakürenin alt katmanındaki ozon ve su buharı ile karşılaşır ve bize ulaşmadan onların süzgecinden geçer. Tüm bunlardan sonra yeryüzüne hiç güneş ışığının ulaşamayacağını sanırsınız. Fakat güneş enerjisi çok güçlüdür. Gerçekten de güneşten çıkan enerjinin büyük miktarı bize ulaşmaz. Güneş o denli büyüktür ki, (çapı 1.200.000 km) güneşten yayılan enerjinin on milyonda biri, dünya üzerindeki yaşamı sağlamaktadır. On milyonda bir güneş enerjisi bile, eğer havakürenin süzme etkisi ya da özellikle stratosfer'deki ozon tabakası olmasa bizim için çok fazla olurdu.

***Bir Delik Bulundu*** - 1985'te NASA'nın bir uydusundan alınan veriler, Antartika üzerinde koruyucu ozon tabakasında, bazı bilim adamlarının deyişi ile bir "deliğin" varlığını ortaya çıkardı. Pek çok ülkeden bilimsel ekipler bölgeye yollanarak, güneşin zararlı morötesi ışınları üzerinde ölçümler yaptılar. Araştırma ekiplerinin bulguları da ozon tabakasında bir delik ol-

duğunu doğrular yöndeydi.

Bu durum pek iyiye işaret değildi. Antartika'da çok az kişinin yaşaması, henüz olayın dünya çapında bir facia olarak nitelenmesini engelliyordu. Ancak, ya delik büyüyecek olursa? Bu sorunun yanıtını pek çok bilimadamı ve doktor araştırdı. Hepsinin ortak kanısı, ozon deliğindeki yayılmanın, cilt kanserlerinde de artmaya yolaçacağı idi.

Bilimadamları ve doktorlar o günden beri ozon deliğini yakından izlemektedirler. Bu konudaki en tatsız haber, deliğin çapının mevsimlere göre değişiklik göstermesine karşın, yavaş da olsa bir genişleme eğiliminde olmasıdır. Ve aynı şekilde cilt kanserlerinde de artış görülmektedir. 1980'lerin son beş yılında, daha önceki yıllara oranla çok daha fazla deri kanseri olayına rastlanmıştır. Bunlardan bazıları gerekli tedavi uygulanmazsa öldürücü olabilir.

***Delik Nasıl Oluştu?*** - Delik, kesinlikle insanların etkisiyle oluşmuştur. Ozon tabakası milyarlarca yıldır varolagelmiştir; yoksa yeşil bitkiler gelişemezdi. Deliğin, ileri sürüldüğü gibi son yılların ürünü olması ise, aklımıza sorunun kaynağının yüksek teknoloji toplumları olduğunu getirir.

Kimyacılar, hangi maddelerin nelerle tepkimeye girdiğini çok iyi bilirler. Ozon ile kuvvetli tepkimeye girip onu "yiyen" belli maddeler vardır. Kısa sürede, insan eliyle yapılan Freonlar adında bir öbek madde tüm kuşkuları üzerine çekti. Freonların diğer bir adı da kloroflorokarbonlar (KFK) idi ve klor, flor ve karbon atomlarının birleşiminden oluşmuştu. KFK'lar yaygın biçimde polystren (beyaz köpük) ve köpük kauçuk üretiminde kullanılır (günde kaç kez bu malzemelerle karşılaştığınızı düşünün). Ancak çoğu kişi bu malzemeyi buzdolaplarında ve iklimlendirme aygıtlarında havayı soğuk tutan malzeme olarak bilir. Bunlar ayrıca, saç spreyleri ya da hava temizleyicileri gibi basınçlı teneke kutularda püskürtücü olarak kullanılmaktaydı. Fakat her geçen gün daha çok ülke bu tür-

den kullanımları yasaklamaktadır.

Buzdolapları ve iklimlendirme aygıtlarından kaçan ya da hurdaya atılan bu genleşmiş beyaz köpüklerden (polystren, styrofoam) havaya karışan bu madde ozon tabakasının bulunduğu dış havaküreye değin yolculuğunu sürdürür. Oraya vardıklarında ise, ozon moleküllerini "yemeye" başlarlar. Bir KFK molekülü 150 yıllık yaşam süresinde 100.000 ozon molekülünü yokeder; bir fincan genleşmiş beyaz köpükte milyarlarca KFK molekülü bulunur.

Ozon deliğinin neden ilk kez Antartika üzerinde oluştuğu henüz açıklanabilmiş değildir. Bazıları havaküredeki hava akımlarının ve dünyanın ekseni çevresinde dönmesini KFK'un orada yoğunlaşmasına neden olduğuna inanmaktadır. Başkalarına göre ise güney kutbundaki sıcaklık ile ilgilidir bu olay. Belki her iki görüş de doğrudur. Çünkü kuzey kutbundaki ozon tabakasında da incelme başladığı saptanmıştır.

Önceleri bilimadamları ozon tabakasında, bölgesel değil, havakürenin tümünde yüzde 2'lik bir incelme olacağını ve bunun tehlikeli olmayacağını savunuyorlardı. Ancak bugün alarm zilleri çalmaya başladı. Bilimadamlarını endişelendiren nokta ise, ozon deliğinin boyutları kadar, neden ve nerede oluştuğuna bir yanıt bulunamaması.

***Bu Durumu Durduracak Bir Şey Yapılıyor mu?*** - Yanıt, evettir. Ancak, yeterli mi sorusunun yanıtı büyük olasılıkla, hayırdır.

İlk önemli adım Kanada'da yapılan uluslararası bir toplantıda atıldı. Montreal Protokolü'ne imza koyan pek çok ülke 2000 yılına değin KFK üretimini yüzde 50 oranında azaltmaya karar verdiler. Ancak çevreciler, çevreye gerçek bir yarar sağlanabilmesi için bu oranın yüzde 75-85 arasında olması gerektiğini söylüyorlar.

Ozon tabakasına yardım konusunda ilk öneri, Freonların bulucusu dev Amerikan şirketi Dupont'tan geldi. Dupont, KFK yerine geçecek ve ozon tabakası-

na zarar vermeyecek yeni bir ürün geliştirmekte olduğunu, ancak bütün testler ve çözümlemeler yapılmadan bunun yapımına geçmeyeceklerini açıkladı. Bu arada kimyasal madde üreten başka şirketler de, bu konuda yeni bir buluş ortaya atabilmek için yarış halindeler.

Oysa, kimyasal maddelerden başka çözümler bulunabilir. Buzdolaplarını ve iklimlendirme aygıtlarını soğutabilmek için KFK yerine "ısıl-çift (thermo-couple)" soğutma denen bir teknoloji uzun zamandır bilinmekte. Bu yöntemde, özel olarak tasarımlanmış tellerden elektrik akımı geçirildiğinde telin bir ucu ısınırken diğer ucu da soğumaktadır. Buzdolapları ve iklimlendirme aygıtlarında soğuk uç, havanın soğutulacağı iç kısma, sıcak uç da dış kısma yerleştirilerek sonuç elde edilebilir. Bu yöntemle soğutucular daha sessiz çalışırlar, çünkü sıkıştırıcıya (kompresör) gerek yoktur; ayrıca KFK'ların havaya karışarak ozon tabakasındaki deliğin büyümesi engellenmiş olur.

Ancak, bu konuda alınacak belki de en büyük önlem, çevremizdeki insanları eğitmek ve konunun ciddiyetini onlara anlatabilmek olacaktır. Çevremizin giderek bozulmasını istemiyorsanız, bir grup oluşturup sesinizin daha etkili çıkmasını sağlayınız. Yürürlükte olan yönetmeliklerin değişmesi konusunda fikirler üretin. Ne kadar çok insanın ilgisini bu konuya çekerseniz, çözümlerin de bulunması o kadar kolay olacaktır.

Unutmayın ki, zaman bu konuda çok önemli bir etkendir. KFK'ların yerini alacak ürünün geliştirilmesi yıllar alabilir. Bu arada KFK içeren tüm maddelerin kullanımını durdurmalıyız. Bu konuda yönetimdekilerin de bizlerin temsilcileri olduğunu düşünerek, yönlendirmeye çalışmalıyız.

### *VII. Kirli Sis, Pislik ve Kanser*

Kentlerden kırsal alanlara doğru açıldığımızda, çev-

renin ne denli temiz olduğunu gözleriz. Oysa kentte yaşarken bu temizlik o denli dikkatimizi çekmemiştir. Aynı şekilde, kırsal kesimden motorlu araçların çok olduğu kentlere dönüşte her şeyin daha pis, havanın ise is koktuğunu fark ederiz. Tabiî ki motorlu taşıtlar kentlerin tek kirleticileri değillerdir. Bazı kentlerde bacalardan çıkan kül ve pislikler havaya karışarak, sisi oluştururlar.

Örneğin kırsal alanda tırnaklarınızın nasıl temiz kaldığını hiç fark etmediniz mi? Oysa, kent yaşamında onları sık sık temizlemeniz gerekir. Bu fazladan kent kirliliği nereden geliyor?

***Kirli Sis (Smog) Nedir?*** - Herkes sisin ne olduğunu bilir. Sis aslında havada asılı küçük su parçacıklarıdır; beyaz bulutların seyreltik durumudur ve temizdir. Sisin içinde yürürken kendimizi biraz ıslak ve yapışkan hissederiz ama, gözlerimiz yanmaz, öksürmeyiz ve kirlilik duygusu duymayız.

Sisin daha kalınlaştığı ortamlarda görüş azalır, ama sonuç gene de su buharıdır. Sisin kalınlaşmasının nedeni, içindeki su buharının yoğunlaşarak su zerreciklerinin oluşmasıdır.

Oysa kirli sis tümüyle farklıdır. Kirli sis modern bir olgudur. Bu sisin görünüşü bile ürkütücüdür. Bu türden oldukça hafif, görüş uzaklığı birkaç kilometre olan bir siste bile gözlerde ve boğazda tatsız bir yanma duygusu hissedilir. Kirli sis kalınlaştıkça etkileri de artar ve bronşlar tahriş olur, öksürük başlar. Kirli sisin varabileceği son aşama görüşün azalmasıdır. Bu durumda araba kullanmak bile olanaksız duruma gelebilir. Ancak, bu durumlarla henüz çok ender olarak karşılaşılmaktadır.

Sis ile kirli sisin arasındaki en büyük ayırım, yeni bir bileşenin, çoğunlukla havadaki uçuşan kül ya da bir bacadan buharlaşan parçacıklar üzerinde yoğunlaşmış karmaşık bir organik bileşiktir. Büyük sorun yaratan bu organik bileşime Peroxyacyl nitrat (PAN) adı verilir. Gözleri ve boğazı etkileyen bu bileşim çok soluna-

cak olursa, yanma ve rahatsızlık duygusu yaratır.

***Kirli Sisi Ne Oluşturur?*** - Kirli sisin oluşması oldukça karmaşık bir süreçtir. Burada bunun çok ayrıntısına girmeden oluş nedenleri ve etkileri üzerinde duracağız. Kirli sisin öyküsü otomobille ve onun ekzoz borusundan çıkan maddelerle başlar. Özellikle iki kimyasal madde bu olayda etkendir.

Birincisi basit bir bileşik olan azot-oksittir (ya da azotsu oksit). Ekzozdan çıkan bu madde, kuvvetli güneş ışığı etkisiyle ayrışır ve azot-monoksit (ya da nitrik oksit) ve diğer bir bileşik olan "etkin oksijen"i oluşturur. Etkin oksijen atomları kolayca havada bulunan normal oksijen atomları (soluduğumuz tür) ile birleşir ve ozon adı verilen yeni bir bileşik oluştururlar. Bu ozon, Bölüm 6'da okuduğunuz stratosferdeki koruyucu bir tabaka değildir; çünkü yeryüzü düzeyindedir.

Ozonu şimdilik bir yana bırakıp, otomobil ekzozundan çıkan diğer maddelere bir gözatalım. İçten yanmalı motorda benzin yandığında, bazı karbon içeren bileşikler oluşur. Oluşan bu moleküller uzun ve yılansı bir biçimdedir, ancak çıplak gözle görülemeyecek denli küçüktürler. Daha da önemlisi, bu moleküller kimyasal olarak son derece etkindirler ve havada yüzerek daha önce oluşumunu anlattığımız ozon ile birleşip, önceden sözünü ettiğimiz PAN'ı üretirler.

Bu oluşan PAN molekülü hayli ürkütücü bir bileşiktir; etkin oksijen ve azot oksitleri içerir. İşte bu bileşik, havada bulunan küçük katı parçacıklarca soğutularak hava içinde yüzmeye başlar. Kirli sisin temel kaynağı budur.

***Kirli Sisin Üzerimizdeki Etkisi*** - Yoğun kirli sisin semptomlarından (göz yanmaları ve bronşlarda rahatsızlık) daha önce sözetmiştik. Solunum yolları hastaları çok yoğun kirli siste yaşamlarını yitirebilirler. Kirli sisle çok karşılaşan kimselerde de çeşitli hastalıklar başgösterir.

Ancak, durum bazen bu anlattıklarımızdan da daha

korkunç bir hal almaktadır. Zaman zaman öldürücü sis felâketleriyle karşılaşabiliriz. Bunlardan en korkuncu, 1952'de Londra'da yaşandı. Dört gün süren bu koyu kirli siste sokağa çıkmak olanaksızlaşmıştı. Evlerin içine kadar dolan bu kirli hava sonucu 4.000 kişi sise bağlı solunum hastalıklarından yaşamlarını yitirdiler.

Kirli Sis ve Otomobil - Buraya dek, kirli sisin bugünkü şekliyle motorlu taşıtlarımızda kullandığımız (benzin ve mazot) yakıtlarla ilişkisini gördük. Gerçekten de 20. yüzyılın sonlarında motorlu taşımacılık kalkınmış toplumlarda büyük önem taşımaktadır. Ancak, bu araçları benzin ya da mazottan başka yöntemlerle de çalıştırabiliriz. Daha temiz olan bu yöntemlerden ileriki bölümlerde sözedeceğiz.

***Benzin ve Mazota Bağlı Kanser*** - Gördüğümüz gibi, arabalarımızı çalıştırmak için kullandığımız benzin ve mazot, ya da fabrikalarımızı çalıştıran yakıtlar bize pek çok sorun yüklemekte. Sera etkisi ve gezegenimizin ısınması, genel olarak sağlığımızı etkilemekte ve özellikle de amfizem gibi solunum yolları rahatsızlıklarına yolaçmakta. Diğer yandan asit yağmurları da ormanlarımızı ve göllerimizi öldürmekte. Ancak biz, en korkulan hastalık olarak kanser tümörüyle petrolün etkisini genelde pek bağdaştıramayız. Son araştırmalar, mazot yakan otomobillerin ekzoz dumanlarında bulunan bileşikler ile, bazı tür kanserler arasında bir ilişki olduğunu saptamıştır. Örneğin, Amerikan Kanser Derneği'nce yürütülen bir çalışmada, sigara kullanmayan kanser vakaları ile, o kişilerin yaptıkları araba yolculukları arasında bir ilişki ortaya çıkmıştı. Diesel motor ekzozu, sigara içen kişilerde ciğer kanseri oluşturan benzopyrene adında bir bileşik içerdiği için, özellikle tehlikelidir.

Ayrıca, petrol çıkarılan ve arıtım tesisleri bulunan bölgelerde, diğer bölgelere oranla kanser vakalarında artış saptanmıştır.

Ne yazık ki, otomobil tüm yararlarına karşın, çevre-

sel boyutlar dışında, insan sağlığı üzerinde de büyük tehlike oluşturmakta.

***Otomobilden Vaz Geçebilir miyiz?*** - Yaşantımızın bir parçası olan otomobilden vazgeçmemiz sözkonusu değildir.

Bazıları benzin ve mazot yerine metanol'ün kullanılmasını önerdiler ve onun petrol kadar havayı kirletmediğini ileri sürdüler (örneğin kirli sis oluşturmaz). Ancak unuttukları bir nokta, onun da petrol kadar çıkardığı karbondioksite ek olarak, kanserojen kimyasal madde "formaldehit" üretmesidir. Dolayısıyla metanolü petrolün yerine koymak pek akıllıca olmaz. Bize gerekli olan, temiz, verimli, sis ya da kanser yapmayan bir yakıttır. İşte hidrojen böyle bir yakıttır. Nedenini ileriki bölümlerde açıklayacağız.

Kimseden mantıksız özveri istemiyoruz. Tek istediğimiz, onların adına alınan ve alınmakta olan kararların ne olduğunun anlaşılması. Hepimizdeki bencilce tutku ve her ne pahasına olursa olsun gelişmeden yana olmamızdaki pahanın sağlığımız ve çevremiz olduğunun anlaşılması.

Pislik - Şimdi size biraz da pislikten sözetmek istiyoruz. Yalnızca evlerimizdeki pislik değil, çevremizi saran pislikten. Açık havada temizlenen yerlerin kısa sürede kirli görünümlerine dönmesinden, ya da beyaz boyalı rafların üzerini kaplayan yağlı kara... Tüm bu kirlilik nereden geliyor?

Havadaki elektrikçe yüklenmiş kirler bunun nedeni. Havanın içinde belli bir süre kalan tüm parçacıklar elektriksel olarak yüklenirler. Bu elektriksel yüklenme sayesinde birbirlerine yapışmadan, ayrı dururlar ve ağırlaşarak yere çökmezler. Fakat, sonunda giderek yükleri azalır ve birbirlerine yapışıp daha ağır parçacıklar oluşturarak yere düşerler.

Bu parçacıkların bir kısmı doğal kaynaklardan oluşur ve otomobilden önce de varolmuştur. Orman yangınlarında, ya da belirli dönemlerdeki yanardağ patlamalarında havaya karışan büyük miktarda kül, bu

parçacıkların oluşmasına yolaçar.

Ancak, yüzyılımızda fosil yakıtlar yakarak havaya bu tür parçacıklardan çok fazla miktarlarda karıştırmış bulunuyoruz. Elektrik elde etmek, ısınmak, yemek pişirmek ya da arabalarımızı çalıştırmak için, petrol, kömür ve odun kullanırız. Özellikle diesel motorların ekzozu siyah parçacıklar bakımından oldukça zengindir. Görüldüğü gibi günümüzde kullanılan yakıtlar yalnızca kirli sis değil, aynı zamanda bize fazladan mesaî çıkaran pislik ve yağlı karayı üretmekte...

### *VIII. Çekirdek Enerjisi Dersleri*

Çekirdek enerjisinin doğuşu, 1942'de New Mexico'daki Alamagordo'da bir atom bombasının patlatılmasıdır. Daha sonraları Hiroşima ve Nagazaki'ye atılan atom bombalarıyla II. Dünya Savaşı sona erdi. Bu yıkıcı silahla tanışan Japonlar teslim oldular. Kısa süre sonra "barış için atom" adı altında bir programın uygulanacağı açıklandı ve hükümetler çekirdek gücünün araştırılması ve denetimi üzerinde çalışmalar başlattılar. Umutları 50 yıl içinde çekirdeksel güçten ucuza elektrik üreterek ulusal ekonomilerini ferahlatmaktı.

***Çekirdeksel yakıtlar ve kimyasal yakıtlar*** -sözgelimi petrol, jet yakıtı ve doğalgaz-, onlardan elde edebileceğimiz enerji miktarı açısından birbirlerinden çok farklıdırlar. Dahası, çekirdeksel yakıtlar, kimyasal yakıtlarda yanma için oksijene duyulan gereksinim gibi, tepkimeye girmek için başka bir madde aramazlar; çekirdeksel yakıtlar kendiliğinden parçalanırlar ve eğer bu, uygun bir hızda sürerse, sürekli bir ısı üretimi sağlanır ki, bu ısı da buhar üretir, buhar türbinleri döndürür, elektrik böylece elde edilmiş olur.

***Umutlar ve Korkular*** - Başlangıçta çekirdeksel yakıtın, kimyasal yakıtlar karşısında büyük avantajlara sahip olduğu sanıldı. 1940'ların sonunda ve 1950'lerin başında hemen çekirdeksel yakıtlara geçilmesi konusunda en ufak bir kuşku yoktu. Pek çok kişi cennet

bahçelerinin yeryüzüne indiği görüşündeydi. Ne kadar az bir çekirdek yakıtla bir kentin haftalarca yakıt gereksinimini karşılayacağını görüntüleyen afişler görülmekteydi. Tabiî çekirdeksel yakıtın maliyeti de çok düşük olacaktı. İnsanlar artık böylece hiç elektriklerini kapatmak zorunda kalmayacaklardı.

Karbon içeren yakıtların tüm etkinliklerini öğrendikten sonra, karbondioksit üretmeyen çekirdek gücün tüm çevresel sorunlarımıza çözüm olacağını rahatlıkla düşünebiliriz. Ancak çekirdeksel güç konusunda bazı önemli çekinceler var. İlk olarak çekirdek enerji her zaman tahrip gücü yüksek yıkıcı bir savaş makinesi olarak akla gelir ve bu nedenle çekinilir. Korkumuz, ne kadar barışçı yaklaşımda olursak olalım, çekirdeksel tepkime sırasında işin kontrolden çıkıp, beklenmeyen bir patlamaya dönüşmesidir. Oysa böyle bir olasılık çok enderdir. 1988'deki Çernobil Kazası sırasında bile yangın günlerce sürdüğü halde atom patlaması olmamıştır. Ancak çekirdek reaktörlerinin de belli tehlikeleri vardır.

***Işınım (Radyasyon)*** - Günümüzde hepimiz küçük bir miktar ışınım alarak yaşıyoruz. Bu, yerkabuğundan gelir ve yeraltı ışınımı adını alır. Doğal olarak oluşan düşük yoğunluktaki ışınımın zararsız olduğu varsayılır, çünkü milyonlarca yıldır tüm gelişim ve evrimimizi bu doğal ışınımın etkisi altında gerçekleştirdik.

Oysa insan vücudu, çekirdek reaktör yakıtının içerdiği parçacıklar türünde ışınsaçar (radyoaktif) parçacıklardan çıkan yüksek düzeyde ışınımla karşılaşırsa iki türden yara alır.

- Birinci tür kurşun yarası gibidir. Parçacıklar hücrelere çarpar ve onları tahrip eder. Sonuç, çoğu zaman tümörlerdir.
- İkinci tür zarar, dolaylı yoldandır. Parçacık, hücrelerimizi saran su görünümündeki sıvının içine girer. Bu durumda normalde hücrelerin içinde bulunmayan özel bir tip zararlı oksijen (ionlanmış oksijen) üretilir. Hücreler ise bu zehirli sıvıyı emerek, kendi büyüme

düzenlerini çarpıtırlar. Doğal olarak bu da sonuçta kansere yolaçar.

Bu konuda herkesin birleştiği tek nokta, çok miktarda çekirdeksel ışınımın kanser yaptığıdır. Ancak ne kadar ışınım çok sayılır ve çekirdek santrallerden gerçekten ne ölçüde sızıntı vardır. Böyle bir santralin yakınında olmak insanları ne ölçüde etkiler, ya da depolanmış yiyecek maddeleriyle zararlı bir tepkimeye girebilir mi? Işınım alımından ne kadar zaman sonra kanser görülür. Tüm bu sorulara, sorduğunuz kişilere bağlı olarak farklı yanıtlar alabilirsiniz.

Kuşkusuz iyi inşâ edilmiş ve bakımı iyi yapılmakta olan santraller, önemsenecek oranda yüksek enerjili ışınım sızdırmazlar. Bu tür santralleri inşâ edenlerin ileri sürdüğü gibi, zararsızdırlar. Ancak biz deneyimlerimizle biliyoruz ki, santraller her zaman iyi yönetilmemektedir. İnsanların hatalarına bağımlı olarak onların da bazı eksiklikleri olabilir. İşte sorun da zaten burada başlıyor. Kazalar her zaman olabilir ve eğer Çernobil'de olduğu gibi yangın başlarsa, çekirdeksel parçacıkları içeren duman oldukça uzun bir yol kat edebilir. İşte bu duman, karşısına çıkan herkese büyük zarar verir.

Çekirdeksel ışınımın yolaçtığı sağlık sorunlarında, ışınım dozu büyük önem taşır. Bu, belli bir zaman diliminde kişinin aldığı ışınım miktarıdır. Düşük yoğunlukta ışınım alımında ise durum farklıdır. Kanadalı fizikçi Petkau sayesinde, ışınım zerreciklerinin yavaş alınımının, insan vücuduna hızlı alınımından daha çok zarar verdiği anlaşılmıştır.

Bunun neden böyle olduğunu anlamak kolaydır. Yüksek yoğunlukta ışınım zerreciklerinin nasıl hücrenin çevresini saran sıvıda zararlı ionlanmış oksijen ürettikleri anımsanacak olursa, aynı şey düşük yoğunluktaki ışınımda da olur. Hücrenin çevresindeki sıvıda bulunan ionlanmış oksijen, hücrenin yüzeyi ve DNA'sını etkiler. DNA her hücrenin genetik özelliklerini, yapısını ve işlevlerini belirleyen modeldir. DNA'nın

zarar görmesi hücrenin işlevlerini bozar. Şayet üreme organlarındaki hücreler etkilenecek olursa, sakat doğumlara bile yolaçabilir. Yüksek yoğunlukta ışınımda olduğu gibi, ışınım vücudumuza hızlı girerse pek çok ionlanmış oksijen zerreciği aynı anda üretilir ve tümü birden hücre tarafından soğutulamaz. Böylece pek çoğu ziyan olur ve zarar veremez. Oysa biz aynı dozda ışınımı daha uzun bir sürede alacak olursak, her ionlanmış oksijen molekülü hücrenin yüzeyine erişme ve DNA'yı etkileme şansına sahiptir.

Çekirdeksel Felâketler - İnsanları, düşük ya da yüksek yoğunluktaki ışınımdan çok ilgilendiren konu, tüm santralin patlaması olayıdır; yerleşim yerine yakın bir atom bombası. Oysa böyle bir olayın olması çok az bir olasılık. 'Erime' olgusunun olabilirliği patlamadan daha yüksektir.

Erime olayında, santraldeki reaktörü çalıştıran soğutma suyu herhangi bir nedenle kesilirse, reaktör çok fazla ısınarak, çekirdeğin katı kısmını eritir. Bu durum suyun reaktör üzerine sızmasına ve çok yüksek basınçlı su buharının oluşmasına yolaçar. Basınçlı buhar, büyük olasılıkla reaktörün tepesini delip dışarı fışkırır. Bu arada reaktörün içindeki içeriklerden bazıları, çekirdeksel yakıt da bunun içinde olmak üzere çevreye yayılır ve havaküre içinde uzaklara kadar taşınır. Ayrıca, çok sıcak ışınsaçar çekirdeksel kor eriyerek yerin bir kilometre kadar derinliklerine uzanır.

Bu tür bir felâketin olabilirliğini düşünen santral tasarımcıları, çoğu santralin üzerinde görünen parlak kubbeleri işte bu tür patlamalara karşı planladılar. Ama gene de emin olamazlar ve kimse de denemek istemez. Çok şükür şimdiye değin hiç gerçek bir erime ile karşılaşmadık. Kentlere yakın bir yerde böyle bir olayın olması demek yüzlerce, binlerce insanın ölmesi demek olurdu. Ancak bazı aksaklıklar olur. Bu teklemelerden çıkarılacak büyük dersler vardır. Hepsi de insan hatasından kaynaklanmıştır.

Yakınımızda olan bu kazalardan biri Brown's Ferry,

Alabama'da görülmüştür. Dikkatsiz bir teknisyen elinde şamdanla bir yeraltı tünelinden geçmek ister. Tüneldeki hava akımının hangi yönde olduğunu görmek için elinde mum tutmaktadır. Bir süre sonra mumu önünde tutmaktan yorulan teknisyen, onu başının üstüne kaldırır. Soğutma suyunu taşıyan boruların üstündeki izolasyon maddesi alev alır ve bunun sonucunda soğutma mekanizması kesintiye uğrar. Çekirdek erimesi başlamak üzeredir ki, olağanüstü durum önlemleri devreye girer, santral ve kent (belki de eyaletin büyük bölümü) büyük bir faciadan kurtulur.

Daha yakın geçmişte Çernobil'de yaşanan kazanın başlıca nedeni ise, işbaşındaki teknik ekibin santral tam kapasite çalışırken bazı deneylere kalkışmış olmasıdır. Elektrik üretiminde kullanılan rotorları, yani türbinleri durdururlarsa ne olacağını görmek isteyen teknisyenler, deneylerini yapabilmek için reaktörü koruyan otomatik güvenlik devrelerini de kapatırlar. Deney sırasında reaktörün ısı üretimi denetimden çıkar, ancak sistemi otomatik olarak kapatacak mekanizmalar devredışı bırakılmıştır. Nükleer bir yangın başlar ve reaktörün 'parlak bir kubbesi' olmadığı için sıcak çekirdeksel maddeler içeren duman Orta ve Kuzey Avrupa'nın büyük bölümüne yayılır.

Her iki kazada da ne maden yorulması, ne de eskiyen parçalar sözkonusudur. Olay tümüyle insan hatasından kaynaklanmıştır. Bu da bize insan faktörünün her zaman hata yapmaya açık olduğunu gösterir.

***Kimse Ölmedi*** - Bazı uzmanlar, Çernobil kazasının resmî sonuçlarının 4 ölü bildirmesine karşın, zaman içinde binlerce kişinin ölebileceği savını ileri sürdüler. Görüldüğü gibi bu iki rakam arasında büyük bir çelişki vardır. Bu görüş ayrılığı çekirdek reaktörlerden kimin zarar gördüğüyle ilgilidir.

Çekirdeksel ışınım sızıntının neden olacağı başlıca sağlık riski, kanser tümörlerinin oluşması ve lösemidir. Ancak bu hastalıklar ilk ışınım alımından epeyi bir süre sonra ortaya çıkmakta olduğundan, ışınımdan

kaynaklandıklarının saptanması güçtür. Örneğin, sorun saptandığında kurban dünyanın bambaşka bir bölgesinde yaşıyor ve başına pek çok şey gelmiş olabilir.

Gene de hayvanlar üzerinde yapılan deneylerde belli miktarlarda alınan ışınımın, zaman içinde ne ölçüde kanser oluşturduğu saptanabilir. Bu ölçümlere göre sağlık uzmanları Çernobil kazasının sonuçta 20.000 ölümle sonuçlanacağını ileri sürüyorlar.

Nükleer kazaların olasılıklarını bile hesaplamak olası. Örneğin, ABD'nin yalnızca çekirdek güce dayalı bir enerji politikası izlemesi durumunda, 2.000 santral gerekli olacaktır. Eğer bilinen kaza istatistiklerini bu santrallere uygulayacak olursak, her iki ayda bir kaza olasılığı saptanır.

En İyi Yöntem Çekirdek Kaynaşımı - Fusion - Şimdiye değin tartışmalarımız ufacık uranyum parçalarının atomlarının merkezindeki yoğun çekirdeğin parçalanmasıyla açığa çıkan büyük enerjinin üretilmesi konusundaydı. Bu tepkimeye (fusion) çekirdeksel bölünüm ya da çekirdek parçalanması denir.

Oysa büyük miktarlarda enerji üretmenin başka bir yolu daha vardır. Bu yöntemin geçmişi, çekirdek bölünmesi kadar eski değildir ve bölünmenin tam tersi olarak atomların kaynaşması ilkesine dayanır.

Şayet iki hidrojen atomu büyük bir basınç ve ısı altında kaynaştırılırlarsa, helium adı altında yeni bir element oluştururlar, bu arada büyük bir enerji açığa çıkar. Hidrojen atomlarının kaynaşarak Helium oluşturması güneş enerjisinin de kaynağıdır.

Çekirdek bilimiyle uğraşan bilimadamlarının hep uğraştıkları konu bu kaynaşımın denetlenebilir koşullar altında gerçekleştirilebilmesidir. Bu koşul sağlanabilirse çekirdeksel enerjiden en ideal ve güvenli ısıyı elde edebiliriz. Ancak işin püf noktası, hidrojen atomlarının bir güç santralinde nasıl bir denetim altında kaynaştırılacağı, böylece açığa çıkan enerjinin, elektrik üretiminde kullanılabileceğidir.

Çekirdeksel kaynaşımın gerçekleşebileceğinden kuşkumuz yok. Örneklerimiz güneş ve hidrojen bombaları. Ancak çok büyük bir enerji açığa çıkaran bombanın denetlenebilir bir durumu yok. Biz bu enerjiden ancak güvenilir bir yöntem geliştirilebilirse yararlanır ve elektrik üretebiliriz.

***Çekirdek Güce Hayır*** - Pek çok nedenden dünya üzerindeki çekirdek güç santrallerinin yapımı büyük ölçüde yavaşlatılmıştır.

ABD'de bu duruma daha çok mahkemelerin verdiği geçici men kararları neden olur. Eğer uzmanlarca çevre sağlığına zarar veren unsurlar saptanırsa, yargıç derhal bir karar çıkarır ve üretimi durdurur. Daha sonra çeşitli uzmanların ve avukatların katıldığı bir hukuk savaşı başlar. Tartışmalar sonucu yargıç, ileri sürülen savların doğruluğuna inanırsa, o bölgede santral yapımını kesin olarak yasaklar. ABD'nin pek çok bölgesinde santral yapımının durdurulması ya da engellenmesi için bu uygulamaya başvurulmuştur. Doğal olarak bütün bunlar santral yapımı maliyetlerini de yükseltmektedir.

İngiltere'de de bu türden kamuyu ilgilendiren projelerin yapımı için genel tartışma açılır. Sonuç gene sürenin uzaması ve maliyetlerin yükselmesidir.

Oysa çekirdek santrallerin yapımındaki yavaşlamanın temel nedeni çok daha basit olarak, ürettiği elektriğin çok pahallı oluşudur. Yapımları oldukça karmaşıktır ve her geçen yıl projelerine daha da çok güvenlik önlemleri eklenmektedir.

Ayrıca bir santral ömrünü tükettiğinde -doğal olarak onların da belli bir kullanım süreleri vardır- bütün etkileriyle birlikte devreden çıkarılır. Bu güvenliği ilgilendiren tüm ışınsaçar maddelerin yokedilmesi ve geriye kalan binanın beton bir kılıf içine alınması demektir. Tabiî bu işlemler gene çok pahallıya çıktığı için, elektrik üretim maliyeti üzerine eklenerek onu yükseltir. Ayrıca, uranyum fiyatları da eskiden olduğu kadar ucuz değildir.

Bütün bu etkenler biraraya geldiğinde, çekirdek gücü kullanarak tükenmez ve çok ucuz elektrik üretme umutlarının yalnızca bir düş olduğu anlaşılmıştır. Tabiî bu durum çekirdek santrallerin dünya üzerindeki yapımını yavaşlatmış ve hattâ bazı ülkelerde bu programların bütünüyle durdurulmasına neden olmuştur.

Ne Öğrendik? - Çekirdek gücün modası geçiyor gibi. İnsanlar artık çekirdek gücün yaratacağı riskleri göze almak istemiyorlar. Böyle bir riskin varlığına inandıkları her yerde de onu engellemek için tüm yasal yolları deneyip sonuca ulaşıyorlar.

Bugüne değin öğrendiğimiz, insan hatalarının nükleer kazalara yolaçtığı. Çekirdek santrallerin çalışmasında insan faktörünün ortadan kaldırılmasına ya da insan doğasından kaynaklanan bazı sorunların tümüyle yokedilebileceğine de kesin gözüyle bakabilmek olanaksızdır.

İnsanlar artık yüzyıllar sonrasını düşünmek zorunda. Şayet bizler de çekirdek gücün yaratacağı güvenlik konularında alınacak önlemleri yüzyıl öncesinden düşünmüş olsaydık, çekirdek santrallerini belki de hiç yapmazdık. Oysa biz pek çok şeyi önceden göremedik. Yüksek yapım ve bakım giderleri, yakıtın hızlı tükenişi, çekirdek güç kullanımına bağlı sağlık sorunları ve tabiî halkın korku ve kızgınlığı, önceden kestiremediğimiz sorunlar.

Çekirdeksel tehlikeler sözkonusu olduğunda sağduyunun her zaman doğruyu göstereceğinden de pek emin olamayız. Örneğin, aynı dozlardaki az yoğun ışınımın, yoğunluğu yüksek ışınımdan çok fazla zarar verdiği gibi...

Oysa çekirdeksel enerji, yeni olduğu için güvenlik konusunda her geçen gün daha çok şey öğrendik. Sözgelimi, güvenlik analizlerinin çoğu, borular, soğutma sistemleri ve kapakların dayanıklılığı ve güvenirliği konularını inceledi. Ancak insan faktörünün beklenmedik davranışlarına bağlı olarak çekirdeksel ka-

zalar gene de olmaya devam etti. Biz bu yüzden insan unsurunun beklenmedik davranışlarını geçmişten daha iyi bir şekilde denetlememiz gerektiğini öğrendik.

Çekirdek enerji konusunda aşırı iyimser olmamız bizi çok hızlı ileriye götürdü. Geçmişi düşünecek olursak fazlasıyla hızlı... Artık enerji sistemimizi değiştirmenin zamanı geldiği anlaşıldı. Yeni enerji sistemimizi geliştirirken, çekirdek enerjisinden öğrendiklerimizi de unutmamalıyız. Ülkemizde bu konuda politikalar üreten kişilere önerilerimiz temiz, güvenilir ve yenilenebilir enerji olmalıdır.

## IX. Bir Yenileme

Geçmiş bölümlerde çevremizi tehdit eden başlıca tehlikelerden sözetmiştik. Ne yazık ki, hiç kimse çevremizde neler olduğunu ve tüm bunların ne anlama geldiğini tam olarak bilmiyor. Ancak bilinen tek şey karbon içeren yakıtların yaşadığımız dünyaya zarar verdikleri ve bunun bizleri etkilediği.

Bütün Bunlar Size Ne Yapabilir?

• Fosil yakıtların yarattığı sorunlardan ötürü enerji kullanımımızı kısacak olursak, bu kez de yeni bir sorunla karşılaşırız. "İşsizlik". Hele insanlarımızı yeni enerji teknolojileri konusunda şimdiden eğitmeye başlamazsak.

• Denizlerin yükselmesi sonucu belli ölçülerde kara kaybımız olacaktır. Deniz yüzeylerinin 50 yıl içinde birkaç metre yükselmesi pek ürkütücü gelmeyebilir. Oysa bu sayılar en iyimser hesaplamalarla çıkarılmıştır. Gene de birkaç metrelik bir yükselmenin tüm dünyayı etkileyecek yıkıcı gücü vardır. Fakat bazı bilimadamlarına göre su yüzeylerinin yükselmesi 7 metreye kadar varabilir. Bu ölçümlere göre kara kayıplarımız çok daha büyük boyutlarda olacaktır. Siz acaba nerede yaşıyorsunuz?

• Birkaç kuşak sonra, bugün buğday yetiştirilen geniş alanlar sıcak ve kuraklık yüzünden kullanılamaz

duruma gelebilir. Acaba torunlarınız yeteri kadar beslenebilecek mi? Nitrik asit ve kirli sisin havaküreye yayılarak hastalıklara karşı direncimizi kırması sonucu, yaşam süremiz de azalacaktır.

• Önümüzde belirsizce duran diğer potansiyel bir felâket ise ormanların azalması sonucu, soluduğumuz havanın bu durumdan etkilenmesidir. Şu anda havaküreye karbondioksit salan pek çok kaynak vardır. Otomobillerin ekzozları, güç santralleri ve fabrikalar bunlardan bazılarıdır. Ancak dünya üzerinde yaşayan insanlar ve tüm hayvanlar soluduğumuzdan çok daha fazla CO2'yi dışarı veririz. Geçmişte karbondioksit düzeyleri yeşil bitkilerin fotosentez olayı yardımıyla dengede tutuluyordu. Bu sürecin CO2'ye gereksinimi vardır. Ancak yeryüzünü saran ormanların azalması ve nüfusun giderek çoğalması sonucu, havaküredeki CO2 dengesi de bozulur.

***Çözüm Var mı?*** - Bazı çözümler ve alternatifler önerildi. Bugüne kadar önerilen en popüler çözüm ise petrol yerine yakıt olarak 'methanol' kullanılmasıdır. Ancak 'methanol'ün de karbon içermesi nedeniyle - kirli sis oluşturmasa bile- havaküreye petrol kadar karbondioksit verdiği bilinmektedir. Diğer bir görüş, fosil yakıtların yanmasıyla havaküreye karışan karbonun yokedilmesidir. Belli kimyasal bileşimler kullanarak havadaki karbondioksit ve diğer zehirli maddeler süzülebilmektedir. Hattâ filitrelenen karbonun 'methane' (doğalgaz) gazına dönüştürülüp kullanılması bile önerilmiştir. Yanan methane gazı yeniden CO2 çıkarmasına karşın, havaküredeki CO2'nin başlangıçta filitrelenmiş olması nedeniyle miktarında bir artma görülmez. Gelecek için düşünülebilecek diğer bir olasılık da, önümüzdeki 60-100 yıl içerisinde ekonomik bakımdan belki de en uygunu, örneğin tekstil imalatı vb.'de kullanılan karbonun, kömür yerine havaküreden sağlanması ve böylece havaküredeki karbondioksit miktarını azaltmaktır.

Doğal olarak karbon içeren yakıtların savunuculu-

ğunu yapan ve onlara arka çıkan kömür işinden para kazanan pek çok kişi ve çevre çıkıp bu konuda herhangi bir karar alınmadan, daha çok araştırma yapılmasını isteyeceklerdir. Daha çok araştırma, kirlilik konusunda daha çok bilgiyi gündeme getireceği için yararlıdır. Ancak değişimi engellemek için bir neden oluşturmaz. Kesin olarak bildiğimiz şey, fosil yakıtların havaküremizi kirlettiğidir. Bunun nasıl olduğu hakkında daha bilmediğimiz pek çok ayrıntı olabilir. Fakat karbon içeren yakıtların bu zarara yolaçtığı kesindir. Bu nedenle enerji kaynağı olarak bu tür yakıtları kullanmaktan tümüyle vazgeçmeliyiz. Bu kitabın başlıca ve en açık mesajı budur.

Diğer bir mesaj da, karbon içeren yakıt sorununu hükümetlerimizin gündemine getirip, onları bu konuda önlem almaya özendirme görevinin bizlere düştüğüdür.

*Gerçek Çözüm* - Evet, gerçek çözüm halkın iradesi... Gerçekten de bu kitap-karbon içeren yakıtların yasaklanması- konusunda halkın gerekli bilgilerle donanması ve inandığı davada görüşlerini iyi anlatabilmesi için doküman olarak hazırlanmıştır.

Sera etkisinin ve belirtmeye çalıştığımız diğer sorunların tek bir çözümü var. Günümüzün karbon içeren yakıt işleyicisi ve dağıtımcısı şirketlerinin artık bu durumu göğüslemeleri gerek. Çözüm, bugün kullandığımız yakıtlardaki karbondan kurtulmamız gerektiği ve onun yerine gerekli öge hidrojenin kullanımı. Saf hidrojen yakıt olarak kullanıldığında $CO_2$ çıkarmaz. Motor yakıtı olarak kullanımında çok küçük miktarlarda NOX üretebilir. Ancak hidrojenin yanması sonucu ortaya çıkan en önemli yan ürün su buharı olması, onu her yönden zararsız yapar. Böylece hidrojenin karbon içermeyen yakıt olarak kullanımı yalnızca Sera etkisini durdurmakla kalmaz, asit yağmurlarının ve diğer kirleticilerin de oluşmasını engeller. Bugün karbon içeren yakıtların kanser yapıcı özelliklerinden kurtulmak, hepimiz için sevindirici

olacaktır.

Bugünkü yakıtlarımız yerine hidrojenden yararlanarak 'Seraetkisi', tehlikeli kirlilik ve Çernobil'de karşılaşıldığı gibi çekirdek kazaları tehlikesi olmaksızın yaşam standartlarımızı yükseltebiliriz. Belki bir gün 'atom kaynaşması' enerji sorunumuza çözüm getirebilecek. Ancak böyle bir durumun gerçekleşebilmesi ve daha ekonomik elektrik üretimine geçilebilmesi için önümüzde en az 50 yıl var.

Bu kitapta bazı noktaların ortaya serilmesi sonucu karbon-içeren yakıtların tüketiminin kısılmasıyla, hangi güç ve ekonomik dengelerin sarsıntıya uğrayabileceğinin, sizin de dikkatinizi çektiğini umarız.

# İKİNCİ BÖLÜM

## I. En İyi Yanıt Güneş Enerjisi

Pek çok kişi, damların üzerinde görünen güneş panellerini bilir. Alt yüzlerinin siyaha boyalı olması, onların güneş ışınlarını soğutmalarını sağlar. Sıcak yüzey üzerinde dolaşan su ısınarak daha sonra binanın sıcak su gereksinimini karşılar. Güneş panelleri genellikle bir binanın mutfak ve banyoda kullanılan su gereksinimlerine yeterli olup, düşük elektrik faturaları sayesinde kısa sürede tesisat giderlerini karşılarlar.

Güneşten aynı zamanda elektrik üretiminde de yararlanılabilir. Güneş ışınlarının elektriğe dönüştürülmesi ilk olarak 1954'te Bell Telefon Laboratuvarı'ndan Pearson Chapman ve Fuller tarafından gerçekleştirildi. Sandviç dilimleri gibi birbirlerine yapıştırılmış iki ayrı silikon parçasına tutulan güneş ışınları bir akım oluşturdular. Oluşan devre, silikonların bir sandviç şeklinde yapılmalarından ötürü elektronların geçişini sağlayarak elektrik üretimini sağlar. Bu elektrikten, ampul yakmada, motor çevirmede ya da yeteri kadar silikon sandviç kullanarak kent aydınlatmasında yararlanılır. Örneğin, 1 metrekare silikon sandviçten bulutsuz, güneşli bir havada, 100 wat'lık bir elektrik gücü elde edilir. (Bir evin kullanacağı elektrik gücünün yirmide biri.) Güneşten elektrik üretimi çok önemli bir buluştur ve geleceğin dünya çapında enerji kaynağını oluşturabilir.

***Neden İnsanlar Güneş Enerjisine Karşı Çıktılar*** - Uzun yıllardır güneş enerjisinden yararlanmanın pratik bir yöntem olmadığı, gezegenimize gelen güneş

enerjisinin çok seyreltik olduğu izlenimi yaygındır. Güneş enerjisine karşı çıkmada başka bir neden de, büyük yatırım giderlerinin işe karışmasıdır. Özel olarak hazırlanan silikon sandviçler, bir tür fotovoltaik pildir. Geçmişte fotovoltaik pillerin elle yapılması gerekiyordu. Her bir pili oluşturabilmek için tek tek silikon kristalleri üretiliyordu. Geniş çaplı kullanımlar için yeterli sayıda silikon sandviçler üretebilmek çok masraflı bir işlemdi. Böylece çoğu kimse, güneş enerjisinden elektrik elde ederek yararlanabilmenin her zaman çok pahallı olacağını düşündü.

Ancak photovoltaik piller konusunda yeni buluşlar bu durumu değiştirdi. Şimdi uygulanan yeni bir yöntem ile silikon kristallerini tek tek hazırlamak gerekmiyor. Amorf silikon (düzensiz kristal yapısı olan silikon) adı verilen yeni bir madde kullanarak yapılan silikon sandviçlerden yüksek verim alınabiliyor. Ancak bu verim gene de tek tek üretilen pahalı kristallerin düzeyine erişememekte. Bununla birlikte bu yeni buluş (amorf silikon), güneş enerjisinden elektrik üretme konusunda devrim yaratmış ve geleceğin güneş enerjisine dayalı toplumunun ilk habercisi olmuştur.

Düşünülmesi gereken diğer bir nokta da, "güneş çiftlikleri" için gerekli olan alanın büyüklüğüdür. Güneş çiftlikleri, çatılarda gördüklerimize benzer "fotovoltaik panellerin", sıralar halinde yerleştirildiği kilometrelerce alanlardır. Güneş çiftliklerinin kurulmasına karşı sıkça ortaya atılan bir görüş ise, tarıma ayrılabilecek bu alanların güneş panelleri konarak tarımsal üretimin engellenmesidir. Gerçekten de yarım milyon nüfuslu bir kent için gerekli olan güneş çiftliğinin 155 kilometrekare gibi oldukça geniş bir alana gereksinimi vardır. Bu alan, tarım için elverişsiz kurak çöl yapısında bir alan olabilir.

Sözgelimi, tüm dünya için güneş enerjisi toplamada çöllerin kullanılacağını düşünsek (tabiî bu tümüyle gerçekleştirilemez, çünkü bazı ev sahipleri bugün olduğu gibi kendi güneş enerjilerini toplamak isteye-

ceklerdir), bu sadece toplam çöllerin küçük bir kesrini işgâl eder (dünyadaki çöl alanlarının yaklaşık yüzde 10'unu). Böylece, zaten başka bir işe yaramayan alanlar kullanılır duruma gelir.

Tutucular, bu durumda çölün doğal dengesinin bozulabileceğini, çölde yaşayan canlıların etkilenebileceğini ileri sürebilirler. Gerçekten de tesisatın kuruluş süresinde doğal çevre biraz değişikliğe uğrayabilir; ancak uzun dönemde çevreye bir zarar sözkonusu değildir.

***Güneş Enerjisi Nasıl Toplanır?*** - Yerden 3-6 metre yükseklikte yerleştirilmiş bir dizi ayna (heliostat) görünür. 2 metrekare genişlikte büyük aynalar, güneşi izleyecek şekilde yönlendirilmişlerdir. Güneş ışınları aynalara çarparak bir dizi fotovoltaik panele yansır. Bu tür bir tesisin çöl yaşamı üzerindeki en önemli etkisi, panellerin gölgelenmesinden çöl yüzeyinin yeterli güneşi alamayıp güneş battıktan sonra hızla soğuması sonucu, ortam sıcaklığında görülebilecek 10 °C'lik bir düşüş olacaktır. Sıcaklıkta görülen bu değişiklik, büyük olasılıkla çölün böcek yaşamını etkileyecektir. Ancak çölün doğal yaratıkları, gece gündüz arasındaki sıcaklık farklarına alışıktırlar. Ayrıca aynalar güneş çiftliğinin tüm alanlarını da gölgeleyemezler. Çünkü bunların arasında -bakım yapabilmek için- belli aralıklar bulunmak zorunluğu vardır.

***Geceyi Aydınlatmak*** - Güneş enerjisi konusunda insanların çok açık bir biçimde anlamadıkları bir nokta da, gece ondan nasıl yararlanılacağıdır. Geceleri kentleri güneş enerjisi ile aydınlatmak ilk başta olanaksız görünür. Ancak unutulmaması gereken, eğer biz uzak çöllerden elde ettiğimiz güneş enerjisini kentlere elektrik olarak taşıyacaksak, binlerce kilometre uzaktan gelen bu elektrik enerjisinde büyük kayıplar olacaktır; dolayısıyla bu, kullanışsız bir yöntemdir.

Bu sorunu çözebilmek için güneş enerjisini bir tür depolanmış enerjiye dönüştürerek, borular (pipe-line) ve tankerlerle taşımamız gereklidir. Bunun için

başvurulacak en kolay yöntem, elektroliz aygıtı denen bir düzenek kullanarak güneş enerjisinden sağlanan elektrikle suyu oksijen ve hidrojene ayırmaktır. Böylece bu hidrojen yüksek basınçlı borularla pompalanabilir. Yerleşim bölgelerine ulaşan hidrojen daha sonra ya yakıt olarak kullanılır, ya da yakıt-pili (fuelcell) adı verilen bir tür ters elektroliz aracı kullanılarak yeniden elektrik akımına dönüştürülür. (Yakıt pilleri NASA'nın uzay araştırmaları sırasında mekikteki astronota elektrik ve su sağlamak için başarıyla kullanılmıştır. Ayrıca Japonya'nın Tokyo kentinde, kentin belli ölçülerde elektrik tüketimini karşılayan büyük bir yakıt pili 1984'ten beri kullanılmaktadır).

Sudan hidrojen üretebilmek için gerekli olan fotovoltaik pillerin gelişmesinde yaşanan devrim sonucu, Princeton Üniversitesi'nden Prof. Ogden ve Williams ekonomik açıdan uygun hidrojenin (amorf sislisyum kullanarak yapılan güneş panelleri sayesinde) üretiminin, gelecek yüzyılı beklemeden, yüzyılımızın sonlarında gerçekleşebileceğini gösterdiler. Yeter ki, bu teknolojinin tam olarak gelişebilmesi için gerekli istek ve koşulları yaratabilelim.

***Kirliliğe Kesin Çözüm*** - Burada ileri sürdüğümüz güneş enerjisi şeması, güneş-hidrojen enerji sistemi olarak da adlandırılabilir. Basit olarak tanımlamak istersek, güneş enerjisi elektriğe dönüştürülür; uzak yerlere bu enerjiyi taşımak ya da gece kullanabilmek için bu elektrikten elektroliz yoluyla hidrojen üretilir (sadece, fabrikalarda, evlerde ve diğer işlerde hemen kullanılması gerekmeyen elektrik bu işlem için kullanılır). Böylece elde edilen hidrojen, bugün doğalgazda olduğu gibi borularla büyük kentlere gönderilir.

Bu sistemin yararı, fazlalık elektrik (hemen kullanılmayan elektrik) hidrojen üretiminde kullanılır ve böylece harcanmamış olur. Ayrıca hidrojenin borularla taşınması, fazlalık elektriğin kablolarla gönderilmesinden çok daha ucuz ve daha verimli bir yöntemdir. Sonuç olarak, belki de hepsinden daha yararlısı, hid-

rojen ve güneş enerjisinin kirletici olmamalarıdır. Hidrojen, ısı ya da enerji kaynağı olarak kullanıldığında ortaya çıkan yan ürün sudur. Bu sistemler ne korkulan CO2, ne asit yağmurlarına neden olan kükürt, ne de kirli sisi oluşturacak başka kirleticiler çıkarırlar. Güneş enerjimizin daha birkaç milyar yıl bizi ısıtacağından kuşku yok. Hidrojen elde ettiğimiz suyun da tükenmesi sözkonusu değil, çünkü yanan hidrojen yeniden su üretmekte... Görüldüğü gibi güneş-hidrojen enerjisi temiz ve yenilenebilir bir enerjidir.

Gezegenimizdeki pek çok doğal süreç kendi kendini sürdürmektedir. İnsan ve hayvanların dolaşım sistemleri, beslenme zinciri ve suyun yeryüzündeki döngüsü gibi. Enerjimizin de yenilenebilir bu sistemden elde edilmesi size de daha doğru gelmiyor mu?

## II. Güneş-Hidrojen Çiftlenimi

Güneş Enerjisinin Yararları - Geçen bölümde önerdiğimiz enerji sistemini bu bölümde daha ayrıntılı biçimde inceleyeceğiz.

Gezegenimizde yaşam, güneş enerjisi (güneş ışığı) olmadan var olamaz. Elektrik, petrol ve doğalgaz olmadan yaşantımız bugünkü rahatlıkta ya da verimde olmayabilir ama, gene de varlığımızı sürdürebiliriz. Oysa güneş olmadan tüm bitki ve hayvanlar ölürler ve dünya üzerinde yaşam sona erer.

Bizi canlı tutan güç, yani güneş, elektrik üretiminde kullanılırsa, bu temiz ve güvenli bir enerji olacaktır. Ayrıca, güneş enerjisi tükenmez. Tükenmez diyoruz ancak, öte yandan biliyoruz ki, bize ve güneş sistemindeki diğer gezegenlere ışık ve enerji veren güneş, bunu yaparken kendinden yakıyor. Gene de bilimadamları, güneşin yanıp tükenmesi için daha birkaç milyar yıl olduğu kanısında.

***Doğrudan ve Dolaylı Güneş Enerjisi*** - Güneş enerjisi sadece güneş ışığı demek değildir; güneşin dolaylı olarak yarattığı bazı başka enerjiler de vardır. Örne-

ğin, gündüzleri karalar, denizlere göre daha çabuk ısınırlar. Sonuç, karaların üzerindeki hava tabakasının da ısınması ve yükselmesidir. Okyanusların üzerindeki daha soğuk hava, yükselen sıcak havanın yerini almak için harekete geçer. Böylece, hava akımları ve rüzgârlar oluşur. Geceleri ise süreç tersine çalışır; karaların üzerindeki hava denizlere doğru harekete geçer ve ters yönde hava akımı oluşur. Birkaç yüzyıl önce bu hava akımlarından ve rüzgârlardan yararlanmayı düşünen insanlar, yeldeğirmenlerini yapmışlar. Su pompalamada, buğday öğütmede vb. işlemlerde bu değirmenler kullanılır olmuş. Yeldeğirmenlerinin bugünkü kullanım adı, rüzgâr makineleri; ancak temel ilke aynı. Rüzgâr makinelerinin çoğu elektrik üretimi için kullanılmakta. Ancak, özellikle Üçüncü Dünya Ülkeleri'nde bazıları su pompalamak ve buğday öğütmek için hâlâ kullanılmakta.

Dolaylı güneş enerjisinin diğer bir türü de, hidroelektrik güçtür. Güneş ışınları suyun okyanuslardan, göllerden ve nehirlerden buharlaşmasına neden olur. Buharlaşan su bulutlar oluşturur. Rüzgâr bu bulutları karaların üstüne taşır. Kara parçaları üzerinde ilerleyen bu bulutlar dağlarla karşılaştıkça yükselmeye başlar. Giderek yükselen bulutlar soğuk havayla karşılaşıp yoğunlaşır ve yeniden yeryüzüne yağmur, kar, çiy ve kırağı olarak iner. Bu yoğunlaşmanın bir bölümü, zaman içinde nehir ve ırmakları oluşturur. Yoğunlaşarak göllere ve okyanuslara dökülen suyun bir miktarı da toprağın içine geçerek yeraltı sularını oluşturur.

Geçmişte, nerede hızlı akan nehir ya da ırmak bulunuyorsa, insanoğlu su değirmenleri yaparak, onun enerjisinden yararlanmak istemiştir. Bugün ise büyük miktarda su toplayabilmek için çok büyük barajlar yapılmaktadır. Toplanan su, daha sonra elektrik üretmek için dev türbinlerden geçirilir.

Dolaylı güneş enerjisinin, bu anlattıklarımız kadar bilinmeyen başka biçimleri de vardır. Okyanuslardaki ısıl enerji, okyanus akıntıları ve dalgalar bunlardan

bazılarıdır. İlk ikisinin sıcaklık farklarından ortaya çıkmasına karşın, dalgalar rüzgâr yoluyla oluşur. Gelgit olayları da güneş enerjisinin dolaylı sonuçlarıdır. Güneş sisteminin bir parçası olan ayın çekim kuvveti nedeniyle oluşurlar.

Güneş enerjisinin dolaylı oluşumları çevreye pek zarar vermez. Gene de doğal çevreyi bozmamak için barajların yapılacağı yerlerin seçiminde hayvan ve bitki türleri ile insan yaşamı dikkate alınmalıdır.

***Güneş Enerjisinin Eksikleri*** - Güneş enerjisinin, dolaylı ve dolaysız tüm kullanış biçimlerine karşın, bazı eksiklikleri de vardır. Kullanımı ne petrol, ne de doğalgaz kadar kolaydır. Sözgelimi, büyük bir uçağı rüzgâr enerjisiyle uçuramayız. Güneş pillerinden elde edilen elektrik enerjisiyle çalışan bazı küçük, hafif arabaların olduğu doğrudur; ancak bunlar, yalnız açık geniş alanlarda ve güneşli günlerde gündüzleri kullanılabilirler; otomobile güneş enerjisi pompalayamayız.

Ilıman bölgelerde güneş, her 24 saat boyunca 6-7 saat ışır. Tropikal bölgelerde ise güneşin ışıması biraz daha fazladır; günde 7-8 saat. Ilıman bölgenin kuzey ya da güneyine gidildikçe havaküredе kat ettiği yol büyüdüğü için güneş ışınlarının yoğunluğu azalmıştır. Örneğin, kutup bölgelerinde günler 6 aya kadar uzar, fakat güneş ışınları Amerika'nın orta-batısına, ya da orta Avrupa'ya kıyasla daha zayıf, ekvatora oranla çok daha zayıftır.

Güneş enerjisinin, daha önce incelediğimiz diğer bir eksikliği daha vardır. Bu enerji, dolaylı ya da dolaysız, tüketim alanlarından her zaman uzakta bulunur. Güneş enerjisi tropikal ve tropikal-altı bölgelerde en fazladır. Oysa tüketim en çok ılıman iklimlerde yaygındır. Rüzgar enerjisi kutup ve kutup-altı bölgelerinde kuvvetli olup, ılıman bölgelerde daha az bulunur. Hidrolik enerji, okyanus-ısıl dalgaları, dalgalar, akıntılar ve gel-git enerjisi hep en çok gereksinim duyulan bölgelerden çok uzaklarda oluşur.

***Bir Arayol (Uzlaşma) Gereksinimi*** - Kısacası, öyle zaman ve yerler vardır ki ne dolaylı, ne de dolaysız güneş enerjisinden yararlanılabilir. Yararlanılsa bile, bu enerji hiçbir zaman fabrikalarda, ulaşımda ya da ev hizmetlerinde işe yarayabilecek yeterlikte değildir. Bu nedenle, güneş, rüzgâr, dalga, okyanus enerjisi olanaklar olduğu sürece depolanmalıdır. Diğer bir deyişle, güneş enerjisi (dolaylı ya da dolaysız) ve tüketicisi arasında bu ara deposuna gereksinim vardır.

Bu ara-enerjinin bazı koşulları vardır:

- Depolanabilir olması
- Taşınabilir olması
- Ulaşım araçlarında, evlerde ve endüstride kullanılabilir bir yakıt olması
- Temiz olması
- Tükenmez olması

Tüm bu koşulları karşılamada, hidrojen en iyisidir. Hidrojen ne sera etkisi oluşturan, ne de kirli sis ve asit yağmurlarına yolaçan kimyasal madde çıkarır. Tek çıkardığı azot oksittir ki, bu da denetim altına alınabilir. Gerçekten de, elektro-kimyasal yakıt pili adı verilen bir aygıt kullanarak azot oksitler tümüyle yokedilebilir. Bütün üretilen elektrik ve su buharıdır. Bunun için hidrojen, en temiz yakıttır.

Hidrojen aynı zamanda da verimli bir yakıttır. Enerjinin diğer türlerine (mekanik ve elektrik) başka yakıtlardan daha verimli bir biçimde dönüştürülebilir. Örneğin, otomobillerde hidrojen verimliliği yüzde 60 dolayındadır. Oysa petrolün verimliliği yalnızca yüzde 25'tir. Diğer bir deyişle hidrojen, petrolden ikibuçuk kat daha verimlidir. Sesüstü hızlarda giden jetlerde hidrojen, jet yakıtından yüzde 38 oranında daha verimlidir. Verimliliğin artması demek, daha az yakıt savurganlığı, daha fazla kilometre demektir.

***Hidrojenin Özellikleri*** - Çok hafif ve doğada çok bulunan bir element olan hidrojen, evrendeki tüm maddelerin yüzde 80'ini oluşturur. Fosil yakıtları, arıtım yapıldıktan sonra bile her türünde bulunur. Ve tabiî

en büyük enerji kaynağı olan güneşte bulunur. Güneş yüzde 100'e yakın oranda bütünüyle hidrojenden oluşmuştur; enerjisi, hidrojen atomlarının kaynaşımından oluşur. Jüpiter gezegeni de yüzde 100 oranında hidrojendir; yüzeyi sıvı, biraz altı donmuş, koru ise metal hidrojenden oluşur (metal hidrojen, yüksek sıcaklık ve basınç altında yaratılan bir katıdır).

Yeryüzünde ise serbest hidrojene çok ender rastlanır; genellikle oksijenle birleşmiş olarak su biçimindedir. Sudaki her üç atomdan ikisi hidrojendir. Bu nedenle, okyanuslar, göller, nehirler bizim hidrojen "madenlerimiz"dir. Şayet hidrojen enerji kaynağı olarak kullanılacak olursa, içinde zengin hidrojen bulunduran bileşimlerden, bu durumda sudan yararlanılacaktır. (Unutulmaması gereken nokta, yakıt olarak kullanılan hidrojenin yeniden su ürettiğidir.)

***Güneş-Hidrojen Enerji Sistemi*** - Hidrojen, güneş enerjisinin eksiklerini çok iyi bir biçimde gideriyor. Bu "çiftlenim"e güneş-hidrojen enerjisi sistemi adı verilir.

Bu sistemde hidrojen, uygun oluş durumuna göre, dolaylı ya da dolaysız güneş enerjisi kullanarak birçok hidrojen-üretme yöntemlerinden biriyle üretilir. Üretimden sonra, boru-hatları ya da, süper tankerlerle, elektrik sağlanacak bölgelere ya da, doğrudan ısıtma ve ulaşımda yakıt olarak kullanılmak üzere gönderilir. Bugün fosil yakıt kullandığımız her alanda hidrojenden yararlanabilir ve pek çok çevresel yarar sağlayabiliriz.

Güneş enerjisi ve hidrojen birbirinden ayrılmaz. Her ikisi de çevreye zarar vermez, kirlilik, sera etkisi ya da asit yağmuru oluşturmaz. Hidrojen aynı zamanda az fire veren verimli bir yakıttır.

***Sonuç*** - Doğal olarak bol bulunan, temiz ve yenilenebilir olan enerji türlerini kullanmak akıllıcadır. Güneş ve hidrojen dünya yaratıldığından beri varolmuş ve varolmayı sürdürecek bir çifttir. Daha sağlıklı bir yaşam için güneş-hidrojen enerjisinden yararlanma-

mız gerekir.

## III. Endüstrinin Yakıtı

Güneş enerjisi ve hidrojen birleştiklerinde fosil yakıtların yaptığı her işi, hattâ daha iyi yapabilirler. Ulaşım sisteminde, ısınmada, soğutmada, pişirmede ve aydınlanmada yalnızca gündüzleri değil, geceleri ve kapalı havalarda da enerji kaynağı olarak başarılı olurlar. Kentlerde ve endüstri alanlarında olduğu kadar, kırsal kesimlerdeki insanların da enerji gereksinimlerini karşılarlar. Çok esnek bir sistem olarak insan toplumunun günlük gereksinimlerine kolayca cevap verir. Bütün bu işleri, fosil yakıtlardan daha temiz ve daha verimli yapar.

***Endüstrinin Yakıtı*** - Endüstri devriminden sonra makineler, insan gücünün yerini aldı. Bu, üretilen malların ucuzlamasına ve daha çok satılmasına yolaçtı. İnsan toplumu hızla ilerliyordu. Endüstri devrimi sonrası geçen iki yüzyılda fabrikalar, artan nüfusun gereksinimlerini karşılamak için büyüyüp çoğaldı; bunun sonucu fabrikaların enerji tüketimi de hayli arttı.

Günümüzde endüstri fosil yakıtlara bağımlıdır. Ancak hidrojen için altyapı yapılacak olsa (örneğin, boru-hatları, tankerler v.b.g.), endüstrinin güneş-hidrojen sistemine geçmemesi için hiçbir neden kalmayacaktır. Kaldı ki, çevresel yararlar ve verimlilik de artı puanlardır.

Ne zaman bir değişiklik sözkonusu olsa, atılacak ilk adım her zaman en zorudur. Oysa, hepimiz çevreyi kurtarmak için, endüstrimizi değiştirmenin gerekliliğini biliyoruz. Bu değişikliği, olanaklar elverdiği ölçüde sıkıntısız yapmak zorundayız. Düşünmemiz gereken birkaç nokta var. Ancak birinci düşünmemiz gereken şey, güneş enerjisinin nasıl endüstri yakıtına dönüştürüleceği ve daha sonra da bunun bazı uygulamaları.

***Güneş-Hidrojen Üretimi*** - Daha önce de sözettiğimiz

gibi, güneş enerjisi ancak belirli zamanlarda kullanılabilirdir. Genelde, ortalama, günün yalnızca üçte biri gibi bir sürede güneşten yararlanılır. Gün içinde güneş ışığının şiddeti, sabah ve akşam üstleri az, öğleden sonra daha fazladır. İşte bu nedenle, güneş enerjisini ele geçirdiğimiz en güçlü zamanında, daha sonradan kullanmak üzere depolamalıyız.

Güneş enerjisi kullanarak dört ayrı yoldan temiz hidrojen üretilir: doğrudan ısı, ısılkimyasal, elektrolitik ve fotolitik yöntemlerle.

***Doğrudan Isı*** - Doğrudan ısı yönteminde su buharı elde etmek için su kaynatılır, daha sonra çıkan buhar, 1400 °C ve yukarısına aşırı ısıtıldığında buhar molekülleri (aşırı sıcak H20), hidrojen gazı ve oksijen gazı oluşturacak şekilde ayrışmaya başlarlar. Sıcaklık daha da arttırılırsa, buhar moleküllerinin ayrışması da hızlanır. Aynı etki, buharın basıncının düşürülmesi ile de sağlanabilir. Diğer bir deyişle, yüksek sıcaklık ve düşük basınç, doğrudan ısı yöntemiyle hidrojen üretmede başvurulan en iyi yollardır.

Endüstrinin kullanımı için yeterli hidrojen sağlamada, sıcaklıklar 2500-3000 °C'ye yükseltilmelidir ve bu sıcaklıklara erişmede kullanılabilecek en temiz yol güneşin kullanımıdır. Acaba sıcaklığı bu değerlere nasıl yükseltebiliriz? Güneş ışınları yeryüzüne bu sıcaklıkta ulaşmamaktadırlar.

Bunun yanıtı, güneş ışığını toplayıp küçük bir alana yoğunlaştıracak ayna sistemidir; benzer olayı, bir mercek ile güneş ışınlarını kullanarak bir kâğıdın yakılmasında görürüz. Büyük toplayıcı aynalar (parabolik), güneş enerjisini, içinde su bulunan depolara odaklar. Bu tür bir sisteme güneş-fırını denir, çünkü, çok yüksek sıcaklıklar oluşturur- kirlilik yaratmadan buhar elde edilmesi.

Ancak doğrudan ısı yönteminin iki sorunu vardır. Birincisi, suyun konulması için kullanılan tanklar, suyu ayrıştıracak sıcaklıklara dayanıklı değillerdir. Bu nedenle onları soğutacak verimli bir sistem olmalıdır.

İkinci sorun, bu yüksek sıcaklık altında birbirinden ayrılan hidrojen ve oksijenin nasıl birbirinden ayrı kalacağıdır. Çünkü soğutulma durumunda yeniden birleşerek suyu oluştururlar. Halen Odeille'deki Fransız Ulusal Araştırma Laboratuarları'nda doğrudan ısı yöntemiyle sudan hidrojen elde etme araştırmaları sürdürülmektedir. Üzerinde durulan konu, iki gazın verimli ve ekonomik yöntemlerle nasıl ayrılabileceğidir.

Isılkimyasal Yöntem - Oysa buharı ayrıştırmak için 2500-3000 °C'lik sıcaklığa çıkmamıza gerek yoktur. 300-1000 °C'de daha soğuk buharı toz demir üzerinden geçirirsek, demir oksijeni tutarak demir-oksit (yani pas) oluşturur ve geride hidrojen kalır. Daha sonra pas yeniden ısıtılarak oksijeni geri salar, toz demir yeniden passız eski durumuna döner. Büyük miktarlarda toz demir kullanarak ve işlemi defalarca yineleyerek hidrojen gazı üretimi sağlayabiliriz. Bu, ısılkimyasal yöntemin bir örneğidir. Daha ucuz bir yöntem geliştirmek için başka metaller ve kimyasal maddeler sürekli araştırılmaktadır.

***Elektrolitik Yöntem*** - Bu yöntem için gerekli teknoloji bugün elimizin altındadır. Bu yöntemde, otomobilin aküsündeki gözelere benzeyen gözeler kullanılarak sudan hidrojen ve oksijen elde edilir. Her göze, bir su çözeltisine batırılmış ve doğru akım (DC) kaynağına bağlanmış iki elektrottan oluşur. Elektrotlar arasında akımın geçmesini sağlayacak yeterli elektrik verildiğinde bir uçtan (anot) oksijen, diğer uçtan (katot) da hidrojen elde edilir. Böylece, ısı kullanarak buharın ayrıştırılması yerine, elektrik kullanarak su ayrıştırılır.

Unutmayınız ki, doğrudan güneş kullanarak buhar oluşturmada (doğrudan ısı yöntemi), ısılkimyasal yöntemlerde ve elektrik oluşturarak hidrojen üretmede güneşi bulabildiğimiz sürelerle sınırlıyız. Bu yöntemleri hidrojen elde etmekte kullanmak için, güneşin ısısını verimli ve temiz bir biçimde depolayarak, 24 saat boyunca enerji üretimi sağlama yönünde araştırmala-

ra yönelmeliyiz.

*Fotolitik Yöntem* - Bu son yöntem, suyu hidrojen ve oksijene ayrıştırmak için yüksek sıcaklık ya da elektriğe gereksinim duymadan, doğrudan güneş enerjisi kullanmaktadır.

Su, güneş ışınlarındaki foton denen küçük ışık parçacıklarını "emer". Yeteri kadar foton soğuran su, hidrojen ve oksijene ayrışır. Bu olaya fotoliz denir.

Güneşin morötesi ışınlarındaki fotonlar, suyun doğrudan fotolizi için gerekli yüksek enerjidedirler. Ancak morötesi ışınlarının büyük bir bölümü havaküreninin yukarı katmanlarındaki ozon tabakası (incelmesine rağmen) tarafından soğutulurlar. Sonuçta yeryüzüne az miktarda morötesi ışını ulaşır. Bu bazı yönlerden iyidir. Çünkü bu ışınların çoğu, yeryüzündeki canlılara zarar verir. Fotoliz yöntemiyle endüstride kullanacak denli hidrojen üretebilmek için, ya güneş ışınları ya da ayrışma işlemi bir şekilde güçlendirilmelidir. Güneş enerjisini güçlendirmek olanaksız olduğu için, suya bazı özel metaller ya da mineraller ekleyerek, güneş ışınlarından daha çok foton "emmesi" yönüne gidilmelidir.

Hidrojen üretimi için kullanılan bu yöntem çok verimli değildir. Ancak, mekanik parçalar ve makine kullanımı gerektirmediğinden, diğer yöntemlerden daha ucuzdur.

Depolama - Hidrojen elde etmenin temiz yolları olduğunu gösterdik. Ancak, elde edilen bu hidrojen, gerektiği zaman kullanılabilmek için nasıl depolanacak? Bu denli büyük ölçekte depolama için güneş-hidrojeni en iyi şekilde yeraltında depolanabilir; bu, en ucuz seçenektir. Örneğin, kullanılıp tüketilmiş petrol ve doğalgaz yatakları, ya da insanların kazdığı maden vb. mağaraları bu iş için kullanılabilir. Bu tür depolama sistemleri küçük ölçekli olarak İngiltere ve Fransa'da şimdiden kullanılmaktadır.

*Dağıtım* - Şimdi de, depolanan hidrojeni endüstriye taşımalıyız. Az miktarlarda olduğu zaman hidrojen,

gaz olarak tankerlerle taşınıp dağıtılabilir. Ancak, çok miktarda enerji gereksinimi olan endüstriler için, boru hatları en ekonomik dağıtım yöntemidir.

Gerçekten de bugün ABD ve Avrupa'nın bazı bölgelerinde kullanılan hidrojen boru hatları bulunmaktadır. Bu boru hatlarıyla kazanılan deneyim, hidrojen dağıtımında güvenli yolların bulunmasına yardımcı olmaktadır. Bu deneyim sayesinde 3000 kilometreden uzak yerlere boru hattıyla enerji yollamanın, kabloyla elektrik yollamaktan daha ucuz olduğu anlaşılmıştır. Kabloyla yollanan elektrik ulaştığı yerde ya hemen kullanılacak, ya da ziyan olacaktır. Oysa hidrojen, gerekli olana değin boruların içinde kalabilir.

Hidrojen dağıtımının diğer bir üstünlüğü de, elektrik güç hatları için ayrılan araziden tasarruftur. Örneğin, bir endüstri merkezi en gerekli olan elektriğin havadan giden yüksek gerilim hatlarıyla taşınmasını düşünün. En az 100 metre genişliğinde bir arazi kilometrelerce bu işe ayrılacak ve bu arada direkler, kablolar vb. çirkin bir görünüm kirliliği de ortaya çıkaracaktır. Oysa tek bir boru hattıyla istenilen merkeze ulaştırılabilecek hidrojen, hem binaların ısınması, hem de yakıt-pilin de elektriğe dönüştürülerek kuruluşun tüm gereksinimlerini karşılayabilir.

***Oksijene Ne Olacak?*** - Hidrojen enerji sisteminde hidrojenin yanısıra sudan yan ürün olarak oksijen de elde edilir. Üretilen oksijen, kapalı kaplarda saklanabileceği gibi, boru hatları ile oksijen kullanan endüstrilere yollanabilir. Diğer bir yöntem de oksijenin havaya bırakılmasıdır. Hidrojen yandığı zaman oksijene gerek vardır. Bu oksijen ya depolanmış olandan, ya da havadan elde edilir. Görüldüğü gibi, hidrojen enerji sisteminde hidrojen bir döngü içinde, miktarı azalıp çoğalmadan kalmaktadır. Aynı durum oksijen için de geçerlidir; oksijenin de bu döngüde miktarı azalıp çoğalmamaktadır.

Bazı uygulamalarda (örneğin yeryüzü ve hava ulaşımlarında) gerekli olan oksijen havadan alınır. An-

cak aynı miktarda oksijen, sudan hidrojen-oksijen ayrıştırılması sırasında havaya atılmalıdır. Başka uygulamalarda (örneğin, roketler ve uzay mekiklerinde), uzayda oksijen bulunmadığı için, oksijen ve hidrojen ayrı kaplarda sıvı halde taşınır. Ayrıca, büyük yakıt-pilli güç santrallerinde saf oksijen boru hatlarıyla sağlanır. Bu uygulama, oksijenin havadan sağlanmasına oranla güç santralindeki yakıt-pilinin verimini daha çok arttırır.

Doğal olarak, güneş ışığı, özellikle de morüstü ışınlar altında oksijen molekülleri önce atomlarına ayrışır, daha sonra da yeni elementlerle birleşerek yeni moleküller, ya da başka oksijen molekülleri ile birleşerek ozon üretirler. Fakat bu olay havadaki yüzde 21'lik oksijenle zaten sürekli olmaktadır ve küçük boyutlu bir olaydır. Hidrojen enerji sisteminde bu oran pek değişmeyecektir. Havadaki oksijen oranında küçük iniş-çıkışlar olabilir ama ortalama yüzde 21 olarak kalacaktır.

***Endüstride Kullanım*** - Güneş-hidrojenini ve güneş-elektriğini (dolaylı ya da dolaysız) ya da güneş-hidrojen elektriğini bir kez üretmeye başladığımızda, endüstrinin tüm enerji gereksinimleri karşılanabilecektir. Fosil yakıttan ya da çekirdek gücünden elektrik üreten ve doğalgaz ya da yağ-yakıt (fuel-oil) kullanan endüstriler, güneş-elektriği ve güneş-hidrojeni kullanarak tesislerini çalıştırabilecek ve bunu yaparken de çevreyi kirletmeyeceklerdir.

## IV. Evler İçin Enerji

Güneş-Üretimli Elektrik Gücü - Geçen iki bölümde gördüğümüz gibi, doğrudan ve dolaylı güneş enerjisi, fosil yakıtların yerine geçerek elektrik üretimini de kapsayan tüm enerji gereksinimlerini karşılayabilir. Bu elektriğin bir kısmı, elektroliz aygıtı denen bir makine ile, suyu, hidrojen ve oksijenine ayrıştırmada kullanılabilir. Ayrıştırılan bu hidrojenden, daha sonra ya-

kıt olarak ve örneğin güneş ışığı olmadığı zamanlarda (gece), ya da dolaylı güneş enerjisi olmadığı zamanlarda elektrik üretiminde yararlanılabilir.

Hidrojen, üç değişik sistem kullanılarak elektriğe çevrilebilir: Gaz türbinleri, buhar türbinleri, yakıt pilleri. Günümüzde gaz türbinlerini mekanik enerji ve elektrik enerjisi üretmek (türbin bir üreteçle çiftleştirildiğinde) için kullanırız. Her iki durumda da havaküreyi kirleten kirleticiler sözkonusudur. Oysa gaz türbinleri doğalgaz yerine hidrojen ile çalışacak olsa, aynı miktar enerji daha temiz ve verimli üretilir.

Buhar türbinlerinden çok büyük miktarlarda mekanik ve elektrik enerji elde edilir. Ancak elektrik üretimi için bugün kullanılan buhar türbinleri, ya sera etkisi arttırıcı kirleticiler çıkaran kömür ve yağ-yakıt ile, ya da kendine özgü başka sorunları olan (Bkz Bölüm 8) çekirdeksel yakıtlarla çalışır. Hidrojenin saf oksijenle yanması sonucu, çok daha temiz buhar elde edilir. Ancak elde edilen bu buhar aşırı derecede sıcaktır - 3000 °C kadar, ya da kullandığımız mutfak fırınlarındaki sıcaklığın 10-20 kat fazlası. Uzay mekiği havalanırken gördüğümüz uçuk mavi alev de, hidrojen ve oksijenin yanmasından ortaya çıkan aynı yüksek basınçlı buhardır. Hiçbir madde bu sıcaklığa uzun süre dayanamaz. Bu nedenle roket motor memeleri çevresinde -253 °C'de sıvı hidrojen dolandırılarak motorlar soğutulur. Aynı şekilde, elektrik üreten güç santrallerinde yüksek sıcaklıktaki buhara su eklenerek sıcaklık denetim altına alınır.

Hidrojeni elektriğe çevirmenin bir üçüncü yöntemi daha vardır ki, bu yalnızca hidrojene özgü bir yöntemdir. Yakıt pilleri yakıt olarak kullandıkları hidrojenle havadan aldıkları oksijeni birleştirerek elektrik üretirler. Bu sürecin tek yan ürünü sudur. Doğal olarak hidrojen kaynağı da zaten sudur. Bu nedenle süreç hem temiz, hem de süreklidir.

Yakıt pilinin ürettiği elektrik gerek ev, gerekse endüstride kullanılabilir. Ancak elektriğin bugünkü sis-

temimize uydurulması için bir çevirici gerekir. Yakıt pillerinin değişik boyutları vardır. Evlerdeki iklimlendirme aygıtı büyüklüğünde bir aygıt, bir ev ya da apartmanın tüm elektrik gereksinimlerini karşılayabilir. Daha büyükleri ise fabrikaların, dükkânların vb. elektrik gereksinimi için uygundur. Yakıt pilinin türüne göre verimliliği yüzde 40-85 arasında değişir. Elektriğin yanısıra yakıt pilleri, aynı zamanda da su ısıtma, merkezî ısıtma ya da kurutma gibi ısıtma işlemlerinde de kullanılabilir.

Japonya'da 4.5 Megawatt'lık bir yakıt pili -ki 10.000 kişilik bir kasabanın elektriğini karşılayabilir- 1984'-ten beri çalışmaktadır. ABD'de ise, 40 kWatt'lık yakıt pillerinden evlerde ve apartmanlarda yapılan test uygulamalarında yüzde 70'e varan verimlilik elde edilmiştir. Yapılacak çalışmalar verimliliği daha da arttırabilir.

Yakıt pillerinin diğer bir üstünlüğü de merkezî bir elektrik dağıtım şebekesine gerek olmaması ve her bina ve kuruluşun kendi yakıt pilini kullanarak, kendi elektriğini üretebilmesidir. Bu da, elektrik tel ve direklerinin göz ortasından kalkarak, çevre görünümünün bozulmasını engeller.

Hidrojen, yakıt pilleri için en ideal yakıttır. Bu hidrojen bir fosil yakıttan ya da metanol gibi bir alkol yakıttan elde edilecek olursa, sera etkisi, asit yağmurları ya da kirli sis yaratan kirleticilerden kurtulunamaz. Oysa hidrojen sudan üretilirse, bu kirleticilerin oluşması engellenir. Bir gün her ev, fabrika, dükkân ya da işyeri vb. yerler kendi yakıt pilini kullanarak elektrik üretebilirler; tek dikkat edilecek nokta kullanılacak hidrojenin en güvenilir kaynak olan sudan ayrıştırılmış olmasıdır.

## V. Pratik Uygulamalar

Hacim Isıtma ve Soğutma - Evler, bürolar ve fabrikaların, yaşantımızı en uygun sıcaklık koşullarında

sürdürebilmemiz için ısıtılıp soğutulmalarına gerek vardır. Bütün bunlar, güneş-hidrojen sistemi ile kolayca sağlanabilir. Elektrik bir kez üretildikten sonra, elektrik dirençli ısıtıcılarla ya da ısı pompaları ile ısınma sağlanabilir; soğutma ise geleneksel iklimlendirme sistemleri ile ya da ters-döngülü iklimlendirme aygıtlarıyla hem ısıtma, hem de soğutma sağlanabilir.

Katalitik yanma adı verilen sistemle çalışan duvar ısıtma panolarının tasarımları yapılmış durumdadır. Bu sistem, hidrojene özgü bir özellikten, alevsiz yanmadan yararlanır. Hava, içinde platin izleri olan gözenekli seramikten yapılmış bir katalitik plakanın yüzeyini yalayarak sisteme girer. Hidrojen, plakanın arka yüzeyinden verilir ve içeride gerçekleşen alevsiz yanma sonucu çevreye ısı yayılır. Panolar, odanın duvarlarına, duvarların içine yerleştirilebilir ya da asılabilir; görüntüyü güzelleştirmek için çeşitli dekorasyon malzemesiyle örtülebilirler. Bu tür oda ısıtıcıları oldukça düşük sıcaklıklarda çalışır ve yüzde 100'e yakın oranda verimlidirler.

Isıtma ve soğutma amacıyla hidrojen kullanımının başka bir yolu da, astronotların sıcak/serin kalmak için uzay giysilerinde kullandıkları bir yöntemin (hidrit ısı pompası) daha genişletilmiş bir uygulamasıdır. Hidritler, süngerlerin su emip geri vermesi gibi, metaller ya da alaşımlarla hidrojenin alış-verişinin olduğu maddelerdir. Bu hidrit maddeler, ya da metal süngerler hidrojen emerler ve ısıya duyarlıdırlar. Isındıkları zaman hidrojeni dışarı verirler; soğuduklarında yeniden içlerine emerler. Bu özellikler, ABD ve Japonya'da ısıtma ya da soğutma sistemlerinin yapımında kullanılmaktadırlar ve yakın zamanda piyasaya sürüleceği sanılmaktadır. Bu sistemin belirgin özelliği, günümüzdeki iklimlendirme aygıtlarının yaptığı gibi KFK'ları kullanması ve bu nedenle de ozon tabakasına zarar vermemesidir.

Pişirme - Temel gereksinimlerimizden biri de yemek pişirmektir. Atalarımızın zamanından bu yana çok yol

aldık. Ne ocaklarımızdan, ne fırınlarımızdan,- ne de mikrodalga fırınlarımızdan vazgeçemeyiz. Bu nedenle, yaşam standartlarımızı değiştirmeden verimli bir enerji türü bulmalıyız. Güneş (dolaylı, dolaysız) hidrojen sistemi bunu sağlayabilir.

Akla gelecek ilk yöntem, bugün kullandığımız gazla çalışan düzeneklerimizde hidrojen kullanmamızdır. Hidrojen alevinin zor görülür olması nedeniyle, biraz hidrokarbon ya da başka maddeler eklemek güvenilirlik açısından yerinde olur.

İkinci yöntem, güneş-hidrojen sisteminden yararlanarak yakıt pilinden elektrik üretip elektrikli araçlardan yararlanmaktır.

Bir üçüncü yöntem de vardır. Bu da, duvar panolarında kullanılan katalitik yakıcıların kullanılmasıdır. Katalitik ateşleyicilerin kullanılmasının başlıca yararı, ısının alev almadan ve çok düşük sıcaklıkta sağlanabilmesidir. Katalitik yakıcılar güvenilirdir ve kap kacaklara, dolayısıyla yiyeceklere daha fazla ısı aktarırlar. Katalitik hidrojen yakıcısının pişirme verimliliği yüzde 85'tir. Oysa, geleneksel gazocaklarında kullanılan hidrojenin verimliliği yüzde 70'tir. Her iki yöntem de, doğalgazla çalışan ocakların yüzde 60 verimliliğinden daha verimlidir.

Işıklandırma - Işıklandırma da bir başka temel gereksinimdir. Evlerimiz ve diğer binalar ile caddelerimizi aydınlatmalıyız.

Gündüzleri gerekli aydınlanma genellikle güneşten sağlanır; özellikle açık havada ve tek katlı, her yanında pencere olan binalarda. Güneş ışığı, insan etkinlikleri için en doğal ışıktır. Gezegenimizde yaşamı başlatan kaynak da gene güneş enerjisidir.

Oysa yüksek apartmanların ya da çokkatlı işhanlarının birçok bölümü çok az ya da hiç güneş ışığı almamaktadır. Japonya bu konuda öncülük etmiş ve binalara "güneş ışığı boruları" döşemiştir. Güneşin bol olduğu bir noktadan başlayarak, örneğin binanın güneşe bakan yanı ya da çatısı gibi, iç yüzeyleri yansıtıcı

malzeme ile kaplanmış ve keskin kıvrımlara da ayna konmuş içi boş borularla güneş ışığı binanın en karanlık koridor ve odalarına taşınmaka. Bu özel sistemle taşınan güneş ışığı o derece güçlü olabilir ki, insanlar yatak odalarında güneş banyosu yapabilirler. Bununla birlikte, Japonlar'ın bu düşüncesi yaşama geçirilene dek, güneş ve/ya da hidrojen enerjisinden elde edilen elektrik, elektrik ampulleri kullanan sistemlere güç vermede en uygun enerji taşıyıcısıdır.

Su Isıtma - Evlerde, işyerlerinde, kamunun ortak kullandığı yerlerde ve fabrikalarda sıcak suya gereksinim vardır. Yeryüzünün tropikal, tropik-altı ve ılıman bölgelerinde güneş-ısıtma sistemleriyle güneş ışınları doğrudan bu işin üstesinden gelir. Güneş-su ısıtıcıları, güneş enerjisinin ilk ekonomik uygulamalarıdır. Akdeniz ülkelerinde, ABD'nin güneyinde ve diğer güneş-kuşağı ülkelerinde oldukça yaygındırlar.

Ancak bu denli güneş ışığı almayan ülkelerde doğalgaz yerine hidrojen kullanan geleneksel bir su ısıtıcısı, sıcak su elde etmenin uygun bir yöntemidir. Doğalgaz su ısıtıcısının verimliliği yüzde 60'tır. Oysa hidrojenle çalışan su ısıtıcısının verimliliği doğal 70 olarak hesaplanır. (verimlilik arttıkça daha az fire verilerek daha çok ısı sağlanır.) Ayrıca, hidrojen kullanarak yüzde 100'e yakın bir verimlilik sağlamak amacıyla değişik yöntemler de geliştirilmektedir. Örneğin, katalitik yakıcı bunlardan biridir.

Su Kaynağı - Doğal olarak insan topluluğunun en temel gereksinimlerinden biri sudur. Kırsal kesimde, su şebekesi kurulmamışsa, su yeraltı kuyularından elde edilir. Bu yeraltı sularını yukarı pompalamada güneş-hidrojen enerjisi, çeşitli şekillerde kullanılabilir. Birinci yöntem, güneş-hidrojen enerjisiyle sağlanan elektrikle bilinen su pompalarını çalıştırmaktır. Bir diğeri, elektriğin bulunmadığı durumlarda, bilinen pompaları, hidrojenle çalışan bir içten-yanmalı motorla birlikte kullanmaktır. Üçüncü bir öneri, şiddetli rüzgârın bulunması durumunda, rüzgârla çalışan bir

pompa; dördüncü öneri ise, halen üzerinde çalışılmakta olan, güneş ya da atık-ısı ile çalışan, hidrojen-hidrit sistemlerinden yararlanmaktır.

Soğutma - Geçmiş günlerde yiyeceklerimizi, üzerinden hava akımının geçmesini sağlayıp, bir iki derece soğuk tutan tel dolaplarda saklardık. Daha sonraları, içinde buz bulunan kutular kullandık; buz, ya buzcudan kalıplar biçiminde alınırdı, ya da bir önceki kıştan yeraltına gömülerek saklanırdı. Oysa bugün artık gıdalarımızı taze tutacak buzdolaplarımız var.

Eğer güneş ve/ya da hidrojenden üretilen elektrik varsa, soğutma sağlamanın bir yolu, geleneksel buzdolaplarımızı kullanmaktır. Soğutmanın ikinci yolu ise, doğalgaz, tüp-gaz alevi ile çalışan sistemlerde hidrojen alevi kullanmaktır. Bu sistemlerde hareketli parçalar olmadığı için bunlar sessiz çalışır, uzun ömürlü ve bakımı kolaydır. Soğutmanın üçüncü yöntemi, katalitik yakıcıların kullanımıdır. Bu yöntem, soğutucu gazı alevsiz ısıtır, enerji verimliliğini ve tasarrufunu arttırır.

Dördüncü bir öneri ise hidrojen-hidrit sistemini kullanmaktır. Bu yöntemde KFK'lara gerek duyulmaz ve böylece ozon tabakasının korunması sağlanır.

Ev Âletleri ve Araçları - Evlerde kullanılan pek çok araç gereç - elektrikli dikiş makinesi, bulaşık makinesi, bilgisayar, elektrikli diş fırçası, radyo, TV, müzik setleri vb. - çalışmak için, elektrik motorları ve elektronik devrelere bağımlıdırlar. Tüm bu araçlar, güneş ve/ya da hidrojen'den üretilen elektrikle çalıştırılabilirler. Böylece fosil yakıtlar kullanarak açığa çıkan kirletici yan ürünler engellenir.

Ancak, bu araçlardan bazıları -çamaşır kurutma makineleri, buzdolapları ve sıcak su ısıtıcıları- yakıt kullanarak da çalıştırılabilirler. Bu durumlarda, katalitik yakıcılar ya da hidrojen alevinden elde edilen ısı kullanılabilir.

Güneş-Hidrojen Evi ve Arabası - Gelecekte tüm toplumlar bütünüyle güneş-hidrojen enerji sistemine

geçtikten sonra, ne kentlerde, ne de kırsal kesimde doğal görüntüyü bozan elektrik telleri, yüksek gerilim hatları ve direkleri vb. gibi görüntü "kirleticiler"inin kalmayacağını sanıyoruz. İnsanoğlunun tüm gereksinimleri için gerekli enerji, hidrojen üreten güneş enerjisi sistemlerinden (dolaylı ya da dolaysız) sağlanacak. Kentlerde güneş-hidrojen gücü, bulunduğu yere ve zamana bağlı olarak, güneş çiftliklerinden ve/ya da dolaylı ve/ya da dolaysız biçimlerdeki güneş enerjisi ile çalışan santrallerden sağlanacak.

Merkezî hidrojen üretim tesislerinde üretilen hidrojen, ev ya da binalara yeraltı borularıyla gelecek ve doğalgaz ya da yağ-yakıt bugün nerelerde kullanılıyorsa oralarda kullanılacak (Örneğin, ısıtma, pişirme, kurutma vb.). Elektrik gereksinimi için de çeşitli yakıt pilleri kullanılacak. Ailenin arabası, eve gelen hidrojen boru hattından hidrojenle doldurulabilecektir (Doğal olarak uzun mesafeli yolculuklar için dolum istasyonları ayrıca kullanılacak). Deneyler, hidrojen kullanan otomobillerin çok az bakım istediğini göstermiştir. Çünkü hidrojen ne pas yapıcı bir kimyasal içerir, ne de yanma odasında karbon oluşturur.

Bunun sonucu olarak, bugünkünden daha az bakım garajlarına uğrama gereksinimi duyacağız. Önerilen güneş-hidrojen enerji sisteminin, günümüzdeki fosil yakıt sistemine bu tür üstünlükleri de bir ayrıcalık olarak gözlerden uzak tutulmalıdır.

Hidrojen, doğrudan ve dolaylı güneş enerjisinin temiz ve verimli bir şekilde gece gündüz, her zaman çok yönlü bir kullanımıdır. Sabahları, gözümüzü pis kokan, kirli havaya açmamamızı sağlar.

## VI. Uçaklar, Trenler, Otomobiller ve Gemiler

Evet, uçaklar, trenler, otomobiller ve gemiler tümü güneş enerjisiyle, ya da güneş enerjisi ile üretilen hidrojen kullanılarak çalıştırılabilir. Hidrojenin en hafif ve en hızlı yanan yakıt olması gibi pek çok özelliği,

onu roketler ve motorlar için uygun bir yakıt yapar. Gerçekten de hidrojen, ulaşım araçlarının pek çoğu için ideal bir yakıttır.

Uzay Yolculuğu - Uzay gemileri, evrenin sırlarını keşfedebilmek için çok uzun yol alırlar. Ayrıca bu araçların, dünyanın yerçekiminden kurtulabilmeleri, ay ve ötesine ulaşabilmeleri için çok hızlı olmaları gerekir; bir ses-altı jet hızının 30 katı ya da ses hızının 25 katı kadar. İstenilen bu hızı gerçekleştirebilmek için çok güçlü roket ya da jet motorlarına gereksinim vardır. Bu motorlar büyük miktarlarda yakıt tüketirler. Dolayısıyla uzay gemileri tüm yakıtlarını ve oksijenlerini beraberlerinde taşıyacak kapasitede olmalıdırlar. (Uzayda oksijen bulunmadığı için uzay gemileri yolculuk için gerekli bütün oksijeni beraberinde taşımak zorundadır.) Ağırlığı ve dolayısıyla yakıtı azaltmak için en hafif yakıtı yeğlerler. Hidrojen, evrende bulunan en hafif element olduğundan, bu iş için uygundur. Ayrıca, yerden kazanmak için sıkıştırılıp, sıvı biçimini de alabilir. Bu denli hafif olduğu için çok çabuk yanarak uzay programlarının tek seçeneği olmuştur. ABD'nin NASA kuruluşu dünyanın en büyük hidrojen tüketicisidir. NASA'nın bütün uzay araştırmalarında hidrojen kullanılır. Avrupalılar, Sovyetler ve Japonlar da uzay programlarında hidrojenden yararlanırlar.

Hidrojen olmasaydı NASA aya insan gönderip, yeniden dünyaya döndüremezdi. 1985'teki Challanger faciasının nedeni de hidrojene bağımlı bulunmamıştır. Kaza, yakıt tanklarının ek yerlerinden kaçak yapması sonucu, hidrojen ve oksijen depolarının patlamasından kaynaklanmıştır.

NASA şimdi bir uzay istasyonu kurmayı planlıyor. İstasyon uzay mekiği ile 1990'ların sonlarına doğru parça parça uzaya taşınacak. Bu yolculuklarda kullanılacak başlıca yakıt hidrojen olacaktır. Ayrıca hidrojen, hidrojen-oksijen yakıt pilleri kullanılarak bu istasyona da güç sağlayacaktır. Geçen bölümden anım-

sanacağı gibi hidrojen yakıt pilleri uzay istasyonunun çeşitli etkinliklerini yürütebilmenin yanında, saf su yapılmasını da sağlayacaktır. Uzay istasyonunun güneş pillerince üretilen elektrik, suyun hidrojen ve oksijen olarak ayrışmasını sağlar. Daha sonra istasyon dünyanın gölgesine girdiğinde hidrojen yakıt pilleri devreye girerek elektrik üretimi gerçekleştirilir. Güneş panelleri güneşin olmadığı zamanlar işe yaramayacağı için, hidrojen her an elektrik üretimi sağlayabilecek yakıt depolamanın en etkin biçimidir.

NASA ve Sovyetler Mars'a ortak bir uzay yolculuğu planlıyorlar. Uzay aracının, bu yolculukta sekiz ay ya da bir yıl yetebilecek her türlü gereksinimi karşılayacak şekilde donatılmış olması gerekir. Ancak yerçekiminden kurtularak bir yörüngeye girip Mars'a gidebilmesi için de olabildiğince hafif olmalıdır. Bu uzay aracının yakıtı da hidrojen olacaktır. Bu araç, kurulması planlanan uzay istasyonunda birleştirilerek monte edilecek, yakıtı, oksijeni ve gerekli olabilecek diğer malzemeler ile astronotları, ayrıca uzay mekiği ile istasyona geleceklerdir. Daha sonra Mars'a yolculuk yapılıp yeniden istasyona geri dönülecek. İstasyon-dünya arasındaki bağlantı için uzay mekiği kullanılacak. Tüm bu yolculuklar hidrojen olmadan gerçekleşemez.

Uçaklar, Uzay Uçakları ve Zeplinler - Hafif oluşu ve üstün yanıcı özelliği sayesinde hidrojen, hem havada, hem de uzayda uçan uçaklar ve uzay uçakları için ideal bir yakıttır. 15 Nisan 1988'de hidrojen-yakıtlı ilk yolcu uçağı Moskova yakınlarında uçtu. Tupolev 155 (Amerikan Boing 727'nin eşdeğeri) iki motorluydu - motorlardan biri hidrojenle, diğeri jet yakıtıyla (fosil yakıt) çalışıyordu- ve bir sıvı hidrojen tankı ile bir hidrojen kaynağı ve denetim düzeneği vardı. Uçak, kalkış ve inişleri jet yakıtı kullanarak yaptı; uçağın havadaki uçuşunda hidrojen kullanıldı. Sovyetler'in çeşitli uzay araştırma kuruluşları ve Tupolev Enstitüsü, tümüyle hidrojenle çalışacak bir ses-üstü yolcu uçağı tasarımı

üzerinde çalışıyorlar; bu uçak Tupolev 204 olarak adlandırılacak.

Sovyet jetinin uçuşundan iki ay sonra 17 Haziran 1988'de Pan Amerikan şirketinden emekli Bill Conrad adında bir pilot, Florida'da Fort Lauderdale'de hidrojen-yakıtlı tek-motorlu bir uçakla uçtu. Uçuş yalnızca 36 saniye sürmesine karşın, gerek kalkış, gerekse uçuş ve inişin tümüyle hidrojen motoruyla gerçekleşmesi yeni bir rekor oldu.

Gerçekte Bay Conrad'ın planı kalkış pistinde hızlanıp başlangıç noktasına gelerek havalanmak ve havaalanı çevresinde 2-3 tur atıp yere inmekti. Oysa hidrojen yakıtı normal yakıttan daha verimli olduğundan uçak pistteki hızlanma sırasında aniden havalandı. Bay Conrad hemen gücü düşürerek uçağı piste indirdi ve yeniden havalanmak üzere kalkış noktasına geri döndü. Ancak, Sivil Havacılık Kurumu yetkilileri ona yeni bir rekor kırdığını ve yeniden havalanmasının gerekli olmadığını bildirdiler.

Gelecekte uzayın önemini bilen Başkan Ronald Reagan, 1987'de NASA ve Amerikan Hava Kuvvetleri'ni, 5-25 mach (ses hızının 5-25 katı) hızında uçabilecek Ulusal Uzay Uçağı'nı yapmakla görevlendirdi.

Bu uçağın yolcu taşıyacak tipinin, New York'tan Tokyo'ya, ya da Los Angeles'ten Sidney'e (Avustralya) iki saatte uçabileceği beklenmekte ve bu uçağa "Doğu Ekspresi" takma adı verilmektedir.

Bu uçağın uzayda uçacak olan tipi ise aynı normal uçaklar gibi kalkış yapacak, yerçekiminden kurtulacak, havaküreninin dışına çıkıp uzayda uçacak, sonra yolculuk bitiminde güvenli biçimde havaküreye girip normal bir uçak gibi piste inecek. Havaküredeki yolculuk sırasında motorlar havadan oksijen alarak yakıtın yanmasını sağlayacak. Uzayda ise depolanmış sıvı oksijen kullanılacak. Ulusal Uzay Uçağı için seçilen yakıt tabiîki hidrojendir. İlk uçuşun 1996'da yapılması planlanıyor.

Uzay uçaklarının değişik biçimleri başka ülkelerde

de geliştirilmekte. İngilizler'in bu projesine HOTOL adı veriliyor. Almanlar'ın Sanger adını verdikleri proje ise üstüste binmiş iki uçaktan oluşuyor. Büyük uçak (ana) 5 mach'a kadar hız yapabilecek. Sıvı hidrojenle çalışan küçük uçak ise ana uçağın sırtından havalanıp uzaya çıkacak, daha sonra havaküreye girerek bilinen uçak pistlerine iniş yapacak. Ana uçak ise, uzay uçağının kalkışından sonra yere inecek.

Japon hükümeti hızı 5-7 mach arasında bir aşırı sesüstü uzay uçağı geliştirmeye karar verdi. Bu uçağın geliştirilmesi 7 yıl sürecek. Yüzyılın bitiminden önce ilk uçuşunu yapması bekleniyor.

Uzay-hava şirketleri ve jet motorları yapımcılarının 21. yüzyıl içinde hava ve uzay yolculukları konusunda planları var. Hidrojenle çalışan ses-altı, ses-üstü ve aşırı ses-üstü yolcu uçaklarının gelecek yüzyılın başlarında her yerde uçacağı beklenmekte. Lockheed firmasınca yapılan araştırmalar, hidrojen yakıtı kullanan ses-altı jetlerin, jet yakıtı kullananlardan daha verimli olduğunu gösteriyor. Ses-üstü jetleri, sözgelimi bugünkü İngiliz-Fransız yapımı Concorde uçakları, jet yakıtı yerine hidrojen kullansalar daha verimli olurlardı.

Uçaklar ve uzay gemilerinin yanısıra, en hafif element olarak hidrojen, zeplin için de en uygun yakıttır. Zeplinlerin motorları kalkış ve uçuş için balonda depolanan hidrojenin bir kısmını kullanabilir. Bazı havacılık şirketleri kıtalararası büyük kargo yüklerini taşıyabilecek zeplinler yapmayı planlıyorlar. Şimdi artık hidrojeni nasıl güvenli biçimde kullanmamız gerektiğini bildiğimizden, ünlü Hindenburg faciası gibi kazalara yolaçmayan zeplinler geliştirebiliriz.

Trenler - İngiltere ve Fransa gibi pek çok ülke elektrikli ya da yarı elektrikli yaylı sistemler kullanmasına karşın, ABD ve çoğu başka ülkede demiryolları günümüzde diesel yakıtı ile işlemektedir. Gelecekte yakıt stoklarımızın bitmesi ve yakıta bağlı çevresel sorunlardan dolayı, aralarında hidrojenin de yeraldığı baş-

ka yakıt arayışları sözkonusu olmaktadır.

Demiryolları, dünyada tüketilen fosil yakıtların yüzde 15'ini harcar. Kullanılan, genellikle, mazottur (diesel). Ancak bir yerden ötekine taşınan tüm yük kapasitesinin yüzde 50'sinin demiryolları ile taşınması, diğer ulaşım biçimlerine oranla ulaşılan yüksek verimliliği kanıtlar.

Mazotun artık az tüketilir oluşu ve çevreyi koruma kaygıları, demiryollarının yeni önerileri incelemelerine neden olmaktadır. Tüm elektrikli demiryolları (tabiî gelecekte güneş enerjisinden elde edilen elektrikle çalışacak) Güneş-hidrojen sisteminin adayları sayılır ve tüm dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak ABD'deki demiryollarının elektriğe çevrilmesi maliyet açısından düşünülebilir. Yoğun demiryolu trafiğinin bulunduğu Washington DC ve New York, Boston arası belki en uygun bölgedir.

Elektriğe geçmek için yapılacak büyük yatırımın parasal yönünün yüksek olduğu yer ve zamanlarda hidrojen lokomotifleri uygun bir seçenek olabilir. Federal Demiryolu İdaresi, Amerikan Demiryolları Birliği, Lokomotif Üreticileri ve Demiryolu Şirketleri gibi grupların yaptığı çalışmalar hidrojenin bir yakıt olarak kullanılması için yapılacak dönüşümlere önemli engeller olmadığını göstermektedir.

Gerçekten de hidrojen birçok yıldır demiryollarına yabancı değildir. ABD'nin bir ucundan öbür ucuna özel tasarımlanmış frugonlarda aşırı soğuk (ya da cryogenic) sıvı olarak taşınmaktadır. Bu da, sıvı hidrojenin dış koşullarda güvenli bir şekilde taşınabilirliğini açıkça göstermiştir.

Kanada demiryolları ve lokomotif yapımcılarıyla birlikte Toronto-Winnipeg arasında çalışacak hidrojen-mazot-motorlu-elektrikli bir trenin projesi üzerinde çalışıyorlar.

Hidrojen yakıt pilli güç santralleri lokomotifler için çok uygundur. Şimdiki motorlara kıyasla daha büyük ve hantal olduklarından yakın bir gelecekte otomobil-

ler için yakıt pilleri bir güç santrali olma durumunda değillerdir. Oysa trenlerde büyüklük ve yer sorunu daha az sözkonusu olduğu için, yakıt pillerinin daha temiz ve verimli olmaları nedeniyle diesel lokomotifin yerini almaları çok doğaldır.

Otomobiller - Geçmişte ulaşım için eşek ve atlardan yararlanırdık. Fakat bugün özellikle de zengin batı ülkelerinde pek çok kişi otomobil kullanıyor. İşe, alışverişe ve gezmeye hep otomobille gidiyoruz. Otomobillerimizi de güneş-hidrojen sistemine geçirmeden bu yeni sistemi tam oturtamayız.

Hidrojenin sahip olduğu yanma özelliği, onu otomobiller için ideal kılar. Petrol ve petrole dayalı diğer ürünler, doğalgaz ve diğer hidrokarbonlar zengin yanarlar. Hidrokarbonlu yakıtlarda iyi bir ateşleme elde edebilme için, yakıt hava karışımının zengin olması gerekir. Sözgelimi arabanızı trafik ışıklarında durdurduğunuzda ya da yavaşladığınızda güçteki azalma miktarına eşit şekilde motorunuza benzin gidişinde azalma olmaz. Böylece çok miktarda yakıt savurganlığı olur. Motora benzin akışı azalırsa yanma sona erer ve motor durur.

Oysa hidrojenin kullanılma durumunda, trafik ışığında durduğunuzda ya da yavaşladığınızda motora gönderilen hidrojen akışı da azaltılabilir ve yanma sürer, çünkü hidrojen zayıf yanar. Böylece hidrojen gerekli olmadığı zamanlarda harcanmamış olur. Bu özellik hidrojenle çalışan otomobil motorunu benzin kullananlara oranla yüzde 60 daha verimli ve ayrıca da daha temiz yapar.

Daha küçük hacimli yakıt pili sistemleri geliştirildiğinde otomobiller, ister hidrojen, ister benzinle çalışan içten yanmalı motorlara kıyasla daha verimli çalışacaklardır. Hidrojen yakıt pili kullanan otomobiller, benzin yakan arabalara kıyasla iki üç kat daha verimlidir.

Bugün dünyada hidrojenle çalışan içten yanmalı motorlu otomobil ve otobüsler deneme düzeyinde bu-

lunmakta. Miami Üniversitesi bilimadamlarından Adt ve Swain 1972'de hidrojenle çalışan ilk otomobillerden birini gerçekleştirdiler. 1977'de hidrojen ile çalışan bir şehir otobüsü Riverside, California'da trafiğe çıktı. Amaç Los Angeles bölgesindeki kirli sis sorununu çözümlemede hidrojen kullanımının olabilirliğini araştırmak. 1985'ten beri ise Berlin'de Daimler-Benz (Mercedes-Benz olarak da bilinir) firmasının ürettiği bir dizi hidrojen-otomobilleri başarıyla çalışmaktadır.

Hidrojen ile çalışan otomobillerin daha yaygınlaşmasını engelleyen tek sorun, hidrojenin bugünkü yüksek maliyetidir; petrolden iki üç kat daha yüksektir. Ancak bu görüşler aldatıcı olabilir. Fosil yakıtların neden olduğu çevresel zararlar ve hidrojenin yüksek verimi gözönüne alınırsa, hidrojen hiç de o kadar pahallı değildir.

Daha önce belirtildiği gibi hidrojen üç ayrı yöntemle depolanabilir: Yüksek-basınçlı kaplarda basınçlı gaz olarak, yalıtılmış kaplarda bir sıvı olarak, bazı metaller ve alaşımlarla kimyasal bileşim içinde hidrit olarak. Son depolama yöntemi hidrojene özgüdür. Başka hiçbir yakıt bu tür depolanamaz. Hidrit metaller ve alaşımlar, süngerin suyu emmesi gibi hidrojeni emerler. Diğer bir deyişle, hidrit metaller ya da alaşımlar hidrojeni çok derli toplu şekilde depolarlar.

Hidrojen-yakıtlı otomobillerde hangi tür depolamanın daha iyi olacağı konusunda araştırmalar tüm dünyada sürdürülüyor. Sözü edilen yöntemleri sınayan gösteri projeleri yürütülmekte. Örneğin, Miami otomobili basınçlı hidrojen gazı, Riverside'deki otobüs hidrit maddelerin depolandığı hidrojeni, Almanya'daki bazı projelerde de sıvı hidrojen yakıtların kullanılması denenmekte.

Gemiler -Hidrojen, hidrit depolanma özelliğinden dolayı gemiler için de ideal bir yakıttır. Gemiler dengede kalabilmek için ağırlık merkezlerini aşağı çekici safra gereksinimi duyarlar. Safra, ağır bir metal gibi, ek bir ağırlıktır. Hidrojen yakıtlı gemilerde kullanılan

hidrit maddeler, bir taşla iki kuş vurularak, hem safra, hem de yakıt deposu görevini üstlenirler. Tabiî, gerektiğinde, sıkıştırılmış basınçlı gaz ve/ya da sıvı depolama yöntemleri de kullanılabilir. Depolanan hidrojen, gaz türbinleri, içten yanmalı motorlar ya da (en verimli şekliyle) yakıt pillerinde kullanılarak geminin yürümesi ve diğer gereksinimler için gerekli gücü sağlar.

Sıvı hidrojenin güneş-kuşağı ülkelerinden endüstri ülkelerine, bugün kullanılan küresel biçimli sıvı doğalgaz (LNG) tankları ya da sıvılaştırılmış petrol tankları (LPG) benzeri büyük küresel tanklar içinde süper deniz tankerleriyle taşınabileceği ileri sürülmüştür. Hidrit maddeler kullanılarak depolanan hidrojen, tankerin tabanına yerleştirilse bile, gemiyi dengede tutabilmek için gene de safraya gereksinim olabilir; çünkü hidrojen çok ağır değildir (yaklaşık petrolün onda biri).

Hidrojen, denizaltılar için de ideal bir yakıttır. Günümüzde çekirdek-güçle çalışmayan denizaltılar deniz yüzeyinde giderken diesel motorları -ki, hava kirliliği oluştururlar- denizaltında da kurşun-asitli elektrik aküleri kullanırlar. Bugün Almanya'da geliştirilen denizaltılar, hidrojen-oksijen yakıt pilleri ile çalışmaktadırlar. Hidritlerde depolanan hidrojen gerekli safra görevini de görür. Oksijen ise sıvılaştırılmış şekilde yalıtık kaplarda depolanır. Su üstünde seyreden denizaltı hidrojen ve hava ile çalışır. Su altında ise hidrojen ve sıvı oksijen kullanılır. Bu teknoloji, diesel motor kullananlara göre çok daha sessizdir ve su altında kalma süresi de daha uzundur. Her iki özellik büyük askerî önem taşır. Ayrıca kurşun-asit akülerde olduğu gibi tehlikeli kimyasal maddeler içermez ve çevreyi kirletmez.

Alman donanması ilk hidrojen denizaltının deneme seferinden çok etkilenmiştir. Verilen bilgilere göre hidrojen yakıtı Almanlar'ın gelecek kuşak denizaltılarında kullanılmayı sürdürecektir.

Ayrıca ticarî kargo taşıma amacına yönelik hidrojen yakıtlı büyük "yük denizaltıları"nın da yapılması düşünülmektedir. Bunlar, denizaltında gitme özellikleri sayesinde fırtınalardan etkilenmeyeceklerdir.

Doğal olarak hidrojen-yakıtlı gemilerin ve hidrojen tankerlerinin en büyük üstünlüğü, bir kaza sırasında yakıtın çevreye yayılıp kirletmemesidir. Çünkü hidrojen hemen buharlaşıp uçar. Diğer yakıtlar gibi suyun üstünde kalmaz. Bir yangın durumunda, zehirli karbonmonoksit ya da bilinç kaybına yolaçan boğucu zehirli duman yerine yalnızca su buharı çıkarır.

Nisan 1989'da Exxon Valdez tankeri Alaska'da karaya oturdu ve çevreye 40 milyon litre ham petrol yaydı. Sızan yakıt yaklaşık 2000 km karelik bir alana yayılarak çevreye büyük zarar verdi. Milyonlarca balık, memeli hayvan, kuş ve bitki bu durumdan etkilendi. Daha önceki bu tür kazaların sonuçlarını inceleyen bilimadamları, kazanın etkilerinin 10-20 yıl sürebileceğini ileri sürüyorlar.

Bu tür felâketlerin yinelenmeyeceğini kimse garanti edemez. Oysa güneş-hidrojen enerji sistemine geçtiğimiz zaman, bu tür kazalardan korkmamıza gerek kalmayacak.

## VII. Ne Zaman?

Bu kitapta savunduğumuz teknoloji, tarihimizin belki de en büyük değişikliği - yakıtımızı değiştirmek. Ancak, kirletici fosil yakıtlardan kurtulma adımını büyük bir olasılıkla hükümetler kendi iradeleriyle değil, siz seçmenlerden gelen baskılarla atacaklardır. Doğal olarak, bu baskıların sonuç vermesi için aşılması gereken pek çok engel vardır.

- Güneş-hidrojen gücü konusunda halkı aydınlatmak.
- Hükümetlerin bütçelerinde harcama önceliklerini değiştirmek.
- Araştırma sorunlarını çözmek.

• Çevre sorunlarına ivedilik tanıyan bir ruh yaratmak.

Engelleri Aşmak - İnsanlar iyi yönde değişikliği hemen yaşamak isterler. Pek çok insanı belirli doğrultuda yön vermeye iten nedenler ne ise, onların hemen gerçekleşmesi ya da en çok bir yıl içinde gerçekleşmesi istenir. Bizim burada anlatmak istediğimiz, yakıt sistemimizde herhangi bir değişikliğin bu denli kısa zamanda olanaksız olduğudur. Ancak, bir başlangıç yapılabilir.

Yeni teknolojilerin benimsenmesi zaman alabilir. Günümüzde güneş enerjisi kullanan bazı ürünler vardır (güneş enerjisiyle çalışan hesap makineleri, güneş enerjisi ile çalışan sokak ışıkları, sıcak su veren çatı panelleri). Ancak hidrojenin dünya çapında uygulamaya konabilmesi için daha çok araştırma gerekmektedir. NASA'nın uzay programlarında çoktandır kullanılan hidrojen teknolojisinin günlük kullanıma geçebilmesi ve maliyetinin düşürülmesi, ancak bu konudaki araştırmalarla sağlanacaktır.

Uzay programlarında amaçlanan, roketlerin ucuza çıkması değil, uzaya çıkabilmesi ve aya insan götürüp getirebilmesiydi; fiyatı ne olursa olsun. İkinci-kuşak uzay araçlarından uzay mekiğinin tasarımında maliyet de gözönüne alındı. Bu uzay mekiği, birçok kez kullanılabilecek şekilde tasarımlandı ve buna göre de yerçekimi etkisine girip çıkarken karşılaşacağı yüksek sıcaklıklara dayanacak şekilde yapıldı. Doğal olarak toplum, uzay mekiği ya da roket kadar karmaşık bir araca gereksinim duymamaktadır. Onun yerine, Honolulu'da olduğu kadar Moskova ya da Timbuktu'daki koşullarda da verimli çalışabilen, satın alınabilecek fiyatta, fabrikasyon yapımı bir araç daha çok işine yarar.

Araştırma, Araştırma, Araştırma - Hidrojen yakıtı için, en iyi depolama yolları üzerindeki araştırmalara bugün de gerek vardır. Örneğin, depolama malzemeleri değişik hava koşullarına dayanıklı mı? Dayanıklı-

lıklarının süresi ne kadar?

İncelenmesi gereken diğer bir konu da, boru-hatlarının çeperlerinden olabilecek sızıntıdır. Doğalgaz, boru hatlarıyla uzak yerlere götürüldüğünde, bu tür sızıntılar olmaktadır. Hidrojenin molekülleri doğalgaz moleküllerinden daha küçük ve hafif olduğu için hidrojenin, doğalgazdan daha kolay sızıntı yapacağı ve en küçük çatlaklardan bile sızabileceği söz konusudur. Belki de borular plastik bir madde ile kaplanmalıdır; ama bu maddenin ne olması gerektiği henüz bilinmemektedir.

Daha yanıtlanması gereken pek çok soru vardır. Ancak bildiğimiz kadarıyla çevremizi kirleten fosil yakıtların yerine temiz hidrojen yakıtı teknolojisi artık gündemdedir. Hidrojen tanıtımı projeleri gerekleşmektedir. Otomobil, motorsiklet, uçak ve kömür ocağı vagonları tümünün temiz hidrojenle çalışabilecek araçlar olduğu saptanmıştır. Ancak tüm bu projeler bir kereye özgü tanıtım projeleridir. Oysa fabrikalarda otomobillerin, motorsikletlerin, uçakların ve diğer tüm araçların hidrojenle çalışır durumda seri üretilmesi ve boru hattı altyapısının hidrojen taşımaya uygun duruma dönüştürülmesi için, her yıl yüzlerce milyon dolara gerek vardır.

Başlangıçta bu bize çok gibi gelebilir. Ancak kirliliğin maliyeti düşünülürse, bu da yüzlerce milyon dolara varır. Çevre kirlenmesine karşı alınacak bu önlemleri hükümetler, endüstri, tüketicileri, vergi mükellefleri, bu işin bedelini ödeyen biz hepimiz birlikte kolları sıvayarak almalıyız. Hükümetlerin ekonomi politikalarındaki harcama önceliklerinde fosil yakıtlardan, yeni temiz enerji kaynaklarına yönelmek oldukça çok çaba isteyen bir iş.

Temiz yeni enerji endüstrilerinden biri ve öne geçeni güneş enerjisidir. Güneş enerjisinin hazır olduğu bilinmesine karşın henüz bu konuda kitlesel tüketime geçilmemiştir. Örneğin, güneş enerjisinin toplanıp bundan elektrik elde edileceği bilinmektedir. Ancak

cevaplanmamış bazı sorular vardır. Sözgelimi elektrik üretebilen çatı güneş panelleri, tüm kent için elektrik üretimi sözkonusu olsa başarılı olabilecek mi? Geniş alanlarda kullanılan bu paneller güneşli, kuru ya da nemli günlerde aynı verimle çalışabilecekler mi? Şayet güneşten elde edilen elektrik suyun hidrojenini ayrıştırmada kullanılırsa, bu hidrojen büyük miktarlarda üretildiğinde fosil yakıtlarla ekonomik olarak rekabet edebilir mi?

Olağanüstü Durum Ruhu - Yeni teknolojilerin ortaya atılışı ile onların piyasada yer alıp yaşama geçişleri arasında 75 yıllık bir zaman geçtiği ileri sürülür. Mühendisin, bilimadamının buluşunu alıp modeli geliştirdikten ve test ettikten sonra piyasaya sürmesi elli yıllık bir zaman diliminde olur. Ancak bir firmanın, bir modeli benimseyip onu ticarî bir meta halinde piyasaya sürmesi en çok 15 yılı, belki de daha az bir zamanı gerektirir.

Ancak koşullara göre bu zaman dilimleri de değişikliğe uğrayabilir. Savaş zamanları, her şeyin çok daha hızlandırıldığı görülür. II. Dünya Savaşı'nda otomobil fabrikaları 6 ay içerisinde tank fabrikalarına dönüştürüldü. Silah üretimi son derece hızlı bir biçimde gerçekleşti. Olağanüstü durum ruhu tüm toplumların birlik halinde davranmasına yolaçtı. Şimdi de temiz yakıt üretebilmek ve kirli fosil yakıtlar kullanan fabrikaları temiz güneş-hidrojen enerjisine çevirebilmek için aynı olağanüstü durum ruhuna gereksinimimiz var. Kısacası çevreye karşı yürüttüğümüz bu savaşı kazanmak için, bir olağanüstü durum ruhuna sahip olmalıyız.

## VIII. Güvenlikli mi?

Sözkonusu olan başlıca enerji kaynağı güneş enerjisi çevreye en uygun olanıdır. Gezegenimize can veren de gene güneş enerjisidir. Ancak güneş enerjisinden elde edilecek olan hidrojenin taşınması olayı sözko-

nusu olunca, akla ilk gelen şey Hindenburg kazası oluyor. İnsanlar hidrojeni patlayıcı, büyük yangınlara neden olabilecek çok tehlikeli bir yakıt olarak görüyorlar. Oysa araştırmalar bu görüşlerin tam tersi olarak, gerekli bütün noktalara dikkat edilecek olursa, hidrojenin en güvenli yakıt olduğunu gösteriyor.

Hindenburg Olayı - Hindenburg 1937 yılında zamanının yolcu hava gemisiydi. Hidrojenin en hafif element olması nedeniyle, balonunu şişkin tutabilmek için hidrojen ile doldurulmuştu.

Aynı işlev için kullanılabilecek helium adında bir gaz daha var. Helium, hidrojenden sonra gelen en hafif elementtir ve nadir gazdır, yani yanmaz. Doğal olarak çok az bulunur. Genellikle de doğalgaz ile karışık olarak. 1937 yılında Hindenburg gibi bir zeplini havada tutabilmek için helium kullanılabilirdi. Ancak o tarihlerde sadece ABD'de üretiliyordu. Stratejik öneminden dolayı dışsatımı yasaklanmıştı. Bu nedenle Hindenburg, ikinci uygun seçenek olan hidrojenle dolduruldu. Avrupa-New Jersey arasındaki on birinci Atlantik seferini 100 yolcu ve mürettebatla yapan Hindenburg, New Jersey'de yolcularını boşaltırken, balonunda bir yangın çıktı. Kimse yangının nasıl başladığını bilmiyor. Bazılarına göre elektrik kontağı, bazılarına göre de sabotaj (bilindiği gibi olay, II. Dünya Savaşı'nın başlamasından az önce oldu ve Hindenburg bir Alman zepliniydi). Her neden olursa olsun hava gemisinde bir yangın çıktı ve bu sırada yolcuların büyük çoğunluğu hâlâ gemideydi.

İnsanlar panikledi ve 35 kişi gemiden atlayarak yaşamından oldu. Diğerleri gemiyi terk etmedi. 4 kişi yanarak öldü. Ancak yanmalarının nedeni diesel motorlarıydı. Gerçekten de alev alan balondan dolayı kimseye zarar gelmedi. Bunun nedeni hidrojen alevinin çok az ısı yaymasıdır; buna karşın fosil yakıtlardan (s.g. diesel yakıtı) kaynaklanan yangınlarda karbonun çok ısınabilip böyle kalması özelliğinden ötürü çok şiddetli ısı yayınlanabilir. Gemideki insanlar hidrojen

aleviyle doğrudan temas etselerdi yanacaklardı. Şans eseri alevler onlara ulaşmadan gemiyi çabukça terk edip kurtulmuşlardır.

Havadan Daha Hafif - Uzay yolculuklarının dışında (bu yolculuklarda zaten hidrojen yakıt olarak kullanılmakta) hidrojenin ilk ticarî kullanımı özellikle sesten birçok kat daha hızlı yol alarak okyanusları 1-2 saatte geçebilen aşırı ses-üstü uçaklarda olacaktır. Ne yazık ki alınacak tüm güvenlik önlemlerine karşın gerek yerde, gerekse de havada bazı beklenmedik kazalar yaşanması kaçınılmazdır.

Şimdi yerde olan bir kazayı gözönüne alalım. Hindenburg faciasından 40 yıl sonra 1977 yılında havacılık tarihinin en büyük kazası Kanarya Adaları'ndaki Santa Cruze de Tenefire havalanında, KLM şirketine ait B-747 Jumbo jet uçağı ile PAN AM B-747 uçağının pistte çarpışması sonucu oldu. Her iki uçak da yanarak patladı, jet yakıtı alev aldı, alevler ve duman her yere yayıldı. Yaklaşık 583 kişi yaşamını yitirdi. Bunların çoğu aşırı sıcaktan ve duman yutmaktan kaynaklandı. Eğer bu uçaklar hidrojen yakıtı kullanıyor olsaydı, bu büyüklükte bir facia büyük olasılıkla olmazdı. Hidrojen yanarken zehirli yan ürünler çıkarmadığı için, boğulma solunum zararları bu yakıtta olmayacak ve alevlerin içinde kalmayan kişiler kurtulabilecekti.

Şimdi, kalkıştan sonra, bir uçuşun en tehlikeli zamanında olabilecek bir olay olduğunu düşünelim. Bu durumda uçak ya yakıt tankını boşaltmak için saatlerce havaalanının üstünde dolaşmak ya da yakıtını dökerek boşaltmak zorundadır. Bunun nedeni, dolu yakıt deposuyla (özellikle uzak mesafe uçuşlarında uçağın kalkıştaki ağırlığının yüzde 60'ı yakıttır) iniş durumunda iniş vitesinin bu ağırlıktan parçalanabileceğidir. Oysa uçak hidrojenle dolu olsaydı yakıtın ağırlığı tüm ağırlığın ancak yüzde 20'sini oluşturacak ve yüzde 40'lık bir tasarruf sağlanacaktı. Kalkıştan hemen sonraki bu tehlike anında pilot derhal uçağı alana in-

direbilir. Eğer yakıt boşaltmak durumu sözkonusu olursa, diğer jet yakıtlarının havayı, denizi ve karayı kirletmesine karşın hidrojen ânında havaya karışarak hiçbir zehirli etki yapmayacaktır. Görüldüğü gibi hidrojen yakıtlı uçaklar bugünkü uçaklardan çok daha güvenliklidir.

Arabanızda - Her yıl binlerce kişi yollardaki araçlarda kullanılan benzin ya da mazotla bağlantılı olan kazalarda ölüyor.

Bugünkü yakıtlarla çalışan araçlar, daha önce de gördüğümüz gibi çeşitli kimyasal karışımlar oluşturan kirleticiler üretirler. Bu kimyasal karışımlardan bir tanesi, solunduğu zaman zehirli etki yapan karbonmonoksittir. Her yıl pek çok ölüm olayı, gerek kaza eseri, gerekse bile bile insanların araba ekzozlarından karbonmonoksit gazı solumaları sonucu ortaya çıkmaktadır. Örneğin, yalnız ABD'de her yıl 1.800 bu tür ölüm olayı görülür. Oysa otomobiller hidrojenle çalışsaydı bu tür felâketlerin hiçbiri olmazdı. Hidrojenin yandığı zaman çıkardığı tek yan ürün su buharıdır. Su buharı zehirli değildir, insanları öldürmez, sinir sistemini etkilemez. Bu nedenle su buharı soluyan insanlar bayılmazlar.

Benzin ya da mazot kullanan iki otomobilin çarpışması durumunda, çoğunlukla yakıt boruları patlar ve çevreye yakıt saçılır. Bunun sonucu birçok durumda yangın başlar. Böylece yangında oluşan ısının şiddeti ve zehirli gazlar gene öldürücü olur.

Daha önce de sözü edildiği gibi hidrojenle çalışan otomobillerin depolama sistemi ya bir hidrit metal "sünger", ya bir sıvı hidrojen tankı, ya da bir sıkıştırılmış basınçlı hidrojen deposudur. Depolama sistemleri içinde en güvenlikli olanı metal hidrit kullanan sistemdir. En şiddetli çarpışmalarda bile -hidrit tankının delinmesi durumu- bir yangın başlamaz. Belki hidrojenin yavaşça metal hidritten sızması sonucu küçük bir alev alma görülebilir. Yapılan bazı gösterilerde hidrit tanklarına ateş edilmiş ve kurşunun deldiği

yerden ufak bir alev çıktığı görülmüştür. Oysa başka yakıtlarda bir patlama ve yangın sözkonusudur.

Sıvı hidrojenle çalışan prototip otomobillerin yaptığı kazalardan birinde (California'da) deposu tümüyle sıvı hidrojen dolu bir otomobil çarpışma sonucu ters döndü ve yakıt deposu delindi. Çevreye saçılan soğuk sıvı (-253 °C) derhal buharlaşarak havaya karıştı. Ne yangın, ne de patlama yaşandı.

Basınca dayanıklı depolarda sıkıştırılmış hidrojen depolayan otomobiller, sıvı hidrojen ya da metal hidrit içinde hidrojen depolayanlara oranla daha tehlikelidir. Tehlike, patlamadan çok yanma biçimindedir. Patlama ancak hidrojen ve oksijenin ya da hidrojen ve havanın depo gibi kapalı bir yerde bileşimi ile olur. Hidrojen kırılan bir borudan ya da delinen depodan sızarsa ufak bir kıvılcım ya da motorun sıcak yüzeyi yakıtın ateş almasına neden olur.

Ancak ateşin yakınında olanlara karşın doğrudan alevle temas etmeyen kişiler ateşten ve diğer zehirli dumandan (olmadığı için) zarar görmezler. Doğal olarak, alevlerin ortasında kalan kişinin yanması kaçınılmazdır.

Sonuç olarak, tüm etkenler gözönüne alındığında hidrojenin, otomobiller için benzin ve mazottan daha güvenlikli olduğu ortaya çıkar.

Ev ve Mutfakta - Evlerde elektrik, doğalgaz, yağ-yakıt ya da kömür, ısıtma, soğutma ve pişirme işleri için kullanılır. Herhangi bir nedenden doğalgaz sızıntısı ya da yağ-yakıt buharı evde belli bir miktarda yoğunlaşacak olursa durum tehlikelidir. Ayrıca doğalgaz ya da yağ-yakıt yangınları, yüksek sıcaklığın yanısıra zehirli dumanlar da çıkarırlar.

Oysa yakıt hidrojen kullanan bir evde, bu tür tehlikeler sözkonusu olmaz. Ne hidrojenin kendisi, ne de yanma sonucu ortaya çıkan yan ürünü (su buharı) zehirlidir. Hidrojen kullanan katalitik yakıcılar pişirme için en iyi seçenektir; çünkü bunlar alev oluşturmaz, dolayısıyla yangına yolaçamazlar. Eğer katalitik ocağa

parmağımızı değdirecek olursak, hem doğalgaz hem yağ-yakıt, hem de elektrik ocaklarındakinden daha az bir yanma hissi duyarız. Bunun nedeni katalitik yanmanın, doğalgaz ya da petrol alevine oranla (1400 °C) çok daha düşük (150 °C) sıcaklıkta gerçekleşmesindendir. Katalitik hidrojen yakıcılarla ısıtılan odalar, şömine ya da doğalgaz, yağ-yakıt ve kömür kullanan ısıtma sistemlerine oranla daha güvenliklidir.

Doğal olarak tüm yakıtlar, bunların içine hidrojen de girer, yangın çıkarabilir. Ancak bir evde hidrojenden yangın çıkacak olursa, doğrudan alevle temas edenlerin dışında kimse yanmaz ve kimse zehirli dumandan bayılıp kendini kaybetmeyeceği için kolayca yangından kaçabilir. Bunun yanında, alevlerden zarar görenlere de daha rahat yardım etme olasılığı vardır. Oysa doğalgaz, yağ-yakıt ya da kömürden kaynaklanan olaylarda durum çok başkadır. Fosil yakıtlardan çıkan alevler aşırı boyutta sıcaklık oluşturarak yakın çevredeki herkesi yakar. Bu arada çıkan zehirli duman ve is çok kısa sürede insanların boğulmasına neden olur.

Özet olarak, hidrojen kullanan ev, fosil yakıt kullanan evden daha güvenliklidir. Bir yangın olasılığı söz konusu olduğunda ise hidrojen yakıtı kullanılan evlerden kurtulmak, diğerlerine göre daha kolaydır.

Sızıntılar - Tüm yakıt depoları ve boru hatları sızıntıya açıktır. En hafif ve en küçük element olan hidrojen, doğalgazdan bile daha kolay sızar. Ancak hidrojen, hacimli bir yakıttır.; örneğin, aynı miktardaki enerji için hidrojen, doğalgazdan üç kat fazla yer kaplar. Bu ve diğer nedenlerden hidrojenin aynı sızıntı koşullarında doğalgaz ve petrolden daha mı az, daha mı çok tehlikeli olup olmayacağı hemen anlaşılmaz.

Örneğin, doğalgaz ve hidrojenin yaratabileceği potansiyel tehlike birbirleriyle karşılaştırılacak olursa, bu sızıntıdan akacak enerji miktarına bakabiliriz. Sızan gazlar yakılırsa, ortaya çıkacak alevin şiddeti enerji içeriğine bir ölçü olabilir. Ancak hidrojen, do-

ğalgazdan daha az enerji içerdiğinden, sızıntı miktarının çokluğu, daha çok enerji kaybı anlamına gelmez.

Gözönüne alınması gereken diğer bir nokta da hidrojenin büyük bir çatlaktan, doğalgazdan üç kat daha hızlı akacağı, ancak daha küçük bir çatlaktan bu hızın iki kata ineceğidir. Bu gösteriyor ki, büyük bir çatlaktan sızan yakıtların alev aldıklarındaki zararlı etkiler, gerek hidrojen, gerekse doğalgaz için aynı olacaktır. Oysa küçük çatlaklardan sızan doğalgaz, hidrojenden daha çok zararlı etki yapacaktır. Ancak doğalgaz yangınlarındaki aşırı sıcaklık ve zehirli dumanlar düşünülecek olursa, her türden sızıntı için hidrojenin daha güvenlikli olduğu ortadadır.

Her yıl milyonlarca litre mazot, benzin ve yağ-yakıt, depolama tanklarından ve boru hatlarından dışarı sızmakta. Sızan bu yakıtlar yeraltı sularına karışarak, onları içilmez duruma sokmakta. Eğer bu kirli yeraltı suları göl ve nehirlere akacak olursa, oradaki su-yaşamını zehirler. Tüm bunlar hidrojenle yaşanmaz. Bir depolama tankında ya da boru hattında hidrojen kaçağı varsa, sızan hidrojen derhal havaya karışır.

Hidrojenin okyanusları aşmasında, bugünkü sıvı petrol gazı (LPG) ya da sıvı doğalgaz (LNG) tankerlerine benzeyen çok büyük tankerlerin kullanılması önerilmekte. LPG ve LNG, bu tankerlerin üzerine yerleştirilen çok büyük yalıtılmış küresel kaplarda taşınmaktadır. Sıvı hidrojen de aynı yöntemle taşınabilir. Eğer tanker zarar görecek ya da tanklarda bir sızıntı olacak olursa, hidrojen derhal havaya karışarak çevreyi kirlenmekten korur.

Oysa aynı durum fosil yakıtlar için söylenemez. Hepimiz Nisan 1989'da Alaska'daki petrol kirlenmesini duymuşuzdur. Karaya oturan Exxon Valdez adlı tanker çevreye 40 milyon litrelik petrol yayarak, Alaska körfezi ve Prince William Sound bölgesinin tüm kıyı ve sularını kirletip, doğal yaşama büyük kayıplar verdirdi. O tankerde hidrojen taşınıyor olsaydı, tüm bunlar olmayacaktı.

Peki, hidrojen acaba güvenlikli mi? Tüm yukarıda sözü edilenler düşünülecek olursa hidrojenin güvenlikli bir yakıt olduğu söylenebilir. Ancak unutulmaması gereken, onun da bir yakıt olduğu ve dikkatli davranılması gerekliliğidir.

## IX. Ne Yapmalısınız?

Yapılması gereken bu yeni yakıt -saf temiz hidrojen- ile ilgili bilgilerin yayılması ve daha karmaşık bir seçenek olan her şeyin elektrikle çalışacak şekle dönüştürülmesidir.

Enerji akış şeması şöyledir:

Güneş Enerjisi Hidrojen Su

Bu o denli basittir ki, bunu anlayan bir kişi, bir daha unutmaz.

- Elektrik üretmek için güneş enerjisini kullanırız.
- Sonra elektroliz ile suyu, hidrojen -yeni temiz yakıt- ve oksijene (yeniden havaya geri dönebilir ya da kullanılır) ayrıştırıyoruz.
- Daha sonra hidrojen, nüfusun ve endüstrinin yoğun olduğu bölgelere boru hatları ve tankerlerle taşınıyor.
- Bu bölgelerde hidrojen yakıt olarak benzin ve mazot yerine içten yanmalı motorlardan kullanılıyor ya da yakıt pillerinde kullanılıyor, böylece mekanik güç ısı ve elektrik veriyor.
- Tüm bu işlemlerden çıkan atık ürün ise, başlangıçta kullandığımız hammadde "su"dur.

Güneş-hidrojen sistemi bize enerji sağlıyor; ancak güneş ışığından başka kaynak kullanılmıyor ve çevre kirlenmiyor.

Bu Bilgilerin Yayılmasını Önleyen Nedir? - Bunun birkaç nedeni var. En önemlisi konunun ancak son yıllarda ekonomik olarak geçrekleşebilir olması.

Hidrojenin enerji taşıyıcısı olarak görülmesi düşüncesinin düşüncesi 1970'lere dayanır. Ancak son zamanlara kadar güneş ışığının suyu elektroliz edecek

boyutlarda elektrik üretimi için maliyetinin çok yüksek olacağı düşünülüyordu.

Oysa 1989'larda fotovoltaic pillerin yapımı için geliştirilen amorf silisyumun, petrolden (ve çevre kirlenmesinden) daha ucuza üretilebileceği düşüncesi kabul gördü.

Konunun ancak uzun araştırmalar sonucu kabul görmesinin diğer bir nedeni de, hidrojenin halk arasında tehlikeli bir madde olarak bilinmesidir. Hindenburg faciası ve hidrojen bombası imajı da bu görüşü pekiştirici ögeler olmuştur (oysa hidrojen bombasının, önerilen sistemle hiçbir ilgisi yoktur).

Diğerleri kadar güçlü olmasa bile bir başka neden de, insanların yeniliğe karşı tutuculuklarıdır. Alışıldığı biçimde benzinciden benzin alıp çekip gitmek varken, neden yeniliklerle uğraşılsın? Kullandığımız yakıtların yaptığı tüm zararları başkalarının işi olarak -ve başkalarının bunu temizleme sorumluluğu olarak- görüyoruz ve bununla ilgili bir şey yapmıyoruz.

Günümüzün yakıt üreticilerinin doğal tepkisi de azımsanmayacak boyutlarda. Belki isteyerek çevreye zarar vermiyorlar ama, olanları da görmezlikten gelmek işlerine geliyor. Sera etkisi, asit yağmurları, binaların, ormanların, suların zarar görmesi ya da kanser felâketi onları pek ilgilendirmiyor. Onların tek ilgilendikleri şey, doğanın hazırlayıp onlara sunduğu nimetten -yakıttan- daha çok satıp, daha çok para kazanmak.

Umudumuz, insanların bir gün çevre sorunlarımızın ne büyük boyutlara ulaştığını görüp, yeni enerji kaynaklarına ve temiz yakıtlara yönelmesi. Bu durum büyük petrol şirketlerinin pek hoşuna gitmeyecek olsa da...

Demokrasi İşbaşında - ABD'de kamuoyunun gücü, 1978'den beri çekirdeksel santrallerin yapılmamasıyla kendini gösterdi.

1950-60 ve 70'lerde doksandan çok çekirdeksel santral yapıldı. Ancak 1970'lerde çekirdeksel santrallerin

tehlikeli ışınsaçar kirlilik yarattığı anlaşıldı. Tehlike konusundaki görüşler çelişkili olmasına karşın, kamuda yeterli bir tepki oluştu.

Halk belki, Kuzey Avrupa'nın büyük bölümünde ışınsaçar kirlenmeye neden olan 1988'deki Sovyetler'deki Çernobil faciası benzeri bir kaza ya da patlamadan ve yangından kuşku duyuyordu.

Böylece halk tepki göstermeye başladı. ABD'de herhangi bir zarara karşı dava açmak çok yaygındır. Örneğin, çocuğunuzu ısıran bir köpek ya da gürültücü komşunun sizde gerginlik (stres) yaratması dava konusu olabilir. Çeşitli gruplardan insanlar bölgelerine yapılmasını istemedikleri çekirdek santrallerinin durdurulması için maddî-manevî olanaklarını birleştirerek kampanyalar başlattılar.

Mahkemelerin geçici durdurma kararı alması ve bunları yapım şirketlerine bildirmesi ile şirketler yapımı durdurmak zorundadır. Mahkemeler daha sonra konuyu daha ayrıntılı biçimde inceleyerek sonuca ulaştırırlar. Çoğu kez alınan karar santral yapımcılarının aleyhine sonuçlanır ve şirketler büyük zarara uğrarlar. Bu halkın kazandığı bir zaferdir.

ABD halkı onayları alınmadan uygulanan kararlara nasıl bir tepki göstereceğini kanıtlamıştır; büyüklerimiz en iyisini yapar görüşü her zaman doğru olmayabilir. Çekirdek santralleri konusu bunu göstermiştir ve halk gücünün bu örneği, bu kitaptaki öneriler için de bir umut örneğidir.

Haberin Yayılması - Bu kitabın yazarları kendi başlarına bu bilgilerin daha da yayılması için pek fazla bir şey yapamazlar. Kitapları birkaç bin kişi okur ve bu okuyanların da ancak birkaç yüzü okuduklarını daha sonra anımsarlar.

Demokratik sistemlerde konuların gündeme gelmesi siyasal baskı ile olur. Bizim seçilmiş temsilcilerimiz ve onların delegeleri, seçmenlerin görüşlerini bilmelidirler. Bu nedenle bu kitabı okuyanların atması gereken en önemli adım, havaküre kirliliğinin, asit yağ-

murlarının ve küresel ısınmanın çözümünün yeni ve teknolojik bir devrim olan güneş-hidrojen sistemi olduğunu yaymaktır.

Bu bilgi nasıl yayılacak? Bu sizin koşullarınıza, hevesinize ve insanlarla olan iletişim yeteneğinize bağlı. Nerede çalışıyorsanız oradaki insanlarla iletişim kurabilirsiniz. Hiç kimse çevresinin kirlenmesini ve zarar görmesini istemez. Ancak bugünün enerji sistemini değiştirmek için de onlara aynı standartları verecek seçeneklere gereksinimleri vardır. Onlara bu seçeneklerin neler olduğunu anlatabilirsiniz. Dahası, onlara değişiklik için ilk adımın hükümetlerin değil, kendilerinin atması gerektiğini söyleyebilirsiniz.

Daha sonraki aşama, bölgesinde birkaç yılda bir seçilen hükümet temsilcisine bu bilgileri iletmektir. Onların da insanların isteklerinden haberdar olmaları gerekir.

Eğer kitabın piyasaya çıkışından bir iki yıl sonra bu yeni enerji şeması GÜNEŞ IŞIĞI-HİDROJEN-SU Amerikan evlerinin yüzde 20'sinde konuşuluyorsa, bu çok şey fark ettirecektir. Kamuoyu güvenilir bir seçeneğin varolduğu kanısına varırsa, güneş-hidrojen enerji sistemi için kendiliğinden bir piyasa oluşmuş olur. Piyasanın hazır olduğunu gören endüstri ise, para ve emeğini insanların istekleri doğrultusunda yönlendirir.

Kadınların Gücü - Son yıllarda kadın erkek eşitliği üzerinde çok duruldu. Oysa kadınların sağlık ve gelecek konularındaki siyasal gücünün önemi yeteri kadar vurgulanmadı.

Gelecek için hazırlanmalıyız. Kendimiz ve özellikle çocuklarımız ve onların çocukları için iyi bir gelecek... Kısa dönemli düşünmemeliyiz. Çünkü tanıtımını yaptığımız yeni teknoloji gelene dek, çevremize yapabileceğimiz çok az şey var. İşte bu noktada kadınlara çok iş düşmekte.

Kadınların bu konuyla daha çok ilgilenmelerini gerektiren diğer bir nokta da, güneşten elde edilen te-

miz hidrojen yakıtının günümüz yakıtlarından daha düşük olan maliyetidir. Kaçak ya da arıza yapan bir çekirdeksel santralden yayılan düşük yoğunluktaki ışınım, gebe kadının karnındaki bebeğe, kadının kendisinden daha çok zarar verir. Ceninler bu tür ışınıma çok duyarlıdır ve bazı doğum anormallikleri görülebilir. Ayrıca ekzozlardan çıkan kirli gazlar, özellikle karbonmonoksit, ceninin beyin gelişimini etkiler. Bunlar tüm anne adaylarının korkulu rüyasıdır. Bugüne kadar çekirdeksel santrallerin yapımına hayır demekten ve her türlü kirleticiden kendilerini korumaktan başka yapabilecekleri bir şey yoktu. Oysa güneş-hidrojen enerji sistemi onlara olumlu ve temiz bir seçenek sunuyor.

Seçtiğiniz Kişilere Yazmak - Kendi seçtiğiniz temsilcilere sorunlarınızı yazmak, demokrasinin bir parçasıdır. Gerçekten de, seçim sandığının dışında demokrasinin gerçek işleyişi ancak böyle olur. Seçilmiş yetkililerin çeşitli yardımcı ve danışmanları vardır ve onların başlıca görevi, yetkilileri halkın istekleri konusunda aydınlatmaktır. Politikacılar, sonunda kendini seçenlerin isteklerine kulak vermek zorundadırlar.

Bu bakımdan seçeceğiniz kişilere yazmak iyi ve yararlı bir iştir. Bunu çok sık da yapamazsınız. Ancak yazacağınızı kısa yazın, bir sayfayı geçmesin.

Her yazıda bir düşünceyi dile getirin. Sözgelimi, karbon vergisini önerebilirsiniz; ya da kirleticilerin bunu ödemesini isteyebilirsiniz.

Haksızlığa Son - İnsan hakları savunucusu olmakla öğünürüz. Oysa gerçekte hava kirliliği tüm insan haklarını ihlâl etmiyor mu? Bir bakıma özgürlüğümüzü kısıtlıyor. Çünkü ondan kurtulmanın yolu yok. Nereye gidersek gidelim hava yine kirli. Bu kirlilik ömrümüzü kısaltıyor ve bize haksızlık ediyor. En büyük sıkıntıyı çekenler de kendilerini koruyamayan çocuklar, yaşlılar ve fakirler.

Gençlerin bağışıklık sistemi yeni gelişmekte olduğundan, kirli havanın etkilerinden kolay kurtulamaz-

lar. Yaşlılar için de benzer durum sözkonusudur. Onların da yaşlanmaktan dolayı bağışıklık sistemleri hastalıklarla başedecek kadar güçlü değildir.

Kirliliğin en kötüsü, kentlerin içinde ve kalabalık banliyölerde yaşanır. Otobüs ve kamyonların çıkardığı mazot dumanları, trafik ışıklarında bekleyen taksi ve diğer ulaşım araçlarının ekzozlarından çıkan kirli gazlar, küçük sanayilerin atıkları ya da demir, çelik, kâğıt gibi büyük sanayinin çıkardığı is ve kül, bu kirliliğin nedenleridir. Bu nedenle, fakirler ve evsizler kronik solunum yolları rahatsızlıkları çekerler.

Artık bu haksızlığa son vermenin zamanı, "Hava kullanım ücreti" adı altında, bir ürünün gerçek ya da sosyal mâl oluşunu gözönüne alan bir paranın toplanmasının gerçekleşmesini savunuyoruz. Toplanan bu para, ulaşım, endüstri ve evlerimizde temiz, yenilenebilir bir enerjinin hızlanarak gelişmesi için harcanmalı. Böylece insanımız, solunacak temiz bir hava ve temiz yaşanacak güvenlikli bir çevreye sahip olarak, hak ettiği yaşam kalitesine ulaşacaktır.

## X. En Alt Çizgi

Daha önceki bölümlerde fosil yakıtların çevremize ne büyük zararlar verdiğini ayrıntılı bir biçimde gördük. Bunun çözümünün ise güneş-hidrojen enerji sisteminden geçtiğini anlattık. Önerilen sisteme bir kez geçildikten sonra, artık onu değiştirmeye ve başka bir enerji sistemine hiç gerek kalmayacaktır.

Peki, öyleyse eğer güneş-hidrojen sistemi bu kadar iyi de, neden biz onu yakıt olarak hemen kullanmıyoruz? Kullanmıyoruz, çünkü bugünkü ekonomik sistemimizde fosil yakıtlar çevreye verdikleri zararların bedelini ödeme zorunda bırakılmıyor. Piyasa kuralları bir kez fosil yakıtlar üzerine kurulmuş. Bu nedenle de alternatif enerji ve yakıt kaynakları, hattâ hidrojen bile piyasa için cazip değil.

Fosil yakıtlara bağlı, amfizem, akciğer kanseri, deri

kanseri vb. gibi hastalıkların bedelleri ne? Kereste kaybına, göl ve göletlerdeki balıklara ya da okyanuslardaki yaşama verilen zararın bedeli ne? Yeryüzünün çok hassas bir ekolojik sistemi vardır ve kendi pisliğini ancak kendi temizleyebilir. Eğer bu ekolojik sistem sera etkisiyle değişecek olursa, ya da doğal kimyasal dengeler asit yağmurlarıyla bozulursa, yeryüzünün kendi kendini onarım işi nasıl olacak?

Şimdiden okyanuslarda, bizim kötü kullanımımızdan kaynaklanan bazı tuhaf olaylar görülmekte. Tümörlü, kanserli balıklar, acayip hastalıklardan olan ölümler, kıyıya vuran çok sayıda balina, azalan balık yakalama vb. Zehirleneceğimiz korkusu ile yüzemeyeceğimiz kadar pislenmiş okyanus sularında yaşayan canlıların, bu durumdan etkilenmemesini nasıl bekleyebiliriz. Sulardaki ekolojik dengeyi bozmakla kendi kendimizi de büyük sıkıntıya sokuyoruz. Çünkü su ve sulardaki yaşam, hayatımızın ayrılmaz bir parçasıdır.

Peki, bu kayıpların insan toplumuna maliyeti ne? Fosil yakıtların ürkütücü çevresel zararlarını düşündükçe ve bu maliyete, yakıtın kendi maliyetini de ekleyecek olursak gezegenimizin ne büyük bir yükün altında olduğunu anlarız. Bu yükü hafifletmeliyiz.

Bu yüzyılın sonunda ya da gelecek yüzyılın başında fosil yakıtların (petrol ve doğalgaz) üretiminin azalacağı umulmakta. Bu eksikliği dolduracak alternatif bir enerji sistemine karar vermeliyiz. Fosil yakıtlar birçok ürünün -madensel yağlar, sentetik kumaşlar, aspirin ve diğer ilaçlar, mürekkep, boyalar gibi binlerce ürün- de hammaddesi olduğundan, bu kaynakların kalan kısmını akıllıca kullanıp gelecek kuşakları bunlardan yoksun kılmamalıyız.

Büyük-ölçekli hidrojen üretimi, dağıtımı ve depolama sistemlerinin kurulması, hidrojen kullanımıyla ilgili gerekli araç-gerecin tasarımı ve yapımı 21. yüzyılın başlarına kadar ancak gerçekleştirilebilir. Ayrıca, benzin istasyonlarını, boru hatlarını ve karayolu tankerlerini güneş-hidrojen enerji sistemine tam olarak

dönüştürmek de birkaç onyıl alır. Bu çok kötü değildir; çünkü, enerji sistemimizi değiştirirken, yapılacak en iyi şey, adım adım gitmektir; sözgelimi, bir yakıt sisteminden diğerine birden geçilirse, bir mâlî karmaşa çıkar. Bununla birlikte, bu dönüşümü ne denli erken yaparsak, fosil yakıtların neden olduğu zararı da o denli erken durdurabiliriz.

Başka Seçeneklerimiz Var Mı? - Bu kitabı buraya dek okuduktan sonra, güneş-hidrojen sistemine geçmemizin apaçık olduğunu görmüş bulunuyorsunuz. Ancak, şimdiki sistemimizi beğenen ve sonsuza dek bu sistemin kalmasını savunan kişilerin sayısı da oldukça fazla. Fosil yakıtların elbet bir gün biteceğini de bilseler, bu onlar için önemli değil. Fosil yakıtın savunucuları, fosil yakıt kaynakları tükendiğinde, önce kömür kaynaklarımızı kullanarak sentetik petrol ya da benzin (syngas) ve sentetik doğalgaz (SDG) yapılabileceğini, kömür tükendiğinde ya da çok pahalı olduğunda bu kez de kiltaşı-yağı ya da katran-kumunun kullanılabileceğini söylüyorlar. Sonunda, yeterli kiltaşı ve katranlı-kum da kalmayınca, kireçtaşından (kalker) karbon çıkarıp, sudan alınan hidrojenle birleştirerek sentetik benzin (syngas) ve SDG yapılabileceğini söylüyorlar. Yeterli kalker de kalmayınca -birçok dağı yerle bir ettikten sonra- havadaki karbondioksitten karbonu alıp, yine sudan elde edilen hidrojenle birleştirerek sentetik hidrokarbonların üretilebileceği görüşünü savunuyorlar. Fosil yakıt savunucuları, bu yöntemlerle hemen hemen sonsuza dek yetecek fosil yakıtımızın olabileceğini söylüyorlar.

Fosil yakıtların savunucuları, bu yöntemlerle sentetik benzin ve SDG üretiminin ne denli pahalı olabileceğinden sözetmiyorlar; bu yakıtların neden olduğu çevresel zararların sürekli giderilmesi için gerekli paradan da sözetmiyorlar. Bütün bu giderler bir şekilde bizim sırtımıza yükleniyor; geçmeyen bir öksürük için sürekli doktora gidişler ya da asit yağmurlarının etkisiyle paslanan otomobilinizin yeniden boyanması gibi.

Fosil yakıt çağından sonra iki aday olduğunu -sentetik fosil yakıtlar (sentetik benzin ve SDG) ve güneş-hidrojen enerjisi sistemi- söyleyebiliriz. Öyleyse bu olası iki sistemi, üretim bedelleri, çevresel zararlar ve verimli kullanım yönleriyle karşılaştırmalıyız.

Üretim Bedelleri - Tabiî, sentetik yakıtların -sentetik benzin ve SDG- ve güneşten üretilen hidrojenin (hidrojen de bir sentetik üründür, ancak kirletici değildir) üretim bedelleri dünya çapında enerji sağlama açısından kıyaslanmalıdır.

Daha önce belirttiğimiz gibi, güneş enerjisi kullanarak hidrojen üretimi değişik yollardan yapılabilir - doğrudan ısı, ısıl-kimyasal, elektrolotik, fotolitik. Fakat, güneş enerjisinin dolaylı ve dolaysız biçimlerini kullanarak bugün en ucuz hidrojeni hidro-elektrik güçten (bir dolaylı güneş enerjisi biçimi) elde edebiliriz. Sentetik yakıtların bedellerini kıyaslamak için sadece, kömürden yapılan sentetikleri kullanacağız. Çünkü kiltaşı-yağı ve katran-kumundan yapılanlar çok daha pahallıdır ve kireçtaşı ile hidrojenden yapılan sentetiklerle, havadaki karbondioksitten ve sudaki hidrojenden yapılanlar daha da pahalıdır.

Gaz sentetikler için de SDG en ucuzudur; sıvı sentetikler için de hidroelektrik güçten elde edilen sıvı hidrojen ise en ucuzudur (roket ve yüksek hızdaki jet motorlarında yakıt olarak sıvı hidrojenin kullanıldığını anımsarsınız). Bir takım çizelgeler kullanılarak hangi yakıtın daha ucuz olduğu görülebilir. Ancak buradaki miktarlar sadece üretim bedellerini göstermektedir. Unutmayalım, fosil yakıtlarda, hattâ sentetik olanlarında bile gizli çevresel bedeller vardır. Bunları da eklersek kolonların ne kadar uzayacağını bir düşünün.

Çevresel Zarar - Yakıtların topluma mâl olan bedelleri hesaplanırken, onların çevresel etkileri ve zararları da gözönüne alınmak zorundadır; bu zararların saptanması için dünyanın her yerinde araştırmalar yapılmaktadır.

Fosil yakıtlar, canlıküremize (biosfer, bu gezegende bizim yaşayıp soluduğumuz bölüm) zarar vermede temel nedendir. Sadece 1990 yılı için fosil yakıtların, 30 milyar ton dolayında karbondioksit, diğer kirletici gazlar, is ve kül çıkardığı öngörülmektedir. Önceki bölümlerde gördüğümüz gibi bunların hepsi kirlilik ve asit yağmuru üretir ve ayrıca sera etkisini arttırır. Buna bir de, bunların depolanması ve dağıtımı sırasındaki kaçaklar ve çevreye saçılmalar eklenirse, topluma ve doğal çevreye olan zarar aşırı boyutlara ulaşır.

Fosil yakıtların yaptığı başka bir zarar biçimi de, açık kömür yataklarındaki çirkin çıplak arazidir. Sadece ABD hükümeti, açık maden yatağının oluşturduğu zararları gidermek için yapılan düzenleme çalışmalarına 1980-1989 yılları arasında 19 milyar Amerikan doları harcamıştır. Bu süre içinde endüstri de aynı miktar para harcamıştır.

Tarım alanı, kirlenme sonucu ekime elverişsiz duruma geldiğinde topluma ek bir kayıp daha ortaya çıkar. Başka bir deyişle, bu kayıp sadece tarım toprağının iyileştirilmesi için yapılacak harcamalarla değil, aynı zamanda bu arazinin ne kadar süre kullanılamadığının da dikkate alınması ile hesaplanmalıdır.

Ekzoz dumanları ile güneş enerjisinin etkileşmesinden oluşan, yeryüzü düzeyindeki ozonon, üzümlerdeki şeker oranını azaltma etkisi yaptığı ve dolayısıyla şarap üretimini etkilediği çeşitli raporlardan görülmektedir. Ozonun, ayrıca ABD'nin yıllık çiftlik ürünlerinde yolaçtığı kaybın yüzde 5 olduğu öngörülmektedir ki, bu miktar, Brezilya ve Meksika'nın toplam besin gereksinimlerine eşdeğerdir.

Kirliliğin, ormanlar üzerindeki yokedici etkisi de artık ortaya çıkmıştır. Asit yağmuru, karı, sisi ve diğer yağışların toprakça emilmesi, doğal olarak varolan ve doğal yağmur suları ile çözülmeyen bazı metallerin ve minerallerin çözülmesine yolaçar. Bu çözülmüş maddeler, özellikle alüminyum, genç ağaçların köklerine zehir etkisi yapar. Hava kirliliği, insanlara olduğu ka-

dar, hayvanlara da zarar verir.

Zararların bir başkası da denizlere olandır. Çeşitli türdeki deniz araçlarından saçılan petrol ve özellikle büyük tanker kazalarında saçılan petrol, okyanusları ve sahilleri kirletmekte, milyarlarca dolarlık zararlara yolaçmaktadır. 1978'de Amaco Cadiz adlı tanker Brittany sahilinde, 1.2 milyar litre petrol ile karaya oturmuştu. Bunun sonucu çevreye saçılan petrolün verdiği zarar 1.5 milyar ABD doları dolayındaydı. 1982'deki başka bir çarpışmada, 20 milyon litre yağ-yakıt taşıyan Globe Asimi adındaki tankerin, Sovyetler Birliği'nin Baltık Denizi kıyısında verdiği zararın yaklaşık 900 milyon ABD doları dolayında olduğu bildirilmişti. Daha yakın tarihteki bir karaya oturma olayında da, 1989'da Valdez (Alaska) limanının yakınında Exxon Valdez adlı şilebin karaya oturması, 11 milyar ABD doları dolayında zarara yolaçmıştı; ve 1991'deki Körfez Savaşı'nda İran Körfezi'ne yayılan büyük miktarlardaki petrolün maliyetini kim bilebilir. Petrol taşınmasında, kıyılardan uzaklarda olan kazaların da önemli kirlilik oluşturduğu kuşku götürmez; bunun yanında sintine suları da bir gelenek olarak denizlere boşaltılmaktadır ve kirliliği de sürekli arttırmaktadır.

Kirliliğin oluşturduğu zarar ve bu kirliliğin dünyamızda yolaçtığı etkiler çok yavaş olduğundan, birçoğumuz yüzyılımızdaki en önemli sonucun farkında değiliz: deniz düzeylerinin yükselmesi. Bu gerçek, dünyada toplanan verilerle ortaya çıkmıştır ve kutuplardaki buzullar ile buzla kaplı kutup bölgelerinin erimesinden kaynaklanmaktadır. Bu erimeye yol açan sıcaklık artışının nedeni ise sera etkisidir. Sera etkisi de doğrudan havaküredeki karbondioksit artışına bağlanabilir. Bugünkü okyanus yükselmesi, yaklaşık 1 cm. olarak saptanmıştır. Bununla birlikte bu değer artacağa benzemektedir, çünkü kayda değer bir ısınma ve bunun sonucunda deniz düzeylerindeki yükselme, geniş Antartika buz katmanını çabuk-kırılmaya ve erimeye tetikleyecektir. Okyanusların yükselmesinin or-

taya çıkaracağı zarar çok büyüktür. Çünkü, dünyadaki birçok en kalabalık ve ticaret kentler olduğu kadar, Mısır, Bangledeş ve Louisiana'daki büyük nehir deltaları gibi çok verimli alanlar da bundan etkilenecek-lerdir.

Karbondioksit ve diğer gazların havaküredе artmaları sonucu ortaya çıkan sera etkisinin başka ciddi sonuçları da vardır. Sıcaklığın artması, sonunda çöl alanlarının da artmasına yolaçacaktır. Şimdiki ılıman bölgeler tropik-altı olacak, soğuk bölgeler de ılıman olacaktır. Bunun sonucu, kuzey yarımkürede tarım alanları daha kuzeye, güney yarımkürede de daha güneye, daha az verimli ya da tarıma elverişsiz bölgelere kayacaktır.

Sonuç olarak, dünyadaki tarım alanları küçülürken, nüfus da artmasını sürdürecektir.

Kirliliğin çok sinsi ve tehlikeli etkileri vardır insanoğlu üstünde. Kirliliğin ve asit yağmurlarının neden olduğu insan hastalıkları tanı ve tedavi yönünden incelenmiştir ama, bunların yolaçtığı ruhsal zarar, genel rahatsızlık ve neşesizlik için bir çare bulunmamıştır. İnsanlar bir acı içinde olduklarında mutsuzdurlar, ve mutsuz insanlar daha az üretken olurlar. Bu bedeller ile ilgili bir şey söylemiyor.

Bugüne dek gözönüne alınmayan başka bir etken de, politik bunalımlarda petrol kaynaklarının korunmasının bedeli. Örneğin, 1991'deki Körfez Savaşı'nın bedeli petrol şirketlerinden değil halkın vergileri ile ödendi.

Bir araştırma sonucu öngörülen çevresel zarar, bir galon (yaklaşık 4 litre) petrol ya da ona eşdeğer yakıtlar başına 1.3 ABD dolarıdır. Unutmayın ki, bu zarar sonuçta topluma ödetilecektir. Bugün düzeltici önlemler almazsak, gelecek kuşaklar bu zararı gidermek için çok daha fazla bedel ödeyecektir. Ve bazı zararlar da hiç giderilmeyecektir.

Çıkan sonuç çok ilginçtir: Ortalama bir galon (4 litre) petrol bedelini 1.00 ABD doları alırsak, bunun

topluma mâl oluş bedeli 2.30 ABD dolarıdır. Öyleyse bugün bile güneş-hidrojenin bedeli, petrolün bedelinden daha azdır (yüzde 40).

Ne Kadar Verimlidirler? - Sentetik fosil yakıtları hidrojenle kıyasladığımızda, tüketicilerin kullanımı açısından verimliliklerini kıyaslamak önemlidir. Tüketici için yakıtlar çeşitli biçimlerde enerji vermelidir: otomobilde mekanik, güç santralinde elektrik enerjisi ve ocaklarda ısı enerjisi. Çalışmalar göstermiştir ki, hemen her uygulamada, hidrojen, fosil yakıtlar ya da sentetik yakıtlara kıyasla istenilen enerji biçimine daha verimli bir şekilde dönüştürülebilir. Bir başka deyişle yakıt olarak hidrojen kullanmada, hidrojenin yüksek verimliliğinden ötürü enerji tasarrufu sağlanır.

Topluma Bedeli - Son üç kesimden, her sentetik yakıtın topluma mâl oluş bedeli hakkında iyi bir fikir edindik. Sentetik fosil yakıtlarda, çevresel zararı da üretim bedeline ekleyerek fosil yakıt kullanımının (sentetikler de bunun içinde) gerçek maloluş bedelini bulabiliriz.

Dolaylı ya da dolaysız biçimdeki güneş enerjisinden elde edilen hidrojen durumunda ne güneş ışığından ve ne de hidrojenden kaynaklanan bir çevresel zarar ve bedel bulunmamaktadır. Hidrojenin daha verimli olması gerçeği de gözönüne alınmalıdır. Hidrojen, hem sıvı, hem gazdan yüzde 26 daha verimlidir; başka bir deyişle yakıtla çalışan herhangi bir şeyden aynı miktarda iş almak için, fosil yakıta kıyasla yüzde 26 daha az hidrojene gereksinim vardır.

Bugün kullandığımız yakıtlardan yaptığımız gibi hidrojen gazını da galon ya da litreyle ölçseydik, hidro-elektrik güçten elde edilen hidrojen gerçek bedellerle en ucuzu olurdu. Hidro-elektrik güçten elde edilen hidrojene kıyasla SDG'nin topluma bedeli iki kattır. Hidro-elektrik güç dışında dolaylı ya da dolaysız güneş enerjisinden elde edilen hidrojenin bedeli de SDG'ye kıyasla yaklaşık yüzde 70 daha azdır. Sıvı yakıta baktığımızda gene hidro-elektrik güçten elde edi-

len sıvı hidrojen en ucuzudur; bunu diğer kaynaklardan elde edilen sıvı hidrojen izler. Hidro-elektrik güçten elde edilen hidrojene kıyasla sentetik benzin (syngas) topluma iki buçuk kat daha pahallıya mâl olur; diğer kaynaklardan elde edilen hidrojen ise iki kat.

Bir yakıtın topluma mâl oluş bedelini düşünürken gelecekteki olası enerji senaryolarını da gözönüne almalıyız. Bugünkü enerji gereksinimlerimize karşılık veren fosil yakıt sistemimizi, yüzde 50 sentetik benzin ve yüzde 50 SDG ile sürdürebiliriz. Sentetik benzin arabalarda, uçaklarda ve trenlerde kullanılabilir; SDG ise, ısıtma ve pişirme için bugün doğalgazı kullandığımız yerlerde kullanılabilir.

Başka bir senaryo da güneş-hidrojen sistemi olabilir ki, burada enerji gereksiniminin yüzde 25'inin (örneğin hava ve uzay ulaşımında) sıvı hidrojenle, geri kalan kısmının da gaz hidrojenle karşılanabileceğini düşünebiliriz. Hidrojenin üçte birini hidro-elektrik güçten, kalan kısmının da dolaylı ve dolaysız güneş kaynaklarından elde edildiğini varsayalım.

Görüyoruz ki, sentetik fosil senaryosunun topluma mâl oluş bedeli galon başına 2.91 ABD dolarına eşdeğerdir. Güneş-hidrojen durumunda mâl oluş 1.37 ABD dolarıdır. Başka bir deyişle, güneş-hidrojen enerjisi sistemine kıyasla sentetik benzin ve SDG sisteminin mâl oluşu iki olmaktadır.

Enerji-Çevre Çözümü Önergesi - Güneş-enerji sisteminin üstünlükleri yasama organları ve hükümet üyelerinin dikkatine sunulduğunda alınan yanıt genellikle "hidrojen iyi görünüyor, ama petrolden daha pahallı. Bırakalım serbest piyasa hangi enerji sisteminin olacağına karar versin". Rekabet kuralları âdil olduğu zaman bu yanıt geçerli olabilir. Ama bugün için durum farklı. Çevresel etkileri gözönüne almaksızın kurallar petrolün düşük üretim bedelinden yana. Sadece üretim bedellerini değil, fakat aynı zamanda çevresel zararın bedelini de içeren yeni âdil yasalara gereksini-

mimiz var. Fosil yakıtlar, yaptıkları zarardan kendileri sorumlu olmalıdırlar.

Bu görüşlere açıklık kazandırmak için, Prof. Veziroğlu ve Prof. Bockris başkanlığında tüm dünyadan 65 dolayında enerji ve çevre konularında çalışmalar yapan bilimadamı bir "Enerji-Çevre Çözümü" önergesi hazırlamışlardır. Aşağıda bu önerge bilgilerinize sunulmuştur.

Enerji-Çevre Çözümü Önergesi - Dünyadaki ülkeler yaşam standartlarını yükseltme savaşımında -tüm uygun korunma önlemlerine ek olarak- uzun dönemde enerji tüketimlerini arttırmaları gerektiğinden,

Bugünkü temel enerji kaynakları fosil yakıtlar olduğundan,

Fosil yakıtlar tükenir olduğundan, üretimdeki azalma, daha önce olmazsa da en geç gelecek yüzyıl başında yaşanacağından,

Yarım yüzyıl dolayında bir süre içinde değişeceği beklenen bundan sonraki enerji sistemine, bugünkü kalan fosil yakıt kaynaklarını (ve çekirdeksel, vb. gibi diğer kullanılan enerji kaynaklarını) kullanarak uygun bir geçişin planlamasına başlamanın akıllıca olacağından,

Azalan fosil yakıt kaynaklarını yakıt-dışı uygulamalar için (madensel yağlar, sentetik iplikler, plastikler ve gübreler) -ki bunların üretilmesi için bugün başka bir kaynak yoktur- saklamanın da akıllıca olacağından,

Fosil yakıtların yanma ürünlerinin canlıküremize (evrende yaşamın olduğu bilinen tek bölge) giderek artan zararlar ve özellikle kirlilik, asit yağmuru, $CO_2$ ve kanserojenler aracılığıyla canlılara zarar verdiğinden,

Yanma ürünleri ve onların zararlı etkileri ulusal sınırlar içinde kalmadığından,

Canlıküremizi (biosfer) temiz ve yaşamaya uygun durumda tutmanın ve buna bağlı olarak olabildiğince temiz enerji kaynakları ve enerji taşıyıcıları kullanma-

nın çok önemli olduğundan,

"Temiz" birincil enerji kaynakları bulunduğundan,

İki tür enerji taşıyıcısına yani, elektrik -ki, tüketimde isteğin dörtte birini karşılayacak- ve yakita -ki, isteğin dörtte üçünü karşılayacak- gereksinim olduğundan,

Çevre için en uygun ve en verimli yakıt enerji taşıyıcısı, yani hidrojen, üretimi ve kullanımı için teknoloji bulunduğundan,

Canlıküremize ya da yaşamımıza zarar verebilecek insan-kaynaklı etkileri (enerji ya da diğerleri) ortadan kaldıran kendi kendini düzenleyen bir sisteme gereksinim olduğundan,

Aşağıdaki noktalar önerilmiştir

Ürünler (enerji taşıyıcıları ya da diğerleri), doğrudan ya da atıkları ile ya da onları üretenlerce canlıküremize ve yaşama verdikleri zarardan sorumlu olmalı,

Her ürünün bedeli, onun çevreye verdiği zararı kapsayacak şekilde bir "çevresel bedel" de içermeli,

Çevresel bedel, canlıküremize, yaşama ve yapılara yapılan zararı gidermede yetkililerce kullanılmalı; Bu bedel, bu zarara bağlı tıbbî, yenileyici ve rahatlatıcı harcamaları kapsamalı; ve kurbanların zararlarını gidermeli,

Çevresel bedelin aynı şekilde eşit olarak uygulanmasını sağlamak için uluslararası işbirliği olmalıdır.

Yukarıdakiler yapıldığında

Aşağıdaki sonuçlar ve evrensel yararlar sağlanacaktır:

Bugünkü yakıt sistemimizin yerine, sonuçta temiz ve çevreye uyumlu bir enerji sisteminin, hidrojen enerji sisteminin geçmesi garantilenecek,

Çalkantısız bir dönüşüm için bu süre içinde enerjinin (fosil, çekirdeksel ve benzeri) kullanılabileceği garantilenecek,

Bazı fosil yakıt kaynaklarının yakıt-dışı kullanımlar için -ki bunların yerine kullanılabilecek başka kaynak şimdilik yoktur- saklanabileceği garantilenecek,

Dünya çapında ekonomik gelişme, çevresel zararı giderici üretken olmayan işin zamanla azalarak uluslararası uyumluluğu ve verimli yenilenebilir enerji taşıyıcılarının kullanımını arttıracaktır.

Ürünler, bunların üretilme yöntemleri ve atıkların çevreyle uyumlu olması garantilenerek canlıküremizin ve yaşamın yokolması engellenecektir.

Bu önergenin ilkesi, küçük ölçekte de olsa şimdiden uygulamaya geçmiştir; örneğin, bir fabrikadan kaynaklanan kirlilik, onun çevresindeki çiftliklere zarar verdiğinde, çiftçilerin zararları tazmin olunmaktadır. Bizim önerdiğimiz bu ilkenin evrensel boyutlarda uygulanmasıdır. Yalnızca bir gaz boru hattındaki sızıntı ya da petrol saçılmasının yakın çevresine verdiği hasar değil, kaynağından uzakta ve bir zaman sürecinde oluşabilecek uzun dönemli zarar da gözönüne alınmalıdır. (Asit yağmurundan akçaağaçların yokoluşu gibi). Böyle bir sistemde bir ürünün bedeli hesaplanırken, onun üretimi ve yapının neden olduğu çevresel zararın bedeli de bir ek bedel olarak eklenmelidir. Bu ek bedel canlıküremizde kirleticilerin neden olduğu zararı gidermede ve buna bağlı tıbbî ve rahatlatıcı harcamaları kapsayacak şekilde ve kurbanların zararlarını giderici şekilde yetkililerce kullanılabilmelidir. Eğer "kirleten öder" ilkesi yasalaştırılırsa, temiz, güvenlikli yakıtlara -ki bunların içinde en açık seçenek güneş -hidrojen enerji sistemidir- yatırım isteği çok daha fazla artacaktır. Ayrıca başka önemli yararlar da sağlanacaktır. Sonuçta, tüm ürünlerin temiz ve çevreye uyumlu olması gerekecek, canlıküremizin yavaş ölümü bir son bulacak, bu gezegen üzerindeki yaşam korunacak ve gezegendeki canlılara (insanlar, hayvanlar ve bitkiler) daha nitelikli bir yaşam sağlanacaktır.

İşte bu nedenlerle okurlarımızın ve daha geniş kitlelerin, yasa yapıcılarını ve hükümet görevlilerini, bu önergedeki ilkeleri kapsayan yasalara yönelmeleri için zorlamalıdırlar. Şu noktalara dikkat çekilmelidir:

• Çevre korunmalıdır.
• Halk sağlığı korunmalıdır.
• Savurganlık azaltılmalıdır.
• Çevreyle uyumlu mal ve üretim yöntemlerine yöneliş sağlanmalıdır.
• Tüketici maliyetlerini azaltmaya yönelik olmalıdır. Çevresel zararı giderici ve kirliliğe bağlı sağlık sorunları zamanla ortadan kalkacağından, bunlar için yapılan üretken olmayan harcamalar da azalacak ve bunun sonucu vergilerde indirim yaşanacaktır.

Güneş-hidrojen enerji sistemi artık zamanı gelmiş bir düşüncedir. Artık bu yolda geri dönüş yoktur. Gerçekleşeceğinden en ufak kuşkumuz yok. Böylece güzel dünyamız kendi ekolojik sistemini destekleyen, çoktan hak ettiği bir enerji sistemine kavuşacaktır. Gördüğünüz gibi her şey size bağlı.