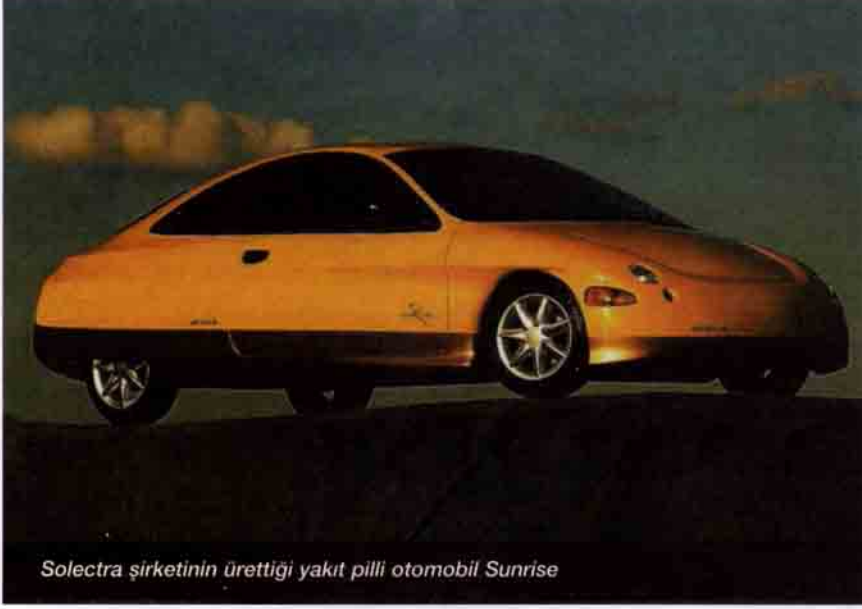


Geleceğin Temiz Enerji Kaynağı Yakıt Pilleri



Solectra şirketinin ürettiği yakıt pilli otomobil Sunrise

İçten yanmalı motorların otomobillerdeki 100 yıllık egemenliği artık sona eriyor. Bilim adamları geleceğin taşıtını belirlediler: Yakıt pilleriyle çalışan elektrikli taşıt. Yakıt pilleri yalnızca taşımacılık alanında değil, elektrik üretiminde de kökten değişikliklere yol açacak...Yollarda sessiz çalışan otomobiller egzoz borularından yalnız su buharı çıkararak giderken, binlerce kilometrelik elektrik iletim ve dağıtım hatları artık görülemeyecek. Onlar da büyük elektrik santralleri gibi ortadan kalkacaklar...

Japonya'nın Kyoto kentinde, 1-11 Aralık 1997 tarihleri arasında küresel iklim değişikliği konusunun ele alındığı büyük bir konferans düzenlendi. Konferansa 160 ülkeden on binin üzerinde kişi katıldı. Katılımcılar arasında milletvekilleri, bakanlar, uluslararası kuruluşların temsilcileri, bilim adamları ve basın mensupları vardı. Konferans on gün sürdü. Konferans boyunca dünyanın geleceğine yönelik önemli tartışmalar ve pazarlıklar yapıldı. Bunlarda saptanan sonuçlar, katılımcı ülkelerin temsilcilerinin imzaladığı Kyoto Protokolü'nde toplandı.

Bu tarihi protokoldeki kararlar, başta ABD olmak üzere sanayileşmiş 38 ülkenin atmosfere saldırdığı ve sera etkisine yol açan gazları sınırlandırmaları doğrultusunda. Bu kararlara göre, sanayileşmiş ülkeler gaz yayımlarını, 2008-2012 yılları arasında, 1990'daki düzeylerinin % 5 altına çekmek zorundalar. ABD'nin ise atmosfere yay-

dığı gazların miktarını 1990'daki düzeyinin % 7 altına çekmesi gerekiyor. Çünkü atmosfere salınan ve sera etkisi yaratan gazların yaklaşık beşte biri ABD'deki şirket ve kuruluşların bacalarından çıkıyor.

Gerçekte ABD'nin atmosfere saldırdığı bu zararlı gazların tümüyle bacalardan çıktığı söylenemez. Çünkü bu ülkenin enerji tüketiminin 1/4'ü ve petrol tüketiminin de yaklaşık 2/3'ü taşımacılık alanında gerçekleşiyor. Yani bu zararlı gazların yaklaşık üçte birinin sorumlusu, Amerika'da yollarda gidip gelen 190 milyon taşıt. Ne yazık ki bu sayı da sabit kalmıyor,

her geçen gün artıyor. Tahminlere göre dünyadaki otomobil sayısı (520 milyon) da 2030'da ikiye katlanacak. Taşıt sayısının artışına ek olarak taşıt başına alınan yol miktarı da artıyor.

Gerçekte tek bir otomobilin çevreye yaydığı gazların tutarı çok da fazla değildir. Ne var ki otomobil sayısı artınca durum değişiyor. Bugün Ankara, İstanbul, Kahire, Tokyo, Los Angeles gibi büyük kentlerdeki hava kirliliğinin birinci nedeni yüz binlerce (hatta milyonlara) taşıtın çıkardığı gazlardır.

Bir taşıt, yakıtın motorda yanmasıyla ortaya çıkan kuvvet sayesinde ilerler. Bu yanma sırasında zararlı yan ürün (atık) olarak birtakım gazlar oluşur. Bu gazlar da hava kirliliğine ve küresel ısınmaya yol açar.

Benzin ve dizel yakıtları, hidrokarbon olarak anılan, hidrojen ve karbon içeren bileşiklerdir. Kuramsal olarak "kusursuz" bir motorda, havadaki oksijenle yakıttaki hidrojen birleşerek suya dönüşürken yakıttaki karbonla



birleşen oksijen de karbondioksit (CO_2) dönüşür. Motorda gerçekleşen bu yanma sürecinden havadaki azot (N) hiç etkilenmez. Ne var ki gerçekte yanma süreci kusursuz değildir ve bu sırada motorda birkaç çeşit zararlı gaz da ortaya çıkar. Bu gazlar, hidrokarbonlar, azot oksitler ve karbon monoksittir. Hidrokarbonlar, motorda yanmayan ya da kısmen yanmayan yakıt molekülleridir. Bunlar güneş ışığı altında ve azot oksitlerin bulunduğu bir ortamda yer düzeyinde ozon (O_3) oluştururlar. Ozon, gözleri tahriş eder ve ciğerler için zararlıdır. Solunum sorunlarına yol açar.

Motorun yüksek basınç ve sıcaklık altındaki ortamında, havadaki azot ve oksijen atomları da tepkimeye girerek değişik azot oksit bileşiklerini oluşturur. Bunlar kısaca NO_x biçiminde gösterilir. Azot oksitler de hidrokarbonlar gibi ozon oluşumuna neden olur. Ayrıca asit yağmurlarının oluşumunda da rol oynar.

Karbon monoksit yakıt moleküllerindeki karbon (C) ile havadaki oksijenin tam olarak yanmadan birleşmesiyle oluşur. Karbon monoksitin kan dolaşım sistemi üzerinde zehirleyici etkisi vardır, özellikle de kalp rahatsızlığı olanlar için tehlikelidir. Karbon dioksit doğrudan insan sağlığını tehdit etmez. Ne var ki sera et-



Dünyanın önde gelen otomobil üreticileri gerçekte yıllardır elektrikli otomobiller üzerine çalışıyorlardı. Ne var ki Daimler-Benz'in geçtiğimiz Nisan ayında yaptığı "2005'te yılda 100 000 elektrikli otomobil üreteceği" açıklamasından sonra bu çalışmalar büyük bir hız kazandı.

kişine yol açan gazların başında geldiğinden küresel ısınmaya yol açmaktadır.

Taşıtların egzoz borularından çıkan bu gazlardan başka, bir de yakıt depolarında buharlaşan yakıtın oluşturduğu gaz salımı vardır. Bu yakıt buharı, sıcak günlerde havadaki hidrokarbon kirliliğinin önemli bir bölümünü oluşturur. Park halindeki taşıtların yakıt depolarındaki yakıt, çevre sıcaklığının artmasıyla buharlaşmaya başlar. Gitmekte olan taşıtlardaysa ısınan motorlar, az da olsa yakıt buharlaşmasına yol açar. Ayrıca yakıt deposunda her zaman bir miktar benzin buharı vardır ve depoya yeni benzin doldururken bu buhar havaya karışır.

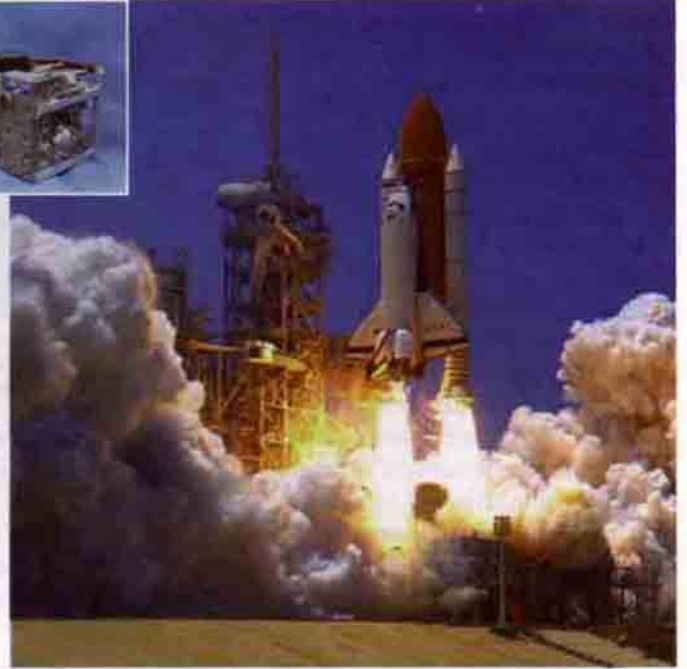
1970'lerden bu yana taşıtların yaydığı egzoz gazlarının miktarında

bir düşüş olmuştur. Bunun temel nedeni motor tasarımlarındaki gelişmeler ve hidrokarbon buharlarıyla azot oksitleri azaltıcı sistemlerin eklenmiş olmasıdır. Ayrıca 1975'te katalitik dönüştürücü icat edilmiştir. Bununla birlikte hidrokarbonların ve karbon monoksidin atmosfere salımı biraz daha azalmıştır. Havadaki kurşun düzeyinin düşmesinde de 1975'te yaygın olarak kullanılmaya başlanan kurşunsuz benzinin büyük rolü olmuştur. Böylece kurşun kirliliğine bağlı, insan sağlığına ve çevreye yönelik sorunlar azalmıştır.

Temiz Hava Yasası

1990'da ABD'nin California eyaletinde çıkan bir yasa, çevreye zararlı gaz yayan geleneksel taşıtların yerine, bu tür gazları hiç yaymayan taşıtların üretilmesini zorunlu kıldı. Bu tür taşıtlara kısaca ZEV (Zero Emission Vehicle -gaz yaymayan taşıt) deniyor. Bu yasaya göre otomobil şirketleri 1998'de California'daki üretimlerinin % 2'sini ZEV olarak gerçekleştirmek zorundalar. Bu oran 2001'de % 5'e ve 2003'te de % 10'a yükselecek. Bu da bu yıldan itibaren yılda ortalama 20 000 ZEV üretimi demek. Üretimlerini bu doğrultuda değiştirmeyen şirketler üretmeleri gereken ama üretmedikleri her ZEV için 5000 dolar ceza ödeyecekler. California'da çıkan bu yasadaki hemen sonra, New York ve Massachusetts'te de benzer yasalar çıktı. Doğal olarak bu yasalar, ABD otomobil üreticilerini zor duruma soktu. Dev otomobil şirketleri hemen bu yasalara karşı çıktılar. Yasaların iptali yönünde çalışmaya başladılar. Ne var ki bu çabalarının başarısız olabileceğini de göz önüne alarak, istenilen

Üretici	Model	Akü tipi	Menzil (km)	Hız (km/saat)
ABD				
GM	Impact	Kurşun-asit	144	120
Ford	Ecostar	Sodyum-kükürt	152	112
Chrysler	TE Van	Nikel-demir	128	112
Japonya				
Toyota	Townace	Kurşun-asit	160	109
Nissan	Cedric EV	Kurşun-asit	120	96
Mitsubishi	Libero	Kurşun-asit	250	130
Mazda	Roadstar EV	Nikel-kadmiyum	180	128
Daihatsu	Hijet	Kurşun-asit	128	80
Almanya				
Volkswagen	Citistromer	Kurşun-asit	120	104
Fransa				
Peugeot	J5/C25	Kurşun-asit	-	-
Renault	Master/Expr	Kurşun-asit	-	-
SEER	Volta	Kurşun-asit	-	-
İsviçre				
Horlacher	Sport	Sodyum-kükürt	496	123
Esoro	E301	Nikel-kadmiyum	144	120
İtalya				
Fiat	Panda	Kurşun-asit	70	80



Yaklaşık 150 yıldır unutulmuş olan yakıt pilleri 1950'lerin sonunda başlayan uzay yarışıyla yeniden gündeme geldi. Bu piller günümüzde Uzay Mekiği'nin elektrik gereksinimini karşılıyor.

türde, çevreye ve insan sağlığına zarar vermeyen taşıt teknolojileri için Ar-Ge çalışmalarını da başlattılar.

Aslında yasaya uygun taşıt üretmek için, üzerinde çalışılabilecek çok fazla seçenek yoktu. Şirketler doğalgaz ya da sıvılaştırılmış petrol gazıyla (LPG) çalışan ve çıkan gazları oldukça azaltan taşıtların deneme modellerini ürettiler. Hatta Ford otomobil şirketi bazı ürünlerini piyasaya da sürdü. Ama gerek LPG gerekse doğalgaz yenilenebilir enerji kaynakları değildi. Artan taşıt sayısı ve taşıtların artan kullanımıyla birlikte, bu kaynakların dünyada sınırlı miktarda olduğu göz önüne alındığında bu tür taşıtların belki bir ara çözüm olabileceği anlaşıldı. Çok geçmeden de üzerinde asıl çalışılması ve gerçekleştirilmesi gereken taşıt tipi kendini belli etti: Elektrikli taşıt.

Dünyanın önde gelen otomobil şirketleri 1990'lı yıllarda elektrikli taşıtlar üzerinde yapılan Ar-Ge çalışmalarına hız verdiler. Bu çalışmalarda bilim adamları, üç tür elektrikli taşıt üzerinde yoğunlaştı;

- akümülatörlü taşıtlar,
- hibrit (elektrikli/benzinli) taşıtlar,
- yakıt pilli taşıtlar

Akülü elektrikli taşıtlarda tek enerji kaynağı olarak elektrik akümülatörü kullanılıyor. Bütün büyük otomobil şirketleri, akülü taşıt modellerinin deneme üretimlerini gerçekleştirmiş durumda. Performansları bir-

birinden çok farklı olan bu taşıtların çoğu kurşun-asit akülü olup doğru akım (DC) motorlarıyla çalışıyorlar. Ama bazı şirketler lityum-demir, nikel-metal hidrid ve lityum-polimer aküleri geliştirmeye uğraşıyorlar.

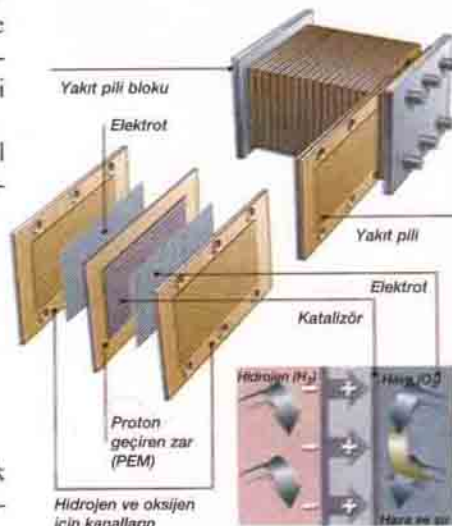
Hibrit (melez) taşıtlarda iki ayrı güç kaynağı bulunuyor; bir akü ve benzinle çalışan küçük bir içten yanmalı motor. Son yıllarda akülerin yerini alabilecek ultrakapasitörler geliştirilmiş. Bunlar elektriği doğrudan depolayan ve gerek duyulduğunda veren aygıtlar. Ultrakapasitörlerde elektrik depolanması, akülerde olduğu gibi kimyasal bir süreçle olmuyor.

Üçüncü tür elektrikli taşıtların teknolojisiyse biraz farklı. En çok umut vaat eden teknoloji de bu. Yakıt pilli elektrikli taşıtlarda akülerin yerini bir yakıt pili bloku ve bir de yakıt deposu alıyor. Depoda hidrojen ya da renkli ispirto adıyla bilinen metanol (CH_3OH) gibi hidrojen içeren bir yakıt bulunur. Eğer yakıt olarak metanol kullanılıyorsa, o zaman taşıtta bir de metanoldeki hidrojeni ayırmak için kullanılan bir aygıt bulunuyor.

Yakıt Pilleri

Aslında yakıt pilleri bilim adamları için hiç de yeni bir konu değil. İlk yakıt pili günümüzden yaklaşık 150 yıl önce İngiltere'de tasarlanmış. Bu tasarımın yaratıcısı Sir William Grove. Grove ilk yakıt pilini 1839'da yapmış.

Ne var ki kullanılabilir bir elektrik üretici olarak görülmediğinden 1950'lere değin unutulmuş. Bu tarihte, uzay uygulamalarında kullanılabileceği düşüncesiyle NASA'nın ilgisini çekmiş yakıt pilleri. Çünkü uzay araçlarındaki aygıtların çalışması için elektrik enerjisi gerekiyor. Bu enerji güneş panelleri, aküler ya da RTG (Radioisotope Thermal Generator - radyoizotoplulu ısı üretici) olarak bilinen nükleer bir aygıtla üretilebilir. Ama o dönemde güneş enerjisi sistemleri pahalı ve hacimli, aküler de ağır ve kısa ömürlü olduğundan uzay



Hidrojen ve oksijen için kanalları bulunan plakalar

Dört çeşit yakıt pili arasında taşıtlarda kullanılmaya en uygun olanı PEM'li yakıt pilleridir. Elektrikli taşıtlarda bunların yüzlercesinin bir araya geldiği bloklar kullanılmaktadır.

araştırmaları için uygun bulunmamış. Nükleer güç de uzay adamları için riskli olduğundan, uzay aracının elektrik gereksinimini karşılamak için yakıt pilleri yeğlenmiş. Yakıt pilleri hiçbir kirlenici gaz çıkarmadıkları gibi çok da az gürültülüdür. Gerçekte bunlar, uzay ortamı için ideal bir enerji kaynağıdır. Bu nedenle Gemini ve Apollo projeleri gibi insanlı uzay projelerinde, uzay araçlarının elektrik gereksinimi, yakıt pilleriyle sağlanmıştır. Bugün Uzay Mekiği'nin elektriği de 12 kW'lık yakıt pilleriyle üretilmektedir.

Yakıt pillerinde yakıt olarak metanol, etanol, doğalgaz, LPG ya da hidrojen kullanılabilir. Ama tüm bu yakıtlar arasında enerji verimi en yüksek olanı hidrojenidir. Ayrıca hidrojen, yan ürün olarak yalnızca su buharı çıkarır. Öteki yakıtlarsa, az da olsa zehirli ya da sera etkisine yol açan gazlar yaymaktadırlar. Bunların enerji verimi de hidrojeninki kadar yüksek değildir.

Hidrojenin taşıtlarda yakıt olarak kullanılması düşüncesi yakıt pilleriyle birlikte çıkmış değil. Hidrojenden bir yakıt olarak yararlanmayı ilk düşünenler onu geleneksel içten yanmalı motorlar için düşünmüşler. Bu yönde yapılan araştırmaların tarihi 19. yüzyılın sonlarına değin uzanıyor.

Gerçekten de içten yanmalı benzin motorlarında yapılacak birtakım değişikliklerle, hidrojen bir yakıt olarak rahatlıkla kullanılabilir. (Bunlar bugün doğalgaz ya da LPG ile çalışan motorların benzerleri). Hidrojen, içten yanmalı bir motorda yakıldığında hiç karbon monoksit, hidrokarbon ve partikül ya da karbon dioksit yaymıyor. Tek zararlı yan ürünü, yanma sırasında yüksek motor sıcaklığında havadaki azotla oksijenin birleşmesi sonucunda oluşan NO_x 'ler. Ama bu NO_x düzeyi de benzinle çalışan günümüz taşıtları-



Yakıt pilleri geliştirilmeseydi geleceğin taşıtları, enerjilerini akülerden alacaktı. Bu akülerin yeniden şarj edilmeleri için de kentlerin değişik yerlerinde dolun noktaları olacaktı.

nın % 10'u dolayında. İnsan sağlığı ve çevre sorunları açısından bakıldığında hidrojen, geleneksel içten yanmalı motorlu taşıtlar için bile daha iyi bir yakıt.

II. Dünya Savaşı sırasında petrol sıkıntısı çeken Almanya'da hidrojenle çalışan 1000'in üzerinde taşıt bulunuyordu. 1973 petrol krizinden sonra da ABD'de, Avrupa'da ve Japonya'da hidrojenle çalışan taşıtların deneme üretimleri yapılmıştı. Ne var ki bugün hidrojenin yakıt pilleri için yakıt olarak kullanımı çok farklı. Çünkü geliştirilen yeni teknolojide artık içten yanmalı motor yok.

Yakıt pilleri elektrokimyasal bir süreç sonunda yakıtta depolanmış enerjiyi doğrudan doğruya akıma dönüştürüyor. Hareketli parçaları yok. Bu süreçte, geleneksel taşıtlarda olduğu gibi bir yanma evresi de bulunmuyor. Bu nedenle temiz bir çevre ve insan sağlığı açısından eşsiz bir teknoloji.

Bütün yakıt pilleri aynı temel ilkelerle çalışır. Yakıt pillerinde iki in-



ce elektrot ve bunların arasına sıkıştırılmış bir elektrolit bulunur. Anoda gelen yakıt, orada iyonlara ve elektronlara ayrışır. İyonlar elektrolitten geçip katoda ulaşırken elektronlar da bir elektrik devresi üzerinden DC motoruna gönderilir. Katotta iyonlar oksijenle birleşip su buharı ve karbon dioksit üretir. Yakıt pilinde kullanılan yakıt ve elektrolite bağlı olarak farklı tepkimeler olur. Farklı tepkimelerde de değişik yan ürünler ortaya çıkar.

Kullanılan elektrolite göre dört çeşit yakıt pili vardır;

- fosforik asitli
- ergimiş karbonatlı
- katı oksitli
- proton geçiren zarlı (Proton Exchange Membrane -PEM)

Bu dört farklı yakıt pili arasında, taşıtlarda kullanıma en uygun olanı PEM'li yakıt hücreleridir.

PEM'li yakıt hücrelerinde elektrolit olarak ince bir zar (PEM) kullanılıyor. Zarın iki tarafında iki plaka (elektrotlar) bulunuyor. Bu elektrotlardan birine oksijen ötekine de hidrojen veriliyor. Doğal olarak birleşme eğilimindeki iki gazın arasındaki zar, birleşme sürecini değiştiriyor. Bu zar yalnızca hidrojen atomu çekirdeklerinin (tek proton) geçmesine izin veriyor. Elektronlara elektrotta kalıyor. Böylece bu elektrot (anot) eksi yükleniyor. Öte yandan, karşı tarafa geçen protonlar da o

Yakıt Pilleri

Yakıt Pili Tipi	Fosforik asitli	Ergimiş karbonatlı	Katı oksitli	PEM'li
Kullanılan Elektrolit	Fosforik asit	Ergimiş karbonatlı tuzu	Seramik	Polimer
İşletme Sıcaklığı	190°C	650°C	1000°C	80°C
Kullanılan Yakıt	H ₂	H ₂ / CO	H ₂ / CO ₂ / CH ₄	H ₂
Yakıcı Madde	O ₂ / Hava	CO ₂ / O ₂ / Hava	O ₂ / Hava	O ₂ / Hava
Enerji Verimliliği	% 40-50	% 50-60	% 45-55	% 40-50
Kullanım Alanı	Uzay ve savunma projeleri	Elektrik üretimi	Elektrik üretimi	Ulaştırma, taşıyabilir güç kaynakları



Kanada'nın Vancouver kentinde Ballard Power Systems şirketinin yanda görülen yakıt pilleriyle çalışan deneme otobüsleri hizmet veriyor.

elektrotu (kator) artı yüklüyor. Bu iki elektrot arasında kurulan bir elektrik devresinde de akım oluşuyor. Bu olayın yan ürünü olarak oksijenin hidrojenle birleşmesinin sonucunda su (H₂O) ortaya çıkıyor. Eğer yakıt pilinde yakıt olarak hidrojen yerine doğalgaz kullanılırsa yan ürün olarak az bir miktar CO₂ de oluşuyor. Ama doğalgazdan elde edilen enerjinin verimi hidrojeninki kadar yüksek değil.

Gerçekte benzinle çalışan taşıtların yerine hidrojenle çalışanların geçmesi yalnızca taşıt tasarımındaki değişiklikten ibaret değil. Söz konusu olan, 21. yüzyılda yepyeni bir taşıma sistemine hatta yepyeni bir enerji sistemine geçilmesi. Bu yeni sistemde artık petrol rafinerilerine, rafinerilerden benzin istasyonlarına yakıt taşıyan tankerlere gerek kalmayacak. Benzin istasyonlarının yerini hidrojen istasyonları alacak. Üretilen hidrojeni istasyonlara ulaştırılan bir dağıtım şebekesi kurulacak. Bu dağıtım, belki boru hatlarıyla belki de yine tankerlerle gerçekleştirilecek. Büyük hidrojen üretim merkezleri kurulacak.

Bugün sanayide kullanılan hidrojenin büyük bir bölümü doğalgazdan elde ediliyor. Bu yöntem hem ucuz (şimdilik) hem de sağlam bir altyapıya sahip. Doğal olarak asıl amaç, hidrojeni yenilenebilir kaynaklardan üretmek. Hidrojeni, doğalgazdan elde etmenin dışında bugün için bilinen beş yöntem daha var:

1. Sudaki hidrojenin elektrik enerjisiyle oksijenden ayrıştırılması (elektroliz).
2. Organik malzemelerden hidrojen üretilmesi.
3. Bazı alglerin ve bakterilerin

atık olarak ürettikleri hidrojenin toplanması.

4. Suyu 3100°C'nin üzerinde ısıtarak molekül bağlarını koparıp element olarak hidrojen ve oksijen elde edilmesi.

5. Güneş ışınlarından yararlanarak sudaki hidrojenin ayrıştırılması.

Ne var ki bu yöntemlerin çözülmesini bekleyen birtakım teknik ve ekonomik sorunları bulunmakta. Ama bilim adamları, on yıl içinde bu yöntemlerin de ticari olarak uygulanabilir duruma getirileceğini tahmin ediyor.

Çok büyük miktarlarda hidrojen üretimini gerçekleştirecek ekonomik yöntemler geliştirilirken bir

yandan da bu yakıtın dağıtımını sağlayacak bir sistem kurma çalışmaları yürütülecek. Günümüzde dünyada üretilen az miktarda hidrojen genellikle boru hatlarıyla taşınıyor. Ancak bu hatlar çok kısa. Örneğin, ABD'deki 350 000 km'lik petrol boru hattı ve 2 100 000 km'lik doğalgaz boru hattının yanısıra yalnızca 800 km'lik hidrojen boru hattı bulunuyor. Öteki ülkelerde de durum farklı değil. Ne var ki hidrojen boru hattı teknolojisi yıllardır bilinen ve kullanılan bir teknoloji. Bu nedenle gerekli kararlar alındığında hidrojen boru hattı sistemi rahatlıkla kurulabilir. Ya da yapılacak birtakım değişikliklerle doğalgaz boru hatlarından yararlanılabilir. Ayrıca dağıtım için bir başka seçenek daha var: Sivilleştirilmiş hidrojeni tankerlerle ve trenlerle taşıma.

Yakıt pilleriyle çalışan ve yakıt olarak hidrojen kullanan taşıtların bir sorunu daha var: Hidrojenin depolanması. Bunun için iki yöntem üzerinde duruluyor. Birincisi yüksek basınç altında sıkıştırılmış gaz olarak depolanması. İkincisi de yine yüksek basınç altında ve düşük sıcaklıkta sıvılaştırılmış hidrojen biçiminde.

NECAR ve NEBUS

1990'ların başında hemen hemen bütün büyük otomobil şirketleri yakıt pilleriyle işleyen otomobillere yönelik araştırma programlarını başlattılar. Bu projeler arasında Toyota ve Daimler-Benz şirketlerinin de öne geçti. Geçtiğimiz Nisan ayında Daimler-Benz yetkilileri yakıt pilli taşıtlara geçiş için hazırladıkları zaman çizelgesini basına gösterdi. Aynı günlerde yakıt pilleri alanında lider durumdaki Kanada şirketi Ballard Power Systems'in dörtte bir hissesini de aldı. Ballard ile birlikte 150 milyon dolarlık ortaklaşa bir şirket kurdular. Bu şirket yakıt pilleriyle çalışan elektrikli otomobiller üretecek. Daimler-Benz bu şirketin 2005'te yılda 100 000 taşıt üreteceğini açıkladı. Yılda 700 000 otomobil üretimiyle dünyanın 15. büyük otomobil üreticisi durumundaki Daimler-Benz'in bu açıklaması yalnız dev otomobil üreticilerinde değil başta petrol şirketleri olmak üzere enerji alanındaki tüm şirketlerde şaşkınlık yarattı.

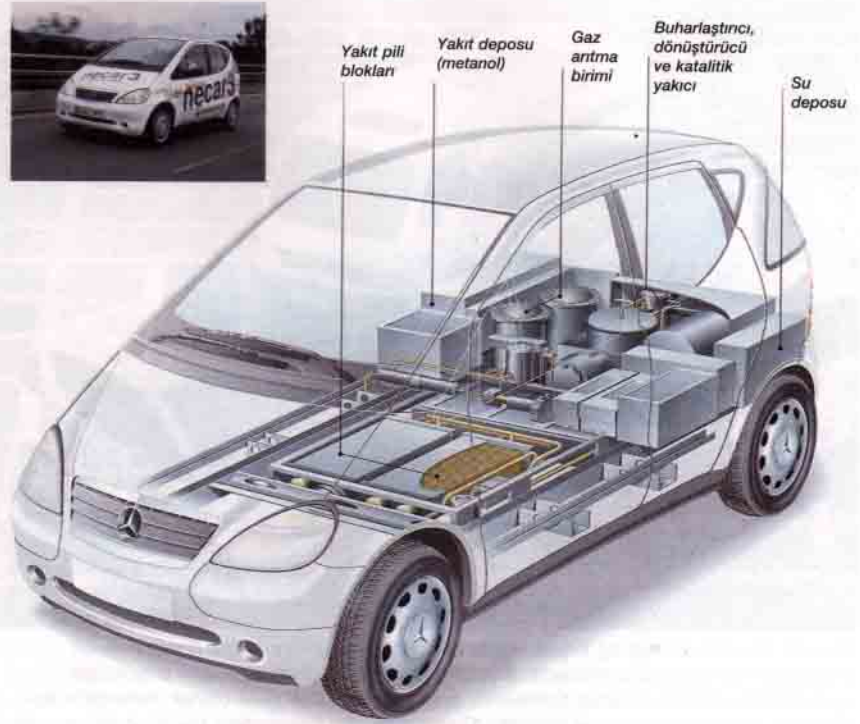
Ballard, Daimler-Benz ortaklığı 1994'e kadar uzanıyor. O yılın Mayıs ayında PEM'li yakıt pilleriyle çalışan ilk otomobili birlikte ürettiler; NECAR I (New Electric CAR -yeni elektrikli otomobil). NECAR I, iki kişi taşıyabiliyordu. Menzili (bir depo hidrojenle kat edileceği uzaklık) de yalnızca 130 km'yd. İki yıl sonra yine Mayıs ayında NECAR II üretili. NECAR II altı kişi taşıyabiliyordu ve menzili

de iki katına çıkmıştı; 250 km. NECAR I'den % 20 daha hafif olan bu minibusün erişebildiği en yüksek hız da 90 km/saat. 1997 başlarında NEBUS adlı otobüs üretili. 250 km menzilli bu otobüs kent içi ulaşımda geleneksel otobüsler gibi rahatlıkla kullanılabilir. NEBUS çatısındaki güneş panelleri sayesinde ek bir elektrik üretimi daha gerçekleştirebiliyor. Bu elektrik de otobüsün havalandırma sisteminde kullanılıyor. Aynı yılın Eylülünde NECAR III halka gösterildi. NECAR III önceki üç taşıttan da farklıydı. Yakıt olarak hidrojen değil metanol kullanıyordu. Metanoldeki hidrojen, otomobilin seyri sırasında ayrıştırılıp yakıt pillerine veriliyordu. Yakıt olarak benzin ve dizel de düşünülmüş ama bunların verimleri düşük olduğundan metanol yeğlenmiş. Metanolün yakıt olarak kullanılmasının birçok üstünlükleri var. Metanol de tıpkı benzin gibi oda sıcaklığında sıvı bir madde. Yani benzin istasyonlarında önemli bir değişikliğe gidilmeden kolaylıkla satılabilir. Taşıtlarda metanol için gereken yakıt deposu hidrojeninkinden çok daha küçük ve hafif.

NECAR III bir depo (40 litre) metanolle 400 km gidebiliyor. Daha önceki modeller gibi NECAR III'ün de egzoz borusundan yalnızca su buharı çıkıyor. Otomobil çok sessiz ilerliyor. İçindeyken bir kompresörün hafif mırıltısı duyuluyor, dışarıdan hiç ses duyulmuyor.

Yakıt Pili Elektrik Santralleri

21. yüzyılda bilgi devrimiyle birlikte bir de enerji devrimi yaşayacağımız gibi görünüyor. Yakıt pillerinin büyük miktarlarda elektrik üretiminde kullanılmasına yönelik araştırmalar son birkaç yılda yoğunlaşmış durumda. Çünkü yakıt pilleri yalnızca taşıtlar için değil, yaşamımızın her alanındaki enerji sorununa çözüm getiriyor. Hem de insanlara ve doğaya hiçbir zarar vermeden. Bu nedenle Exxon, Motorola, Texaco, 3M, Westinghouse, General Motors, DuPont, JPL (NASA), Siemens gibi büyük şirket ve kuruluşlar da bu konuda söz sahibi olmak istiyorlar. Bu yeni ve temiz teknolojinin gelecekte elektrik üretiminde de çok önemli bir yeri olacağı tahmin ediliyor. Bunun temel nedeni yakıt pillerinin mevcut sistemlerden çok daha verimli olması. Günümüz fosil yakıtlarını kullanan termik elektrik santrallerinin enerji verimliliği % 30 dolayında. Verimin bu denli düşük olmasının temel nedeni de kullanılan yakıtlardan, önce ısı enerjisi elde edilmesi sonra da ısı enerjisinin elektriğe dönüştürülmesi. Bu dönüşüm sırasında büyük bir enerji kaybı oluyor. Yakıt pillerindeyse böyle bir sorun yok. Hareketli parçası bulunmayan yakıt pillerinde elektrik doğrudan üretiliyor. Herhangi bir alışılmış yanma süreci ya da dö-



Beş yıl içinde yakıt piliyle çalışan üçüncü kuşak otomobilleri geliştiren Daimler-Benz şirketi şimdilik bu alanda dünya lideri konumunda. Necar III'ün bildiğimiz otomobillerden görünüş olarak hiçbir farkı yok. Ama yakıt olarak metanol kullanıyor ve egzoz borusundan yalnızca su buharı çıkartıyor.

nen makineler yok. Bu nedenle de enerji verimini düşürecek bir kayıp söz konusu değil.

Büyük miktarlarda elektrik üretecek yakıt pillerinde katı oksit ya da ergimiş karbonat teknolojisi yeğleniyor. Bunlar gerek fosforik asitli gerekse PEM'li yakıt pillerinden çok daha yüksek sıcaklıklarda çalışıyor ve enerji verimleri de % 55 düzeyinde.

Elektrik üretimi sırasında ortaya çıkan karbon dioksit ve sıcak su buharı da başka bir türbini döndürmede, yani ek bir elektrik üretiminde kullanılıyor. Böylece bu yakıt pilli elektrik santrallerinde enerji verimi % 80'ler düzeyine yükseliyor.

Görülmemiş düzeydeki enerji veriminin yanı sıra, yakıt pilli elektrik santralleri çok da az yer kaplıyorlar. 2 MW'lık güç üretebilen böyle bir santral, 20 m² den az bir alana kurulabiliyor. Bu durumda elektriğin, tüketicilerin bulunduğu kentlerden uzakta üretilmesine gerek kalmıyor. Gelecekte tüketicilerin bulunduğu yerlerin yakınına kurulacak yakıt pilli santraller, gereksinimleri karşılayacaktır. Böylece elektrik santrallerinden kullanıcılara kadar uzanan yüzlerce hatta binlerce kilometrelik iletim hatlarına, aradaki transformatör merkezlerine de gerek kalmaz. Bu, milyarlarca dolarlık bir tasarruf demektir. Ayrıca iletim sırasında ortaya çıkan elektrik kayıpları da ortadan kalkar. Böylesi küçük üretim merkezlerinin, tüketicilere (yani yüklerle) yakın konumlanması, elektrik şebekesinin işleyişi açısından da yararlıdır. Kullanıcılara yakın, sisteme yayılmış binlerce küçük santral, bütün sistemin hem güvenliğini



Yakıt pilleriyle çalışan elektrik santralleri hem çok verimli hem de boyutları küçük. Daha şimdiden yüzlercesi dünyanın değişik kentlerinde kurulu durumda. Günümüzde elektriğin ulaştırılmasının olanaksız ya da çok pahalı olduğu yerler için ideal bir çözüm. Bu alanda çalışan şirketler önümüzdeki 7 yıl içinde 2 milyar dolarlık bir pazar oluşacağını tahmin ediyorlar.





Daimler-Benz'in ürettiği üç kuşak Necar birarada. Necar I ve Necar II yakıt olarak doğrudan hidrojeni kullanıyorlardı. Yakıt deposunun ve öteki aygıtların büyüklüğü nedeniyle bu taşıtlar minibüs tipindeydi. Ancak Necar III'te yakıt olarak metanolün kullanılması yakıt deposunu çok küçülttü. Donanımın geri kalanındaki küçülme sonucunda da günümüz otomobillerinden hiçbir farkı olmayan bir elektrikli otomobil ortaya çıktı.

hem de güvenilirliğini arttırır. Ama yakıt pillerinin kullanıldığı elektrik üretiminin, ekonomik olarak değerlendirilmesi yapılamayan çok önemli bir yararı daha var; bu santrallerden atmosfere zehirli gaz salınmaz.

Gerçekte yakıt pilli küçük elektrik santrallerinin pazarı, otomobil pazarından bile büyük. ABD enerji bakanlığının tahminlerine göre, 2015 yılında dünya enerji tüketimi 1995'inden % 20 fazla olacak (bu oran gelişmekte olan Asya ülkelerinde % 129). ABD'de bazı özel elektrik şirketleri bu tip santraller üzerindeki Ar-Ge çalışmalarını arttırdılar. Çünkü 2005 yılına kadar 2 milyar dolarlık yakıt pilli elektrik satmayı hedefliyorlar. Böyle bir pazar için Ballard Power Systems şirketi 2002'de 20 kW'lık ve 250 kW'lık yakıt pilli elektrik santrallerini piyasaya sürmeyi planlıyor. Bilim adamları önümüzdeki yüzyılda dev elektrik santrallerinin ortadan kalkacağını öngörüyorlar. Onların yerini, evlerde bir fırın (belki de önceleri bir buzdolabı) büyüklüğündeki yakıt pilli santrallerin alacağını düşünüyorlar. Tabii tüm bunların 20-30 yıldan önce gerçekleşmesi pek olası değil. Ama

tahminlere göre 2050 yılında dünya elektrik üretiminin önemli bir bölümü, yakıt pilli elektrik santrallerinden karşılanıyor olacak. Daha şimdiden dünyanın değişik yerlerinde çalışmakta olan yüzlerce böyle santral var. Bunların bir bölümünü ABD'deki ONSI şirketi üretmiş. Hemen hemen bir minibüs boyutlarındaki bu santraller 200 kW güç üretebiliyor. Şirket California'da da 2 MW'lık ergimiş karbonat teknolojiye sahip bir elektrik santrali kurmuş. Santraldeki yakıt pilleri 650°C'de çalışıyor. Ne var ki bu santrallerin tasarımları da bakım ve onarımları da şimdilik zor oluyor.



Japonya'nın en büyük otomobil üreticisi Toyota şirketi yakıt pilli otomobil teknolojisini geliştirmek için tahminen yılda 700 milyon dolar harcıyor. Toyota'nın Ekim 1996'da ürettiği Fuel Cell EV adlı ilk yakıt pilli deneme otomobili.

Bu alanda etkinlik gösteren tek şirket ONSI değil. International Fuel Cells şirketi de bugüne değin 140 santral kurmuş. 185 de sipariş almış. ABD'nin Connecticut eyaletindeki Research Corporation şirketi ise 1500 evin elektrik gereksinimini karşılayacak 2,85 MW'lık bir santral üzerinde çalışıyor. Kanada şirketi Westinghouse da katı oksit teknolojisine dayanan yakıt pilli santralleri araştırıyor. Şirketin Hollanda'da 100 kW'lık bir deneme santrali bulunuyor.

Ne var ki şimdilik asıl mücadele 21. yüzyılın otomobil pazarından en büyük payı kapmak için veriliyor. Bu mücadelede, Daimler-Benz ve Toyota şirketleri lider durumdadır. Ama dünyanın bütün büyük otomobil üreticileri, yakıt pilli otomobil projelerini hız verdiler.

Projelerdeki hızlı gelişmelere karşın, üstesinden gelinmesi gereken daha pek çok sorun var. En verimli ve kullanışlı otomobili tasarlamakla iş bitmiyor. Çünkü sorun taşımacılık alanının enerji kaynağı olan petrolü devre dışı bırakıp yerine hidrojeni geçirmek. Dev hidrojen üretim tesisleri, hidrojen dolum istasyonları ve yaygın bir dağıtım ağı kurmak gerekiyor. Ama bu alanda çalışan tüm bilim adamları iyimser. Onlar 10 yıl içinde bütün sorunların çözüleceğinden emin.

Öyle görünüyor ki 21. yüzyılda dünya dengeleri petrol üzerine değil de yeni ve temiz bir enerji kaynağı olan hidrojen üzerine kurulacak. Dünyanın en büyük petrol şirketleri, otomobil üreticileri ve elektrik şirketleri hidrojenle elektrikli en verimli biçimde üretecek yakıt pillerini geliştirmeye çalışıyor. Gelişmelere bakılırsa iki binli yıllara yakıt pilli taşıtları kullanarak gireceğiz. Yüzyılın ortalarına doğru da evlerimizde, işyerlerimizde kullandığımız elektrik yine yakıt pilli santrallerde üretiliyor olacak.

Çağlar Sunay

Kaynaklar

- Daimler Benz, Hightech Report'98, Stuttgart, 1998
 Scientific American, The Case for Electric Vehicles, Sperling, D., Kasım 1996
<http://www.webcom.com/pcl/zev/update.html>
<http://www.informinc.org/gearup.htm>
<http://www.wired.com/wired/5.10/hydrogen.html>
<http://www.i-way.co.uk/~ectechnic/FCTYPES.HTML>
<http://www.eccc.ksu.edu/~sumrtn/fuelcell.html>
<http://www.dofuelcell.com/fcoescriptions.html>
<http://www.web.apc.org/users/ortec/transportation/report3/chapter1.html>
<http://www.ballard.com/03pr/pr0100.html>
http://www.daimler-benz.com/research/text/70526a_e.htm

suya
toza
darbeye
sarsıntıya
dayanıklı
başka

notebook
yooooook!



adı: **Panasonic TOUGHBOOK**

Magnezyum kasası ile 20 kat daha dayanıklı

CEB/11

Pancom

Panasonic Computer Products & Peripherals OPS Türkiye Genel Distribütörü
Balıkesir Sokakı Kat: 3. Kat, Balıkesir Plaza 2 No: 32 D: 3-4 B. Beşiktaş / İstanbul / Türkiye
Tel: (0212) 374 57 23 (Pbx) Fax: (0212) 374 71 80 E-mail: sales@pancom.com.tr
ANKARA, Çarşı Cad. No: 48/11 Çankaya-ANKARA / e-mail: ankara@pancom.com.tr

Panasonic
Computer Products