

REKABET GÜCÜ

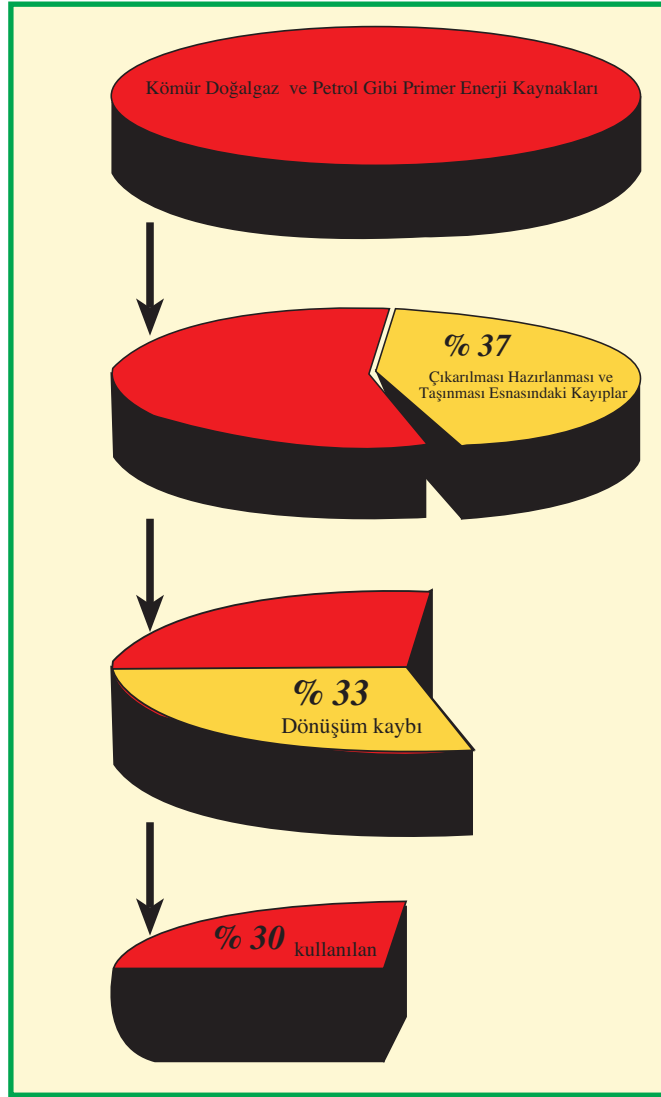
Bu bölüme kadar anlatılan konular ışığında bu yeni enerji sisteminin insanoğlunun geleceği için kaçınılmaz olduğu ve mevcut felaketlerde göz önüne alındığında bu geçişin bir an önce olması gerektiğini söylemek mümkündür. Sistemin eksik yanları da göz önünde bulundurularak değerlendirilmelidir. Ancak her dönüşümün bir bedeli olduğuda unutulmamalıdır. Global dünya ekonomisinde ucuza elde edip pahalıya satmak en önemli politikadır. Bu açıdan bakıldığında hidrojenin mevcut enerjilerin yerini alması çokta kolay gözükmemektedir. Bununla beraber fosil yakıt kaynaklarının hızla tükenmesi ekonomisi güçlü ülkeleri yeni sistemleri erkenden oluşturup dünya ya satma yoluna hızla itmektedir.

Aşağıdaki çizelgede yeni yakıt olarak ön görülen hidrojenin mevcut fosil yakıtlarla karşılaştırılması yapılmıştır.

Hidrojen	Petrol (Benzin -Dizel)
<ul style="list-style-type: none">• Düşük Çevre Kirlenme Kapasitesi• Hacimsel Enerji Yoğunluğunun Düşük Kütlesel Enerji Yoğunluğunun Büyük Olması• Sudan Yada Hidrokarbonlardan Sentetik Yollarla Elde Edilebilmesi• Teknolojinin Yeni Olması• Geliştirilme Teknolojisinin Önünün Açık olması• Eldesinin Güçlüğü• Zor Depolanması	<ul style="list-style-type: none">• Yüksek Çevre Kirlenme Kapasitesi• Büyük Enerji Yoğunluğu• Yer Altı Kaynaklarından Ekonomik Olarak Elde Edilebilmesi• Uzun Yıllardır Kullanılan Teknolojiye Sahip olması• Teknolojinin Sınırlı Olması• Eldesinin Kolaylığı• Kolay Depolanması

Çizelge 9.1. Hidrojen ve Petrol'ün karşılaştırılması

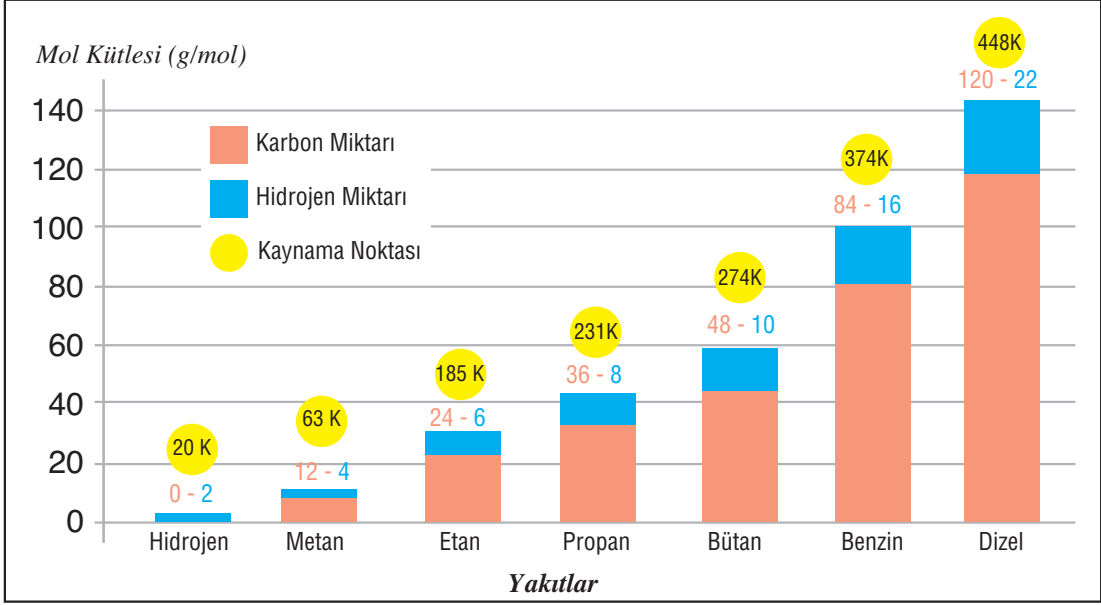
Hidrojen elde yöntemleri daha önceki bölümlerde ayrı ayrı incelenmiştir. Üretim için Fuel oil kullanıldığında toplam dönüşüm prosesini “Enerji - Dönüşüm Zinciri” kullanılarak incelemek gerekir. Bu zincirde üretilen enerjinin ne kadarının son kullanıcıya ulaşabildiği ne kadarının kullanılmadığı gösterilmiştir.



Çizelge 9.2. Enerji dönüşüm zinciri

Bu değerler oldukça kaba olarak verilmiştir. Ancak yine de genel bir kanı oluşturur. Örneğin yanmalı bir motorda sayısal olarak verilen dönme sayısına ulaşıldığında ancak en yüksek verime ulaşılmış olunur. Boş olarak çalıştığında ise verim sıfır kabul edilir. Yukarıdaki tabloda elde edilen % 30 değeri enerjinin tamamen kullanılmadığının bir göstergesidir.

Fosil enerji taşıyıcılarını içerdikleri karbon sayısına göre sınıflandırmak mümkündür. En sık kullanılan benzin ve dizel gibi yakıtlar yüksek oranda karbon içerir. (Çizelge 9.3.)



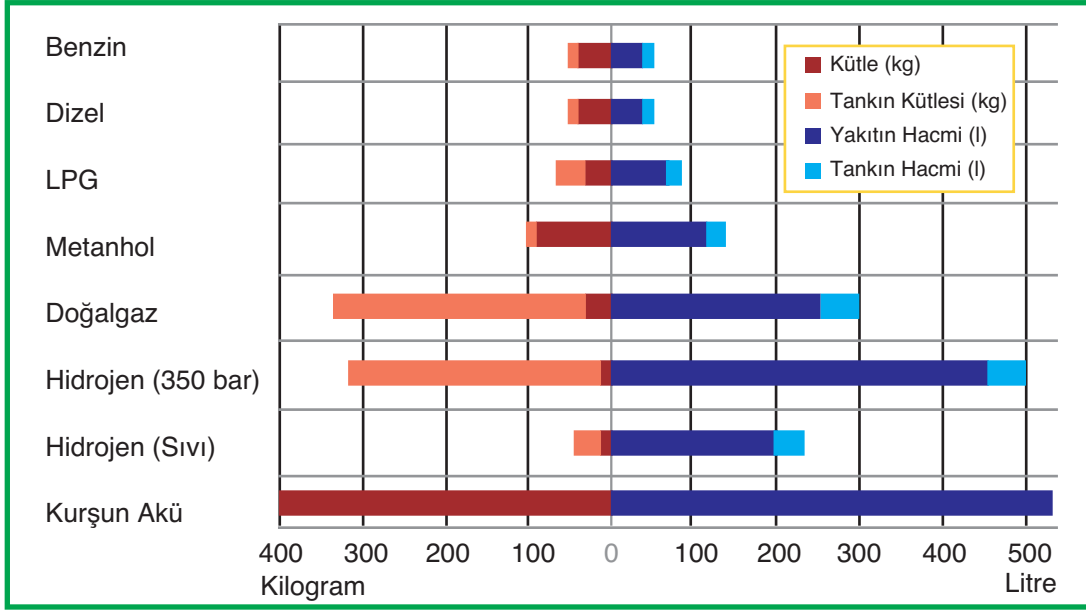
Çizelge 9.3. Yakıtlardaki Karbon/Hidrojen oranları ve kaynama noktaları (Kelvin)

Alternatif yakıt olarak öngörülen doğalgaz (metan) ve LPG (sıvılaştırılmış propan - bütan) karışımı daha az karbon atomu içerir bu sebepten dolayı petrol yerine hidrojenin kullanımına bir ara geçiş ürünü olarak düşünülebilir. Bütün bu yakıt sistemlerinin içinde sıfır karbon içeren hidrojen önemli bir alternatiftir.

Karbon oranı açığa çıkan ve sera etkisi yaratan sınırlandırılmış karbon bileşiklerinin (CO, C_nH_m, İs) temel oluşum sebebidir.

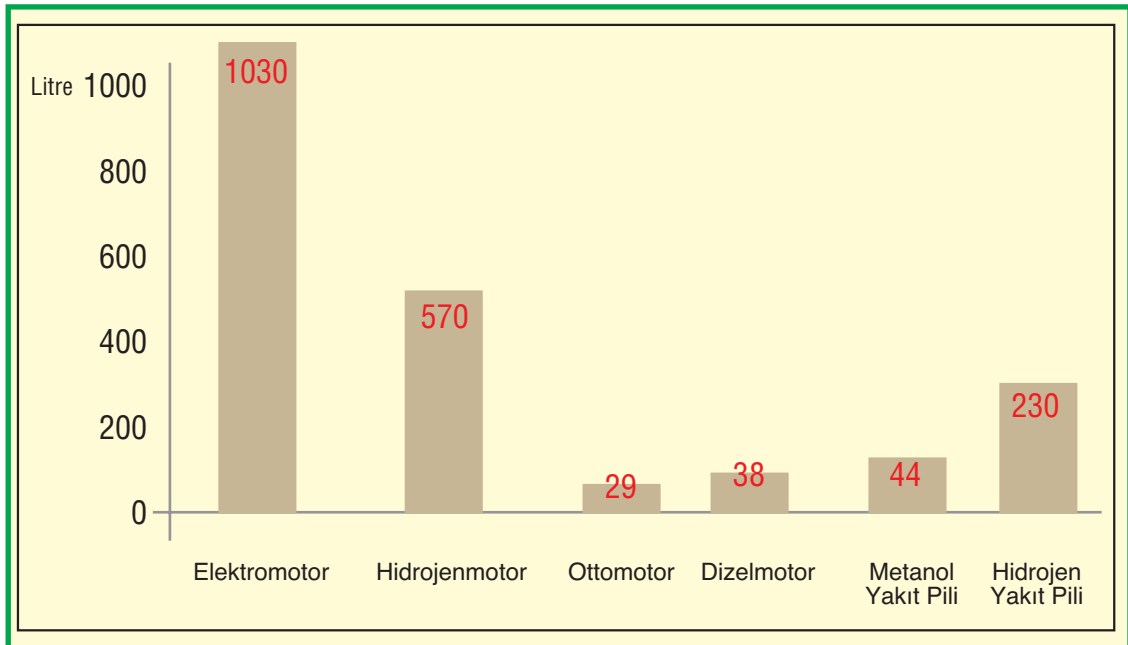
Yakıtlar içeriklerine göre farklı termik davranışlar gösterirler. Karbon oranı ne kadar yüksekse kaynama noktaları o kadar büyük olur. Benzin ve Dizel bu yüksek kaynama sıcaklığı sebebiyle sıvı olarak depolanabilmesine rağmen, diğerleri basınçlı kaplarda ancak saklanabilmektedir.

Çizelge 9.4'de farklı yakıtların karşılaştırılması görülmektedir. Burada 55 litre benzin kullanımında alınan yol referans kabul edilmiştir. Bütün depolama miktarları buna göre dönüştürülmüştür. Ayrıca çizelgede yakıtların hacim ve kütle oranları ayrı ayrı düzenlenmiştir. Burada hidrojen metanol ve sıvılaştırılmış gaz gibi yakıtların ağırlıklarına rağmen enerji yoğunluklarının ve kapladığı hacmin benzin ve dizel yakıtla oranla oldukça büyük olduğu görülmektedir. Bu, gaz formundaki yakıtların en büyük problemidir. Ayrıca sıvı yakıtlara oranla kapladıkları hacimde oldukça büyüktür. Bu ise tankların daha büyük olması gerekliliğini ve bir dolu tankla alınan yolun benzine ve dizele oranla oldukça az olması sonucunu doğurur. Birde buna gaz tankların özel ve daha ağır malzemelerden imal edilmesi koşulu eklenirse bu problem daha da büyüür.¹



Çizelge 9.4. Farklı yakıt türlerinin hacim kütle oranlarının karşılaştırılması

Otomotiv teknolojisi en çok dolu bir depo ile ne kadar mesafe alınacağını tartışır. Bu nedenle hidrojenin depolanması en büyük problemdir. Probleme GM firmasının NaBH_4 çözeltisi yardımıyla hidrojeni depolama önerisini çözüm olarak getirdiğini tekrar hatırlamak gerekir. Aşağıdaki grafikte 750 km lik bir yol için gerekli olan farklı yakıt miktarları görülmektedir.²



Çizelge 9.5. Farklı yakıt türlerinin 750 km bir mesafe için dopolanması gereken yakıt hacimleri

Buna göre en çok hacim 1030 l değeri ile elektromotorla hareket edecek bir araç için kullanılması öngörülen akü içindir. Ayrıca burada kullanılan akü yüksek güç üreten bir model olursa kütle ve hacim bir o kadar artacaktır. Bu yüzden kullanımı henüz uygun değildir. İkinci en önemli hacim ise LH₂ (sıvı hidrojen) kullanan içten yanmalı bir moturun tüketeceği hidrojen miktarı olarak belirlenmiştir (570 l). Eğer hidrojen yakıt hücresinde kullanılırsa bu değer yarı yarıya düşer (230 l). Otto motor kullanan bir araçta aynı mesafe 29 l benzinle alınabilirken son geliştirilen dizel motorlu araçlar aynı mesafe 38 l dizelle alınabilir.

Özetle benzinle çalışan bir araç benzin yerine hidrojen yakarsa normal depolama hacminin 15 katı büyüklüğünde bir depoya ihtiyacı olacağı söylenebilir. Bu problemi aşmak için hidrojenin farklı yöntemlerle depolanma teknikleri üzerinde araştırmalar yoğun bir şekilde devam etmektedir.

9.1 Yakıt hücreleri – Yanmalı Motorların Karşılaştırılması

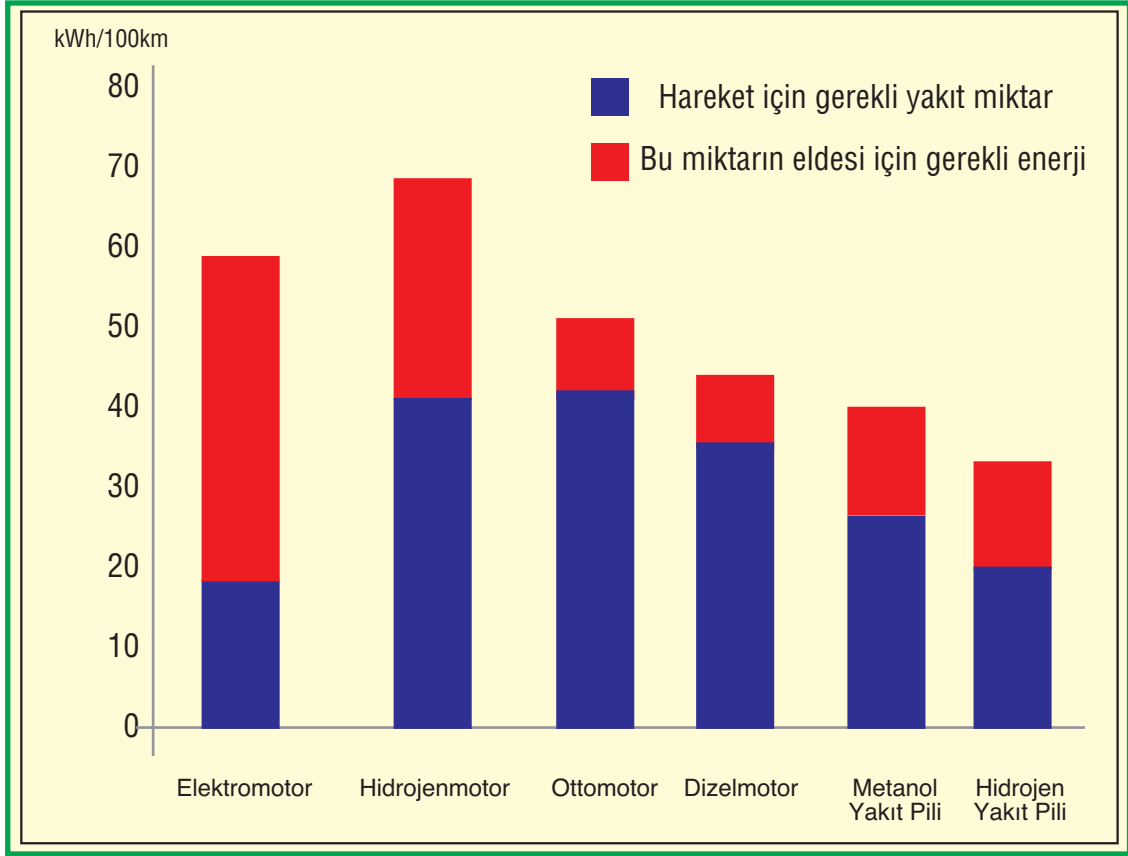
Hidrojen teknolojisine geçiş yalnızca yeni bir yakıtın kullanımı öngörmeyip, aynı zamanda enerji dönüştürücü sistemini yakıt hücresi olarak değiştirerek bir devrim niteliğine sahiptir. Bu yüzden yakıtın özelliklerini kıyaslarken aynı zamanda kullanıldığı dönüştürücüyü de hesaba katmak gerekir.

Yanmalı motorların çalışma prensibi temelde termodinamik döngülere dayanır. Her ne kadar dizel motorların verimi Otto Motora oranla büyük olsa bile termodinamiksel Carnot Prosesine dayanan ideal bir çevrim olmamaktadır.

Gerçekte hiçbir yanmalı motor matematiksel olarak verilen teorik Carnot verimine ulaşamamıştır. Burada en önemli etken termik ve mekanik kayıplardır.

Yakıt pilinin çalışma prensibi Carnot çevrimine uymaz ve verim % 70 ile % 80'e kadar ulaşabilir. Bu değer yanmalı motorlara göre oldukça yüksektir. (Dizel motorda % 27 Otto motorda % 23)

Çizelge 9.6 da farklı çalışma türlerine sahip motorların hareketi için gerekli olan enerji miktarı ile bu yakıtı elde etmek için kullandığı birincil enerji miktarları karşılaştırılmıştır. Aynı mesafe yol için en az enerji akü ile çalışan elektrik motoruna aittir. Elektrik motorunun verimi kayıplar olmadığından % 100 olarak bilinir . Ancak elektrik üretimin de elektrik motoru yerine yakıt hücresi kullanılırsa dönüşüm sebebiyle bazı kayıplar meydana gelmektedir. Böylece aracın hareketi için daha fazla enerji ihtiyacı doğur. Eğer yakıt hücresinde doğrudan hidrojen değilde metanol kullanılırsa enerji ihtiyacı daha da artar yalnız bu bile mevcut yanmalı motorlardan daha yüksek bir değerine enerji ihtiyacı ulaşılmasını sağlar.



Çizelge 9.6. Farklı tekniklerle çalışan motorların enerji ihtiyaçları

Hidrojen motor dönüştürülmüş bir tür yanmalı motor olduğundan benzinli motorlara göre daha fazla enerjiye ihtiyaç duyar.

Grafik incelenirse yakıtların üretimi için gerekli enerji miktarlarının oldukça farklı olduğu görülür. En büyük oran akü ile çalışan elektromotorda görülmektedir. Çünkü bir aküyü şarj etmek için gerekli enerji miktarı oldukça büyüktür. İkinci yüksek oran ise doğalgaz dönüşümü ile hidrojen elde edilen sistemlerde görülmektedir. Doğalgazdan hidrojenin eldesi sırasında gerekli olan yüksek sıcaklık değeri bunun en önemli sebebidir. Ayrıca yanmalı motorların verimlerinin düşük olması gerekli olan enerji miktarının yakıt piline oranla büyük değerler göstermesine sebep olmuştur. Grafikten hangi yakıtın araçlar için kullanım veriminin büyük olduğu iki değer farkı olarak görülebilir.

Genel görünüm hidrojenin rejeneratif yöntemle elde edildiği yakıt pilleri için en az enerjiye ihtiyacı olduğudur. Bu miktar konveksiyonel yakıtlara göre % 250 elektrikle çalışan akülü motorlara oranla % 300 daha azdır. Metanollü yakıt pili kullanıldığında bile gerekli olan enerji miktarı dizel ve benzinli motorlardan daha azdır.

Bu çizelge yakıt pillerinin araçların çalıştırılması için oldukça avantajlı sistemler olduğunu göstermektedir. Uygulamada ise iki alternatif prensip üzerinde yoğunlaşmaktadır. Ya yakıt pilleri doğrudan elektrikli motorlarda devreye alınacak yada hibrit sistem-

ler kullanılacaktır.

Birinci durumda yakıt pili motorun tüketeceği kadar elektriği üretip sisteme gönderecektir. İkinci durumda ise devreye birde enerji depolayıcı olarak akü monte edilecek böylece ihtiyacın minimum olduğu durumlarda elektrik aküden çekilecek, fazla enerjiye ihtiyaç olduğu durumda ise yakıt pilinden alınacaktır. Ayrıca ölü fazda akünün şarj edilmesi için akü aracın hareket mekanizmasına bağlanacaktır.

Şu anda kullanıma sunulan elektromotor ve yanmalı motor koordineli bir hibrit araç, konveksiyonel sistemlerden geçiş için iyi bir alternatif olabilir. Resimde Toyota tarafından geliştirilen böyle bir hibrit araç gözükmemektedir. ³



Resim 9.1: Toyota'nın hibrit motor kullandığı Prius Modeli

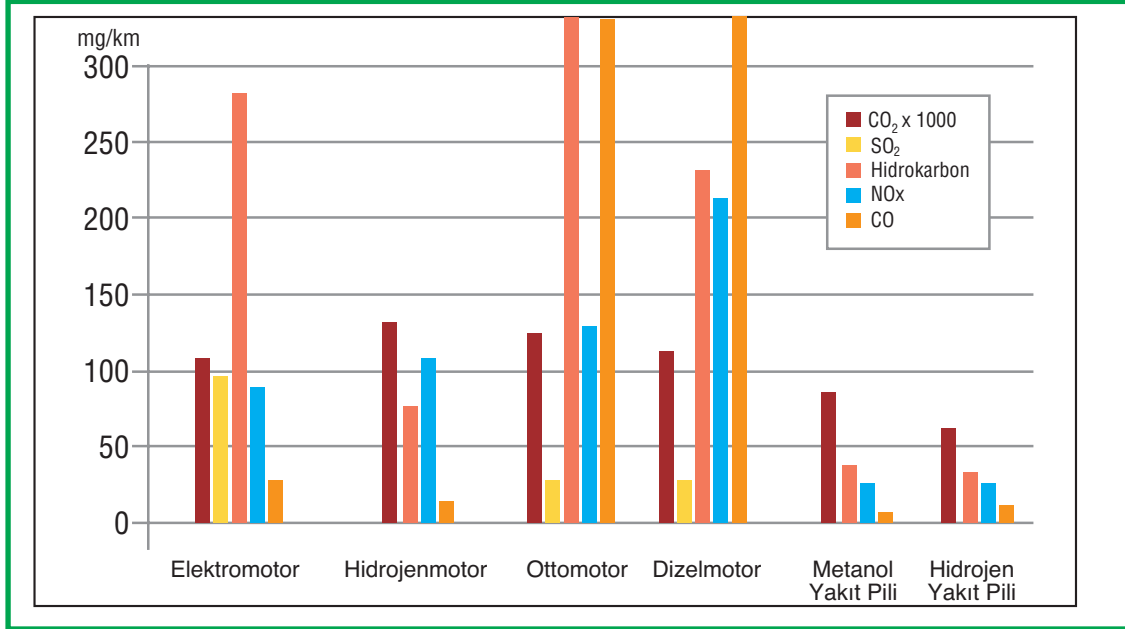
9.2 Zararlı Atıkların Karşılaştırılması

Farklı yakıtlı motor sistemleri için en önemli karşılaştırmalardan biriside açığa çıkan zararlı atık miktarıdır.

Grafik incelendiğinde en belirgin olarak göze çarpan Otto ve dizel motorların durumudur. Her iki sistemde de yakıt olarak kullanılan petrol, yandığında en önemli zararlı maddeleri yüksek oranda açığa çıkarmaktadır.

Burada zararlı atıkların başında en yüksek oranla Karbonmonoksit gelmektedir (CO). Bundan oluşan Karbondioksit miktarları ise (CO₂) elektromotor ve hidrojen motorda birbirine yakın ve yanmalı motorlara eşdeğerdir. Klima gazı olarak bilinen CO₂ her ne kadar sera etkisine neden olmuyorsa da doğrudan çevre için zararlı kabul edilmektedir. Yakıt pili kullanımında açığa çıkan CO₂ miktarı geleneksel yakıtlara oranla %20 ile 40 arasında daha azdır. Yakıt pilinde metanol yada hidrojenin doğrudan kullanılması bu oranı fazla değiştirmez.

Hidrojenli motorlarda ve yakıt hücresi kullanan sistemlerde hidrokarbonlu bir bileşik kullanılmadığından yanma ürünü olarak da hidrokarbonlu bileşikler oluşmaz. Yalnızca hidrojenin metanol yada doğalgazdan elde edildiği durumlarda hidrokarbonlar oluşur.



Çizelge 9.7 Açığa çıkan zararlı atıkların karşılaştırılması

Havadan alınan oksijenle çalışan yakıt pillerinde havanın %78 ini oluşturan Azot sebebiyle azot oksitler kolayca oluşur. Bu hidrojen yakıt sisteminin açığa çıkardığı tek zararlı maddedir.

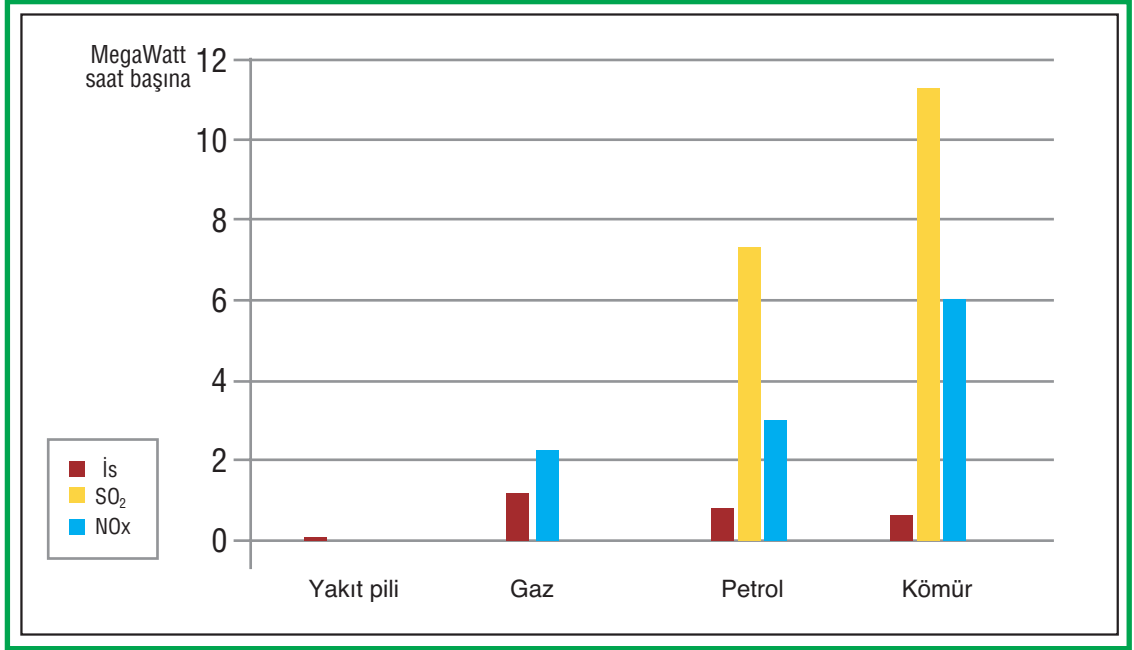
Yalnızca çizelgedeki sayısal değerlere bakılarak zararlı maddeler için doğrudan bir karara varmak zor olur. Atık gazların oluşturduğu diğer tehlikeleride irdelemek gerekir.

Örneğin dizel motor eksoz gazının taşıdığı kanserojen madde miktarı benzine göre oldukça yüksektir. Burada sözü edilen kimyasallar aldehit ve polisiklik aromatik hidrokarbonlardır (P.A.H). Bu nedenle kullanılan katalizörlerle bu maddelerin oranının düşürülmesi hedeflenmektedir.

Hidrojenle çalışan yanmalı bir motorda son ürün olarak 55 °C de sıcak su buharı ve havanın yanmasıyla bir miktar azotdioksit oluşur. Azot oksit miktarı benzinli motorlarda bir katalizörle denetlenmektedir. EURO II normlarına göre geleneksel pistonlu motorlarda bu oran NOx = 7,0 g/kh olarak sınırlandırılmış ve hidrojenle çalışanlar için ise % 10 olarak belirlenmiştir.

Doğrudan enerji üreten kurulu sistemler için de durum bundan farklı değildir. Grafikte enerji üreten kurulu sistemler için emisyon değerlerinin sayısal verileri yer almaktadır. (Çizelge 9.8.) Burada en kötü performansın kömür santrallerinde olduğu açıkça görülmektedir. Her ne kadar modern sistemlerde arıtma ve bacalarda filtre uy-

gulamaları yer alsalar bile sonuç yine de ürkütücüdür.



Çizelge 9.8. Farklı kaynaklı sistemler için emisyon değerlerinin karşılaştırılması

Kükürt ve is yakıt pillerinde hemen hemen hiç oluşmaz. Ayrıca çizelgeden petrolün kömürden yinede temiz bir yakıt olduğu görülmektedir.

Bütün bu değerlendirmeler sonucu hidrojen yakıtına geçilmesinin geciktiği her gün için dünyanın geri dönüşü olmayan bir kirlenme girdabına daha çok sürüklendiği gözük-mektedir.

Kaynakça

BÖLÜM 9

1. Geitmann, S., "Wasserstoff und Brennstoffzellen" , p: 132-153, 2001
2. Daimler-Benz, Antriebe im Vergleich, Stuttgart, 1997
3. www.toyota.com/prius/