

METANOLÜN TAŞITLARDA ENERJİ KAYNAĞI OLARAK FARKLI KULLANIM YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ*

İmdat TAYMAZ**

*Sakarya Üniversitesi Müh. Fakültesi,
Makina Müh. Böl., Sakarya
e-posta: taymaz@sakarya.edu.tr*

Merthan BENLİ

*Sakarya Üniversitesi Müh. Fakültesi,
Makina Müh. Böl., Sakarya
e-posta: d055002001@sakarya.edu.tr*

ÖZET

Günümüzde taşımacılık sektöründe, fosil yakıtların fiyatlarının artması ve çevreye verdikleri zarar sebebiyle alternatif yakıtlara olan ilgi sürekli artmaktadır. Metanol farklı yöntemlerle taşıtlarda kullanılabilen alternatif yakıtlardan biridir. Bu çalışmada metanolün taşıtlarda üç farklı yol ile kullanımı incelenecek, kendi aralarında ve diğer enerji kaynaklarıyla karşılaştırmaları yapılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Alternatif yakıtlar, metanol

Studying On Different Method Of Using Methanol In Vehicles As Energy Source

ABSTRACT

Nowadays in the transportation sector, because of fossil fuel prices increase and environmental damage, interest in alternative fuels is continuous increasing. Methanol which is the one of the alternative fuels, can be used in different ways in vehicles. In this study, three different usings ways of methanol in vehicles will be examined, and will compare between them and other energy sources.

Keywords : Alternative fuels, methanol

** İletişim yazarı

* Bu makale 8-9 Mayıs 2009 tarihlerinde Makina Mühendisleri Odası'nda düzenlenen 11. Otomotiv Sempozyumu'nda bildiri olarak sunulmuştur

GİRİŞ

Dünyanın bugünkü enerji ihtiyacının büyük kısmının karşılandığı fosil yakıtlar hızla tükenmektedir. Ayrıca bu yakıtların yanması sonucu ortaya çıkan ürünler, sera etkisi, ozon tabakasının incilmesi, asit yağmurları ve hava kirliliği gibi büyük ve tüm toplumları ilgilendiren problemlere yol açmaktadır. Sonuç olarak dünya üzerindeki tüm canlılar tehdit altındadırlar. Fosil yakıtlardan alternatif yakıtlara geçiş ise şu an için bu problemin tek çözümü gibi durmaktadır. Fosil yakıtların kullanıldığı en büyük sektörlerden biri olan taşımacılık sektöründe kullanılabilecek alternatif yakıtların, depolama kolaylığı, enerji yoğunluğu, yanma sonucu ortaya çıkan emisyonları, gibi özellikleri önem arz etmektedir. Bugünkü teknoloji itibarıyla araçlarda ana enerji üretim birimi olarak içten yanmalı motorlar kullanılmaktadır ancak yakın gelecekte yakıt pillerinin de kullanılması gündemdedir. Yakıt pilleri, denildiğinde akla ilk gelen yakıt, hidrojenidir. Ancak hidrojenin, depolanma ve taşınma özelliklerinde bazen istenilen düzeye ulaşamadığından taşımacılık sektöründe farklı arayışlar başlamıştır. İşte bu noktada oda sıcaklığında sıvı bir yakıt olan metanol depolama kolaylığıyla ve hem içten yanmalı motorlar, hemde yakıt pilleri için yakıt olduğundan önem taşıyan ve gelecek vaateden bir alternatif yakıttır. Metanol üç farklı yol ile taşıtlarda kullanılabilir. Bunlardan ilki içten yanmalı motorlarda doğrudan yakıt olarak kullanımınıdır. İkinci yöntem ise indirekt olarak ifade edilen metanolün bir yakıt dönüştürücüde yakılarak elde edilen hidrojenin PEM tipi yakıt pillerinde kullanıldığı sistemdir. Üçüncü yöntem ise direkt olarak ifade edilen sistemdir. Bu yöntem ise PEM tipi yerine doğrudan metanol yakıt pillerinin kullanıldığı yakıt pilli araçlarda mümkün olmaktadır. Sonuç olarak iki farklı yakıt pili çeşidi ve içten yanmalı motorlar ile metanolün araçlarda kullanımı mümkün olmaktadır. Metanol temiz bir yakıt olduğundan ister içten yanmalı motorlarda yakılsın ister yakıt pillerinde kullanılsın, çevreye zarar veren bileşikler ya çok az üretilir ya da üretilmez.

METANOLÜN İNCELENMESİ

Oda sıcaklığı ve basıncında renksiz organik bir sıvı olan metanol, genel olarak metil alkol veya odun ispiertosu olarak bilinir. Metanol içerisinde metil alkol bulunan, odun, kömür gibi fosil yakıtların ısı altında damıtılmaları yolu ile, doğal gazla birtakım distilasyon işlemleri uygulanarak veya CO ve H₂'nin katalitik ortamda sentezleri sonucunda elde edilebilir. Metanol üretimi düşük basınçta sentez prosesi yaparak gerçekleştirilir. Üretimde, hidrojen sağlamak için doğal gaz (% 96 metan (CH₄)) ve oksijen sağlamak için su olmak üzere iki ana ham madde kullanılır. Bu ham maddeler ile bir dizi

kimyasal reaksiyon zinciri sonunda arıtılmamış ham metanol üretilir ve metanol rafine edilerek % 99,9 oranında saflık sağlanır [1]. Tablo 1'de metanolün fiziksel ve kimyasal özellikleri verilmektedir.

Tablo 1. Metanolün Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Kimyasal denklemi	CH ₃ OH
C / H oranı	0.25
Moleküler kütle	32.04
Özgül kütle (Sıvı) (kg / dm ³)	0.79
Stokiyometrik hava/yakıt (kütleesel)	6.44
Isıl değeri (Mj/litre)	15.9
Tutuşma sınırları (% hacim)	6 - 37
Laminar alev hızı (m/s)	0.52
Adyabatik alev sıcaklığı (°C)	1878
Kaynama noktası (°C)	65.1
Donma noktası (°C)	-97.6
Kendi kendine tutuşma sıcaklığı (°C)	470
Oktan sayısı (ROS)	110
Oktan sayısı (MOS)	87

Üretilen metanol dağıtılmak için yüksek güvenlik seviyesine sahip depolarda tutularak bekletilir. Çünkü metanol son derece korozif olduğundan metanolün depolanmasında standart çelik tanklar yerine paslanmaz çelik tanklar kullanılmaktadır. Metanol aynı zamanda iyi bir çözücüdür. Bu yüzden sızdırmazlık malzemelerini seçerken dikkat edilmeli ve plastik kauçuk gibi malzemeler tercih edilmemelidir. Metanol deniz aşırı pazarlara gemi tankerleri, lokal satışlar içinde borular ya da varillerle sevk edilir. 2007 yılında dünya genelinde tüketimi 40 milyon tonu bulan metanolün en çok üretildiği yerler Karayipler ve Basra Körfezidir[2].

Metanol kullanımında dikkat edilmesi gereken bazı hususlar vardır. Çünkü metanol havada kolaylıkla yanabilen bir kimyasaldır. Ayrıca metanol buharı da bazı ortamlarda patlayıcı olabilmektedir. Zehirli bir kimyasal olduğu içinde insanlarda kalıcı körlüğe hatta ölümlere bile sebep olabilir. Su ile her oranda karışabilerek yanıcı bir çözelti meydana getirir. Üretilen metanolün yaklaşık %40'ı formaldehit yapımı için kullanılmaktadır. Ayrıca, metanol yakıt, yakıt katkısı, çözücü ve soğutucu olarak da kullanılabilmektedir. Ancak en çok gelecek vaad ettiği teknolojiler, hidrojen taşıyıcı olarak kullanıldığı yakıt pilleri ve türbin yakıtı olarak kullanıldığı güç jeneratörleridir[1].

METANOLÜN İÇTEN YANMALI MOTORLARDA KULLANILMASI

İlk olarak 80'li yıllarda metanol benzine %15 oranında karıştırılarak araçlarda kullanılmaya başlanmıştır. Daha

sonraları yapılan araştırmalarla ve denemelerle % 85 - % 90 metanol ile alışan M85-M90 diye tabir edilen motorlara sahip araçlar geliştirilmiş ve üretilmiştir. Tamamen metanol kullanan yani M100 adı verilen araçlarda geliştirilmiştir ancak üretilememişlerdir. Daha sonraları benzin kullanan motorların metanole dönüştürülmesi yerine, metanol yakıtı kullanabilecek yeni motorlar tasarlanmıştır. Prototipler üzerinde yapılan araştırmalara göre, metanol yakıtlı taşıtların, gelişmiş teknolojiye sahip benzinli taşıtlara göre %5 - 10 oranında daha fazla verime de sahip olduğu grlmştir[2].

Metanol benzin ile çalışan motorlarda kullanıldığında, kendi kendine tutuşma direnci sayesinde, sıkıştırma oranının arttırılmasına olanak sağlamaktadır. Bu motorlarda hava yakıt karışımının hazırlanması için mevcut taşıtlarda kullanılan yakıt püskürtme sistemleri, metanolün korozif ve yanıcı etkileri göz önüne alınarak kullanılabilir. Ayrıca metanol emme supabına gerek duyulmadan silindire doğrudan da püskürtülebilir. Metanol, oktan sayısı yüksek olduğundan, sıkıştırma basıncının düşük olduğu zamanlarda bile pskrtlebilmektedir. Bu da basit ve ucuz bir yakıt sistemi ve aynı zamanda değişik yüklerde motorun verimli olarak çalıştırılabilmesi için, püskürtme zamanının ayarlanabilmesi demektir.

Metanolün motorda yanması tam olarak gerekleşiş hiçbir parçacık oluşmadığından yanmamış hidrokarbonlar meydana gelmemektedir. NO_x motor silindiri içinde yüksek sıcaklık ve basıncı altında, havadaki azot ve oksijenin birleşmesi ile oluşur. Metanolün benzine göre daha düşük alev sıcaklığının olması, yanmanın iyileşmesini, yanma ürünleri içindeki CO, CO₂ ve NO_x emisyonlarında %10 mertebelerinde azalma olmaktadır. Metanol sıvı bir yakıt olduğu için araçlarda benzin gibi depolanmaktadır. Ancak benzine göre daha düşük enerji yoğunluğuna sahip bir sıvıdır. İçten yanmalı motora sahip bir araçta benzin ile kat edilen bir mesafeyi metanol ile kat etmek için daha fazla metanol kullanımına ihtiyaç vardır. Bu da yakıt tanklarının daha geniş ve ağır olması demektir. Metanolün buharlaşma ısısı petrole göre daha yüksektir. Buharlaşma ısısının yüksek oluşu motorlarda soğukta ilk hareketi zorlaştırmaktadır. M85 yakıtı kullanan motorlarda benzin, buharlaşması az olan saf metanolun cuculuğunu arttırarak, motorun soğuk havalarda çalışmasını kolaylaştırmaktadır. Metanolün kullanımında karşılaşılan diğer bir problem aşırı derecede korozyona neden olmasıdır. Bu sebeple özel yakıt pompalarına, yakıt depolarına ve yakıt sistemlerine ihtiyaç vardır [2].

Metanol yüksek oktan sayısına sahip olmasına karşın çok düşük setan sayısına sahiptir. Ayrıca yüksek ateşleme sıcaklığı ve kendi kendine tutuşma direnci de eklenince dizel motorlarında yanmada, birtakım problemler yaşanmaktadır.

Yakıtın tutuşmasını geciktirir ve dizel motorunda vuruntuya sebep olur. Bu sebepten dolayı metanol dizel motorlarında ancak buji kullanılması durumunda veya dizel yakıtla karıştırılması durumunda kullanılabilir.

Metanolün Benzin ve Mazot ile Karşılaştırılması

Yüksek oktan sayısı sayesinde daha iyi yanma sağlayan metanol bu sayede çevreye diğer yakıtlara göre daha az zarar vermektedir. Benzine göre daha geniş yanma aralığına sahip olması da avantajdır. Ancak benzine göre enerji yoğunluğunun düşük olması daha büyük depo ihtiyacını meydana getirmektedir. Buharlaşma ısısında düşük olması soğuk havalarda geç çalışmaya ya da bu sorunun giderilmesi için kızdırma sistemine ihtiyaç doğurmaktadır [2]. Tablo 2’de Metanolün benzinin ve mazotun fiziksel ve kimyasal özellikleri karşılaştırılmalı olarak yer almaktadır.

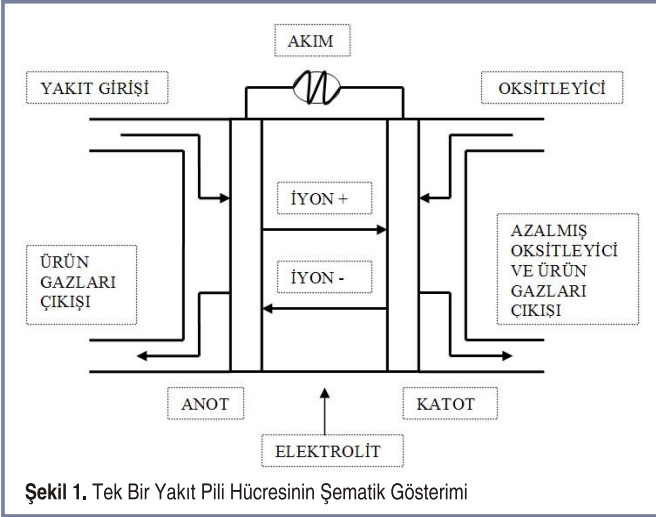
Tablo 2. Metanolün Benzinin ve Mazotun Fiziksel ve Kimyasal zellikleri

	METANOL	BENZİN	MAZOT
Kimyasal denklemi	CH ₃ OH	(C ₈ H ₁₈)a	C ₁₂ H ₂₃
C / H oranı	0.25	0.556	0.52
Moleküler ktle	32.04	91.4	170
Özgül ktle (Sıvı) (kg / dm ³)	0.79	0.73a	0.83
Stokiyometrik hava/yakıt (ktleli)	6.44	14.7	14.5
Isıl değeri (Mj/kg)	20.1	43.4	43.1
Tutuşma sınırları (λ)	0.24 – 2.22	0.29 – 1.67	0.48 – 1.35
Kaynama noktası (°C)	65.1	32- 221	170- 350
Donma noktası (°C)	-97.6	-56a	
Kendi kendine tutuşma sıcaklığı (°C)	470	257	210
Oktan sayısı (ROS)	110	91 - 100	
Oktan sayısı (MOS)	87	82 - 94	46 - 51

METANOLÜN İNDİREKT OLARAK PEM YAKIT PİLİNDE KULLANILMASI

Yakıt pilleri hidrojenin, oksijen ile kimyasal reaksiyona girmesi sonucunda elektrik üreten cihazlardır. Sisteme hidrojen ve oksijen beslendiğinde sürece sürekli g üretilirler. Yakıt pilleri, evre ve gürültü kirliliğine neden olmamaları, hareketli parça içermemeleri ve fosil yakıtlarına göre daha yüksek dönüşümlerle enerji üretmeleri gibi avantajlara sahiptir. Bir yakıt pilinin temel fiziksel yapısı, iki yüzünde gözenekli anot ve katotla temas halindeki elektrolit tabakasını içermektedir. Tipik bir yakıt pilinde gaz yakıt anoda (negatif elektrot), oksitleyici (yani oksijen/hava) katoda (pozitif elektrot) sürekli olarak beslenmektedir. Yakıt pilinde yakıt ile oksijen arasında indirgenme/yükseltgenme reaksiyonu olurken elektrik akımı (doğru akım) ve ısı oluşmaktadır. Katotta protonlar oksijenle

birleşip, kullanılan yakıtın cinsine göre yalnızca su buharı veya su buharı ve CO₂ üretir. Bir yakıt pilinin temel fiziksel yapısı, iki yüzünde gözenekli anot ve katotla temas halindeki elektrolit tabakasını içermektedir[3]. Yakıt pilinin reaksiyon girdisi ve ürün gazlarıyla birlikte Şekil 1'de gösterilmektedir. Aynı şekilde iyonların yakıt pili hücresi üzerinden akış yönleri de gösterilmektedir.

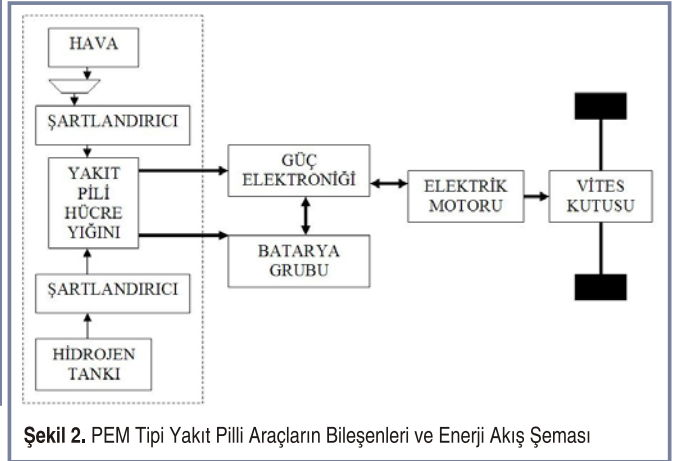


Şekil 1. Tek Bir Yakıt Pili Hücresinin Şematik Gösterimi

Yakıt pillerinin Alkali, Fosforik Asit, Katı Oksitli, Polimer Elektrolit Membranlı (PEM), Doğrudan Metanol gibi çeşitleri bulunmaktadır. Bunların arasından sıvı içermemeleri, düşük sıcaklıklarda çalışmaları ve yüksek enerji yoğunlukları ile PEM tipi yakıt pilleri otomobiller için en uygun yakıt pili çeşididirler. Ancak bu sistemlerde enerji kaynağı olarak hidrojenin kullanılması ve hidrojenin depolama problemleri bu sistemlerde yeni arayışlara gidilmesine yol açmıştır. Araçta hidrojen yerine metanolün depolanıp bir yakıt dönüştürücü yardımıyla hidrojene dönüştürülmesi daha sonra yakıt pilinde kullanılıp elektrik elde edilmesi sağlanmaktadır. Bu sayede hidrojen depolanması için gereken ağır, kalın cidarlı ve yüksek maliyetli tankların yerini sıvı metanolü depolayacak tanklar almaktadır. Şu ana kadar geliştirilen yakıt pilleri arasında en yüksek enerji verimi elde edilebilen tipinin PEM olması bu sistemin avantajıdır.

PEM tipi yakıt pillerinin çalışma sıcaklığı 80 - 90 °C gibi çok düşük sıcaklıklardır ve çalışma basınçları da 1-8 atm basınç aralığıdır. Elde edilen güç yoğunluğunun da yüksek olması sebebiyle bu tip yakıt pillerinin otomobillerde kullanımı mümkün olmaktadır. Bu sistemlerde tanktan beslenen hidrojen ve hava yakıt pilinde elektrik enerjisi üretirler. Elde edilen bu enerji aracın ihtiyacına göre ya direkt olarak aracın hareketinde kullanılması için güç elektroniği üzerinden elektrik motoruna oradanda vites kutusu vasıtasıyla tekerleklere iletilir, ya da daha sonra kullanılmak üzere bataryada depolanabilir. Bu tip araçlar seri hibrid elektrikli

araçların tanımına uymaktadır. Bu araçlarda aracın seyirini elektrik motoru sağlamaktadır. Elektrik motoru için gerekli güç ise bir içten yanmalı motor ile veya yakıt pili ile şarj edilen bataryadan sağlanmaktadır. Bu sistemlerde aracın hareketinde sadece elektrik motoru kullanılması, içten yanmalı motorlara göre daha yüksek verimin elde edilmesini sağlamaktadır. Ayrıca bu sistemlerde frenlemede ve yokuş aşağı gidişlerde ortaya çıkan enerjinin geri kazanımı da mümkün olmaktadır[4]. Şekil 2'de PEM tipi yakıt pilli araçların bileşenleri ve enerji akış şeması görülmektedir.



Şekil 2. PEM Tipi Yakıt Pilli Araçların Bileşenleri ve Enerji Akış Şeması

Hidrojenin bu araçlarda depolanması metal hidrit, sıvı ve gaz olmak üzere üç farklı yolla mümkün olmaktadır. Metal hidrit depolama hidrojenin bir ekzotermik (ısıveren) kimyasal tepkimeyle, bazı metal ve alaşımlarla kolayca büyük miktarlarda hidrit biçimine dönebilme özelliğinden yararlanılarak gerçekleştirilmektedir. Düşük ayrışma ısısı, hızlı ayrışma, düşük ayrışma basıncı ve hidrojen depolama miktarının fazlalığı gibi avantajları olmasına rağmen çok yüksek ağırlık bu yöntemin kullanımını zorlaştırmaktadır. Hidrojenin sıvı olarak depolanması ise yüksek sıvılaştırma enerjisi ve buharlaşma kayıpları sebebiyle sorun teşkil etmektedir. Sıvı tankındaki hidrojenin enerjisinin bir kısmı tankı soğutmada kullanılmaktadır. Gaz tanklarında depolama ise en ucuz yoldur. Ancak tankların yüksek ağırlıkları ve hacimleri ayrıca düşük menzil elde edilmesi dezavantajdır [5].

İndirekt Metanol Yakıt Pili Araçlar

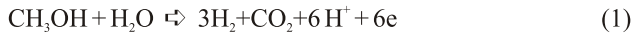
Metanol litre başına 15.9 MJ enerji yoğunluğuna sahiptir. Bu değerler sıvı hidrojen için 8.41MJ, 700 bar basınçta gaz halinde depolanmış hidrojen için ise yaklaşık 6 MJ olmaktadır. Tablo 3'te metanolün ve hidrojenin fiziksel ve kimyasal özellikleri görülmektedir.

Ufak hacimlerin önem arzettiği otomotiv uygulamalarında bu enerji yoğunluğu değerleri dikkat çekicidir[5]. İndirekt metanol yakıt pilli araçlarda depolanan metanolün,

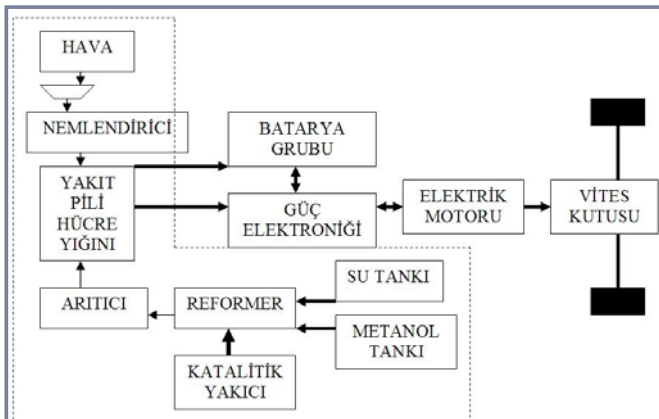
Tablo 3. Metanolün ve Hidrojenin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

	METANOL	HİDROJEN
Kimyasal denklemi	CH ₃ OH	H ₂
C / H oranı	0.25	0
Moleküler kütle	32.04	2.02
Özgül kütle (Sıvı) (kg / dm ³)	0.79	0.07
Stokiyometrik hava/yakıt (kütleli)	6.44	34.32
Isıl değeri (Mj/litre)	15.9	8.41
Tutuşma sınırları (λ)	0.24 – 2.22	0.15 – 4.35
Kaynama noktası (°C)	65.1	-253
Donma noktası (°C)	-97.6	-259

reformasyonla parçalanarak yakıt pilinde kullanılması sağlanır. Metanolün buhar reformasyonu endotermik proses gerektirir ve 25 °C'de 138 kJ/mol enerji gereklidir. Bu endotermik reaksiyon için gerekli enerji katalitik yakıcı tarafından üretilir. Sistemde metanol su ile birlikte karıştırıcıdan geçtikten sonra buhar reformasyon ünitesinde okside edilerek karbondioksit ve oksijene ayrılır. Reformatörde CO oluşmasına karşı sisteme su gönderilerek CO₂ oluşumuna yardımcı olunur. Ortaya çıkan hidrojen yakıt pilinin anot ucuna gönderilmesiyle pil reaksiyonu başlar. Pilin katot ucundan oksijen gönderilerek pil reaksiyonu tamamlanır. Dönüşüm reaksiyon ürünü %67 hidrojen, %21 CO₂, %10 su ve %1-2 CO içerir. Prosesin toplam reaksiyonu aşağıda görülmektedir[6].



İndirekt metanol yakıt pili sisteminde yakıt dönüşümünün verimi, ortalama metanol tüketimi, reformatörde kullanılan metanol miktarı ve yakıtta kullanılan metanol miktarına bağlıdır. Oluşacak maksimum verim 25 °C'de %94 civarlarındadır. Yakıtının egzozunda meydana gelen ısı kaybı sistemin verimini düşürmektedir. Pilde üretilen enerji PEM



Şekil 3. İndirekt Metanol Yakıt Pili Araçların Bileşenleri ve Enerji Akış Şeması

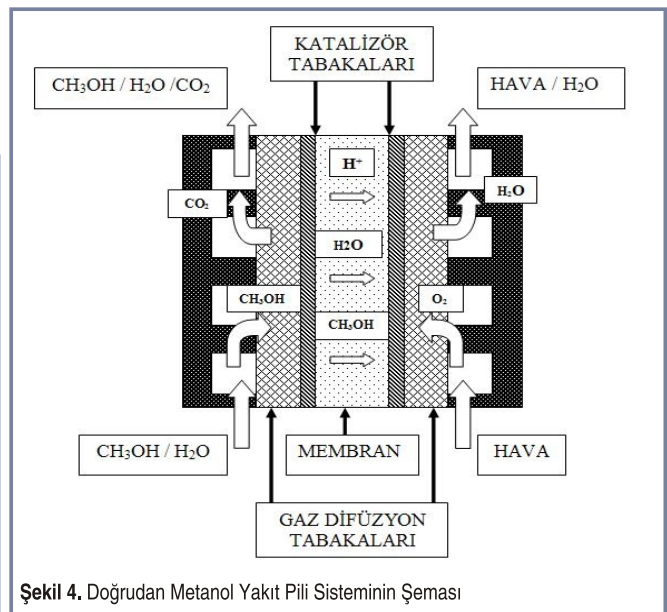
tipi yakıt pilli araçlarda olduğu gibi aracın ihtiyacına göre kullanılmaktadır. Şekil 3'te indirekt metanol yakıt pilli araçların bileşenleri ve enerji akış şeması verilmektedir.

İndirekt metanol yakıt pilli araçlar, PEM yakıt pilli araçlara göre hidrojen depolama problemi olmadığından dolayı avantaj sağlamaktadırlar. Metanol depolamada, taşımada önemli avantajlar sunmaktadır. Çünkü çevre sıcaklığında sıvıdır ve kompakttır. Metanolün benzine benzer şekilde dağıtımı da sağlanabilir. Benzinden az alevlenebilir özelliğe sahiptir ve kaza durumunda daha az tehlikelidir. Ancak kullanılan bileşenlerin artması, sistem karmaşasına ve yönetiminde zorluklara yol açabilmektedir.

METANOLÜN DOĞRUDAN YAKIT PİLİNDE KULLANILMASI

Sıvı yakıt teknolojisindeki ilerlemelere paralel olarak düşük çalışma sıcaklığı ve polarizasyon için şu anda kullanılacak en uygun yakıt metanol olarak görülmektedir. Metanolün yakıt pillerinde doğrudan kullanılması ise DMFC adı verilen yakıt pilleri ile mümkün olmaktadır. Bu yakıt pillerinin PEM tipine göre düşük enerji üretmesi, şu an için kullanım alanlarını düşük güç gerektiren taşınabilir elektronik cihazlarla sınırlamaktadır. Ancak bu sistemlerin geliştirme çalışmaları devam etmekte ve her geçen gün daha yüksek güç üreten sistemler geliştirilmektedir[7].

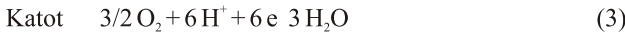
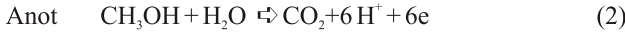
Doğrudan metanol yakıt pili, çalışma ilkesine göre PEM tipi yakıt piline benzemektedir. PEM'de olduğu gibi elektrolit olarak Nafion 115, Nafion 117 veya Dow gibi asidik katılar kullanılır. Polimer elektrot olarak Pt-Pd bindirilmiş karbon kullanılmaktadır. Doğrudan metanol yakıt pilinde sıvı



Şekil 4. Doğrudan Metanol Yakıt Pili Sisteminin Şeması

metanol su ile beslenir. Su metanolü taşıyıcı olarak davranır ve aşırı ısının uzaklaştırılmasını da sağlamaktadır. Gaz sistemlerle daha iyi performans sağlanmasına karşın su içinde sıvı metanol beslemesi, polimer membranda iletkenlik için gerekli nemi sağladığından daha avantajlıdır. Doğrudan metanol yakıt pili yakıt işleme birimi içermediğinden diğer türlere göre daha az karmaşık, daha hafif ve daha ucuzdur[8]. Doğrudan metanol yakıt pili sisteminin şeması Şekil 4'te verilmiştir.

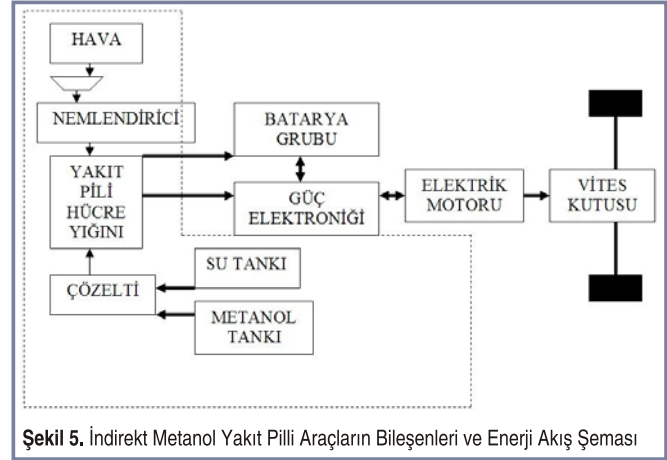
Metanol tek karbona bağlı 3 hidrojen ve OH grubu içeren basit bir molekül olduğundan yapısından hidrojenin ayrılması, karbon-karbon bağı içeren diğer sıvı yakıtlarından daha kolaydır. Doğrudan metanolün yakıt olarak kullanıldığı bu tür yakıt pilinde çok sayıda reaksiyon meydana gelir. Aşağıda sadece toplam reaksiyonlar verilmiştir[8].



Doğrudan metanol yakıt pillerinin başlıca avantajları daha az yakıtla daha fazla enerji üretilebilmeleri, çevre kirliliğine neden olmamaları, sessizliği, etanolla de çalışabilmeleri, yakıt işleme gerektirmemeleri, daha küçük hacimli, daha hafif ve daha ucuz olmaları, yakıt dağıtımı için mevcut alt yapının kullanılabilmesi, yakıt işleme için enerji tüketimi olmadığından yüksek sistem verimidir. Dezavantajları ise, metanolün polimer elektrolit membran içinden geçmesi ve katotta oksitlenmesi nedeniyle yakıt verimini azaltıp performansı düşürmesi, anot katalizör tabakasından CO₂'in sıvı yakıt içinden kabarcıklar halinde uzaklaşmasının yarattığı sorunlar, zayıf anot kinetiği, anotta çok sayıda reaksiyon olması, reaksiyon ara ürünlerinin adsorplanarak anot katalizörünü zehirlemesi, hücre verimi ve güç yoğunluğu açısından hâlen düşük değere sahip olması ve geliştirme çalışmalarına daha fazla ihtiyaç duyması şeklinde sıralanabilir [3].

Doğrudan Metanol Yakıt Pili Araçlar

Doğrudan metanol kullanan yakıt pilleri yapı olarak polimer elektrolitli hidrojen yakıt pili sisteminin aynısıdır. Sistemin reformlayıcıya gereksinim göstermeden metanolü direkt olarak parçalayarak kullanması en önemli özelliğidir. PEM tipi yakıt pilleri için enerji yoğunluğu 350mW/cm² olmasına rağmen bu değer doğrudan metanol kullanan yakıt pilleri için 60mW/cm² değerlerindedir. Yani PEM tipi yakıt pili araçlar aynı gücü elde edebilmek için daha büyük yakıt pili hücre yığına ihtiyaç duyulmaktadır. Su, metanol ve hava ile beslenen yakıt hücresinde elde edilen enerji diğer yakıt pili araçlardakiyle tamamen aynı şekilde kullanılmaktadır[6].



Şekil 5. İndirekt Metanol Yakıt Pili Araçların Bileşenleri ve Enerji Akış Şeması

Şekil 5'te indirekt metanol yakıt pili araçların bileşenleri ve enerji akış şeması görülmektedir.

Doğrudan metanol yakıt pillerinin düşük enerji yoğunluğu sebebiyle metanol ile çalışabilen mikro gaz türbinleri gibi ek enerji sistemleri de bu araçlarda kullanılabilir. Hatta paralel hibrid sistemlerin prensibine uygun olarak metanol ile çalışan bir içten yanmalı motorda aracın tahriğinde kullanılabilir.

KARŞILAŞTIRMA VE SONUÇLAR

Günümüzde kullanılmakta olan araçların tümüne yakınında içten yanmalı motorlar görev almaktadırlar. İçten yanmalı motorlu araçlar, yakıt pili araçlarla kıyaslandığında ucuz, basit, hafif ve kolay uygulanabilir olmaları ile avantaj sahibidirler. Yakıt pili araçlar ise daha yüksek sistem verimleri, farklı uygulamalara imkan tanımaları, mekanik parça gereksinimlerinin az olması avantajlarıdır. Tablo 4'te içten yanmalı motorlu araçların, yakıt pili araçlarla karşılaştırılması yer almaktadır.

Tablo 4. İçten Yanmalı Motorlu Araçların, Yakıt Pili Araçlarla Karşılaştırılması

YAKIT PİLLİ ARAÇLAR	İÇTEN YANMALI MOTORLU ARAÇLAR
Pahalı, ağır ve karmaşık	Ucuz, hafif ve basit
Aşılması gereken problemler	Uygulama kolaylığı
Yüksek sistem verimi (%70)	Yüksek sistem verimi (%35)
Elektrik motorunun avantajları	Mekanik eleman gerekliliği
Değişik tasarım imkanı	Sürücü kontrolünün önemi

Piyasadaki araçların metanole dönüşümü şu an yapılmakta olan LPG ve CNG dönüşümleri de düşünüldüğünde, elektrikli taşıt sistemlerine geçişe göre çok daha basittir. Metanol içten yanmalı motorlar için uygun bir alternatif yakıttır. Ancak LPG ve CNG dönüşümlerinin çok düşük maliyetlerle başarılı bir

şekilde uzun yıllardır yapılabiliyor olması metanolle çalışan araçların bazı ülkelerde yollarda olmasına rağmen tamamen bu sisteme geçişin önündeki en büyük engel olmaktadır.

Elektrikli araçlara geçişin önümüzdeki yıllarda gerçekleşmesi beklenmektedir. Şu an için içten yanmalı motor ve elektrik motorunun bir arada kullanıldığı hibrid elektrikli araçlar üzerine çalışmalar yoğunlaşmıştır. Bazı markaların farklı hibrid yöntemleriyle çalışan modelleri uzun yıllardır piyasadadır. Elektrik motorlarının, frenlemede ve yokuşta elde edilen enerjinin geri kazanılabilmesi sayesinde içten yanmalı motorla çalışan araçların verimleri arttırılabilmektedir. Hatta dört tekerlekten çekişli araçların tahriki için ağır mekanik güç iletim sistemleri yerine, önde

içten yanmalı motor arkada elektrik motorların yer aldığı sistemler gündeme gelmektedir.

Tümü elektrikli araçlara geçiş ise batarya ve yakıt pili teknolojilerinin gelişimine bağlıdır. En yüksek verimin elde edilebileceği bu sistemler, sadece bataryalı veya yakıt pili ve bataryanın beraber kullanıldığı sistemlerdir. Bu araçlarda kullanılacak yakıt pili türleri ise PEM tipi yakıt pilleri, indirekt metanol yakıt pili ve doğrudan metanol yakıt pilleridir. PEM tipi yakıt pili ve indirekt metanol yakıt pili ile çalışan prototipler geliştirilmiştir. Depolama zorluğu olan hidrojen yerine sıvı metanol kullanan indirekt metanol yakıt pilli araçların geleceği daha parlak gözükmektedir. Doğrudan metanol yakıt pillerinin taşıtlarda kullanılması için daha fazla geliştirilmeye ihtiyaçları vardır. Şu an için küçük elektronik cihazlarda kullanılmaları mümkün olmaktadır. Tablo 5'te otomobillerde kullanılacak yakıt pili türlerinin karşılaştırılması görülmektedir.

Tablo 5. Otomobillerde Kullanılabilecek Yakıt Pili Türlerinin Karşılaştırılması

PEM TİPİ YAKIT PİLLİ ARAÇ	İN-DİREKT METANOL YAKIT PİLLİ ARAÇ	DOĞRUDAN METHANOL YAKIT PİLLİ ARAÇ
Prototipler mevcut	Prototipler mevcut	Çalışmalar sürüyor
Hidrojen kullanılması	Sıvı metanol kullanılması	Sıvı metanol kullanılması
Hidrojenin depolanmasının zorluğu	Sıvı metanolün depolanmasının kolaylığı	Sıvı metanolün depolanmasının kolaylığı
Pahalı ve karmaşık hidrojen dolun istasyonları	Ucuz ve basit metanol dolun istasyonları	Ucuz ve basit metanol dolun istasyonları
Yakıtın doğrudan kullanılması	Yakıtın reformerda dönüştürülüp kullanılması	Yakıtın doğrudan kullanılması
Hidrojen depolanmasının getirdiği yüksek ağırlık ve hacim	Reformerın getirdiği yönetim güçlüğü, nispeten düşük ağırlık ve hacim	Düşük güç yoğunluğunun getirdiği yüksek ağırlık ve hacim
Yüksek güç yoğunluğu 350mW/cm ²	Yüksek güç yoğunluğu 350mW/cm ²	Düşük güç yoğunluğu 60mW/cm ²

KAYNAKÇA

1. **Biedermann P., Gruhe T.** 2006. "Methanol Energy Carrier", Forschungszentrum, Jülich
2. **Alliance Consulting International**, 2008. "Methanol Safe Handling Manual", Methanol Institute, Arlington, Virginia
3. **EG&G Technical Services, Inc.**, 2004. "Fuel Cell Handbook", Morgantown, West Virginia
4. **Westbrook, M.H.** 2001. "The Electric and Hibrid Electric Car", SAE, London.
5. **Ünlü, N., Karahan, Ş., Tür, O. ve Özsü, E.** 2003. "Hibrid Elektrikli Araçlar", Tübitak Matbaası, Gebze
6. **Moore, R.** 2000. "Indirect-Methanol And Direct-Methanol Fuel Cell Vehicles", University of California, Davis, CA
7. **Oedegaard, A.** 2006. "Characterisation of Direct Methanol Fuel Cells Under Near-ambient Conditions", Journal of Power Sources
8. **Shimizu, T., Momma, T., Mohamedi, M., Osaka, T., Sarangapani, S.** 2004. "Design and Fabrication Of Pumpless Small Direct Methanol Fuel Cells For Portable Applications", Journal Of Power Sources