

# Borlu Yakıt Sistemleri-1; Hidrojen Motorları ve Entegre Sistemleri Boron Ignition Systems-1; Hydrogen Engines and Integrated Systems

K. Erarslan

*Maden Mühendisliği Bölümü, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, Türkiye*

F. Karakoç

*Makina Mühendisliği Bölümü, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, Türkiye*

**ÖZET:** Hidrojen, petrol yakıtlarına göre daha temiz, verimli ve güvenilir bir alternatif yakıttır. Ancak aşılabilir birkaç problemin yanı sıra depolama problemi, hidrojen yakıtlı araç üretiminin önündeki en büyük dezavantaj ve engeli teşkil etmektedir. Bu çalışmada, Millenium Celi tarafından geliştirilen hidrojen yakıtlı sistemlerin önündeki bu engeli ortadan kaldıran yaklaşım ele alınmaktadır. Sodyum bor hidrür kullanılarak depolama probleminin ortadan kaldırıldığı sistem detaylarıyla sunulmaktadır.

**ABSTRACT:** Hydrogen is a cleaner, more efficient and safer alternative fuel. However, although some problems of the hydrogen ignition systems can be overcome, storage is the greatest disadvantage and obstacle in front of serial car production. In this study, the system invented by Millenium Cell eliminating this problem is reviewed. The system solving hydrogen storage problem is reviewed and presented in details.

## 1 GİRİŞ

Hidrojen, yanma enerjisi aynı ağırlıktaki benzinden 2,75 kat fazla olan, zehirli etkisi bulunmayan, yanma sonrası su buharı ile çevre dostu alternatif bir yakıttır (Stout, 1984, Veziroğlu 2000, Ültanır 1997). Elektrikten daha iyi depolanabilir oluşu, içten yanmalı motorların kolaylıkla dönüştürülebilirliği, hidrojenin diğer avantajlarıdır (Tekin, Çelik, 1997). Üretiminde en uygun bileşiğin su oluşu, yüksek alevlenme hızı, geniş tutuşma aralığı, hafifliği ve temiz bir yakıt oluşu, hidrojenin mevcut yakıt sistemleri içinde en birinci alternatif yakıt olması sonucunu doğurmuştur (Özer, 1991). Ancak, motor yakıtı olarak hidrojenin bazı problemleri vardır. Bunların başında benzin motorundan hidrojen motoruna geçiş sonrası hidrojen-hava karışımının %20 güç kaybına neden olması, emme manifoldunda alev tepmeleri ve hidrojenin depolanması sayılabilir (Vorst, Fmegold, 1975). Bunlardan ilk ikisi çözüme kavuşturulmakla birlikte, araçta hidrojen depolanması henüz pratik çözüme kavuşmamış bir problemdir. Depolamada Üç yöntem Öngörülmüştür; yüksek basınçlı gaz olarak, aşın soğutulmuş (kroyojenik) sıvı haldeki depolama ve metal hidrit

şeklinde depolama (Ateş, 1985). Hidrojenin yakıt deposuna dolumu, benzine göre oldukça yavaştır (mesela, 10 dakikalık bir sürede 90 km'lik yakıt ikmali) (Uyarel, 1995). Ayrıca deponun bugünkü benzin depolarına kıyasla kat kat büyük olması da gereklidir (Ateş, 1985). Sıvı hidrojenle ilgili problemlerin başında ise, sıvılaştırmanın maliyeti çok artıracak boyutta enerji gerektiren bir proses olmasıdır (Albay, 1993). Metal hidrit depolama sisteminde yakıt tankında hidrojen gazı metal alaşımla bileşik oluşturularak depolanması ve ısıtma sonrası hidrojenin serbest kalması prensibine dayanır. Her yeni sistem gibi bu sistemde teknik ve ekonomik problemleri aşılmaya çalışılmaktadır (Ültanır, 1996, Veziroğlu, 1998, Yazıcıoğlu, 1995).

Hidrojenin yakıt olarak üstün Özelliklerini ve alternatif enerji kaynakları arasında en ön şualarda yer alması, problemlerin çözümüne yönelik teknolojik araştırmaları da beraberinde getirmiştir. Depolama problemine çözüm olarak sunulan en gelişmiş teknolojik sistem Millenium Celi ve Crysler firmalarının ortak çalışmalarıyla elde edilmiştir. Bu araştırmada, Natrium olarak adlandırılan araç ve yakıt sistemi, ilgili firmaların kaynaklarından yararlanılarak detaylarıyla sunulmuştur.

## 2 BOR YAKITI KULLANAN SİSTEMLER

### 2.1 Hydrogen on Demand™ İhtiyaç Duyulduğu Anda Hidrojen

*Hydrogen on Demand*; Millennium Cell firması tarafından İcat edilmiş, geliştirilmiş ve patenti alınmış, çevreyle dost ham malzemelerden saf hidrojen üreten, güvenli bir hidrojen üretim sistemidir. Hidrojen, sulu Sodyum Borhidrür (NaBHO çözeltilisinden elde edilir. Sodyum Borhidrür, NaBH\*, borakstan elde edilen yeryüzünde önemli doğal rezervleri bulunan çok reaktif bir kimyasaldır. Bir prosesle, sıkıştırma ve sıvılaştırma işlemlerine ihtiyaç olmaksızın enerji uygulamaları için saf hidrojen temin edilir. Geniş aralıktaki güç ihtiyaçlarına hitap eden bu sistemle üretilen hidrojen çok uygulamalarda kullanılabilir.

Hydrogen on Demand sistemi, depolanmış sodyum borhidrür çözeltilisinin tescilli bir metal katalizör içeren bir odadan sıvı olarak geçmesiyle hidrojen açığa çıkarır. Hidrojen üretimi reaksiyonu;



Sodyum Borhidrür + Su → Hidrojen gazı + Sodyum metaborat

şeklinde yazılabilir. Hidrojen dışındaki diğer reaksiyon ürünü, suda çözünebilen ve çevreye zararsız boraksa yakın sodyum metaborat. Borat, tekrar sodyum borhidrür eldesinde kullanılabilir. Reaksiyon ekzotermiktir; hidrojen eldesi için dışardan ısı vermeye gerek yoktur. Üretilen ısı, bir miktar suyun buharlaşması için yeterlidir ve sonuç olarak hidrojen % 100 izafi neme sahiptir. H<sub>2</sub> akışında birlikte üretilmiş bu nem hem yakıt pili hem de içten yanmalı motorlarda fayda sağlayacaktır.

Zararlı emisyon olmaksızın yüksek kalitede enerji kaynağı üreten bu reaksiyon inorganik (karbon ve sülfür serbest). Bu reaksiyon, güvenli ve kolayca kontrol edilebilir. Hidrojen sadece, sıvı yakıtın metal katalizörle direkt irtibata geçtiğinde üretilir. Bu suretle herhangi bir vakitte gaz hidrojen miktarı minimize edilebilir. Yakıt çözeltilisi alev almaz, patlamaz ve taşınması güvenlidir.

Taşımacılıkta otomobil, kamyon, otobüs, elektrikli motosiklet, kaldırma araçları, elektrikli tekerlekli sandalye, golf aracı, kişisel taşıma araçtan ve gemilerde kullanılan bu yeni teknolojinin avantajları şöyle sıralanabilir:

İ. Benzin için mevcut altyapı sistemi ile uyumludur. Küçük değişikliklerden sonra modern bir araç,

Hydrogen on Demand sistemi ile hareket edebilir. Hidrojen üretim sistemi tarafından kullanılan sodyum borhidrür, çevredeki mevcut benzin istasyonu ağı aracılığı ile dağıtılabilecektir.

ü. Sodyum borhidrürde ağırlık/enerji oranı hemen hemen benzininkine eşittir. Bu da şu anlama gelmektedir; sodyum borhidrür, benzinin Ürettiği kadar galon başına aynı miktarda enerji üretir.

İi. Hydrogen on Demand sistemi kullanışlıdır. Sadece içten yanmalı motorlarda direkt kullanım için hidrojen üretmekle kalmaz aynı zamanda yakıt pilleri için de hidrojen üretebilir. Yakıt pilleri, hidrojen ve oksijenin elektrokimyasal reaksiyonu sonucunda gürültüsüz ve verimli enerji üretir. Her büyük araba üreticisi 20% yılına kadar yakıt pili ile çalışan araçlar yapmayı planlamaktadır.

Bütün bu teknik avantajlarına ilave olarak, Hydrogen on Demand sistemi ideal bir güç kaynağıdır. Çünkü yakıt, zehirli madde içermemekte, tutulmamakta, yenilenebilir ve yemden işlenip kullanılabilir hale getirilebilmektedir.

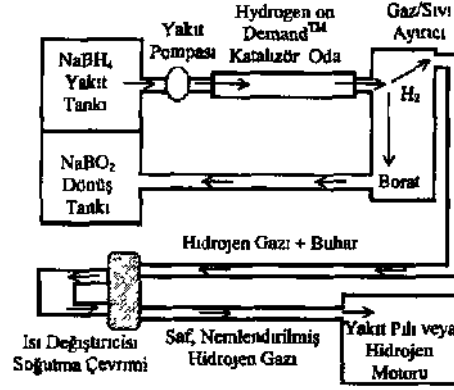
Bu sistemin yukarıda sayılan avantajlarının yanında dezavantajları da mevcuttur. Bunlardan birincisi Millennium Cell'in geliştirdiği katalizör kısmen, çok nadir bulunan ve pahalı bir element olan rutenyum'dan oluşuyor. Metal şu anda yürütülen test çalışmaları için uygun; aneak şirket, seri üretime geçtiğinde maliyetlerin makul seviyelerde tutulabilmesi için daha az egzotik olan bir malzemeyi kullanmak zorunda kalabilir.

Diğer bir sorunda sodyum borhidrür yakıtının kendisidir. Sodyum borhidrürün maliyeti yüksektir ve 1 galon benzinden 50 kat daha pahalıdır. Boraksın hidrojen zengin sodyum borhidrürü dönüştürülmesinin ucuz veya yaygın kullanım için yeterince basit bir şekilde yapılabileceği tam kesinlik kazanmamıştır. Millennium Cell, Üretim konularında U.S. Borax, Rohm ve Haas gibi kimyasal üretici olan şirketlerle temasa geçmiş durumdadır. Yakıt üretim süreci devam ederken, üretim maliyetlerinin de zamanla benzin üretim maliyetleri ile rekabet edecek seviyeye çekileceği, bu teknolojiyi kullanan araçların ticari olarak uygulamaya geçmesinin bunu takip edeceği bildirilmektedir.

### 2.2 Hydrogen on Demand™ Çalışma Şeması

Tipik bir sistemde, bir yalat pompası yakıtı sodyum borhidrür çözeltilisi tankından alarak katalizör odasına gönderir. Yakıtın metal katalizörle teması sonucu çözelti yakıt, hidrojen gazı ve çözelti halinde sodyum metaborat üretir. Hidrojen ve metaborat

çözültüsü ikinci odada ayrılır ve borat , toplama tankına döner. Hidrojen gazı opsiyonel olarak belli bir nem seviyesine erişmek için bir ısı değiştiricisinden geçirilerek işleme tabi tutulabilir ve sonra yakıt pili veya içten yanmalı bir motora tüketmek için gönderilir (Şekil 1).



Şekil 1 Hydrogen on Demand™ sistemi, (Millenium Celi, 2002)

H<sub>2</sub> ihtiyacı olduğunda NaBH<sub>4</sub> çözültüsü katalizöre pompalanır. Hidrojen üretimini durdurmak için ise pompa durdurularak çözültünün katalizöre girmesi engellenir. Pompa debisinin artması ve azalması da H<sub>2</sub> üretim debisine tesir edecektir. Katalizörüz ise H<sub>2</sub> oluşmayacaktır. Bu sistem 150 psi üzerindeki bir basınçta dakikada 800-1000 litre % 100 nemde saf hidrojen üretebilir.

Şekil 2 de görülen patenti Millennium Ceil'e ait olan hidrojen üretici, bir taksiyi hareket ettirebilecek kapasiteye sahiptir. Bu üreteteç, şu anda bagaj ve arka koltuk arasına sığacak şekilde uygun duruma getirilmiştir.



Şekil 2 Hidrojen üretici (Millenium Celi, 2002).

Bu olayın kimyası ile ilgili bazı önemli noktalar şunlardır:

- Borhidrur çözültüsü kolayca alev almaz,
- Reaksiyon, tepkime kabı ve katalizör aracılığı ile kolayca kontrol edilir.

- Hidrojenin yansı borhidrürden, diğer yansı da sudan gelir,
- Katalizör, çoęu zaman yemden kullanılabilir,
- Sodyumborat çok yaygındır. Zehirli değildir. örneğin, deterjan yapımında kullanılır,
- Sodyumborat'ıan yeniden sodyum borbidrür elde edilebilir.

Sodyum borhidrur yakıt, günümüzde kullanılan araçlardaki benzin depolarında depolanabilecektir. Depolar, otomobil şasisine uygun olarak plastikten yapılabilecek ve standart gaz depolan ile aynı ölçülerde olabilecektir. Sistemin diğer elemanları ise oldukça az yer kaplarlar.

### 2.3 Teknik Özellikler

Hydrogen on Demand sisteminde kullanılan sodyum borhidrur ve üretilen su ile hidrojen gazının molekül ağıdıkları Tablo 1'de görölmektedir. 1 kg katı NaBH<sub>4</sub>, 950 gr H<sub>2</sub>O ile reaksiyona girdiğinde 213.5 gr hidrojen gazı açığa çıkmaktadır. Ağırlıkça ve hacimsel olarak depolama yoğunluktan sırasıyla Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmiştir. Bu sistemde kullanılan yakıtın (NaBH<sub>4</sub>-30 çözültüsü) genel karakteristiklerine bakıldığında donma noktası, -25°C ile -37.77°C arasında değişmektedir (Tablo 3). Aynı çözültünün yanlanma ömrü ise 21.11°C'de 450 gündür.

Tablo I Molekül ağırlıkları (Millenium Celi, 2002)

	Molekül ağırlığı g/mol
NaBH <sub>4</sub>	37.8
H <sub>2</sub> O	18.0
H <sub>2</sub>	2.0

Tablo 2. Ağırlıkça Depolama Yoğunluğu (Millenium Celi, 2002)

Ağırlıkça oranlar	Ağırlıkça H <sub>2</sub> (%)
Katı NaBH <sub>4</sub> *	10.6
NaBH <sub>4</sub> -20 çözültü (20 wt%NaBH <sub>4</sub> , 3 wt%NaOH, 77 wt%H <sub>2</sub> O)	44
NaBH <sub>4</sub> -25çözültü (25 wt%NaBH <sub>4</sub> , 3 wt%NaOH, 72 wt%H <sub>2</sub> O)	55
NaBH <sub>4</sub> 30çözültü (30 wt%NaBH <sub>4</sub> , 3 wt%NaOH, 67 wt% H <sub>2</sub> O)	66
NaBH <sub>4</sub> -35çözültü (35 wt% NaBH <sub>4</sub> , 3 wt% NaOH, 62 wt% H <sub>2</sub> O)	7.7

Tablo 3. Hacimsel Depolama Yoğunluğu (Millenium Celi, 2002)

Hacimsel oranlar	Depolanmış H <sub>2</sub> Gazı Küüesi (gram)	Depolanmış standart H <sub>2</sub> hacmi (70°F, 1 ami) (Litre)
1 Uire NaBH <sub>4</sub> -20 çözelti	44	0.526
1 Liire NaBH <sub>4</sub> -25 çözelti	55	0.658
1 Litre NaBH <sub>4</sub> -30 çözelti	66	0.789
1 Litre NaBH <sub>4</sub> -35 çözelti	77	0.921

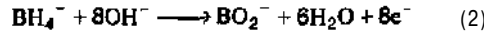
Sodyum borhidrürden elde edilen hidrojenin içten yanmalı bir motorda yakılması, New York'ta, sıkıştırılmış doğal gaz ile çalışan bir Ford Crown Victoria model takside uygulanmış.

Diğer bir prototip uygulaması ise, Hydrogen on Demand sistemi ile üretilen hidrojen Ue çalışan bir Ford Explorer da görülmekte. Hidrojen yakan bu aracın motoru, tekerleklerle güç veren aküleri şarj eden bir jeneratörü besler.

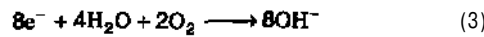
Başka bir uygulama Ford Mercury Sable marka araçta yakıt pili olarak uygulanmış. Araç yakıt pili ve akü ile çalışmakta ve hidrojen Hydrogen on Demand sistemi ile üretilmekte.

### 3 BOR ESASLI AKÜLER

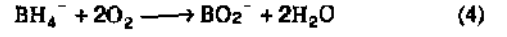
Millennium Cell (2002) bazı bor esaslı bileşiklerden direkt olarak elektrik elde etme işlemlerinin patentini almıştır. Bu işlemler direkt elektro-oksidadasyona dayanır. Borhidrür anyonu İçin, kimyasal reaksiyon



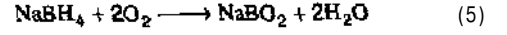
şeklinde gerçekleşir- Bu reaksiyon kullandıktan sonra atılan tipik bir akü içindeki elektrotta yer alabilir. Denklemnin ikinci tarafında elektronlar görülmektedir. Bu elektronlar dış devreye doğru hareket eder ve elektronik aletler için elektrik gücü sağlar. Elektrik devresini tamamlamak İçin diğer elektrot yani katot, elektronian almalıdır. Hava bir katot olabilir. Katot, borhidrürden serbest kalan elektronlar için son yer olarak oksijeni kullanır. Hava katot olduğunda reaksiyon



şeklinde gerçekleşir. Bu reaksiyonun sol kısmında görülen 8e<sup>-</sup> (2) nolu reaksiyonun sağ kısmından elde edilmektedir. Böylece devre tamamlanır ve (2) ve (3) nolu reaksiyon akü kimyasına şekil verir.



Sodyum borhidrür akülerde negatif yüklü borhidrürün (BH<sup>4-</sup>) hepsi ve boratın hepsi pozitif yüklü sodyum (Na<sup>+</sup>) atomları ile dengelenir ve son olarak aşağıdaki reaksiyon gerçekleşir:

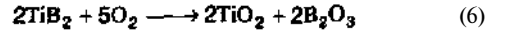


Bu çok enerjik bir reaksiyondur ve bileşenler de ağırlık olarak çok hafiftir. Bu sonuçlara göre Millennium Cell umut verici performans karakteristikleri olan prototip aküleri geliştirmektedir (Şekil 3).



Şekil 3 Çeşitli borhidrür aküler (Millenium Celi, 2002)

Millennium Cell, boridler adı verilen boron esaslı bileşik ailesinden gelen prototip aküler üzerinde çalışmaktadır. Tipik bir örnek olan titanyum diborid (TiB<sub>2</sub>), hava elektrotla birleştirildiği zaman



reaksiyonu gerçekleşir. Geleceği parlak olan bu akünün serbest enerji karşılaştırılması Tablo 4'de verilmiştir. Serbest enerji;

$$\text{Serbest Enerji} = n \cdot F \cdot E \quad (7)$$

Burada n elektrokimyasal reaksiyonda değişen elektron sayısı, F Faraday sabiti ve E akü gerilimidir.

Tablo 4 Serbest enerji karşılaştırması (Millenium Celi, 2002)

Akü malzemesi	n(moldeki elektron sayısı)	F (Faraday Sabiti)	E (V)	Serbest Enerji (ki)
Çinko	2	96485	1.25	241
Sodyum borhidrid	5	96485	1.24	957
Titanyum diborid	10	96485	1.8	1737

Çinko, tipik ticari amaçlı akülerde kullanılan bir metaldir. Karşılaştırmada boron bazlı akülerin bir

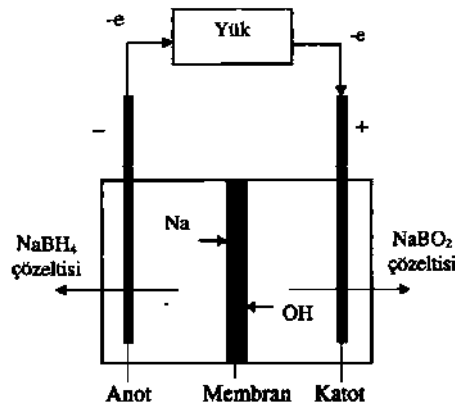
çok durumda çinko aküden daha iyi olduğu görülmektedir.

#### 4 BORHİDRÜR YAKIT PİLLERİ

Patenti Millennium Cell'e ait olan Borhidrür yakıt pili, Hydrogen on Demand ve borhidrür akülerin en iyi yönlerini içeren bir aygıttır. Hidrojen üretici kolayca yürütülen sıvıda büyük miktarda enerji depolar. Borhidrür akü, yüksek verimli enerji dönüştüren bir aygıttır. Borhidrür yakıt pili de, kolayca yürütülen sıvı yakıtın, enerji yoğunluğunu kullanan enerji dönüştüren bir yüksek verimli bir aygıttır. Borhidrür yakıt pilinin toplam elektrokimyasal reaksiyonu borhidrür akü ile aynı şekilde gerçekleşir.



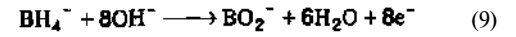
Borhidrür yakıt pili ve borhidrür akü arasındaki temel fark, yakıt pili elektrik üretir ve borhidrür akü elektrik depolar. Bir bor esaslı aküde, mevcut borhidrür yakıtın tümü başlangıçta sistemde mevcuttur. Bu akü içinde sodyum borhidrürün elektrokimyasal tepkimesiyle sodyum borata oksidasyonu gerçekleşir. Ancak yakıt kullanıldığında enerji yani akünün ömrü biter. Diğer taraftan bir yakıt pilinde sodyum borhidrür beslemesi sürdükçe elektrik enerjisi üretimi de sürer, çözeltide sodyum borhidrür bitse bile elektrolizör, oluşan sodyum metaborat boşaltılıp yeniden sodyum borhidrür çözeltisi doldurulup çalıştırılabilir (Şekil 4).



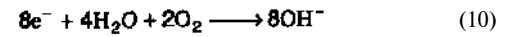
Şekil 4 Sodyum borhidrürün yakıt olarak kullanıldığı bir yakıt pili şeması (Millenium Celi, 2002)

Elektrokimyasal enerjiyi elektrik enerjisine çeviren yakıt pillerinin, cep telefonlarından güç üretim santrallerine kadar geniş uygulama alanları ve farklı türleri vardır. Böyle bir yakıt pilinde sodyum borhidrürün ağırlıkça % 44 lük çözeltisi kullanılırsa 1 litre çözeltiden S.11 kWh enerji elde edilebilir ki bu değer 1 litre benzinden teorik olarak elde edilebilecek enerjinin % 56'sına eşittir. Ancak yakıt pili-elektrik motorundaki enerji dönüşüm verimi, İçten yanmalı motora kıyasla 2.5-3 kat daha fazladır. Dolayısıyla mevcut yakıt tanklarıyla katedilen yol sodyum borhidrür kullanımı için de geçerlidir.

Borhidrür yakıt için elektrotta meydana gelen kimyasal olaylar;



Yakıtın havadaki oksijenden direkt olarak alan katodik (hava) elektron reaksiyonu ise;

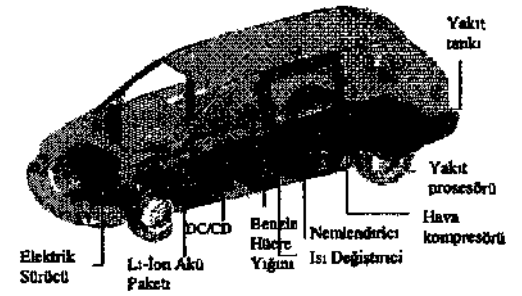


şeklinde gerçekleşir.

PEM (proton değişim membran) yakıt pili kimyası ( $\text{H}_2 + \% \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ ) yerine borhidrür akü kimyası kullanmanın avantajı, aynı miktar yakıttan daha çok kullanılabilir enerji elde etmenin mümkün olmasıdır. Başka bir ifadeyle, aynı yakıttan daha çok enerji elde edilir ve borhidrür yakıt pili yeniden doldurulabilir ve tekrar tekrar kullanılabilir.

Uluslararası otomobil üreticisi DaimlerChrysler firması Millennium Cell'in Hydrogen on Demand teknolojisi kullanan hidrojen yakıt pili konsept otomobilini tanıttılar (Şekil 5).

Chrysler Natrium Minivan



Şekil 5 Chrysler'in Natrium isimli yakıt pili ile çalışan aracı (Millenium Celi, 2002)

*Natrium* isimli bu aracın, iki doldurma arasında 300 mil, başka yakıtlar kullanan diğer yalat hücresi araçlarından % 50 daha fazla yol alabildiği ifade edilmektedir. Natrium'un güç sistemi araç zemininin altında yer almaktadır. Sodyum borhidrür tozunun suyla karıştırılması ile kullanılabilir hale gelmiş çözelti yakıt kullanan bu araç, diğer alternatif yalat çullanan sistemlere benzer şekilde, örneğin metanol •e benzin gibi, çevreyi kirletici maddeler ve karbondioksit üretmez.

Bu araca ait teknik Özellikler Tablo 5'de görülmektedir.

Tablo 5. Chrysler Town & Country Natrium minivan aracına ait teknik özellikler (Millenium Celi, 2002)

Transmisyon	Etkili fren sistemli önden çekişli
Motor	: 35kW Siemens AC motor
Akü	:40kWSAFTÜthium-Ion
İaku	: Sodyum borhidrür çözeltisi
Yakıt işlem binımı	- Hydrogen on Demand -Mueniom Celi
Yakıt pılı	Ballard/XCELLIS
Yakıt ekonomisi	: 30 mpg benzine eşit
0-60 mph hız ulaşma	16 saniye
Maksimum hız	: 80 mph
Menzili	: 300 mil
Emisyon	: sıfır emisyon

## SONUÇ

Hidrojenin araç yakıtı olarak kullanımındaki en büyük engel olan depolama sorunu, Millenium Cell ve Chrysler ortak çalışmasıyla teknik açıdan çözümlenmiştir. Sodyum borhidrürün hidrojen üretmek gibi bir fonksiyona sahip olduğu sistemle, araç için gerekli hidrojen, aracın seyri sırasında elde edilmektedir. Ancak sistem yüksek maliyetli olup seri üretimin önümüzdeki 10-20 yıllık zaman diliminde olabileceği Öngörülmektedir. Aynı kapsamdaki çalışmaların bir diğer ürünü yakıt pilleri, aküleridir. Geliştirilen sistem elektrik üretimi sağlayan yakıt pillerini ve aküleri de alternatif bir araç tahrik sistemi olarak sunmaktadır. Böylelikle elektrik motorlu araçların yine sodyum borhidrürle enerjisi temin edilmektedir. Ülkemizde konuyla ilgili teknoloji Üretim çalışmalarının başlaması, mevcut araştırmaların teknoloji üretimiyle neticelendirilmesi ve aynı zamanda sodyum borhidrür Üretim tesislerinin şimdiden kurulması gereği görülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Albay, A.O., 1993 "Fakir Kaşımli Benzin Motorlarında Hidrojen veya Doğal Gazın Ek Yakıt Olarak Kullanılması", İTÜ Fen Bilinilen, Y.Lisans Tezi, İstanbul
- Ateş, A., 198S "İçten Yanmalı Motorlarda Hidrojenin Yakıt Olarak Kullanılması ve Depolama Problemleri", Selçuk Üniversitesi, Y.Lisans Tezi, Konya.
- Millenium Celi, 2002. "Hydrogen on Demand™" <http://www.miuenniumceU.com>
- Özer, O., 1991 "Fosil Yakıtlar Yerine Solar, Hidrojen Yanma ve Hava Kirliliği Kontrolü", 1. Ulusal Yanma Sempozyumu, Gazı Üniversitesi, Ankara-
- Stout, B.A., 1984 *Energy Use and Management in Agriculture*, Breton Publishers, Massachusetts, USA
- Tekin, M, Çevik, I., 1997. "Hidrojenin İçten Yanmalı Motorlarda Kullanımı", S. Otomotiv Yan Sanayi Sempozyumu, Bursa, MMO Yayınlan, No. 198
- Uyarel, A.Y., 1995 "Alternatif Yakıt Raporu: Hidrojenle Çalışan Miata", Teknik Gelişim Dergisi, Yıl 3, Sayı 10
- Oltamr, M.Ö., 1996 "21. Yüzyılın Yakıtı Hidrojen", Bilim ve Teknik Dergisi, Temmuz
- Oltamr, M.Ö., 1997. "Temiz Enerji Olarak Hidrojen Yakıtı ve Teknolojisi", Türkiye 7. Enerji Kongresi, Ankara, Teknik Oturum Tebliğleri, Cilt 3.
- Veziroglu, N., 2000 "Quarter century of hydrogen movement 1974-2000". International Journal of Hydrogen Energy, 25, 1143-1150.
- Veziroglu, N., 1998. "Uçaklar, Trenler, Otomobiller ve Gemiler", Ekoloji Çevre Magazin Dergisi, Yıl 7, Sayı 26
- Vorst, W, Fmegold, J.G., 1975. "Automotive Hydrogen Engines and Onboard Storage Methods", Hydrogen Fundamentals, Miami Beach, Florida, USA.
- Yazıcıoğlu, M.T., 1995. "Taşıtlarda Alternatif Tahrik ve Yakıt Tiplerinin Etüdü", İTÜ Fen Bilimleri, Y Lisans Tezi, İstanbul.