

HİDROJEN ENERJİSİ İLE ÇALIŞAN HİBRİT ARAÇLARIN TASARIM VE İMALATINDAKİ GELİŞMELER

Prof. Dr. M. Oktay ALNIAK¹, Prof. Dr. Ahmet OĞUR²

Mak. Müh. Mustafa ERTÜRK³, Öğr. Gör. Çetin KARAKAYA⁴

¹ Bahçeşehir Üniv. MYO. Mekatronik Bölümü, İstanbul, oalniak@bahcesehir.edu.tr

² Sakarya Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü, Sakarya, ogur@sakarya.edu.tr

³ Elimsan Metalurji ve Makina San. A.Ş. , Kocaeli, m.erturk@elimsangroup.com

⁴ Sakarya Üniversitesi Karasu MYO Makine Bölümü, Sakarya, ckarakaya@sakarya.edu.tr

Özet

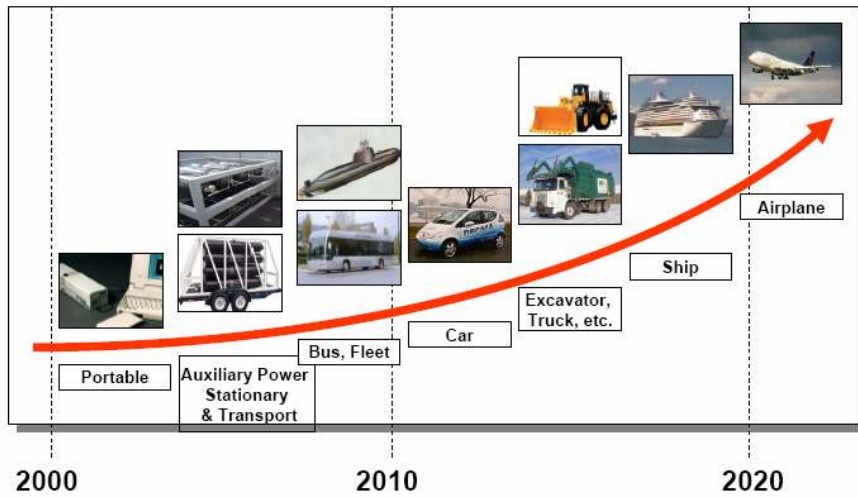
Günümüzde enerji ihtiyacının artması, kaynakların azalması, enerji maliyetlerinin yükselmesine neden olmuştur. Bu durum araştırmacıları, yatırımcı ve girişimcileri ucuz, temiz ve alternatif enerji kaynaklarına yönlendirmiştir. Alternatif enerji kaynaklarının kullanılabilirliğinin artmasına paralel olarak bu enerjilerin kullanılabileceği makine ve sistemlerde de hızlı bir şekilde gelişmeler olmaktadır.

Bu çalışmada, 2009 yılı ortalarına doğru, otomotiv sektörü ile ilgili olarak dünyadaki ve ülkemizdeki mevcut hidrojen enerjisi kullanımı ve somut projeler araştırılmıştır. Hidrojenin araçlarda kullanımı için tamamen yerli olarak geliştirilen yüksek basınca dayanıklı kompozit hidrojen tanklarına özet olarak değinilmiştir. Ayrıca ülkemizin hidrojen teknolojileri ile ilgili acil olarak yapması gereken çalışmalar ile ilgili bilgi paylaşımında bulunulmuştur.

Anahtar kelimeler: hidrojen enerjisi, hibrit araç, alternatif ve temiz enerji kaynakları, yüksek basınca dayanıklı kompozit hidrojen tankı

1. Giriş

Son zamanlarda tüm dünya genelinde hidrojen ile çalışan hibrit araçların tasarım ve üretimi hız kazanmıştır. Hidrojenin ulaşımda kullanımı binek otomobiller ve toplu taşıma araçlarında daha hızlı gelişmektedir. Bu gelişim hızı yakıt pillerindeki gelişmeler ve hidrojen üretim-depolama maliyetlerinin azalmasına direk bağlıdır. Şekil 1’ de görüldüğü gibi hidrojenin deniz, hava ve kara ulaşımında kullanımı için öngörüler bir tablo olarak sunulmuştur.



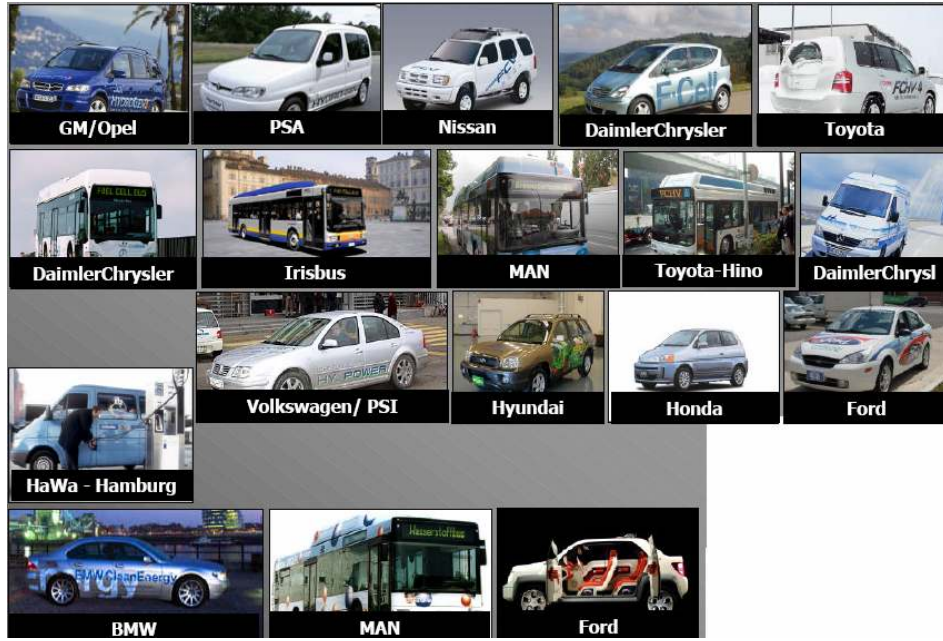
Şekil 1: Hidrojen enerjisinin kullanımının yıllara göre dağılımı ile ilgili öngörü [5,14]

Şekil 1’ deki hedefler yıllara göre adım adım gerçekleştirilmektedir. Araçlarda yaygın olarak kullanımı 2010’ dan sonrası için öngörülmesine rağmen hızlı gelişmiştir. Hidrojenin kullanıldığı sistemler şekilde görülen ile sınırlı değildir. Bir çok alanda hidrojenin kullanımı için çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalar öncelikle yakıt pilleri, hidrojenin en ekonomik şekilde üretimi ve depolanması ile ilgilidir.

2. Hibrit Araç Prototipleri

Şekil 2’ de de görüleceği üzere birçok otomotiv firması hidrojen ile çalışan hibrit araçlarının prototiplerini yapmış ve bu prototipleri denemektedirler. Bu prototiplerde çoğunlukla içten yanmalı motor ile birlikte elektrik motoru kullanılmıştır. Kimi prototiplerde metal hidrit tanklar, kiminde ise yüksek basınçlı gaz formunda sıkıştırılan hidrojen tankları kullanılmıştır. Çoğunlukla prototiplerde 350 bar çalışma

basıncında depo edilen hidrojen tankları görülmektedir. Son zamanlarda yapılan çalışmalar ile bu basınç değeri iki katına çıkarılmış ve aynı hacimde daha fazla hidrojen depolanabilmektedir. Ülkemizde ilk kez Sanayi Bakanlığı tarafından desteklenen Santez-123 projesi kapsamında 700 bar' lık tüpler üretilmiştir. Şu an standartlara uygunluğu ve ticarileştirilmesi ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmaya paralel olarak yapılan diğer çalışmalar da tamamlandığında, ithal girdi olarak kullanılan hidrojen enerjisi ekipmanlarının maliyeti azalacak ve gelişmiş ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de bir çok alanda prototip çalışmaları hız kazanacaktır.



Şekil 2: Firmalar ve hidrojen ile çalışan hibrit araç prototipleri [5,14]

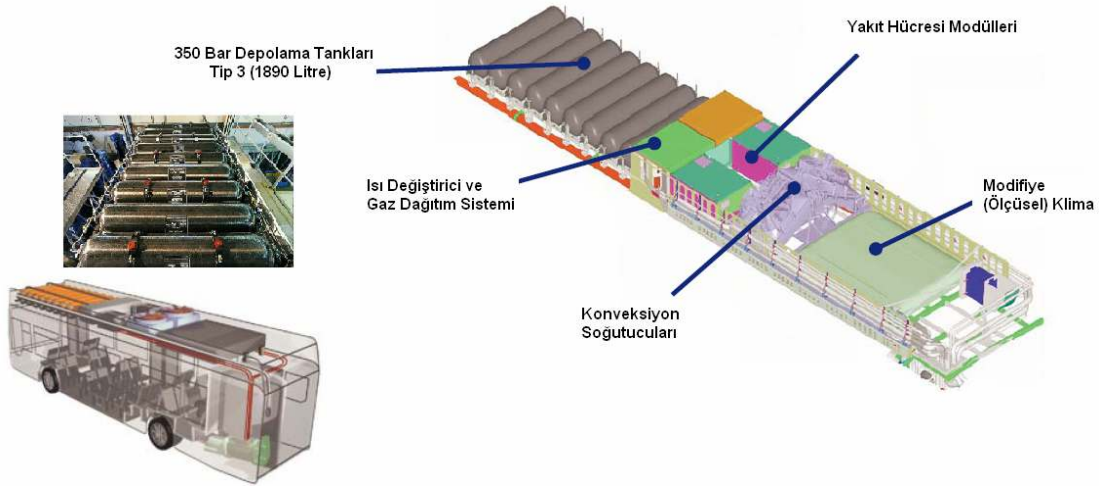
2000' li yılların başından bu yana dünyada hızla hidrojenin araçlarda kullanımı üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Bu kapsamda birçok prototip araç yapılmış ve testleri tamamlandıktan sonra kullanıma sunulmuştur. Birçok ülkede hidrojen ikmal istasyonları da bulunmaktadır. Uygulamalar ile ilgili gösterimler Şekil3, 4, 5, 6, 7, 8' de yapılmıştır.



Şekil 3: Bir kamyonet kasasında kompozit hidrojen tanklarının muhafaza edilmesi [7]



Şekil 4 Peugeot Partner' de yüksek basınçlı hidrojen tanklarının yerleşimi [7]



Şekil 5: Otobüslerde kompozit hidrojen tanklarının kullanımı (Chrysler) [7]



Şekil 6: Otobüslerde kompozit hidrojen tanklarının kullanımı (Mercedes) [5,14]



Şekil 7: Nissan Xterra model hibrit araç prototipi
[5,14]



Şekil 8: Ford P2000 model hibrit araç prototipi
[5,14]

3. Ülkemizdeki Hibrit Araçlar ile İlgili Çalışmalar

Ülkemizde birçok üniversite ve özel kuruluşlarda hidrojen sistemleri ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalar temel olarak alternatif ve düşük maliyetli hidrojen eldesi, depolanması ve yakıt pilleri ile ilgilidir. Bunun yanı sıra hidrojenin araçlarda kullanımında denenmeye başlamıştır. Ford TÜBİTAK MAM' da ilk prototip aracının prototipini yaparak basına duyurmuştur.



Şekil 9: TÜBİTAK MAM ile Ford Otosan' ın birlikte tamamladığı hibrit araç [10]

Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Marmara Araştırma Merkezi (TÜBİTAK MAM) Enerji Enstitüsü ile Ford Otosan' ın birlikte tamamladığı hibrid hafif ticari araç prototipi "Ford Transit" ile sıkıştırılmış hidrojen ile çalışan yakıt pilli "Ford Focus" tanıtılmıştır.

Ülkemizdeki Hidrojen ile ilgili çalışmalarını organize eden United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) ve International Centre for Hydrogen Energy Technologies (ICHET) tarafından gerçekleştirilen projeler şunlardır;

- Yakıt pilli forklift prototipi,
- Mobil hidrojen evi projesi,
- Hidrojen ile çalışan golf aracı prototipi,
- Engelliler için geliştirilen üç tekerlekli hibrit araç,
- Bozcaada hidrojen adası projesi,
- İstanbul Deniz Otobüsleri (İDO) yakıt pilli kesintisiz güç kaynağı.

Projelere ait görüntüler Şekil 10, 11, 12, 13, 14, 15' te verilmiştir.



Şekil 10: Yakıt Pilli Forklift Prototipi [13]



Şekil 11: Mobil hidrojen evi projesi [13]



Şekil 12: Hidrojen ile çalışan golf aracı prototipi [13]



Şekil 13: Engelliler için geliştirilen üç tekerlekli hibrit araç [13]



Şekil 14: Bozcaada hidrojen adası projesi [13]



Şekil 15: İstanbul Deniz Otobüsleri (İDO) yakıt pilli kesintisiz güç kaynağı [13]

3.1. Hidrojen Arabası Yarışları

TÜBİTAK, güneş enerjisinin yanı sıra, Türkiye’de hidrojen enerjisi konusunda da halkı bilinçlendirmek ve alternatif enerji kaynaklarının kullanımına yönelik teknolojilerin Türkiye’de üretilmesinde gençlerin aktif rol oynamasını teşvik etmek amacıyla, üniversite öğrencilerine yönelik olarak 2007 yılında ilk kez “TÜBİTAK Hidromobil–Hidrojen Arabaları Yarışı” düzenlemiştir. 2007 yılı TÜBİTAK Hidromobil – Hidrojen Arabaları Yarışı da, TÜBİTAK Formula G Güneş Arabaları Yarışı ile birlikte, 29 Temmuz 2007 tarihinde Ankara’da Atatürk Kültür Merkezi’nde, 15 üniversiteden 20 aracın katılımıyla yapılmıştır. Yarışa 2008 yılında, yine 15 üniversiteden 20 araç katılmıştır. Hidromobil yarışına katılan hidrojen ile çalışan prototip araçlar, prototipin yapıldığı üniversiteler ile birlikte Tablo 1’ de verilmiştir.

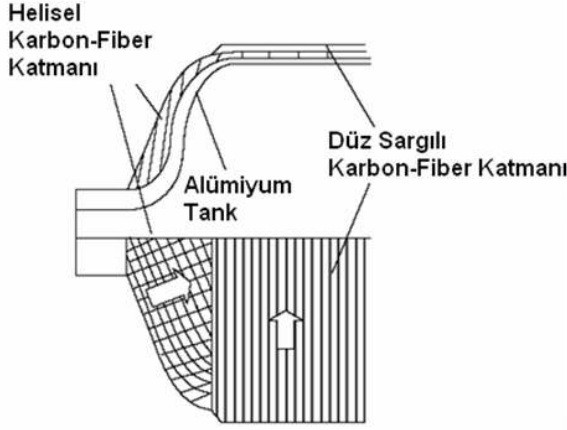
Tablo 1: Hidromobil yarışına katılan hidrojen ile çalışan prototip araçlar [11,12]

Okul Adı	Araç Adı
Anadolu Üniversitesi	Hidroana
Ankara Üniversitesi	Hidroket 1
Ankara Üniversitesi	Hidroket 2
Bilkent Üniversitesi	Ohara
Boğaziçi Üniversitesi	Buhar’08
Çukurova Üniversitesi	AYAG

Erciyes Üniversitesi	Katremobil
Gaziantep Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü	Hidrojet
İstanbul Teknik Üniversitesi	Hydrobee
İstanbul Teknik Üniversitesi	H2ydrobee
İstanbul Teknik Üniversitesi	Aşkar
Karadeniz Teknik Üniversitesi - Mekatronik K.	Ktüjen
KTU Makine Mühendisliği	HidroKTÜ
MMO Hidromobil Grubu	Poseidon II
Niğde Üniversitesi	Kapadokya
ODTÜ Hy-tech Racing	Atar
ODTÜ Robot Topluluğu	-
Sakarya Üniversitesi SETT	Hidrosett
Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi	Timsah H2
Yıldız Teknik Üniversitesi	Hyd-R II

4. Yüksek Basınca Dayanıklı Kompozit Hidrojen Tankları ve Kullanım Alanları

Prototip araçların büyük bir kısmında yüksek basınç altında sıkıştırılan hidrojenin kullanıldığı görülmektedir. Hidrojenin 350-700 bar altında depolandığı tankların imalatı oldukça güçtür. Ülkemizde ilk kez Santez-123 projesi kapsamında geliştirilen yüksek basınca dayanıklı hidrojen tanklarının genel olarak yapıları; iç bir metal malzeme ve üzerinde düz veya helisel tipte çoğunlukla karbon fiber takviye tabakalarından oluşmaktadır. Gaz formunda yüksek basınç altında hidrojenin depolandığı tankların genel görünüşleri Şekil-16' da gösterilmiştir.



Şekil-16: Yüksek basınca dayanıklı kompozit hidrojen tankının genel görünümü [7]

Yüksek basınçlı tanklar dört kategoriye ayrılmıştır;

Tip 1 : Tamamen metalsel tanklar,

Tip 2 : Genellikle cam yünü sargılı metalsel tanklar,

Tip 3 : Başlangıçta cam elyaf daha sonra karbon lifinden oluşan kompozit malzemeli metalsel bir iç kısma sahip tanklar,

Tip 4 : Temel olarak karbon lifli kompozit tanklardır (iç kısmı çoğunlukla termoplastik polimerlerden oluşmaktadır).

Kompozit tanklarda birçok farklı yöntem ile “liner” olarak adlandırılan iç kısım elde edilmektedir. Bu iç kısmın üretilmesinde derin çekme, ekstrüzyon, presleme, flow-forming yöntemleri temel olarak kullanılmaktadır. Yöntem seçimi tankın formuna bağlıdır. Tank elde edildikten sonra üzerine karbon lifi/fiber glass takviye sargı katmanı uygulanmaktadır. Böylece tankın mukavemeti artırılmaktadır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Birçok alanda hidrojenin kullanımı için çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalar öncelikle yakıt pilleri, hidrojenin en ekonomik şekilde üretimi ve depolanması ile ilgilidir.

Türkiye’de otomotiv endüstrisi özgün dizayn yapamamaktadır. Çoğunlukla otomotiv ile ilgili çalışmalar yurtdışında yapılmaktadır. Sanayici ve üniversitelerimizin daha

cesaretli ve yaratıcı olmalarına rağmen ülkemiz hibrit araç teknolojilerinde gecikmektedir.

Hibrit araç teknolojilerinin hızla gelişmesi için kamu desteği gerekmektedir.

Santex kapsamında imal edilen tüpler hidrojen depolanmasında kullanım şansı bulmasa bile, sıkıştırılmış doğal gaz (CNG) depolanmasında şans bulacaktır.

Kompozit tüpler emniyetlidir. Araç alt tabanına monte edilebilir. Bagaj hacimleri büyüyecektir.

Ülkemizin imalat altyapısı ve işgücü avantajlarını kullanarak tankların üretimi ve etkin bir şekilde kullanımı konusunda ve hidrojen teknolojilerinin bir çok alana uygulanması için lider bir konumda olmamız gerekmektedir.

Hidrojen ekonomileri incelenmelidir.

Gençlerin araştırmalarının teşvik edilmesi önemlidir.

Hibrit bir aracın dizaynında test standartlarının yetkili bir organizasyon tarafından araştırılması ve onaylanması gerekir.

Enerjiyi verimli bir şekilde depolayacak, uzun ömürlü, hafif ve kullanışlı akümülatörler geliştirilmelidir.

Yakıt pilleri tamamen yerli imkanlar ile geliştirilmeli ve ticarileştirilmelidir.

Hidrojenin ekonomik yollardan elde edilmesi ile ilgili çalışmalar tamamlanarak, hidrojenin ekonomik olarak üretilmesi sağlanmalıdır.

Çoğunlukla prototiplerde 350 bar çalışma basıncında depo edilen hidrojen tankları görülmektedir. Son zamanlarda yapılan çalışmalar ile bu basınç değeri iki katına çıkarılmış ve aynı hacimde daha fazla hidrojen depolanabilmektedir. Ülkemizde ilk kez Sanayi Bakanlığı tarafından desteklenen Santex-123 projesi kapsamında 700

bar'lık tüpler üretilmiştir. Şu an standartlara uygunluğu ve ticarileştirilmesi ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmaya paralel olarak yapılan diğer çalışmalar da tamamlandığında, ithal girdi olarak kullanılan hidrojen enerjisi ekipmanlarının maliyeti azalacak ve gelişmiş ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de bir çok alanda prototip çalışmaları hız kazanacaktır.

Hidrojen, içten yanmalı motorlarda direk olarak yakılarak kullanılmasında halen zorluklar mevcuttur (erken tutuşma ve emme manifoldu geri tutuşması gibi bazı problemler) [10]. Bu nedenle yakıt pilleri ile kullanımı şimdilik daha uygun görülmektedir.

6. TEŞEKKÜR

Bu çalışmada bahsi geçen yüksek basınca dayanıklı kompozit hidrojen depolama tankları, Sanayi Bakanlığı tarafından desteklenen San-Tez 123 projesidir. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, Sanayi Ar-Ge Genel Müdürlüğü'ne vermiş olduğu destek için teşekkür ederiz.

7. KAYNAKLAR

- [1] N. Takeichi, H. Senoh, N. Kuriyama "Application of hydrogen storage alloy at high pressure over 30MPa" National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 1-8-31 Midorigaoka, Ikeda, Osaka 563-8577, Japan
- [2] James Francfort "Hydrogen Fuel Pilot Plant and Hydrogen ICE Vehicle Testing" National Hydrogen Association Conference March 2005
- [3] The Hydrogen Pathway, CLEFS CEA – No.50/51 – Winter 2004-2005
- [4] Dr. S. Rau, J.S. Colom" Session 2.4: Pressure Storage Systems II" 25th – 29th September 2006 Ingolstadt
- [5] Dr. C. Rasche "Moderne Composite Flaschen und die Anforderungen für deren sicheren Betrieb aus Sicht der Speicherhersteller" Dynetek Europe GmbH, Berlin, 18 Nov. 2003
- [6] Thompson, R "Storing Energy's Future" Dynetek Industries Ltd. January, 2006

- [7] ALNIAK M. O., OĞUR A., ERTÜRK M., KARAKAYA Ç., GÜNEŞ İ. "Yüksek Basınca Dayanıklı Kompozit Hidrojen Tankı İmalatının İncelenmesi" VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES'2008 17-19 Aralık 2008, İstanbul
- [8] ALNIAK M. O., OĞUR A., ERTÜRK M., KARAKAYA Ç. "San-Tez Projelerinin Üniversite-Sanayi İşbirliğine Katkısı ve Destek Süreci" 2. Üniversite-Sanayi İşbirliği Sempozyumu, 10-11 Haziran 2009, Kocaeli
- [9] YAVAŞLIOL İ., GÜL E. "Hidrojenin İçten Yanmalı Motorlarda Yakıt Olarak Kullanılması ve Performansa Etkileri" Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2006, İstanbul
- [10] <http://www.cnnturk.com.tr> (Ford-Tübitak MAM işbirliği haberi)
- [11] <http://www.tubitak.gov.tr> (TÜBİTAK Resmi web sitesi)
- [12] <http://www.biltek.tubitak.gov.tr> (TÜBİTAK Hidromobil Resmi web sitesi)
- [13] <http://www.unido-ichet.org> (UNIDO-ICHET Resmi web sitesi)
- [14] <http://www.dynetek.com> (Tank üreticisi firma web sitesi)