

HİDROJENİN NAKLİ

8.1 Gaz Hidrojen Nakli

Gaz formundaki hidrojen şu anda basınçlı tüplere doldurulup tırlarla yada yük treni vagonları ile taşınmaktadır. Büyük miktarlarda taşımalarda ise tüplerden birbirine kenetli konteynerler oluşturulup, gruplar halinde taşıma yapılmaktadır. 28 tüpten oluşan bir demet yaklaşık 250 m³ gaz depolayabilmektedir. Çok büyük miktarlarda ise tankerler - basınçlı tüp haline dönüştürülüp taşıma yapılmaktadır. Bu tüpler traylerle ile hidrojen dolum istasyonlarına ulaştırılmaktadır.



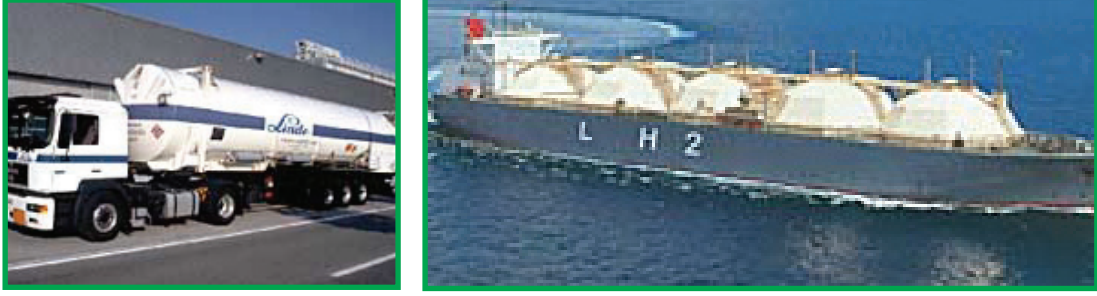
Resim 8.1 : Treylerle taşınan gaz hidrojen tüpleri

Tabiki bu tür bir taşıma akaryakıt taşımacılığı ile mukayese edilemeyecek kadar düşük kapasitelidir. Bir defada 36 000 l Benzin taşındığında 60 l tank kapasiteli 625 aracın deposu doldurulabilirken, 625 aracın gaz hidrojen ihtiyacını karşılamak için donanmış treyleri en az on kez gidip gelmesi gerekir. Bu gaz taşımacılığında en büyük handikap olarak görülmektedir.

8.2 Sıvılaştırılmış Hidrojen Nakli

Sıvı hidrojenin taşınmasında kullanabilen malzemelerin farklılığı sebebiyle özel koşullar gerekmektedir. Tankın içindeki sıvının sıcaklığı (-253°C) ile dış atmosfer arasında büyük sıcaklık farkı olduğundan taşımada bir çok zorlukta beraberinde gelmektedir. Bugünkü depolanma teknolojisi ile oldukça güvenli bir taşıma yapılması uzak görülmektedir.

Sıvı yakıtlar normalde 50 000 litreye kadar kolaylıkla tankerlerle taşınabilmektedir. Bu nedenle sıvı hidrojenin taşınmasında gazına oranla 9 kat daha fazla bir kapasiteye sahiptir. Örneğin 40 ton toplam taşıma ağırlığına sahip sıvı hidrojen treyleri 3 300 kg yakıt taşıyabilmektedir. Şekilde Linde AG'nin bir transportu görülmektedir.



Resim 8.2. Linde AG'ye ait sıvı hidrojen taşıması

8.3 Boru Hatları ile Nakil

Hidrojenin boru hatları ile taşınmasında önemli bir alternatiftir. Kurulumu pahalıda olsa bu sistem en kullanışlı olanıdır. Almanya'da, 1938 yılından bu yana Köln, Leverkusen ve Ruhr bölgesi arasında 240 km'lik bir hat çalışmaktadır. Yılda yaklaşık 250 milyon m³ hidrojen güvenli bir şekilde taşınmaktadır. Almanya'nın doğusunda da Linde AG buna benzer bir iletim hattı kurmuştur. Ayrıca Kuzey Fransa ile Belçika arasında yaklaşık 400 km'lik bir hatta mevcuttur.



Resim 8.3. Hidrojen nakil hattı

Amerika Birleşik Devletleri'nde de çeşitli eyaletlerde buna benzer taşınan hidrojenin basıncı 3 bar ile 100 bar arası değişmektedir. Mevcut doğalgaz ve havagazı iletim hatları da küçük bir takviye ile hidrojen için kullanılabilir. Doğalgaz taşıma hatlarının gaz basıncı düşük olup 4 bar civarındadır. Buralarda kullanılan PVC (Poly Vinyl Chloride) ve HDPE (High Density Poly Ethlene) oldukça poröz olup hidrojen taşımacılığına uygun değildir. Çünkü hidrojen atomları çok küçük deliklerden bile kaçabilmektedir.¹

Kuzey denizinde de Norveç tarafından döşenen doğalgaz hattında doğalgaza %15 oranında hidrojen katılarak taşıma yapılmaktadır.^{2,3}

8.4 Araçlarda Dolun Koşulları

Gaz Hidrojen Dolun

Gaz hidrojen ve sıvı hidrojen arasındaki farklılıklar tıpkı depolamada ve taşımada olduğu gibi araçlara dolun koşulları sırasında da ortaya çıkmaktadır. Gaz hidrojenin depolandığı bölge ile araca doldurulacağı yer arasındaki basınç farkı ve sıvı hidrojenin depolandığı yer ile dışarıya arasındaki sıcaklık farkı koşulları belirlemektedir.

Gazların sıkıştırılıp araç tanklarına bir tabanca yardımıyla gönderilmesi uzun

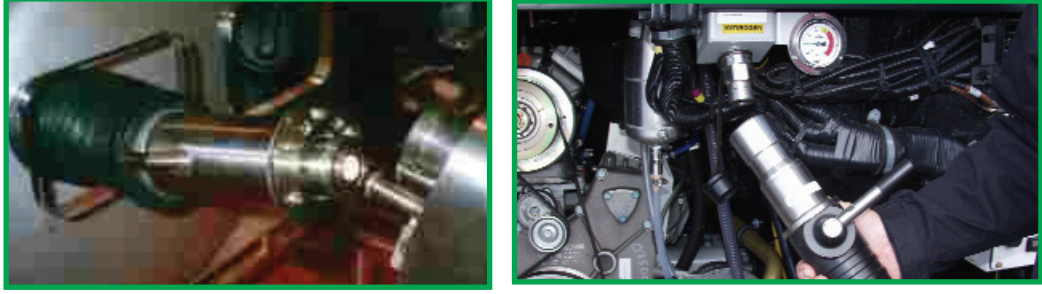
zamandır uygulanan bir yöntemdir. Özellikle LPG en yaygın kullanıma sahiptir. Gaz formundaki hidrojen de bir basınç yükseltici tarafından 30 bar dan başlayarak sıkıştırılır. Gerekli olan durumlarda basınçlı kaplar yada metal hidrür kaplar yardımıyla bu sıkıştırma basıncı 350 bar'a kadar çıkabilmektedir. Çıkış basıncı 120 ile 150 bar arası olan yüksek basınç pompaları bu sayede gazları ilave bir sıkıştırmaya gerek kalmaksızın kolaylıkla doldurabilir.

Araçlar İçin Kullanım

GH₂ (Gaz Hidrojen) Basınçlı kapların depolanma basıncı 250-200 bar arasında olup bu değer dolum istasyonunun koşullarına göre değişebilir. Dolum istasyonundan araçlara doldurulan gazların basıncının araç tankının iç basıncından büyük olması gerekir ki, tankın tamamı dolabilsin.

Araç tankına doldurulan gaz soğuduğunda basıncı da bir miktar düşer. Böylece depolanma basıncı doldurma basıncının altına inmiş olur. Örneğin 1 050 barlık bir basınçla doldurulan gaz depoda 700 bara kadar düşer.

Bu sistemde depolama süreleri basınca bağlı olarak değişir. 200 - 350 barlık bir doldurma basıncındaki süre yüksek basınçlara göre oldukça uzundur. Bu koşulda bir tırın deposunun ancak bir gecede dolabileceği bilinmelidir.



Resim 8.3 : Hidrojenin araçlara doldurulduğu sistemler

Sıvı Hidrojen Dolumu

Sıvı hidrojenin depolanması ve araçların depolarına doldurulması sırasında malzemelerin özenle seçilmesi ve tasarlanması gerekir. Seçilen malzemeler ve donanım oldukça soğuk olan sıvı hidrojeni hava ile temas ettirmeyecek mukavemette olmalıdır.

Sıvı hidrojenin ilk kez yoğun kullanıldığı yıllarda geliştirilen sistemlerde hidrojenin tanktan araç deposuna doldurulması ve ısı dengesinin kurulması gibi süreçler yaklaşık 18 dakika sürebiliyordu. Böyle bir durumda bir deponun dolması bile yaklaşık 5 dakika alıyordu. Teknoloji ilerledikçe bu süre 3 dakikaya kadar indirilmiştir.⁴

Büyük tanklardan araç depolarına hidrojenin doldurulması prosesi, her bir basamak tam otomatik robot sistemleri tarafından gerçekleştirilmektedir.

Bu karmaşık proses aşağıdaki basamaklardan oluşmaktadır:

- Yakıt sisteminin gerektiği kadar soğutulup soğutulmadığının testi ve ölçüm sonucunun dijital olarak ekrandan gösterilmesi,
- Araç ile depo istasyonu arasındaki bağlantı sisteminin kurulması,
- Bağlantının sağlam ve sızdırmaz olarak yapılması ve kişi yada herhangi bir dış müdahaleye karşı (olası ateşli kaynaklara) güvene alınması,
- Oluşacak olası bir potansiyel farkının gazın tutuşmasına sebebiyet vermemesi için topraklamanın yapılması ve kontrolü,
- Doğalgaz dolumlarında olduğu gibi, dolacak yakıtın yoğunluğunun soğuk gaz ile test edilerek belirlenmesi,
- Dolum işleminin başlatılması ve gerekli vanaların açılması,
- Gazın dolumunun kontrol edilmesi,
- Dolum işleminin toplam hacmin %85'i düzeyine ulaşıldığında sınırlandırılması,
- Araç ile olan bağlantının koparılması.

Dolum teknolojisi henüz istenilen aşamada geliştirilememiştir. Kullanılan malzemelerin özenle seçilmiş olması ve sistemin karmaşasının önüne geçilmesi için yeni çalışmalara devam edilmektedir. Sistemin tümünden insan faktörünü uzaklaştırıp bilgisayar kontrollü robot sistemlerle güvenli bir dolum yapılması öngörülmektedir. Ayrıca seri kullanımda bu tür istasyon-



Resim 8.4 : BP 'e ait Hidrojen Dolum İstasyonu



Resim 8.5. Sıvı hidrojen doldurma robotu

ların sıklaşması ve her yerde olması olasılığı, tasarımın ve kullanımın daha basit düzenlenmesi gereğini ortaya çıkarmaktadır. Çalışma esnasındaki olası hatalar, dönüşü olmayan büyük hasarlar meydana getirebilmektedir. Ayrıca boş tankın içinin inert bir gaz ile (Azot gibi) temizlenmesi de önemli bir ön işlemdir.

8.5 Hidrojen – Dolum İstasyonları

Şu ana kadar dünyanın farklı bölgelerinde hidrojen dolum istasyonlarını inşa edilmiştir. Bunlardan 20 kadarı ABD de 8 tanesi Kanada’da, Avrupa’da ise belli başlı bölgelerde bulunmaktadır. Almanya’da 2003 tarihine kadar 5 adet inşa edilmiştir. İlki dünyada da ilk oluşturulan Münih havaalanı GH_2 ve LH_2 dolum istasyonudur. Bir diğeri Hamburg yakınlarında bulunan GH_2 istasyonudur. 2001 yılı ortalarında alınan bir hükümet kararı ile uygulamaya konulan “Clean Energy Projects” kapsamında başkent Berlin de farklı araçların hidrojen ihtiyacını karşılayacak yeni bir istasyon oluşturulmuştur.^{5,6}

Hidrojen istasyonu oluşturmak teknik açıdan zor olmaza bile maliyet açısından oldukça pahalıdır. Kapasiteye göre bir istasyon 0,5 ile 1,5 milyon Euroya mal olmaktadır. Henüz yeterli düzeyde talebin olmadığı durumda istasyon inşaatında fazla bir anlam ifade etmemektedir.



Resim 8.6: Almanya’da kurulu bazı dolum istasyonları

Bulunduğu yerde hidrojeni doğrudan üretebilen ilk istasyon ise 2001 yılında Los Angeles / ABD de Honda tarafından inşa edilmiştir. Burada hidrojen fotovoltaik olarak güneş enerjisi yardımıyla elektroliz yöntemiyle üretilmektedir. Günlük yaklaşık 8 000 l gaz hidrojen elde edilmekte ve 250 barlık bir basınçla sıkıştırılarak kullanıma sunulmaktadır. Bunun benzeri bir uygulamasında rüzgar enerjisi kullanılarak Kuzey Denizi’nde gerçekleştirilmesi planlanmaktadır. Böylece Avrupa’da da fosil yakıt kullanmadan hidrojen üretilen ve depolanan bir istasyon oluşturulacaktır.⁷



Resim 8.7. Honda’nın bulunduğu yerde hidrojen üretilen dolum istasyonu

2007 yılından itibaren İstanbul’da ICHET ile İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından ortak planlanan projede hidrojen dolum istasyonları kurulacaktır. Türkiye’nin bu ilk istasyonunda GH_2 ve LH_2 birlikte dolurulabilecektir.

Kaynakça

1. Princeton University, “Fuel Decarbonization and Carbon Sequestration”, www.pirenceton.edulceesdoe, 1997
2. Swain, M. R., vd. “Comparisation of Hydrogen, Naturel Gas, Liquefied Petroleum Gas, and Gasoline Laeke in a Residential Garage”, *Energy and Fuels*, 12, p: 83-89, 1998
3. Wurster, R., “Randbedingungen und Systemaspekte für Transport und Speicherung von Wasserstoff”, Veröffentlicht zur VDI-Tagung 11/12 October, 1994
4. www.hh2wasserstoff.de/_zopeld/53232047A2CQe5V
5. www.brenstoffzelle-nds.de/BZ_Buendnis_Deutschland.html
6. www.sunroom.de/literatur/Wasserstoff%20_%20Tankstellen.doc
7. www.theautochannel.com/news/2003/10/02/169831.html