

HİDROJEN & YAKIT PİLLERİ PROJELERİNE BİR BAKIŞ

M. Süha YAZICI¹, Gülşah Yeğen², Evren Erkan³, Gökhan KEPOĞLU⁴

UNIDO- International Centre for Hydrogen Energy Technologies
Sabri Ülker Sok., 38/4, Cevizlibağ, Zeytinburnu, 34015 İstanbul TÜRKİYE

syazici@unido-ichet.org ; gyegen@unido-ichet.org ; eerkan@unido-ichet.org ; gkepoglu@unido-ichet.org

Özet

Fosil yakıtların yoğun kullanımı, 1970'lerden bu yana dramatik ve hissedilebilir (özellikle 2000'li yıllardan sonra) iklim değişikliklerine neden olmuştur. Fosil yakıtların tükeniyor olmasının getirdiği sürekli fiyat artışları, dünya gündemine “enerji güvenliği”, “enerji çeşitliliği”, “sürdürülebilir enerji sistemleri” “sürdürülebilir kalkınma” gibi kavramların girmesine de ayrıca neden olmuştur. Bu çalışmada, sırasıyla, dünyanın neden alternatif ve yenilenebilir enerji kaynakları arayışında olduğu, hidrojenin neden en uygun enerji taşıyıcılarından biri olduğu ve hidrojenin en önemli kullanım alanlarından biri olan yakıt pilleri konusunda dünyada ve Türkiye’de sürdürülen çalışmalar bilgilendirme amacı ile sunulacaktır. Kanada, Japonya ve Amerika Birleşik Devletleri’nde yapılan çalışmalar ve Avrupa Birliği Çerçeve Programları’ndaki (1999-2008) hidrojen ve yakıt pilleri ile ilgili büyük projeler gözden geçirilmiştir. Son olarak, Türkiye’nin hidrojen ekonomisine geçiş için izlemesi gereken politika ve stratejiler için önerilerde bulunulacaktır.

Anahtar Kelimeler: hidrojen, yakıt pili, alternatif, yenilenebilir, sürdürülebilir, enerji taşıyıcısı, enerji çeşitliliği

Abstract

The extensive usage of fossil fuels (especially after 2000) has caused dramatic and considerable changes in climate since 1970. Continuously increasing price of fossil fuels because of depletion created in the world agenda concepts such as “energy security”, “energy diversification”, “sustainable energy systems” “sustainable development”. In this study, the need for alternative and renewable energy sources, the role of hydrogen as one of the most appropriate energy carrier and global efforts about fuel cells will be presented. The studies in Canada, Japan and United States of America and the large projects about hydrogen and fuel cells in European Union Framework Programmes (1992-2008) will be reviewed. Finally, some recommendations about the strategies and policies that Turkey should follow towards hydrogen economy will be discussed.

Key Words: hydrogen, fuel cell, alternative, renewable, sustainable, energy carrier, energy diversification

1. GİRİŞ:

Bugün dünya üzerindeki bir çok ülke, enerji, çevre ve ekonomisi için hidrojen ve yakıt pili teknolojilerinin gelişimini hızlandırmaya çalışıyor. Hidrojenin güvenli, verimli ve ekonomik, alt yapı düzenlemeleri, depolaması, taşınması, dağıtımı ve kullanımı problemleri iyi bir planlama ve uzmanlık gerektiriyor. Uluslararası ortaklıklar, ülkelerin ulusal hidrojen ve yakıt pili teknolojisi programlarının sabit ve hareketli sistemleri içeren hedeflerine ulaşmalarına yardım edecektir. 21. yüzyıla da çoklu hidrojen ve yakıt pili teknolojileri araştırma birlik ve ortaklıkları, hidrojen ekonomisine giden yolların merkezi olacaktır.

2003 ün Nisan ayında Amerikan Uluslararası Enerji Bakanlığı Sekreteri Spencer Abraham, Hidrojen enerjisi teknolojilerinin gelişimi, tanıtılması ve ticari olarak kullanılması, verimli ve doğru bir şekilde araştırılabilmesini organize edip tamamlaması için Uluslararası Hidrojen Ekonomisi Birliği (IPHE) adında bir organizasyonu ilan etti. Ayrıca gelişen politikalar, uluslararası kodlar ve standartlar içinde bir araştırma topluluğu sağlıyor. IPHE nin son amacı 2020 yılında ortak ülkelerin hidrojenle çalışana ve uygun fiyatlı araçlar üretip kullanması.

İlk petrol krizinden sonra 1974 yılında Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) kuruldu. Amacı, ekonomik gelişmeler, enerji güvenliği, çevre koruması ve bütün dünyayı kapsayan bir iyileştirme için bir ortaklıktı. 20 yılı aşkın bir zamandır IEA, hidrojen teknolojilerindeki ilerlemeler için kurulan ortaklıkları destekliyor. Son 10 yıl içerisinde Amerika bir çok IEA Yürütme Anlaşmalarında bulundu. İleri Yakıt Pilleri yürütme anlaşmasından başka, İleri Motor Yakıt Pilleri, Ulaşım için Farklı Materyaller, Biyoenerji, Sera Gazları Araştırma ve Geliştirme Programı ve Temiz Kömür Merkezi gibi alt kurumlarda hidrojen enerjisi için önemli bir katkı sağlıyor.

Yakıt pilleri ve hidrojen teknolojileri konusunda kayda değer ilerlemeler kaydedilmesine rağmen, ticarileşme için hala aşılması gereken belirgin engeller bulunmaktadır. Maliyet rekabetinin kurulabilmesi için, yakıt pilleri teknolojilerin hem maliyetlerinin önemli miktarlarda düşürülmesi hem de performanslarının artırılması gerekmektedir. Ayrıca hidrojenin enerji taşıyıcısı olarak kullanımında da önünde ciddi engeller bulunmaktadır; hidrojenin üretimi, güvenli ve uygun

maliyetli depolama, alt yapı ve kamunun hidrojeni yakıt olarak kabullenmesi. Araştırma, geliştirme ve demonstrasyon faaliyetleri söz konusu bariyerlerin aşılabilmesi için yapılmaktadır.

Avrupa Birliği: hidrojen ve yakıt pillerini Beşinci Çerçeve Programı'nda (1999-2002) "sürdürülebilir kalkınmaya geçişi hızlandırmak için hidrojeni ve yakıt pillerini ticari bir gerçek haline getirmek" amacı çerçevesinde ele almıştır. Altıncı Çerçeve Programı'nda enerji sürdürülebilir kalkınma ilişkisine vurgu yapılmaya devam edilmiş ancak, enerji güvenliği, iklim değişikliği ve ekonomik rekabet ile enerji arasındaki ilişkilerde vurgulanmaya başlanmıştır.

2. HIDROJEN

2.1 HİDROJEN ÜRETİMİ

Avrupa Komisyonu Altıncı Çerçeve Programı'nda hidrojen üretim projelerin çoğu amaçlarına uygun ilerlemiştir. Yedinci çerçeve programında hidrojen ve yakıt pili destekleri "Joint Technology Initiative" oluşumu altında sağlanmaktadır. Hidrojen üretimi ile ilgili önerilen temel araştırma konuları yüksek sıcaklıkta çalışacak gelişmiş elektrolizörler için yeni ve daha kararlı elektrolitler ve yüksek sıcaklık reaktörleri için malzemeler üzerinedir. Yenilenebilir Kaynaklardan Hidrojen Üretimi alanında alkali ve PEM elektroliz aletleri kullanılmaktadır. İleri teknoloji olarak yüksek sıcaklıkta çalışan katı oksit elektroliz yöntemleri üzerine çalışılıyor. Amerikadaki bir programda nihai hedef, nükleer santraller ile birleştirilmiş termal ve elektrolitik hidrojen üretim metodudur. Üretim proseslerinin hidrojen fiyatını 2015 yılına kadar 3 doların altına çekmesi hedeflenmektedir.

Biyokütleden hidrojen üretimi, özellikle gelişmekte olan ülkelerin dikkatini çeken bir durum. ICHET, 2005 yılında Hindistan'da yapılan bir fizibilite çalışmasını finanse etmiştir. Biyokütleden hidrojen üretiminde nihai amaç, gıda üretimine herhangi bir olumsuz etkide bulunmadan kg fiyatını en aşağılara çekmektir. Amerika'da piroliz, gazlaştırma ve fermantasyon yöntemlerini içeren çalışmalar mevcut. Amerika ticari boyutlarda 2015 yılına kadar 10 dolar/kg son fiyatlı bir fotolitik hidrojen üretim teknolojisini geliştirmeyi amaçlıyor. Ayrıca direk fotoelektrokimyasal su ayırma yöntemleri ile 5 dolar/kglık ticari hidrojen üretimi planlıyor. Japonya'da foto-hidrojen üretimi için moleküler cihaz gelişimini araştıran 'Uluslararası Birleşik Araştırma Fonu' kabul edilmiştir. Japonya'dan 7 araştırma grubu, Fransa ve Almanya ışık

enerjisi ile sudan hidrojen gazı üretmek için biyomoleküler makine gelişimini amaçlayan bir çalışma yürütüyorlar. Anaerobik ayrıştırma prosesindeki hidrojen metabolizmalarını, hidrolizi ve metan dönüşümünü içeren mikrobik popülasyonun kontrolü ve görüntülenmesi çalışmaları devlet tarafından desteklenmektedir. Avusturya tanıtım platformuna ve biyokütleden hidrojen üretiminde, gazlaştırma, dönüştürme ve safsızlıkla ilgili birçok pilot projeye sahip olarak, ulaşım alanında biyoyakıt geliştirmede lider ülkedir.

2.2 HİDROJEN DEPOLAMA

Şu aşamada hiç bir hidrojen depolama metodu (sıvı, gaz ve katı) ister mobil ister sabit depolama uygulamaları için belirlenen hedeflere ulaşamamıştır. Kapasite, güvenlik, depolama kayıpları ve sızıntı (storage losses and permeability), enerji kayıpları, tank dizaynı, ısı yönetimi, malzeme geri dönüşümleri ve her şeyden önemlisi maliyet konularında dar boğazlar bulunmaktadır.

Malzeme özellikleri ile ilgili temel bilgiden yoksun olmak hidrojen depolaması konusunda ilerlemeyi sınırlandırmaktadır; örneğin, sıkıştırılmış gaz silindirlerindeki yaşlanma (aging) ve yaşlanmaya bağlı başarısızlıkları azaltmak, sıvı hidrojendeki kaynama hızını düşürecek yalıtım malzemeleri ve karbon bazlı malzemelerin hidrojen emme özelliklerini geliştirebilmek için hidrojen-karbon etkileşimleri ve malzeme özellikleri konusunda daha derin ve temel bilgilere sahip olunmalıdır, başka bir deyişle malzeme konusunda temel araştırmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

Küçük ve büyük ölçekli hidrojen dolum istasyonları yüksek basınçlı hidrojen kompresörü ve dispenser sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemler, 350 ve 700 barda dayanıklı tam dolum yapabilmektedir. Geliştirilmiş dizaynı ve enerji geri dönüşüm teknolojisi sayesinde, hidrojeni basmak için gereken enerji azalırken kullanım ve kurulum maliyetleri de azalmıştır. Bu konuda Dynetek firması ileri teknoloji silindirler geliştirmiş bulunmaktadır. Yakıt pili araçlarındaki performans hedefi 5 kg lık hidrojen deposu ile 500 km lik yol alabilen araçlar geliştirmektir. DOE hidrojen, yakıt pili ve altyapı teknolojileri ofisinin hedefi ise 300 mil yada daha fazla yol yapabilecek kapasitede araç üstünde hidrojen depolamak alanında. Sıvı depolama tekniği olarak, Linde, Air Liquide, Air Products gibi gaz şirketlerinin çalışmaları mevcut olup sıvılaştırma ve sıvı hidrojenin taşıma teknolojilerini içermektedir. Amerikan Enerji Bakanlığı, depolama maddelerinin taşıma alanında kullanılabilmesi için kendi ağırlıklarının %6,5 u kadar depolama

kapasitelerinin olması gerektiğini kabul ediyor. Karbon nanotüpler ile ilgili yapılan ilk çalışmalar kendi ağırlıklarının %4 – 6,5 arası performans göstermiştir. Ama bu performanslara sonraki deneylerde ulaşılammıştır. Aktif araştırmalar hidrojen depolama için kullanılan materyallerin gerçek potansiyellerini bulmak üzerinedir. İlgi gelişmiş, düşük maliyetli üretim teknolojileri üzerinedir. Hala nonotüplerin ne zaman ve nasıl ticari olarak hidrojen depolamada kullanılacağı soru işaretidir. Hidratların depolamada kullanımı en yaygın araştırma konularından biridir. kompleks metal hidratlar ve kimyasal hidratlar geniş kapsamlı olarak araştırılmaktadır. Araştırmalar, depolama kapasitesini arttırmak, sağlamlığı ve devir ömrünü uzatmak ve tekrardan kullanımını kolaylaştırmak üzerine. Kimyasal hidratlar üzerindeki çalışmalar düşük fiyatlı enerjiyi az kullanan rejenerasyon sistemleri üzerine. Kullanılmış maddenin rejenerasyonu önemli teknik sorunlardan biri olmaya devam ediyor ve kullanım ömrü fiyatlarının azalması için rejenerasyon fiyatlarının değerlendirilmesi gerekiyor.

3. YAKIT PİLLERİ

Yakıt pillerinin hücre (cell) ve yığın (stack) yapılarının tesis dengesinde (balance of plant) kurulmaları ile ilgili daha derin bir anlayışa ve bilgi gelişimine ihtiyaç bulunmaktadır; yakıt işlemleri, güç elektroniği, hava ve yakıt hareketleri ve sirkülasyonları, esanjörler başarılı bir sistem yaratmakta en az yakıt pilinin kendisi kadar temel öneme sahiptirler. Amerika Enerji Bakanlığı tarafından belirlenen yakıt pili performans hedefleri genelde bütün dünyaca referans olarak alınmaktadır. Bu hedefler şunlardır:

- Ulaşım da 2010 yılına kadar (hidrojen depolama dahil olmak üzere) 45\$/kW, 2015 yılına kadar 30\$/kW maliyetle %60 verimli, dayanıklı, doğrudan hidrojen yakıt pili sistemleri geliştirmek.
- Ulaşım için temiz hidrokarbon ya da alkol temelli, emisyon standartlarını karşılayan, 30 saniyelik başlangıç zamanlı, ve projelendirilmiş üretim maliyeti 2010'da 45\$/kW, 2015'te 30\$/kW olan, %45 verimli dönüştürücü temelli yakıt pili sistemi geliştirmek.
- Doğal gaz ya da propan ile çalışan, %40 elektrik verimine ve 40,000 saat ömre sahip PEM yakıt pili sisteminin merkezi olmayan üretim yapısıyla 2010'da 400\$-750\$/kW maliyetle geliştirmek.
- 2010'a kadar, uygun enerji yoğunluğuyla tüketici elektroniği için yakıt pili sistemi geliştirmek.

- 2010'a kadar Destek güç üniteleri (3-30 kW) için sabit 150 W/kg gücünde ve 170 W/L güç yoğunluğunda yakıt pili sistemi geliştirmek.

Dünyadaki yakıt pili programları ulusal fonlardan güçlü bir şekilde yararlanmaktadır. PEM üzerine çalışmaların öncüsü olan Kanada, güvenilirlik, materyal maliyeti, yeni elektro katalizörler, doğrudan yakıt üretimi, sensörler ve tanılama, materyal performansı artırımı ve yeni mimari üzerine çeşitli R&D programları yürütmektedir. Çalışma, taşınabilir uygulamalar için yeni mikro sistemlerine ilaveten yüksek işletim ısıları için yeni membranlar, MEA'lar için düşük üretim maliyeti ve bipolar tabakaların etkili sızdırmazlık sistemlerini de araştırmaktadır. Yakıt pillerinin taşımada ve şebeke dışı uygulamalarını da kapsayan sabit sistem uygulamaları üzerinde çalışılmaktadır. Program aktiviteleri, kısa ve orta vadede ticari potansiyele sahip teknolojilerin geliştirilmesine göre yönlendirilmektedir. Amerikada Enerji Bakanlığı (DOE) yüksek meblağlı bir program yürütmekte. Mevcut araştırma konuları; güvenliğin gelişimi, düşük maliyetler, taşıma ve yapı uygulamalarında yüksek performanslı yakıt pili sistemleri bileşenleri üzerine odaklanmıştır. Yakıt pilleri ile ilgili araştırmaları üstlenen Enerji Departmanı (DOE), SOFC ve MCFC araştırmaları için 2003 yılında 47 milyon dolarlık bir yatırım yaptı ve yaklaşık 11,5 milyon doları Vizyon 21 projesi kapsamında temiz üretim teknolojileri merkez istasyonları geliştirilmesinde kullandı. Kalan kısım genel olarak merkezi olmayan (distributed generation) üretim uygulamalarına yatırıldı. Önemli aktivitelerden biri de katı oksit yakıt pillerinin merkezi olmayan (distributed generation) üretim uygulamalarında kullanımının geliştirilmesi ve tanıtılması için kurulan Enerji Departmanı, Ulusal Laboratuvarlar ve endüstri ile yapılan SECA birliğiydi. Enerji Departmanı ayrıca sabit ve taşıma sistemleri için yakıt pillerini özellikle PEM yakıt pillerinin geliştirmek için çalışıyor. FreedomCAR, PEM yakıt pillerinin otomotiv sektöründeki gelişimi için DOE ve USCAR'ın (General Motors, Ford ve Daimler Chrysler'ı içeren, rekabet öncesi araştırmalar için kurulan bir organizasyon) kurduğu bir birliktir. DOE, PEM yakıt pillerinin uzun dönem kullanımı için önemli olan hidrojen altyapı çalışmalarının yanı sıra taşınabilir ve merkezi olmayan (distributed generation) üretim sistemleri için PEM yakıt pillerinin gelişiminden sorumlu. 2003 mali yılı kapsamında DOE nin bütçesi 92 milyon dolar civarındaydı. Bunun 52 milyonu PEM yakıt pillerinin araştırma ve geliştirme çalışmalarında kullanılırken, 40 milyon doları, hidrojen üretimi, alt yapısı ve depolama araştırmaları için kullanıldı. Fransa yakıt pili programını CEA ve CNRS gibi araştırma enstitülerinden ve Helion, Axane, Renault, Peugeot Citroen, Paxitech ve Snecma gibi endüstriyel şirketlerin desteği ile

sürdürüyor. İtalya'da yakıt pili ile ilgili R&D çalışmaları 1980li yıllarda başladı. Genel olarak PEM yakıt pillerinin sabit sistemlerde ve otomotiv sektöründe, eriyik karbon yakıt pillerinde ise yerinde (on-site) ve merkezi olmayan (distributed generation) enerji üretiminde kullanımları ile ilgili geliştirmelere önem verilmiştir. Bunun yanında Katı oksit yakıt pili için bileşen ve materyal araştırmaları da sürdürülmektedir. Ulusal Araştırma Planında (PNR) belirtilen, Ulusal Hidrojen ve Yakıt Pili R&D Programı, Araştırma ve Eğitim Bakanlığı ve Çevre Bakanlığı tarafından destekleniyor.

Yakıt pili teknolojisinin gelişmesinde, Japonya tartışmasız dünyaya öncülük etmektedir. Son 20 yıldır yüksek ya da düşük sıcaklıkta çalışan yakıt pili sistemlerine yapılan kesintisiz devlet ve özel sektör yatırımları bu durumu doğurmuştur. Günümüzdeki odak PEM tipi yakıt pillerinin taşımacılık uygulamalarında ticarileşme, konut yada ofis binalarında yerleşik enerji üretimidir. Japon elektronik firmaları başta mobil uygulamalar için güç kaynakları olmak üzere, mikro yakıt pili uygulamaları üzerine yoğun bir şekilde çalışmaktadırlar. CUTE (Avrupa için Temiz Toplu Taşıma Programı); toplu taşıma uygulamalarında hidrojen teknolojisinin tanıtımını yapan 9 Avrupa şehri destekleme amaçlı oluşturulan bir programdır. Bu programın en önemli amaçları: (1) 2 yıllık süre zarfında, 9 Avrupa şehrinde, Daimler Chrysler tarafından üretilecek 27 adet yakıt piliyle çalışan otobüsün gösterimi; (2) hidrojen üretim ve dolun istasyonları için gerekli olan altyapının sağlanması; (3) belirtilen süre sonunda yapımı tamamlanacak olan 9 hidrojen dolun istasyonu ile ilgili güvenlik ve standartlar ile mobil ve sabit uygulamalar için hidrojen üretimi ile ilgili operasyonel koşulların sağlanması; (4) Avrupa ölçeğinde CO₂ salımındaki düşüş oranlarının ve bu düşüşlerde Kyoto Protokolünün etkisinin belirlenmesidir. Avrupa Komisyonu CUTE programının gerçekleştirilmesi için 18 milyon € kaynak ayırmıştır.

4. SONUC

Son on yılda hidrojen ve yakıt pilleri üzerine yapılan çalışmalar büyük bir ivme kazanmış olup, ulusal hidrojen birliklerinin ve kamu/özel ortaklıkların buna katkısı yadrganamayacak kadar büyüktür. UNIDO-ICHET, demonstrasyon projeleri ve eğitim faaliyetleri ile, bu süreçte gelişmekte olan ülkeler seviyesinde katkı sağlamaya çalışmaktadır. Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) ve Küresel Çevresel Servis (GEF); gelişmekte olan ülkelerde, 6 şehirde, 46 adet yakıt pili ile çalışan otobüsün gösterimini içeren girişimi teşvik etmektedir. Avrupa Birliği Çerçeve Programları, Avrupa çapındaki hidrojen ve yakıt pili AR&GE faaliyetlerine kaynak

aktarmaktadır. Hidrojene Geçiş İçin Gelişmiş Ortaklık (PATH), Kanada Hidrojen Birliği, Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Hidrojen Birliği ve Japonya Hidrojen Enerji Sistemleri Derneği tarafından oluşturulmuştur. Ortaklığın amacı; gelişmekte olan Latin Amerika ve Pasifik ülkeleri ile ulusal hidrojen birlikleri oluşturmak ve bu ülkelerin hidrojen enerjisi endüstrilerini desteklemektir. Yakıt Pili Otobüs Klübü, CUTE (Avrupa'da Temiz Şehir İçi Ulaşım), ECTOS (Ekolojik Şehir İçi Ulaşım Sistemi) ve STEP (Sürdürülebilir Ulaşım Enerji Projesi) tarafından oluşturulmaktadır. Avrupa çapında ve Avustralya'da yürütülen bu proje dünyanın en büyük yakıt pilli otobüs gösterim programıdır. Şu anda Ballard yakıt pili sistemi kullanan 33 adet Daimler Chrysler marka otobüs, 10 büyük Avrupa şehri ile Avustralya'nın Perth şehrinde kullanımdadır.

Butun bu teknolojik gelişmeler olurken, Uluslar Arası Standartlar Enstitüsü (ISO), Hidrojen Teknolojileri Teknik Komitesi (ISO/TC 197) 1990 yılında; 15 üye ve 15 gözlemci ülkenin katılımı ve başka ISO/IEC komitelerinden 15 üyenin katılımıyla oluşturulmuştur. Şu ana kadar likit hidrojen- arazi taşıtları yakıt sistemi, hidrojen yakıtı- ürün şartnamesi ve güvenli hidrojen kullanımında dikkat edilecek hususlar alanında standartlar belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

1. "European Fuel Cell and Hydrogen Projects 1999-2002", 2003, ISBN 92-894-3800-2, Office for Official Publications of the European Communities, Publications.eu.int
2. "Hydrogen & Fuel Cells Review of National R&D Programs", 2004, ISBN 92-64-108-831, IEA PUBLICATIONS, www.iea.org
3. "European Fuel Cell and Hydrogen Projects 2002-2006", 2006, ISBN 92-79-02692-5, Office for Official Publications of the European Communities, Publications.eu.int
4. "European Hydrogen & Fuel Cell Technology Platform (IMPLEMENTATION PLAN- Status 2006)", 2007, European Technology Platform for Hydrogen and Fuel Cells (HFP), www.HFPeurope.org
5. "European funded research on Hydrogen and Fuel Cells review assessment future outlook", 2008, ISBN 978-92-79-06940-6, Office for Official Publications of the European Communities, Publications.eu.int