

HİDROJEN ENERJİSİ VE TÜRKİYE’DEKİ HİDROJEN POTANSİYELİ

Nihat ÖZTÜRK Mehmet BİLGİÇ Cemali ARSLAN
Gazi Üniversitesi
Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Eğitimi Bölümü
06500 Beşevler/ANKARA
ozturk@gazi.edu.tr

ÖZET

Hidrojen enerjisi “21. yüzyılın enerji taşıyıcısı” olmaya en büyük adaydır. Teknolojinin sürekli olarak gelişmesi ve bunun sonucunda yükselen bir ivme ile enerji talebinde bulunması, hidrojenin önemini artırmaktadır. Bu süreçte dünyanın yürüttüğü enerji politikalarını izlemek, çağa uyum sağlamak açısından önem arz etmektedir. Türkiye’nin hidrojen enerjisine adaptasyonunun gerçekleşebilmesi için ülkenin kendi enerji kaynaklarının farkında olması ve bu kaynaklardan etkin bir biçimde faydalanması kendi lehine olacaktır. Dış sularımızda bulunan hidrojen sülfür (H_2S)’ün yenilenebilir enerji kaynaklarıyla desteklenerek kullanılması, artan enerji talebinin karşılanması için üzerinde önemle durulması gereken bir noktadır. Buradan elde edilen enerji Türkiye’nin enerji ihtiyacının belirli oranda karşılanabileceği tahmin edilmektedir.

1. GİRİŞ

Dünya’nın önündeki en önemli sorunlardan biri; fosil yakıt kullanımından kaynaklanan CO_2 emisyonu nedeniyle atmosferin sera etkisinin giderek artması ve bunun dünya ortalama sıcaklığını artış trendine sokmuş bulunmasıdır. Önlem alınmazsa gelecek yüzyılda sıcaklığın $5\text{ }^{\circ}C$ ’nin üstünde bir artışla yükselmesi kaçınılmaz olacaktır. Bunun sonucunda yüzey oranları değişeceği gibi iklim dengesi bozulacak, bugünkü tarım alanları kurak alanlara dönüşecek, insanlığın yaşamı sınırlanacaktır [1].

Bu aşamada dünyanın, çevresel uyumu son derece yüksek, istenilen verimde diğer enerjilere dönüşebilen yeni bir yakıtı ihtiyacı vardır. 20. yüzyıla enerji taşıyıcısı olarak bilinen elektrik damgasını vurmuş iken 21. yüzyılda damgasını vuracak enerji kaynağı ise hidrojen olacaktır.

“Hidrojen enerji çevirimini kaçınılmaz yapan diğer bir olgu ise fosil kaynaklı yakıtların arzındaki gerileme ve buna karşılık bu yakıtların maliyetlerindeki artıştır. Dünya artık daha sıklıkla oluşan doğal felaketlere milyarlarca dolar bedel ödemekte olduğu bir sürece girmiştir. Son yayınlanan iklim raporunda önümüzdeki 10 yıl geri dönülmez süreç olarak kabul edilmiştir” [2].

Bu gelişmelerin farkında olan dünya, bilimsel çalışmalara hız vermekte ve teknolojik gelişmelere küçümsenmeyecek derecede önemli kaynaklar aktarmaktadır.

2. HİDROJEN ENERJİSİNİN TÜRKİYE’DEKİ DURUMU

Türkiye’nin 7. Beş Yıllık Kalkınma Planı Genel Enerji Özel İhtisas Komisyonu Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Raporu (1993) kapsamında, hidrojen teknolojisine kısaca değinmekle birlikte, resmîleşen kalkınma planında hidrojen enerjisinin adı geçmemektedir. Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu tarafından saptanan, 1993-2003 yılı ulusal bilim ve teknoloji politikasında hidrojen yakıtına yer verilmemiştir. Hidrojen konusu üniversitelerimiz ve araştırma kuruluşlarımızda çok sınırlı bir biçimde ele alınmaktadır. TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi’nde hidrojen alanında uluslararası enerji ajansı programları kapsamında çalışma başlatılmak istenmişse de, söz konusu işbirliği 1996 yılında kesilmiştir. Şimdi, Birleşmiş Milletler Endüstri Geliştirme Organizasyonu (UNIDO) desteği ile Uluslararası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Merkezi (ICHET) projesi kapsamında, İstanbul’da Hidrojen Enstitüsü kurulması konusu gündemdedir.

20-22 Kasım 1996 tarihinde Viyana’da yapılan 16. UNIDO Endüstriyel Kalkınma Kurulu Toplantısı’nda UNIDO işbirliği ile ülkemizde ICHET kurulması kararı alınmıştır. Buna göre, UNIDO hukuksal çerçevesinde özerk bir kurum olarak çalışacak ve ICHET İstanbul’da kurulacaktır. ICHET’in tasarlanan amacı, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında hidrojen teknolojileri köprüsünü oluşturmak, hidrojen teknolojilerinin geliştirilmesini ve uygulamalı AR-GE çalışmalarını yapmaktır. ICHET’in işlevi; kısa ve uzun dönemli eğitim vermek, bilimsel toplantılar düzenlemek, danışmanlık hizmetleri sunmak ve benzeri kuruluşlarla işbirliği

oluşturmak biçiminde belirlenmiştir. Merkezin çalışma konuları; hidrojen enerjisi politikaları, hidrojen ekonomisi, enerji ve çevre, hidrojen üretim teknolojileri, hidrojen depolama teknikleri, hidrojen uygulamaları ve demostasyonlar olacaktır. Türkiye, ilk 5 yıllık dönem için arazi, tesis, ilk yatırım ekipmanı ve işletme faaliyetlerini finanse etmek üzere 40 milyon USD verecektir. ICHET projesi Türkiye'nin hidrojen çağına tutarlı biçimde adım atmasını sağlayacak, Türkiye'ye avantaj kazandıracak önemli bir girişimdir.

Türkiye'de hidrojen yakıtı üretiminde kullanılabilecek olası kaynaklar; hidrolik enerji, güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, deniz-dalga enerjisi, jeotermal enerji ve atılması gereken nükleer enerjidir. Türkiye gibi gelişme sürecinde ve teknolojik geçiş aşamasındaki ülkeler açısından, uzun dönemde fotovoltaiik güneş-hidrojen sistemi uygun görülmektedir. Fotovoltaiik kanallardan elde olunacak elektrik enerjisi ile suyun elektrolizinden hidrojen üreten bu yöntemde, $1 m^3$ sudan 108,7 kg hidrojen elde olunabilir ki, bu 422 lt benzine eşdeğerdir. Türkiye'nin hidrojen üretimi açısından bir şansı, uzun bir kıyı şeridi olan Karadeniz'in tabanında kimyasal biçimde depolanmış hidrojen bulunmasıdır. Karadeniz'in suyunun %90'ı anaerobiktir ve H_2S içermektedir [1].

3. KARADENİZ DİP SULARI VE HİDROJEN SÜLFÜR

Hidrojen Sülfür, Karadeniz dip sularında meydana gelen aşırı kirlenme sonucunda oluşmuştur. Hidrojen Sülfür (H_2S)'ün bulunduğu Karadeniz dip suları oksijen bakımından oldukça fakirdir. Hidrojen sülfürün bulunduğu kısımlarda hiç oksijen bulunmadığından bu kısımlarda canlı varlıklara rastlanmamaktadır. Hidrojen sülfür için söylenmesi gereken en önemli özellik Hidrojen Sülfürün yüksek oranda toksit içermesi ve ağır bir kokuya sahip olmasıdır. Hidrojen Sülfürün çevresel zararlarını azaltmak için bu madde bileşenlerine ayrılmalıdır. Ayrışma sonucu ortaya çıkan bileşenler gaz formdaki kükürt ve hidrojenidir [3].

Karadeniz; Bulgaristan, Gürcistan, Romanya, Rusya, Türkiye ve Ukrayna gibi ülkelerden gelen akarsularla beslenmektedir. Ayrıca Avrupa ve Asya'daki akarsu havzalarında bulunan toplam 21 ülkeden 2.300.000 km^2 'lik geniş bir bölgenin tüm kirlenme etkileri Karadeniz'e taşınmaktadır. Karadeniz, diğer denizlerden izole edilmiş ve sadece Marmara Denizi vasıtasıyla Ege Denizine açılmaktadır. Karadeniz'de su sirkülasyonunun olmaması yaklaşık 150 – 200 metre derinliğin altında oksijensiz bir tabakanın oluşmasına neden olmuştur. Ayrıca Karadeniz'de tuz miktarı diğer denizlere oranla daha az olup, boğazın alt kısmından Karadeniz'e tuzlu su akışı mevcuttur. Bu durum Karadeniz'de yaşayan balıkların ve diğer deniz canlılarının ölmesine neden olmaktadır. Aşırı kirlilik neticesinde ve tuz yoğunluğu sebebiyle canlıların ölmesi sonucu meydana gelen birikimler sonucunda dip sularında H_2S konsantrasyonunun artmış olması muhtemeldir.

Ayrıca Karadeniz'in orta bölgelerinde su yüzeyinden yaklaşık 100m derinliğe inildiğinde Hidrojen Sülfür tabakasına rastlanacaktır. Kıyı kesimlerde H_2S 'e ulaşım derinliği minimum 170m'dir. Karadeniz ortalarına kurulacak olan platformlar sayesinde H_2S 'in yüzeye çıkarılma maliyeti azaltılmış olacaktır. Zonguldak, Samsun, Sinop, Giresun açıklarında H_2S 'e ulaşmak daha kolaydır [3]

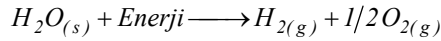
Ayrıca H_2S 'i yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edebileceğimiz enerji ile rahatlıkla bileşenlerine ayrırabiliriz. Bu bağlamda Karadeniz-Güneş-Rüzgâr Hidrojen Enerji Sistemi Projesi (KGRHES) dikkate alınması gereken bir projedir.

Karadeniz üzerindeki güneş enerji potansiyeli; Kıyıda yıllık 19.664 saat güneşlenme süresi ve ortalama 10,32 $MJm^{-2}gün^{-1}$ 'dür. Kıta sahanlığı genişliğine bağlı olarak bu değerler %20 kadar azalma göstermektedir. Temmuz ayında ise güneş ışınım yoğunluğu 25,13 $MJm^{-2}gün^{-1}$ düzeyine çıkabilmektedir. Karadeniz'de rüzgâr hızının yıllık ortalama değeri karasal kesimde $5m s^{-1}$ düzeyine ulaşmakta olup deniz yüzeyinde bu değer daha üst seviyelere çıkmaktadır. Ülkemizin rüzgâr enerjisi bakımından zengin bölgelerinden biri olan Sinop'ta, meteorolojik ölçüm yüksekliğinde yıllık ortalama rüzgâr hızı 4,7 $m s^{-1}$ 'dir. Sinop'ta pik enerji 9-10 $m s^{-1}$ sınırlarında 76,45 $KWh m^{-2}$ olup, esme saat sayısı 143 $h y^{-1}$ 'dir. 50 $kWh m^{-2}$ enerji yoğunluğu üzerindeki üretimin kapsadığı rüzgâr hızları 4-13 $m y^{-1}$ düzeyindedir. Bu rüzgâr aralığının kümülatif rüzgâr aralığı 682 $KWh m^{-2}$, esme saat sayısı da 8731 $h y^{-1}$ kadardır. Dolayısıyla bu aralık enerji üretim aralığının %72'sini kapsamaktadır. Gerek güneş enerjisi ve gerekse rüzgâr enerjisi için ölçülen bu değerler (KGRHES) projesi için uygundur. Karadeniz'den 10.000 ton sülfür üretilebileceğine göre (KGRHES) gelecekte değerlendirilmelidir. Böyle bir proje Karadeniz Ekonomi İşbirliği kapsamında ele alınabilir [1].

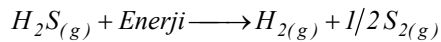
Karadeniz dip sularında bulunan toplam H_2S potansiyeli dikkate alınarak elde edilecek hidrojen miktarları düşünüldüğünde bu durum bölge açısından özel bir önem arz etmektedir. Karadeniz dip sularından hidrojen sülfür'ün %100 ayrıştırılması sonucu $268,823 \times 10^6$ ton hidrojen elde edilmesi mümkündür. Bir evin yıllık enerji ihtiyacı yaklaşık 3600 kWh olduğunu kabul edecek olursak ve Karadeniz bölgesinde yaklaşık 10 milyon ailenin yaşadığı düşünülürse, bu kitlenin yıllık enerji ihtiyacı toplamı $3,6 \times 10^{10}$ kWh olacaktır. Bu enerji ihtiyacının tamamının sadece ve sadece Karadeniz dip sularından elde edilecek hidrojen yakıtından karşılanması durumunda bu bölgenin yaklaşık olarak 180 yıllık enerji ihtiyacının karşılanacağı düşünülmektedir. Fosil kökenli veya yenilenebilir enerji kaynaklarının bölgedeki enerji ihtiyacını belli oranda karşılayacağını düşünecek olursak bu durumda dip sularından elde edilen hidrojen Karadeniz bölgesinin 350 yıllık enerji ihtiyacının karşılanabileceği tahmin edilmektedir. Günümüz koşullarında 1KWh elektrik enerjisi kullanımı için 0,112 USD ödeneceği dikkate alınırsa, H_2S rezervine bağlı olarak Karadeniz dip sularından elde edilecek olan hidrojenin ekonomik değerinin yapılan hesaplamalar sonucunda yaklaşık 715 milyar USD olduğu tahmin edilmektedir.

3.1. SU (H_2O) VE HİDROJEN SÜLFÜR (H_2S) İLİŞKİSİ

Bilindiği gibi hem H_2O 'da hem de H_2S 'de hidrojen bulunmaktadır. Bu iki bileşikten de hidrojen elde edilebilir. Dünya üzerinde H_2S 'den hidrojen elde etmek için yapılan araştırmalar sürmektedir. Hidrojeni elde etmek için kullanılan mevcut tekniklerin maliyetli olduğu açıktır. Örneğin; suyun elektrolizi yoluyla aşağıdaki reaksiyon kapsamında hidrojeni sudan ayırtmak için gerekli enerji ;



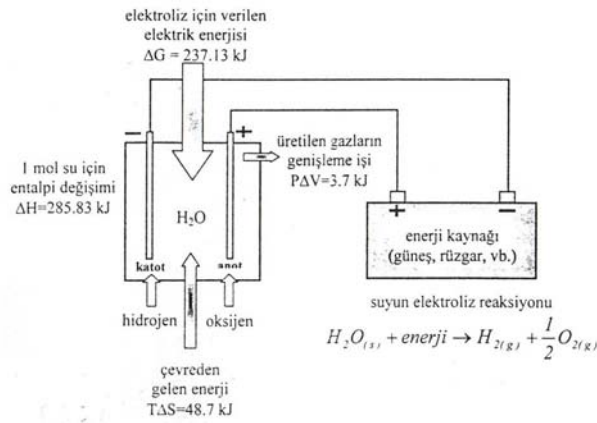
hidrojen - oksijen bağ enerjisi ile orantılıdır. Buradan da anlaşılacağı gibi hidrojenin elektroliz yoluyla sudan ayrıştırılması için uzun bir süreç ve aynı zamanda yüksek bir enerji gerekmektedir. Bununla birlikte H-S bağının parçalanması için gereken enerji suyun elektrolizine göre daha düşüktür. H_2S 'den aşağıdaki endotermik reaksiyon yoluyla;



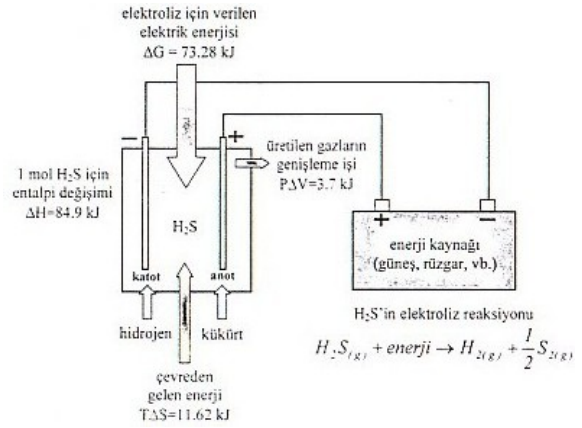
suya göre daha az bir enerji ile hidrojen üretmek mümkündür [3-6].

Normal şartlar altında (N.Ş.A.) suyun elektrolizi için gerekli enerji miktarı 237,1 kJ/mol iken H_2S 'in N.Ş.A'da elektrolizi için gerekli enerji miktarı 73,28 kJ/mol'dür. Görüldüğü gibi hidrojen sülfür'den hidrojen eldesi suya göre 3,235 kat daha kârlıdır. Bununla birlikte bir mol hidrojen üretimi için, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak elde edilen elektrik enerjisinde 0,066 KWh'lık kısmının kullanılması gerekmektedir. H_2S 'den 1 mol enerji üretimi için harcanacak enerji 0,0203 KWh olmaktadır [2].

Şekiller 1 ve 2'de H_2S ve H_2O 'nun elektrolizi sırasındaki enerji farklılıkları daha açık bir şekilde görülmektedir.

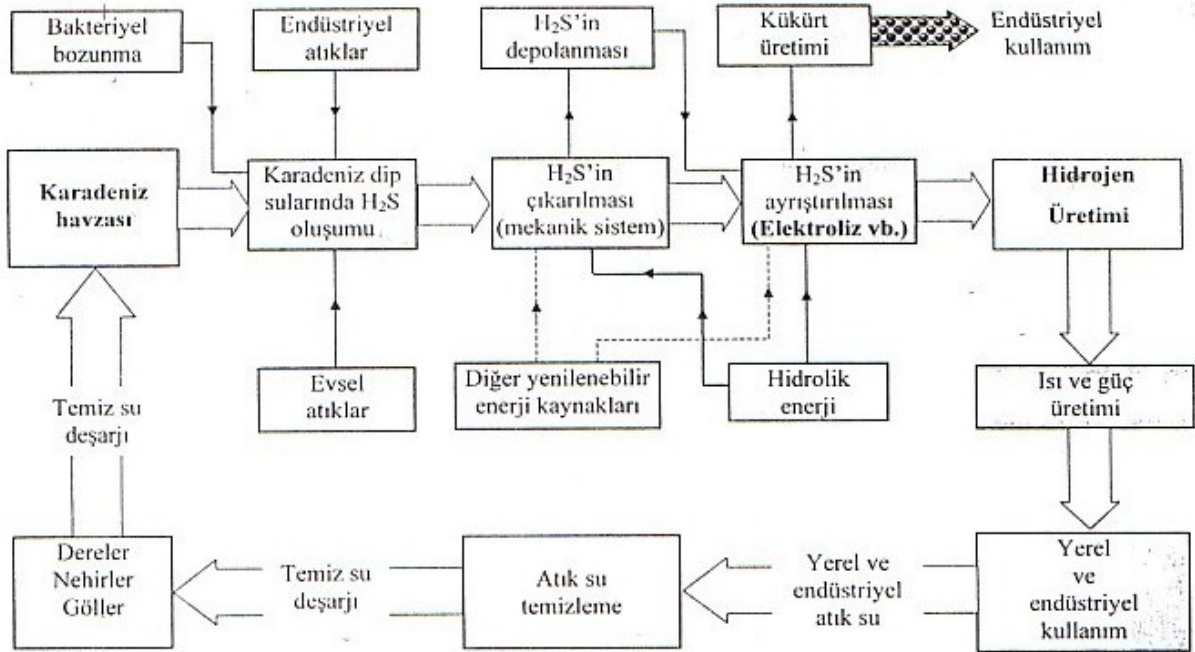


Şekil 1. Suyun N.Ş.A.'da elektrolizi



Şekil 2. Hidrojen sülfürün N.Ş.A.'da elektrolizi

H_2S 'den elde edilen hidrojen enerjisi H_2O 'dan elde edilen enerjiye göre daha kârlıdır. Bununla birlikte H_2S 'den enerji eldesinde ek ürün olarak kükürt (S) açığa çıkmaktadır. Açığa çıkan bu kükürt endüstriyel alanda kullanılabilir. Şekil 3.'den de görülebileceği gibi kendi içindeki bu döngü önemli bir kârlılık oranını ve çevresel uyumu beraberinde getirmektedir.



Şekil 3. Karadeniz Dip Suları – Hidrojen Sülfür – Hidrojen İlişkisi

4. SONUÇ

Bu çalışmada, hidrojen enerjisinin önemi ve Türkiye'nin hidrojen enerjisi olanakları incelenmiştir. Türkiye'nin enerji gelişimi sürecinde etkinliğini artırabilmesi ve sürece adaptasyonunu hızlandırması için yapılması gerekenler üzerinde durulmuştur. Bu aşamada Türkiye'nin konumundan dolayı sahip olduğu olanaklar ve bunların etkin şekilde değerlendirme aşamalarına yer verilmiştir.

5. ÖNERİLER

- Teknoloji hidrojene geçiş sürecini son derece hızlandırmış bulunmaktadır. Hidrojen teknolojisine öncülük eden devletler tüm yatırımlarını bu enerjiye aktarmaktadırlar. Türkiye bu yarışta kaybeden taraf olmamak için gelişmiş dünya devletleri rehberliğinde ülke çapında bir hidrojene geçiş süreci başlatmalı ve hammadde kaynaklarını hidrojen enerjisine entegre ederek sisteme dahil olmalıdır.

- Türkiye kendisi için çok önemli bir kaynak olan Karadeniz dip sularında bulunan hidrojen sülfür potansiyelinin önemini kavramalı ve bu kaynağı yenilenebilir enerji kaynakları ile destekleyerek hidrojene geçiş sürecini başlatmalıdır.
- Karadeniz bölgesi hidrojen enerji merkezi kabul edilerek ülke genelinde alternatif enerji kaynaklarıyla desteklenen enerji projeleri geliştirilmelidir.
- Türkiye geçiş sürecini etkin biçimde değerlendirebilmek için hidrojen ve yakıt pili yol haritaları çıkarmalı, uygun yayılma stratejileri ve stratejik bir araştırma planı ile etkin bir politik çevre tarafından desteklenerek süreç hızlandırılmalıdır.
- 21. Yüzyılın yakıtı olarak nitelendirilen hidrojen teknolojisinin hayata geçirilebilmesi için sanayi-üniversite işbirliğine gidilmeli, akademik düzeyde enstitüler kurulmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1]. Ültanır, M.Ö., “Hidrojen Enerjisi ve Türkiye’de Hidrojene Geçiş Sorunları”, Türkiye 6. Enerji Kongresi Teknik Oturum Bildirileri-1, s.549-563, Dünya Enerji Konseyi Türk Millî komitesi, İzmir, 1995.
- [2]. Ata, A., “21. Yüzyılın Enerjisi Hidrojen Enerji Sistemi”, 24. Enerji Verimliliği Konferansı (s: 299-320), 2005.
- [3]. Veziroğlu, T.N., “Karadeniz Dip Sularının Hidrojen Enerjisi Potansiyeli”, 5.Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu İstanbul (2004).
- [4]. Petrov, K., “The black Sea and Hydrogen Energy”, Int J Hydrogen Energy, 16:12, 805-808, 1991.
- [5]. Neretin, L.N., Volkov, I.I., Bottcher, M.E., “Grinenko V. A. A. Sulphur Budget of The Black Sea Anoxic Zone”, Deep-Sea Research I, 8, 2569-2593, 2001.
- [6]. Cox, B.G., Clarke, P.F., Proden, B.B., “Economics of Thermal Dissociation of H_2S to Produce Hydrogen,” Int J Hydrogen Energy, 23:7, 531-544, 1998.