

## YEŞİL HİDROJEN ARZI RAPORU ÖZETİ\*

2015 Paris Anlaşması'nda, dünyanın dört bir yanındaki ülkeler, iklim değişikliğinin tehlikeli etkilerini önlemek için hızlı karbonsuzlaştırmanın gerekli olduğu konusunda anlaştılar. Ardından 2018'de Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) 1,5°C Küresel Isınma raporu, sera gazı (GHG) emisyonlarını hızla kesme ihtiyacının önceden düşünülenenden daha acil olduğunu gösterdi (IPCC,2018a). Rapor, gezegenin sıcaklık artışını sınırlamak ve küresel iklim krizine karşı koymak için anlamlı bir eylem için fırsat penceresinin hızla kapandığı sonucuna vardı. Bu nedenle, politika yapıcılar, tüm ekonomik faaliyetlerde emisyonları azaltmak veya ortadan kaldırmak için çabalarını artırmalıdır. Yalnızca kısmi emisyon azaltımları sağlayacak seçenekler yeterli değildir.

Bazı sanayi ve ulaştırma alt sektörlerinin tamamen karbondan arındırılması teknik ve ekonomik olarak zordur ve mevcut çözüm sayısı sınırlıdır. Bunlar "emisyon azaltımı zor" sektörler olarak bilinir. Bununla birlikte, emisyon azaltımı zor olan bu sektörlerden bazıları için ortak bir çözüm var: yenilenebilir enerjiyle üretilen hidrojen diğer bir ifadeyle yeşil hidrojen. Yeşil hidrojen, kimyasalların ve yakıtların üretimi için hammadde olarak veya doğrudan yakıt olarak kullanılabilir.

Son iki yılda benzeri görülmemiş sayıda rapor, haber, web semineri ve etkinlik yeşil hidrojen konusuna odaklanmıştır. Ancak yeşil hidrojen sektörünün gelişimi henüz çok erken bir aşamadır.

Her yıl, %95'i gri hidrojen (fosil yakıtlardan üretilen) olmak üzere, küresel olarak yaklaşık 120 milyon ton (Mt) Hidrojen üretilmektedir. Ham petrol rafinasyonu, amonyak ve metanol sentezi için kullanılan hidrojen, hidrojen tüketiminin neredeyse %75'ini oluşturur.

Hidrojen üretimi asırlık bir faaliyettir. Hidrojen, farklı kaynaklardan çeşitli şekillerde üretilir, bu nedenle onları ayırt etmek için renk kodlaması kullanmak geleneksel hale gelmiştir (IRENA, 2020a). Yeşil hidrojen, bu raporun kapsamında, yenilenebilir bazlı elektrikle beslenen su elektrolizi yoluyla üretilen hidrojendir. Su elektrolizörleri, su moleküllerini hidrojen ve oksijene ayırmak için elektrik kullanan cihazlardır. Günümüzde birden fazla su elektrolizörü teknolojisi mevcuttur. Özellikle dördü yakın gelecekte kullanım için umut vaat ediyor: Alkalın, Polimer Elektrolit membranlı (PEM), Katı Oksit Elektrolizör Hücreleri (SOEC) ve Anyon Değişim Membranlı (AEM). Alkalın ve PEM teknolojileri bugün tüm kurulu kapasiteyi temsil ederken, SOEC ve AEM daha erken bir aşamadır, ancak daha iyi performans vaadinde bulunmaktadır. PEM, AEM ve alkalın

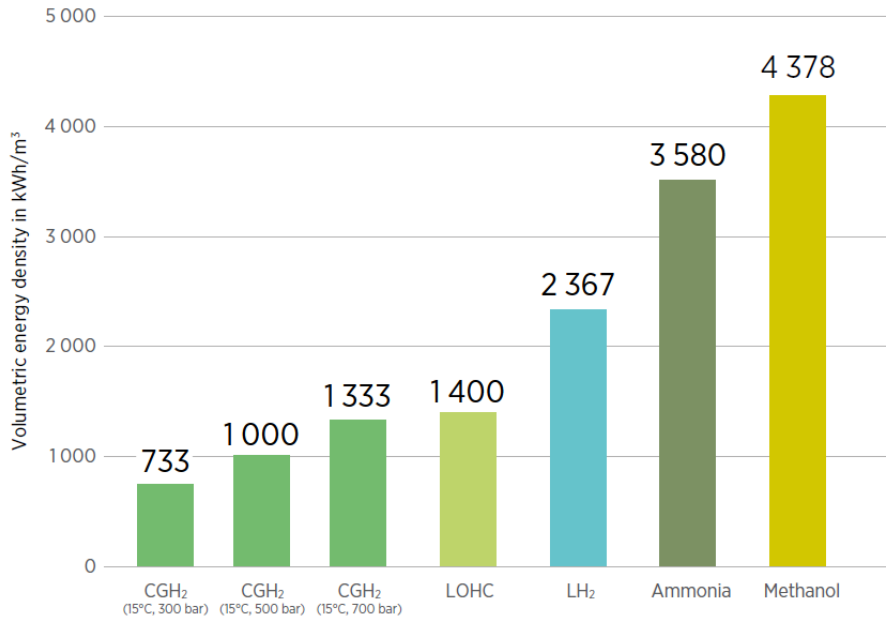
\* "Green Hydrogen Supply: A Guide To Policy Making", [IRENA](#)

elektrolizörler düşük sıcaklıklarda (<60-80°C), SOEC ise yüksek sıcaklıkta (> 700°C) çalışır.

Yenilenebilir enerji ve yeşil hidrojenin küresel yaygınlaşmasını yönlendiren güçlü faktörlere ve geçişi destekleyen oyuncuların sayısına rağmen, birden fazla engel, elektrolizörlerin ve hidrojen taşıma altyapısının büyütülmesine mâni olmaktadır. **Bu engeller arasında yüksek maliyetler, sürdürülebilirlik sorunları, belirsiz gelecek ve talep eksikliği, uygun olmayan güç sistemi yapıları ve teknik ve ticari standartların eksikliği sayılabilir.**

Elektrolizör tesisleri hidrojenin tüketildiği yerlere yakın olmadığında hidrojenin taşınması esastır. Kamyon, gemi ve boru hattı dahil olmak üzere çeşitli şekillerde taşınabilir. Bununla birlikte, hidrojeni verimli bir şekilde taşımak için ya sıkıştırılmalı ya da sıvılaştırılmalı olmalı ya da amonyak, metan, metanol, sıvı organik moleküller veya sıvı hidrokarbonlar gibi daha yüksek enerji yoğunluğuna sahip olan ve mevcut altyapı kullanılarak taşınabilen diğer enerji taşıyıcılarına sentezlenmelidir. Taşıma şekillerinin veya uygulamalarının her birinde çeşitli engeller mevcuttur. Genel olarak, her yöntem belirli bir son kullanım ve mesafeye daha uygundur.

### **Şekil 1- Hidrojeni Taşımak İçin Çeşitli Çözümlerin Hacimsel Enerji Yoğunluğu**



Notes: CGH<sub>2</sub> = compressed gaseous hydrogen; LH<sub>2</sub> = liquid hydrogen.

Sources: Ehteshami and Chan (2014); Nazir et al. (2020); Singh, Singh and Gautam (2020); Teichmann, Arlt and Wasserscheid (2012).

Sıkıştırılmış hidrojenin kamyonla taşınması, kısa mesafeler (birkaç yüz kilometreye kadar) ve düşük hacimler için uygundur. Daha uzun mesafeler için hidrojen genellikle sıvı halde taşınır. Hidrojenin sıvılaştırılması, -253°C veya daha düşük bir sıcaklığa soğutulmasını gerektirir. Bir kamyonla 3.500 kg'a kadar sıvı hidrojen taşınabilir (Hydrogen Europe, 2020).

\* "Green Hydrogen Supply: A Guide To Policy Making", [IRENA](#)

Hacim ve mesafe arttıkça, kamyonlar daha az uygulanabilir bir seçenek haline gelir. Bunun yerine sıkıştırılmış hidrojen taşıyan boru hatları kullanılabilir. Potansiyel olarak günde binlerce ton taşıyabilirler. Ancak şu anda yalnızca yaklaşık 5 000 kilometre (km) hidrojen boru hattı (3 milyon km'lik fosil gaz boru hattı ile karşılaştırıldığında), esas olarak Asya, Avrupa ve Kuzey Amerika'daki endüstriyel kümelerde bulunmaktadır (Hidrojen Analizi Kaynak Merkezi, 2016). Bir seçenek, yeşil hidrojenin taşınması için şu anda doğalgaz boru hatlarını yeniden kullanmak olabilir. Boru hatlarının amacına uygun olarak değiştirilmesi vanaların, regülatörlerin, kompresörlerin ve ölçüm cihazlarının değiştirilmesini gerektirebilir, ancak bazı durumlarda boru hattı malzemesine bağlı olarak boru hatlarının değiştirilmesini de gerektirebilir.

Amonyak taşımak için boru hatları da kullanılabilir ve bazıları bu amaç için zaten mevcuttur. Bir örnek, 2 700 km'lik Togliatti-Odessa boru hattıdır.

Son olarak, hidrojen gemi ile taşınabilir. Nakliye için ana yollar sıvı hidrojen, amonyak, LOHC, metanol veya sentetik sıvılardır. Japonya hükümeti ve endüstrileri, bu seçeneklerin fizibilitesini değerlendirmek için çeşitli girişimler başlattı.

Amonyak, metanol veya sentetik yakıtlar da kimya endüstrisi tarafından tüketilen veya alternatif yakıt olarak enerji ve ulaşım sektörlerinde kullanılan nihai ürünler olabilir. Örneğin yeşil amonyak, daha büyük gemilere güç sağlamak için çok umut verici bir seçenek olarak kabul edilir.

Hidrojenin depolanması, yeşil hidrojenin yaygınlaşması için çok önemlidir ve hidrojenin depolamaya uygunluğu tüm enerji sektörüne ek değer getirir. Hidrojen, sınırlı sayıda teknoloji tarafından sağlanan bir hizmet olan güç sistemi için mevsimsel depolama sağlayabilir; ek olarak, sürekli çalışan uygulamalara (örneğin çelik endüstrisi) sabit bir girdi sağlamak için hidrojen depolanması da gereklidir. Hidrojen, çelik veya kompozit tanklarda veya yeraltı jeolojik oluşumlarında depolanabilir.

IRENA'nın Dünya Enerji Dönüşümü Görünümü Raporunda açıklanan yol haritasına göre, yeşil hidrojen sera gazı emisyonlarını azaltmada ve enerji geçişini mümkün kılmada önemli bir role sahip. Yol haritasına göre, 2050 yılına kadar yeşil hidrojenin bugünkünden çok daha büyük hacme sahip olması, üretimin yaklaşık 400 Mt'a ulaşması veya 49 exajoule (EJ) eşdeğer olması gerekiyor. Bu kadarını üretmek, elektrolizörlerin toplam kurulu kapasitesinin 2050 yılına kadar 5 terawatt'a (TW) artırılmasını gerektirecektir.

Hidrojen üretmek için elektrik talebinin 2050 yılına kadar yılda 21.000 terawatt saate yaklaşacağı tahmin ediliyor. (IRENA, 2021).

Bu iddialı hedeflere ulaşmak zor olacak. Ancak bu raporun açıkladığı gibi, engeller çok çeşitli politikalarla aşılabılır. Politika yapıcılarının daha sonra oynayacakları merkezi bir rolü vardır ve bu zorluğun üstesinden gelmek için zaten gerekli araçlara sahiptirler.

Bazı ülkeler halihazırda bir hidrojen stratejisi başlattı ve sektörü desteklemek için başlangıç politikaları uygularken, yeni, hedeflenen politikalar tasarlanıyor. Yine de

\* "Green Hydrogen Supply: A Guide To Policy Making", [IRENA](#)

sektörün nişten ana akıma geçmesi için daha yaygın politikalara ve önlemlere ihtiyaç duyulacaktır (IRENA, 2020a).

Bugünün politika yapıcıları, yeşil hidrojen sektöründe çığır açan ülkelerden ve enerji, ısı ve ulaşım sektörlerinde kendi yenilenebilir enerji politikası oluşturma deneyimlerinden dersler çıkarabilirler.

Yeşil hidrojen politikasının başlangıcında mali politikalar (elektrik ücreti muafiyetleri, KDV muafiyetleri veya gri hidrojen vergileri gibi), hedefler (elektrolizör kapasitesi ve yeşil hidrojen üretimi için) ve üreticilere yönelik destek sunulabilir. Hidrojen politikasının temelini oluşturan uluslararası anlaşmalar da bu aşamada düşünülebilir.

Hidrojenin gerçek maliyeti netleştikçe, yeşil hidrojen tarifeleri veya prim ve harmanlama zorunlulukları hemen ardından gelebilir.

Ulaşım altyapısıyla ilgili olarak, ilk eylemler, potansiyel olarak daha sonra uygulanacak teknik ve ticari standartların oluşturulması, teslimat kamyonlarının karbondan arındırılması ve daha da önemlisi, en baştan, gelecekteki altyapı için bir plan oluşturulmasıdır.

Bundan sonra, gelecekteki altyapı için finansman araçlarına ihtiyaç duyulabilir, bu da hidrojeni barındırabilen bir şebeke oluşturmayı mümkün kılar.

Politika yapıcılar, elektrolizör kapasitesinin büyümesi ve yeşil hidrojen üretimi ve tüketimi için hedefler belirleyebilir. Ayrıca, elektrolizörleri ve elektrolizör üretim kapasitesini destekleyerek, yeterli yenilenebilir elektrik tedarikini sağlayarak, yeşil hidrojen ve türevlerine olan talebi artırarak ve hidrojeni depolamak ve taşımak için bir altyapı oluşturarak dağıtımın her aşaması için destek sağlayabilirler. Doğrudan hibeler, tarife ve prim garantisi, vergi teşvikleri ve Ar-Ge finansmanı dahil olmak üzere pek çok olası destek biçimi vardır. Düzenleme ve planlama da önemli bir rol oynayacaktır.

Bu raporun ana mesajı, ülkelerin, azaltılması zor sektörleri ekonomik bir şekilde karbondan arındırmak ve enerji geçişini mümkün kılmak için yeterince büyük bir yeşil hidrojen arzının üretilip taşınabileceği gerçeğidir. Ancak uygun politikalar yürürlükte olmalı ve bazı politikaların daha acil kabul edilmesi gerekmektedir.

\* "Green Hydrogen Supply: A Guide To Policy Making", [IRENA](#)