



ENERJİDE 2050'YE GİDEN DEĞİŞİM YOLCULUĞU VE HİDROJEN ENERJİSİ

Bu makalede birincil enerji kaynaklarının içinde bulunduğu 2050 yılı hedefli değişim hareketi ve alternatif bir temiz enerji türü olan yeşil hidrojen enerjisinin bugünü ve geleceğine ilişkin genel bir durum değerlendirmesi sunulacaktır.

Özet

Enerjiye olan talebin küresel düzeyde devamlı artışı ve üretimi için kullanılan doğal kaynakların, özellikle petrol, doğalgaz ve kömürün, dünya genelinde dengesiz dağılımı birçok ülke için enerji güvenliğini ("Energy Security") tehdit edici boyutlara ulaştırmaktadır, birçok ülke için ise iklim değişikliği ve çevresel sürdürülebilirlik ("Energy Sustainability") açısından bir risk oluşturmaktadır. Azalan veya sınırlı erişime sahip olunan enerji kaynakları, olumsuz jeopolitik gelişmelerle de birleşince enerji fiyatlarında oluşan artış, güvenilir ve gerekli miktarlarda enerjiye erişim ve bu enerjinin satın alınabilirliği ("Energy Equity") toplumlar üzerinde baskı oluşturmaktadır¹. Bu durum da ülkeleri ve global komüniteleri, enerji ihtiyaçlarının karşılanması açısından temiz, sürdürülebilir ve erişilebilir enerji alternatifleri arayışlarına götürmektedir.

Birleşmiş Milletler gibi uluslararası kuruluşların girişimleri ve buna bağlı 2015 Paris Konferansı gibi küresel buluşmalar, çevresel ve iklim değişikliği konularında farkındalığı artırmış ve yenilenebilir enerji kaynaklarının payının artırılması gerekliliğini vurgulamıştır.

Rüzgar ve güneş gibi yenilenebilir kaynaklara dayalı enerji üretimi, teknolojik gelişmelerle verimlilik açısından ilerlemeler kaydetmektedir.

Yeşil-temiz hidrojen enerjisi, yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerji üretiminin uzun süreli stoklanma, ulaştırma altyapı

sıkıntıları gibi bazı dezavantajlarını telafi edebilme potansiyeline sahiptir.

¹"Enerji Güvenliği", "Enerji Sürdürülebilirliği" ve "Güvenilir ve yeterli miktarlarda Enerji Erişimi ve Satın Alınabilirliği" arasındaki birbiriyle rekabet eden faktörler arasında dengenin sağlanabilirliği ve ülkelerin bu konularda yapması gereken seçimler Dünya Enerji Konseyi tarafından "Enerji Üçlemesi" ("Energy Trilemma") olarak adlandırılmaktadır. https://www.worldenergy.org/assets/downloads/World_Energy_Trilemma_Index_2022.pdf?v=1669839605

Bu çalışmada ifade edilen bulgular, yorumlar, sonuçlar, öneriler ve görüşler tamamen yazarına aittir. TEPAV'ın resmi görüşü değildir. © TEPAV, aksi belirtilmedikçe her hakkı saklıdır.

Yeşil-temiz hidrojen enerjisi, bu alana yapılan elektrolizör ve ulaştırma altyapı yatırımlarının ancak önemli bir ivme kazanması durumunda, 2050 1.5°C derece senaryolarında (sıcaklıkların sanayi öncesi seviyelere göre 1.5°C derece den fazla olmaması) yer alan toplam dünya son enerji tüketim talebinin %12-14 gibi hiç de azımsanamayacak bir kısmını karşılayabilecek bir potansiyele sahiptir.

Global enerji tüketimi ve enerji geçişi

Sanayileşme ile ivme kazanan, 20. yüzyılda bağımlı hale geldiğimiz enerji üretim ve tüketimi, sanayiden şehirlere, işyerlerine ve evlere kadar modern toplumların yaşantılarının odak noktasında yer almaktadır. Global anlamda elektrik, ısı ve yakıt gibi "Son Enerji"² tüketim artışı uzun süredir ekonomik büyümeyi takip etmektedir, fakat bu artış, İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra önemli bir hız kazanmıştır.

1900'lerin başında dünya çapında kömür önde gelen yakıt iken petrol ancak 1920'lerde öne çıkmaya başlamıştır. Doğal gaz tüketimi 1900'lerde ham petrolle birlikte artmaya başlamış olsa da bu artış başlangıçta çok daha yavaş olup daha sonra ısınma ve yemek pişirmenin yanı sıra elektrik üretiminde de payını artmıştır.

Teknolojik gelişmeler sayesinde enerji verimliliğine ilişkin elde edilen ilerlemeler, 1970'lerden itibaren önemli bir elektrik kaynağı olarak nükleer enerji ve 2000'li yıllardan itibaren rüzgar, güneş, jeotermal, hidro gibi daha temiz ve sürdürülebilir yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam birincil enerji kaynakları tüketimi içerisindeki paylarını yaklaşık %14'e artırmasına olanak vermiştir.

2000 yılında dünya genelinde yaklaşık 400 Exajoule³ seviyelerinde olan birincil enerji tüketiminin yaklaşık %88'i petrol, kömür ve doğalgaz gibi fosil yakıtlardan, kalan %12'lik kısım ise eşit oranlarda yenilenebilir ve nükleer enerjiden elde edilmekteydi. 2021 yılına gelindiğinde toplam birincil enerji tüketimi yıllık ortalama %2 artış ile 600 Exajoule seviyesine ulaşmış olup, yenilenebilir enerjinin payı bu tüketim içerisinde %14'e çıkmış, nükleer enerji %4'e ve fosil yakıtlar ise %82'ye gerilemiştir⁴.

Uluslararası Enerji Ajansı, dünya genelinde birincil enerji tüketiminin 2050 itibarıyla, dünya ülkelerinin günümüzde belirlemiş veya duyurmuş oldukları enerji politikalarını önümüzdeki dönemde başarılı bir şekilde uygulayabilir olmalarına göre, 629 ile 740 Exajoule civarında gerçekleşeceğini öngörmektedir⁵. Karbon nötr⁶ hedeflerinin başarıyla gerçekleştirilmesi halinde ise global birincil enerji tüketiminin 532 Exajoule'a düşeceği öngörülmektedir. Bu düşüşün ana sebepleri arasında yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerjinin payının toplam birincil enerji üretimi payındaki önemli artışı (yenilenebilir enerjinin payı %70, nükleer

²Son Enerji Tüketimi (Final Energy Consumption) hane halkı, sanayi ve tarım sektörü gibi son tüketiciler tarafından tüketilen enerjidir. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Final_energy_consumption

³Joule veya jul (semböl: J), Uluslararası Birim Sistemi'nde enerji, iş veya ısı miktarından türetilmiş bir ölçü birimidir. Çeşitli enerji kaynaklarına ilişkin enerji miktarını ortak bir ölçü ile ifade etmek amaçlı kullanılır. Exajoule (EJ), bir kentilyon (10¹⁸) joule'a eşittir. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Joule>

⁴The Statistical Review of World Energy, published in 2022, BP, <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/downloads.html>

⁵"World Energy Outlook 2022" report, International Energy Agency, Kasım 2022

⁶CarbonNet-zero/ Karbon Nötr: Karbon emisyon salınımı sıfırlamak yerine, olabildiğince azaltılır ve geri kalan emisyon miktarları eşdeğer karbon uzaklaştırma ile dengelenir (Mesela orman alanlarını genişleterek)

enerjinin payı ise %12), enerji verimliliği ve teknolojileri alanlarındaki ilerlemeler ve toplumların enerji tüketimine ilişkin davranışsal değişiklikleri sayılmaktadır.

“Enerji geçişi”⁷ olarak da isimlendirilen bu değişim hareketi, insanlığın geleceği ve yaşam biçimi için önemli etkilere sahiptir. Son yıllarda tanık olduğumuz Rusya-Ukrayna ve benzeri jeopolitik krizler, ülkelerin enerji güvenliği, enerji sürdürülebilirliği ve enerji erişilebilirliği ve fiyat istikrarına ilişkin politikalarını tekrar gözden geçirmelerine ve enerji geçiş hızını ve kapsamını artırıcı aksiyonlarda bulunmalarına sebep olmaktadır.

Uluslararası Yenilenebilir Enerji Birliği (“IRENA”) **2050 yılına doğru giden enerji geçişi hareketinin ana elementlerini** (a) yenilenebilir enerji kaynakları, (b) **temiz hidrojen ve hidrojen yakıtları**, (c) sürdürülebilir biyokütle kaynaklı elektrik üretimi, (d) enerji verimliliği iyileştirmeleri, (e) karbon yakalama ve depolama teknolojilerindeki ilerlemeler ve (f) son tüketicilerin elektrik ile çalışan ulaşım aracı kullanımına ilişkin tercih değişimleri olarak belirtmektedir⁸.

İklim değişikliği, Sürdürülebilirlik, Enerji güvenliği ve fosil yakıtlara alternatif arayışları

1990’ların başından itibaren uluslararası kuruluş ve örgütlerin girişimleri ve özellikle Birleşmiş Milletler’e üye 191 ülkenin katılımıyla oluşan Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (“IPCC⁹”) tarafından gerçekleştirilmiş olan 2015 Paris konferansı gibi uluslararası buluşmalar iklim değişikliğine karşı mücadele etme gereği ve karbon emisyon salınımlarını azaltarak ve hatta nötrleyerek bu yüzyılda global sıcaklıkları sanayi öncesi seviyelerin 2°C derece üzerine çıkmasının önlenmesi ve 1.5°C dereceden fazla olmaması amacı üzerinde mutabık kalınması yolunda önemli adımlar atılmasını sağlamıştır. Bu da enerji kaynaklarının dağılımı açısından, özellikle fosil kaynaklarının paylarının azaltımı ve yenilenebilir enerji kaynaklarının paylarının artırılması yönünde küresel topluluğu hareketlendirmiştir. Ayrıca birçok ülke, enerji bağımsızlığını ulusal güvenlik meselesi olarak belirlemiş ve enerji kaynakları açısından dezavantajlı olmaları sebebiyle veya global enerji kaynak talebini alternatif kaynaklar ile karşılamak amacıyla farklı arayışlara girmeye başlamışlardır.

Giderek artan sayıda ülkenin 2015 Paris Konferansı’ndan itibaren karbon emisyonu azaltımı ve iklim değişimini önlemek adına adımlar atması olumlu olmasına rağmen, yenilenebilir enerji kaynakları adına zafer ilan etmek için maalesef henüz erken ve gerçek bir zafer için daha kat edilmesi gereken uzun bir yol var.

2000 yılında karbon emisyonlarının %32’si Asya Pasifik ülkelerinden, ağırlıklı olarak Çin ve Hindistan’dan kaynaklanırken bu oran 2021’de %52’ye yükselmiştir. ABD ve Avrupa ülkelerinin payı ise %44’ten %25’e gerilemiştir.

Asya Pasifik ülkelerinde görülen karbon salınımlarındaki önemli artış, hızlı ekonomik büyüme ve artan enerji tüketimi ile birlikte, yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımların yetersiz kalması ve fosil yakıtların hala önemli bir enerji kaynağı olmasından kaynaklanmaktadır. Diğer yandan, ABD ve Avrupa ülkelerinde, enerji verimliliği artırma çalışmaları, yenilenebilir enerji

⁷“Enerji Geçişi”, “Enerji Dönüşümü”, “Energy Transition” – Global enerji sistemindeki fosil yakıt bazlı enerji üretim ve tüketiminden yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim olarak tanımlanabilir.

<https://www.spglobal.com/en/research-insights/articles/what-is-energy-transition>

⁸World Energy Transitions Outlook 2022: 1.5°C Pathway, IRENA, 2022

⁹Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC

kaynaklarına yapılan yatırımlar ve fosil yakıtları içerisinde doğalgaz kullanımının artması ve kömür kullanımının azalması, karbon emisyonlarındaki paylarını azaltmıştır.

Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı'nın ("IRENA") 2022 tarihli raporuna¹⁰ göre 2050'ye kadar, karbon nötr hedeflerine ulaşılabilmesi, yaklaşık 37 gigaton'luk yıllık global karbon emisyonunun nötr seviyeye getirilmesi demektir. Bunun yanı sıra, dünya yıllık toplam enerji tüketiminin 2019 seviyelerine azaltılması ve bunun iddialı enerji verimliliği iyileştirme çalışmaları ve yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji üretiminin toplam enerji sepeti içerisindeki yerinin yaklaşık %80'lere çıkartılması ile sağlanması anlamına gelmektedir.

Rüzgar ve güneş gibi yenilenebilir kaynaklardan enerji üretimi bu kaynakların doğaları itibariyle hava koşullarına, mevsimlere ve gündüz-gece farklılıklarına göre değişiklik gösterebilmektedir. Ayrıca, bu enerji kaynaklarından elde edilen elektrik maalesef uzun süre depolamaya uygun değildir ve önemli iletim kayıplarına da maruz kalabilir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının üretiminde sürekliliğe ilişkin kaygılar, yeni teknolojilere duyulan ihtiyaç, elde edilen elektriğin uzun süreli depolanmasının zorluğu ve verimlilik düşüklüğü gibi dezavantajların, hidrojen enerjisi tarafından telafi edilebilme imkânı bulunmaktadır. Son yıllarda büyük ilgi gören **hidrojen enerjisi, düşük emisyonlu veya yeşil-temiz hidrojen olarak yakıt ve enerji kaynağına dönüştürülebilir olmasının yanı sıra, şu an için aktif, planlanmış veya duyurulmuş olan özellikle elektrolizör alanındaki yatırımların önümüzdeki yıllarda önemli bir ivme kazanması durumunda, 2050 1.5°C derece senaryolarında yer alan toplam dünya son enerji tüketim talebinin %12'si gibi önemli bir miktarını karşılayabilecek noktaya gelebileceği öngörülmektedir**¹¹.

Hidrojen Enerjisi

Hidrojen, evrendeki en eski, en hafif ve en bol bulunan elementtir ve doğal olarak birçok bileşikte bulunur, su ve fosil yakıtlar dahil. Hidrojen enerjisi, elektroliz, termoliz, kimyasal ve çeşitli diğer yöntemler uygulanarak fosil yakıt veya yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen son tüketime yönelik ikincil bir enerji kaynağıdır. Hidrojenin, birim başına çıkardığı enerji miktarı fosil yakıtlardan daha yüksek alt ve üst ısıl değerlere sahiptir ve çeşitli uygulamalar için sürdürülebilir bir enerji kaynağı olarak görülmektedir.

Hidrojen enerjisi farklı şekillerde depolanabilir (örneğin, gaz veya sıvı). Hidrojeni uluslararası sınırlar arasında taşımak için başlıca iki yol mevcuttur: boru hatları ve gemiler.

Hidrojen enerjisi, üretimi için gerekli birincil enerji kaynaklarına göre yeşil, mavi veya gri hidrojen olarak sınıflandırılır¹².

Yeşil hidrojen, yalnızca %100 yenilenebilir enerjilerden elde edilen elektriği kullanılarak suyun elektrolizi¹³ ile üretilir (CO₂'sizdir).

¹⁰World Energy Transitions Outlook 2022: 1.5°C Pathway, IRENA, 2022

¹¹Geopolitics of the Energy Transformation: The Hydrogen Factor, IRENA, 2022, <https://www.irena.org/Publications>

¹²"Production of hydrogen - U.S. Energy Information Administration (EIA)".

<https://www.eia.gov/energyexplained/hydrogen/production-of-hydrogen.php>.

¹³Elektroliz, elektrik kullanılarak sudan hidrojen elde edilen kimyasal metodun adıdır. Elektrolizör ise suyun oluşturduğu hidrojen ve oksijen moleküllerini elektrik kullanarak ayırabilen kimyasal bir işlem (elektroliz) yoluyla hidrojen üreten bir cihazdır.

Gri hidrojen, doğalgaz veya kömürden buhar reformasyonu metodu ile elde edilir ve günümüzde en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Oluşan CO₂ atmosfere karışır ve kirliliğe yol açar.

Mavi hidrojen, gri hidrojendir, ancak karbon yakalama ve depolama ("Carbon capture and storage") teknolojisi ile üretilen CO₂ yeraltında biriktirilir, depolanır ve böylece atmosfere girmez.

Uluslararası Enerji Ajansı'nın ("IEA") raporuna göre¹⁴, şu an için dünya çapında üretilen hidrojen, ağırlıklı olarak fosil yakıtlarından elde edilmektedir. IEA, karbon nötr senaryosunda 2050 itibariyle toplam hidrojen ve hidrojen tabanlı yakıtların %95'inin ulaşım, güç üretimi ve endüstriyel amaçlı tüketileceğini öngörmektedir¹⁵. Günümüzde temiz hidrojen elde etmek için kullanılan elektrolizörler, dünya çapında 510 megawatt'lık kapasiteleriyle, toplam hidrojen ihtiyacının ancak %0.1'lik kısmını tedarik edebilmektedirler.

IEA'ya göre, 2050'ye kadar Paris Antlaşması ile uyumlu karbon emisyon net sıfır (nötr) hedefine ulaşılabilmesi için global elektrolizör kapasitesinin IEA'nın 2050 için varsayıdığı 475 Milyon ton'luk (Mt) tahmini global hidrojen talebinin %70'ini karşılıyor olması gerekir ve bu da 3.7 TW'lık bir global elektrolizör kapasitesine gereksinim olduğu anlamına gelir¹⁶. IRENA'nın 2023 Dünya Enerji Görünümü Önraporu'nda¹⁷ yer alan 1.5°C senaryosuna göre, 2050 itibariyle tahmini 353 Exajolus olacak dünya son enerji tüketiminin %14'ünün hidrojen enerjisi olması ve üretilecek olan hidrojenin %94'ünün yenilenebilir enerji kaynaklı olması beklenmektedir. Aynı senaryoya göre, 2050'de dünya elektrolizör kapasitesinin 5.7 TW ve yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen hidrojen üretim miktarının yıllık 518 Mt olması beklenmektedir. Hidrojen Konseyi¹⁸ 1.5°C senaryosu'na göre¹⁹, global anlamda "net-zero" hedefine ulaşılabilmesi için 2050 yılı itibariyle yaklaşık 5.4 TW elektrolizör kapasitesi ile yıllık 400-550 Mt yenilenebilir kaynaklı hidrojen üretimi olmasını öngörmektedir.

Dünyanın en büyük birincil enerji tüketicisi konumundaki Çin'in, 2050 itibariyle global anlamda 200 Mt temiz hidrojen talebi ile en büyük temiz hidrojen pazarı olması beklenmektedir. Bunu her biri 100 Mt talep ile Avrupa ve Kuzey Amerika, 55 Mt talep ile Hindistan'ın takip etmesi öngörülmektedir²⁰.

Elektrolizör kapasitelerine göre dünya çapında 2022 itibariyle duyurulmuş olan en büyük 10 hidrojen enerjisi projesi (toplam elektrolizör kapasitesi yaklaşık 200 GW): HyDeal Ambition (Batı Avrupa, 67 GW), Aqua Ventus (10 GW), NorthH2 (Hollanda, 10 GW), Kazakistan Hidrojen Projesi (30 GW), Western Green Energy Hub (Avustralya, 28 GW) ve Asian Renewable Energy Hub (Avustralya, 14 GW), Oman Green Energy Hub (Oman, 14 GW), AMAN (Marutanya, 16 GW), H2 Magllanes (Şili, 8GW) ve Beijin Jingneng (Çin, 5 GW)'dir²¹. Görüldüğü üzere yapılmakta olan en büyük on proje 2050 itibariyle ihtiyaç olunan 5 - 6 TW'lık

¹⁴"World Energy Outlook 2022" report, International Energy Agency, Kasım 2022

¹⁵"World Energy Outlook 2022" report, International Energy Agency, Kasım 2022

¹⁶"World Energy Outlook 2022" report, International Energy Agency, Kasım 2022

¹⁷World Energy Transitions Outlook 2023: 1.5°C Pathway - Preview, IRENA, 2023

<https://www.irena.org/Publications/2023/Mar/World-Energy-Transitions-Outlook-2023>

¹⁸Hidrojen Konseyi 2017 tarihin Davos Dünya Ekonomik Forumu'nda kurulmuştur.

¹⁹Hydrogenfor Net-Zero: A criticalcost-competitivenessenergyvector,HydrogenCouncil,November 2021

²⁰Global Hydrogen Flows: Hydrogen trade as a key enabler for efficient decarbonization, Hydrogen Council, October 2022

²¹Geopolitics of the Energy Transformation: The Hydrogen Factor, IRENA, 2022,

<https://www.irena.org/Publications>

elektrolizör kapasitesinin ufak bir kısmını oluşturmaktadır. Bu da 2050 karbon nötr hedefleri içerisinde yer alan temiz hidrojen üretim miktarlarına ulaşabilmek için dünya çapında gerçekçiliği sorgulanabilir düzeyde bir yatırım gereksinimini olduğunu ortaya koymaktadır.

Yukarıda öne çıkan HyDeal Ambition projesi 2020 yılında başlatılan ve tüm yeşil hidrojen tedarik zincirini kapsayacak şekilde 30 firmayı bir araya getiren, 95 GW Solar ve 67 GW elektrolizör kapasiteleri ile 3,6 Mt yeşil hidrojen üretimini hedefleyen bir projedir ve Ocak 2022 itibariyle IRENA tarafından dünyanın en büyük yeşil hidrojen projesi olarak belirlenmiştir²².

Dünyanın önde gelen hidrojen ihracatçılarından olan Avustralya'nın öne çıkan yenilenebilir enerji projelerinden birisi, "The Asian Renewable Energy Hub (AREH)", tahmini maliyeti 36 Milyar dolar olan, 26 GW kapasiteli rüzgar enerjisi ve güneş enerjisi üretimi ve buradan elde edilmek üzere yıllık 1.6Mt yeşil hidrojen üretimi yatırımlarını kapsar²³.

ABD 2020 yılında yaklaşık 11 Mt, fosil gaz reformu yoluyla hidrojen üretimi gerçekleştirmiştir ve dünyanın Çin'den sonra ikinci büyük hidrojen tüketicisidir. ABD 2050'ye kadar net-zero karbon hedefi koymuştur (UNFCCC, 2021) ve bu senaryoya göre, 2050 itibariyle, ülke içi hidrojen talebi yıllık 36 Mt ile 56 Mt arası olacaktır.

Avrupa, şu an için, dünya genelindeki duyurulmuş hidrojen projelerinin %50'si ve duyurulmuş yatırım hacminin %35'i ile en hareketli bölge konumundadır²⁴. Günümüzde AB hidrojen üretiminin %87'si fosil gaz reformu kaynaklı ve geri kalan miktarı da ağırlıklı olarak sanayi yan ürünü olsa da²⁵, "Avrupa Yeşil Antlaşması" ile AB 2050'ye kadar karbon nötr olmayı hedeflemektedir ve hidrojen (yeşil ve temiz hidrojen) bu çerçevede önemli bir yere oturtulmuştur. Şu an için çalışmaların odak noktası yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen hidrojen enerjisi üretimini verimlilik ve maliyet ikilemini gözetici bir şekilde daha büyük miktarlara ulaştırmak, depolama altyapısı ve nakliyesini sağlayabilmektir. AB hidrojen konusunda strateji ve politika belirlemenin yanı sıra 2030 yılına kadar hidrojen teknolojilerine ilişkin hedeflere ulaşabilmek amacıyla Temmuz 2020'de Avrupa Temiz Hidrojen İttifakı'nı ("ATHİ") kurmuştur. Bu ittifakın şu an için binden fazla sektör temsilcileri, bölgesel kamu otoriteleri, sivil toplum kuruluşları ve diğer paydaşı vardır ve tüm paydaşlar temiz hidrojen projelerine katkıda bulunarak alandaki yatırımları güçlendirmektedirler. Mayıs 2022'de ATHİ tarafından düzenlenen elektrolizör buluşmasında Avrupa Birliği elektrolizör kapasitesini 2025'e kadar on kat arttırmak ve bu sayede 2030 itibariyle Avrupa Birliği olarak, Mart 2022'de Avrupa Komisyonu tarafından yayımlanan "REPowerEU Communication"²⁶ içeriğinde belirlenen hidrojen enerjisine yönelik teknoloji ve altyapı hedeflerine ulaşma kararı alınmıştır²⁷. "REPowerEU Communication" diğer stratejik aksiyon planları arasında, yeni yapılacak olan depolama altyapılarının hidrojen uyumlu olması; gaz ithalatı tedarik zincirini Rusya hariç

²²<https://www.hydeal.com/hydeal-ambition>

²³<https://energydigital.com/renewable-energy/bp-buys-stake-in-Asian-Renewable-Energy-Hub>

²⁴Hydrogen for Net-Zero: A critical cost-competitive energy vector, Hydrogen Council, November 2021

²⁵Accelerating Hydrogen Deployment in the G7: Recommendations for the Hydrogen Action Pact, IRENA, 2022, <https://www.irena.org/Publications>

²⁶"REPowerEU Communication", Avrupa Komisyonu tarafından ortaya Rusya'nın Ukrayna işgali sonrasında Avrupa'nın Rus fosil yakıtı ithalat bağımlılığını 2020'a kadar ortadan kaldırmak için ortaya koyduğu stratejik plandır.

²⁷https://single-market-economy.ec.europa.eu/industry/strategy/industrial-alliances/european-clean-hydrogen-alliance_en

ülkelerden²⁸ alımlarla zenginleştirip, biyometan ve hidrojen üretim ve alımlarının artırılması; 2030 itibariyle, 10 Mt yeşil hidrojen üretim (80 GW elektrolizör gerektirmektedir) ve 10 Mt yeşil hidrojen ithalatı yapılması²⁹ bulunmaktadır. İngiltere de Avrupa Birliği'nin hedefleri sonrasında kendi düşük karbon hidrojen üretimini yarısı elektroliz yoluyla olmak üzere 2030'a kadar 10 GW'a çıkarma hedefini belirlemiştir³⁰.

Avrupa'da hidrojen alanında önemli yatırımlara imza atmaya başlamış olan Almanya'nın, 2020 yılı hidrojen üretim miktarı, %80'i fosil gaz reformundan temin edilen, 1-2 Mt'dur. Mayıs 2021'de Almanya 2045'e kadar karbon net-zero olmak üzere kendisine hedef belirlemiştir³¹. Alman hükümeti Haziran 2020'de, hidrojene bu yolda önemli bir rol vererek Ulusal Hidrojen Stratejisi kapsamında ülkenin hidrojen ekonomisinin geliştirilmesi ve bu konuda uluslararası ortaklıklar kurulabilmesi amacıyla 9 milyar euroluk bütçe vaadinde bulunmuştur³². Alman yenilenebilir enerji firması RWE, Aqua Ventus projesi ile 2035'e kadar Kuzey Deniz'i rüzgar enerjileriyle beslenen 10 GW'lık elektrolizör kapasitesi yatırımı hedeflemektedir (yıllık 1 Mt yeşil hidrojen üretimi amaçlanmaktadır)³³. Almanya hidrojen üretim yatırımlarının yanı sıra, Avustralya, Şili, Cezayir, Namibya, Tunus ve Ukrayna gibi potansiyel hidrojen ithalatçısı ülkelerle alım antlaşmaları yapmaktadır³⁴.

Sonuç olarak, global anlamda ulaşım, ısıtma, yakıt, endüstriyel güç ve elektrik üretimi de dahil olmak üzere, çeşitli uygulamalar için temiz, sürdürülebilir enerji sağlama ve uzun vadede fosil yakıtlarına bağımlılıklarına karşın alternatifler oluşturulmaya çalışılırken hidrojen enerjisi, şu an için dünya enerji üretiminin çok küçük bir kısmını oluşturmakta fakat giderek artan bir şekilde ilgi odağı haline gelmekte ve dekarbonizasyon hedefleri açısından önemli bir rol oynayacağına benzenmektedir.

Günümüzde temiz hidrojen elde etmek için kullanılan elektrolizörler, dünya çapında 510 megawatt'lık kapasiteleriyle, toplam hidrojen ihtiyacının ancak %0,1'lik kısmını tedarik edebilmektedirler. IRENA ve Hidrojen Konseyi gibi kuruluşlar 2050 itibariyle 5,4-5,7 TW elektrolizör kapasitesi elde edilebildiği takdirde "net zero" hedeflerine ulaşılabilmesi yolunda yenilenebilir kaynaklı temiz hidrojen üretiminin 400-550 Mt civarında olabileceği ve bununla 2050 yılı itibariyle dünya genelinde olması tahmin edilen son enerji tüketim ihtiyacının yaklaşık %12-14'üne denk gelebileceği öngörülmektedir. Çin, Kuzey Amerika, Avrupa ve Hindistan, 2050'de temiz hidrojen talepleri ile bu konuda en büyük pazarları oluşturacaklardır.

2022 itibariyle dünya çapında yapılmış veya duyurulmuş olan en büyük 10 hidrojen enerjisi projelerinin önemli bir kısmı Avrupa'nın öncülüğünde gerçekleşmektedir ve bunların toplam elektrolizör kapasitesi yaklaşık 200 GW'dır. Yukarıda bahsi geçen 5,4-5,7 TW'lık hedef ile karşılaştırıldığında önümüzdeki yıllarda kat edilmesi gereken yolun ne kadar zorlu olduğu

²⁸Rusya'dan Ukrayna'nın işgali öncesi yapılan yıllık toplam doğalgaz ithalatının 10bcm'lik kısmının yerine, Azerbaycan, Cezayir ve Norveç'ten LNG boru hattı aracılığıyla doğal gaz alımları; Katar, ABD, Mısır ve Batı Afrika'dan LNG alımları düşünülmektedir.

²⁹Toplam 20 milyon hidrojen tedarikinin, 2030'a kadar, Rusya'dan Ukrayna'nın işgali öncesi yapılan yıllık toplam doğalgaz ithalatının 25-50 bcm'lik kısmının yerini alması beklenmektedir.

³⁰<https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/podcasts/energy-evolution/032423-net-zero-oil-renewable-cement-steel-8rivers-ceraweek-beauchamp>

³¹Accelerating Hydrogen Deployment in the G7: Recommendations for the Hydrogen Action Pact, IRENA, 2022, <https://www.irena.org/Publications>

³²The National Hydrogen Strategy, Germany, Haziran 2020

³³<https://www.rwe.com/en/research-and-development/hydrogen-projects/aquaventus/>

³⁴Geopolitics of the Energy Transformation: The Hydrogen Factor, IRENA, 2022, <https://www.irena.org/Publications>

açıktır. Buna rağmen, **yeşil-temiz hidrojen enerjisi, yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerji üretiminin uzun süreli stoklanma, ulaştırma altyapı sıkıntıları gibi bazı dezavantajlarını telafi edebilme potansiyeline sahiptir ve sürdürülebilirlik ve enerji güvenliği açısından birçok ülkeye enerji geçişi sürecinde önemli bir alternatif sunmaktadır.**