



IICEC Koordinatörü Dr. Mehmet Doğan Üçok:

## KARBONSUZ ULAŞIMDA HİDROJENLİ ARAÇLAR

SABANCI ÜNİVERSİTESİ İSTANBUL ULUSLARARASI ENERJİ VE İKLİM MERKEZİ (IICEC) KOORDİNATÖRÜ DR. MEHMET DOĞAN ÜÇOK: "YILLAR SÜREN ARAŞTIRMALAR VE STRATEJİK DEVLET TEŞVİKLERİ İLE BATARYALI ELEKTRİKLİ ARAÇLAR (BEV) VE HİDROJEN YAKIT HÜCRELİ ARAÇLAR (HFCV), İÇTEN YANMALI MOTORLU ARAÇLARA ALTERNATİF OLARAK EN ÖNE ÇIKAN ADAYLAR OLARAK GELİŞİYOR. HER İKİ ARAÇ TÜRÜ DE 'SIFIR EGZOS EMİSYONU' VAADİ SUNUYOR."

### Ulaşım sektöründeki karbon emisyonları nasıl bir seyir izliyor?

Henry Ford'un T-Model'inin 1908'de tanıtılmasından günümüze kadar olan ekonomik gelişme, araç sayısındaki artışla yakından ilgili. Tarih boyunca ulaşım, ekonomik ilerlemeyi teşvik etmiş, sosyal refahı artırmış, kara taşımacılığı ise binlerce yıldır malların ticareti ve insanların hareketi için temel oluşturmuştur. Yirminci yüzyılda ekonomik gelişme, hafif ticari araç sayısındaki artışın yanında orta ve ağır vasıtaların artmasıyla birlikte ilerledi. Bu trend artarak devam ediyor. Uzun vadeli ortalama küresel sıcaklık artışını 1,5 °C ile sınırlama amacı—2015 Paris Anlaşması'nda ve BM Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri 7 (Erişilebilir ve Temiz Enerji) ve 13 (İklim Aksiyonu) içinde belirtildiği üzere, tüm sektörlerde derinlemesine sera gazı emisyon azaltımlarını gerektirirken, 2050'lerin başına kadar küresel ölçekte net sıfır karbondioksit emisyonuna ulaşılması hedef gösteriyor. Global enerji sektörü kaynaklı emisyonlar, 2022 yılında 36.8 Gt'ye ulaştı; ulaşım sektörünün 2022 yılındaki emisyonu 7.98 Gt olarak gerçekleşmişti<sup>I</sup>. Motorlu kara ulaşımının enerji ihtiyacının yüzde 90'dan fazlası için petrole bağlı olması göz önüne alındığında, ulaşım sektörü-

nü karbonsuzlaştırmanın önemi açık. Net Sıfır 2050 hedefine ulaşmak için, ulaşım sektöründen kaynaklanan emisyonların 2030'a kadar her yıl yaklaşık yüzde 3'ten fazla azaltılarak 6 Gt'nin altına inmesi gerekiyor<sup>II</sup>. Bu bağlamda, içten yanmalı motorların olabildiğince hızlı bir şekilde düşük emisyonlu alternatiflerle değiştirilmesi, iklim hedefleri açısından önem taşıyor.

Devletler, iklim hedeflerine doğru sistematik bir şekilde ilerlemek için çalışıyor. Örneğin, Avrupa Birliği Fit for 55 paketi ile, 2035'e kadar benzinli ve dizel motorları aşamalı olarak kaldırma planı ortaya koydu<sup>III</sup>. Bu plan, 'Green Deal' çerçevesinde 2050 yılına kadar iklim hedeflerine ulaşma yönündeki AB'nin daha geniş hedefinin bir parçasını oluşturuyor. Fit for 55 paketi, enerji, sanayi, arazi kullanımı ve ulaşım dahil olmak üzere çeşitli sektörleri kapsarken, ulaşım sektörü AB'nin sera gazı emisyonlarının yaklaşık dörtte birini oluşturduğu için, sektörün karbondan arındırılması kritik önem arz ediyor.

### Elektrikli araçların miktarı süratle artarken hidrojenli araçların ticarileşmesinde durum nasıl?

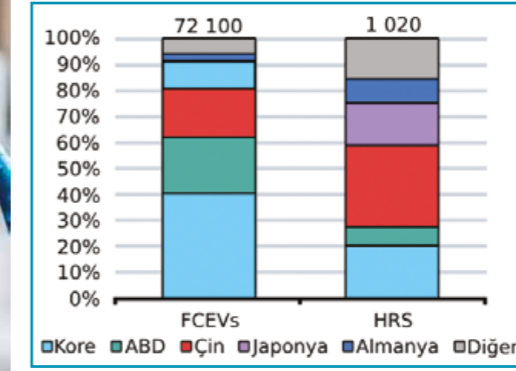
Elektrikli araçların güncel versiyonlarının hayatımıza girişi, batarya teknolojisindeki gelişmelerle birlikte hız kazandı, global araç stokunun milyonlara ulaşması ise son on yılda artan bir ivmeyle gerçekleşti. Dünya genelinde yollardaki elektrikli araba satışlarının yarıdan fazlası 2021'den bu yana gerçekleşmiş olması, bu giderek artan ivmeye işaret ediyor. 2019-2022 yılları arasında üç katına çıkan BEV ve PHEV (Hibrit) araç sayısı, 2022'de 450'den fazla elektrikli araba modelinin global olarak mevcudiyetiyle birlikte 25 milyonun üzerine ulaştı<sup>IV</sup>.

IEA verilerine göre, 2020 yılında satılan 'her 25 otomobilden biri' elektrikliydi; 2023 yılında bu oran artık 'her 5 otomobilden biri'. Böylece, BEV ve PHEV'ler, küresel hafif ticari araç stokunun bugün yaklaşık yüzde 1'ini temsil ediyor. BEV'ler, mevcut elektrik üretim, iletim ve dağıtım altyapısından faydalanabildiği için, oldukça süratli bir ticarileşme gerçekleştirdi. Projeksiyonlar, 2030 yılında yollarda 220 milyondan fazla elektrikli araç olacağını öngörüyor<sup>V</sup>.

Hidrojenli araçların yollarda yer alması leasing ile başlamış olup, ilk leasing 2008 yılında California'da, ilk ticari satış ise 2015 yılında gerçekleşti. Satış hacmi olarak hidrojenli araçlar, 2018'de 10 bin araç sı-



Hidrojen Yakıt Hücreli Araçların (HFCV/FCEV) Ülkelere Göre Yüzdesele Dağılımı, HFCV/FCEV sayısı ve Hidrojen Dolum İstasyonu (HRS) Sayısı



Kaynak: IEA, Global Electric Vehicle Outlook 2023. (Figür 1)

nırını, 2021'de 50 bini ve 2023'te 70 bini aşmıştı<sup>IV</sup>. 2017'de dünya genelinde çoğu Japonya'da olmak üzere 330 Hidrojen Dolum İstasyonu (HRS) faaliyet gösterirken, 2023'te bu rakam dünya genelinde 1020'ye ulaştı<sup>IV</sup> (Figür 1). Bu konuda Kaliforniya bölgesel bir 'süper gelişim ağı' örneğini temsil ederken; 11 binden fazla HFCV Kaliforniya'da yollarda ve 60 hidrojen dolum istasyonu faaliyet gösteriyor. 2026 yılında 176 Hidrojen Dolum İstasyonu olması bekleniyor.<sup>IV</sup>

### Hidrojenli araçlar süratle hayatımıza girecek mi?

Hidrojenli araçların satışının önünde, zamanla aşılması öngörülen üç konu bulunuyor: Bir; araç maliyeti geleneksel benzinli ve dizel araçlardan ve elektrikli araçlardan daha yüksek. İki; hidrojenin üretim, iletim, dağıtım maliyetlerinin düşmesi gerekli.

Üç; araç satın alımlarını teşvik etmek için yeterli sayıda hidrojen istasyonu olması lazım. Hidrojenli araç satın almayı düşünen bir tüketicinin, doğal olarak, yakın mesafede bir yakıt dolum istasyonuna erişebilmesi gerekir. Bu konular aşıldığında, HFCV'lerin güçlü bir tüketici/kullanıcı çekiciliği gösterme potansiyeline sahip olduğu söylenebilir; çünkü tüketici perspektifinden bakıldığında, hidrojenli araçlar yeni ve farklı bir teknoloji olsa da, yakıt dolum süresi ve menzil açısından halihazırda kullanmakta olduğumuz benzinli araçlara oldukça benziyor. İstasyonda 3-5 dakikalık hidrojen dolum süresi ile yaklaşık 650 km'lik menzil, hidrojenli araçların özellikleri olarak karşımıza çıkıyor.

### Yenilenebilir enerji ve hidrojenin geleceği hakkında ne düşünüyorsunuz?

Son gelişme ve trendler, temiz enerjiye yönelik dönüştürücü bir değişimin ve iklim hedeflerine ulaşabilmek için küresel çabaların eş güdümünün zorunluluğunun altını çizerken; yatırımlar ve teknolojik gelişmeler sayesinde temiz enerji alanındaki ilerlemeler, endüstrileri dönüştürmekte ve ekonomik büyüme için yeni olanakları belirginleştiriyor. Özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımlar ve sıfır karbon teknolojilere duyulan ilgi, geleceğin enerji portföyünü şekillendirmede kilit bir rol oynamaya devam ediyor. Temiz teknolojilerinin çok daha büyük bir rol oynayacağı bir gelecek enerji sistemi öngörülmüş; güneş (PV) sistemlerinin 2030'da tüm ABD enerji sisteminden daha fazla elektrik üretmesi ve yenilenebilir enerjinin küresel

elektrik mix'inde yaklaşık yüzde 50'lik bir paya sahip olması (bugünkü yaklaşık yüzde 30'dan artarak) öngörülmüş<sup>IX</sup>. Yenilenebilir enerji kuruluşlarındaki artışa öncelikle PV, ardından rüzgar enerjisi liderlik ediyor, ancak güneş ve rüzgar gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının dalgalı enerji üretim yapısı nedeniyle, yenilenebilir enerjinin artan kullanımı, şebekeye entegrasyon problemlerini ortaya çıkarıyor.

Bu problematik bağlamında, IEA verilerine göre, küresel olarak 1.500 GW'ı ileri aşamalarda olan en az 3.000 GW yenilenebilir enerji projesi, şebeke bağlantı kuyruklarında bekliyor. Bekleme durumunda olan güç, 2022'de eklenen güneş PV ve rüzgâr kapasitesinin beş katına eşdeğer bir büyüklüğü temsil ediyor<sup>X</sup>. Bu bağlamda IEA, günümüzdeki şebeke altyapısının temiz enerjiye geçişte ciddi bir 'darboğaz' oluşturduğunu belirtiyor.

Hidrojenin sistemsel dekarbonizasyon potansiyeli, tanımı gereği yenilenebilir enerjiden üretilen 'yeşil' hidrojen ile mümkün olduğu için; yeşil hidrojen üretimi yenilenebilir enerjinin kapasitesinin büyümesine fonksiyonel olarak doğrudan bağlı. Yenilenebilir enerjinin sisteme entegrasyonu noktasında, enerji depolama konusu da kritik bir konu olarak karşımıza çıkıyor. Hidrojen depolama, bu noktada, yenilenebilir enerji ile 'bağlaç' görevi icra edebilir. Bu konuda araştırmalar devam ediyor, literatür oluşuyor. Son olarak, teorik bir açıdan bakıldığında, hidrojen; ulaşım, sanayi operasyonları ve konut tüketiminin yanında, yüksek ısı gereksinimi olan, dekarbonizasyonu zor (çelik, çimento ve petrokimya gibi) sektörleri de dekarbonize etme potansiyeline sahip bir enerji taşıyıcısı olarak; bir anlamda, bugün 'yeniden keşfediliyor'.

### Referanslar:

- I IEA (2023), CO2 Emissions in 2022, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2022>
- II <https://www.iea.org/energy-system/transport-tracking>
- III European Parliament News. EU ban on the sale of new petrol and diesel cars from 2035 explained; 2023. <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/economy/20221019STO44572/eu-ban-on-sale-of-new-petrol-and-diesel-cars-from-2035-explained>.
- IV IEA (2023), Global EV Outlook 2023, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>
- V IEA (2023), World Energy Outlook 2023.
- VI IEA (2023), World Energy Outlook 2023.
- VII IEA (2023), Global EV Outlook 2023, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>
- VIII California Air Resources Board (CARB) 2022 Annual Evaluation, September 2022. <https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2022-09/AB-8-Report-2022-Final.pdf>
- IX IEA (2023), World Energy Outlook 2023.

### DİPNOT:

- 1 Plug-in-Hybrid-Vehicle (PHEV) = Harici olarak şarj edilebilen (Fişli) Hibrit Elektrikli Araç.
- 2 Hydrogen Refueling Station (HRS) = Hidrojen Dolum İstasyonu



Henry Ford'un T-Modeli (1908)