

Sabancı Üniversitesi IICEC Koordinatörü DR. MEHMET DOĞAN ÜÇÖK:

KARBONSUZ GELECEK, ÇOK VEKTÖRLÜ DÜŞÜNCE GEREKTİRİYOR

“ENERJİ DÖNÜŞÜMÜ YALNIZCA BİR KAYNAK DEĞİŞİMİ DEĞİL; SİSTEM DÜZEYİNDE BİR PARADİGMA KAYMASIDIR. BU DÖNÜŞÜMÜN MERKEZİNDE İSE ENERJİ GÜVENLİĞİ, TEKNOLOJİK BAĞIMSIZLIK VE İKLİM KRİZİYLE UYUMLU BİR GELECEK İNŞASI YER ALIYOR.” DİYEN DR. MEHMET DOĞAN ÜÇÖK, KÜRESEL ENERJİ KIRILGANLIKLARININ DERİNLEŞTİĞİ BU DÖNEMDE TÜRKİYE’NİN HEM RİSKLERLE HEM DE FIRSATLARLA KARŞI KARŞIYA OLDUĞUNU VURGULADI. KARBONSUZ ULAŞIMIN BAŞARISI İÇİNSE ULAŞIM VE ENERJİ SİSTEMLERİNİN DİJİTAL, ENTEGRE VE ÇOK VEKTÖRLÜ YAPILARLA BİRLİKTE TASARLANMASI GEREKTİĞİNİ İFADE ETTİ.



Küresel enerji dengelerinde bugün en kritik kırılگانlıklar neler?

Bugünün küresel enerji dengelerinde öne çıkan kırılگانlıkları üç temel başlıkta toplamak mümkün: Jeopolitik gerilimler, enerji dönüşümündeki küresel eşitsizlikler ve yeni teknolojik-tedarik bağımlılıkları. Jeopolitik çatışmalar, enerji güvenliği açısından en temel tehditlerden biri olarak öne çıkıyor. Rusya-Ukrayna savaşı, Avrupa’nın doğalgaz bağımlılığını ciddi biçimde sorgulatırken, LNG ithalatında hızlı bir artışa neden oldu. Orta Doğu’daki istikrarsızlıklar, petrol ve doğalgaz üretiminde süregiden belirsizlikleri derinleştiriyor. İsrail-İran arasında yaşanan “12 Gün Savaşı” ise Hürmüz Boğazı gibi stratejik geçiş noktalarında güvenlik risklerini yeniden gündeme taşıdı. Bu tür gelişmeler, küresel enerji fiyatlarında dalgalanmaya yol açarken, tedarik zincirlerinin kırılگانlığını da artırıyor.

Enerji dönüşümündeki küresel eşitsizlikler ise yapısal bir sorun olarak karşımıza çıkıyor. Yenilenebilir enerji yatırımları tüm dünyada artış gösterse de, gelişmiş ülkeler bu geçişi güçlü kurumsal politikalarla destekliyor. Avrupa Birliği’nin Yeşil Mutabakatı ve ABD’nin Inflation Reduction Act düzenlemeleri bu sürece örnek teşkil ediyor. Buna karşın, gelişmekte olan ülkeler yüksek finansman maliyetleri ve altyapı eksiklikleri nedeniyle aynı ölçüde dönüşüme dahil olamıyor. COP29’da gündeme gelen yıllık 300 milyar dolarlık iklim finansmanı taahhüdü ise

birçok ülke tarafından yetersiz bulundu.

Öte yandan, enerji teknolojileri ve kritik minerallere bağımlılık da dönüşüm sürecinin yeni kırılگانlık alanlarını oluşturuyor. Güneş panelleri, bataryalar ve rüzgâr türbinleri gibi ekipmanlarda az sayıda ülke ve tedarikçiye olan bağımlılık dikkat çekiyor. Özellikle Çin’in bu teknolojiler ve kritik ham maddeler üzerindeki belirleyici konumu, enerji dönüşümünde yeni bir dışa bağımlılık ilişkisini gündeme getiriyor.

Türkiye bu resme nasıl uyuyor? Türkiye’yi enerji güvenliği açısından nasıl değerlendiriyorsunuz? Bununla birlikte, 1,5°C sınırını aşan küresel ısınmanın iklim politikalarına etkisi ciddi...

1,5°C hedefinin aşılma riski, yalnızca iklim politikaları açısından değil, aynı zamanda küresel enerji politikaları açısından da kritik bir eşik anlamına geliyor. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), bu hedefe ulaşılabilmesi için 2030 yılına kadar küresel yenilenebilir enerji kapasitesinin en az üç katına çıkarılması gerektiğini belirtiyor. Öngörülen bu artış gerçekleş-

şirse, yalnızca 2023-2030 döneminde yaklaşık 7 milyar ton CO₂ emisyonunun önüne geçilmesi mümkün. Ancak mevcut politikalar bu artışın 2,5 katla sınırlı kalacağını gösteriyor. Bu durum, özellikle gelişmekte olan ülkelerin finansman erişimini—COP29’da da tartışıldığı üzere—küresel iklim mücadelesinin merkezine yerleştiriyor.

Yenilenebilir enerji yatırımları açısından Türkiye dikkat çekici bir büyüme yakalamış durumda. Rüzgâr ve güneş enerjisinde toplam kurulu güç 33 bin MW’ı aşarken, Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA) verilerine göre Türkiye, yenilenebilir enerji kurulu gücü açısından Avrupa’da ilk 5, dünyada ise 11. sırada yer alıyor. Bu alandaki hedef ise Avrupa’da ilk 3’e, dünyada ise ilk 9’a girmek. Bu güçlü ivme, Türkiye’nin iklim hedeflerine ulaşmasında kritik bir rol oynarken, enerji verimliliği alanında da önemli fırsatlar sunuyor.

Küresel ölçekteki gelişmelere paralel olarak Türkiye, hem zorluklarla hem de fırsatlarla karşı karşıya. Enerji arzının önemli bir bölümü hâlâ dışa bağımlı olsa da, kaynak çeşitlendirme ve yerli üretim noktasında önemli adımlar atılıyor. TANAP ve TürkAkım gibi büyük boru hattı projeleri, LNG altyapısındaki kapasite artışı, Karadeniz doğalgaz sahalarının devreye alınması ve 2025 Mart ayı itibarıyla günlük 132 bin varile ulaşan petrol üretimi; Türkiye’nin enerji arz güvenliğini güçlendiren gelişmeler arasında öne çıkıyor.

Otomotiv sektörünün karbon nötrlüğe yönelmesi sadece araçları değil, ilgili enerji altyapısını da gerektiriyor. Araç elektrifikasyonu ile ulaştırma elektrifikasyonunun entegrasyonu nasıl sağlanabilir?

Araç elektrifikasyonu ile ulaştırma elektrifikasyonunun entegrasyonu, yalnızca bireysel taşıtların elektrikli hale gelmesinden ibaret değil; ulaşım altyapısının tamamının enerji sistemleriyle bütüncül bir biçimde senkronize edilmesini zorunlu kılıyor. Bu entegrasyonun sağlanabilmesi için, elektrikli araçların yalnızca birer tüketici değil, enerji sisteminin aktif bileşenleri olarak konumlandırılması büyük önem taşıyor. Vehicle-to-Grid (V2G) gibi teknolojiler sayesinde, elektrikli araçlar ihtiyaç halinde şebekeye enerji sağlayabilen dinamik birer varlık haline geliyor. Bu da elektrik şebekesinin esnekliğini artırarak arz-talep dengesine katkı sunuyor. V2G etkileşimini destekleyen yenilikçi çözümler; yenilenebilir enerjiyle entegre çalışan akıllı şarj istasyonları ve şehir içi dağıtık enerji sistemleriyle birlikte değerlendirildiğinde, sistem bütünlüğü açısından stratejik bir rol üstleniyor.

Aynı zamanda toplu taşıma sistemlerinin—otobüs, minibüs ve raylı sistemler gibi—elektriklendirilmesi, kent ölçeğinde karbon salımını azalt-

manın yanı sıra, mevcut şarj altyapısının daha verimli kullanılmasını sağlıyor. Güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir kaynaklarla desteklenen dağıtık üretim modelleri, özellikle şarj noktalarında karbon nötr çözümler sunulmasına olanak tanıyor.

Bu dönüşümün başarısı; enerji, ulaşım ve veri sistemlerinin entegre biçimde planlanmasına, akıllı şehir uygulamalarıyla desteklenmesine ve politika düzeyinde uyumlu teşvik mekanizmalarının geliştirilmesine bağlı. Bu yaklaşımla elektrikli ulaşım, sadece bir teknoloji dönüşümü değil; aynı zamanda daha esnek, dirençli ve sürdürülebilir bir enerji-e-konomi modeli oluşturmaın da temel araçlarından biri haline gelebilir.

Karbonsuz bir ulaşım geleceğine doğru, elektrikli araçlar (BEV) ve hidrojen yakıt hücreli araçlar (HFCV) ön planda. Elektrikli araçlar ve hidrojen yakıt hücreli araçlarla ilgili yapılan güncel çalışmalarda hangi konular öne çıkıyor?

Karbonsuz ulaşım hedefleri doğrultusunda yaşanan dönüşümde, bugün için elektrikli araçlar (BEV) baskın konumda bulunuyor. Uluslararası Enerji Ajansı’nın (IEA) 2024 verilerine göre, dünya genelinde 17 milyon adet elektrikli araç satışı gerçekleşti ve bu rakam, toplam otomobil pazarının yüzde 20’sinden fazlasına karşılık geliyor. Çin, yaklaşık 11 milyonluk BEV satışıyla küresel pazarın yüzde 65’ini elinde tutuyor; bu da Çin yollarındaki her 10 araçtan birinin artık elektrikli olduğunu gösteriyor. 2025 itibarıyla bu satışların 20 milyonu aşması ve elektrikli araçların küresel otomobil pazarının dörtte birini oluşturması bekleniyor. Batarya maliyetlerindeki düşüş ve şarj altyapısının hızla yaygınlaşması, BEV’leri hem bireysel tüketiciler hem de filo kullanıcıları için daha cazip bir seçenek haline getiriyor.

Hidrojen yakıt hücreli araçlar (HFCV) ise henüz yüksek yatırım maliyetleri, sınırlı altyapı ve hidrojenin üretim maliyeti nedeniyle daha yavaş ilerliyor. Ancak orta ve uzun vadede, özellikle uzun menzilli taşımacılık, ağır yük taşıma ve hızlı dolum gerektiren uygulamalarda öne çıkması bekleniyor. Çin, hidrojenli kamyon ve otobüs segmentinde lider konumda yer alıyor. Bin 150 kilometrelik “hidrojen otoyolu” projesi, hidrojenle çalışan ağır vasıtalar için geliştirilen, hidrojen üretimi, dolum altyapısı ve filo yönetimiyle entegre çalışan kapsamlı bir lojistik koridoru olarak öne çıkıyor. Güney Kore, Japonya ve ABD (özellikle Kaliforniya) gibi ülkeler bu alanda yatırımlarını artırırken, Almanya, Fransa, Hollanda ve İngiltere’de ticari filolara yönelik sınırlı ama dikkat çekici uygulamalar bulunuyor.

Öte yandan, ulaşım sistemlerinin yalnızca enerji tüketicisi değil, enerji sisteminin aktif bir parçası olarak konumlandırılması fikri de son dönemde bilimsel literatürde öne çıkıyor. Bu bağlamda, entegre enerji sistemleri (Integrated Energy Systems) yaklaşımı, hem elektrikli hem de hidrojenli araç altyapısının akıllı şehirler kapsamında enerji şebekeleriyle çok vektörlü (multi-vektörel) biçimde tasarlanmasını öneriyor. Bu senaryoda özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen “yeşil hidrojen”, esnek, temiz ve entegre bir enerji-ulaşım yapısının temel bileşeni olarak görülüyor.

Sonuç olarak, karbon nötr ulaşım hedeflerine ulaşmak, yalnızca doğru teknolojiyi seçmekle sınırlı değil; aynı zamanda altyapı yatırımları ve enerji sistemleriyle kurulan bütüncül entegrasyonu da zorunlu kılıyor. Bu dönüşüm, ulaşımı yalnızca enerji tüketen bir unsur olmaktan çıkarıp; esnek, akıllı ve sürdürülebilir enerji sistemlerinin aktif bir bileşeni haline getiriyor.

