

Pathways to Net-Zero Emissions in Türkiye's Power Sector: A High-Resolution EnergyPLAN Modelling Approach

Carbon dioxide makes up about 76% of total global greenhouse gases that makes power sector decarbonization significant to any plausible net-zero strategy. The transition is equally important for national targets in Türkiye, where the power and heat sectors contribute 35.5% to energy-related emissions of 392.3 Mt in 2023. With climbing electricity demand and reliance on imported fossil fuel particularly coal, which is now over 42% of energy-related emissions, the challenge remains. While Türkiye is targeting net-zero in 2053, there is a need for compromise on the "energy trilemma" during the transition: deep decarbonization should be achieved without affecting system reliability and cost competitiveness. Available literature models in general terms are very aggregated; while they can be useful, they generally miss the hourly dynamics and operational constraints that such a high penetration of VRE must have within the system. This paper attempts to close that gap through implicit deterministic hourly energy system modeling with the EnergyPLAN simulation tool. A high-resolution digital twin of the Turkish electricity system has been developed and calibrated to a 2025 baseline while ensuring validation against observed national indicators. This transition analysis is conducted considering four different transition pathways: the national energy plan, electrification, energy autonomy, and nuclear integration, with milestone years of 2035, 2045, and 2053. Each pathway is analyzed in terms of CO₂ reduction, total system costs, import dependency, and renewable curtailment. The results allow a better view of the infrastructure requirements and flexibility challenges of the respective pathways. This research provides a highly necessary indication of what trade-offs must be made and, therefore, bridges the long-term climate target with the technical and economic reality of transforming Turkey's power system.

Presenter: Esha Sardar

Türkiye'nin Elektrik Sektöründe Net-Sıfır Emisyonlara Giden Yollar: Yüksek Çözünürlüklü EnergyPLAN Modelleme Yaklaşımı

Karbondioksit (CO₂), küresel sera gazı emisyonlarının yaklaşık %76'sını oluşturmakta olup, elektrik sektörünün karbonsuzlaştırılmasını herhangi bir net sıfır stratejisinin temel bir bileşeni haline getirmektedir. Bu dönüşüm, Türkiye'nin ulusal hedefleri açısından da kritik öneme sahiptir. Nitekim, 2023 yılında enerjiye bağlı toplam 392,3 Mt emisyonun %35,5'i elektrik ve ısı sektörlerinden kaynaklanmaktadır. Artan elektrik talebi ve özellikle kömür başta olmak üzere ithal fosil yakıtlara olan bağımlılığın devam etmesi (enerji kaynaklı emisyonların %42'sinden fazlası), süreci daha da zorlaştırmaktadır. Türkiye'nin 2053 net sıfır hedefi doğrultusunda, dönüşüm sürecinde "enerji üçlemi" (enerji arz güvenliği, sürdürülebilirlik ve maliyet rekabetçiliği) arasında bir denge kurulması gerekmektedir. Bu kapsamda, derin karbonsuzlaşmanın sistem güvenilirliği ve maliyet etkinliği üzerinde olumsuz etki yaratmadan gerçekleştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Mevcut literatürde yer alan enerji modellemeleri genellikle yüksek düzeyde toplulaştırılmış olup, faydalı içgörüler sunsa da yüksek oranlı değişken yenilenebilir enerji (VRE) entegrasyonunun gerektirdiği saatlik dinamikleri ve operasyonel kısıtları çoğunlukla yeterince yansıtamamaktadır. Bu çalışma, EnergyPLAN simülasyon aracı kullanılarak gerçekleştirilen örtük deterministik saatlik enerji sistemi modellemesi ile bu boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır. Bu doğrultuda, Türkiye elektrik sisteminin yüksek çözünürlüklü bir dijital ikizi oluşturulmuş, 2025 yılı baz senaryosuna göre kalibre edilmiş ve gözlemlenen ulusal göstergelerle doğrulanmıştır. Geçiş analizi; ulusal enerji planı, elektrifikasyon, enerji özerkliği ve nükleer entegrasyon olmak üzere dört farklı senaryo kapsamında ve 2035, 2045 ve 2053 ara hedef yılları dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Her bir senaryo; CO₂ emisyon azaltımı, toplam sistem maliyetleri, ithalat bağımlılığı ve yenilenebilir enerji kısıntısı (curtailment) açısından değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, ilgili geçiş yollarının altyapı gereksinimleri ve esneklik zorluklarına dair daha kapsamlı bir anlayış sunmaktadır. Bu çalışma, gerekli ödünleşimlere ilişkin önemli çıkarımlar sağlayarak, uzun vadeli iklim hedefleri ile Türkiye elektrik sisteminin dönüşümüne dair teknik ve ekonomik gerçeklikler arasında bir köprü kurmaktadır.

Sunucu: Esha Sardar