

Basit bir Küresel Enerji Modeli

Barış Sanlı, barissanli2@gmail.com

[Model Dosyası \(Excel\)](#)

“Tüm modeller yanlıştır, bazıları kullanışlıdır”, George Box, 1976

Küresel enerji sistemini ve geleceğini anlamak için kullanılan yollardan biri de modellemedir. Bu modeller çok fazla veri, özel yazılımlar, bölgesel optimizasyonlarla çalışmaktadır. Modellerin çok azının veri ve yazılımı açıktır. Fakat son yaşanan tartışmalar bize gösterdi ki tüm modeller politiktir.

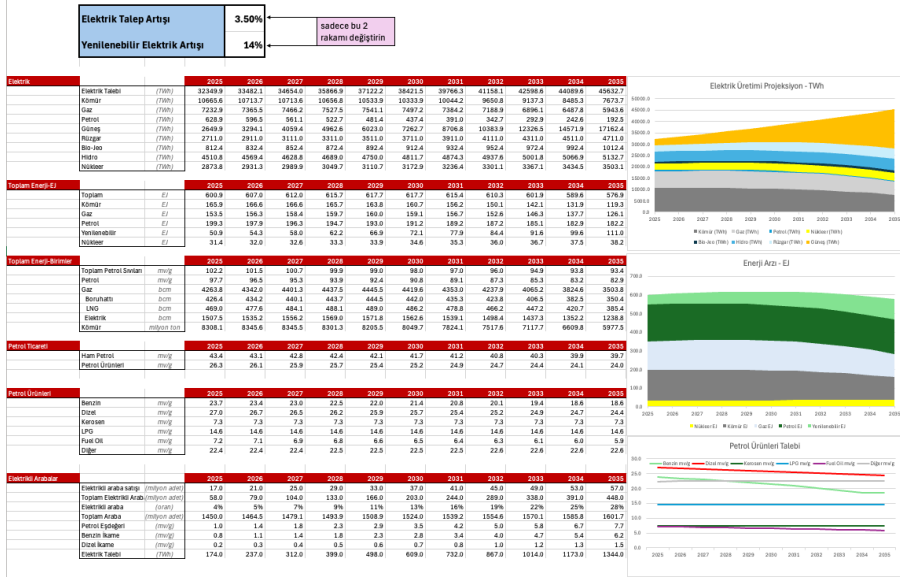
Çünkü modeller doğal hallerinde kömürü ya da yenilenebilirleri seçmemektedir. Bazen fiyat, bazen politik hedefler (devletlerin ilan ettiği iklim hedefleri) baz alınarak farklı gelecek senaryoları oluşabilmektedir. Peki ama politik olmayan bir modelin içeriğindeki nedir? İlk cevap olarak açık kaynak, veri ve anlaşılabilirlik sayılabilir.

Bu yazı ve ilgili model dosyası¹ ile kullanıcıların basitçe, içeriğini ve çalışmasını görerek basit bir küresel enerji modeli sonuçları elde etmesini sağlanması amaçlanmıştır. Bu sebeple model hem açık kaynak hem de açık veridir. Ayrıca model ağırlıkları da görülebildiğinden “politik olmayan” bir modeldir.

Basit Küresel Enerji Modeli

Basit Küresel Enerji Modeli (Öğretici Amaçlıdır)

Modelde kısaca elektrik talep artışı ve yenilenebilir elektrik artışı değiştirilerek dünya enerji talebi ve diğer göstergeler hesaplanır.(2 Eylül 2025)
Barış Sanlı, barissanli.com



Bir model ne kadar karmaşık ve uzman görüşü ile yoğrulmuş olursa olsun, sonunda petrolünün geleceğinin veya net sıfırın garanti olduğunu öngörüyorsa, aslında sayılarla politik amaçlar bir araya getirilmiş demektir. Eğer model böyle kurgulanmış ise, gerçek olup olmaması değil, politik hedefler modelin çıktısıdır demektir.

Basit Küresel Enerji Modelinde, olayın herkes tarafından basitçe anlaşılabilmesi için geleceği şekillendirecek en önemli iki değişken öne çekilmiştir. Bunlar

1. Elektrik talep büyümesi
2. Yenilenebilir elektrik artışı (hidro hariç)

Gerçekten de önümüzdeki dönemde enerji sistemindeki en önemli 2 parametre elektrik talep artışı ve yenilenebilir elektrik üretim artışıdır. Petrol ve diğer parametrelerin ise yıldan yıla değişimi aslında daha karardır. Mesela petrolde gelecek 10 yılda en basit ihtimalle yıldan yıla petrol talep artışı 0.5-1 mv/g demek de en uzman model kadar sonuç verebilmektedir. Fakat daha uzman modellerde araba, taşıt, yol uzunluklarından çarpım-toplamlarla sonuca gelinmektedir.

Model Çalışması

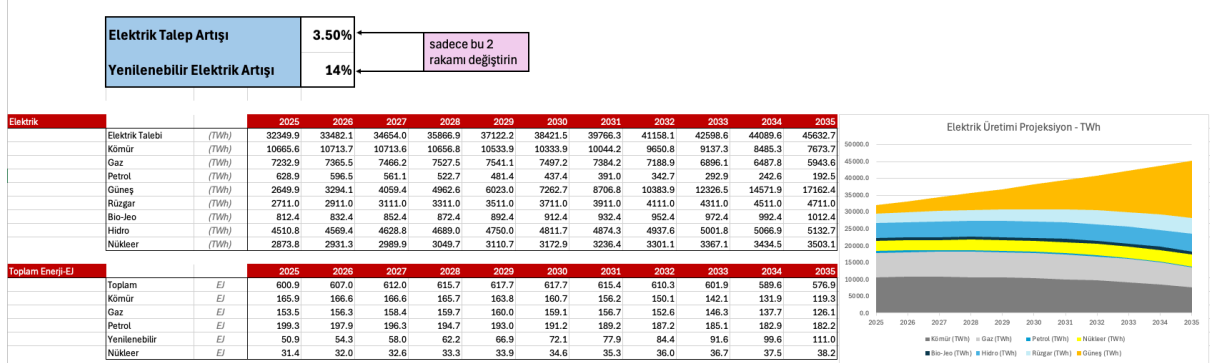
Modelde kullanıcıdan alınan iki değişkenden:

1. Önce elektrik talep artışı, verilen elektrik talep artışı büyüme oranından 2035'e kadar hesaplanmaktadır
2. Sonra yenilenebilirden elektrik üretim artışı hesaplanarak toplam elektrik talebinden çıkarılmaktadır.
3. Eğer elektrifikasyon ön kabulü doğru ise, diğer fosil yakıtların önemli kısmı zaten elektrik üretiminde kullanılacağından, bir çarpım faktörü ile kömür ve gaz hesaplanır
4. Petrol talebinde ürün talebinin sabit olacağı öngörülerek elektrikli arabaların etkisi çıkarılmaktadır.

Basit Küresel Enerji Modeli (Öğretici Amaçlıdır)

Modelde kısaca elektrik talep artışı ve yenilenebilir elektrik artışı değiştirilerek dünya enerji talebi ve diğer göstergeler hesaplanır. (2 Eylül 2025)

Barış Sanlı, barissanli.com



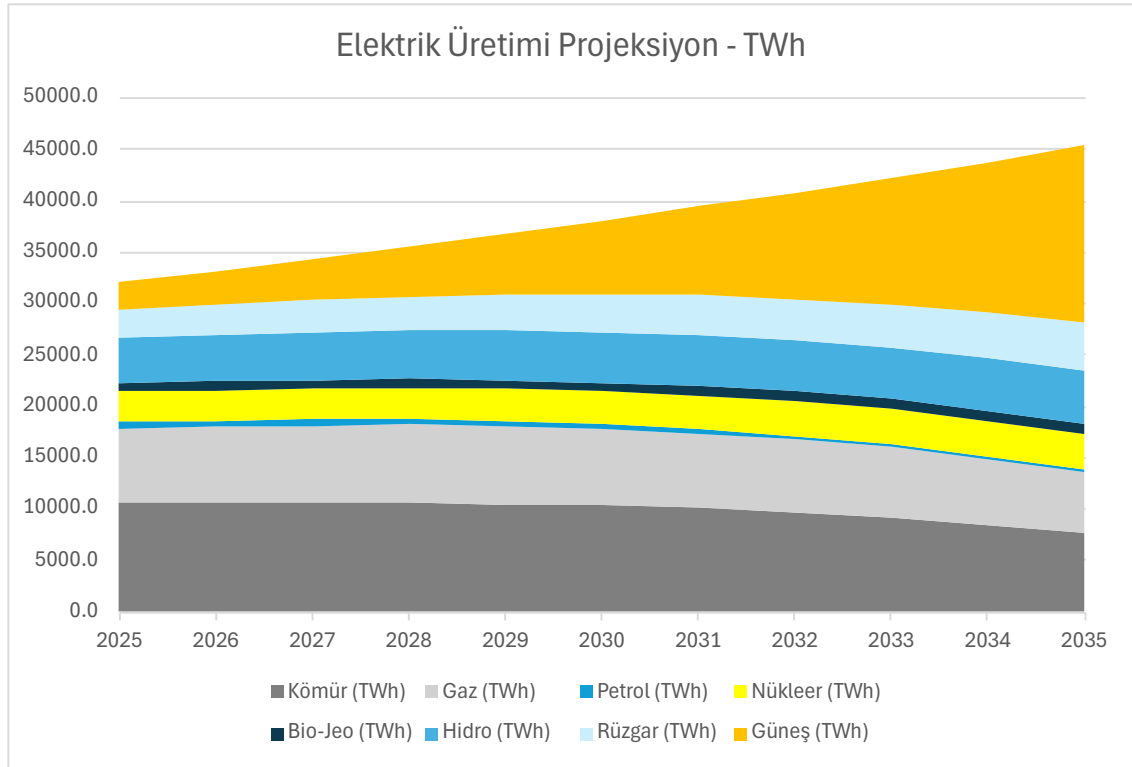
Modelde ek olarak

- Küresel emisyonların yakıtlara göre dağılımı
- Küresel petrol ve petrol ürünleri ticaretinin, oran bazlı, gelişimi
- Gazda LNG ve boru hattı gazı ticaret miktarları da, oran bazlı, hesaplanmıştır.

Veri seti olarak Energy Institute istatistik değerlendirmesi kullanılmıştır². Genelde oran ve büyümlerde son iki yıldaki rakamlar alınmıştır. Son 5 yıl içine Covid dönemi de girdiğinden bu rakamın güvenilirliği pek olmayabilir. O sebeple son teknolojik gelişmeleri son 2 yılın daha iyi yansıtacağı düşünülmüştür.

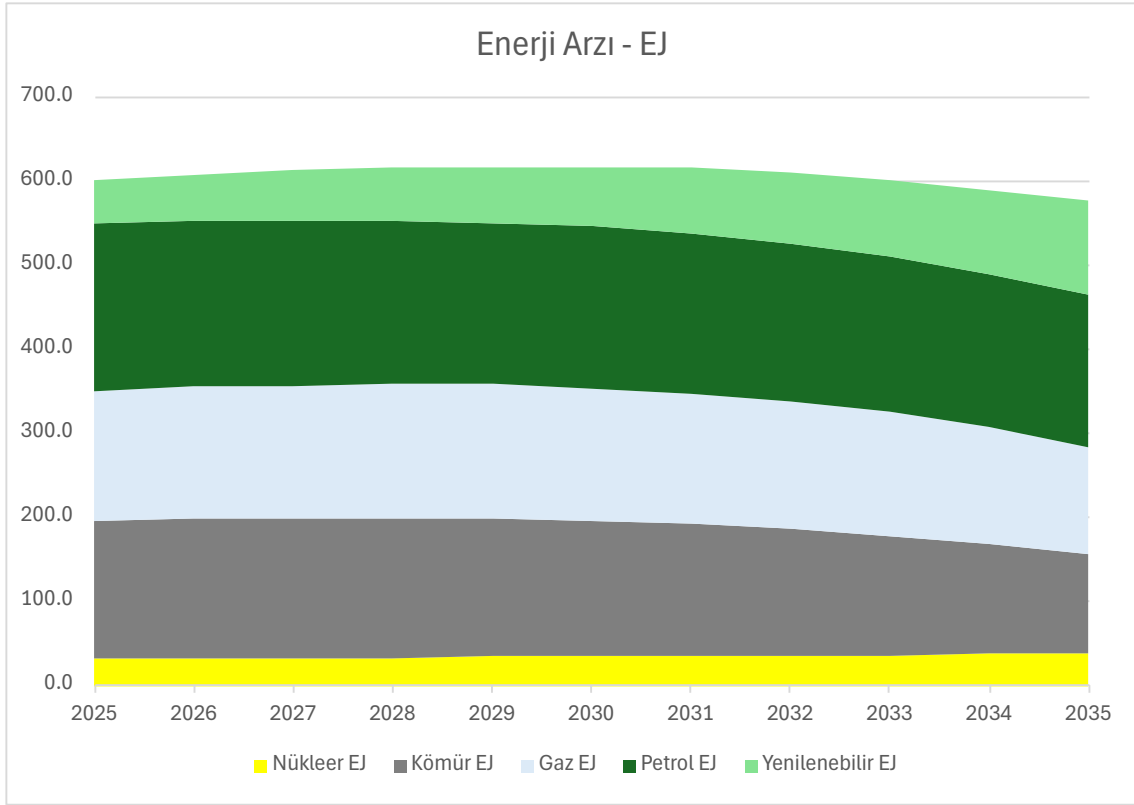
Amaç Ne?

Küresel enerji sisteminin dönüşümünde tek bir anahtar parametre vardır. Bu da yenilenebilir elektrik üretiminin etkisidir. Diğer yakıtların gelişimini de etkileyen bu faktör, elektrik talep artışı ile ana belirleyici olmaktadır. Peki o zaman bu “anahtar girdi”nin diğer faktörlere etkisi nedir?

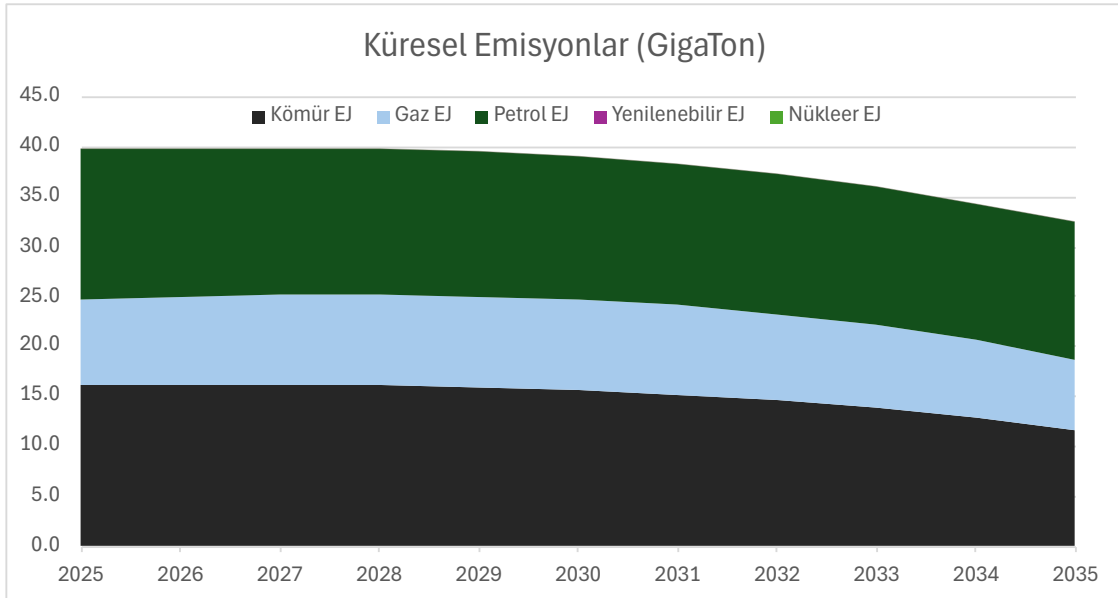


Bir örnek olarak %14 yenilenebilir elektrik üretim artışının toplam enerji talebine etkisi aşağıda verilmiştir. Zaten elektriğin talepte daha büyük bir orana sahip olacağını öngörüyorsak, yenilenebilirin diğer fosil kaynaklardan aldığı paylar toplam enerji talebine de yansıyacaktır.

² <https://www.energyinst.org/statistical-review>



Ortalama ExaJoule (EJ) başına karbon emisyonlarından da emisyonların geleceği basitçe hesaplanabilir.



Bu verilerin birlikte hesaplanmasının en büyük avantajı da yeniden bir senaryo bir araya getirmeye gerek kalmaksızın, aslında bir parametre ile küresel sistemin nasıl şekilleneceğine dair bir fikir oluşturmaktır.

Model Çıktıları

Modelde 6 grafik ve bazı yan değişkenler hesaplanmaktadır. Bu 6 grafik

1. Elektrik üretimi projeksiyonu
2. Enerji Arzı
3. Petrol ürünleri talebi
4. Toplam Enerjideki Oranlar (Yakıtlar bazında)
5. Toplam Elektrik Üretimindeki Oranlar (Yakıtlar bazında)
6. Küresel Emisyonlardır.

Ayrıca oranlar üzerinden hesaplanan değişkenler de bulunmaktadır. Burada elektrikli araba kısmında IEA'nın son Küresel Elektrikli Arabalar Görünümündeki rakamlar kullanılmıştır³. Örneğin 58 milyon elektrikli arabaların 1 mv/g yakıt ikamesi yaptığı IEA'den alınmış ve bunun %80'i benzin ve %20'si dizel olarak kabul edilmiştir.

Ayrıca LNG'nin ve boru hattı ticaretinin gaz talebindeki oranı 2023-2024 oranları üzerinden sabit alınmış ve ileri doğru yürütülmüştür. Benzer şekilde bir çok diğer veri de bu şekilde işletilmiştir.

Modelin Yanlışıları

Gerçekte bu modeller alt sektörlerdeki talep ve bunu karşılayacak yakıt ihtiyaçlarının toplanarak gelmesi ile oluşur. Ayrıca petrol tarafındaki modellemede tarafsız kalmak adına benzin ve dizeldeki büyüme oranları verilmedi. Bu sebeple petrol talebi artık artamayacak gibi görünüyor. Oysa petrol talebi artmaya devam edebilir. Örneğin benzin talebindeki duruşun hala gerçekleşmemiş olması bir işaret olabilir.

Ayrıca bir çok noktada elektrik için kullanılan fosil kaynağın, mesela kömür-gazın, o kaynağın tüm enerji sistemindeki tüketimine oranı sabit gibi alınmıştır. Kullanıcı bunu değiştirebilir.

Modelin ana amacı 2023-2024 parametreleri aynı şekilde ileri doğru gitse, tüm dünya enerji sistemi ne şekilde görünür olduğundan bu yanıışlar kabul edilebilirdir. Zaten konusundaki en uzman isimler de, en gelişmiş modeller ve en kapsamlı veriler ile bu gelecek konusunda anlaşılamamaktadır⁴.

Benzer şekilde, yenilenebilir elektrik üretiminin 10-15 yıl %14-15 büyümesi de matematiksel olarak zordur. Çünkü üretim miktarı arttıkça %10-15 üretim için yatırımların daha da hızlı artması gerekmektedir. Bu sebeple %oran yerine sabit bir artış kullanılabilirdi.

³³ <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2025>

⁴ <https://www.bloomberg.com/news/articles/2025-08-28/exxon-says-global-emissions-goals-have-slipped-as-coal-use-rises>

Exxon Sees Fossil Fuels Still Dominating in 2050

Percent of global energy mix

	2024	2050 - Exxon	2050 - IEA	2050 - IPCC
Oil & Natural gas	56	55	45	38
Coal	25	14	13	5
Nuclear	4	6	7	10
Bioenergy	9	10	11	17
Other renewables	6	15	24	30

Source: Exxon

Note: IEA forecast under STEPS scenario; IPCC is C3: "Likely Below 2C"; Other renewables includes solar, wind, hydro and geothermal

Figure 1 - Farklı kurumların gelecek tahminlerindeki oranlar

Sonuçlar

Modelde oluşturulabilecek sonuç sayısı neredeyse sonsuzdur, yalnız iki senaryoya dikkat çekilecektir. Bunlar yenilenebilirlerden elektrik üretimindeki artışın hızıyla alakalıdır. 2023-2024 momentumunun ileri doğru devam edeceğini öngören senaryoda %14 güneş-rüzgar artışı modelde varsayılan olarak yer almaktadır. Bu da emisyonları, toplam enerji tüketimi vs düşürmektedir.

Ama modeldeki bu oran %14'ten %10'a çekildiğinde emisyon düşüşü, enerji talebi değişimi durulmaktadır.

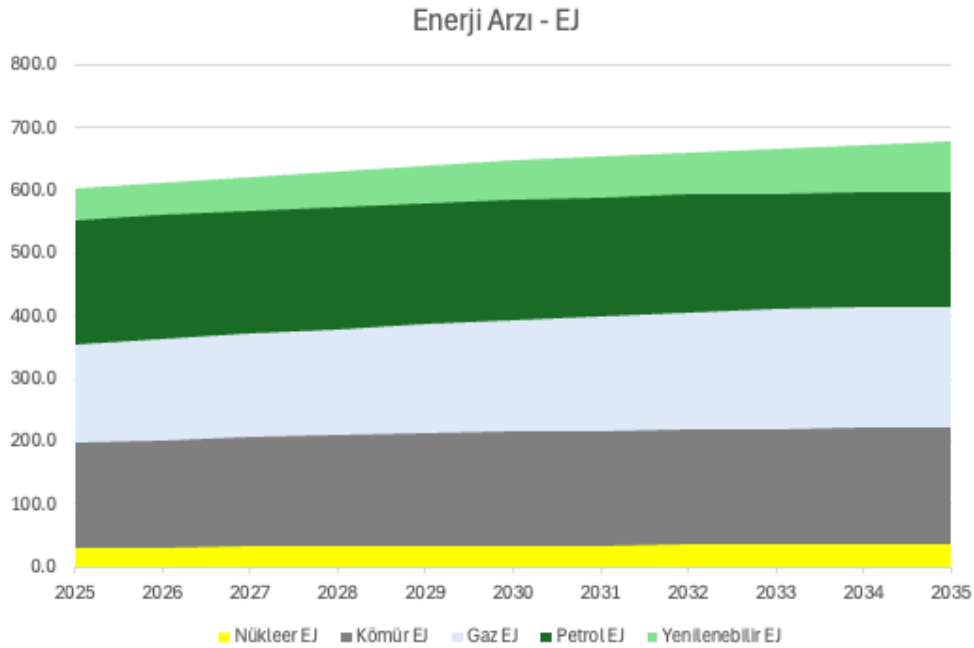


Figure 2 - Yenilenebilirlerden elektrik üretimi %14 değil %10 artarsa enerji arzı

Bu hesaplamalar yapılırken de elektrikli araba satışlarının yıldan yıla artışının da 5 milyon artacağı (17'den 22'ye,22'den 27 milyon araç/yıl araç satışı) varsayımı korunmuştur.

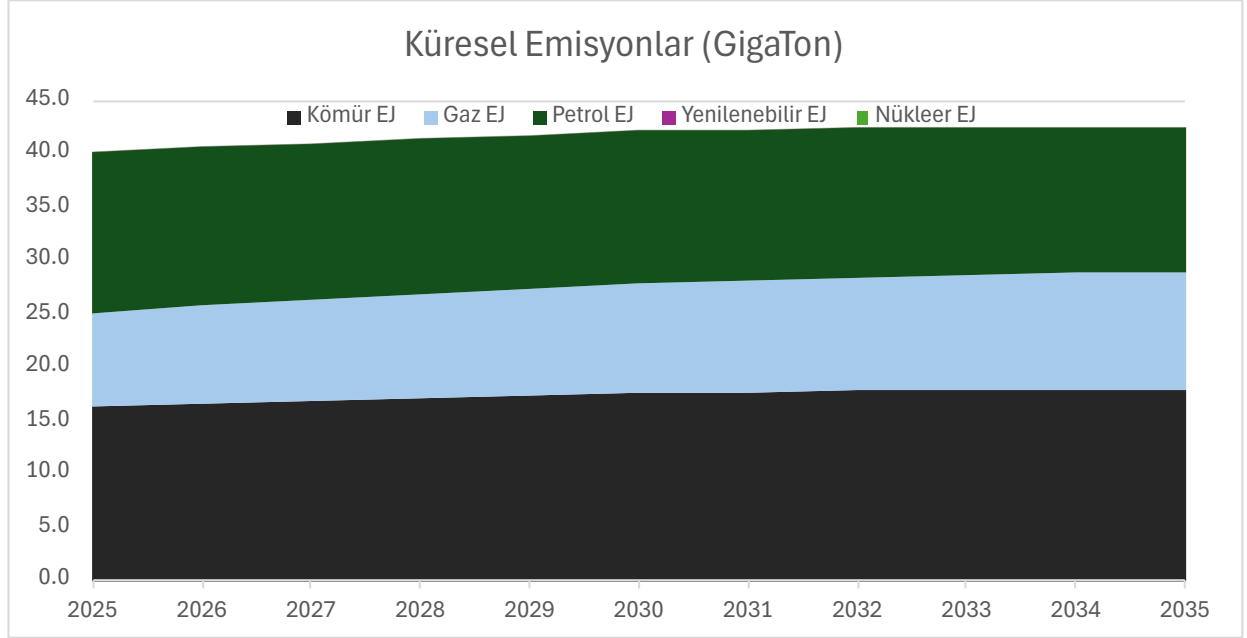


Figure 3 -Yenilenebilirlerden elektrik üretimi %14 değil %10 artarsa emisyon değişimi

Daha önce belirtildiği gibi tüm modeller yanlıştır, ama bazıları kullanışlıdır. Bu tek sayfa Excel dosyasındaki basit küresel enerji modeli de bu tip basit sonuçlara dair fikir vermek açısından kullanışlıdır. En azından kömürcülerin, petrolcülerin veya yeşilcilerin oldukça politik amaçlarını içermemektedir.