

The Future Earth •

KÜRESEL CO₂ EMİSYON ANALİZİ

miuul data scientist bootcamp project

Problem Tanımı

"Dünya ekonomileri büyürken CO₂ emisyonları da kontrollsüz bir şekilde artmaktadır. Temel problemimiz; fosil yakıt bağımlılığının devam etmesi, emisyonların 30 yılda %68 artması ve bu karmaşık süreci yönetmek için gereken güvenilir, zamana karşı dayanıklı veri analiz modellerinin eksikliğidir."

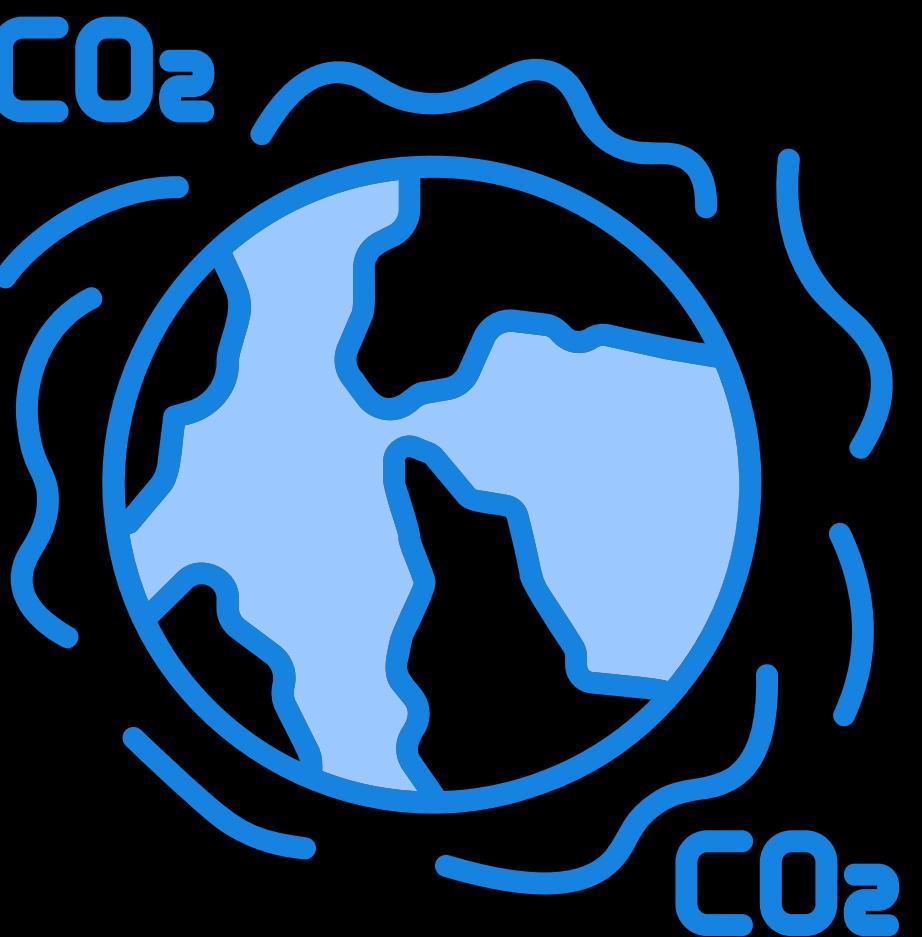


Veri Seti Hikayesi

- Bu analizde kullanılan veri seti, 'Our World in Data' platformundan alınmış olup, ülkelerin tarihsel CO₂ emisyonlarını ve bu emisyonları etkileyen ekonomik, demografik ve enerjik faktörleri içermektedir.
- Veri seti, Sanayi Devrimi'nden günümüze kadar uzanan geniş bir zaman dilimini kapsamakta olup, küresel ısınmanın kok nedenlerini anlamak için kritik bir kaynaktır.
- Biz bu çalışmada, veri kalitesini artırmak adına eksik verileri tamamladık ve analizi 1990 sonrası modern doneme odaklıladık.

Veri Seti Değişkenleri

- co2 : Toplam CO2 emisyonları (Milyon ton/yıl)
- country : Ülke veya bölge adı (kategorik)
- year : Gözlem yılı (1750-2024)
- gdp : Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (USD, PPP)
- population : Toplam nüfus
- co2_per_capita : Kişi başı CO2 emisyonu (ton/kİŞİ)
- co2_per_gdp : Karbon yoğunluğu (kg CO2 / \$ GSYİH)
- energy_per_capita : Kişi başı enerji tüketimi (kWh)
- coal_co2 : Kömür yanmasından CO2
- oil_co2 : Petrol yanmasından CO2
- gas_co2 : Doğalgaz yanmasından CO2
- consumption_co2 : Tüketim tabanlı CO2 (ithalat dahil)
- methane: Metan emisyonları (hayvancılık)
- nitrous_oxide: Diazot monoksit emisyonları (azotlu gübre kullanımı)



Veri ve Metodoloji

Veri Seti : owid-co2-data.csv

Ön İşleme (Preprocessing):

- Eksik Veriler: Ülke bazında yıllara göre sıralanarak zaman güvenli 'Linear Interpolation' yöntemiyle doldurulmuştur.
- Filtreleme: Analizler genelde 1990 sonrası, tahmin modelleri ise 2000-2024 arası verilere odaklanmıştır.

Model Eğitimi:

- Regresyon Modeli: Geleceği tahmin etmek için Çok Değişkenli Regresyon (Multivariate Regression) modeli kullanılmıştır. Bu model, sadece zamanı değil, GSYİH, Nüfus, Enerji Tüketimi ve yakıt türleri gibi faktörleri de hesaba katar.
- Eğitim Seti: 2000-2024 yılları arasındaki verilerle model eğitilmiş, 2025-2028 için tahmin üretilmiştir.
- Ön Tahmin: Gelecek yıllar için önce bağımsız değişkenler (GSYİH vb.) tahmin edilmiş, ardından bu değerler CO2 tahmininde kullanılmıştır.

Metodoloji

Model Performans Metrikleri

Model, tutulan test seti (2019-2024) üzerinde standart regresyon metrikleri kullanılarak titizlikle değerlendirilmiştir:

- **Kök Ortalama Kare Hatası (RMSE):** 6.3652
- **Ortalama Mutlak Hata (MAE):** 6.0765
- **R-Kare (R²):** 0.9359

Zaman güvenli doğrulama yoluyla elde edilen bu metrikler, gelecek veriler üzerindeki model performansının gerçekçi tahminlerini sağlar.

Teknolojiler ve Araclar

- **Python 3.x:** Birincil programlama dili, zengin veri bilimi kutuphane ekosistemi için seçilmistir
- **Pandas:** Yüksek performanslı veri manipülasyonu ve analizi
- **NumPy:** Sayısal hesaplamalar ve dizi işlemleri
- **Scikit-learn:** Makine öğrenimi model geliştirme ve değerlendirme
- **Matplotlib & Seaborn:** Yayın kalitesinde statik görselleştirmeler
- **Plotly:** Animasyon yetenekleri ile interaktif 3D dünya görselleştirmesi
- **FPDF:** Otomatik PDF rapor oluşturma

Tarihsel Trend Analizi

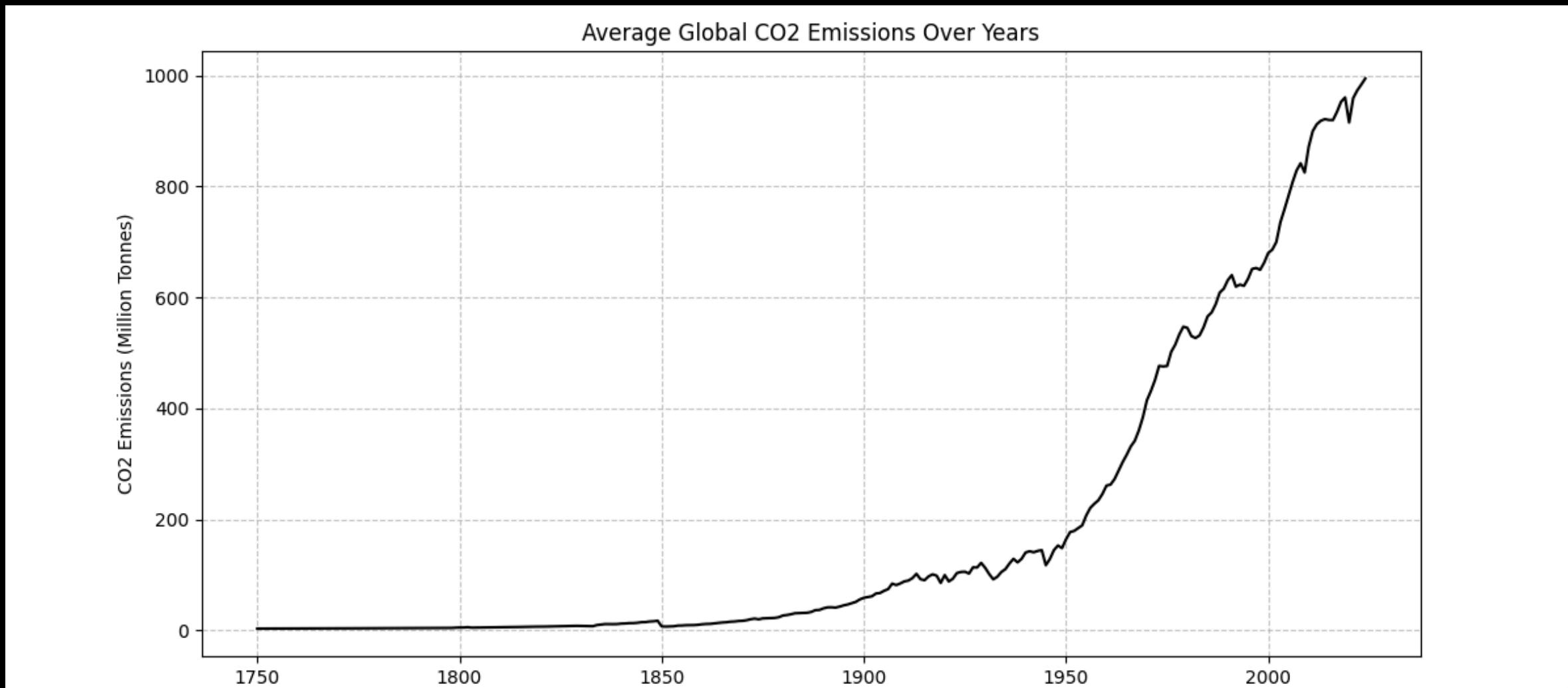
İstikrarlı Büyüme(1990-2000)

Baskınlikla gelismekte olan ekonomilerdeki sanayilesme tarafindan yonlendirilen yillik yaklasik %1.5 buyume oranları.

Hızlanan Büyüme(2000-2010)

En hızlı buyume on yili, Cin'in hızlı sanayilesmesi kuresel emisyonları yilda yaklaski %3 yukarı itmistir.

ZAMANA GORE KURESEL CO2 EMİSYONLARI



Plato Girişimleri(2014-2016)

Cin'in ekonomik yeniden dengelenmesi ve gelismis ulkelerdeki yenilenebilir enerji genislemesine atfedilen kisa sureli stabilizasyon.

COVID-19 Etkisi (2020):

Kuresel kilitlenmeler nedeniyle benzeri gorulmemis %5.4 dusus, kayitli tarihteki en buyuk tek yillik azalma.

Pandemi Sonrası Toparlanma (2021-2024):

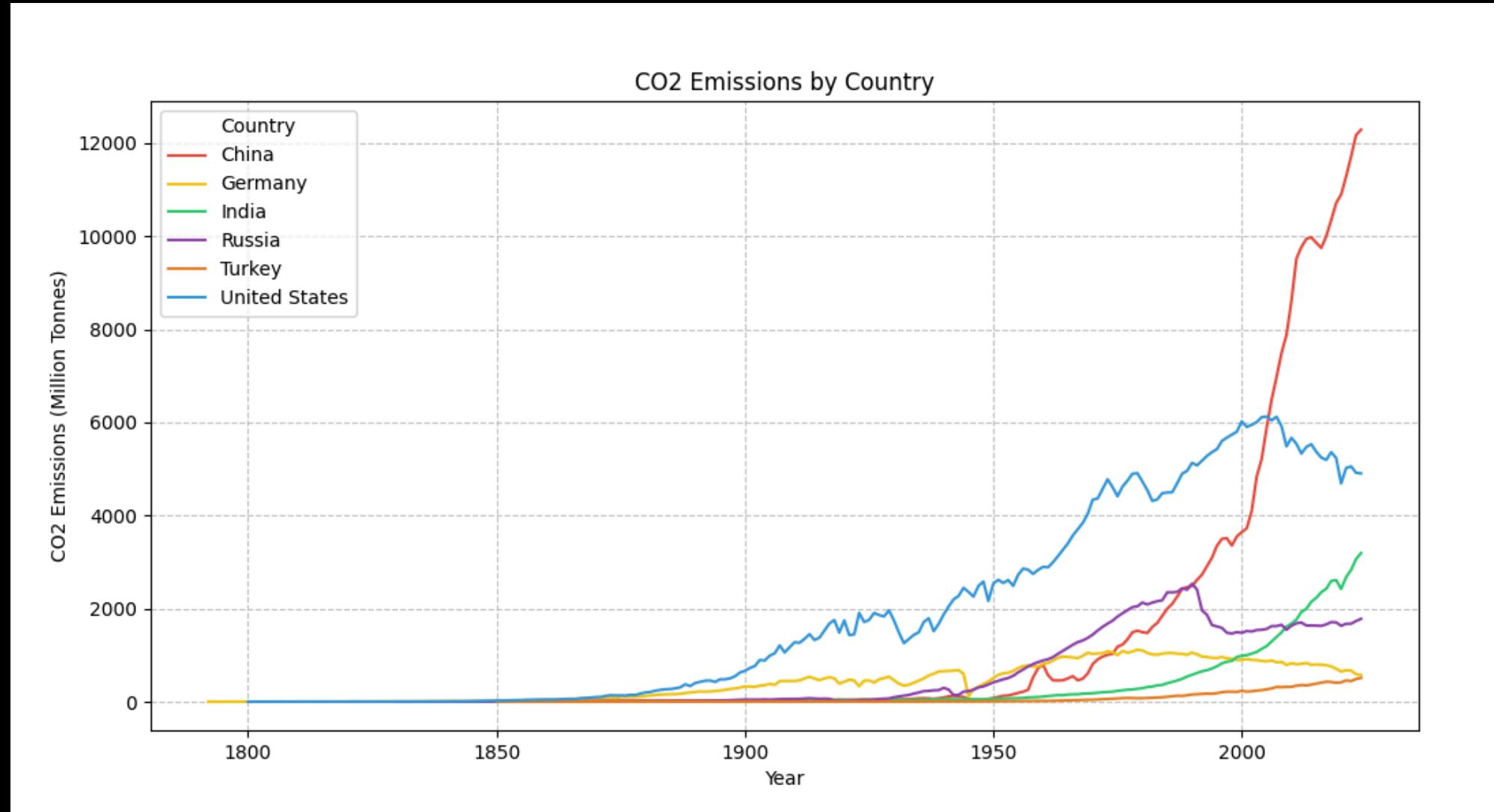
Emisyonlar hızla toparlanmis ve pandemi oncesi seviyeleri asmistir, bu da kalici azalmalar icin enerji sisteminde yapisal degisikliklerin gerekli oldugunu göstermektedir.

ÜLKEYE ÖZGÜ EMİSYON PROFİLLERİ

ÇİN:

Çin, dünyanın en büyük CO₂ yayıcısı olarak ortaya çıkmış olup, şu anda küresel emisyonların yaklaşık %30'undan sorumludur. Temel özellikler şunlardır:

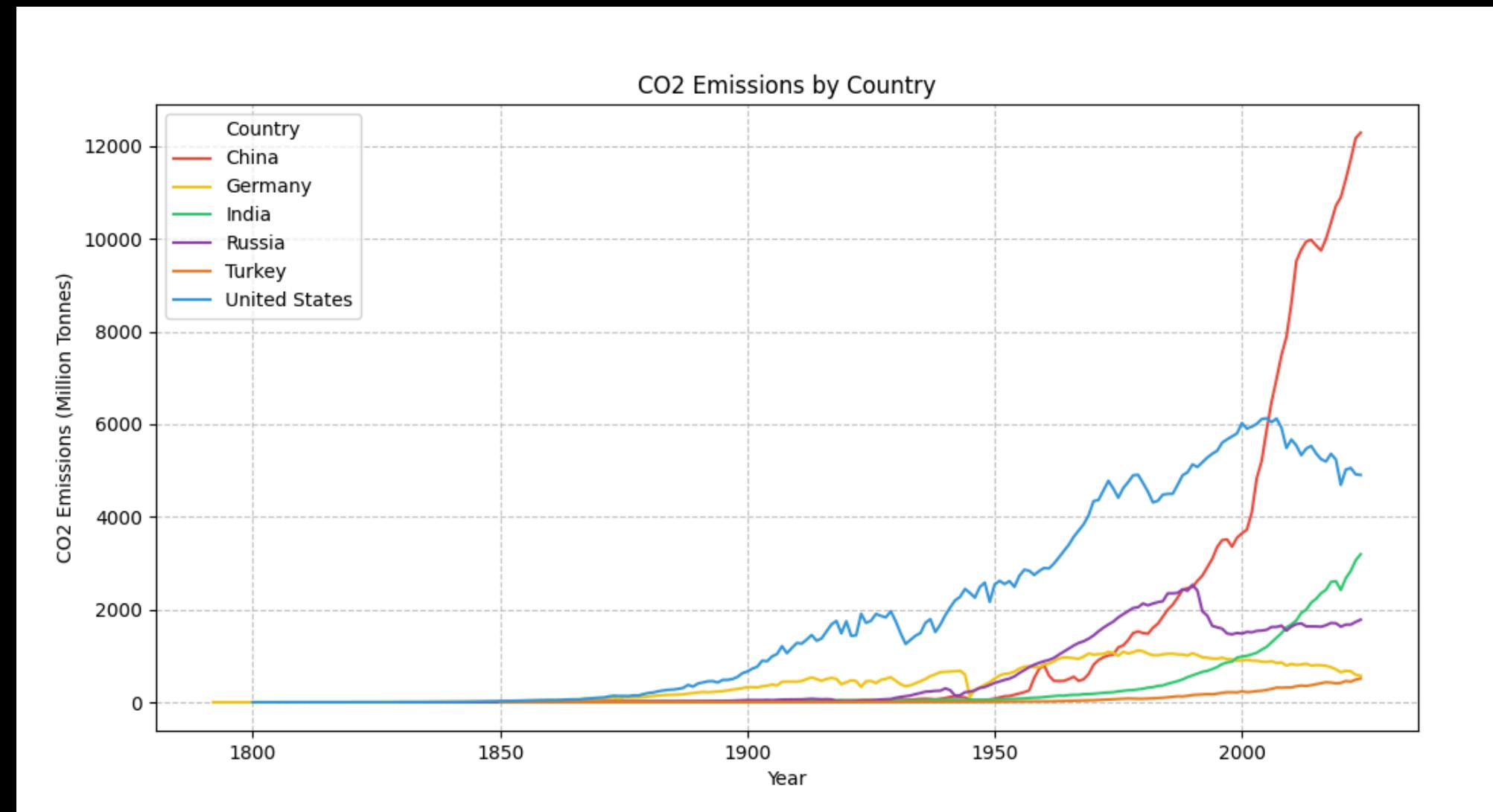
- 1990-2024 arasında emisyonlar yaklaşık %400 artmıştır
- Kömür baskın enerji kaynağı olmaya devam etmektedir (birincil enerjinin >%60'i)
- Son yıllar yenilenebilir kapasite hızla genişlerken plato işaretleri göstermektedir
- Kişi başı emisyonlar artık AB ortalamasını aşmıştır ancak ABD seviyelerinin altında kalmaktadır



ÜLKEYE ÖZGÜ EMİSYON PROFİLLERİ

Tarihsel olarak en büyük yayıcı olan ABD artık kuresel olarak ikinci sıradadır:

- Zirve emisyonları 2007'de meydana gelmiş, ardından yaklaşık %15 düşüş yaşanmıştır
- Emisyonların GSYİH büyümelerinden başarılı ayrıştırması gösterilmştir
- Doğalgazın komuru değiştirmesi önemli azalmaları yonlendirmiştir
- Büyük ekonomiler arasında en yüksek kişi başı emisyonları (yaklaşık 15 ton/kisi)

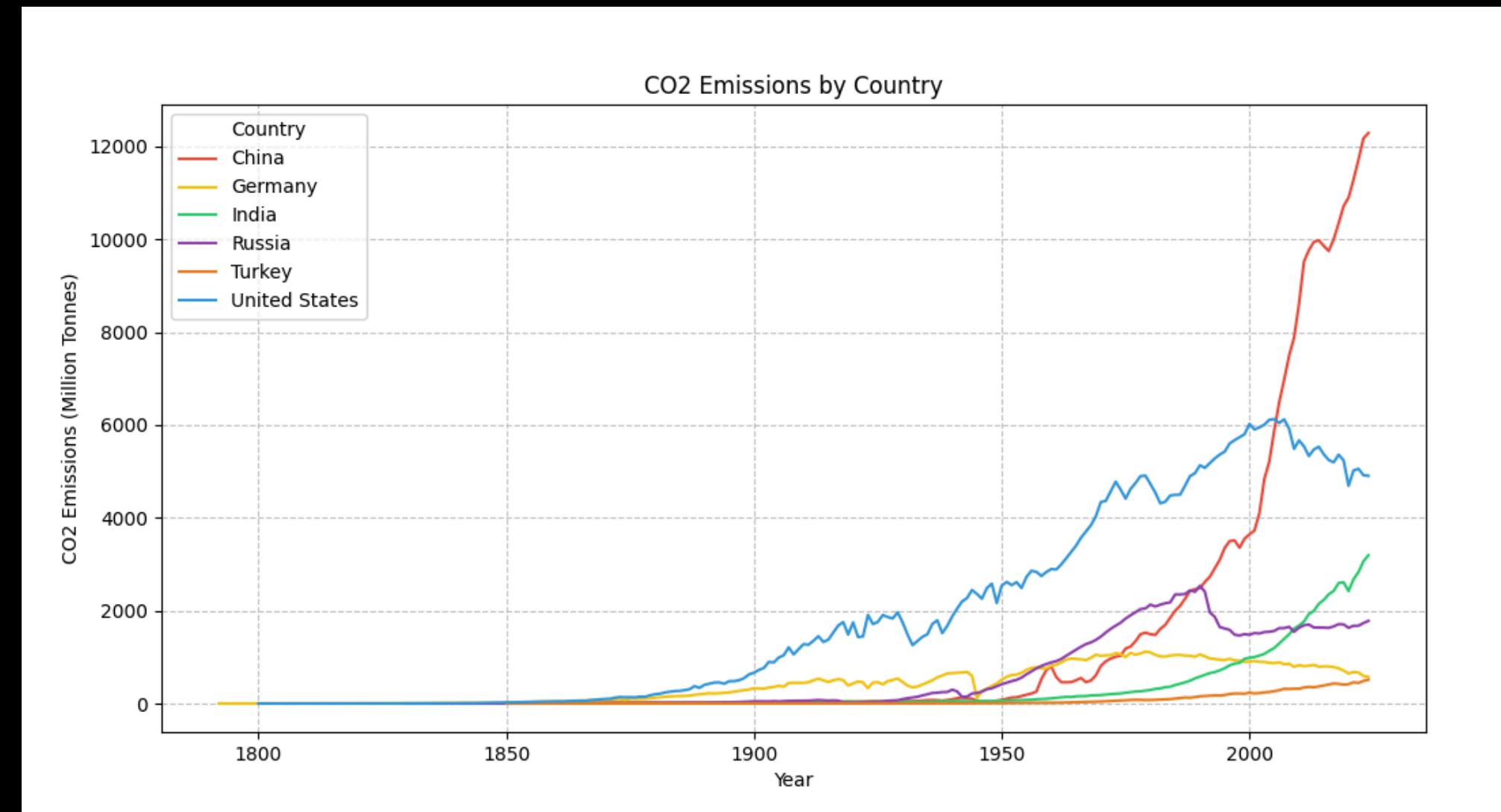


ÜLKEYE ÖZGÜ EMİSYON PROFİLLERİ

HİNDİSTAN

Hızla gelişen bir ekonomi olarak Hindistan güçlü emisyon buyumesi göstermektedir:

- 1990'dan bu yana emisyonlar üç katına çıkmıştır
- Artık kuresel olarak üçüncü en büyük yayıcıdır
- Kişi bası emisyonlar çok düşük kalmaktadır (yaklaşık 1.9 ton/kisi)
- Önemli güneş yatırımına rağmen komur genişlemesi devam etmektedir

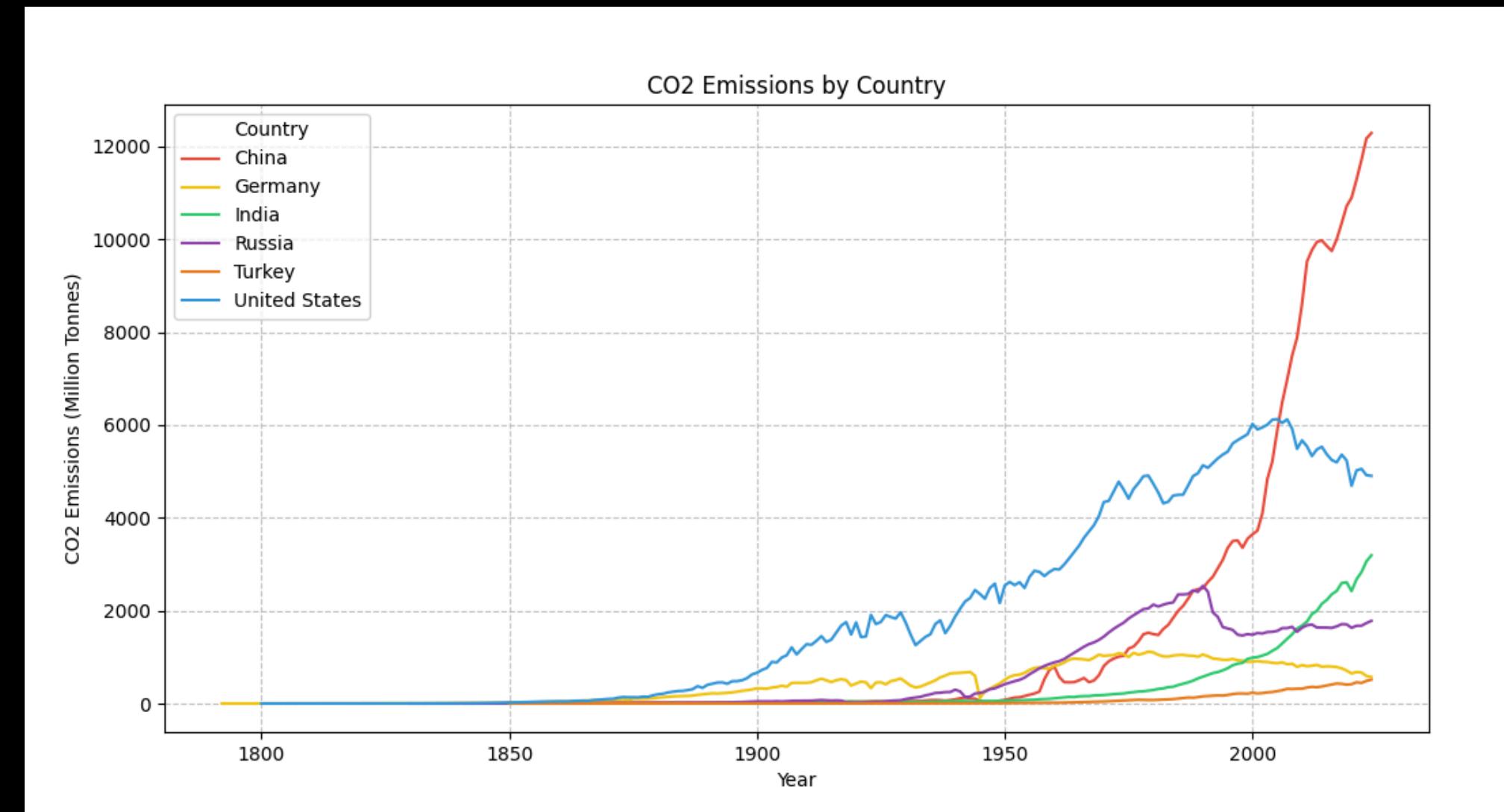


ÜLKEYE ÖZGÜ EMİSYON PROFİLLERİ

RUSYA:

Rusya'nın emisyonları benzersiz Sovyet sonrası dinamikler göstermektedir:

- Ekonomik çöküşün ardından 1990'larda keskin düşüş
- 2000'den bu yana kademeli toparlanma, şu anda 1990 seviyelerinin yaklaşık %15 altında
- Yerli enerji için doğalgaza ağır bağımlılık
- Önemli fosil yakıt ihracatçısı

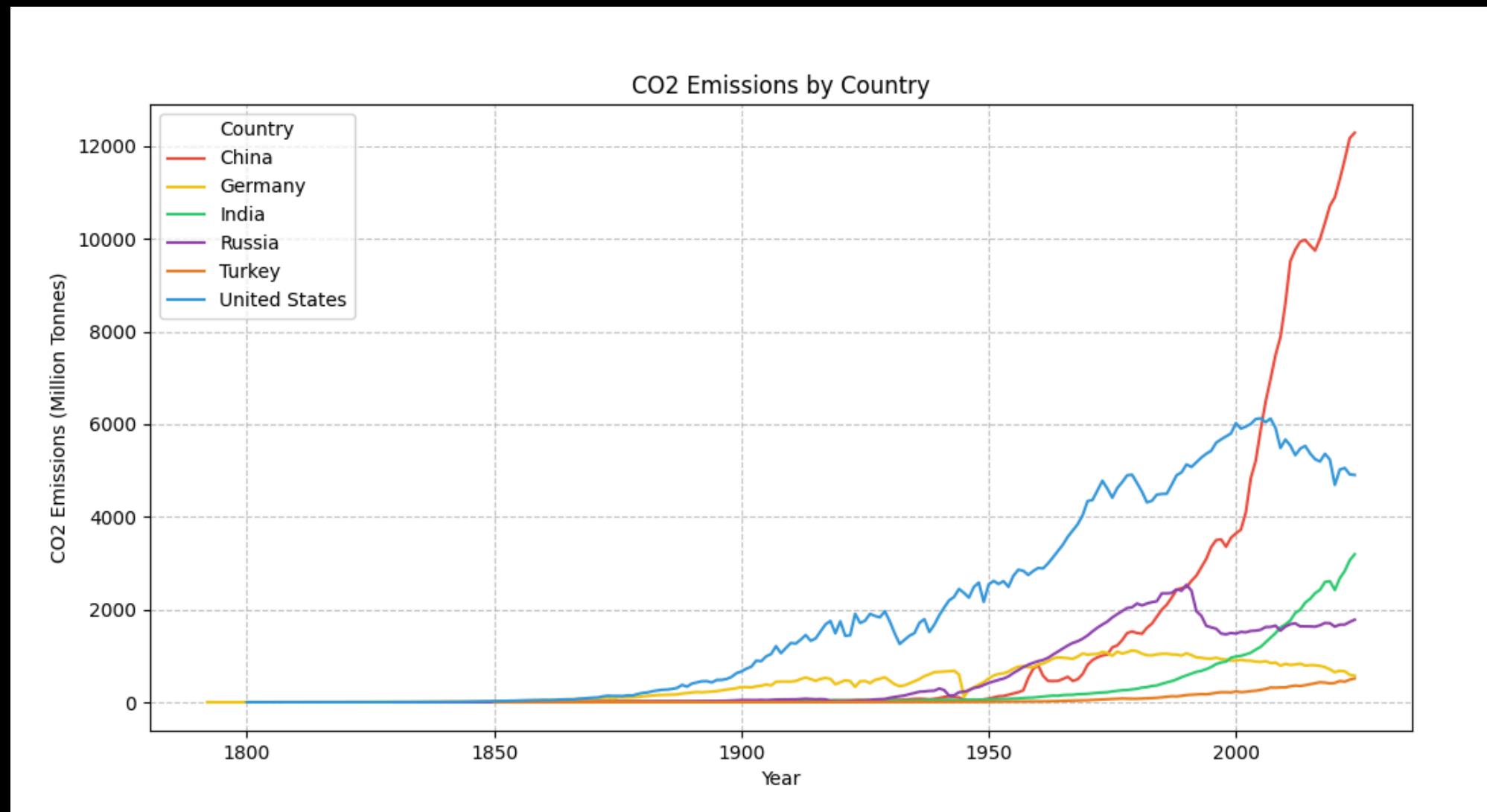


ÜLKEYE ÖZGÜ EMİSYON PROFİLLERİ

ALMANYA:

Almanya emisyon azaltmada bir Avrupa basarı hikayesini temsil etmektedir:

- 1990 seviyelerinden yaklasik %40 dusus
- Hirsli 'Energiewende' (Enerji Donusumu) politikasi degisimi yonlendirmektedir
- Enerji guvenligini korurken komuru asamali olarak kaldırma zorlukları devam etmektedir

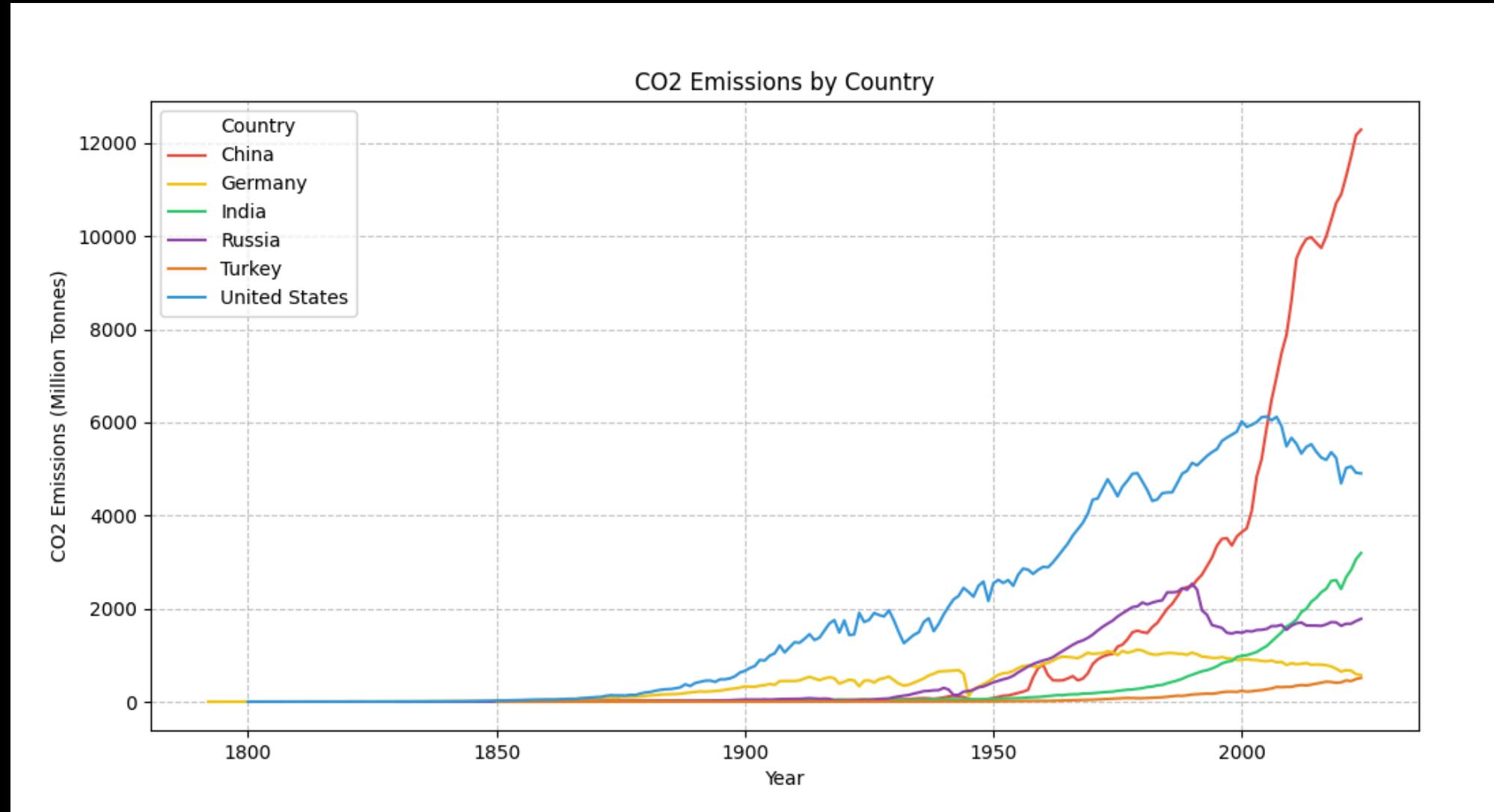


ÜLKELYE ÖZGÜ EMİSYON PROFİLLERİ

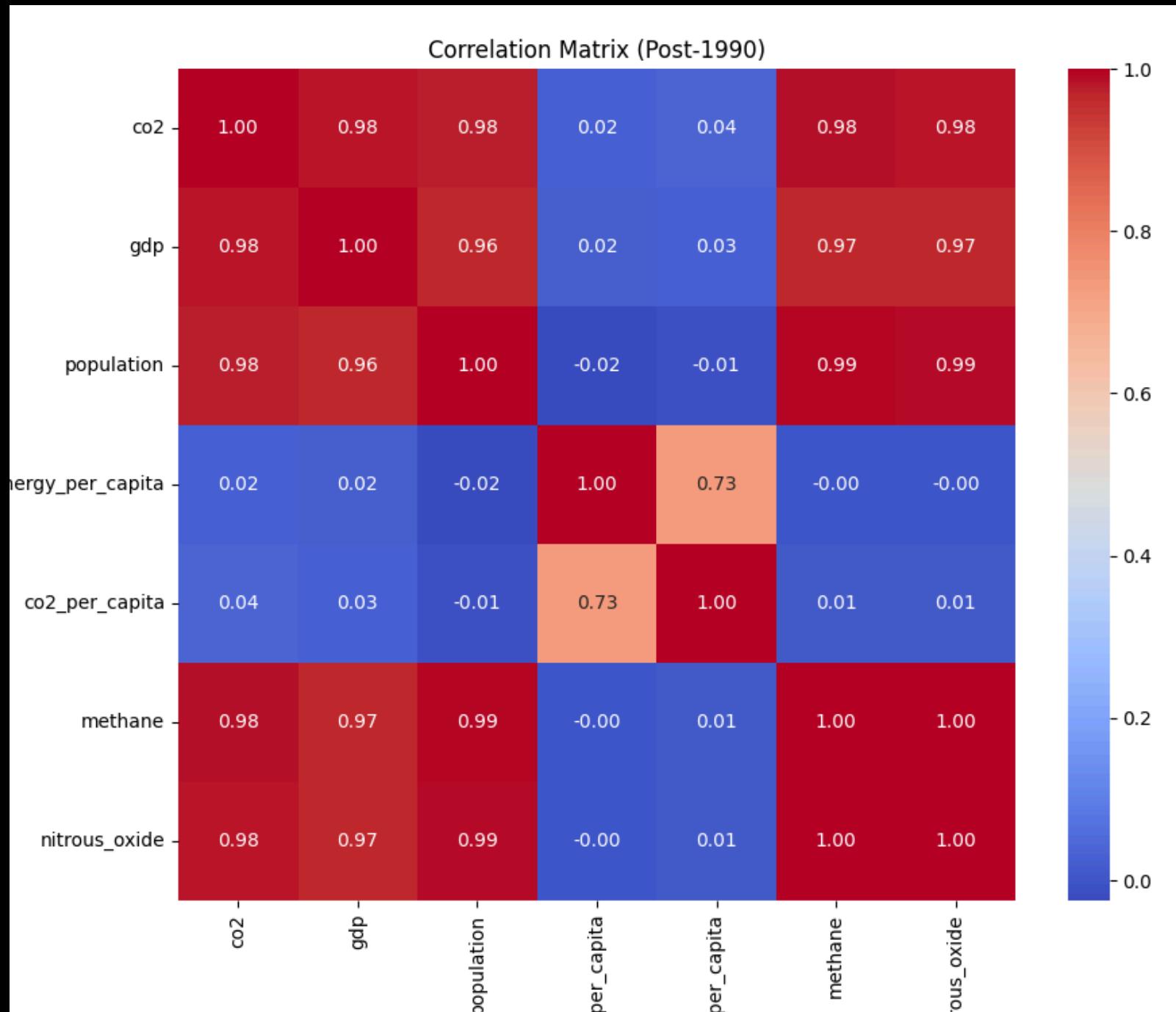
TURKIYE:

Turkiye gelismekte olan bir ekonominin ozelliklerini gostermektedir:

- 1990'dan bu yana emisyonlar yakinca %150 artmistir
- Buyuyen ekonomi artan enerji talebini yonlendirmektedir
- Onemli komur ve dogalgaz tuketimi
- Yerli yenilenebilir enerji kapasitesi gelistirilmektedir



İstatistiksel Korelasyon Analizi



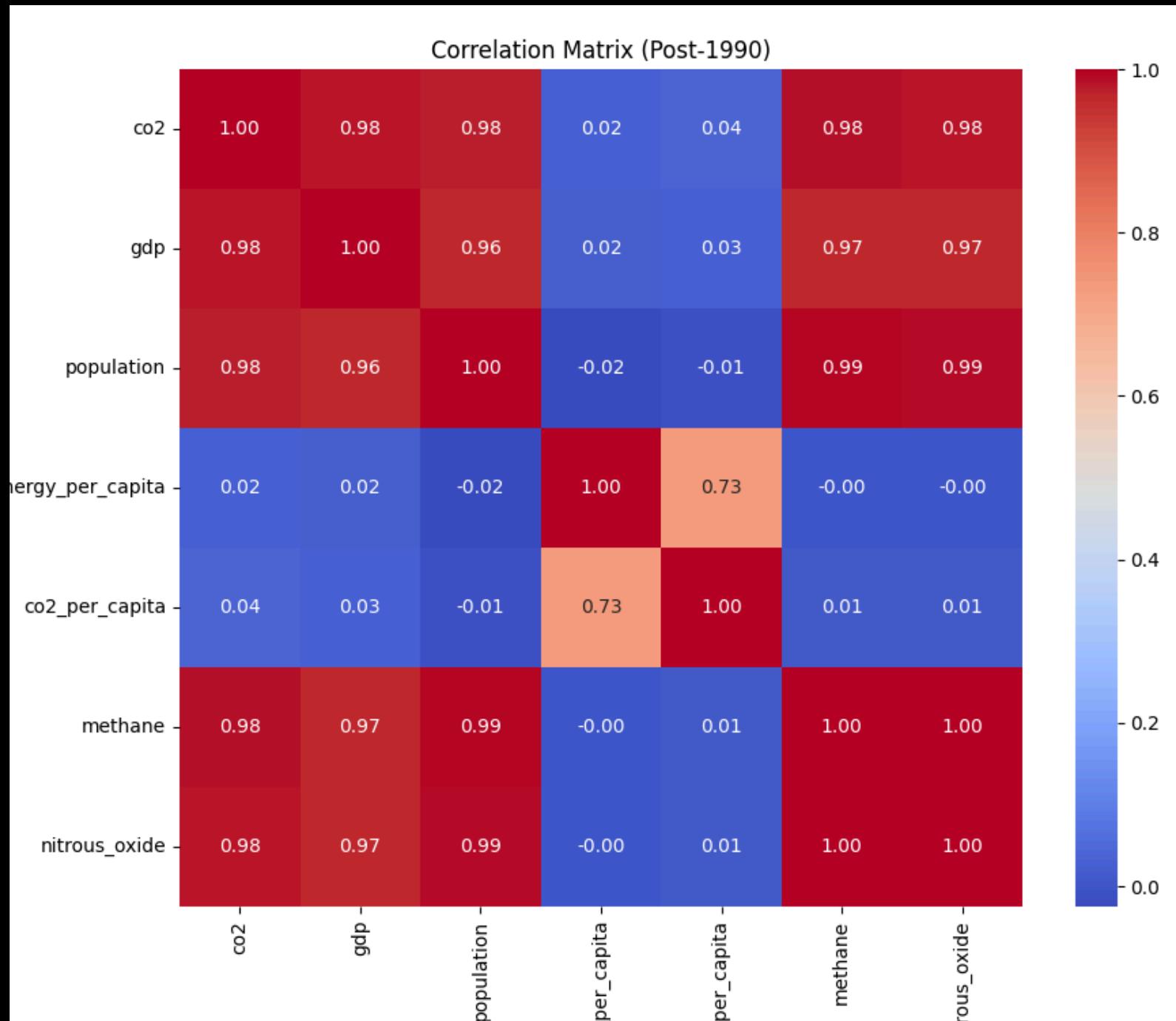
Korelasyon matrisi, emisyonlar ve çeşitli sosyoekonomik göstergeler arasındaki ilişkilerin gücünü ve yönünü ortaya koymaktadır.

Temel Bulgular:

1. GSYİH-Emisyon İlişkisi ($r = 0.95+$): Karel sel düzeyde ekonomik çıktı ve CO₂ emisyonları arasında çok güçlü pozitif korelasyon mevcuttur.

2. Nufus-Emisyon Korelasyonu ($r = 0.85+$): Nufus büyüklüğü toplam emisyonlarla güçlü şekilde ilişkilidir,

İstatistiksel Korelasyon Analizi



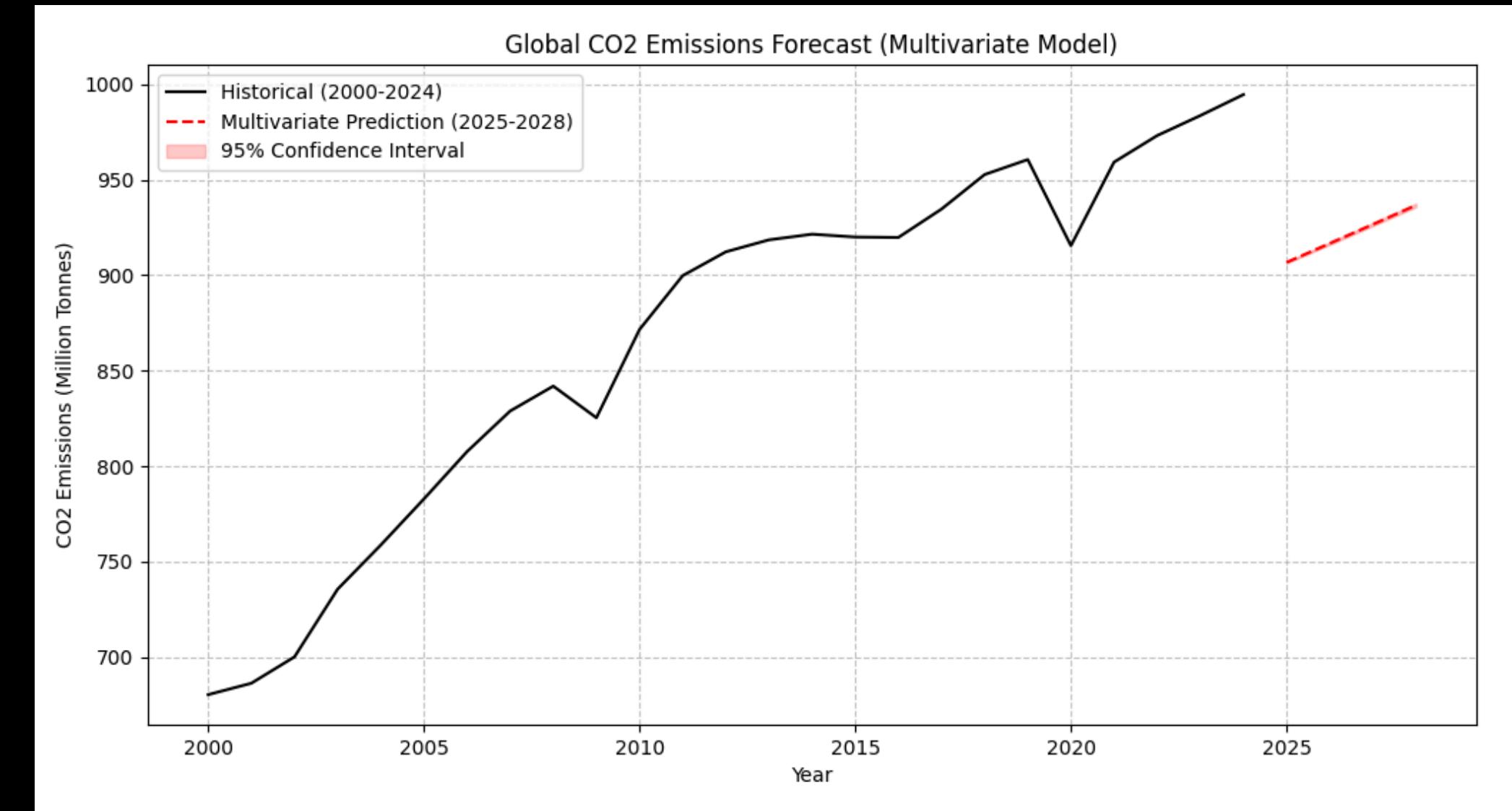
3. Enerji-Emisyon Baglantisi ($r = 0.90+$): Birincil enerji tüketimi belki de emisyonların en güçlü ongornucusudur, iklim azaltımında enerji sistemlerinin merkezi rolunu vurgulamaktadır.

4. Ayrıştırma Kanıtları: Gelişmiş ekonomiler (ABD, Almanya) son yıllarda azalan korelasyon gücü göstermeye olup, ekonomik büyumenin emisyon büyumesinden başarılı kismi ayırtırmamasını işaret etmektedir.

Tahmine Dayalı Modelleme ve Projeksiyonlar

KÜRESEL EMİSYON TAHMİNİ(2025-2028)

Cok degisenli regresyon modelleme ve trend analizine dayanarak, buyuk politika mudahaleleri veya teknolojik atılımlar olmaksızın kuresel CO₂ emisyonlarının 2028'e kadar kademeli artısını surdurması ongurulmaktadır.

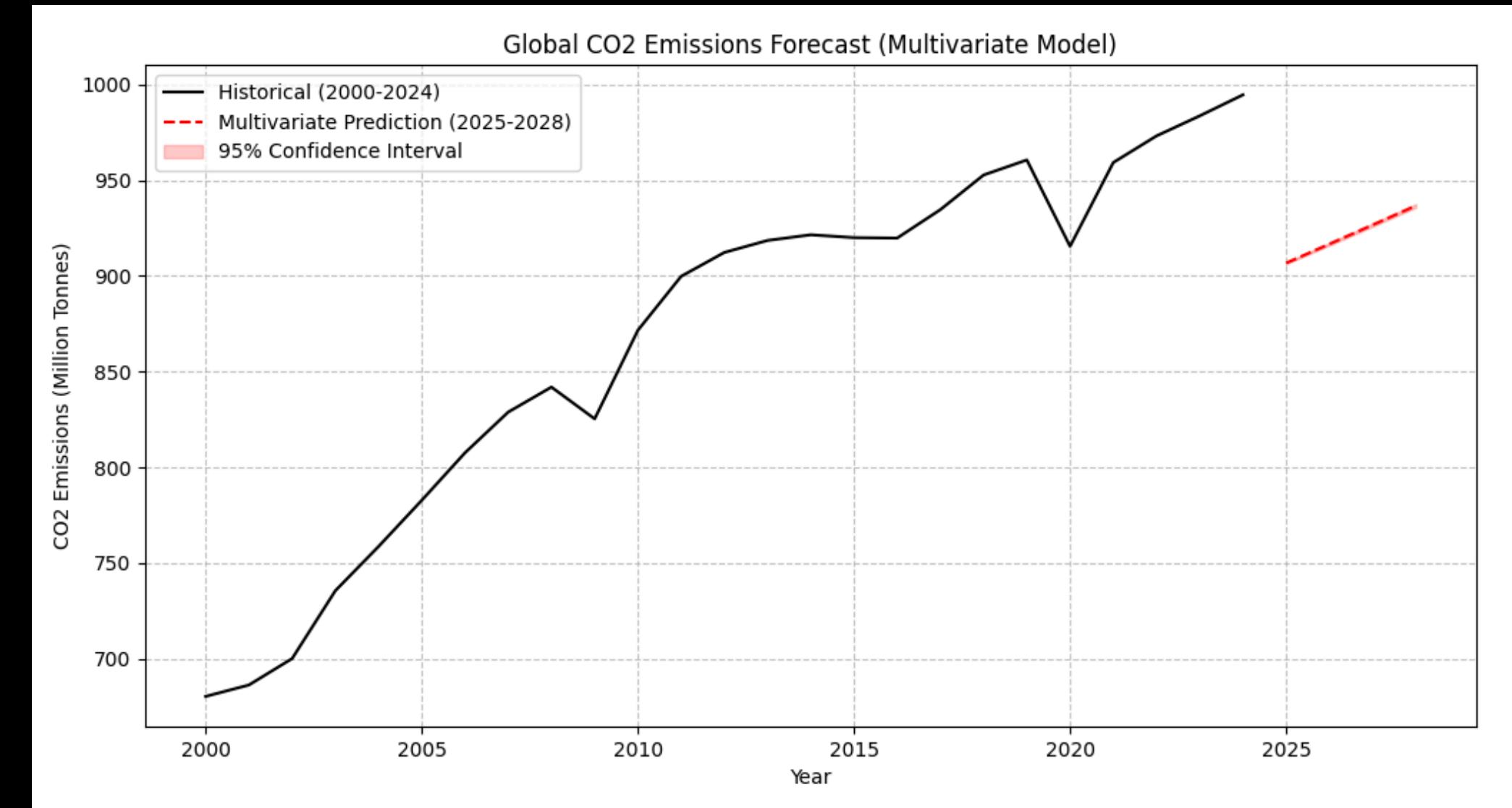


Tahmine Dayalı Modelleme ve Projeksiyonlar

KÜRESEL EMİSYON TAHMİNİ(2025-2028)

Tahmin Metodolojisi:

Tahmin, surucu degisenler (GSYIH, nufus, enerji) icin polinom trend ekstrapolasyonunu gelecek emisyonları tahmin etmek icin egitilmis regresyon modeli ile birlestirir. Guven aralikleri tarihsel tahmin hatalarina dayanarak hesaplanmistir.

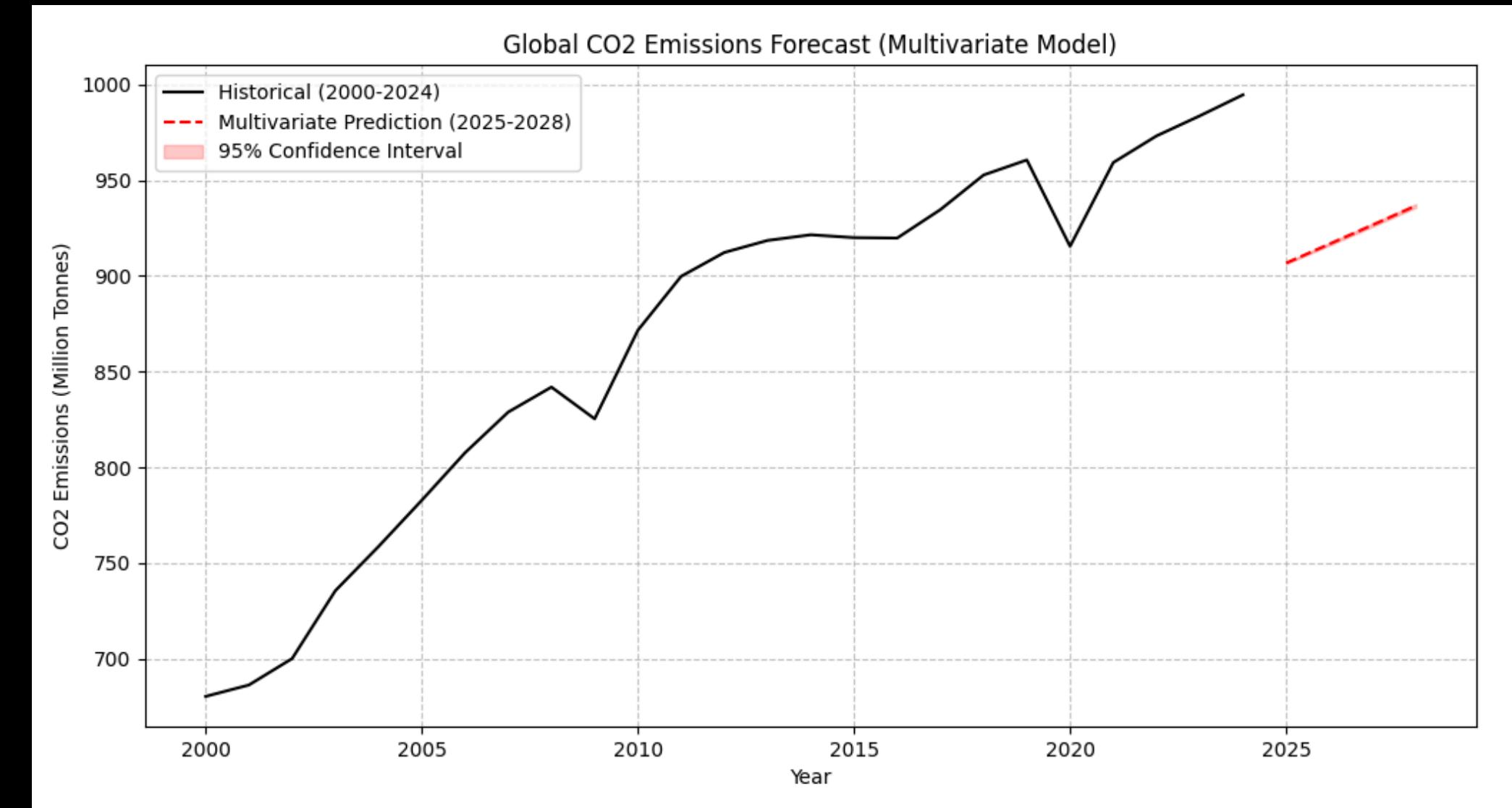


Tahmine Dayalı Modelleme ve Projeksiyonlar

KÜRESEL EMİSYON TAHMİNİ(2025-2028)

Temel Projeksiyonlar:

- 2025: 2024 seviyelerinin üzerinde ilimli %1-2 artışı
- 2026-2028: Devam eden kademeli büyümeye, mevcut yenilenebilir enerji genişlemesi devam ederse plato potansiyeli
- Kumulatif 2025-2028: Yaklaşık 145-155 milyar ton ilave CO₂

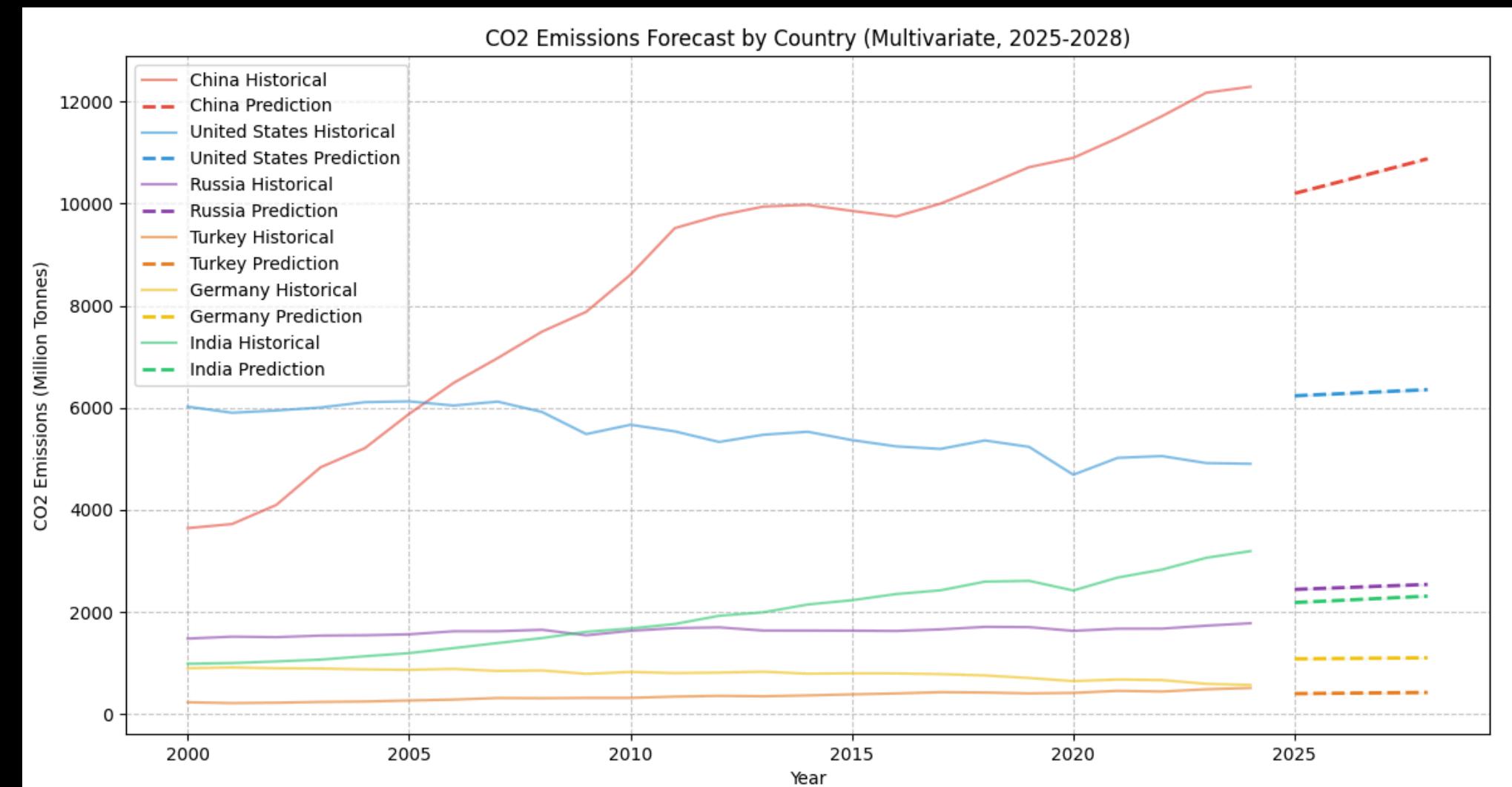


Tahmine Dayalı Modelleme ve Projeksiyonlar

Bireysel ülke tahminleri farklı yönetimleri ortaya koymaktadır:

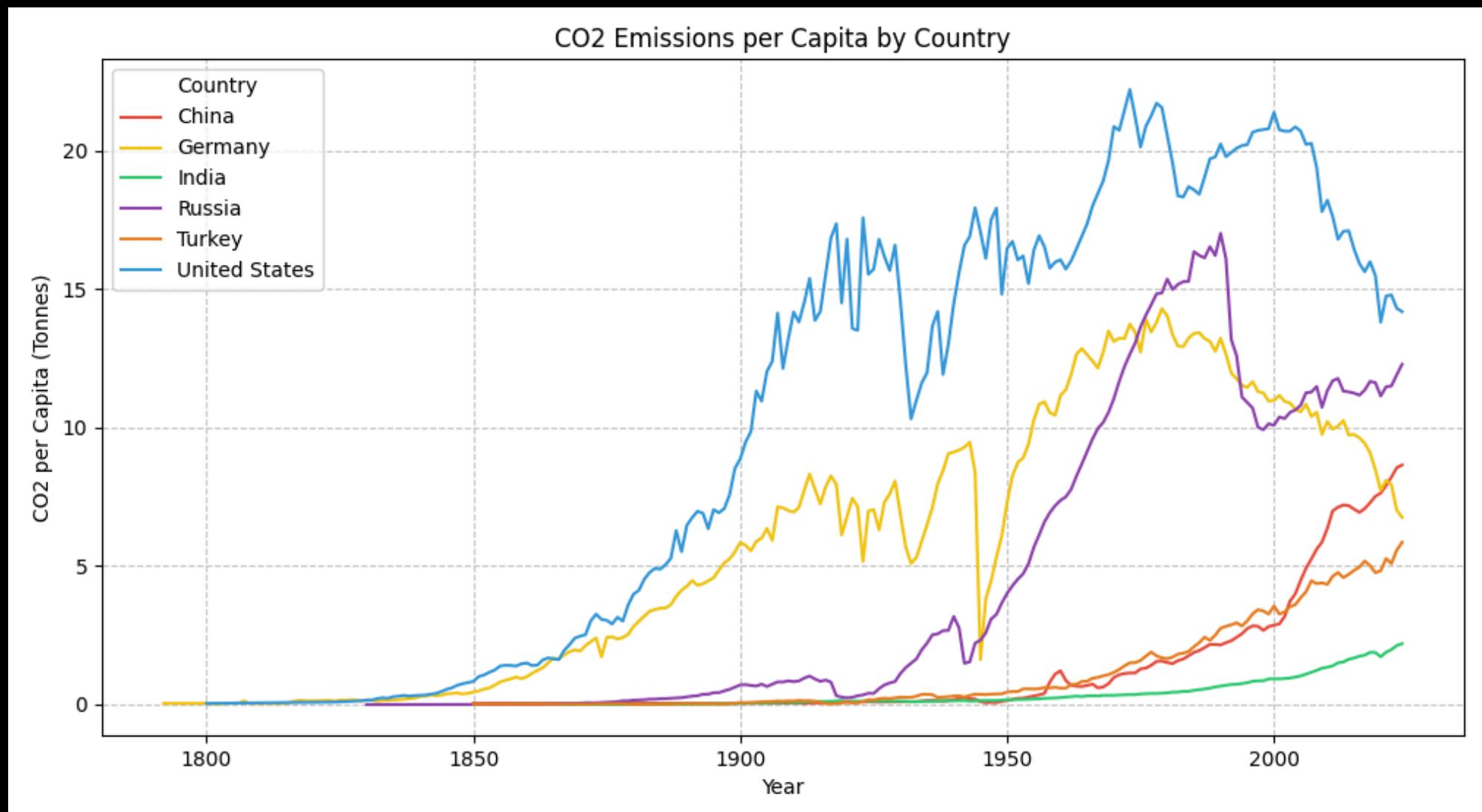
- Çin: Yenilenebilir kapasite komuru dengeledikçe potansiyel zirve ve başlangıç düşüşü ongurulmaktadır
- Hindistan: Kalkınma ilerledikçe devam eden büyümeye beklenmektedir, ancak büyümeye oranı yavaşlayacaktır
- ABD: Devam eden komurden gaza ve yenilenebilir gecislerle kademeli düşüş ongurulmaktadır
- Almanya: Komurden çıkışla güçlü düşüş yönetiminin hızlanması beklenmektedir
- Rusya: İlimli varyasyonla nispeten istikrarlı emisyonlar ongurulmaktadır
- Türkiye: Yenilenebilir yatırım hızlanırsa daha hızlı azalma potansiyeli ile ilimli büyümeye ongurulmaktadır

ÜLKE DÜZEYİNDE PROJEKSİYONLAR



İstatistiksel Korelasyon Analizi

KİŞİ BAŞI EMİSYON ANALİZİ



Kisi basi emisyonların incelenmesi, bireysel sorumluluk ve kalkınma adaleti konusunda önemli perspektif sağlamaktadır:

Mevcut Kisi Bası Emisyonlar (2024 tahminleri):

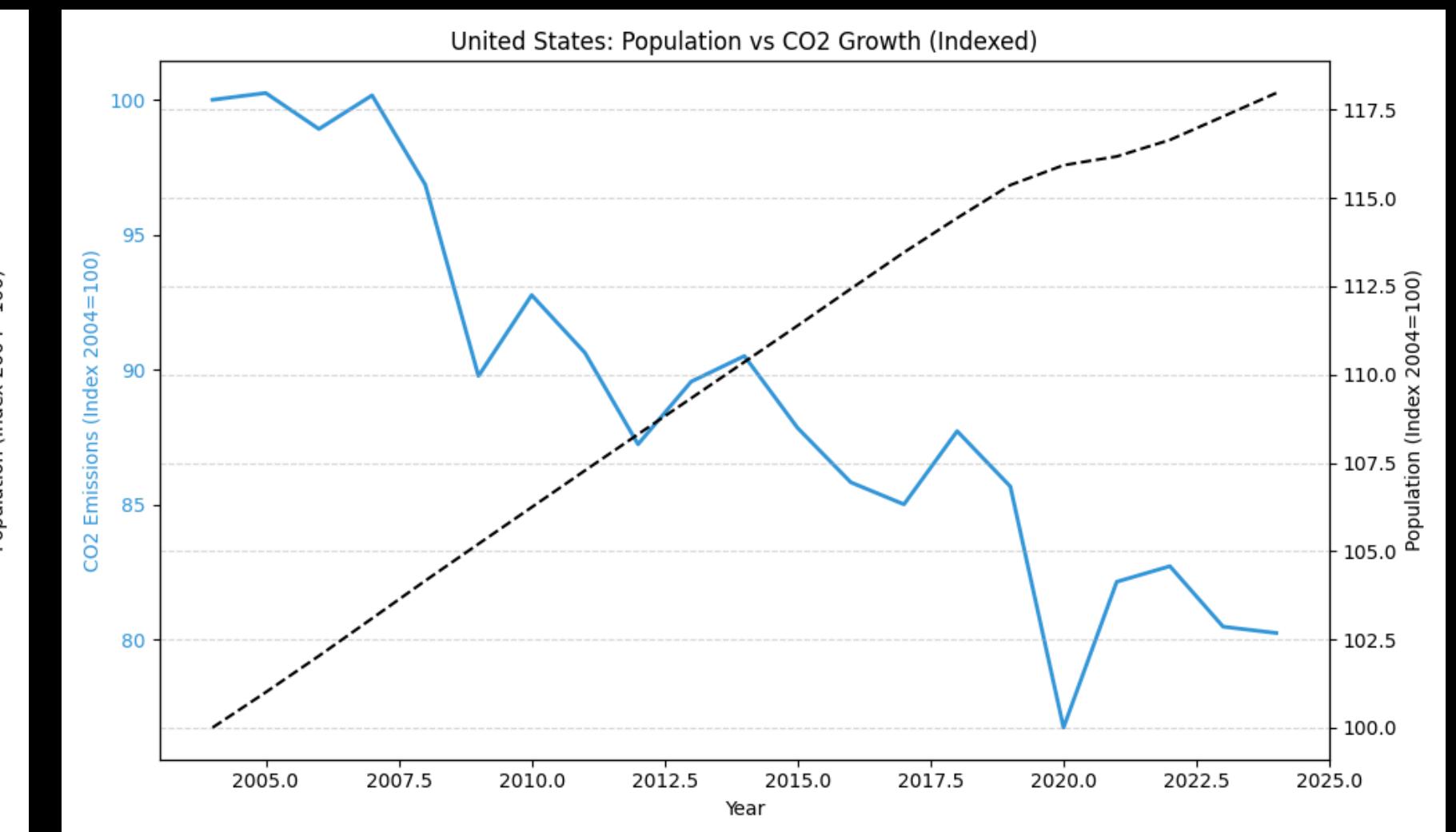
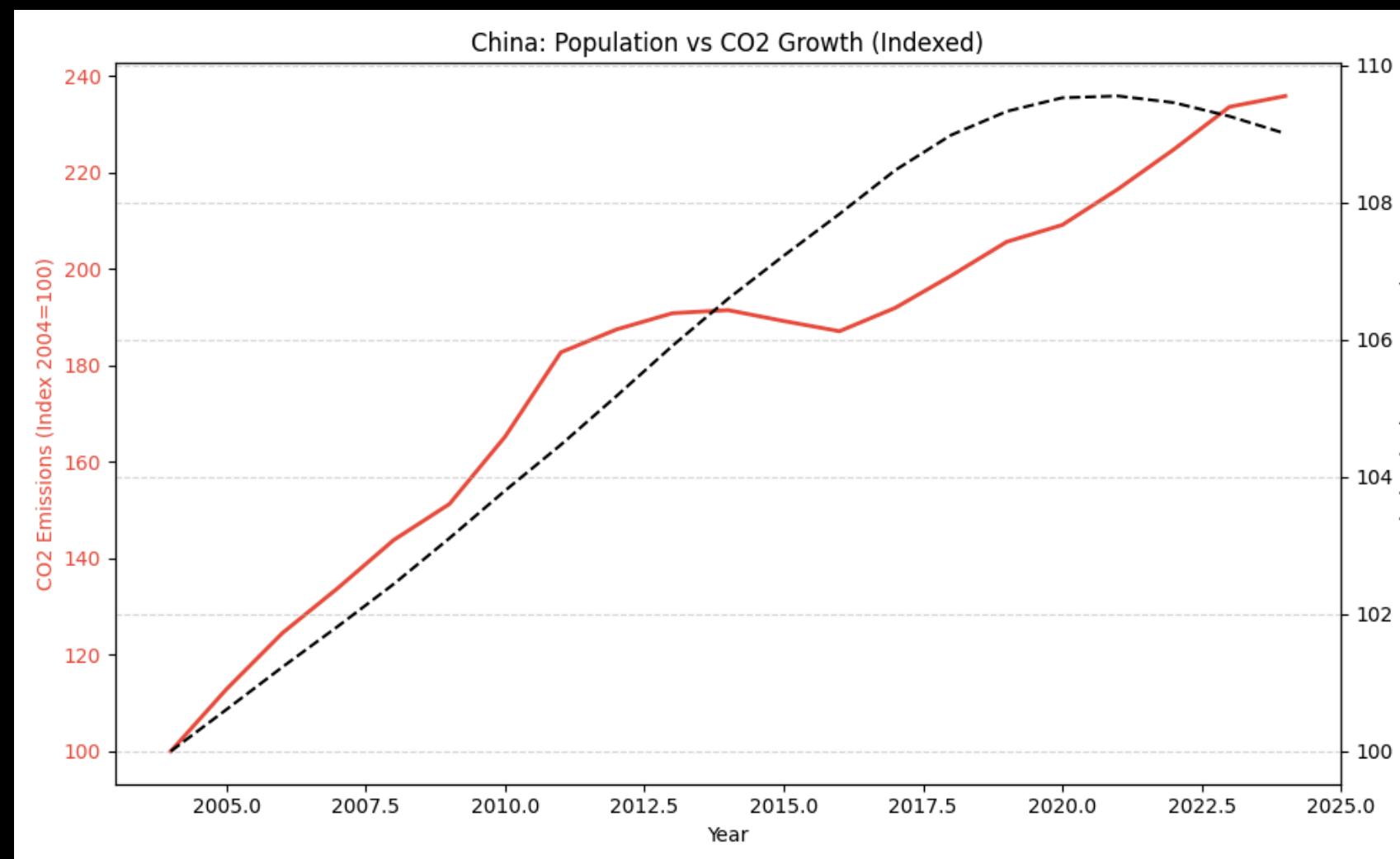
- Amerika Birlesik Devletleri: ~15 ton CO2/kisi (buyuk ekonomiler arasında en yüksek)
- Rusya: ~12 ton CO2/kisi
- Almanya: ~8 ton CO2/kisi (düşük)
- Çin: ~8 ton CO2/kisi (artık AB ortalamasını aşıyor)
- Türkiye: ~5 ton CO2/kisi
- Hindistan: ~2 ton CO2/kisi (en düşük, kalkınma aşamasını yansıtmaktadır)

Politika Etkileri:

Kisi basi emisyonlardaki geniş eşitsizlik, iklim azaltımında adil yük paylaşımı hakkında önemli sorular ortaya koymaktadır.

Demografik Dinamikler ve Emisyonlar

Nufus buyumesi ve emisyonlar arasindaki iliski, farkli kalkinma modellerini ve politika secimlerini yansitarak ulkeler arasında dramatik olarak degismektedir:



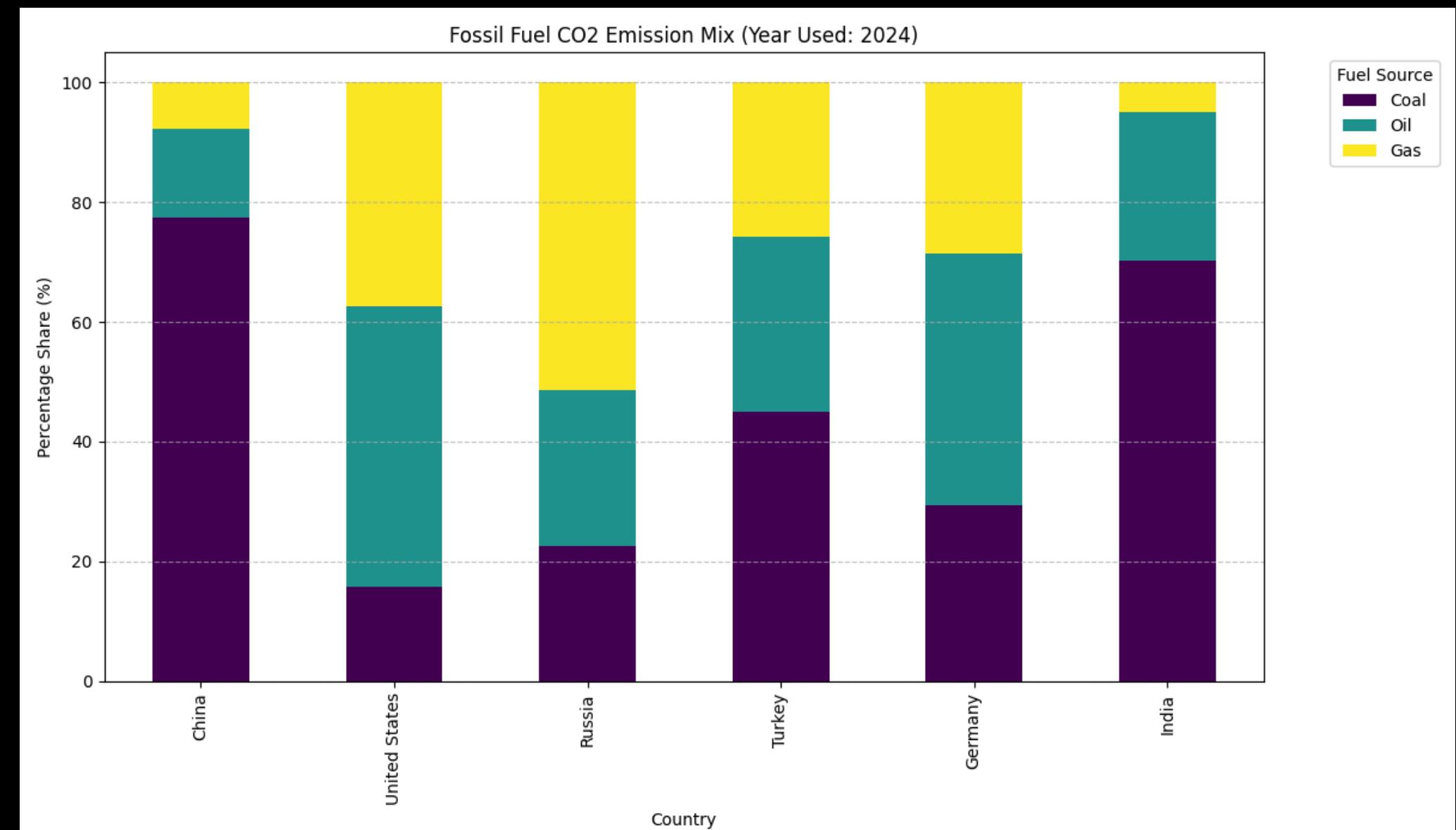
Enerji Karmaşımı ve Karbon

Fosil yakit tüketiminin bilesimi, azaltım stratejilerini bilgilendiren farklı enerji profillerini ortaya koymaktadır:

Kömür-Baskın Ülkeler (Çin, Hindistan):
Kömür en büyük emisyon kaynağını temsil etmektedir (fosil CO₂'nin %60-70'i). Kömür endüstriyel süreçlere ve enerji üretimine derinden gomulu olduğu için bu ülkeler karbonsuzlaşmada en büyük zorlukla karşı karşıyadır. Ancak her ikisi de hızlı yenilenebilir konuslandırma görmektedir.

Yoğunluğu

FOSİL YAKIT BAĞIMLILIĞI ANALİZİ



Enerji Karmasımı ve Karbon

Petrol-Baskın Ülkeler (ABD):

Ulaşım sektörü petrol tüketimi birincil zorluktur. Elektrikli araç benimsemesi ve verimlilik standartları temel kaldırıaclardır.

Gaz-Baskın Ülkeler (Rusya):

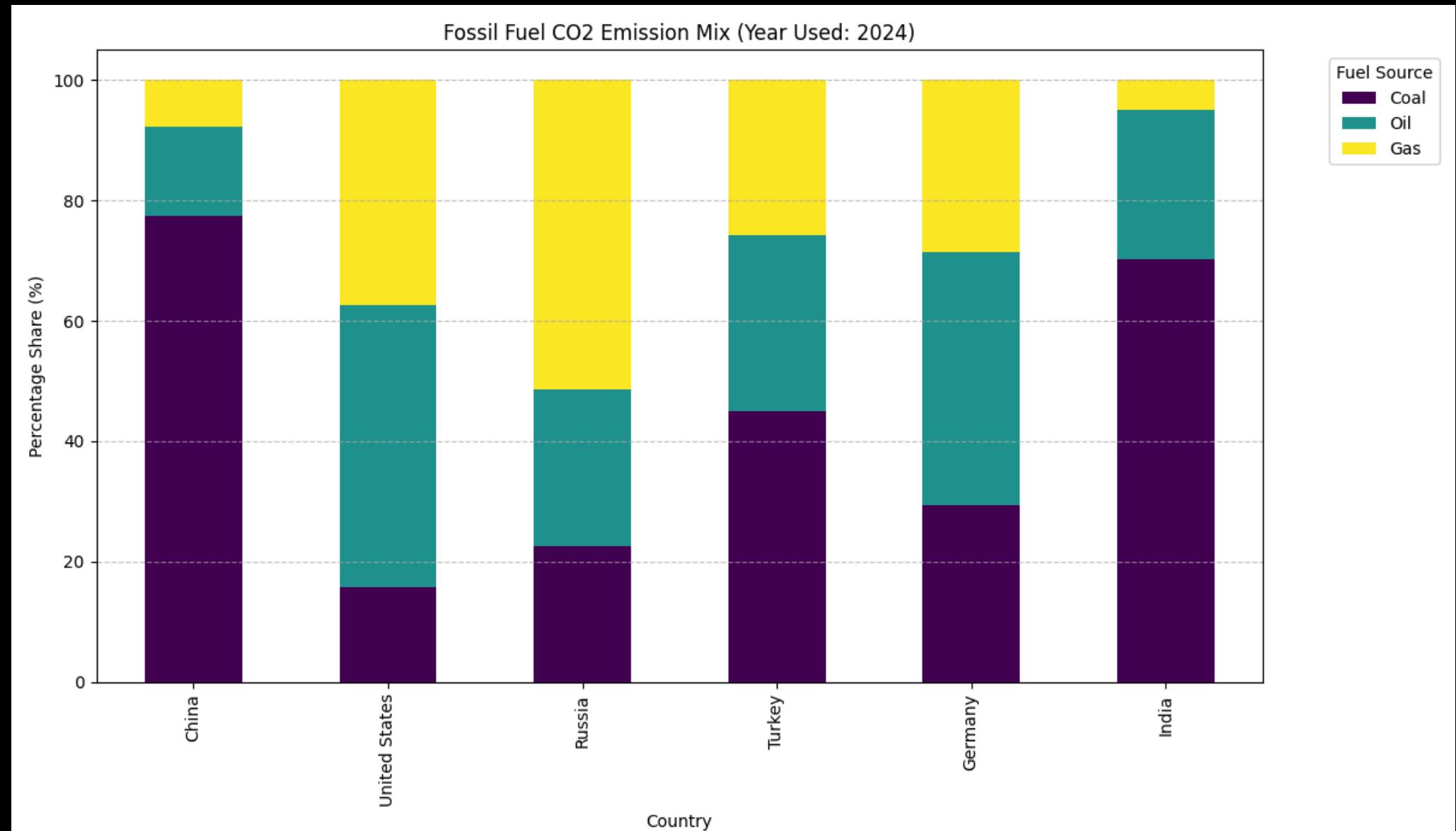
Dogalgaz, komurden daha temiz olmakla birlikte yine de önemli emisyonlar üretmektedir. Rusya'nın ekonomisi gaz ihracatına ağır olarak bağımlıdır, karmaşık tesvik yapıları oluşturmaktadır.

Karma Profiller (Almanya, Türkiye):

Bu ülkeler her üç fosil yakısı da önemli miktarlarda kullanmakta olup, enerji üretimi, sanayi, ulaşım ve ısıtmayı ele alan kapsamlı stratejiler gerektirmektedir.

Yoğunluğu

FOSİL YAKIT BAĞIMLILIĞI ANALİZİ



Enerji Karmaşımı ve Karbon

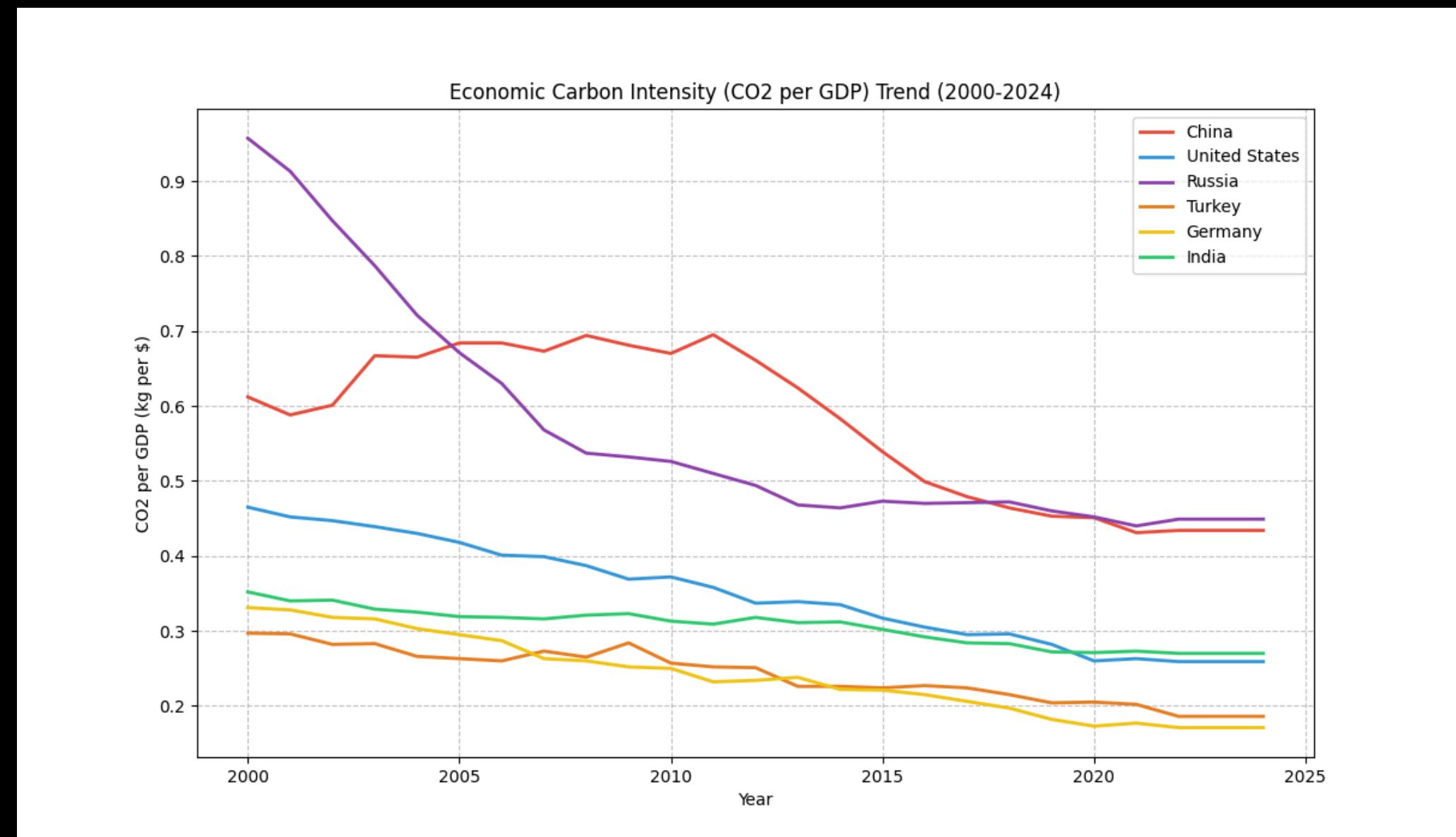
Karbon yoğunluğu (birim GSYIH basına CO₂ emisyonları) ekonomik faaliyetin 'yesiligin'i olcer. Azalan yoğunluk ekonomik buyumenin emisyonlardan basarili ayristirmasini gosterir:

Kayda Deger Trendler:

- Kuresel karbon yoğunluğu 1990'dan bu yana yaklasik %35 azalmistir
- Cin en hızlı iyilesme oranini göstermeye olup, yoğunluk büyük emisyon buyumesine rağmen %60'in üzerinde düşmestur
- Gelişmiş ekonomiler düşük, istikrarlı yoğunluk seviyelerini korumaktadir
- Enerji verimliliği ve temiz enerji konuslandırması yoluyla daha fazla yoğunluk iyileştirmeleri mümkün ve gereklidir

Yoğunluğu

KARBON YOĞUNLUĞU TRENDLERİ



Politika Önerileri

ÇİN:

- Enerji güvenliğini sağlamak için kömür enerji santrali asamalı kaldırma hızlandıracak
- Büyük yenilenebilir enerji konusunu sürdürmek (güneş, rüzgar)
- Elektrikli araç benimsmesini ve şarj alt yapısını genişletin
- Karbon pazarı mekanizmalarını ve fiyatlandırmayi güçlendirin

HINDISTAN:

- Kömür genişlemesi yerine yenilenebilir enerjiye sıçramayı önceliklendirin
- Agresif güneş ve rüzgar hedefleri uygulayın
- Biyokutle yakmayı azaltmak için temiz pisirme çözümleri geliştirin
- Yenilenebilir entegrasyonu için sebeke alt yapısına yatırım yapın

AMERİKA BİRLEŞİK DEVLETLERİ:

- Federal iklim politikasını ve emisyon standartlarını güçlendirin
- Kömür enerji santrali emekliliklerini hızlandırın
- Elektrikli araç teşviklerini ve alt yapısını genişletin
- Azaltılması zor sektörler için karbon yakalama teknolojisine yatırım yapın

Politika Önerileri

ALMANYA:

- 2030'a kadar komurden cikisi tamamlayin
- Yenilenebilir enerji kapasitesini ve sebeke ara baglantilarini genisletin
- Endustriyel uygulamalar icin yesil hidrojen gelistirin
- AB iklim politikasinda liderligi surdurun

RUSYA:

- Ekonomiyi fosil yakit ihracat bagimlilikinden cesitlendirin
- Yerli enerji verimlilligini iyilestirin (onemli potansiyel)
- Petrol ve gaz operasyonlarindan metan emisyonlarini azaltin
- Uygun bolgelerde yenilenebilir kaynaklari gelistirin

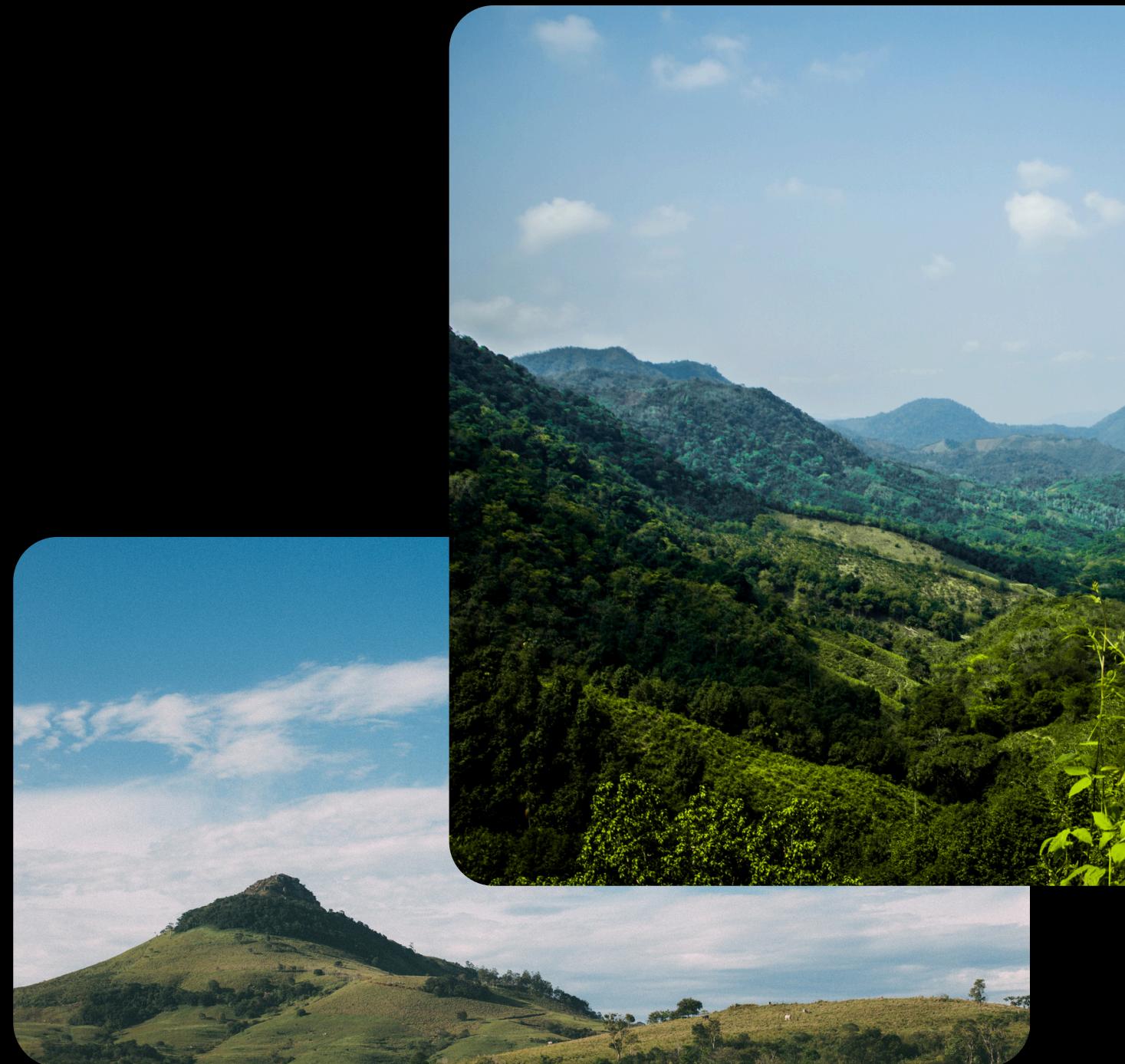
TURKIYE:

- Yerli yenilenebilir enerji gelismesini hızlandirin (mukemmel gunes/ruzgar potansiyeli)
- Enerji guvenligi icin ithal fosil yakitlara bagimliliği azaltin
- Karbon fiyatlandırma mekanizmaları uygulayin
- Bina enerji verimliliği standartlarını iyilestirin

Sonuçlar

Bu kapsamlı analiz birkac temel sonuc vermektedir:

1. Emisyonlar Artmaya Devam Ediyor: Artan farkındalık ve politika cabalarına rağmen, kuresel CO₂ emisyonları artmaya devam etmekte olup, baskınlıkla gelişmekte olan ekonomiler tarafından yönlendirilmektedir.
2. Farklı Ulusal Yonelimler: Veriler, emisyonları başarıyla azaltan gelişmiş ekonomiler (ABD, Almanya) ile hala büyümeye yasayan gelişmekte olan ekonomiler (Çin, Hindistan, Türkiye) arasında net bir bölünme ortaya koymaktadır.
3. Ayrıştırma Mumkundur: Birkac ülke, yeşil büyümeye stratejileri için kanıtsal konsept sağlayarak emisyonlar douserken ekonomik büyumenin devam edebileceğini göstermektedir.
4. Enerji Sistemi Dönüşümü Merkezidir: Analiz, özellikle kömür olmak üzere fosil yakıt yanmasının baskın emisyon kaynağı olduğunu doğrulamaktadır.



Sonuçlar

Bu kapsamlı analiz birkac temel sonuc vermektedir:

5. Tahmine Dayalı Modeller Planlama Degeri Saglar: Tahminler belirsizlik tasimasına rağmen, zaman güvenli modelleme yaklaşımları politika planlaması için yararlı rehberlik sağlayabilir.
6. Gorselleştirme Anlayısı Artırır: Interaktif 3D gorselleştirmeler karmaşık emisyon verilerini daha geniş kitlelere erişebilir kılmaktadır.

İklim eylemi aciliyeti bu analiz boyunca vurgulanmaktadır. Temiz enerji konusundanızı hızlandırmak, verimliliği iyileştirmek ve fosil yakıtları asamali olarak kaldırmak için koordineli kuresel çabalar olmaksızın, emisyon trendleri iklim değişikliği etkilerini artırılastırmaya devam edecektir.



-
- 1. Our World in Data - CO2 ve Sera Gazi Emisyonları Veri Seti
Ritchie, H., Roser, M., & Rosado, P. (2024)
<https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>
 - 2. Kuresel Karbon Projesi - Yillik Karbon Butcesi Raporlari
Friedlingstein ve ark. (2023)
<https://www.globalcarbonproject.org/>
 - 3. IPCC Altinci Degerlendirme Raporu (AR6)
Hukumetlerarasi Iklim Degisikligi Paneli (2021-2023)
 - 4. Uluslararası Enerji Ajansi - Dünya Enerji Görünümü IEA (2024)
 - 5. Dünya Bankası Kalkınma Göstergeleri Veritabanı
<https://data.worldbank.org/>

Kaynaklar ve Veri Kaynakları

THANK YOU FOR YOUR ATTENTION

