

Material Efficiency, Energy Efficiency, and Rebound Effect: A Stochastic Frontier Analysis

MSc ELİF ERKARA (ESOGU)

MSc BETÜL MERT (ESOGU)

PhD TUĞBA AKDOĞAN (ESOGU)

ASST. PROF. DR. SEDAT ALATAŞ (NRU-HSE)

ASST. PROF. DR. BURCU HIÇYILMAZ (ADU)

PROF. DR. ETEM KARAKAYA (ESOGU)

Sunum Planı



ÇALIŞMANIN AMACI



**CO2 EMİSYONLARI,
MALZEME VE ENERJİ
İLİŞKİSİ**



MODEL KURGUSU



BULGULAR



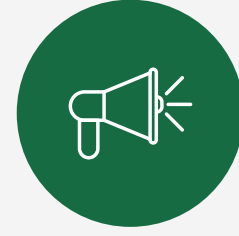
SONUÇ

Bu çalışma “Malzeme Talebi ve Malzeme Verimliliğinin Sürdürülebilirlik Açısından Analizi: Ülkeler Arası Karşılaştırmalı Bir Analiz ve Türkiye için Değerlendirmeler” başlıklı 221K082 numaralı TÜBİTAK projesi kapsamında hazırlanmıştır ve TÜBİTAK tarafından desteklenmektedir.

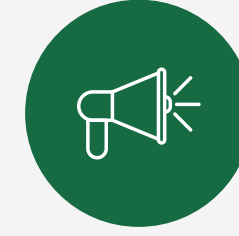
Çalışmanın Amacı



Malzeme ve enerji talebinin temel belirleyicilerinin tespit edilmesi ve ülkelerin verimlilik performanslarının ölçülmesi



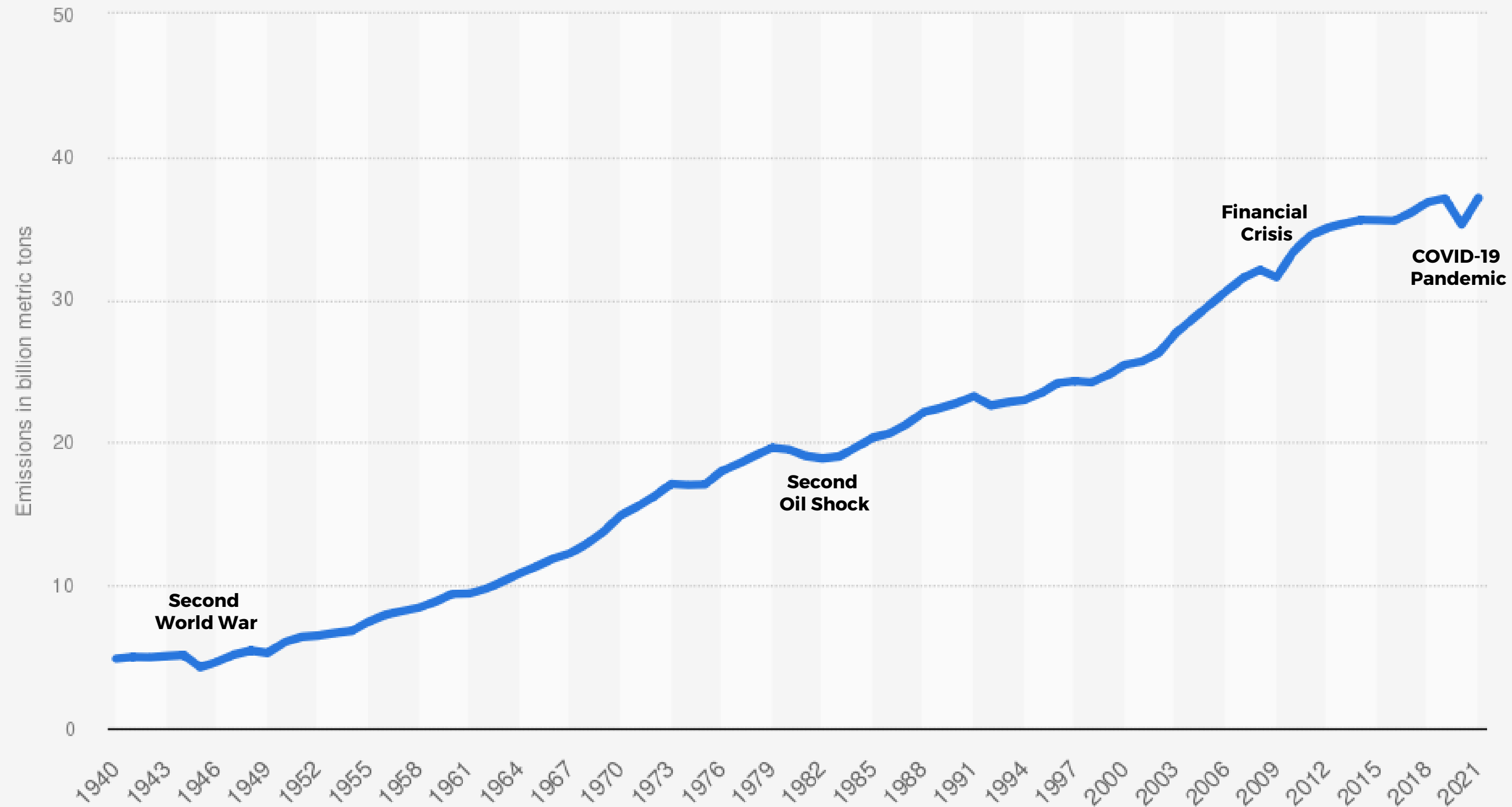
Rebound etkisinin büyüklüğünün ölçülmesi ve ana belirleyicilerinin analiz edilmesi



Bulgular sonucunda malzeme ve enerji verimliliğinin emisyon azaltımına potansiyel katkıları bağlamında tartışılması

Yıllar itibariyle CO2 Emisyonları

Annual carbon dioxide (CO) emissions worldwide from 1940 to 2021 (in billion metric tons)



Sources

Global Carbon Project; Expert(s) (Friedlingstein et al. (2022))

© Statista 2023

Additional Information:

Worldwide; Global Carbon Project; Expert(s) (Friedlingstein et al. (2022)); 1940 to 2021

Çözüm: İklim Değişikliği İle Mücadele



Paris İklim Anlaşması



**Azaltım Taahhütleri ve İklim
Politikaları**

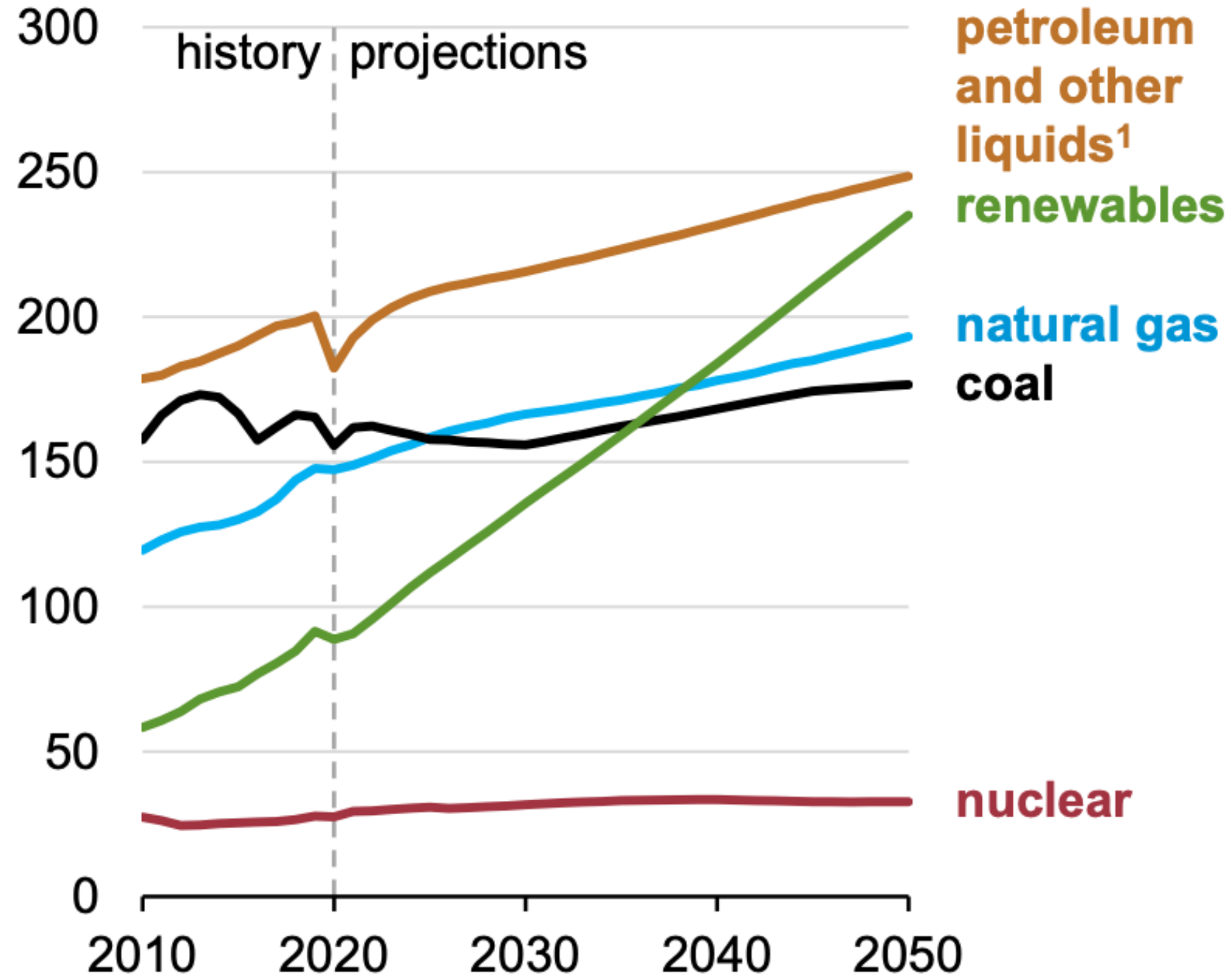


Malzeme ve Enerji Verimliliği

Küresel Enerji Tüketimi

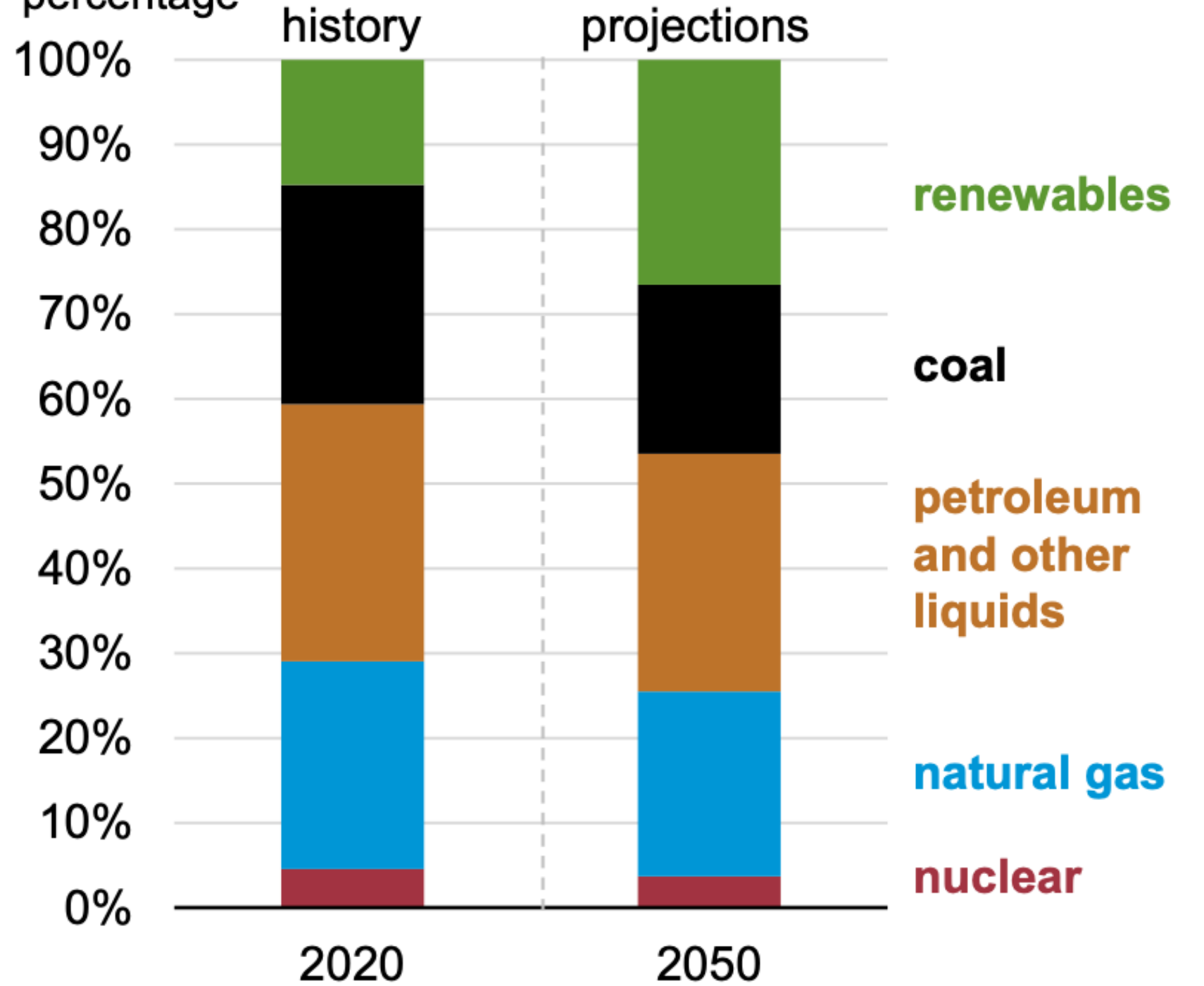
Primary energy consumption by energy source, world

quadrillion British thermal units



Share of primary energy consumption by source, world

percentage



¹ includes biofuels

Malzeme tüketimi neden önemli?



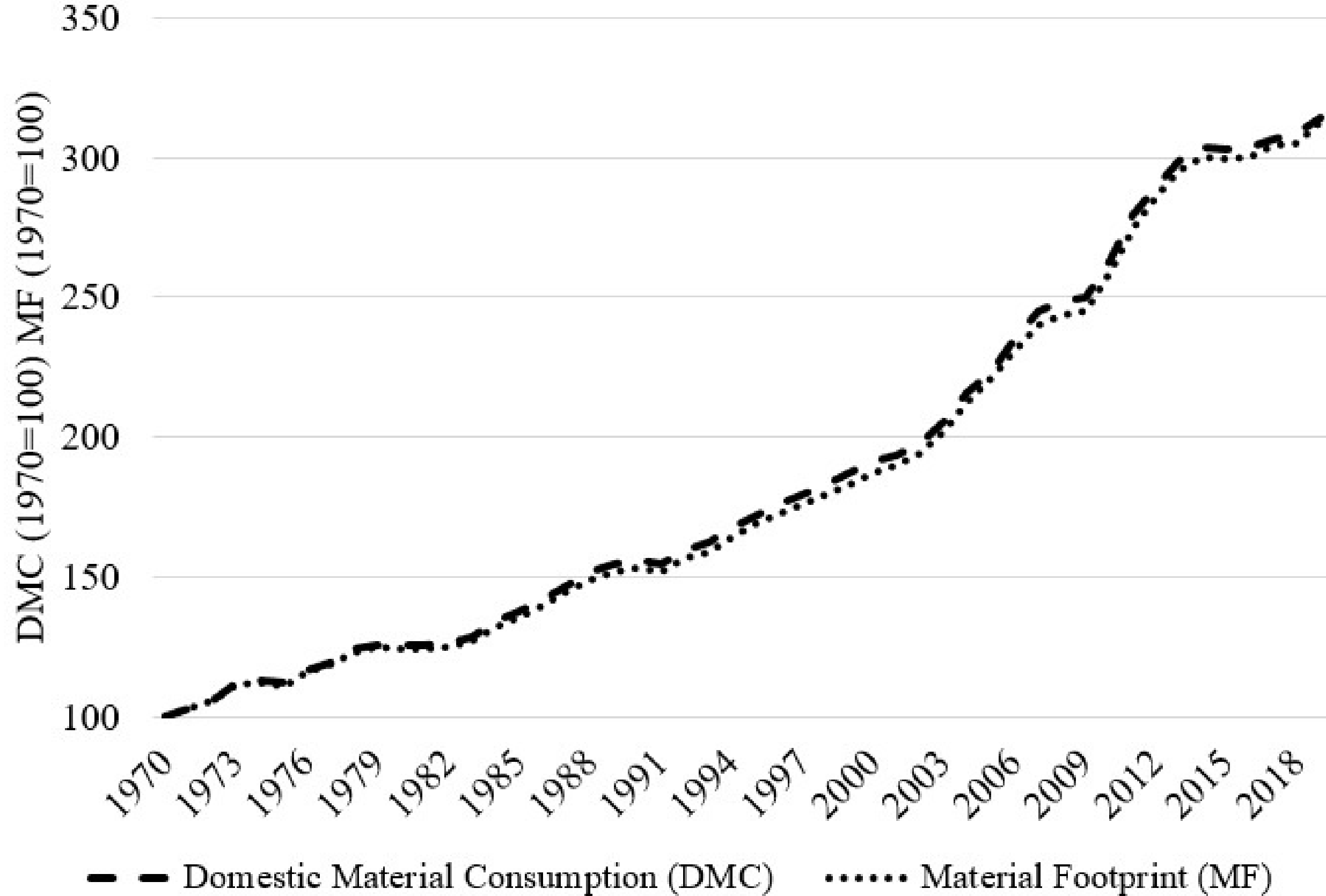
OECD, küresel malzeme tüketiminin 2011 yılına kıyasla 2060 yılında iki katına çıkacağını tahmin ediyor. 20. yüzyılın enerji hedefi petrol ve gaza erişimle ilgiliyse, 21. yüzyıl da malzemelere erişimle ilgili olacak.

Elektrik sağlamak için kullanılan tüm santraller, demir-çelik, alüminyum, çimento gibi karbon salınımı oldukça yüksek malzemeler ile kuruluyor.

Hammadde arzı bu artan talebe hızlı bir şekilde cevap veremeyebilir ve bu da temiz enerjiye geçişi yavaşlatabilir.

Ayrıca, malzemelere yönelik artan talep bedava değil, çevresel maliyetle geliyor. IRP (2020) raporuna göre, malzemelerin üretiminden kaynaklanan sera gazı emisyonları miktarı 1995'ten bu yana 2 kattan fazla artmıştır.

Küresel Yurtiçi Malzeme Tüketimi (DMC)



Peki ne yapılmalı?

Sadece enerji verimliliği yeterli değil, enerji verimliliğinden daha fazlasına ihtiyacımız var!



IEA (2021), malzeme verimliliğini, malzeme talebini azaltan veya daha düşük emisyonlu malzemelere veya üretim rotalarına geçiş yapan stratejiler olarak tanımlar.



Emisyonları azaltma çabaları büyük ölçüde enerji sistemleri etrafında toplanmaktadır (UNEP, 2022).



Ülkelerin enerji verimliliği performansı, küresel iklim ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için gereken seviyenin çok altında olup, enerji verimliliğindeki küresel gelişmelerin 2015'ten bu yana gerilediğini göstermektedir (IEA, 2020).

Rebound Etkisi

Geri tepme (rebound) etkisi, malzeme verimliliğini tahmin ederken dikkate alınması gereken çok önemli bir faktördür.

Temel mekanizması şu şekilde işler:
Girdi verimliliği sağlanır, üretimde daha az girdi ile aynı/daha fazla çıktı elde edilebilir hale gelinir, girdinin fiyatı düşer, fiyatı düşen girdiye talep yeniden artar!

Bu döngü sağlanan verimliliğin baltalanmasına yol açar: Başlanılan noktaya geri dönmüştür. Sağlanan verimlilik sonucu ortaya çıkan ikame ve fiyat etkileri emisyon artışına katkı sağlanacak başka bir kanal kullanılmasına neden olacaktır.

Rebound Etkisi Çeşitleri

$$R > 1$$

Backfire

$$R = 1$$

Full rebound

$$0 < R < 1$$

Partial rebound

$$R = 0$$

Zero rebound

$$R < 0$$

Super-conservation



Amjadi et al. (2018)'de belirtildiği gibi, girdi verimliliğindeki bir iyileşmeye super-conversation tepkisi son derece mantıksızdır. Bununla birlikte, bu çalışmadaki herhangi bir geri tepme etkisi, "kısmi" bir geri tepme etkisi anlamına gelir.

Peki rebound etkisi nasıl ölçülür?

Stokastik Sınır Analizi (SFA)



Literatürde, geri tepme etkisini hesaplamamanın çeşitli yolları vardır. Bunlardan biri geri tepme etkisini analiz etmek için SFA yöntemini ve bunu ölçmek için eş zamanlı modeli kullanır.

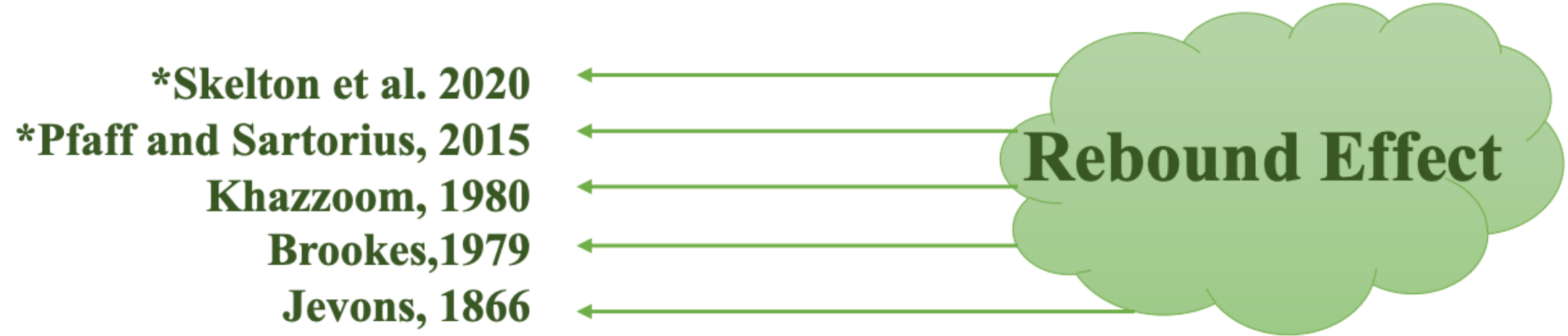


SFA'nın arkasındaki temel teorik fikir, hiçbir ülkenin geçemeyeceği ideal bir sınır olduğudur. Bu nedenle, bu ideal durumdan sapmalar, ülkelerin bireysel girdi verimsizliğini ölçer.



Başka bir deyişle, nispeten verimli ülkeler sınırda (veya yakınında) bulunurken, sınırdan daha fazla uzaklık daha fazla verimsizliği ifade eder. Bu bağlamda, malzeme kullanımı açısından bakıldığında, bir ülkenin malzeme verimliliği puanı bir ise, bu ülke tam malzeme verimli olarak kabul edilir. Ancak sıfıra yakın çıkması o ülkede malzemelerin verimli kullanılmadığını gösterir.

Literatür



Model Kurgusu

Dataset

Description	Abbr.	Source
Gross domestic product (constant 2015\$)	GDP	World Bank Development Indicators
Gross domestic product (per capita constant 2015\$)	GDP_PERC	World Bank Development Indicators
Population (total)	POP	World Bank Development Indicators
Land area (km ²)	AREA	World Bank Development Indicators
Industry, value added (% of GDP)	ISH	World Bank Development Indicators
Services, value added (% of GDP)	SSH	World Bank Development Indicators
Trade openness (% of GDP)	TO	World Bank Development Indicators
Domestic material consumption (t)	DMC	IRP Global Material Flows Database
Energy consumption (TWh)	EC	BP Statistical Review of World Energy
Carbon intensity (CO2/GDP)	CO_EXC	International Energy Agency
Real energy price (2016=100)	EP	World Bank Commodity Price Data
Real material price (2016=100)	MP	World Bank Commodity Price Data

Stokastik Girdi Talep Sınır Modeli

$$\ln EC_{it} = \alpha_0 + \beta_1 \ln GDP_{it} + \beta_2 \ln POP_{it} + \beta_3 \ln AREA_t + \beta_4 \ln ISH_{it} + \beta_5 \ln SSH_{it} + \beta_6 \ln EP_{it} + \beta_7 \ln DMC_{it} + \beta_8 \ln TO_{it} + \beta_9 t + [1 - R(\lambda' Z_{it})] + v_{it} + u_{it}$$

$$\ln DMC_{it} = \alpha_0 + \beta_1 \ln GDP_{it} + \beta_2 \ln POP_{it} + \beta_3 \ln AREA_t + \beta_4 \ln ISH_{it} + \beta_5 \ln SSH_{it} + \beta_6 \ln MP_{it} + \beta_7 \ln EC_{it} + \beta_8 \ln TO_{it} + \beta_9 t + [1 - R(\lambda' Z_{it})] + v_{it} + u_{it}$$

Rebound Belirleyicileri

$$EC\lambda'Z_{it} = \lambda_{GDP_P}\ln GDP_P_{it} + \lambda_{EP}\ln EP_{it} + \lambda_{CO}\ln CO_EXC_{it} + \lambda_{ISH}\ln ISH_{it} + \lambda_T\ln T$$

$$DMC\lambda'Z_{it} = \lambda_{GDP_P}\ln GDP_P_{it} + \lambda_{MP}\ln MP_{it} + \lambda_{CO}\ln CO_EXC_{it} + \lambda_{ISH}\ln ISH_{it} + \lambda_T\ln T$$

Bulgular

Tahmin Sonuçları - Energy Consumption

Frontier

Variables	lnEC
lnGDP	1.126***
lnPOP	-0.145***
lnAREA	0.180***
lnISH	-0.259***
lnSSH	0.026
lnEP	-0.061***
lnTO	-0.025
lnDMC	-0.003
trend	-0.021***
constant	-29.003***

Gamma

Variables	lnEC
lnGDP P	0.196***
lnEP	-0.048***
lnCO	-0.477***
lnISH	-0.166***
trend	-0.016***

***p<0.01 **p<0.05 *p<0.1

Tahmin Sonuçları - Domestic Material Consumption

Frontier

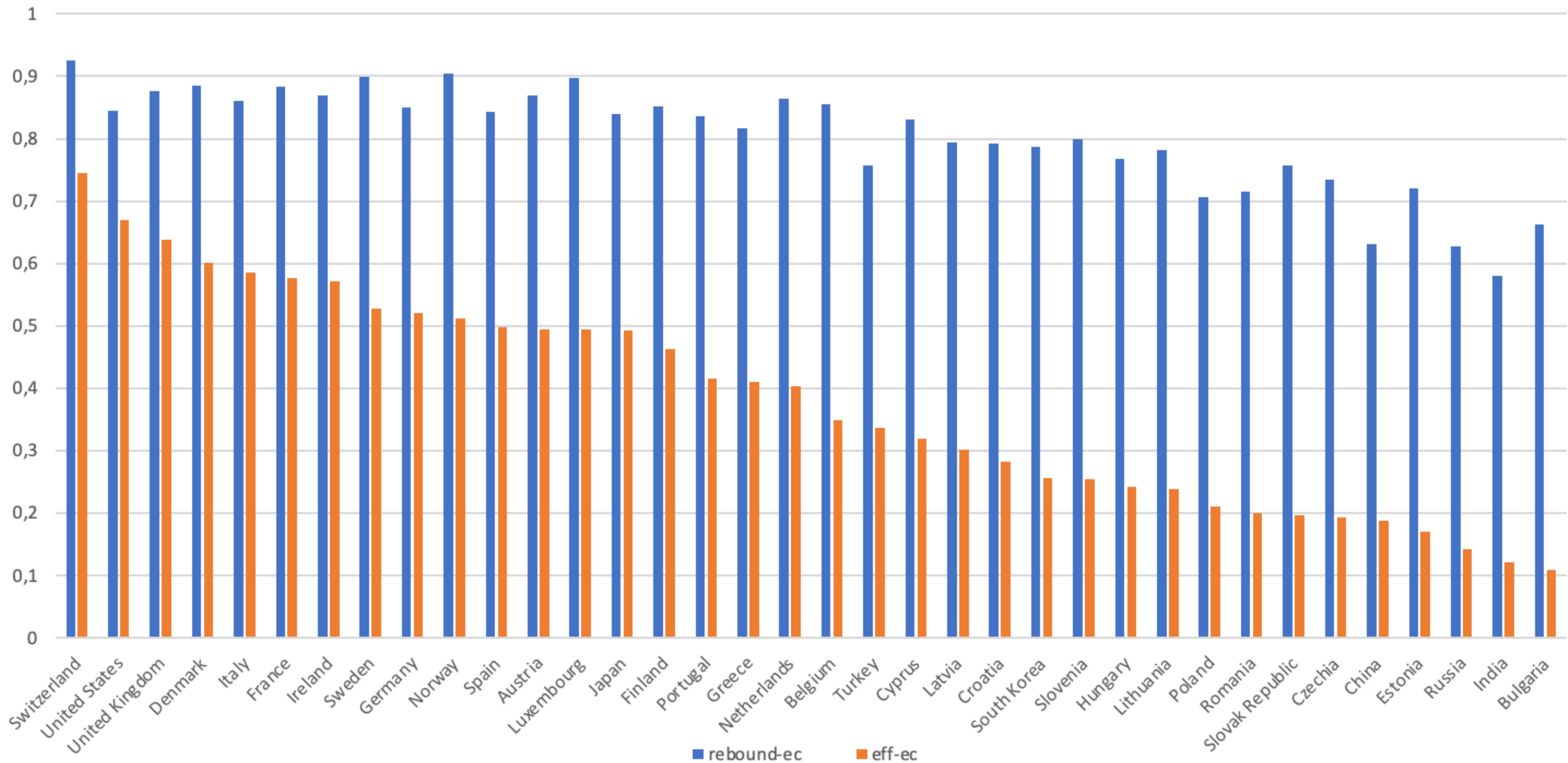
Variables	lnDMC
lnGDP	1.181***
lnPOP	-0.692***
lnAREA	0.343***
lnISH	-0.349***
lnSSH	-0.514***
lnMP	0.127***
lnTO	-0.186***
lnEC	-0.07
trend	0.002
constant	-3.096***

Gamma

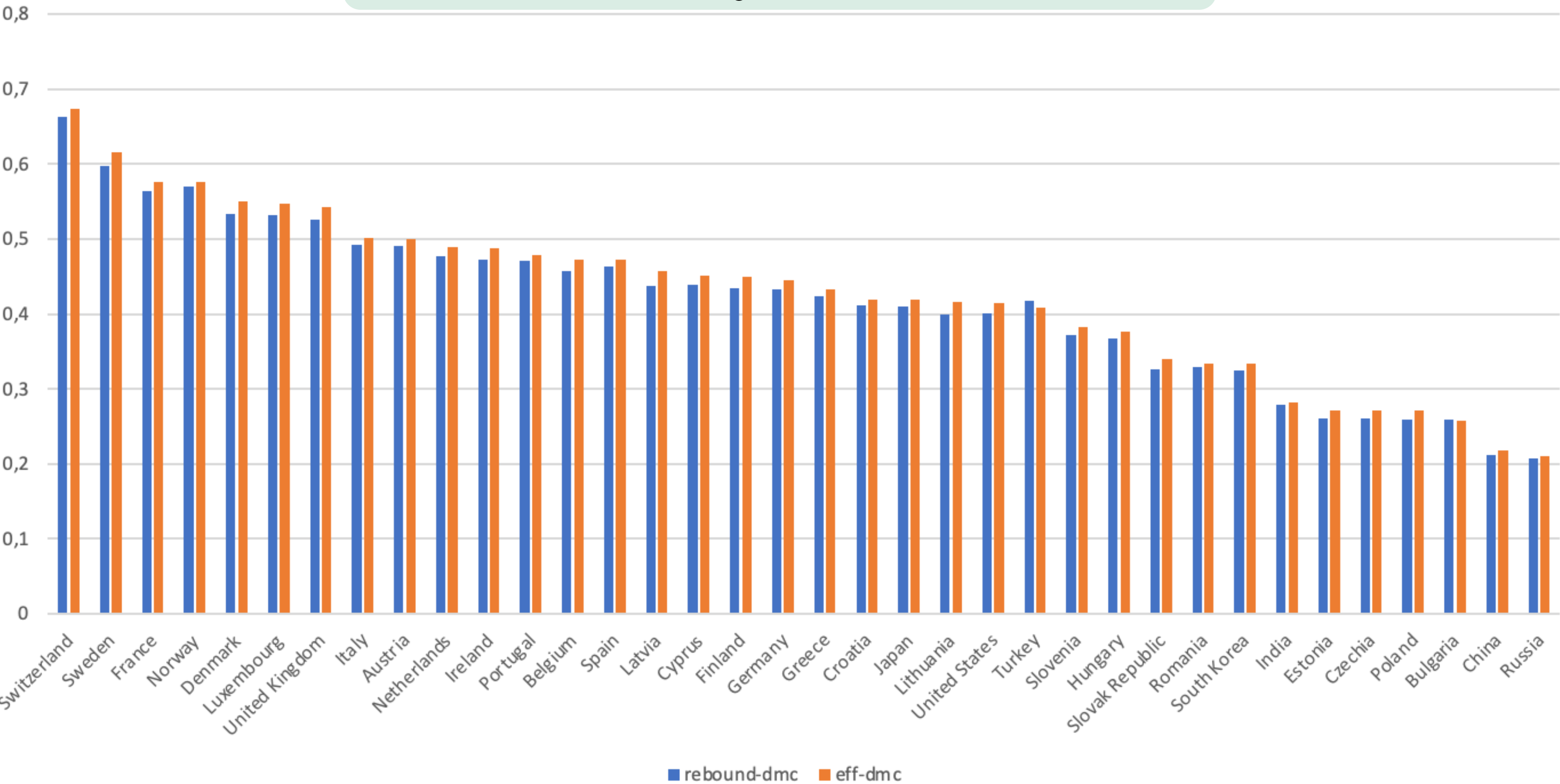
Variables	lnDMC
lnGDP P	-0.094
lnMP	0.185***
lnCO	-0.776***
lnISH	-0.394***
trend	0.008***

***p<0.01 **p<0.05 *p<0.1

Energy Efficiency and Rebound Effect



Material Efficiency and Rebound Effect



SONUÇ



Ülkelerin enerji reboundları malzeme rebound değerlerinden her zaman daha yüksektir. **Bizim hipotezimiz şuydu:** Malzeme verimliliği göz ardı edilen bir konu. Ama bulgular potansiyeli ortaya koyuyor.



Ülkelerin şimdiye kadar malzemeyle ilgili emisyon azaltma çabalarının yetersiz kaldığı göz önüne alındığında, malzeme verimliliği ve döngüsellik stratejilerine odaklanarak kazanılacak daha fazla alan olduğunu iddia etmek mantıklıdır.



Ülkeler enerji bağlamında gerekli yolu katetmişler. Ama rebound nedeniyle bu emisyon azaltımı konusunda bir katkı sağlamıyor. Malzeme verimliliğinin sağlanması acilen odaklanılması gereken bir meseledir.



Girdi olarak büyük ölçüde malzemeye dayanan sanayide, bunu yapmanın zor ve pahalı olduğu düşünüldüğünden, emisyon azaltımları yakın zamana kadar fark edilmemişti. Bununla birlikte, endüstrinin karbondan arındırılması, net sıfır hedeflerine ulaşmak için temel bir görevdir. Sanayide malzeme talebini azaltmak, yalnızca malzemeyle ilgili emisyonları azaltmakla kalmayacak, aynı zamanda daha verimli enerji kullanımı yoluyla sektörün rekabet gücünü de artıracaktır.



Malzeme konusunda rebound değerleri düşük olmakla beraber verimlilik skorları da düşük. Verimlilik arttırılmalı ama bu gerçekleştirilirken rebound ile arasındaki doğrusal ilişki kırılmalıdır. Enerji iyileştirmelerinde yapılan hatalar tekrarlanmamalıdır.



Malzemelerin tüm yaşam döngüsü boyunca geri dönüşüm, yeniden üretim, yenileme ve yeniden kullanım gibi malzeme verimliliği ve döngüsel ekonomi stratejilerinin uygulanması çok önemlidir. Bu tür temiz üretim ve tüketime geçiş, önemli miktarda yatırım ve teknolojik gelişmeler ile tutarlı ve kapsamlı politikalar gerektirecek ve bu nedenle güçlü bir kamu desteği gerektirmektedir.

**DİNLEDİĞİNİZ İÇİN
TEŞEKKÜRLER.**



İletişime

Geçin:

ELİF ERKARA

E-posta

 Meliferkara.ee@gmail.com

Sosyal Medya

 <https://www.linkedin.com/in/elif-erkara-28b6b41b5/>

221K082 Proje Web Sitesi

 <https://lessmaterial.ogu.edu.tr/Home/Index>