



# BULLETIN OF ECONOMIC THEORY AND ANALYSIS

Journal homepage: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/beta>

## Avrupa Birliği'nde Hanehalkı Emisyonlarındaki Değişimin Temel Belirleyicilerinin Etkisini Anlamak: İndeks Ayırıştırma Analizi

Burcu HİÇYILMAZ  <https://orcid.org/0000-0003-3501-2012>

**To cite this article:** Hiçyılmaz, B. (2024). Avrupa Birliği'nde Hanehalkı Emisyonlarındaki Değişimin Temel Belirleyicilerinin Etkisini Anlamak: İndeks Ayırıştırma Analizi. *Bulletin of Economic Theory and Analysis*, 9(1), 113-144.

**Received: 08 Sep 2023**

**Accepted: 27 Oct 2023**

**Published online: 29 Feb 2024**



©All right reserved



## *Bulletin of Economic Theory and Analysis*

Volume 9, Issue 1, pp. 113-144, 2024

<https://dergipark.org.tr/pub/beta>

Original Article / Araştırma Makalesi

Received / Alınma: 29.09.2023 Accepted / Kabul: 13.12.2023

### **Avrupa Birliği'nde Hanehalkı Emisyonlarındaki Değişimin Temel Belirleyicilerinin Etkisini Anlamak: İndeks Ayrıştırma Analizi**

Burcu HİÇYILMAZ<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Dr. Öğretim Üyesi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Aydın, TÜRKİYE

<https://orcid.org/0000-0003-3501-2012>

#### **ÖZ**

Sektörel faaliyetler ve hanehalkı faaliyetleri, insan faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının ana etkenleridir. Yine de hanehalkı emisyonları sıklıkla göz ardı edilmekte ve uyumlu bir çaba gösterilememektedir. Ancak küresel iklim azaltımına ve net sıfır hedefine ulaşmak için hanehalkı emisyonlarının azaltılması gerekmektedir. Bu çalışmada emisyon azaltımında öncü olan Avrupa Birliği'ndeki 27 ülkede hanehalklarının faaliyetlerinden kaynaklanan emisyonlardaki değişimin incelenmesi amaçlanmıştır. Logaritmik Ortalama Divisia Endeksi (LMDI) yöntemi, çalışmada dört ana etkiye (emisyon yoğunluğu, enerji yoğunluğu, tüketim, nüfus) ayrılan hanehalkı emisyonlarındaki değişimi analiz etmek için kullanılmaktadır. Elde edilen bulgular, AB-27 ülkelerinin çoğunda, emisyon yoğunluğu ve enerji yoğunluğu faktörlerinin emisyonları azaltıcı etkide bulunduğunu, harcama etkisi ve nüfus etkisi faktörlerinin ise emisyonları artıran ve hanehalklarının emisyon azaltım performansını olumsuz etkileyen iki temel etken olduğunu göstermektedir. Hanehalkının kişi başına nihai tüketiminin emisyonları artırdığı böyle bir durumda, tüketici davranışını yönlendirmeye odaklanan müdahaleler tercih edilebilir. Sonuç olarak sürdürülebilir tüketim alışkanlıklarını teşvik eden, düşük karbonlu ürünlere erişimi teşvik eden programların ve benzeri politikaların AB-27 ülkeleri için uygun politika uygulamaları olacağı sonucuna varılmıştır.

#### **Anahtar Kelimeler**

Hanehalkları,  
Sera Gazı  
Emisyonları, Avrupa  
Birliği, İndeks  
Ayrıştırma Analizi,  
LMDI

#### **JEL Kodu**

Q53, R20, C19

**İLETİŞİM** Burcu HİÇYILMAZ ✉ [burcu.yilmaz@adu.edu.tr](mailto:burcu.yilmaz@adu.edu.tr) ☎ Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Aydın, TÜRKİYE

## Understanding the Impact of the Key Determinants of Change in Household Emissions in The European Union: Index Decomposition Analysis

### ABSTRACT

Sectoral and household activities are the main drivers of greenhouse gas emissions caused by human activity. Still, household emissions are often overlooked and no concentrated effort is undertaken. However, in order to achieve global climate mitigation and the net zero target, household emissions must be reduced. This study intends to investigate the change in emissions caused by household activities in 27 countries of the European Union, which is a pioneer in emission reduction. In the study, the Log Mean Divisia Index (LMDI) approach is employed to analyse changes in household emissions, which are separated into four major impacts (emission intensity, energy intensity, consumption, and population). The findings show that in most EU-27 countries, emission intensity and energy intensity factors reduce emissions, whereas consumption effect and population effect factors increase emissions and negatively affect household emission reduction performance. In such a case, where final consumption by households per capita increases emissions, interventions focused at guiding consumer behaviour would be preferable. As a result, it is concluded that programmes encouraging sustainable consumption habits, providing incentives for access to low-carbon items, and other similar policies will be appropriate policy practises for EU-27 countries.

### Keywords

Households, Greenhouse Gas Emissions, European Union, Index Decomposition Analysis, LMDI

### JEL Classification

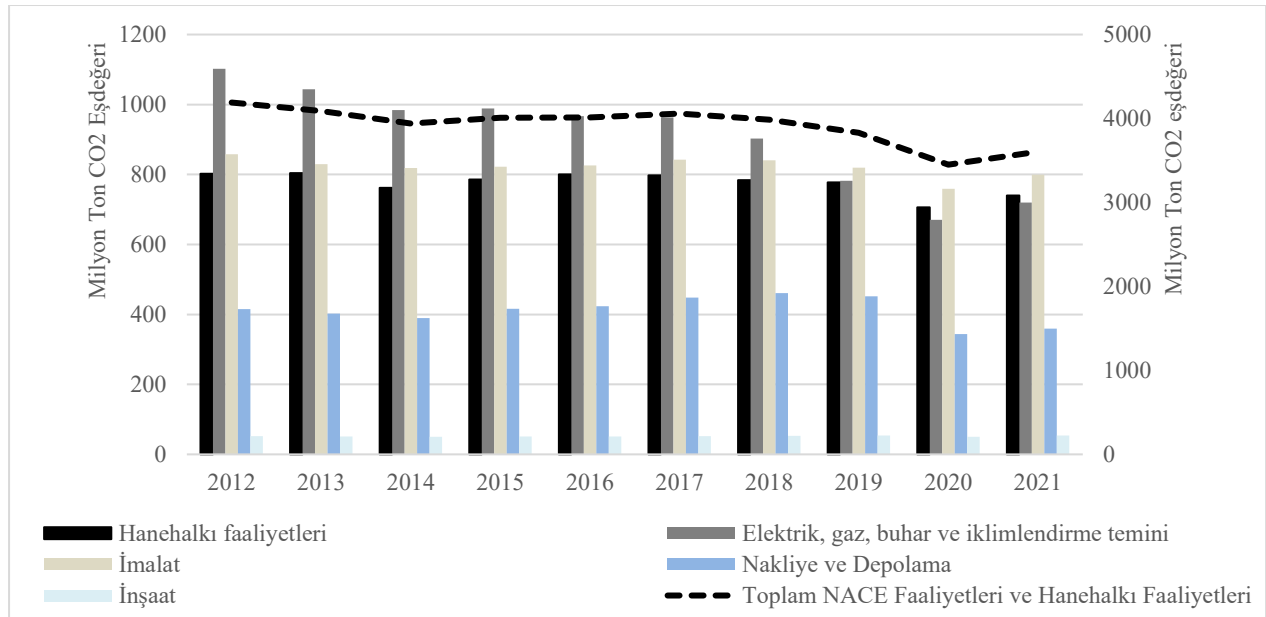
Q53, R20, C19

### 1. Giriş

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2023) İklim Değişikliği Sentez Raporuna göre insan faaliyetlerinin neden olduğu sera gazı emisyonları nedeniyle yeryüzünün sıcaklığı 2011-2020 döneminde, 1850-1900 döneminin 1.1°C üzerine çıkmıştır. Küresel ısınma anlamına gelen bu gelişme, sürdürülebilir olmayan enerji kullanımı, malzeme kullanımı, doğal kaynak kullanımı gibi bazı insan faaliyetlerinin sonucudur ve atmosfer, okyanuslar, kriyosfer ve biyosferde hızlı değişimlere dolayısıyla da dünyanın her bölgesinde karşımıza çıkan hava ve iklim aşırılığına neden olmuştur. Günümüzde bu gelişmeye adaptasyon sağlama çalışmaları devam ederken, yeryüzü ısısının emisyon azaltımı ile sınırlandırılması için de çabalar aynı hızla devam etmektedir. Aynı rapora göre yerkürenin ısınmasını 1.5°C ya da 2°C ile sınırlayan tüm modellemelerde, hızlı ve acil sera gazı azaltımlarının gerekli olduğu görülmektedir. Bu senaryolarda bile, en iyi ihtimalle, küresel net sıfır karbon dioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonuna sırasıyla 2050'lerin başlarında ve 2070'lerin başlarında ulaşılabilecektir.

İnsan faaliyetlerinin neden olduğu sera gazı emisyonlarının temel kaynağını sektörel faaliyetler ve hanehalkı faaliyetleri oluşturmaktadır. Ivanova vd. (2017)'e göre Avrupa Birliği (AB) Komisyonu, üye devletleri ulusal ve uluslararası iklim değişikliği azaltım önlemlerini yerel çevre politikalarıyla birleştirmeye teşvik etmektedir, ancak, hane tüketiminden kaynaklanan sera gazı (GHG) emisyonlarının ölçülmesine yönelik çaba çok az zayıf kalmıştır. Oysa küresel iklim azaltımının başarılabilmesi için hanehalkı emisyonlarının düşürülmesi şarttır (Chen vd., 2022a).

Yıllar itibariyle çeşitli sektörlerin ve hanehalklarının sera gazı emisyonları içindeki payları ise AB'de uygulanan politikalar nedeniyle değişiklik göstermiştir. İklim değişikliği ile mücadelede öncü olan AB ülkelerinde, çeşitli sektörlerin ve hanehalklarının faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının payı yıllar itibariyle Şekil 1'de sunulmuştur.



Şekil 1. AB-27 Ülkelerinde Sera Gazı Emisyonlarının Temel Kaynakları. Eurostat (2022)'nin NACE Rev. 2 faaliyetine göre hava emisyon hesaplarından yararlanılarak çizilmiştir.

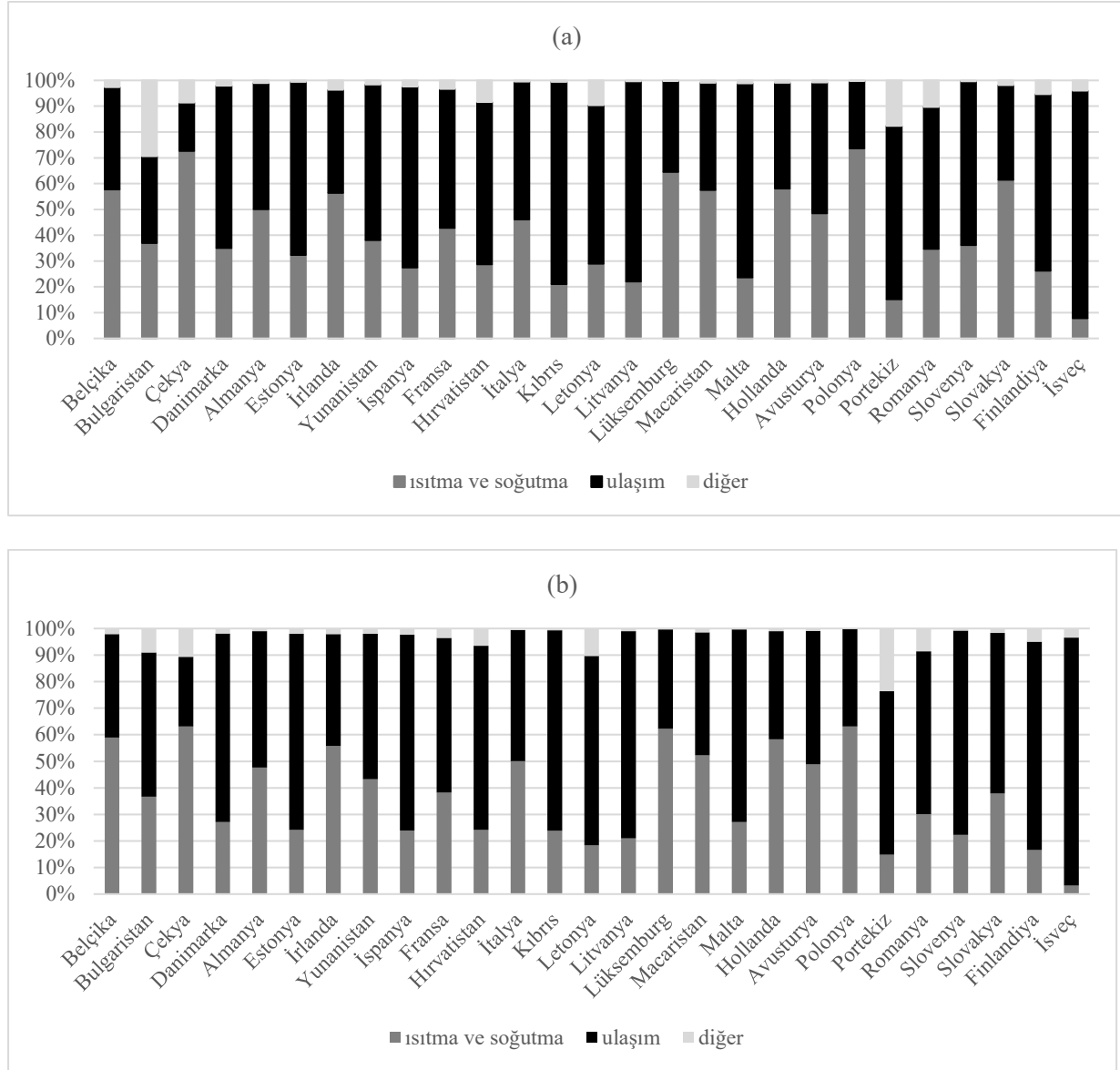
Şekilde görülen kesikli siyah çizgi, ekonomik faaliyetlerin sektörlere göre sınıflandırılmasını ifade eden NACE (Nomenclature of Economic Activities) Rev. 2'de yer alan sektör faaliyetlerinden ve buna ek olarak hanehalkı faaliyetlerinden (ısıtma ve soğutma faaliyetleri, ulaşım faaliyetleri ve diğer faaliyetler) kaynaklanan sera gazı emisyonlarının AB-27 ülkeleri için toplamını göstermektedir. Göstergenin değerleri sağ ekseninde yer almaktadır. İmalat, inşaat, elektrik, gaz, buhar ve iklimlendirme temini ve nakliye ve depolama sektörlerinin faaliyetlerinden kaynaklanan sektör bazında sera gazı emisyonları ve hanehalkı faaliyetleri kaynaklı emisyonların

değerleri ise sol ekseninde yer almaktadır. Şekilden çıkarılabilecek önemli tespitler bulunmaktadır. Buna göre ilk olarak, sera gazı emisyonlarında 2012 yılına göre 2021'de en çok azaltımın elektrik, gaz, buhar ve iklimlendirme temini sektöründe görüldüğü açıktır. Bu sonuç 2005'te uygulamaya konulan AB Emisyon Ticaret Sistemi (ETS)'nin başından beri elektrik üretimi sektörünü kapsıyor olması nedeniyle şaşırtıcı bir sonuç değildir. İkinci olarak, başlangıç yılına kıyasla 2021 yılında, AB'deki imalat sektöründe ve inşaat emisyollarının yeterince azaltılmadığı görülmektedir. Sanayinin önemli bölümünü oluşturan bu sektörlerde emisyonun düşürülememesinin önemli nedenleri bulunmaktadır. Bunlardan ilki, AB-ETS kapsamında yerli üreticileri dış ticarete rekabet dezavantajından korumak adına ücretsiz emisyon permilerinin dağıtılıyor olmasıdır. İkinci sorun ise, sanayi sektöründe emisyon azaltımlarının sağlanmasının diğer sektörlerle göre daha zor olmasından, yani sanayi sektörünün azaltım-zor (hard-to-abate) sektör olmasından kaynaklanır (Bataille, 2020; IEA, 2020).

Şekil 1'den çıkarılabilecek bir diğer sonuç ise, hanehalkı faaliyetlerinde özellikle 2012-2017 döneminde yeterince azaltımın sağlanamamış olduğudur. 2012 yılında grafikte yer alan alanlar içinden en çok emisyon salan üçüncü aktör hanehalkları iken; 2021 yılında imalat sektöründen sonra ikinci en çok emisyon salan aktör hanehalkları olmuştur. Burada özellikle EU-27 içinde yer alan hangi ülkeler ve hangi hanehalkı faaliyetlerinden kaynaklı olarak emisyonların arttığı, AB içerisinde hangi ülkelerin iklim mücadelesini hızlandırması gerektiği ve politika performansı bağlamında başarısız olduğunu anlamak adına önemlidir. Şekil 2, 2010 (a paneli) ve 2021 (b paneli) yılları için toplam hanehalkı emisyonu içerisinde, ısıtma ve soğutma, ulaşım ve diğer hanehalkı faaliyetlerinden kaynaklı sera gazı emisyonlarının yüzdesel paylarını AB-27 ülkeleri için göstermektedir.

Şekil 2'e göre, ısıtma ve soğutma faaliyetlerinden kaynaklı emisyonların payının genel olarak neredeyse tüm AB-27 ülkelerinde (Yunanistan, İtalya, Kıbrıs, Malta, Belçika, Hollanda ve Avusturya hariç) azaldığı görülmektedir. Ancak hanehalklarının ulaşım faaliyetlerinden kaynaklı emisyonların payı, yine neredeyse tüm ülkelerde (Yunanistan, İtalya, Portekiz, Kıbrıs, Malta, Belçika, Avusturya ve Hollanda hariç) yükselmiştir. Paylardan ziyade düzey değerlerine baktığımızda ise 2010 yılına kıyasla 2021 yılında toplam sera gazı emisyonlarını Bulgaristan, Estonya, Letonya, Litvanya, Macaristan, Malta, Romanya ve Slovakya hariç diğer tüm ülkelerin azaltmayı başardığını görürüz. Bu azaltımda ısıtma ve soğutma faaliyetlerinden kaynaklanan

emisyonların payının düşürülebilmiş olması oldukça önemlidir. Ancak emisyonlarını azaltmayı başaramamış ülkelerin tamamında hanehalkının ulaşım faaliyeti kaynaklı emisyonlarının arttığı görülmektedir. Bunun yanı sıra emisyonlarını düşürmüş olan Çekya, Hırvatistan, Lüksemburg, Polonya, Portekiz ve Slovenya’da da ulaşım faaliyeti kaynaklı emisyonları artmıştır.



Şekil 2. 2010 (a) ve 2021 (b) Yıllarında Farklı Hanehalkı Faaliyetlerinden Kaynaklı Sera Gazı Emisyonlarının Toplam Hanehalkı Emisyonları İçindeki Payları (%). Eurostat (2022)’nin NACE Rev. 2 faaliyetine göre hava emisyon hesaplarından yararlanılarak çizilmiştir.

Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri bağlamında iklim değişikliği ile mücadele ve sorumlu tüketim davranışları önemli odak noktalarıdır. Bu hedeflere ulaşmak için, evlerde, işyerlerinde ve

toplum genelinde sera gazı emisyonlarını azaltmaya odaklanmak önemlidir. Yukarıdaki açıklamalardan da anlaşıldığı üzere, hanehalklarının enerji tüketimi, ulaştırma şekli ve tüketim alışkanlıkları gibi faktörler, genel sera gazı emisyonlarının bir kısmını oluşturur. İklim değişikliği ile tüketici seviyesinde bir mücadele sağlanması kapsamında hızlı ve etkili politik aksiyon alınması, aksi halde ortaya çıkacak sonuçların ağır olması sebebiyle, oldukça önemlidir. Tüketici davranış kalıplarının değiştirilmesinin çeşitli açılardan zorluklar taşıyor olması (bürokratik, bireysel tüketim kalıpları, siyasi uygulanabilirlik gibi) ve bu kalıpları değiştirmenin kısa vadede gerçekleştirilmesinin zor olması nedeniyle, azaltımı yeterince sağlanamayan hanehalkı emisyonlarının azaltılabilmesi için hızlı ve planlı hareket edilmesi gerekmektedir. Hanehalkı sera gazı emisyonlardaki değişimin temel belirleyicilerinin analiz edilmesi, hanehalkı emisyonlarına yönelik politikaların geliştirilmesinde kritiktir. Bu bağlamda emisyonlardaki değişimin kaynağının ülkeler itibariyle belirlenmesi, ülke spesifik çıkarımlar elde etmek için kullanılabilir. Örneğin enerji tüketimi başına emisyonların hanehalkı sera gazı emisyonlarını artırdığı ve kişi başı hanehalkı nihai harcamasının emisyonları artırdığı iki farklı durumda uygulanması gereken politikalar farklılık gösterecektir. İlk durumda daha fazla enerji verimliliği ve azaltılmış enerji tüketimini hedefleyen politikalar uygulanabilir. Bu, verimli ev aletleri ve binaların teşvik edilmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması ve desteklenmesi, enerji tasarrufu alışkanlıklarının teşvik edilmesi gibi önlemleri içerebilir. İkinci durumda, kişi başı hanehalkı nihai harcamasının emisyonları artırdığı bir senaryo ile karşı karşıyaysak, tüketici davranışlarını yönlendirmeyi amaçlayan politikaları tercih etmemiz gerekir. Çevresel etiketlemelerin ve bilinçlendirme kampanyalarının kullanılması, düşük karbon ürün ve hizmetlere erişimi kolaylaştırmak için teşviklerin sağlanması, sürdürülebilir tüketim alışkanlıklarını destekleyen programlar gibi örnek politikalar bu noktada uygun olacaktır. Böyle bir durumda, yeşil teknolojilere yatırım yaparak ve karbon vergileri gibi ekonomik araçları kullanarak hanehalkı tüketiminin sera gazı emisyonlarına olan etkisini azaltmak da mümkündür. Bu kapsamda bu çalışma, AB-27 ülkeleri için 2010-2021 döneminde hanehalkı faaliyetlerinden kaynaklı sera gazı emisyonlarındaki değişimin temel belirleyicilerini Logaritmik Ortalama Divisia Endeksi (LMDI, Log Mean Divisia Index) kullanarak analiz etmeyi amaçlamaktadır. Literatürde yer alan AB araştırmaları, hanehalkı incelemelerinde genellikle LMDI dışı ayırıştırma yöntemleri ve diğer teknikleri kullanmıştır (Christis vd., 2019; Duarte vd., 2021, 2013). Bunun yanı sıra AB'de emisyonların belirleyicilerini analiz eden çoğu ayırıştırma çalışması sektörel ve makro düzeyde emisyonlara odaklanmıştır (Diakoulaki &

Mandaraka, 2007; González vd., 2024; Moutinho vd., 2015; Robaina & Neves, 2021). Bu çalışmanın literatüre katkıları şu şekilde sıralanabilir: i) 2010-2021 güncel dönemi için AB-27 ülkeleri hanehalkı emisyonlarının belirleyicilerinin ortaya konulması, ii) belirleyicilerin etkilerini literatürden farklı olarak SDA değil, LMDI ayrıştırma analizi kullanarak tespit etmesi, iii) AB hanehalkları için genellikle CO2 emisyonlarını ele alan çalışmaların olması nedeniyle daha kapsayıcı olan sera gazı emisyonlarını analiz etmesi.

Çalışmanın yapısı şu şekilde oluşturulmuştur: İkinci bölümde literatür araştırması kapsamlı bir şekilde sunulmakta; üçüncü bölümde kullanılacak yöntem ve denklemler aktarıldıktan sonra, tahmin için kullanılan verilere ilişkin bilgiler verilmekte; dördüncü bölümde analizden elde edilen bulgular raporlanmakta ve son olarak sonuç bölümünde çalışma genel olarak değerlendirilmekte ve politik çıkarımlarda bulunmaktadır.

## 2. Literatür Araştırması

Yaşam standardının yükselmesi ve kentleşmenin artmasıyla birlikte hanehalklarının enerji tüketimi ve faaliyetlerinden kaynaklanan emisyonlar artış göstermektedir (Anser vd., 2020; C. Chen vd., 2019a; Liu vd., 2017). Bu sebeple de hanehalkı emisyonları hakkında geniş bir literatür oluşmuştur (Chen vd., 2019b; Ivanova vd., 2017; Ivanova & Büchs, 2020; Zhang vd., 2021). Bu çalışma alanının önemini vurgulayan (Chen vd., 2022a), küresel iklim azaltımının hanehalkı emisyonlarını azaltmadan gerçekleştirilemeyeceğini vurgulamaktadır.

Hanehalkı emisyonlarını ölçmek veya belirleyicilerini analiz etmek için literatürde birçok farklı yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları şu şekilde sıralanabilir: Girdi-çıkıtkı analizi (Ivanova vd., 2017; Kerkhof vd., 2009; Liu vd., 2011; Zhang vd., 2017); yaşam döngüsü değerlendirmesi (Weber & Matthews, 2008); tüketici yaşam tarzı analizi (Bin & Dowlatabadi, 2005; Xu vd., 2016); anket araştırması (Qu vd., 2022; Zen vd., 2022); regresyon analizi (Golley & Meng, 2012; Lévy vd., 2021; Yang vd., 2016); girdi çıkıtkı analizi ve anket araştırmasını birleştiren teknikler (Lee vd., 2021); girdi çıkıtkı analizi ve tüketici yaşam tarzı analizini birleştiren teknikler (Liu vd., 2019); anket, enerji simülasyon araçlarını ve makine öğrenimi yöntemlerini birleştiren teknikler (Su vd., 2023).

Bu yöntemlerin yanı sıra ayrıştırma (decomposition) analizleri de hanehalklarından kaynaklanan emisyonlardaki değişimin temel belirleyicilerini ortaya koymada en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Ayrıştırma analizleri literatürde genellikle iki ayrı yaklaşım ile



uygulanmaktadır (Hoekstra ve van der Bergh, 2003): İndeks ayırıştırma analizi (İndeks Decomposition Analysis, IDA) ve yapısal ayırıştırma analizi (Structural Decomposition Analysis, SDA). SDA yaklaşımı girdi-çıktı tablolarını kullanarak genellikle bölgelerin (Moutinho vd., 2015; Wang vd., 2017), sektörlerin (Wen vd., 2022; Wier, 1998) ve hanehalklarının dolaylı (Cellura vd., 2012) ve doğrudan (Pang vd., 2022) sebep oldukları emisyonun etkisinin analizinde kullanılmaktadır. Çin için, yarı kapalı çevresel olarak genişletilmiş bir girdi-çıktı modeli kuran Pang vd. (2022) hanehalkı sektörünün, üretim sektörleri ve toplam karbon dioksit emisyonları üzerindeki etkisini ve emisyonların belirleyicilerini SDA ile analiz etmektedir. Kişi başına tüketimin ve kentleşme oranının hanehalkı emisyonlarını yönlendiren baskın faktörler olduğunu; karbon yoğunluğu ve ekonomik yapının ise hanehalkı emisyonlarını engelleyen ana faktörler olduğunu tespit etmiştir.

IDA yaklaşımı da benzer şekilde sektör ve bölge (Berrill vd., 2021; Donglan vd., 2010; Huo vd., 2021; Karmellos vd., 2021; Yeo vd., 2015) düzeylerinde analizlerde kullanılmakla birlikte, doğrudan hanehalklarının faaliyetlerinden kaynaklanan emisyonların analizlerinde SDA'ya göre daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Han vd. (2015) çalışması hem anket hem de IDA yöntemi içinde yer alan Shapley Değer (Shapley Value) yöntemini kullanarak Çin'in kentsel bölgesi için, hanehalkı özelliklerinin hanehalkı gömülü karbon emisyonlarına katkılarını analiz etmektedir. Bulguları neticesinde hanehalkı gelirin, hanelerin gömülü karbon emisyonlarına en çok katkı yapan unsur olduğunu tespit etmişlerdir. Song vd. (2022) Çin'i dört bölgeye ayırarak, kişi başına hanehalkı karbon emisyonlarını LMDI ve çok bölgeli (multi-regional analysis) analiz ile incelemektedir. Elde ettikleri sonuca göre enerji tüketimi etkisi, hane halkı karbon emisyonlarının büyümesini etkileyen başlıca faktördür. Ayrıca nüfus yapısı da karbon emisyonlarındaki artışı desteklemektedir. Chen vd. (2022b) çalışması çok bölgeli mekânsal-zamansal LMDI modelleri ile elektrik kullanım modeli, yaşam standardı ve bölge gibi itici güçlerin, Çin'deki konut elektrik tüketiminden kaynaklanan emisyonlardaki değişimi incelemektedir. Tespitlerine göre, il ölçeğinde emisyonlardaki zamansal değişimleri yönlendiren ana faktör, yani emisyonları teşvik eden temel etken gelirdeki artıştır. Hane büyüklüğü ve üretimden kaynaklı emisyonlar ise konut elektrik tüketiminden kaynaklanan emisyonları yavaşlatmaktadır. Chen vd. (2022a) Fujian'daki kırsal ve kentsel hanehalkı emisyonlarını araştırmaktadır. Doğrudan ve dolaylı emisyonları inceleyen çalışmada hem LMDI hem de SDA yöntemleri kullanılmaktadır. Analize göre kişi başı tüketim

harcamaları, kent ve kırsal kesimin her ikisinde de, hem dolaylı hem de doğrudan hanehalkı emisyonlarını en çok arttırıcı faktör olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, nüfusun da, bölge ayrımı olmaksızın doğrudan ve dolaylı emisyonlar üzerinde arttırıcı bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Emisyonları en çok azaltıcı faktörün ise, bölge ayrımı olmaksızın, enerji yoğunluğu faktörü olduğu bulunmuştur. Xie vd. (2023) çalışmasının bir kısmında Çin kırsal ve kentsel hanehalklarının emisyonlarının belirleyicilerini LMDI yöntemi ile araştırmaktadır. Analiz sonuçlarına göre tüketim harcamaları, kırsal ve kentsel haneler arasındaki emisyon farklılıklarının temel nedenini oluşturmaktadır.

Hanehalkı emisyonlarını analiz eden bu çalışmalarda kullanılan etki faktörleri genellikle karbon yoğunluğu, enerji yoğunluğu, enerji tüketim yapısı ve nüfus yapısı olarak tespit edilmiştir. Bu faktörlerin yanı sıra Chen vd. (2022a) ve Xie vd. (2023) çalışmalarında toplam hanehalkı tüketim harcamalarının nüfusa oranı da belirleyici faktörler arasında kullanılmıştır.

AB ülkeleri için yapılan ayrıştırma çalışmaları incelendiğinde, SDA analizi yapan Duarte vd. (2013) çalışması hanehalkı faaliyetlerinden kaynaklanan karbon dioksit emisyonlarını sektörel etkileri de ele alarak incelemektedir. Bazı ülkeler haricinde, hane halkı talebindeki artışların karbon dioksit emisyonlarını hızlandırmakta olduğunu ortaya koymuşlardır. Tüketim kalıplarında yeni başlayan değişikliklerin ve hanehalkı harcamalarının bileşimindeki değişikliklerin, analiz edilen ülkelerde (Avusturya, İspanya ve Portekiz hariç) emisyonların azaltılmasına katkıda bulunduğu, fakat, artan hanehalkı talebinin bu etkiyi ortadan kaldırdığını ifade etmişlerdir. Benzer şekilde, Duarte vd. (2021) 1999'dan 2015'e kadar AB-27 ve Birleşik Krallık'taki hanehalkı tüketim kalıplarının çevresel etkilerini, SDA yöntemi ile analiz etmektedir. Elde ettikleri sonuçlar, düşük gelir gruplarının gelirinin artırılmasının AB-27 ve Birleşik Krallık ülkelerinde yoksulluğun azaltılmasına sebep olarak, tüketim kalıplarındaki değişikliklere ve bu gelir gruplarının yüksek marjinal tüketim eğilimi nedeniyle emisyonların artmasına yol açacağını göstermektedir. Ancak daha iyimser olan ayrıştırma sonuçları, gelirin yeniden dağıtılması yoluyla eşitsizliğin ve yoksulluğun azaltılmasının bu ülkelerdeki emisyonların azalmasına yol açacağını da ortaya koymaktadır. Bunun haricinde, Avrupa Birliği ile ilgili çoğu ayrıştırma çalışmasının daha çok hanehalkı dışı sektörel analizlerde ya da makro düzeyde emisyonların belirleyicilerinin tespit edilmesinde kullanıldığı gözlemlenmiştir (Cansino vd., 2015; Diakoulaki & Mandaraka, 2007; González vd., 2024; Karmellos vd., 2021; Moutinho vd., 2015; Robaina & Neves, 2021; Yamakawa & Peters, 2011). Bunların ötesinde, ayrıştırma analizi yapmayan diğer AB çalışmaları

ise genellikle ÷lke düzeyinde ve karbon ayak izi araştırması için yapılmıştır. Örneğin, Christis vd. (2019) çalışması Belçika'nın Flanders bölgesi için hanehalklarının ortalama karbon ayak izini girdi-çıkıtı verileri ve ayrıntılı bölgesel hanehalkı bütçe anketi kullanarak araştırmaktadır. Elde ettikleri bulgulara göre gelir dağılımı ve tüketimin karbon ayak izi ile net bir şekilde ilişkili olduğunu ortaya koymuşlardır. Gill & Moeller (2018) çalışması ise doğrudan hanehalkı verilerini kullanmasa da, yoğun şehirler hipotezini araştırarak, şehirlerin yoğunluk etkisinin Almanya'da sera gazı emisyonunu azalttığını, ancak şehirlerdeki hanelerin tekilleştirilmesi, yüksek gelirler ve daha fazla tüketim fırsatlarının olması gibi unsurların emisyonları artırıcı etkisi olduğunu tespit etmiştir.

Literatür özetinden görülebileceği üzere doğrudan hanehalkı emisyonları çalışmaları çoğunlukla, dünya emisyonlarında payı yüksek olan Çin'i örneklem almaktadır. Ivanova vd. (2017)'nin Avrupa bölgelerinde hane tüketimlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının ölçülmesine yönelik uyumun sağlanamadığı tespiti üzerine, AB-27 ÷lkelerindeki hanehalklarının emisyonlarının hangi faktörlerden ne kadar etkilendiği, emisyonları hızlandırıcı ve yavaşlatıcı faktörlerin hangi ÷lkeler için neler olduğunu dönemler itibariyle tespiti oldukça önemlidir. Bu amaçla bu çalışmada AB-27 ÷lkeleri için hanehalkı emisyonları LMDI yaklaşımıyla incelenmekte ve literatürle uyumlu olan dört faktörün emisyon değişimindeki etkileri ortaya konulmaktadır. Literatürde AB-27 ÷lkelerindeki hanehalklarının faaliyetlerinden kaynaklanan emisyonların belirleyicilerini LMDI yöntemi kullanarak analiz eden başka bir çalışmaya rastlanmamıştır ve bildiğimiz ölçüde bu çalışma ilktir. Her bir ÷lke için hem yıllık hem de dönemsel sonuçları inceleyerek, belirleyicileri detaylı bir şekilde analiz edecek olan bu çalışma, hem AB-27'deki ÷lkelere ilişkin spesifik performans değerlendirmesinde bulunacak hem de politik çıkarımlar getirecektir. Ayrıca bu çalışmadan elde edilecek bulguların, AB'nin iklim politikasının izinden giden emisyon azaltım sürecindeki diğer ÷lkelere de yol gösterici olacağı düşünölmektedir.

### 3. Veri ve Yöntem

#### 3.1. Veri

Çalışmanın ampirik araştırması AB-27 ÷lkelerindeki<sup>1</sup> hanehalkları faaliyetlerini kapsamaktadır. Tablo 1'de hanehalkı sera gazı emisyonlarındaki değerişimin belirleyicilerini analiz

<sup>1</sup> ÷lke örnekleme ve ÷lke kısaltmaları şu şekildedir: Belçika (BE), Bulgaristan (BG), Çekya (CZ), Danimarka (DK), Almanya (DE), Estonya (EE), İrlanda (IE), Yunanistan (GR), İspanya (ES), Fransa (FR), Hırvatistan (HR), İtalya (IT), Kıbrıs (CY), Letonya (LV), Litvanya (LT), Lüksemburg (LU), Macaristan (HU), Malta (MT), Hollanda (NL),

etmek için kullanılan veriler özetlenmiştir ve toplam dört değişken bulunmaktadır. Hanehalkı bazında toplam faaliyetlerden kaynaklı sera gazı emisyonları (GHG) ve toplam hanehalkı nihai enerji tüketimi (EC) verileri Eurostat'tan alınmıştır. Hanehalkı ve hanehalkına hizmet veren kâr amacı gütmeyen kuruluşların (Non-Profit Institutions Serving Households, NPISH) nihai tüketim harcamaları ve nüfus verileri ise Dünya Bankası'ndan alınmıştır. Çalışmanın kapsadığı dönem aralığı, veri mevcudiyetine göre 2010-2021 yılları olarak belirlenmiştir. Bu dönem aralığında AB-27 ülkeleri için tüm veriler ilgili veri kaynaklarında kamuya açık olarak mevcuttur.

Tablo 1

*Veri Tanımlaması ve Kaynağı*

Değişkenler	Kısaltmalar	Veri Kaynağı
Hanehalkı bazında toplam faaliyetlerden kaynaklı sera gazı emisyonları (ton)	GHG	(Eurostat, 2022)
Toplam hanehalkı nihai enerji tüketimi (bin petrol eşdeğeri)	EC	(Eurostat, 2023)
Hanehalkı ve NPISH'lerin nihai tüketim harcamaları (sabit 2015 ABD doları)	FC	(Dünya Bankası, 2023a)
Nüfus (toplam)	POP	(Dünya Bankası, 2023b)

**3.2. Yöntem**

Ayrıştırma analizi (decomposition analysis) literatürde genellikle enerji göstergelerinin veya sera gazı emisyonları, karbon dioksit emisyonları gibi çeşitli çevresel göstergelerin zaman içindeki değişimlerini daha iyi anlamak ve bu değişimleri itici bileşenlere ayırmak amacıyla kullanılan bir veri analizi yöntemidir. Bu yaklaşım, incelenen değişkendeki değişimi, belirlenen çeşitli etki faktörlerine göre ayrıştırır ve her etki faktörünün değişime katkısının ne olduğunu ortaya koyar. Bu teknik çoğunlukla IDA ve SDA olmak üzere iki farklı yaklaşım altında gruplandırılır (Hoekstra & van der Bergh, 2003). SDA yaklaşımı, girdi-çıktı tabloları kullanılarak gerçekleştirilen ayrıntılı bir analiz içerir. Bu bağlamda daha çok endüstrilerin, sektörlerin ve bölgelerin karmaşık etkilerini ele alan bir yaklaşımdır. IDA ise araştırılan değişkendeki değişimin hangi faktörler tarafından nasıl etkilendiğini anlamak için kullanılır. SDA yaklaşımına göre daha basit, hızlı uygulanabilir ve endekslere dayanan bir yaklaşımdır. IDA kapsamında Laspeyres ve

---

Avusturya (AT), Polonya (PL), Portekiz (PT), Romanya (RO), Slovenya (SI), Slovakya (SK), Finlandiya (FI), İsveç (SE).

Divisia gibi farklı endeksler geliştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında bazı avantajları sebebiyle, Ang ve Choi (1997), Ang (2004) ve Ang (2005) çalışmaları takip edilerek, LMDI yönteminin kullanılması tercih edilmiştir. Bu avantajlarından ilki, LMDI yönteminin hesaplama sırasında izlenen yol sırasına bağlı olmadığı anlamına gelen “yol bağımsızlığı (path-independence)”dır. İkinci avantajı, LMDI'nin alt bileşenlerinin toplamının, üst endeks değerlerine eşit olacağı yani her alt bileşenin katkısının üst endeksin değerini oluşturan bileşenlerin toplamına eşit olacağı anlamına gelen “toplamda tutarsız olmama” özelliğidir. Üçüncü avantajı, sıfır değerlerine sahip göstergeleri etkili bir şekilde işleyebilmesi ve seride var olan sıfır değerlerinin analizde sorun oluşturmamasıdır. Dördüncü ve en önemli avantajı ise “mükemmel ayırıştırma (perfect decomposition)” özelliğine sahip olmasıdır. Yani yöntem, her etki faktörünün katkısını hesaplarken, toplamda herhangi bir açıklamamış artık veya fark bırakmaz.

Bu çalışmanın temel amacı olan hanehalkları faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarındaki değişimin incelenmesi için dört faktör etkili Kaya Identity/IPAT tanımlaması (Kaya, 1990; Li vd., 2019) baz alınmış ve hanehalkı için uyarlanmıştır.

$$GHG = \sum_i GHG_i = \frac{GHG_i}{EC_i} \times \frac{EC_i}{FC_i} \times \frac{FC_i}{POP_i} \times POP_i \quad (1)$$

Denklem 1'de gösterildiği üzere, i ülkesindeki hanehalklarının toplam faaliyetleri kaynaklı sera gazı emisyonları (GHG) dört etkiye ayrılmıştır.  $\frac{GHG_i}{EC_i}$  emisyon yoğunluğu etkisini (GE),  $\frac{EC_i}{FC_i}$  enerji yoğunluğu etkisini (EF),  $POP_i$  ise nüfus etkisini (P) göstermektedir. Kaya identity denklemlerinde genellikle ülke ya da sektör düzeyi analizlerde kullanılan ekonomik faaliyet etkisi (activity effect) gayri safi yurt içi hasılanın toplam nüfusa bölünmesi ile hesaplanır. Ancak bu göstergenin hanehalkları için kullanılması hanehalklarının gelirini ya da harcamasını tam olarak karşılamayacaktır. Nitekim Mousavi vd. (2017: 807) çalışması da ekonomik faaliyet etkisinin her kesim için kullanılamayacağını vurgulamaktadır. Bu sebeple, Chen vd. (2022a) takip edilerek, doğrudan kişi başı nihai hanehalkı tüketim harcamasını temsil eden  $\frac{FC_i}{POP_i}$  harcama etkisi (FP) olarak tanımlanmıştır ve denkleme eklenmiştir<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Ancak belirtilmesi gerekir ki literatürde hanehalkı toplam tüketim harcamasının nüfusa oranını, ekonomik faaliyet etkisi olarak adlandıran çalışma da bulunmaktadır (Das & Paul, 2014). Bu tanımlamanın kişi başı gayri safi yurt içi hasıla tanımlaması ile karıştırılmaması ve farklılığının belirtilmesi adına, bu çalışmada harcama etkisi olarak adlandırılması uygun bulunmuştur.

Toplamsal ayrıştırma varsayımı altında denklem 1 şu şekilde de yeniden gösterilebilir:

$$\Delta GHG = \Delta GE + \Delta EF + \Delta FP + \Delta P \quad (2)$$

Denklem 2’de yer alan  $\Delta$ , t ve 0 periyodu arasındaki farkı belirtmek için kullanılmaktadır. Tablo 2, denklem 2’de yer alan her bir itici faktörün GHG emisyon değişikliklerine katkısını hesaplamak için gerekli LMDI formüllerini sunmaktadır.

Tablo 2

*Dört Faktörün Katkısının Hesaplanma Formülleri*

Faktör	Etki	Denklem
$\Delta GE$	Emisyon yoğunluğu	$\sum_i \frac{GHG_i^t - GHG_i^0}{\ln GHG_i^t - \ln GHG_i^0} \ln \left( \frac{GE_i^t}{GE_i^0} \right)$
$\Delta EF$	Enerji yoğunluğu	$\sum_i \frac{GHG_i^t - GHG_i^0}{\ln GHG_i^t - \ln GHG_i^0} \ln \left( \frac{EF_i^t}{EF_i^0} \right)$
$\Delta FP$	Harcama	$\sum_i \frac{GHG_i^t - GHG_i^0}{\ln GHG_i^t - \ln GHG_i^0} \ln \left( \frac{FP_i^t}{FP_i^0} \right)$
$\Delta P$	Nüfus	$\sum_i \frac{GHG_i^t - GHG_i^0}{\ln GHG_i^t - \ln GHG_i^0} \ln \left( \frac{P_i^t}{P_i^0} \right)$

Hanehalkı faaliyetlerinden kaynaklanan toplam sera gazı emisyonlarındaki değişimi açıklayan ilk etki olan  $\Delta GE$ , hanehalkı toplam enerji harcamaları başına düşen sera gazı emisyonlarının etkisini ifade eden emisyon yoğunluğundaki değişimin etkisini vermektedir. İkinci etki olan  $\Delta EF$ , hanehalkı harcamaları başına düşen enerji harcamalarının etkisini ifade eden enerji yoğunluğunun etkisini ölçmektedir. Üçüncü etki olan  $\Delta FP$ , kişi başına nihai hanehalkı tüketim harcamalarının etkisini ifade eden harcama etkisini hesaplamaktadır. Dördüncü ve son etki olan  $\Delta P$  ise ülke popülasyonunun emisyonlara etkisini ifade eden nüfus etkisini ölçer.

#### 4. Bulgular

LMDI ayrıştırma yöntemi kullanılarak, çalışmanın amacı doğrultusunda, hanehalkı faaliyetlerinden ortaya çıkan emisyonlardaki değişimin incelenmesine öncelikle bir yıllık dönemler itibarıyla başlanmıştır. 27 ülke ve 11 dönem barındıran bu analizden elde edilen sonuçlar Tablo 3’te raporlanmıştır. Tablo 3, her bir ülke için, dört etki faktöründen hangilerinin  $\Delta GHG$ ’i artırıcı veya azaltıcı etkide bulunduğunu dönemler itibarıyla ortaya koymaktadır. Elde edilen sonuçlar AB-27 ülkelerinin yıllık bazda genel olarak  $\Delta GE$  ve  $\Delta EF$  performanslarının,  $\Delta FP$  ve  $\Delta P$  performanslarına göre daha başarılı olduğunu göstermektedir. Yani  $\Delta GE$  ve  $\Delta EF$  faktörleri daha

çok emisyonları azaltmaya katkıda bulunurken,  $\Delta FP$  ve  $\Delta P$  faktörleri daha çok emisyonları artırmıştır. Özellikle,  $\Delta FP$ 'nin yani harcama etkisinin, 2013 yılından 2021'e kadar (2019-2020 hariç) tüm dönemler için, AB-27 ülkelerinin neredeyse tümünde  $\Delta GHG$ 'i artırdığı açıkça görülmektedir.  $\Delta P$  de, 2010'dan 2021'e tüm dönemlerde ortalama 17-18 AB ülkesinde emisyonları artırıcı etkide bulunmuştur. Bu bulgular, artan kişi başı harcama/gelir ve artan nüfusun emisyonları artırdığı bulgusunu tespit eden literatürdeki diğer ayırıştırma çalışmalarıyla uyumludur (Chen vd., 2022a; Chen vd., 2022b; Song vd., 2022; Xie vd., 2023).

Tablo 3

## Bir Yıllık Dönemler İçin Ayırıştırma Analizi Sonuçları

Yıl	$\Delta GE$																										
2010-11	17																	10									
2011-12	6						21																				
2012-13	13													14													
2013-14	23																							4			
2014-15	12												15														
2015-16	12												15														
2016-17	13													14													
2017-18	12												15														
2018-19	9									18																	
2019-20	1	26																									
2020-21	11											16															
Yıllar	$\Delta EF$																										
2010-11	3			24																							
2011-12	16																11										
2012-13	12												15														
	2		25																								

2013-14	GR	PT	SE	FI	SK	SI	RO	PL	AT	NL	MT	HU	LU	LT	LV	CY	IT	HR	FR	ES	IE	EE	DE	DK	CZ	BG	BE	
2014-15	BE	DK	DE	IE	GR	ES	FR	HR	IT	CY	LU	HU	MT	NL	AT	SI	SE	FI	SK	RO	PT	PL	LT	LV	DK	EE	CZ	BG
2015-16	BG	CZ	DK	DE	EE	FR	LV	LT	NL	AT	PL	FI	SE	SK	SI	RO	PT	MT	HU	LU	CY	IT	HR	ES	GR	IE	BE	
2016-17	BG	IT	LV	MT	FI	SE	SK	SI	RO	PT	PL	AT	NL	HU	LU	LT	CY	HR	FR	ES	GR	IE	EE	DE	DK	CZ	BE	
2017-18	IE	ES	LT	NL	PL	PT	SE	FI	SK	SI	RO	PT	AT	MT	HU	LU	LV	CY	IT	HR	FR	GR	EE	DE	DK	CZ	BE	
2018-19	DE	GR	CY	MT	AT	SK	SE	FI	SI	RO	PT	PL	NL	HU	LU	LT	LV	CY	IT	HR	FR	ES	IE	EE	DK	CZ	BE	
2019-20	BE	BG	CZ	DE	EE	IE	GR	ES	FR	HR	IT	CY	LT	LU	HU	MT	NL	AT	PL	PT	RO	SI	SK	SE	FI	LV	DK	
2020-21	BE	CZ	DK	DE	FR	LT	HU	MT	NL	AT	RO	SK	FI	SE	SI	PT	PL	LU	LV	CY	IT	HR	ES	GR	IE	EE	BG	
Yillar	$\Delta FP$																											
2010-11	BG	CZ	DE	EE	FR	HR	LV	LT	HU	MT	AT	PL	RO	SI	FI	SE	SK	PT	NL	LU	CY	IT	ES	GR	IE	DK	BE	
2011-12	BE	BG	DK	DE	EE	LV	LT	LU	AT	PL	RO	SK	SE	FI	SI	PT	NL	MT	HU	CY	IT	HR	FR	ES	GR	IE	CZ	
2012-13	BE	CZ	DE	EE	LV	LT	HU	MT	SE	FI	SK	SI	RO	PT	PL	AT	NL	LU	CY	IT	HR	FR	ES	GR	IE	DK	BG	
2013-14	BE	BG	CZ	DK	DE	EE	IE	GR	ES	FR	LV	LT	LU	HU	MT	NL	PL	PT	RO	SI	SK	FI	SE	AT	CY	IT	HR	
2014-15	BE	BG	CZ	DK	DE	EE	IE	GR	ES	FR	HR	IT	CY	LV	LT	LU	HU	NL	PL	PT	RO	SI	SK	FI	SE	AT	MT	
2015-16	BE	BG	CZ	DK	DE	EE	IE	ES	FR	HR	IT	CY	LV	LT	LU	HU	MT	NL	AT	PL	PT	RO	SI	SK	FI	SE	GR	
2016-17	BE	BG	CZ	DK	DE	EE	IE	GR	ES	FR	HR	IT	CY	LV	LT	LU	HU	MT	NL	AT	PL	PT	RO	SI	SK	FI	SE	
2017-18	BE	BG	CZ	DK	DE	EE	IE	GR	ES	FR	HR	IT	CY	LV	LT	LU	HU	MT	NL	AT	PL	PT	RO	SI	SK	FI	SE	
2018-19	BE	BG	CZ	DK	DE	EE	IE	GR	ES	FR	HR	IT	CY	LV	LT	LU	HU	MT	NL	AT	PL	PT	RO	SI	SK	FI	SE	
2019-20	BG	SE	FI	SK	SI	RO	PT	PL	AT	NL	MT	HU	LU	LT	LV	CY	IT	HR	FR	ES	GR	IE	EE	DE	DK	CZ	BE	
2020-21	BE	BG	CZ	DK	DE	EE	IE	GR	ES	FR	HR	IT	CY	LV	LT	LU	HU	MT	NL	AT	PL	PT	RO	SI	SK	FI		
Yillar	$\Delta P$																											
2010-11	BE	CZ	DK	IE	ES	FR	IT	CY	LU	MT	NL	AT	PL	SI	SK	FI	SE	RO	PT	HU	LT	LV	HR	GR	EE	DE	BG	
2011-12	BE	CZ	DK	DE	IE	ES	FR	IT	CY	LU	MT	NL	AT	PL	SI	SK	FI	SE	RO	PT	PL	HU	LT	LV	HR	GR	EE	BG
2012-13	BE	CZ	DK	DE	IE	FR	IT	CY	LU	MT	NL	AT	SI	SK	FI	SE	RO	PT	PL	HU	LT	LV	HR	ES	GR	EE	BG	



2013-14	16																11										
2014-15	16																11										
2015-16	17																	10									
2016-17	18																		9								
2017-18	17																	10									
2018-19	18																		9								
2019-20	19																			8							
2020-21	17																	10									

Not. Kırmızı renkler ilgili dönemde etki faktörünün GHG emisyonlarında artış etkisi yarattığını; yeşil renk ise etki faktörünün emisyonlarda azalış etkisi yarattığını ifade etmektedir. Kırmızı ve yeşil renklerin üst kısmında yer alan sayılar, sırasıyla, kaç tane ülkede ilgili faktörün emisyonlarda artış ve azalışa sebep olduğunu göstermektedir. Ülke kodları için bkz. Dipnot 1.

Ayrıştırma analizlerinde yıllık değişimlerin yanı sıra, beş yıllık dönemler ve tüm örneklem dönemi için emisyonlardaki değişim üzerine etkisi ele alınan faktörlerin etkilerinin ne olduğu ortaya konulabilmektedir. Ayrıca, yöntem bölümünde bahsedilen toplamda tutarsız olmama özelliği sayesinde faktörlerin emisyonları hangi yönde etkilediğinin yanı sıra, en çok hangi faktörün o ülkedeki emisyon değişiminde etkili olduğu da belirli bir dönem için ortaya konabilmektedir. Tablo 4, 2010-2015 ve 2015-2021 alt dönemleri ve 2010-2021 tüm örneklem dönemi için ayrıştırma analizi sonuçlarını göstermektedir.

Tablo 4

## Alt Dönemler ve Tüm Örneklem Dönemi İçin Ayrıştırma Analizi Sonuçları

	2010-2015					2015-2021				
	$\Delta GE$	$\Delta EF$	$\Delta FP$	$\Delta P$	$\Delta GHG$	$\Delta GE$	$\Delta EF$	$\Delta FP$	$\Delta P$	$\Delta GHG$
<b>BE</b>	1072787	-7079172	876723	1116939	-4012722	-4378939	121448	278087	811905	-3167499
<b>BG</b>	-105219	-323081	351397	-118593	-195496	165874	-532357	1087270	-176896	543891
<b>CZ</b>	805180	-2138513	679754	98116	-555463	-2042043	665001	1511075	-54183	79849
<b>DK</b>	-336750	-1451483	162478	217172	-1408583	-1988647	-779656	684855	219889	-1863559
<b>DE</b>	17036156	-43400493	13561730	-221809	-13024416	-27913105	9669452	-582885	3414208	-15412330
<b>EE</b>	650868	-485359	266460	-15804	416166	-450911	-126808	273092	16093	-288535
<b>IE</b>	1319841	-4119087	146762	441523	-2210961	-2137458	311789	-239296	866714	-1198251
<b>GR</b>	-3388675	2711849	-3005819	-454085	-4136730	-176522	-1023362	669006	-237903	-768781

ES	158156	-4646151	-2932210	-211677	-7631882	-596763	-3223281	-643866	1433172	-3030737
FR	7886092	-21111131	900258	3065498	-9259284	-21693082	1780675	2823486	2159199	-14929722
HR	467385	-505138	-179530	-134866	-352149	-163974	-1031966	1543542	-482135	-134533
IT	-204734	-5353817	-8177189	2988388	-10747352	-12088479	1162515	231771	-3005683	-13699877
CY	-96497	83688	-245161	94495	-163475	-232447	-118961	199699	83594	-68116
LV	484128	-808094	439436	-128374	-12905	2338	-93943	394632	-109277	193750
LT	-61299	-1406853	1025626	-257898	-700424	214449	-35287	939404	-151288	967279
LU	-63510	-200482	-15317	203914	-75394	68789	-313234	16405	197972	-30068
HU	636257	-2446999	979033	-252797	-1084506	239181	-2479050	3877200	-219771	1417561
MT	-2811	6818	13983	20660	38650	-114980	67027	9938	48196	10181
NL	2119441	-10313435	-619275	726235	-8087034	-4478421	986359	-84258	1114997	-2461322
AT	-1632459	-1444319	-117651	538766	-2655663	-2151099	2158789	-501212	538473	44951
PL	1499551	-14105542	5855685	-85228	-6835534	-3402675	-2792977	11735750	-358080	5182017
PT	-929594	-192406	-411838	-221715	-1755552	-486188	174723	812093	-32380	468248
RO	3540662	-3165945	2036212	-335670	2075260	1232257	-2959203	6876960	-672003	4478011
SI	95057	-504094	-92667	26437	-475267	60397	-592578	501230	73151	42199
SK	1870520	-1165704	86978	41144	832938	-2863902	1729476	1174950	31633	72156
FI	-41881	-1520514	201158	155645	-1205593	-2182611	817013	255840	68529	-1041229
SE	24977	-2364929	718877	466117	-1154958	-2203578	-386434	387880	561518	-1640614
	<b>2010-2021</b>									
	<b>ΔGE</b>	<b>ΔEF</b>	<b>ΔFP</b>	<b>ΔP</b>	<b>ΔGHG</b>					
BE	-3646515	-6585854	1127847	1924300	-7180221					
BG	57550	-890463	1489201	-307893	348395					
CZ	-1274482	-1466529	2222247	43150	-475614					
DK	-2458560	-2132706	887883	431242	-3272141					
DE	-12493117	-31679357	12419722	3316007	-28436746					
EE	199905	-543189	471391	-476	127631					
IE	-1051671	-3598563	-118692	1359714	-3409212					
GR	-3503065	1479111	-2168525	-713032	-4905511					
ES	-473810	-7942992	-3548292	1302474	-10662619					
FR	-15059766	-18026281	3773693	5123348	-24189007					
HR	293526	-1561316	1410535	-629427	-486681					
IT	-12834648	-3825670	-7457639	-329272	-24447228					
CY	-337510	-42128	-32013	180060	-231591					
LV	507736	-937803	854522	-243609	180845					
LT	164659	-1617537	2173912	-454179	266855					
LU	7342	-518830	1582	404444	-105462					
HU	912071	-5120276	5032650	-491390	333054					
MT	-110557	69715	23525	66149	48831					
NL	-2960422	-8842810	-691298	1946174	-10548357					
AT	-3969771	896890	-661872	1124041	-2610712					
PL	-2041217	-17720449	18577219	-469069	-1653516					
PT	-1478377	-7161	460131	-261898	-1287305					

<b>RO</b>	5165236	-6362228	8761138	-1010876	6553271
<b>SI</b>	160145	-1140106	442160	104733	-433068
<b>SK</b>	-817488	457370	1194067	71145	905094
<b>FI</b>	-2418395	-511063	464415	218222	-2246822
<b>SE</b>	-2308799	-2578491	1069933	1021785	-2795572

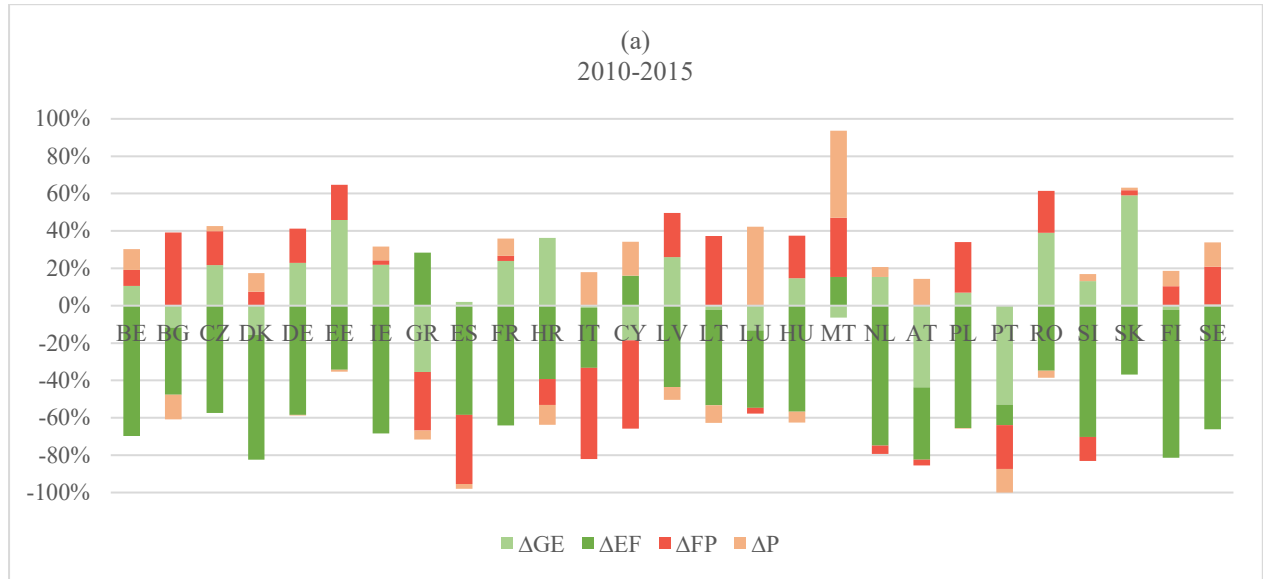
*Not.* Elde edilen sonuçlar, raporlamanın sığdırılabilmesi için, yuvarlanmıştır. Tablodaki koyu yeşil ve koyu kırmızılar sırasıyla emisyon azaltımına ve artırımına en çok katkıda bulunan faktörleri göstermek için kullanılmıştır. Açık yeşil ve açık kırmızılar ise sırasıyla emisyon azaltımına ve artırımına sebep olan faktörleri simgelemektedir.

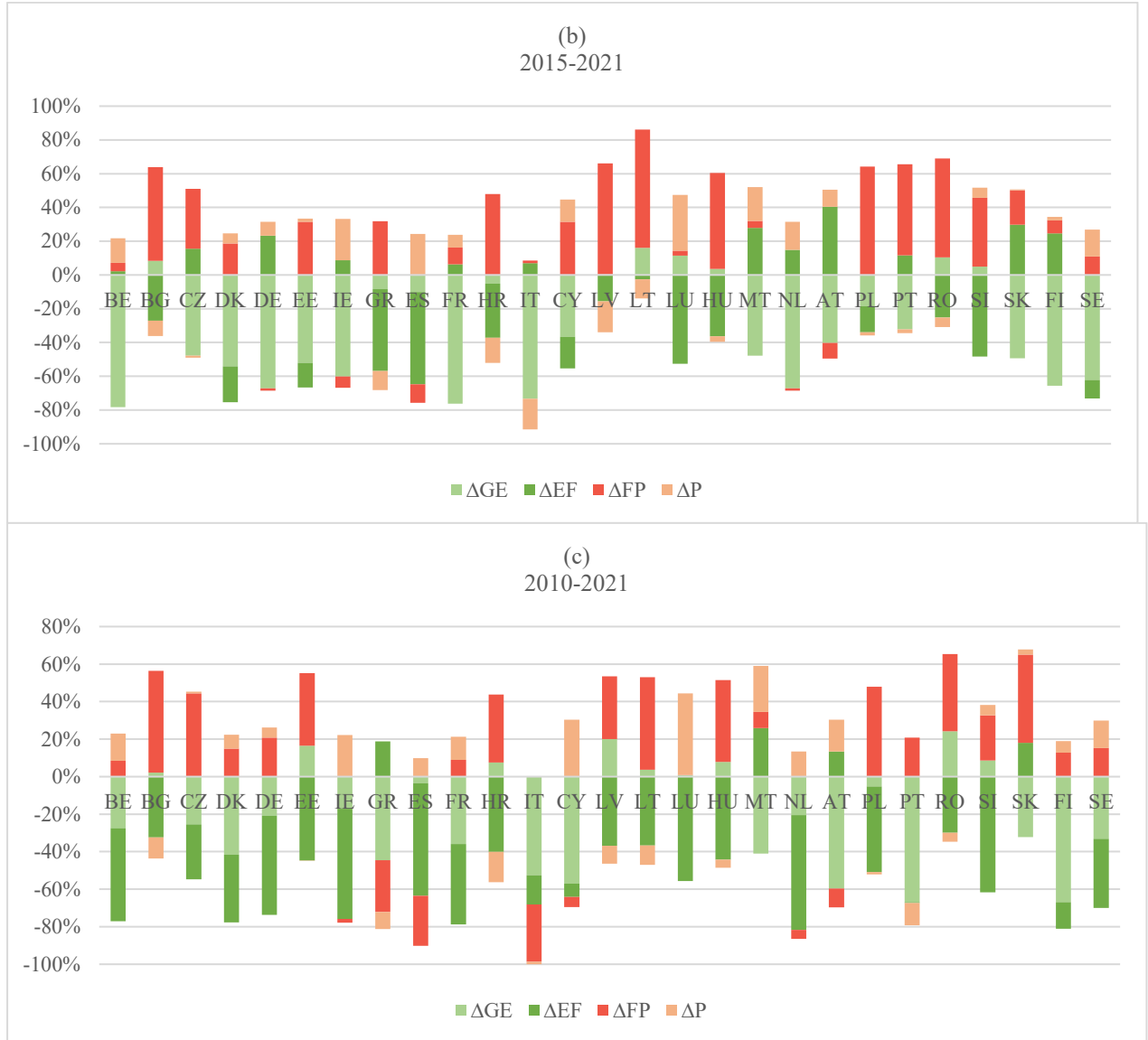
Tablo 4'ün ilk kısmı 2010-2015 dönemi ayırıştırma sonuçlarını göstermektedir. Bu dönemde emisyonların azalmasında en etkili olan faktör, 6 ülke hariç hepsinde, EF'dir. Başka bir deyişle, enerji yoğunluğundaki yani toplam hanehalkı harcamalarının içindeki enerji tüketiminin payındaki değişim, hanehalklarının sera gazı emisyonlarını azaltan en etkili faktördür. Ancak 2010-2015 döneminde, 16 ülkede, enerji tüketimi başına emisyonları ifade eden emisyon yoğunluğu faktörü (GE), GHG'ı artırmıştır. İki sonuç şunu ifade etmektedir; toplam harcama başına enerji tüketim miktarları bu dönemde emisyonların azaltılmasında oldukça etkili olmuş ve nihayetinde dört ülke hariç hepsinde GHG düşürülmüştür; fakat emisyon azaltımı daha da yüksek olabileceken tüketilen enerji başına emisyonun yüksek oluşu bunu sınırlandırmıştır. Bu dönemde ayrıca en çok emisyon artışı Romanya'da, en çok emisyon azaltımı Almanya'da meydana gelmiştir.

2015-2021 döneminde ise hanehalklarının GHG performansı ilk döneme kıyasla kötüleşmiştir. Bu emisyon artışının en büyük sorumlusu ise FP faktörüdür. Yani hanehalklarının kişi başı harcamalarındaki değişim, sera gazı emisyonlarını artırıcı en büyük unsur olmuştur. 2010-2015 döneminde emisyonları artırıcı en etkili faktör olan GE ise, 2015-2021 döneminde neredeyse tüm ülkelerde azaltım etkisinde bulunmuştur. Dolayısıyla ikinci dönemde, AB-27 ülkelerinde enerji tüketimi başına emisyon performansı, yenilenebilir enerji payının artırılması sayesinde iyileştirilmiştir. Ancak buna rağmen hanehalklarının kişi başı nihai tüketim harcamaları toplam emisyonları artırıcı yönde bir etkide bulunmuştur. Bu durum AB ülkelerinde artan refah neticesinde artan mal ve hizmet satın alımının emisyon salımını artırdığının net bir göstergesi olarak literatürle de uyumludur (Duarte vd., 2013; Duarte vd., 2021). 2015-2021 alt döneminde en çok emisyon artışı olan ülke Polonya, en çok emisyon azaltımı sağlayan ülke yine bir önceki alt dönemde olduğu gibi Almanya'dır. 2010-2021 tüm dönemi ele alındığında en kötü performans sergileyen yani en çok emisyon artışı olan ülke Romanya iken, en iyi performans göstererek en çok azaltım sağlayan ülke Almanya olarak karşımıza çıkmaktadır.

2010-2021 dönemi faktör sonuçlarına bakıldığında ise, çarpıcı bir şekilde, GE ve EF faktörlerindeki değişimlerin çoğu ülkede emisyonları azaltıcı etkide bulunduğu, FP ve P faktörlerindeki değişimlerin ise çoğu ülkede emisyonları artııcı etkide bulunduğu tespit edilmiştir. AB-27 ülkelerinde genel olarak emisyon yoğunluğu ve enerji yoğunluğu iyileştirmesi sağlanmışken; harcama etkisi ve nüfus etkisi emisyonları artıran ve hanehalklarının performansını olumsuz etkileyen iki temel unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sonuç, hanehalkı emisyon performansının iyileştirilmesine yönelik politika geliştirilmesinde oldukça önemlidir. Genel olarak 8 ülke hariç tüm ülkelerde GHG azaltımı sağlanabilmiştir. Ancak giriş bölümünde de ifade edildiği üzere, 2012’de en çok emisyon salan üçüncü aktörken, 2021 yılında en çok emisyon salımına neden olan ikinci aktör konumuna yükseldiği için, hanehalklarının emisyon azaltımları ve performansları net sıfır emisyon hedefi için yeterli görülemez. Elde ettiğimiz sonuçlara göre hanehalkı performansının daha da iyileştirilebilmesi özellikle harcama etkisine ilişkin politikalar sayesinde mümkün kılınabilecektir.

Aynı sonuca, her dönem ve ülke için GHG’deki değişim %100 kabul edildiğinde, dört faktörün bu değişimdeki paylarını yüzdesel olarak gösteren Şekil 3’e bakıldığında da varılabilmektedir.





Şekil 3. Dönemlik Sera Gazı Emisyonu Değişiminde Faktörlerin Yüzde Payları

İlk alt dönem için emisyonların azalmasına en çok katkı yapan faktörün EF olduğu (a) panelinden görülmektedir. GE faktörü ise çoğunlukla emisyonu artırıcı etkiye bulunmuştur. Ancak buna rağmen bu alt dönemde genel olarak tüm ülkelerde azaltımın başarıldığı da ortadadır. Panel (b)'de yer alan ikinci alt dönemde, ülkeler GE performanslarını iyileştirmiş ve emisyonun azalmasına en çok bu faktör katkıda bulunmuştur. Ancak kötüleşen FE ve P performansı bazı ülkelerde genel olarak GHG'nin artışına (BG, CZ, LV, LT, HU, MT, AT, PL, PT, RO, SI, SK olmak üzere 12 ülkede), bazı ülkelerde de emisyon azaltımının sınırlı kalmasına (BE, DK, EE, FR, CY, LU gibi) sebep olmuştur. Panel (c)'den görülen tüm dönem sonuçlarına bakıldığında ise, genel olarak GE ve FE faktörünün emisyon azaltıcı, FP ve P faktörünün emisyonları artırıcı etkiye

bulunduğu net bir şekilde görülmektedir. Çoğu ülkede de emisyonları azaltıcı faktörlerin GHG'deki değişim içindeki payları, emisyonları artıran faktörlerin GHG'deki değişim içindeki paylarından büyük olduğu için, 19 AB ülkesinde hanehalklarının faaliyetlerinden kaynaklanan emisyonlar düşmüştür. Tablo 4'den çıkarılan sonuçlarda vurgulandığı gibi, buradan da aynı sonuca ulaşılmaktadır: Emisyonları artıracı etkiye sahip olan FP ve P faktörlerinin etkileri sınırlandırılabilirse, emisyon azaltım performansları iyileştirilebilecektir.

Elde edilen bulgular daha detaylı incelenecek olursa, AB-27 ülkeleri içinde daha gelişmiş olan ülkeler ve daha az gelişmiş ülkeler bağlamında da farklı etki kalıplarının mevcut olduğunu görülebilecektir. Buna göre örneğin Fransa, İrlanda, İsveç, Almanya ve Finlandiya gibi daha gelişmiş ve gelir düzeyi yüksek AB ülkelerinde emisyon yoğunluğu ve enerji yoğunluğu emisyonları azaltıcı etkide bulunurken; daha az gelişmiş ve daha düşük gelirli Estonya, Litvanya, Romanya, Hırvatistan gibi ülkelerde emisyon yoğunluğu ve enerji yoğunluğu emisyonları artıracı etkide bulunmaktadır. Bunun en temel nedeni daha gelişmiş AB ülkelerinin daha çok kaynak ve teknolojiye sahip olması olabilir. Bu ülkeler, enerji verimliliğini artırmak, temiz enerji kaynaklarını kullanmak ve daha az karbon salınımına yol açan teknolojilere yatırım yapmak konusunda genellikle daha iyi durumdadır. Bu nedenle de, bu ülkelerde emisyon yoğunluğu ve enerji yoğunluğu emisyonları azaltıcı etkide bulunmuş olabilir çünkü daha çevreye duyarlı politikalar uygulayabilirler. Daha az gelişmiş ve daha düşük gelirli AB ülkelerinde ise dönüşüm için gerekli kaynaklar ve teknoloji genellikle daha sınırlı olabilir. Bu ülkeler, daha eski ve daha az verimli enerji altyapısına sahip olabilir ve temiz enerjiye geçiş konusunda bazı zorluklar yaşamış olabilirler. Bazı durumlarda, ekonomik büyüme ve kalkınma hedefleriyle çelişen çevre politikaları veya teknolojik yenilik eksikliği, bu ülkelerde emisyon yoğunluğu ve enerji yoğunluğunun emisyonları artıracı yönde etkide bulunmasına sebebiyet vermiş olabilir. Dolayısıyla genel bir çıkarım olarak, daha gelişmiş AB ülkelerinde FP ve P faktörlerinin etkilerinin sınırlandırılmasına; daha az gelişmiş AB ülkelerinde ise GE, FP ve P faktörlerinin etkilerinin sınırlandırılmasına odaklanılması durumunda emisyon performanslarının iyileştirilebileceği söylenebilir.

## 5. Sonuç

İklim değişikliğinin azaltılması ve net sıfır karbon hedefinin gerçekleştirilebilmesi için emisyonları artıran ya da emisyon düşüşünü engelleyen faktörlerin kontrol altına alınması gerekmektedir. 2021 yılı itibarıyla hanehalkı emisyonlarının AB-27 ülkeleri genelinde imalat

sektöründen sonra ikinci sıraya yükselmesi ve 2012 yılına göre azaltım gerçekleşmiş olsa da bunun sınırlı miktarda olması, uygun politikanın belirlenebilmesi açısından hanehalkı faaliyetlerinden kaynaklanan emisyonlardaki değişimin belirleyicilerinin analiz edilmesini gerektirmektedir. Bu çalışmada 2010-2021 dönemi için AB'de yer alan 27 ülke için hanehalkı faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarındaki değişimin belirleyicilerinin analiz edilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, LMDI analizi kullanılarak literatürle uyumlu dört etki faktörü tanımlaması yapılmıştır.

Yıllık dönemler itibariyle elde edilen bulgular incelendiğinde, 2013 yılından 2021'e kadar (2019-2020 dönemi hariç) harcama etkisinin neredeyse tüm ülkelerde sera gazı emisyonlarını artııcı etkide bulunduğu görülmüştür. Bunun yanı sıra emisyonları artıran bir diğer faktör nüfus etkisi olarak karşımıza çıkmıştır. Nüfus değişimleri, sera gazı emisyonlarını 2010'dan 2021'e kadar tüm dönemlerde ortalama 17-18 ülkede artırmıştır.

2010-2015 ilk alt döneminde, hanehalkı emisyonlarının azaltılmasında en etkili faktörün 21 ülkede enerji yoğunluğu faktörü olduğu görülmüştür. Emisyon yoğunluğu faktörünün ise 16 ülkede emisyonları artııcı bir etkide bulunduğu tespit edilmiştir. İkinci alt dönem olan 2015-2021'de, 2010-2015 dönemine göre, hanehalkı emisyon performansının kötüleştiği dikkati çekmektedir. Çoğu ülke için bu kötüleşmedeki en önemli payın ise harcama etkisine ait olduğu bulunmuştur. İlk alt dönemde genellikle emisyonları artııcı etkide bulunan emisyon yoğunluğu etkisi, ikinci alt dönem itibariyle emisyonlar üzerine genellikle azaltım etkisinde bulunmaktadır. Bu iyileşme AB'nin yenilenebilir enerji payını yükseltmesinden kaynaklanıyor olabilir.

Nihai olarak, toplam örneklem dönemi olan 2010-2021 döneminde ise emisyon yoğunluğu ve enerji yoğunluğu faktörleri çoğu ülkede emisyonları azaltıcı etkide bulunurken, harcama ve nüfus etkisinin emisyonları artııcı yönde hareket ettiği bulgulanmıştır. Çoğu ülkede de emisyonları azaltıcı faktörlerin sera gazı emisyonlarındaki değişim içindeki payları, emisyonları artıran faktörlerin sera gazı emisyonlarındaki değişim içindeki paylarından büyük olduğu için, 19 AB ülkesinde hanehalklarının faaliyetlerinden kaynaklanan emisyonlar düşmüştür. Ancak, harcama ve nüfus etkisi ile artan sera gazı emisyonları, AB 27 ülkelerinde hanehalkı emisyonlarının azaltımının yeterince sağlanamamasının önündeki en büyük engellerden biri olarak görülmektedir. Buna rağmen bu engel, aynı zamanda uygulanabilecek politika araçlarına işaret ederek sera gazı emisyonu azaltımı için bir fırsat da sunmaktadır. Emisyonları artııcı etkiye sahip olan harcama

faktörünün etkileri sınırlandırılabilirse, emisyon azaltım performansları iyileştirilebilecektir. Özellikle kişi başına nihai tüketim harcaması nedeniyle artan hanehalklarının sera gazı emisyonlarının olduğu böyle bir durumda, enerji verimliliği artışı ve enerji tüketimi azaltımını hedefleyen politikalar yerine tüketici davranışlarını yönlendirmeyi amaçlayan politikaların tercih edilmesi azaltım için daha etkili olacaktır. Bu kapsamda çevresel etiketlemeler, bilinçlendirme kampanyaları, düşük karbonlu ürünlere ve hizmetlere erişimin ve teşviğin artması, sürdürülebilir tüketim alışkanlıkları kazandırılması uygun politikalar olacaktır. Ayrıca hanehalkının harcamasını doğrudan yönlendirebilecek karbon vergileri gibi ekonomik araçların kullanılması da bu aktörlerin faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının sınırlandırılmasında etkili olabilecektir.

Çalışmada karşılaşılan önemli kısıtlar da bulunmaktadır. İlki, veri mevcudiyetinden kaynaklanmıştır. Özellikle hem daha eski hem de daha güncel verilere ulaşamaması kapsanan dönemi sınırlandırmış ve daha geniş bir analizin yapılmasını engellemiştir. İkinci olarak hanehalkı faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının daha detaylı incelenmesi için hanehalkı faaliyetlerinin daha detaylı verilerine ulaşılması gerekmektedir. Gelecek çalışmalarda özellikle dönem aralığının geniş tutularak, faaliyetlerin daha detaylı analiz edilmesi önerilmektedir. Bunun yanı sıra hanehalkı faaliyetlerinden kaynaklanan emisyonların belirleyicilerinin farklı yöntemler kullanılarak ve farklı ülkeler için araştırılmasının da küresel boyutta emisyon azaltımının sağlanabilmesi için önemli bulgular sunacağı düşünülmektedir.



### Kaynakça

- Ang, B. W. (2004). Decomposition analysis for policymaking in energy: which is the preferred method? *Energy Policy*, 32(9), 1131–1139. [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(03\)00076-4](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(03)00076-4)
- Ang, B. W. (2005). The LMDI approach to decomposition analysis: a practical guide. *Energy Policy*, 33(7), 867–871. <https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2003.10.010>
- Ang, B. W., & Choi, K.-H. (1997). Decomposition of aggregate energy and gas emission intensities for industry: a refined division index method on JSTOR. *The Energy Journal*, 18(3). <https://www.jstor.org/stable/41322738>
- Anser, M. K., Alharthi, M., Aziz, B., & Wasim, S. (2020). Impact of urbanization, economic growth, and population size on residential carbon emissions in the SAARC countries. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 22(4), 923–936. <https://doi.org/10.1007/S10098-020-01833-Y/FIGURES/3>
- Bataille, C. G. F. (2020). Physical and policy pathways to net-zero emissions industry. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 11(2). <https://doi.org/10.1002/WCC.633>
- Berrill, P., Gillingham, K. T., & Hertwich, E. G. (2021). Drivers of change in US residential energy consumption and greenhouse gas emissions, 1990-2015. In *Environmental Research Letters* (Vol. 16, Issue 3). IOP Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abe325>
- Bin, S., & Dowlatabadi, H. (2005). Consumer lifestyle approach to US energy use and the related CO<sub>2</sub> emissions. *Energy Policy*, 33(2), 197–208. [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(03\)00210-6](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(03)00210-6)
- Cansino, J. M., Sánchez-Braza, A., & Rodríguez-Arévalo, M. L. (2015). Driving forces of Spain's CO<sub>2</sub> emissions: A LMDI decomposition approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 48, 749–759. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2015.04.011>
- Cellura, M., Longo, S., & Mistretta, M. (2012). Application of the Structural Decomposition Analysis to assess the indirect energy consumption and air emission changes related to Italian households consumption. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 1135–1145. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.11.016>
- Chen, C., Liu, G., Meng, F., Hao, Y., Zhang, Y., & Casazza, M. (2019). Energy consumption and carbon footprint accounting of urban and rural residents in Beijing through Consumer Lifestyle Approach. *Ecological Indicators*, 98, 575–586. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2018.11.049>
- Chen, G. Q., Wu, X. D., Guo, J., Meng, J., & Li, C. (2019). Global overview for energy use of the world economy: Household-consumption-based accounting based on the world input-

- output database (WIOD). *Energy Economics*, 81, 835–847. <https://doi.org/10.1016/J.ENECO.2019.05.019>
- Chen, J., Lin, Y., Wang, X., Mao, B., & Peng, L. (2022). Direct and indirect carbon emission from household consumption based on LMDI and SDA model: a decomposition and comparison analysis. *Energies*, 15(14). <https://doi.org/10.3390/en15145002>
- Chen, L., Xu, L., Xia, L., Wang, Y., & Yang, Z. (2022). Decomposition of residential electricity-related CO<sub>2</sub> emissions in China, a spatial-temporal study. In *Journal of Environmental Management* (Vol. 320). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115754>
- Christis, M., Breemers, K., Vercauteren, A., & Dils, E. (2019). A detailed household carbon footprint analysis using expenditure accounts – Case of Flanders (Belgium). *Journal of Cleaner Production*, 228, 1167–1175. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.04.160>
- Diakoulaki, D., & Mandaraka, M. (2007). Decomposition analysis for assessing the progress in decoupling industrial growth from CO<sub>2</sub> emissions in the EU manufacturing sector. *Energy Economics*, 29(4), 636–664. <https://doi.org/10.1016/J.ENECO.2007.01.005>
- Donglan, Z., Dequn, Z., & Peng, Z. (2010). Driving forces of residential CO<sub>2</sub> emissions in urban and rural China: An index decomposition analysis. *Energy Policy*, 38, 3377–3383. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.02.011>
- Duarte, R., Mainar, A., & Sánchez-Chóliz, J. (2013). The role of consumption patterns, demand and technological factors on the recent evolution of CO<sub>2</sub> emissions in a group of advanced economies. *Ecological Economics*, 96, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.09.007>
- Duarte, R., Miranda-Buetas, S., & Sarasa, C. (2021). Household consumption patterns and income inequality in EU countries: Scenario analysis for a fair transition towards low-carbon economies. *Energy Economics*, 104. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105614>
- Dünya Bankası. (2023a). *Hanehalkı ve NPISH'lerin nihai tüketim harcamaları (sabit 2015 ABD doları)*. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>
- Dünya Bankası. (2023b). *Nüfus (toplum)*. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>
- Eurostat. (2022). *NACE Rev. 2 faaliyetine göre hava emisyon hesapları*. [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ENV\\_AC\\_AINAH\\_R2\\_\\_custom\\_7251403/default/table](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ENV_AC_AINAH_R2__custom_7251403/default/table)
- Eurostat. (2023). *Yakıt tipine göre toplam hanehalkı nihai enerji tüketimi*. <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/TEN00125/default/table>
- Gill, B., & Moeller, S. (2018). GHG Emissions and the Rural-Urban Divide. A Carbon Footprint Analysis Based on the German Official Income and Expenditure Survey. *Ecological Economics*, 145, 160–169. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2017.09.004>

- Golley, J., & Meng, X. (2012). Income inequality and carbon dioxide emissions: The case of Chinese urban households. *Energy Economics*, 34(6), 1864–1872. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2012.07.025>
- González, P. F., Presno, M. J., & Landajo, M. (2024). Tracking the change in Spanish greenhouse gas emissions through an LMDI decomposition model: A global and sectoral approach. *Journal of Environmental Sciences*, 139, 114–122. <https://doi.org/10.1016/J.JES.2022.08.027>
- Han, L., Xu, X., & Han, L. (2015). Applying quantile regression and Shapley decomposition to analyzing the determinants of household embedded carbon emissions: Evidence from urban China. *Journal of Cleaner Production*, 103, 219–230. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.078>
- Hoekstra, R., & van der Bergh, J. J. C. J. M. (2003). Comparing structural decomposition analysis and index. *Energy Economics*, 25(1), 39–64. [https://doi.org/10.1016/S0140-9883\(02\)00059-2](https://doi.org/10.1016/S0140-9883(02)00059-2)
- Huo, T., Ma, Y., Yu, T., Cai, W., Liu, B., & Ren, H. (2021). Decoupling and decomposition analysis of residential building carbon emissions from residential income: Evidence from the provincial level in China. *Environmental Impact Assessment Review*, 86. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2020.106487>
- IEA. (2020). *Energy Technology Perspectives 2020*. <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2020>
- IPCC. (2023). *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- Ivanova, D., & Büchs, M. (2020). Household sharing for carbon and energy reductions: the case of EU countries. *Energies 2020, Vol. 13, Page 1909*, 13(8), 1909. <https://doi.org/10.3390/EN13081909>
- Ivanova, D., Vita, G., Steen-Olsen, K., Stadler, K., Melo, P. C., Wood, R., & Hertwich, E. G. (2017). Mapping the carbon footprint of EU regions. *Environmental Research Letters*, 12. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa6da9>
- Karmellos, M., Kosmadakis, V., Dimas, P., Tsakanikas, A., Fylaktos, N., Taliotis, C., & Zachariadis, T. (2021). A decomposition and decoupling analysis of carbon dioxide emissions from electricity generation: Evidence from the EU-27 and the UK. *Energy*, 231. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120861>
- Kaya, Y. (1990). *Impact of carbon dioxide emission control on GNP growth: interpretation of proposed scenarios. IPCC energy and industry subgroup, response strategies working group*.

- Kerkhof, A. C., Benders, R. M. J., & Moll, H. C. (2009). Determinants of variation in household CO<sub>2</sub> emissions between and within countries. *Energy Policy*, 37(4), 1509–1517. <https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2008.12.013>
- Lee, J., Taherzadeh, O., & Kanemoto, K. (2021). The scale and drivers of carbon footprints in households, cities and regions across India. *Global Environmental Change*, 66. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102205>
- Lévay, P. Z., Vanhille, J., Goedemé, T., & Verbist, G. (2021). The association between the carbon footprint and the socio-economic characteristics of Belgian households. *Ecological Economics*, 186, 107065. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2021.107065>
- Li, J., Chen, Y., Li, Z., & Huang, X. (2019). Low-carbon economic development in Central Asia based on LMDI decomposition and comparative decoupling analyses. *Journal of Arid Land*, 11(4), 513–524. <https://doi.org/10.1007/S40333-019-0063-0/METRICS>
- Liu, L. C., Wu, G., Wang, J. N., & Wei, Y. M. (2011). China's carbon emissions from urban and rural households during 1992–2007. *Journal of Cleaner Production*, 19(15), 1754–1762. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2011.06.011>
- Liu, L., Qu, J., Clarke-Sather, A., Maraseni, T. N., & Pang, J. (2017). Spatial Variations and Determinants of Per Capita Household CO<sub>2</sub> Emissions (PHCEs) in China. *Sustainability*, 9(7), 1277. <https://doi.org/10.3390/SU9071277>
- Liu, X., Wang, X., Song, J., Wang, H., & Wang, S. (2019). Indirect carbon emissions of urban households in China: Patterns, determinants and inequality. *Journal of Cleaner Production*, 241, 118335. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.118335>
- Mousavi, B., Lopez, N. S. A., Biona, J. B. M., Chiu, A. S. F., & Blesl, M. (2017). Driving forces of Iran's CO<sub>2</sub> emissions from energy consumption: An LMDI decomposition approach. *Applied Energy*, 206, 804–814. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.08.199>
- Moutinho, V., Moreira, A. C., & Silva, P. M. (2015). The driving forces of change in energy-related CO<sub>2</sub> emissions in Eastern, Western, Northern and Southern Europe: The LMDI approach to decomposition analysis. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 50, pp. 1485–1499). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.05.072>
- Pang, Q., Dong, X., Peng, S., & Zhang, L. (2022). Sector linkages and driving forces of Chinese household CO<sub>2</sub> emissions based on semi-closed input–output model. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(23), 35408–35421. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-18039-4>
- Qu, J., Liu, L., Zeng, J., Maraseni, T. N., & Zhang, Z. (2022). City-level determinants of household CO<sub>2</sub> emissions per person: an empirical study based on a large survey in China. *Land*, 11(6), 925. <https://doi.org/10.3390/LAND11060925/S1>

- Robaina, M., & Neves, A. (2021). Complete decomposition analysis of CO<sub>2</sub> emissions intensity in the transport sector in Europe. *Research in Transportation Economics*, 90. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2021.101074>
- Song, C., Zhao, T., & Xiao, Y. (2022). Temporal dynamics and spatial differences of household carbon emissions per capita of China's provinces during 2000–2019. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(21), 31198–31216. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17921-5>
- Su, S., Ding, Y., Li, G., Li, X., Li, H., Skitmore, M., & Menadue, V. (2023). Temporal dynamic assessment of household energy consumption and carbon emissions in China: From the perspective of occupants. *Sustainable Production and Consumption*, 37, 142–155. <https://doi.org/10.1016/J.SPC.2023.02.014>
- Wang, H., Ang, B. W., & Su, B. (2017). A multi-region structural decomposition analysis of global CO<sub>2</sub> emission intensity. *Ecological Economics*, 142, 163–176. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2017.06.023>
- Weber, C. L., & Matthews, H. S. (2008). Quantifying the global and distributional aspects of American household carbon footprint. *Ecological Economics*, 66, 379–391. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.09.021>
- Wen, H. xing, Chen, Z., Yang, Q., Liu, J. yi, & Nie, P. yan. (2022). Driving forces and mitigating strategies of CO<sub>2</sub> emissions in China: A decomposition analysis based on 38 industrial sub-sectors. *Energy*, 245, 123262. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2022.123262>
- Wier, M. (1998). Sources of Changes in emissions from energy: a structural decomposition analysis. *Economic Systems Research*, 10(2), 99–112. <https://doi.org/10.1080/09535319808565469>
- Xie, J., Zhou, S., Teng, F., & Gu, A. (2023). The characteristics and driving factors of household CO<sub>2</sub> and non-CO<sub>2</sub> emissions in China. *Ecological Economics*, 213, 107952. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2023.107952>
- Xu, X., Han, L., & Lv, X. (2016). Household carbon inequality in urban China, its sources and determinants. *Ecological Economics*, 128, 77–86. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2016.04.015>
- Yamakawa, A., & Peters, G. P. (2011). Structural decomposition analysis of greenhouse gas emissions in Norway 1990-2002. *Economic Systems Research*, 23(3), 303–318. <https://doi.org/10.1080/09535314.2010.549461>
- Yang, Z., Fan, Y., & Zheng, S. (2016). Determinants of household carbon emissions: Pathway toward eco-community in Beijing. *Habitat International*, 57, 175–186. <https://doi.org/10.1016/J.HABITATINT.2016.07.010>

- Yeo, Y., Shim, D., Lee, J. D., & Altmann, J. (2015). Driving forces of CO<sub>2</sub>missions inmerging countries: LMDIecomposition analysis on China and India’s residential sector. *Sustainability (Switzerland)*, 7(12), 16108–16129. <https://doi.org/10.3390/su71215805>
- Zen, I. S., Uddin, M. S., Al-Amin, A. Q., Majid, M. R. Bin, Almulhim, A. I., & Doberstein, B. (2022). Socioeconomics determinants of household carbon footprint in Iskandar Malaysia. *Journal of Cleaner Production*, 347, 131256. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2022.131256>
- Zhang, J., Li, F., Sun, M., Sun, S., Wang, H., Zheng, P., & Wang, R. (2021). Household consumption characteristics and energy-related carbon emissions estimation at the community scale: A study of Zengcheng, China. *Cleaner and Responsible Consumption*, 2. <https://doi.org/10.1016/j.clrc.2021.100016>
- Zhang, J., Yu, B., Cai, J., & Wei, Y. M. (2017). Impacts of household income change on CO<sub>2</sub> emissions: An empirical analysis of China. *Journal of Cleaner Production*, 157, 190–200. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.126>

### **EXTENDED ABSTRACT**

Sectoral and household activities are the primary sources of anthropogenic emissions. Households were the third greatest emitting actor in 2012, but they became the second highest emitting actor in 2021, according to Eurostat (2022) data for EU-27 countries. The European Commission, according to Ivanova et al. (2017), encourages member states to combine national and international climate change mitigation measures with local environmental policies, but efforts to measure greenhouse gas (GHG) emissions from household consumption have remained marginally weak. However, in order to achieve global climate mitigation, emissions from household activities must be reduced (Chen et al., 2022a).

Combating climate change and practicing responsible consumption are significant focal topics in the context of the Sustainable Development Goals. To meet these targets, it is critical to focus on reducing greenhouse gas emissions in households, businesses, and society as a whole. Because changing consumer behaviour patterns is difficult in many ways (such as bureaucracy, individual consumption patterns, and political feasibility), and also because changing these patterns is difficult in the short term, rapid and planned action is required to reduce household emissions that cannot be adequately reduced. Analysing the main drivers of change in household greenhouse gas emissions is essential for constructing household emission policies.

Determine the source of the change in emissions by nation in this context can be utilised to obtain country-specific conclusions. For example, policy should differ in two situations: when emissions per energy consumption increase household greenhouse gas emissions and when household final expenditure per capita increases emissions. Policies aimed at increasing energy efficiency and lowering consumption can be undertaken in the first situation. This could include promoting energy-efficient household appliances and structures, extending and supporting the use of renewable energy sources, and encouraging energy-saving habits. In the second example, if we are confronted with a scenario in which household final expenditure per capita increases emissions, we must choose policies that try to guide consumer behaviour. Exemplary measures will be applicable at this point, such as the use of environmental labelling and awareness campaigns, offering incentives to promote access to low-carbon products and services, and programmes that foster sustainable consumption habits. In such a circumstance, household consumption can be

reduced by investing in green technologies and employing economic measures such as carbon taxes.

In this context, the purpose of this study is to use the Log Mean Divisia Index (LMDI) to examine the key factors of the change in greenhouse gas emissions generated by household activities for the EU-27 countries between 2010 and 2021. Non-LMDI decomposition approaches and other techniques were commonly utilised in EU research in the literature in household research (Christis et al., 2019; Duarte et al., 2021, 2013). Furthermore, most decomposition studies in the EU have concentrated on sectoral and macro-level emissions (Diakoulaki & Mandaraka, 2007; González et al., 2024; Moutinho et al., 2015; Robaina & Neves 2021). The following are the study's contributions to the literature: i) it examines the determinants of household emissions in the EU-27 countries for the current period of 2010-2021; ii) unlike the literature, it detects the effects of the determinants using LMDI decomposition analysis rather than SDA; and iii) it analyses greenhouse gas emissions, which is more comprehensive because there are generally studies addressing CO<sub>2</sub> emissions for EU households.

To examine the change in greenhouse gas emissions, the Kaya Identity/IPAT definition (Kaya, 1990; Li et al., 2019) is used and adapted for households. Accordingly, four factors are defined in this study. The effect of the change in emission intensity, which describes the effect of greenhouse gas emissions per household's total energy expenditure, is given by  $\Delta GE$ . The second effect,  $\Delta EF$ , expresses the effect of energy consumption per household final consumption expenditure. The expenditure effect, expressed as final household consumption expenditures per capita, is calculated by the third effect,  $\Delta FP$ . The fourth and final effect,  $\Delta P$ , quantifies the population effect, which expresses how the country's population affects emissions.

When yearly period findings were reviewed, it was discovered that the expenditure effect had an increasing effect on greenhouse gas emissions in almost all countries from 2013 to 2021 (except for the 2019–2020 period). Furthermore, the population effect contributes to increased emissions. From 2010 to 2021, population changes boosted greenhouse gas emissions in an average of 17–18 countries.

The energy intensity factor is revealed to be the most effective factor in reducing household emissions in 21 nations over the 2010-2015 sub-period. The emission intensity factor has been found to have a rising effect on emissions in 16 nations. It is important to note that household



emission performance dropped in the second sub-period compared to the first. The expenditure effect has been determined to account for the majority of this change in most nations. The emission intensity impact, on the other hand, which has an increasing effect on emissions in the first sub-period, has a lowering effect on emissions in the second sub-period. This improvement could be attributed to the EU's increased use of renewable energy.

Finally, in the total sample period (2010-2021), it was found that while emission intensity and energy intensity factors had a reducing effect on emissions in most countries, the expenditure and population effect moved to increase emissions. In order to effectively reduce household emissions in the EU 27 countries, one of the main challenges is the increase in greenhouse gas emissions brought on by expenditure effects and population effects. However, by highlighting feasible policy options, this barrier also offers a chance to reduce greenhouse gas emissions.

Emission reduction performances can be enhanced if the expenditure factor's effects, which have a rising effect on emissions, can be reduced. Choosing policies that concentrate on influencing consumer behaviour instead of policies that increase energy efficiency and reduce energy consumption will be more effective for reduction, especially in a situation where households' greenhouse gas emissions increase due to final consumption expenditure per capita. Policies that are relevant in this context include environmental labelling, awareness campaigns, expanding access to and offering incentives for low-carbon goods and services, and encouraging sustainable consumption patterns. In addition, controlling greenhouse gas emissions brought on by these actors' actions may also be accomplished through the use of policy instruments like carbon taxes that can directly influence household expenditures.