

TÜRKİYE'DE SANAYİ ÜRETİM ENDEKSİ, KENTLEŞME, BİRİNCİL ENERJİ ARZI, KARBON AYAK İZİ VE DIŞ TİCARET AÇIĞI ARASINDAKİ İLİŞKİ*

Hasan UMUTLU¹, Zehra NAMLI BİLMEZ²

Öz

Artan nüfus ve sonsuz olan insan ihtiyaçları karşısında sınırlı olan doğal kaynaklar tükenme tehlikesiyle karşı karşıya kalmıştır. Türkiye’de bunlara ek olarak birincil enerji kaynakları büyük oranda ithalat ile temin edildiği için bu durum dış ticaret açığına yol açmaktadır. Bu perspektifle Türkiye’de mevcut durumun tespit edilebilmesi açısından 1990-2022 döneminde birincil enerji arzı, dış ticaret açığı, kentleşme, sanayi üretim endeksi ve karbon ayak izi ilişkisinin analiz edilmesi önem arz etmektedir. Çalışmada ARDL sınır testi bulgularına göre değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi gözlenmiştir. Toda-Yamamoto nedensellik testinin bulgularına göre Türkiye’de 1990-2022 dönemi arasında dış ticaret açığı ve karbon ayak izinden birincil enerji arzına; birincil enerji arzından kentleşmeye; birincil enerji arzı, dış ticaret açığı ve karbon ayak izinden sanayi üretim endeksine ve son olarak sanayi üretim endeksinden karbon ayak izine doğru nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kentleşme, Ekonomik Büyüme, Çevre Kirliliği.

JEL Sınıflandırması: P25, O40, Q50

THE RELATIONSHIP BETWEEN INDUSTRIAL PRODUCTION INDEX, URBANIZATION, PRIMARY ENERGY SUPPLY, CARBON FOOTPRINT AND TRADE DEFICIT IN TURKEY

Abstract

In the face of increasing population and endless human needs, limited natural resources have faced the danger of depletion. In addition to these, primary energy resources in Turkey are largely imported, leading to a foreign trade deficit. In this perspective, it is important to analyze the relationship between primary energy supply, foreign trade deficit, urbanization, industrial production index and carbon footprint for the period 1990-2022 in order to determine the current situation in Turkey. According to the findings of the ARDL bounds test, cointegration relationship is observed between the variables. According to the findings of the Toda-Yamamoto causality test, a causality relationship was detected from foreign trade deficit and carbon footprint to primary energy supply; from primary energy supply to urbanization; from primary energy supply, foreign trade deficit and carbon footprint to industrial production index and finally from industrial production index to carbon footprint in Turkey for the period 1990-2022.

Keywords: Urbanization, Economic Growth, Environmental Pollution

JEL Classification: P25, O40, Q50

* Bu çalışma 21-22 Şubat'ta Düzce'de gerçekleştirilen Conference on Climate Change, Sustainability, and International Cooperation (CLICS) kongresinde özet bildirisi olarak sunulmuştur.

¹ Arş. Gör. Dr., Düzce Üniversitesi, Akçakoca Bey Siyasal Bilgiler Fakültesi, İktisat Bölümü, e-posta: hasanumutlu@duzce.edu.tr, ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-2604-3573>

² Arş. Gör., Düzce Üniversitesi, Akçakoca Bey Siyasal Bilgiler Fakültesi, Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Bölümü, e-posta: zehranamli@duzce.edu.tr, ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-0532-953X>

1. GİRİŞ

Sanayi devrimi sonrasında nüfus ve dünya yüzeyinde kapladığı alan açısından büyüyen kentlerin, insan yaşamında olduğu gibi ayrıca ekosistem açısından da ciddi etkilere sahip olduğu gözlemlenmektedir. Kentleşme, genel bir tanımlamayla insanların kentlerde toplanma aşaması ile bu aşamaya bağlı olarak toprak kullanımı, hayat tarzı, peyzaj, iş bölümü olmak üzere önemli bir dönüşüm ve değişim olarak ifade edilebilir (Yıldırım, 2019:173). İktisadi, sosyolojik, psikolojik, siyasi ve teknolojik nedenlerle gelişen kentleşme süreci, gelişmiş ülkeler açısından sanayileşmenin bir neticesi olarak değerlendirilmektedir. Diğer taraftan gelişmekte olan ülkeler için kentleşme sonrasında bir sanayileşme sürecinin yaşandığı vurgulanmaktadır (Keleş, 2017:41).

Kentleşme kavramı değerlendirilirken en çok karşılaşılan kavramlardan birisi sanayileşmedir. Sanayileşme temel anlamda ekonominin seri üretime ve imalat endüstrisine dönüşmesini ifade etmektedir. Ülkedeki sanayi sektörünü yansıtan temel göstergelerden biri sanayi üretim endeksidir. Buna göre sanayi üretim endeksi, sanayi sektörünün mevcut halini yansıtmak, üretim faaliyetlerinin yıllar bakımından karşılaştırılmasını yapmak amacıyla oluşturulmaktadır (Koç, Kaya ve Şenel, 2016: 43).

Kentlerde yaşamın sürdürülebilmesi ve sanayide üretimin devamlılığının sağlanması için en temel ihtiyaç enerjidir. Enerji, herhangi bir işi, olayı yapabilme gücü olarak tanımlanabilir. Enerjinin doğrudan hareketle bir ilişkisi olduğu vurgulanmalıdır. Ekosistem içerisinde enerji farklı şekillerde bulunmaktadır. Enerji kaynakları temel olarak yenilenebilir ve birincil-yenilenemez enerji kaynakları diye ikiye ayrıldığı ifade edilebilir (Toprak, 2003:11-19). Yenilenemez enerji kaynaklarından enerji elde edilirken atmosferde sera etkisi oluşmaktadır. Diğer bir ifadeyle bu kaynaklar atmosferdeki karbondioksit oranını yükseltmekte ve çevresel dengeleri değiştirmektedir (Çoban ve Şahbaz-Kılınç, 2015:196-197). Sera gazı emisyonu veya karbon emisyonu olarak tanımlanan bu durum ekosistemin devamlılığını sağlamak adına ciddi bir tehdit olarak görülebilir. Yenilenebilir enerji kaynakları ise genel anlamda rüzgâr, güneş, hidrolik ile dalga enerjisi şeklinde sıralanmaktadır (Koç ve Kaya, 2015:37). Bu kaynakların yenilenemez enerji kaynaklarından en önemli farkı, enerji üretimi sürecinde ortaya çıkan sera gazı emisyonunun sıfıra yakın olmasıdır.

Rusya-Ukrayna krizi ile ülkelerin yenilenemez enerji kaynaklarına olan erişimi zorlaşmış, Avrupa’da enerji arzı uzun bir süre kesintiye uğramış (IMF, 2023) ve enerji fiyatlarında yaşanan artış enflasyon oranlarını olumsuz olarak etkilemiştir. Yaşanan bu durum sadece yaşam standartlarını düşürmekle kalmayıp yoksulluğun artmasına sebep olmuş ve uzun vadede büyümeyi düşürecek potansiyele sahip olmuştur. Bu da toplumsal huzursuzluğu ve göçü de beraberinde getirmiştir (Rother vd., 2022:4). Örneğin Avrupa Birliği’nin Rusya’daki doğal gaz bağımlılığının azaltılması için Uluslararası Enerji Ajansı bir bildiri yayımlamıştır. Raporda üzerinde en çok durulan konu yenilenebilir enerji kaynaklarına olan dönüşüm olmuştur. Rusya’daki enerji kaynaklarının yerine alternatiflerinin kullanılması, yenilenebilir enerji yatırımları bağlamında yeni güneş ve rüzgar enerjisi ile nükleer ve biyo-enerji ile ilgili yatırımların yapılması, geleneksel yakıtlı kazanlar yerine ısı pompalarının kullanılması, sanayi ve binalarda enerji verimliliğinin tesis edilmesi ve çevre kirliliği oluşturmeyen enerji kaynaklarının tercih edilmesi raporda yenilenebilir enerji kapsamında dikkat çeken maddeler arasında yer almaktadır (IEA, 2022).

Ancak yenilenebilir enerji kaynaklarına dönüşüm ve yatırımların uzun sürmesi acil durumlar için ülkeleri kısa vadede diğer çözümlere yönlendirmektedir. Avrupa Birliği ülkeleri Ukrayna-Rusya krizi sonrasında yenilenebilir enerji kaynaklarına dönüşümü hedeflese de (Cohen, 2022) örneğin Almanya nükleer enerji ve kömür ile alternatif oluşturmaya çalışmıştır (Bostanoğlu, 2022: 11-12). Yine

Fransa’da nükleer enerji santrallerine ve kömürle çalışan elektrik santrallerine olan ilgi yeniden artmıştır (Bağış, 2022:63).

Birincil enerji kaynakları, herhangi bir dönüşüme uğramadan kaynağından doğrudan kullanılan enerji olarak tanımlanmaktadır. Ham bir enerji kaynağı olarak da ifade edilebilir. Bu kaynaklar kömür, doğal gaz, petrol gibi yenilenemez enerji kaynaklarının yanı sıra rüzgar, güneş, hidroelektrik gibi yenilenebilir enerji kaynaklarını da kapsamaktadır. Son yıllarda küresel alanda enerji talebinde %30’luk artışın olduğu bilinmektedir (Wu ve Chen, 2017). Bu kapsamda enerji talebinde görülen artışın birincil enerji arzına da yansıdığı ifade edilebilir. Nitekim kentleşme ve sanayileşmeyle birlikte artan enerji ihtiyacı, birincil enerji arzını da beraberinde getirmekle birlikte güvenli bir şekilde enerji tedarik edilmesi önem arz etmektedir.

Bu çalışma kapsamında kullanılan diğer bir değişken olan karbon ayak izi ise bir birey, kuruluş veya ürünü yaşamı boyunca ürettiği toplam sera gazı emisyonları olarak tanımlanmaktadır. Birey veya kuruluşların yürütmüş oldukları faaliyetler, enerji üretimi, ulaşım, sanayi, tarım gibi sektörler sonucunda veya bir ürünün üretim süreci boyunca geçirmiş olduğu işlemler sonucunda ortaya çıkan sera gazı emisyonlarını ifade etmektedir. Bu hesaplamalar genellikle insan faaliyetlerinden çevrenin nasıl etkilendiğini ölçmek için kullanılmaktadır (Wright vd., 2011). Özellikle üretim-tüketim döngüsü içerisinde karbon ayak izinin ölçülmesi çevresel etkilerin ortaya konulmasına katkı sunmaktadır.

Az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin gelişmiş ülke standartlarına ulaşabilmesi için rekabet güçlerini artırmaları gerekmektedir. Günümüzde rekabet gücünü etkileyen temel faktörler ise ileri teknolojilerini geliştirebilmek için gerekli olan sanayi strateji ve politikalarıdır. Dış ticaret ise ülkelerin ekonomilerinde etkili ve önem seviyesi yüksek bir rekabet gücü olarak dikkat çekmektedir (Çütcü, 2021: 2). Türkiye’nin küresel rekabet çerçevesinde avantajlı olduğu ürünler bulunmakla birlikte özellikle birincil enerji kaynaklarını ithalat ile tedarik etmesi dış ticaret dengesini olumsuz etkileyen bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır.

Covid-19 Pandemi süreci ile Rusya-Ukrayna krizi sonrasında enerji kaynaklarına erişimin önemi daha iyi anlaşılmıştır. Türkiye’de dış açığın artmasına sebebiyet veren en önemli kaynaklardan biri enerji olduğu ve küresel olarak CO2 emisyonlarının çevreye vermiş olduğu zararın azaltılması düşünüldüğü için yenilenebilir enerji kaynakları yatırımları artırılmaya çalışılmaktadır (Sertgümeç vd., 2021: 377). Bu durum Türkiye’ye dış açığın ve enerji tedarikinde dış ülkelere bağımlılığın azaltılması, yenilenebilir enerji tüketiminin artırılması ile CO2 emisyonlarının minimuma düşürülmesi gibi birçok avantaj sağlamaktadır.

Enerji tedariki konusunda dışarıya bağımlı olunması, yenilenemez enerji kaynaklarına yeteri kadar sahip olunamadığı için Ukrayna-Rusya krizinde de görüldüğü üzere enerji tedariki konusunda uluslararası sorunların yaşanması, dış açığa neden olarak enerji kaynaklarının Türkiye’ye önemli bir maliyet oluşturmaları, yenilenemez enerji kaynaklarının çevre kirliliğini artırması, artan sanayileşme ve yaşanan ekonomik büyümenin çevre kirliliğini artırması ve son olarak yaşanan kentleşme sürecinin de sanayileşme ve çevre kirliliğini etkilemesi Türkiye’de böyle bir çalışma yapılmasını gerekli kılmıştır. Çalışmada verilerin ulaşılabilirliği de dikkate alınarak 1990-2022 döneminde birincil enerji arzı, dış ticaret açığı, kentleşme, sanayi üretim endeksi ve karbon ayak izi arasındaki ilişki ele alınmıştır. Çalışmada değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkiye ulaşabilmek için ARDL sınır testine yer verilmiştir. Çalışmada nedensellik testi için de Toda-Yamamoto nedensellik testine başvurulmuştur.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Aşağıdaki Tablo-1’de çalışma ile ilgisi olan literatüre yer verilmiştir. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde değişkenler arasında uzun dönemli ilişki tespit edilirken tek yönlü ya da karşılıklı nedensellik ilişkisine ulaşıldığı çalışmaların yer aldığı görülmektedir. Çalışmada kullanılan değişkenlerin iki ya da daha fazla şekilde ele alındığı çalışmalar mevcutken beş değişkenin de birlikte kullanıldığı çalışmaya literatür taraması neticesinde rastlanmamıştır. Çalışmalarda ARDL sınır testi ile değişkenler arasındaki sadece uzun dönemli ilişkinin incelendiği çalışmalar mevcutken ARDL testi ile Granger nedensellik analizinin birlikte incelendiği çalışmalar da mevcuttur.

Çalışmada literatürdeki çalışmaların aksine genel olarak kullanılan ADF birim kök testi yerine Ng-Perron birim kök testine yer verilmiştir. Çünkü Ng-Perron birim kök testinde PP, ADF ve KPSS birim kök testlerinin hipotezleri de yer almaktadır. Bununla birlikte çalışmada genel literatürdeki Granger Nedensellik analizinin aksine Toda-Yamamoto Nedensellik analizi kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan değişkenler literatür taraması neticesinde tespit edilirken literatürdeki bazı çalışmaların (Kim, 2020; Raihan vd., 2022) aksine ekonomik büyüme ve sanayi üretim endeksi arasındaki ilişki dikkate alınarak bu verilerden sanayi üretim endeksi verisine yer verilmiştir.

Tablo 1. Literatür Taraması

Yazarlar	Ülke / Dönem	Test	Sonuç
Çütcü vd., 2024	Türkiye / 1960-2015	Zamanla Değişen Nedensellik Testi	GDP’den ekolojik ayak izine doğru nedensellik ilişkisi tespit edilememişken belirtilen tarihlerde ihracat, enerji tüketimi, ithalat ile ekolojik ayak izi arasında karşılıklı nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Ayrıca ekolojik ayak izinden GDP’ye doğru da nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.
Yıldız ve Yıldız, 2024	G5 Ülkeleri / 1990-2018	Ağırlıklandırılmış Ortalama Grup	Çalışma sonucunda hava yolu yük taşımacılığının CO ₂ emisyonunu negatif yönde etkilediği görülmüştür. Ancak iki modelde de ekonomik büyümenin CO ₂ emisyonunu pozitif, enerji tüketiminin ise negatif yönde etkilediği görülmüştür.
Aktürk Gültekin, 2023	Türkiye / 1990-2018	ARDL Sınır Testi	İki farklı ARDL modeli kurulmuş oluo ilk modelde gelir eşitsizliği ve nüfus artışı ekolojik ayak izini azaltırken gıda üretim endeksi ekolojik ayak izini artırmıştır. Ticari açıklık ise anlamsız olarak bulunmuştur. İkinci modelde ticari açıklık ve gelir eşitsizliği ekolojik ayak izini azaltırken GSYİH, nüfus ve yenilenebilir enerji ekolojik ayak izini artırmıştır.
Gieraltowska, 2022	163 ülke / 2000-2016	GMM	Çalışma sonucundaki bulgulara göre kentleşmenin CO ₂ emisyonlarıyla ters u şeklinde ilişkisi olduğu bununla birlikte yenilenebilir enerji tüketiminin CO ₂ emisyonunu azalttığı sonucuna ulaşılmıştır.
Selek, 2022	OECD Ülkeleri / 2000-2020	FMOLS, DOLS, ARDL ile Granger nedensellik testleri	Çalışmadaki nedensellik analizine göre güneş enerjisi, kentleşme ve CO ₂ emisyonu arasında iki yönlü bir nedensellik ilişkisi gözlenmiştir.
Raihan vd., 2022	Bangladeş / 1990-2019	Dynamic Ordinary Least Squares (DOLS) veanalizi	Çalışma sonucunda elde edilen bulgular Bangladeş’te ekonomik büyüme, kentleşme ve sanayileşmenin CO ₂ emisyonlarını artırdığını ortaya koymaktadır.
Taştan Terzioğlu, 2021	Türkiye / 1980-2018	Gregory ve Hansen testi, Hatemi-J ve FMOLS	1999 dönemi öncesinde enerji tüketimi ve sanayi üretim endeksinde meydana gelen artış karbondioksit emisyonunu artırmakla birlikte 1999 dönemi sonrasında enerji tüketimi, karbondioksit emisyonu üzerinde anlamlı ve aynı yönde etkisini devam ettirmektedir. Sanayi üretim endeksi değişkeni ele alındığında istatistiksel olarak karbondioksit emisyonu üzerindeki istatistiksel olarak anlamlı etkisinin 1999 dönemi sonrasında azaldığı sonucuna ulaşılmıştır.

Yeter 2021	vd.,	Türk Cumhuriyetler / 1992-2019	GMM		Karbon emisyonunun bir önceki yıldaki gerçekleşen değerinin bir sonraki yıl karbon emisyonlarını ve gelirdeki artışın karbon emisyonlarını yine iki modelde de artırdığı görülürken gelirdeki artışın uzun dönemde karbon emisyonlarını azaltması beklenmektedir. Enerji tüketimi de karbon emisyonlarını artırmaktadır.
Özdemir ve Koç, 2020	ve	Türkiye / 1960-2017	ARDL Testi	Sınır	Çalışmada enerji kullanımı ve ticari dışa açıklığın karbon emisyonunu pozitif, yenilenebilir enerji kullanımının ise karbon emisyonunu negatif yönde istatistiksel anlamlılığa sahip bir şekilde etkilediği tespit edilmiştir.
Erdoğan 2020	vd.,	İlk 10 hava yolu taşıyıcısı ülke / 1995-2014	Mean-Group Tahmincisi ve FMOLS		Ekonomik büyüme ve hava yolu ulaşımının CO ₂ emisyonu üzerinde pozitif etkiye sahip olduğu görülmüştür.
Kim, 2020		Kore / 1981-2014	ARDL Testi	Sınır	Uzun dönemde kentleşme ve ekonomik büyüme, sera gazı emisyonlarının artmasına katkıda bulunan temel faktörler olarak değerlendirilirken imalat sanayinin payı, yenilenebilir enerji ve nükleer enerjinin CO ₂ emisyonunu negatif olarak etkilediği görülmüştür. Doğrudan yabancı yatırım girişi CO ₂ emisyonunun artmasına yol açmakla birlikte istatistiki düzeyde anlamlı değildir. Kısa dönemde ise ekonomik büyüme CO ₂ emisyonlarında artışa neden olurken, yenilenebilir ve nükleer enerji de CO ₂ emisyonlarının azalmasına yol açmaktadır.
Koengkan vd., 2020		Seçili 5 ülke / 1980-2014	Panel Vector Autoregression (PVAR) model		Çalışma sonucunda kentleşme, ekonomik büyüme ve fosil yakıt tüketimi CO ₂ emisyonunu artırırken, yenilenebilir enerji tüketimi ise CO ₂ emisyonunu azaltmıştır.
Mahmood, Alkhateeb ve Furqan, 2020		Suudi Arabistan / 1968-2014	ARDL testi	sınır	Çalışmada değişkenler arasında kısa ve uzun dönemli ilişki gözlenmiştir. Doğrusal olmayan analizlerde sanayileşme ve kentleşmenin çevre kirliliğini artırdığı sonucuna ulaşılmıştır.
Shaari, Abidin ve Karim, 2020		20 ülke / 1990-2017	ARDL testi	sınır	Çalışma sonucunda yenilenebilir enerji tüketiminin CO ₂ emisyonunu azaltacağı tespit edilmiştir. Ancak ekonomik büyüme ve nüfus artışı uzun vadede daha yüksek bir CO ₂ emisyonuna yol açabilmektedir. Kısa vadede ise ekonomik büyüme daha fazla CO ₂ emisyonunu beraberinde getirmektedir.
Anwar, Younis ve Ullah, 2020		Uzak Doğu Ülkeleri / 1980-2017	Sabit ve Rassal Etkiler Modeli		Çalışma sonucunda kentleşme, ekonomik büyüme ve ticari açığın CO ₂ emisyonunu önemli ölçüde belirlediği tespit edilmiştir.
Aydoğan ve Vardar, 2019		E7 Ülkeleri / 1990-2014	Granger nedensellik testi		Çalışmada uzun dönemde CO ₂ emisyonları ve reel gayrisafı yurtiçi hasıla, tarımsal katma değer ve yenilenemeyen enerji tüketimi arasında pozitif; bununla birlikte CO ₂ emisyonları ile yenilenebilir enerji tüketimi ve reel gayrisafı yurtiçi hasılanın karesi arasında negatif ilişki olduğu görülmüştür.
Wang, Li ve Fang, 2018		170 ülke / 1980-2011	PVAR, Granger nedensellik testi		Çalışma sonucunda CO ₂ emisyonları, kentleşme ve ekonomik büyüme, enerji tüketimi açısından eşbütünleşme ilişkisini sürdürmekte olduğu tespit edilmiştir. Testler neticesinde CO ₂ emisyonu ile kentleşme, enerji tüketimi, ekonomik büyüme arasında; ekonomik büyüme ile enerji tüketimi ve kentleşme arasında iki yönlü nedensellik ilişkisi gözlenmiştir.
Behera ve Dash, 2017		17 ülke / 1980-2012	DOLS ve FMOLS eş bütünleşme testi		Çalışma sonucunda örneklemdeki orta gelirli ülkelerde yenilenemeyen enerji tüketimi, kentleşme, doğrudan yabancı yatırım, ekonomik büyüme ve CO ₂ emisyonları arasında eşbütünleşme ilişkisinin olduğu neticesine ulaşılmıştır. Dolayısıyla birincil enerji tüketiminin, fosil yakıt enerji tüketiminin ve doğrudan yabancı yatırımın bölgedeki CO ₂ emisyonunu önemli ölçüde etkilediği görülmüştür.
Aye ve Edaja, 2017		31 gelişmekte olan ülke / 1971-2013	Dumitrescu and Hurlin panel nedensellik analizi		Çalışmada gerçekleştirilen analizler sonucunda düşük büyüme rejimi altında gerçekleşen ekonomik büyümenin CO ₂ emisyonları üzerinde etkisinin olumsuz olduğu bununla birlikte bu etkinin yüksek büyüme rejiminde marjinal etkisinin pozitif olduğuna ulaşılmıştır. Ulaşılan sonuçlara göre CO ₂ emisyonu, finansal gelişme, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında nedensellik ilişkisi olduğu neticesine ulaşılmıştır.
Destek, Ballı ve Manga, 2016		10 Avrupa Ülkeleri / 1991-2011	FMOLS, VECM, Granger		FMOLS testine göre enerji tüketimindeki %1’lik artış, CO ₂ emisyonunda %1,0863’lük bir artışa yol açtığı görülmüştür. Nedensellik analizine göre CO ₂ emisyonu ile reel GSYİH ve enerji tüketimi ile reel

			nedensellik testi	GSYİH arasında karşılıklı olarak nedensellik ilişkisinin olduğu gözlenmiştir.
Azam vd., 2015	Çin, ABD, Hindistan ve Japonya / 1971- 2013	FMOLS		Çalışmada enerji tüketimi ve CO ₂ emisyonunun ekonomik büyüme üzerinde olumsuz etkisi görülmüştür. ABD, Çin ve Japonya’da ekonomik büyümenin karbon emisyonu ile pozitif ilişki içinde olduğu ancak Hindistan’da negatif ilişki içinde olduğu tespit edilmiştir.
Kasman ve Duman, 2015	Avrupa Birliği üyesi ülkeler ve Avrupa Birliği’ne aday ülkeler / 1992-2010	Panel FMOLS		Çalışma sonucunda CO ₂ emisyonu ile reel gelir arasında ters u ilişkisinin olduğu, kısa dönemde enerji tüketimi, ticari açık ve kentleşmeden emisyonu ve gayrisafi yurtiçi hasıladan enerji tüketimine nedensellik olduğu gözlenmiştir. Uzun dönemde değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olduğu gözlenmiştir.
Çetin ve Seker, 2014	Türkiye / 1980-2010	ARDL Sınır Testi		Dış ticaret açıklığı ve ekonomik büyümenin uzun dönemde çevre kirliliğini artırdığı sonucuna ulaşılmıştır.
Çoban ve Şahbaz Kılınç, 2012	Türkiye / 1990-2012	Granger Nedensellik Analizi		Çalışmada yenilenebilir enerji tüketiminin CO ₂ emisyonunu negatif yönde etkilediği tespit edilmiştir. Ayrıca kişi başı gayrisafi yurt içi hasıladaki artışın kişi başı CO ₂ emisyonunu pozitif yönde etkilediği görülmüştür.
Liu, 2009	Çin / 1978-2008	ARDL sınır testi ile Granger Nedensellik Analizi		Çalışmada enerji tüketimi, ekonomik büyüme, nüfus artışı ve kentleşme arasında uzun dönemli ilişki gözlenmiştir. Kentleşmeden toplam enerji tüketimine doğru kısa ve uzun dönemde nedensellik tespit edilmiştir.

3. AMPİRİK UYGULAMA

3.1. Model ve Veri Seti

Bu çalışmada birincil enerji arzı, dış ticaret açığı, kentleşme, sanayi üretim endeksi ve karbon ayak izi arasındaki ilişkinin incelenmesi için aşağıda tanımlanan model kullanılacaktır:

$$energy_t = \alpha_0 + \alpha_1 disticaret_t + kentlesme_t + endüstri_t + karbon_t + e_t \quad (1)$$

Çalışmada Türkiye’de 1990-2022 dönemi arasında dış ticaret açığı, kentleşme, sanayi üretim endeksi ve karbon ayak izi değişkenlerinin birincil enerji arzı üzerindeki etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada çevre kirliliği verisi olarak güncel gelişmelerde dikkate alınarak karbon ayak izi verisi kullanılmıştır. Bu kapsamda çalışmada kullanılan değişkenler ve kaynakçaları Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. Değişkenlerin Tanımlanması

Değişken İsmi	Kaynakça
Birincil enerji arzı	OECD
Dış ticaret açığı	WorldBank
Kentleşme	WorldBank
Sanayi üretim endeksi	WorldBank
Karbon ayak izi	Global Footprint Network

3.2. Yöntem

Çalışmada değişkenlerin birim kök testleri incelendikten sonra değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisine ARDL sınır testi analizi ile bakılmıştır. Düzey seviyelerinde durağan olmadığı ya da birim kök içerdiği tespit edilen en az iki değişkenin durağan bir bileşimi olduğunu ifade etmekte olan eşbütünleşme kavramını test etmek için literatürde genellikle Engle-Granger ya da Johansen gibi analizler yapılmaktadır. Bahsedilen eşbütünleşme testlerinde aralarında eşbütünleşme ilişkisi incelenmekte olan değişkenlerin aynı seviyede durağan olmaları varsayımı yapılmaktadır. Bu durum Pesaran ve Pesaran (1997) ile Pesaran vd. (2001) tarafından eşbütünleşme analizine sınır testi

yaklaşımının literatüre kazandırılması ile ortadan kalkmıştır. Bununla birlikte sınır testi yaklaşımında modelde kullanılacak değişkenlerin I (0) ya da I (1) olmasına bakılmadan sınır testi uygulanabilmektedir. Bu yüzden de sınır testi analizini gerçekleştirmeden önce değişkenlerin durağanlık durumlarını incelemeye ihtiyaç yoktur. Ancak Pesaran vd. (2001)’deki kritik değerler, değişkenlerinin I (0) ve I (1) olup olmadığına göre tablolastırıldığından dolayı değişkenlerin I (2) olma durumuna göre sınanması önem arz etmektedir (Eriçok ve Yılcı, 2013:95). ARDL sınır testinin üç kritik aşamadan oluştuğu bilinmektedir. İlki değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin varlığının sınanmasıdır. Diğer iki adımda ise uzun dönemli ilişkinin tespit edildiği varsayımı ile sırasıyla uzun ve kısa dönem sonuçlara ulaşılmaktadır (Narayan ve Smyth, 2006:337). Değişkenler arasındaki nedensellik analizi Toda-Yamamoto nedensellik testi ile incelenmiştir.

3.3. Ampirik Bulgular

3.3.1. Birim Kök Testi

Ng ve Perron 2001 yılındaki çalışmalarında hataların hareketli ortalama kökünün -1’e yaklaştığında yüksek dereceden gecikme uzunluğu kullanılması gerektiğine rağmen bayezien ve akaike kriterlerin küçük gecikme uzunluğunu seçtiğini göstermişlerdir. Ng ve Perron tarafından oluşturulan birim kök testinde yeni bilgi kriterleri düzenlenmiştir. Ng-Perron testi 4 farklı testten meydana gelmektedir. MSB ile MPT, KPSS mantığıyla çalışmaktadır. KPSS testi pozitif değer almakta ve LM test istatistiğine dayanmaktadır. KPSS testi nispeten diğer birim kök testlerine göre daha güçlü bir testtir. KPSS testi hipotezleri aşağıdaki şekildedir (Sarıkovalık vd., 2019:22):

H0: Değişkenler durağandır.

H1: Değişkenler birim köklüdür.

MZ α ile MZt, PP ve ADF mantığıyla çalışmakta ve hipotezleri de bu şekildedir:

H2: Değişkenler birim köklüdür.

H3: Değişkenler durağandır.

Tablo-3’teki MZ α ile MZt kritik değerlerine göre dış ticaret değişkeni için H2 hipotezi kabul edilmemektedir. MSB ile MPT kritik değerlerine göre ise H0 hipotezi kabul edilmektedir. Buna göre dış ticaret açığı değişkeni için seri düzey değerinde durağan durumdadır. Karbon ayak izi, sanayi üretim endeksi, kentleşme ve birincil enerji arzı değişkenleri için MZ α ile MZt kritik değerlerine göre H3 hipotezi kabul edilmemektedir. MSB ile MPT kritik değerlerine göre ise H0 hipotezi kabul edilmemektedir. Buna göre bahsedilen dört değişken için de seri düzey değerinde birim kök içermektedir.

Tablo 3. Ng-Perron Birim Kök Testi Sonuçları

	Ng-Perron			
	MZ α	MZt	MSB	MPT
Dış ticaret açığı				
Asimptotik kritik değeri:	-14.2746	-2.66655	0.18680	1.73537
5% düzeyi	-8.10000	-1.98000	0.23300	3.17000
Karbon ayak izi				
Asimptotik kritik değeri:	-10.9542	-2.24912	0.20532	8.75753
5% düzeyi	-17.3000	-2.91000	0.16800	5.48000
Sanayi üretim endeksi				
Asimptotik kritik değeri:	-2.87620	-1.14842	0.39928	8.37470

5% düzeyi	-8.10000	-1.98000	0.23300	3.17000
Birincil enerji arzı	MZa	MZt	MSB	MPT
Asimptotik kritik değeri:	-13.5134	-2.51475	0.18609	7.21197
5% düzeyi	-17.3000	-2.91000	0.16800	5.48000
Kentleşme	MZa	MZt	MSB	MPT
Asimptotik kritik değeri:	-6.12972	-1.74644	0.28491	14.8622
5% düzeyi	-17.3000	-2.91000	0.16800	5.48000

3.3.2. ARDL Sınır Testi Yaklaşımı

ARDL sınır testi yaklaşımını uygulanırken VECM için en büyük gecikme uzunluğunun belirlenmesi gerekmektedir. VECM için en uygun gecikme uzunluğu hem en fazla yıldız ataması yapılan bilgi kriterleri ile hem de Akaike ve Schwarz Bilgi Kriterleri ile tespit edilmiştir. Bu kriterlere göre Tablo-4’de her gecikme düzeyi açısından hesaplanmış olan uygun gecikme uzunluğu 1 olarak bulunmuştur.

Tablo 4. Değişkenlerin Ortak Gecikme Uzunlukları

Gecikme Sayısı	AIC	SC	HQ
0	5.728801	5.960089	5.804195
1	-0.059541*	1.328189*	0.392824*
2	0.265283	2.809454	1.094620

*Bilgi kriterini en küçük yapan optimal gecikme sayısı

ARDL sınır testinde gecikme uzunluğu bulunduktan sonra değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişki F testi kullanılarak sınanmıştır. Hesaplanan F değeri, alt ve üst sınırların kritik değerleri 30 ve 35 gözlem sayıları için tabloda gösterilmiştir. Tablo 5’ten de görüleceği üzere hesaplanan F değeri, 30 ve 35 gözlem sayıları açısından üst kritik değerlerden büyük olduğundan dolayı değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi olmadığını ifade eden temel hipotez reddedilmektedir. Buna göre Türkiye’de 1990-2022 dönemi açısından birincil enerji arzı, dış ticaret açığı, kentleşme, sanayi üretim endeksi ve karbon ayak izi değişkenleri arasında eşbütünleşme ilişkisi tespit edilmiştir. Eşbütünleşme ilişkisinin varlığı bu beş değişkenin uzun dönemde birbirini etkilediğini ve birbirine bağımlı olduğunu göstermektedir. Bu kapsamda eşbütünleşme ilişkisinin varlığı bahsedilen değişkenlerin birbirine bağımlı olduğunu ve Türkiye’de uzun dönem dinamiklerin bu değişkenler arasında önemli ilişkiler olduğunu ispatlamaktadır. Özellikle birincil enerji arzı ve dış ticaret açığı göstergelerinin sanayi üretim endeksi ile olan ilişkisi politika yapıcılar açısından önemli neticeler ortaya koymakta ve sanayi üretim endeksi ve enerji arz güvenliği arasındaki uzun dönemli ilişkinin önemini ortaya koymaktadır. Bulgular enerji arzı ve sanayi üretimi gibi önemli değişkenlerin planlanması sırasında karbon ayak izi ve dış ticaret açığı gibi ekonomik ve çevresel faktörlerin de dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Tablo 5. Sınır Testi Sonuçları

Gözlem Sayısı	F-İstatistiği	Alt Sınır Değeri	Üst Sınır Değeri	Anlamlılık Düzeyi
35	10.60284	3.276	4.63	%5
30	10.60284	3.354	4.774	%5

İkinci aşamaya geçildiğinde değişkenler arasındaki uzun dönem ilişkinin analizi açısından ARDL uzun dönem model kurulmuştur. Uzun dönem katsayılarının yer aldığı Tablo 6’da da görüldüğü üzere uzun dönem katsayılarından anlamlı olan sonuca göre dış ticaret açığından, sanayi üretim

endeksinden ve karbon ayak izinden birincil enerji arzına doğru %10 anlamlılık düzeyinde pozitif bir ilişki; kentleşmeden de birincil enerji arzına doğru negatif bir ilişki tespit edilmiştir. Buna göre dış ticaret açığında, sanayi üretim endeksinde ve karbon ayak izinde yaşanan %1’lik artış birincil enerji arzını sırasıyla %0.02, %0.02 ve %0.8 oranında artırırken kentleşme oranında meydana gelen %1’lik artış birincil enerji arzını %0.2 oranında azaltmaktadır.

Tablo 6: Uzun Dönem Katsayı Sonuçları

Değişken	Katsayı	Standart Hata	t-İstatistik	Olasılık
dış ticaret açığı	0.022618	0.006730	3.360856	0.0064
kentleşme	-0.236254	0.105883	-2.231281	0.0474
endüstri	0.025302	0.004118	6.143856	0.0001
karbon ayak izi	0.845765	0.096489	8.765391	0.0000

Birincil enerji arzı, dış ticaret açığı, kentleşme, sanayi üretim endeksi ve karbon ayak izi arasındaki kısa dönemli ilişkiyi incelemek için hata düzeltme modeline dayanmakta olan ARDL modeli sonuçları Tablo 7’de gösterilmektedir. Hata düzeltme modelinde beklenen durum hata düzeltme teriminin negatif ve bununla birlikte anlamlı olmasıdır. Bu bağlamda bulgulara göre hata düzeltme terimi beklendiği üzere negatif ve anlamlıdır. Buna göre birincil enerji arzının bağımlı değişken olduğu durumda meydana gelecek kısa dönemdeki bir dengesizlik uzun dönemde dengeye gelecektir denebilir. Kısa dönemde oluşan dengesizlik 1/0.547442 sonucuna göre yaklaşık olarak 1.82 dönem sonrasında dengeye gelebilecektir. Diğer bir ifadeyle kısa dönemde meydana gelen dengesizlik yaklaşık 1.82 sene sonra dengeye gelebilecektir.

Tablo 7. Kısa Dönem ARDL Modeli Tahminleri

Değişken	Katsayı	Standart hata	t-İstatistik	Olasılık
C	1.460633	0.164539	8.877148	0.0000
D(LNENERGY(-1))	-0.188793	0.098870	-1.909507	0.0826
D(LNENERGY(-2))	0.012197	0.095345	0.127927	0.9005
D(LNENERGY(-3))	-0.286937	0.093573	-3.066451	0.0107
D(D_STICARET)	0.006635	0.001847	3.593133	0.0042
D(D_STICARET(-1))	-0.005733	0.001361	-4.211930	0.0015
D(KENTLESME)	-0.042416	0.020421	-2.077144	0.0620
D(KENTLESME(-1))	0.175664	0.027757	6.328732	0.0001
D(KENTLESME(-2))	0.162594	0.021135	7.693298	0.0000
D(ENDUSTRY)	0.017556	0.003953	4.441295	0.0010
D(ENDUSTRY(-1))	0.006368	0.002901	2.194682	0.0506
D(ENDUSTRY(-2))	0.014813	0.003477	4.259819	0.0013
D(ENDUSTRY(-3))	0.009942	0.003336	2.979825	0.0125
CointEq(-1)*	-0.547442	0.064386	-8.502477	0.0000

3.3.3. Toda-Yamamoto Nedensellik Analizi

Toda ve Yamamoto (1995), analizde kullanılan değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisini incelemek için kullanılan testler arasında yer almaktadır. Diğer nedensellik testlerinden farklı olarak Toda-Yamamoto nedensellik testi değişkenlerin farklı mertebeden durağan olmaları halinde de kullanılabilir. Toda-Yamamoto nedensellik testine geçmeden önce öncelikle analizde kullanılan serilerin maksimum bütünleşme derecesi (dmax) ile uygun gecikme uzunluğu (p) tespit edilmiş olup (p+max) gecikmeli VAR modeli tahmin edilmiştir. Toda-Yamamoto nedensellik testinde analizde kullanılmakta olan değişkenler düzey değerlerinde kullanılmaktadır (Özşahin ve Şahin, 2023: 66). Bu

bağlamda Schwarz ve Hannan-Quinn bilgi kriterleri tarafından önerilen gecikme uzunluğu 1 olarak tespit edilmiştir. Optimal gecikme uzunluğu ile maksimum bütünleşme derecesi 1 olarak bulunduğu için $(p+dmax)$ koşulu dikkate alınarak 2 gecikmeli VAR modeli oluşturulmuş olup daha sonra seriler arasındaki nedensellik ilişkisi için modelin katsayılarına Wald testi uygulanmıştır. 1995 yılındaki çalışmalarında Toda ve Yamamoto, hesaplanan ki kare değerini modifiye edilmiş wald testi (MWALD) olarak önermişlerdir (Kızılgöl ve Öndes, 2021:210). Ancak bu test istatistik değerinin ki kare tablo değeri ile kıyaslanması yapılırken p serbestlik dereceli tablo değeri ile kıyaslanması gerektiğini belirtmişlerdir. Bu yüzden EViews’de $p+dmax$ koşulu çerçevesinde 2 serbestlik derecesine göre olasılık değeri verilmektedir. Bu sebeple çıkan sonuca göre olasılık değeri kullanılamayıp Toda ve Yamamoto’nun belirttiği gibi p serbestlik dereceli tablo değerine göre olasılık değeri tarafımızca hesaplanmış ve sonuçları verilmiştir.

Toda-Yamamoto Nedensellik analizi sonuçlarına Tablo-10’da yer verilmiştir. Buna göre Toda-Yamamoto Nedensellik testinin hipotezleri şu şekildedir:

H₄: Dış ticaret açığı, birincil enerji arzının nedeni değildir.

H₅: Dış ticaret açığı, birincil enerji arzının nedenidir.

H₆: Kentleşme, birincil enerji arzının nedeni değildir.

H₇: Kentleşme, birincil enerji arzının nedenidir.

H₈: Sanayi üretim endeksi, birincil enerji arzının nedeni değildir.

H₉: Sanayi üretim endeksi, birincil enerji arzının nedenidir.

H₁₀: Karbon ayak izi, birincil enerji arzının nedeni değildir.

H₁₁: Karbon ayak izi, birincil enerji arzının nedenidir.

H₁₂: Birincil enerji arzı, dış ticaret açığının nedeni değildir.

H₁₃: Birincil enerji arzı, dış ticaret açığının nedenidir.

H₁₄: Kentleşme, dış ticaret açığının nedeni değildir.

H₁₅: Kentleşme, dış ticaret açığının nedenidir.

H₁₆: Sanayi üretim endeksi, dış ticaret açığının nedeni değildir.

H₁₇: Sanayi üretim endeksi, dış ticaret açığının nedenidir.

H₁₈: Karbon ayak izi, dış ticaret açığının nedeni değildir.

H₁₉: Karbon ayak izi, dış ticaret açığının nedenidir.

H₂₀: Birincil enerji arzı, kentleşmenin nedeni değildir.

H₂₁: Birincil enerji arzı, kentleşmenin nedenidir.

H₂₂: Dış ticaret açığı, kentleşmenin nedeni değildir.

H₂₃: Dış ticaret açığı, kentleşmenin nedenidir.

H₂₄: Sanayi üretim endeksi, kentleşmenin nedeni değildir.

H₂₅: Sanayi üretim endeksi, kentleşmenin nedenidir.

H₂₆: Karbon ayak izi, kentleşmenin nedeni değildir.

- H₂₇: Karbon ayak izi, kentleşmenin nedenidir.
- H₂₈: Birincil enerji arzı, sanayi üretim endeksinin nedeni değildir.
- H₂₉: Birincil enerji arzı, sanayi üretim endeksinin nedenidir.
- H₃₀: Dış ticaret açığı, sanayi üretim endeksinin nedeni değildir.
- H₃₁: Dış ticaret açığı, sanayi üretim endeksinin nedenidir.
- H₃₂: Kentleşme, sanayi üretim endeksinin nedeni değildir.
- H₃₃: Kentleşme, sanayi üretim endeksinin nedenidir.
- H₃₄: Karbon ayak izi, sanayi üretim endeksinin nedeni değildir.
- H₃₅: Karbon ayak izi, sanayi üretim endeksinin nedenidir.
- H₃₆: Birincil enerji arzı, karbon ayak izinin nedeni değildir.
- H₃₇: Birincil enerji arzı, karbon ayak izinin nedenidir.
- H₃₈: Dış ticaret açığı, karbon ayak izinin nedeni değildir.
- H₃₉: Dış ticaret açığı, karbon ayak izinin nedenidir.
- H₄₀: Kentleşme, karbon ayak izinin nedeni değildir.
- H₄₁: Kentleşme, karbon ayak izinin nedenidir.
- H₄₂: Sanayi üretim endeksi, karbon ayak izinin nedeni değildir.
- H₄₃: Sanayi üretim endeksi, karbon ayak izinin nedenidir.

Tablo-10’deki sonuçlara göre H₄, H₁₀, H₂₀, H₂₈, H₃₀, H₃₄ ve H₄₂ hipotezleri kabul edilmemektedir. Buna göre Türkiye’de 1990-2022 döneminde dış ticaret açığı ve karbon ayak izinden birincil enerji arzına; birincil enerji arzından kentleşmeye; birincil enerji arzı, dış ticaret açığı ve karbon ayak izinden sanayi üretim endeksine ve son olarak sanayi üretim endeksinden karbon ayak izine doğru Toda-Yamamoto nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Çalışmada ulaşılan bulgulara göre Türkiye’de enerji ithalatına dayalı dış ticaret açığı politikaları ve çevresel etkiler enerji arzındaki değişimleri etkileyebilmektedir. Enerji arzındaki artışlar kentleşme ve buna bağlı olarak ortaya çıkan altyapı gelişmelerini tetikleyebilmektedir. Bu durum enerjiye erişim imkânlarının artması ile kentsel büyümenin pozitif olarak etkilenebileceğini ortaya çıkarmaktadır. Enerji arzı, dış ticaret açığı ile karbon ayak izi sanayi üretimini etkilemekte iken sanayi üretim endeksi enerji arzına bağımlı bir yapıda olmakla birlikte çevresel etkilerden ve dış ticaretten de etkilenebilmektedir. Bu durum sanayileşme sürecinde çevresel etkilerin önemini ortaya koyarken karbon salınımını azaltmaya yönelik politika ihtiyacını da yansıtmaktadır.

Tablo 10. Toda-Yamamoto Nedensellik Testi

Nedenselliğin Yönü	Gecikme	Ki Kare	Olasılık
Dış ticaret → enerji	1	7.785091	0.005268
Kentleşme → enerji	1	2.584189	0.107936
Endüstri → enerji	1	1.589589	0.207385
Karbon ayak izi → enerji	1	5.001156	0.02533
Enerji → dış ticaret	1	2.180113	0.139804

Kentleşme→dış ticaret	1	1.507417	0.219534
Endüstri→dış ticaret	1	0.980660	0.322036
Karbon ayak izi→dış ticaret	1	0.510714	0.474829
Enerji→kentleşme	1	3.691082	0.05470
Dış ticaret→kentleşme	1	1.612413	0.204152
Endüstri→kentleşme	1	0.552758	0.457192
Karbon ayak izi→kentleşme	1	1.916308	0.166264
Enerji→endüstri	1	35.75983	0.000000
Dış ticaret→endüstri	1	26.46029	0.000000
Kentleşme→endüstri	1	0.054731	0.815026
Karbon ayak izi → endüstri	1	33.78288	0.000000
Enerji→karbon ayak izi	1	1.425160	0.232555
Dış ticaret→karbon ayak izi	1	1.013875	0.313976
Kentleşme→karbon ayak izi	1	0.428573	0.512689
Endüstri→karbon ayak izi		3.444536	0.063461

4.SONUÇ

Sanayileşme süreci ve artan makineleşme kentleşmenin sebebi ve sonucu olarak değerlendirilebilir. Bu kapsamda kentsel alanlarda ekonomik büyümenin yaşanması, kentte yaşayan nüfusun artması, insan ihtiyaçlarının çeşitlenmesi ve enerji kaynaklarına olan yoğun talebe rağmen kaynakların sınırlı olması çeşitli problemleri de beraberinde getirmiştir. Bu problemlerin başında çevre kirliliği ve birincil enerji kaynaklarına olarak yoğun talep gelmektedir. Bu durum birincil enerji kaynaklarına sahip olan ülkelerin avantajlı duruma geçmesini sağlamıştır. Nitekim Covid-19 Pandemi süreci ve Ukrayna-Rusya arasında yaşanan krizle birlikte de ülkelerin birincil enerji kaynaklarına erişimi çok zor hale gelince zaten artmakta olan yenilenebilir enerji kaynaklarına olan yatırımlar daha önemli hale gelmiştir. Hem çevre sorunlarıyla mücadele etmek hem de enerji bağımsızlığını sağlamak için yenilenebilir enerji kaynakları önemli bir araç olarak değerlendirilmiştir. Bu çalışmada birincil enerji arzı, dış ticaret açığı, kentleşme, sanayi üretim endeksi ve karbon ayak izi arasındaki ilişki Türkiye açısından 1990-2022 dönemi için incelenmiştir.

Çalışmadaki ARDL sınır testine göre değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi bulunmuştur. Bu durum değişkenlerin zamanla birbirleriyle uyumlu olarak hareket ettiklerini ve uzun dönemde birbirlerini etkilemeye devam edebileceklerini göstermektedir. Değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi için Toda-Yamamoto nedensellik analizi gerçekleştirilmiş olup sonuçlara göre Türkiye’de 1990-2022 dönemi arasında dış ticaret açığı ve karbon ayak izinden birincil enerji arzına; birincil enerji arzından kentleşmeye; birincil enerji arzı, dış ticaret açığı ve karbon ayak izinden sanayi üretim endeksine ve son olarak sanayi üretim endeksinden karbon ayak izine doğru nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Bu kapsamda Türkiye için önerilebilecek politika önerileri şu şekilde sıralanabilir:

- Enerji arzını artırırken çevre kirliliğini-karbon ayak izini azaltabilmek için yenilenebilir enerji kaynaklarına daha fazla yatırım yapmak önemlidir. Rüzgar, biyokütle, hidroelektrik, güneş gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artıracak teşvik mekanizmaları ve sübvansiyonların oluşturulması gerekmektedir.
- Enerji tüketiminin azaltılabilmesi adına konut, ulaşım ve sanayi sektörlerinde enerji verimliliği ile ilgili projeler desteklenmelidir. Örneğin enerji tasarrufu sağlayan araçların kullanımı, enerji verimliliği sağlayan bina projelerine yönelik teşviklerin artırılması gerekir.

- Dış ticaret açığını azaltabilmek için yerli enerji kaynağı kullanımına öncelik sağlanmalıdır. Enerji ithalatına olan bağımlılığı azaltabilmek adına stratejik rezervler oluşturulup enerji teknolojilerindeki yerli üretim desteklenebilir.
- Sanayi üretiminin çevre kirliliği üzerindeki etkisini azaltabilmek için düşük karbonlu üretimin teşvik edilmesi önemlidir. Düşük karbonlu teknolojilerin sanayi sektöründe uygulanabilmesi için AR-GE faaliyetleri desteklenmelidir. Ayrıca sanayi sektöründeki üreticilere yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmaları için kredi kolaylığı ve vergi indirimleri sağlanabilir.
- Enerji arzı üzerindeki kentleşmenin etkilerini azaltmak için sürdürülebilir kentleşme politikaları uygulanmalıdır. Kentleşme sürecinde çevre kirliliğini azaltabilmek için akıllı şehir uygulamaları ile enerji tüketimi optimize edilmelidir. Bu bağlamda şehirlerin yenilenebilir enerji kaynaklarına entegre olacak şekilde yapılandırılması gereklidir.
- Dış ticaret açığının azaltılabilmesi için enerji yoğun sektörlerde ithalat bağımlılığı azaltan sanayi stratejileri ile ihracat teşvikleri geliştirilmelidir.

Etik Beyan

“Türkiye’de Sanayi Üretim Endeksi, Kentleşme, Birincil Enerji Arzı, Karbon Ayak İzi ve Dış Ticaret Açığı Arasındaki İlişki” başlıklı çalışmanın yazılması ve yayınlanması süreçlerinde Araştırma ve Yayın Etiği kurallarına riayet edilmiş ve çalışma için elde edilen verilerde herhangi bir tahrifat yapılmamıştır. Çalışma için etik kurul izni gerekmemektedir.

Katkı Oranı Beyanı

Çalışmadaki yazarların tümü çalışmanın yazılmasından taslağın oluşturulmasına kadar tüm süreçlere katkı yapmış ve nihai halini okuyarak onaylamıştır.

Çatışma Beyanı

Yapılan bu çalışma gerek bireysel gerekse kurumsal/örgütsel herhangi bir çıkar çatışmasına yol açmamıştır.

Umutlu, H. & Namlı Bilmez, Z. (2025). Türkiye’de Sanayi Üretim Endeksi, Kentleşme, Birincil Enerji Arzı, Karbon Ayak İzi ve Dış Ticaret Açığı Arasındaki İlişki. *KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 27(48), 32-49.

KAYNAKÇA

- Aktürk, E., ve Gültekin, S. (2023). Gelir Eşitsizliği ve Ticari Açıklığın Ekolojik Ayak İzi Üzerindeki Etkisi: Türkiye Örneği. *Paradigma: İktisadi ve İdari Araştırmalar Dergisi*, 12(1), 1-17.
- Anwar, A., Younis, M. ve Ullah, I. (2020). Impact of Urbanization and Economic Growth on CO2 Emission: A Case of Far East Asian Countries. *International Journal Of Environmental Resarch and Public Health*, 17, 2531.
- Aydoğan, B. ve Vardar, G. (2019). Evaluating The Role of Renewable Energy, Economic Growth and Agriculture on CO₂ Emission in E7 Countries. *International Journal of Sustainable Energy*, DOI: 10.1080/14786451.2019.1686380.
- Aye, G. C. ve Edoja, P. E. (2017). Effect of Economic Growth on CO₂ Emission in Developing Countries: Evidence from a Dynamic Panel Threshold Model. *Cogent Economics & Finance*, 5(1), 1379239, DOI: 10.1080/23322039.2017.1379239.
- Azam, M., Khan, A. Q., Abdullah, H. B. Qureshi, M. E. (2015). The Impact of CO₂ Emissions on Economic Growth: Evidence from Selected Higher CO₂ Emissions Economies. *Environmental Science and Pollution Research International*, 23(7), 6376.
- Bağış, B. (2022). *Rusya-Ukrayna Savaşının Küresel Ekonomiye ve Türkiye'ye Etkileri. İstanbul SETA*.
- Behera, S. R., Dash, D. P. (2017). The Effect Of Urbanization, Energy Consumption, And Foreign Direct Investment on The Carbon Dioxide Emission in the SSEA (South and Southeast Asian) Region. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 96-106.
- Bostanoğlu, M. (2022). AB’nin Enerji Krizi. *EURO Politika*, (15), 7-14.
- Cohen, A. (2022) Putin’s War in Ukraine Forces New Energy Reality on Europe, March 28, Erişim adresi: <https://www.forbes.com/sites/arielcohen/2022/03/28/putins-war-in-ukraine-forces-new-energy-reality-on-europe/?sh=5902a8e2393c>, (Erişim tarihi: 18.04.2024).
- Çetin, M., ve Şeker, F. (2014). Ekonomik Büyüme ve Dış Ticaretin Çevre Kirliliği Üzerindeki Etkisi: Türkiye İçin Bir ARDL Sınır Testi Yaklaşımı. *Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21(2), 213-230.
- Çoban, O. ve Şahbaz-Kılınç, N. (2015). Yenilenebilir Enerji Tüketimi Ve Karbon Emisyonu İlişkisi: TR Örneği. *Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 38, 195-208.
- Çütçü, İ. (2021). Pandemi Sonrası Dünya ve Türkiye’de Dış Ticaret. *Bankacılık ve Sermaye Piyasası Araştırmaları Dergisi*, 5(12), 1-21.
- Çütçü, İ., Yavuz, Ö., ve Gerlikhan, S. G. (2023). Dış Ticaret-Çevre Kirliliği İlişkisi: Türkiye Ekonomisi Üzerinden Analiz. *Alanya Akademik Bakış*, 8(2), 474-489.
- Destek, M. A., Balı, E. ve Manga, M. (2016). The Relationship between CO2 Emission, Energy Consumption, Urbanization and Trade Openness for Selected CEECs. *Research in World Economy*, *Research in World Economy*, Sciedu Press, 7(1). 52-58.
- Erdoğan, S., Adedoyin, F. F., Bekun, F. V. ve Sarkodie, S. A. (2020). *Journal of Air Transport Management*, 89, 101935.
- Eriçok, R. E., ve Yılcı, V. (2013). Eğitim Harcamaları ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Sınır Testi Yaklaşımı. *Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*, 8(1), 87-101.

- Umutlu, H. & Namlı Bilmez, Z. (2025). Türkiye’de Sanayi Üretim Endeksi, Kentleşme, Birincil Enerji Arzı, Karbon Ayak İzi ve Dış Ticaret Açığı Arasındaki İlişki. *KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 27(48), 32-49.
- Gieraltowska, U., Asyngier, R., Nakonieczny, J. ve Salahodjaev, R. (2022). Renewable Energy, Urbanization, and CO2 Emissions: A Global Test. *Energies*, 15, 3390. <https://doi.org/10.3390/en15093390>
- Global Footprint Network (2024). Ecological Footprint vs Biocapacity. https://data.footprintnetwork.org/?_ga=2.146573175.2106564863.1725874076-928719372.1725874076#/countryTrends?cn=223&type=BCtot,EFCtot, Erişim tarihi: 15.09.2024.
- IEA (2022). 10-Point Plan to Reduce the European Union’s Reliance on Russian Natural Gas. IEA Online Fuel Report.
- IMF (2023). G-20 Background Note on the Macroeconomic Impact of Food and Energy Insecurity. Washington, DC, March.
- Kasman, A. ve Duman, Y. S. (2015). CO₂ Emissions, Economic Growth, Energy Consumption, Trade And Urbanization in New EU Member And Candidate Countries: A Panel Data Analysis. *Economic Modelling*, 44, 97–103.
- Keleş, R. (2017). *Kentleşme Politikası*. Ankara: İmge Kitabevi.
- Kızılgöl, Ö. A. ve Öndes, H. (2021). Savunma Harcamaları ile Ekonomik Büyüme arasındaki İlişki: NATO Ülkeleri Üzerine Ekonometrik Bir Analiz. A. N. Özker (Ed.), *İşletme ve İktisadi Bilimler Araştırma ve Teori* içinde. Lyon: Livre de Lyon
- Kim, S. (2020). The Effects of Foreign Direct Investment, Economic Growth, Industrial Structure, Renewable and Nuclear Energy, and Urbanization on Korean Greenhouse Gas Emissions. *Sustainability*, 12, 1625; doi:10.3390/su12041625.
- Koç, E., Kaya, K. ve Şenel, M. C. (2016). Türkiye’de Sanayi Sektörü ve Temel Sanayi Göstergeleri – Sanayi Üretim Endeksi. *Mühendis ve Makina*, 57(682), 42-53.
- Koengkan, M., Fuinhas, J. A. ve Santiago, R. (2020). The Relationship Between CO2 Emissions, Renewable and Non-renewable Energy Consumption, Economic Growth, and Urbanisation in The Southern Common Market. *Journal of Environmental Economics and Policy*, 9(4), 383-401.
- Liu, Y. (2009). Exploring The Relationship Between Urbanization And Energy Consumption in China Using ARDL (autoregressive distributed lag) and FDM (Factor Decomposition Model). *Energy*, 34 (2009) 1846–1854.
- Mahmood, H., Alkhateeb, T. T. Y. ve Furqan M. (2020). Industrialization, Urbanization and CO2 Emissions in Saudi Arabia: Asymmetry Analysis. *Energy Reports*, 6, 1553–1560.
- Narayan, P. K.ve R. Smyth (2006), What Determines Migration Flows from Low-Income to High-Income Countries? An Empirical Investigation of Fiji-U.S. Migration 1972-2001, *Contemporary Economic Policy*, 24 (2), 332-342.
- OECD (2024). Primary energy supply, Erişim adresi: https://www.oecd.org/en/data/indicators/primary-energy-supply.html?oecdcontrol-144081375a-var8=MLN_TOE, Erişim tarihi: 15.09.2024.
- Özdemir, B. K. ve Koç, K. (2020). Türkiye’de Karbon Emisyonları, Yenilenebilir Enerji Ve Ekonomik Büyüme. *Ege Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 11(1), 66-86.

- Umutlu, H. & Namlı Bilmez, Z. (2025). Türkiye’de Sanayi Üretim Endeksi, Kentleşme, Birincil Enerji Arzı, Karbon Ayak İzi ve Dış Ticaret Açığı Arasındaki İlişki. *KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 27(48), 32-49.
- Özşahin, Ş., ve Şahin, T. (2023). 1960 Sonrası Türkiye Ekonomisinde Askeri Harcamalar ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin Nedensellik Analizi. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, 5(Özel Sayı), 52-76.
- Pesaran, M. H. ve B. Pesaran (1997), Working with Microfit 4.0: Interactive Econometric Analysis, <http://www.oup.com/Oxford University Press>.
- Pesaran, M. H., Y. Shin ve R. J. Smith (2001), Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships, *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289-326.
- Raihan, A., Muhtasim, D. A., Farhana, S., Pavel, M. I., Faruk, O. Rahman, M. ve Mahmood, A. (2022). Nexus Between Carbon Emissions, Economic Growth, Renewable Energy Use, Urbanization, Industrialization, Technological Innovation, And Forest Area Towards Achieving Environmental Sustainability In Bangladesh. *Energy and Climate Change*, 3, 2666-2787.
- Rother, B., Sosa, S., Kim, D., Kohler, L. P., Pierre, G., Kato, N., Debbich, M., Castrovillari, C., Sharifzoda, K. ve Heuvelen, E. V., Machado, F., Thevenot, C., Mitra, P. ve Fayad, D. (2022). Tackling the Global Food Crisis Impact, Policy Response, and the Role of the IMF. *IMF Notes*, 2022(004).
- Sarıkovanlık, V., Koy, A., Akkaya, M., Yıldırım, H. H., Kantar, L. (2019). Finans Biliminde Ekonometri Uygulamaları, Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Selek, M. D. (2022). Güneş Enerjisi, Kentleşme ve Karbon Emisyonu: Oecd Ülkeleri Örneği. Yüksek Lisans Tezi. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Sertgümeç, S., Usta, A. N., ve Özarpa, C. (2021). The Agricultural Waste Inventory on the Regional Basis in Turkey: Valuation of Agricultural Waste With Zero-Waste Concept in the Scope of Circular Economy. *Environmental Research and Technology*, 4(4), 377-385.
- Sims, C. A. (1980). Macroeconomics and reality. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 1-48.
- Shaari, M. S., Abidin, N. Z. ve Karim, Z. A. (2020). The Impact of Renewable Energy Consumption and Economic Growth on CO₂ Emissions: New Evidence Using Panel ARDL Study of Selected Countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 10(6), 617-623.
- Taştan, B. ve Terzioğlu, K. (2021). Çevresel Bozulma: Parasal Aktarım Kanalları ve CO₂ Emisyonu Environmental Degradation: Monetary Transmission Mechanism and CO₂ Emission. *Çevre Ekonomisi*, 1, 329-333.
- Toda, H. Y. ve Yamamoto, T. (1995). Statistical Inference in Vector Autoregressions With Possibly Integrated Processes. *Journal of Econometrics*, 66(1-2), 225-250.
- Toprak, Z. (2003). *Çevre Yönetimi ve Politikası*. İzmir: Anadolu Matbaacılık.
- Wanga, S., Lib, G., Fang, C. (2017). Urbanization, Economic Growth, Energy Consumption, and CO₂ Emissions: Empirical Evidence from Countries with Different Income Levels. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.025>.
- World Bank (2024). World Bank Open Data, Erişim adresi: <https://data.worldbank.org/>, Erişim tarihi: 15.09.2024.
- Wright, L. A., Kemp, S. ve Williams, I. (2011). Carbon footprinting’: towards a universally accepted definition, *Carbon Management*, 2(1), 61-72.

- Umutlu, H. & Namlı Bilmez, Z. (2025). Türkiye’de Sanayi Üretim Endeksi, Kentleşme, Birincil Enerji Arzı, Karbon Ayak İzi ve Dış Ticaret Açığı Arasındaki İlişki. *KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 27(48), 32-49.
- Wu, X. ve Chen, G. Q. (2017). Global Primary Energy Use Associated with Production, Consumption and International Trade. *Energy Policy*, 111, 85-94.
- Yeter, F., Eroğlu, İ., Kangal, N., ve Çoban, M. N. (2021). Ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve çevresel bozulma ilişkisi: Türk Cumhuriyetleri üzerine panel veri analizi. *Türk Dünyası Araştırmaları*, 129(255), 405-432.
- Yıldırım, S. (2019). *Ansiklopedik Kent Sözlüğü*. İstanbul: Marmara Belediyeler Birliği Kültür Yayınları.
- Yıldız, B. ve Yıldız-Akbulut, G. (2024). CO2 Emisyonu, Hava Yolu Taşımacılığı, Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: Beşli Grup (G5) Örneği. *Alanya Akademik Bakış Dergisi*, 8(1), 48-63.

Extended Abstract

The Relationship Between Industrial Production Index, Urbanization, Primary Energy Supply, Carbon Footprint and Trade Deficit In Turkey

When discussing the concept of urbanization, one of the most commonly referenced terms is industrialization. Industrialization essentially denotes the shift of an economy toward manufacturing industries and mass production. In this context, technological advancements, mechanization, urbanization, and the restructuring of social and economic frameworks are collectively considered when discussing industrialization. One of the primary indicators reflecting the industrial sector within a country is the industrial production index. This index is devised to portray the current status of the industrial sector and to facilitate comparisons of production activities across different years. After the Covid-19 pandemic and the Russia-Ukraine crisis, the significance of access to energy resources has been better comprehended. Turkey is endeavoring to enhance its investments in renewable energy sources, recognizing that energy is one of the principal factors contributing to the escalation of the external deficit and believing that it could mitigate the global damage caused by greenhouse gas emissions. This circumstance offers numerous advantages to Turkey, including diminishing the external deficit and reducing foreign dependency in energy supply, as well as minimizing greenhouse gas emissions through the utilization of renewable energy sources. Therefore, investments in renewable energy resources are imperative for Turkey, which heavily relies on foreign sources, particularly in terms of non-renewable energy resources.

Given Turkey's dependence on foreign sources for energy supply and the international energy supply challenges witnessed during the Covid-19 pandemic and the Ukraine-Russia crisis, compounded by insufficient availability of non-renewable energy resources, external energy sourcing incurs significant costs for Turkey. The urbanization process impacts industrialization and environmental pollution. Consequently, there is a necessity to investigate the interplay between primary energy supply, foreign trade deficit, urbanization, industrial production index and carbon footprint in Turkey. According to the ARDL bounds test in the study, a cointegration relationship was found between the variables. This indicates that the variables move in harmony with each other over time and may continue to affect each other in the long run. Accordingly, a Toda-Yamamoto causality relationship is found from foreign trade deficit and carbon footprint to primary energy supply; from primary energy supply to urbanization; from primary energy supply, foreign trade deficit and carbon footprint to industrial production index; and finally from industrial production index to carbon footprint for the period 1990-2022 in Turkey. According to the findings of the study, foreign trade deficit policies based on energy imports and environmental impacts may affect the changes in energy supply in Turkey. Increases in energy supply may trigger urbanization and related infrastructure developments. This reveals that urban growth can be positively affected by increased access to energy. While energy supply, foreign trade deficit and carbon footprint affect industrial production, the industrial production index is dependent on energy supply and is also affected by environmental impacts and foreign trade. While this situation reveals the importance of environmental impacts in the industrialization process, it also reflects the need for policies to reduce carbon emissions.

In this context, policy recommendations for Turkey can be listed as follows: It is important to invest more in renewable energy sources in order to reduce environmental pollution-carbon footprint while increasing energy supply. Incentive mechanisms and subsidies should be established to increase the use of renewable energy sources such as wind, biomass, hydroelectricity and solar. Energy efficiency projects in the housing, transportation and industrial sectors should be supported to reduce energy consumption. For example, incentives for the use of energy-saving vehicles and energy-efficient building projects should be increased. To reduce the foreign trade deficit, the use of domestic energy resources should be prioritized. In order to reduce dependence on energy imports, strategic reserves can be established and domestic production in energy technologies can be supported. In order to reduce the impact of industrial production on environmental pollution, it is important to promote low-carbon production. R&D activities should be supported to implement low-carbon technologies in the industrial sector. In addition, producers in the industrial sector can be provided with credit facilities and tax reductions to use renewable energy resources. Sustainable urbanization policies should be implemented to reduce the effects of urbanization on energy supply. In order to reduce environmental pollution in the urbanization process, energy consumption should be optimized with smart city applications. In this context, cities should be structured to integrate renewable energy sources. In order to reduce the foreign trade deficit, industrial strategies that reduce import dependency in energy-intensive sectors and export incentives should be developed.
