



www.turkishstudies.net/economy

**Turkish Studies - Economics, Finance, Politics**

eISSN: 2667-5625

*Research Article / Araştırma Makalesi*



## **Türkiye'de İnsani Gelişme, Kentleşme, Sanayinin Gelişimi, Tarımsal Gelişme ve Karbon Emisyonu İlişkisi\***

*The Relationship between Human Development, Urbanization, Industrial Development, Agricultural Development and Carbon Emission in Türkiye*

Aysun Özen \*\* - Mücahit Ülger\*\*\* - Melek Kıdemli\*\*\*\*

**Abstract:** Global climate change has become an increasingly pressing issue worldwide. One of the primary causes of this change is carbon emissions resulting from human activities related to energy consumption. Carbon emissions, as a significant greenhouse gas, accumulate in the atmosphere, leading to the warming of the Earth's surface and disrupting the climate balance. This situation results in numerous adverse effects across various areas, including agricultural production, water resources, human health, and biodiversity. Reducing carbon emissions is considered one of the most crucial strategies in combating global climate change, and numerous studies have been conducted on this subject. The aim of the study is to reveal the relationship between Carbon Emission (CO<sub>2</sub>) and Human Development (HDI), Urbanisation (PU), Industrial Development (SAN) and Agricultural Development (AGR) in the Türkiye economy in the period 1990-2020. Toda-Yamamoto causality test was used to determine the connection between variables. According to the findings, while the CO<sub>2</sub> indicator is affected by HDI and AGR indicators, it is not affected by PU and SAN indicators. HDI and AGR indicators are causes of CO<sub>2</sub>. In order to reduce carbon emissions, identifying the factors that

\*Bu çalışma, 8. IERFM Economic Research and Financial Markets Congress with International Participation'da sunulan "Türkiye'de İnsani Gelişme, Kentleşme, Sanayinin Gelişimi, Tarımsal Gelişme ve Karbon Emisyonu İlişkisi" adlı tebliğin gözden geçirilmiş ve güncelleştirilmiş halidir. / This study is a revised and updated version of the paper titled "The Relationship between Human Development, Urbanization, Industrial Development, Agricultural Development and Carbon Emissions in Türkiye" presented at the 8th IERFM Economic Research and Financial Markets Congress with International Participation.

\*\* Dr. Öğr. Üyesi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü  
Asst. Prof. Dr. Nevşehir Hacı Bektaş Veli University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Economics

ORCID 0000-0003-3253-056X

aysun@nevsehir.edu.tr

\*\*\* Sorumlu Yazar: Öğr. Gör. Dr., Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Mucur Meslek Yüksekokulu, Finans Bankacılık ve Sigortacılık Bölümü

Corresponding Author: Lecturer Dr., Kırşehir Ahi Evran University, Mucur Vocational School, Department of Finance Banking and Insurance

ORCID 0000-0003-0300-099X

mucahit.ulger@ahievran.edu.tr

\*\*\*\* Doktora Öğrencisi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü

PhD Candidate, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Institute of Social Sciences

ORCID 0000-0003-0784-1817

melekkidemli@gmail.com

**Cite as/ Atıf:** Özen, A., Ülger, M., & Kıdemli, M. (2024). Türkiye'de insani gelişme, kentleşme, sanayinin gelişimi, tarımsal gelişme ve karbon emisyonu ilişkisi. *Turkish Studies - Economy*, 19(4), 1431-1446.  
<https://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.77741>

**Received/Geliş:** 04 August/Ağustos 2024

**Accepted/Kabul:** 25 December/Aralık 2024

**Published/Yayın:** 30 December/Aralık 2024

Checked by plagiarism software



cause it is important to guide policy makers and determine effective policies. The sustainable management of human development and agricultural activities plays a crucial role in reducing carbon emissions. Additionally, the limited impact of urbanization and industrialization on carbon emissions indicates the need for more sustainable practices in these areas. Therefore, policymakers should focus on agricultural activities and human development, and develop policies that prioritize sustainability principles.

**Structured Abstract:** One of the most significant issues of this century is the problem of carbon emissions, which causes considerable harm to the environment, human health, and consequently the economy on a global scale, and this issue has now reached alarming levels worldwide. Numerous studies on this subject indicate that the negative impacts of carbon emissions affect not only the countries responsible for them but also all nations globally, both now and in the future. Therefore, it is essential for countries to combat this problem through joint institutional frameworks and policies, both on an individual country level and globally.

The main objective of this study is to examine the relationship between Carbon Emissions ( $CO_2$ ) and Human Development (HDI), Urbanization (PU), Industrial Development (SAN), and Agricultural Development (AGR) in the Türkiye economy using data from 1990 to 2020. The Toda-Yamamoto causality test was employed to determine the connections between the variables.

Although recent studies have investigated the impact of each variable on carbon emissions, there are still some research gaps. Firstly, information regarding the impact of human development, urbanization, industrial development, and agricultural development on carbon emissions, especially in the Türkiye economy, remains insufficient. Secondly, while the impact of human development, urbanization, industrial development, and agricultural development on carbon emissions has been examined individually, to our knowledge, there is no study that examines these factors as a whole. Particularly, there are very few empirical studies that explore causal relationships. Therefore, more empirical studies examining the relationship between these variables are needed. This study aims to fill this information gap and contribute to the existing literature.

The Toda-Yamamoto test was used in the study to examine the causality relationships between the variables. In the Toda-Yamamoto (1995) test, the series are included in the analysis regardless of their degree of stationarity. In other words, the presence of unit roots in the series and the existence of a cointegration relationship do not affect the analysis. This allows the series to contain more information and leads to more successful results. In the Toda-Yamamoto causality test, after determining the optimal lag length ( $p$ ) of the VAR model and the maximum degree of stationarity ( $dmax$ ) of the series under investigation, a VAR model is estimated with the sum of the lag length and  $dmax$  ( $p+dmax$ ).

Before proceeding to the causality analysis, the ADF (Augmented Dickey-Fuller) unit root test was applied to the series. Although the presence of unit roots in the variables is not crucial for the Toda-Yamamoto causality test, it is necessary to apply the unit root test to determine the maximum degree of stationarity ( $dmax$ ). The DF unit root test results indicated that the maximum degree of stationarity for the series was  $I(1)$  - first difference. According to the unit root test results, the  $dmax$  value is 1.

In another stage of the Toda-Yamamoto causality test, it is necessary to determine the appropriate lag length ( $p$ ) using the VAR model. By adding the maximum degree of stationarity ( $dmax$ ) to the determined lag length ( $p$ ), the lag order for the model is identified. Then, the solution to the Toda-Yamamoto causality analysis can be pursued. The LR, SC, and HQ criteria indicate that 1 lag is appropriate, while the FPE and AIC criteria suggest 2 lags. According to this, the appropriate lag length ( $p$ ) for the VAR model is 1. Based on these results, the Toda-Yamamoto test can be applied to determine whether there is a causality relationship between carbon emissions and human development, urbanization, industrial development, and agricultural development. Accordingly, an extended VAR model was established using the maximum degree of stationarity ( $dmax$ ) obtained from the unit root test results and the optimal lag length ( $p=1$ ) obtained from the VAR model ( $p+dmax=2$ ).

In the Toda-Yamamoto causality analysis, the null hypothesis ( $H_0$ ) posits that there is no causality relationship between the variables, while the alternative hypothesis ( $H_1$ ) suggests that there is a causality relationship between the variables. At a 5% significance level, a  $p$ -value less than the 0.05 critical value indicates the rejection of the null hypothesis (Toda & Yamamoto, 1995). According to the results of the Toda-Yamamoto causality test, the null hypothesis indicating no causality from human development and agricultural development to carbon emissions is rejected at the 5% significance level. However, the null hypotheses indicating no causality from urbanization and industrial development to carbon emissions cannot be rejected.

Thus, the results of the Toda-Yamamoto causality test confirm that there is causality from human development and agricultural development to carbon emissions.

Given that human development generally has a reducing effect on carbon emissions, policies should aim to further enhance the Human Development Index (HDI). Education, which is one of the most significant determinants of human development, plays a crucial role in this context. Raising awareness through education, improving the level and quality of education, enhancing the healthcare system to increase life expectancy and quality, and raising employment and income levels can elevate the level of human development. As a result, increasing people's environmental sensitivity and awareness is expected to slow down the rate of increase in carbon emissions. Environmentally friendly and sustainable agricultural development can also help slow down the rate of increase in carbon emissions. Agricultural activities conducted with the right techniques, tools, and products will result in lower carbon emissions.

**Keywords:** Economics, Carbon Emission, Human Development, Urbanization, Development of Industry and Agriculture, Toda-Yamamoto Causality Test.

**Öz:** Küresel iklim değişikliği, dünya çapında giderek artan bir sorun haline gelmiştir. Bu değişikliğin temel nedenlerinden biri, enerji kullanımından kaynaklanan insan faaliyetleri sonucu yayılan karbon emisyonudur. Karbon emisyonları, önemli bir sera gazı olup, atmosferde birikerek dünya yüzeyinin ısınmasına ve iklim dengesinin bozulmasına neden olmaktadır. Bu durum, tarımsal üretimden su kaynaklarına, insan sağlığından biyolojik çeşitliliğe kadar pek çok alanda olumsuz etkilere yol açmaktadır. Karbon emisyonlarının azaltılması, küresel iklim değişikliğiyle mücadelede en önemli stratejilerden biri olarak kabul edilmekte ve bu konuda pek çok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmanın temel amacı, Türkiye ekonomisinde, 1990-2020 döneminde Karbon Emisyonu (CO<sub>2</sub>) ile İnsani Gelişme (HDI), Kentleşme (PU), Sanayinin gelişimi (SAN) ve Tarımsal gelişme (AGR) arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktır. Değişkenler arasındaki bağlantıyı belirleyebilmek için Toda-Yamamoto nedensellik testi kullanılmıştır. Bulgulara göre CO<sub>2</sub> göstergesi, HDI ve AGR göstergelerinden etkilenirken, PU ve SAN göstergelerinden etkilenmemektedir. HDI ve AGR göstergeleri, CO<sub>2</sub>'nin nedenleridir. Karbon emisyonunun azaltılması için, buna neden olan faktörlerin tespiti politika yapıcılara yol göstermesi ve etkin politikaların belirlenebilmesi açısından önemlidir. İnsani gelişme ve tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi, karbon emisyonlarının düşürülmesinde hayati bir rol oynamaktadır. Ayrıca, kentleşme ve sanayileşmenin karbon emisyonları üzerindeki etkisinin sınırlı olması, bu bölgelerde daha sürdürülebilir uygulamaların benimsenmesi gerektiğini göstermektedir. Bu nedenle, politika yapıcıların tarımsal faaliyetler ve insani gelişme üzerine odaklanmaları ve sürdürülebilirlik ilkelerini gözetken politikalar oluşturmaları gerekmektedir.

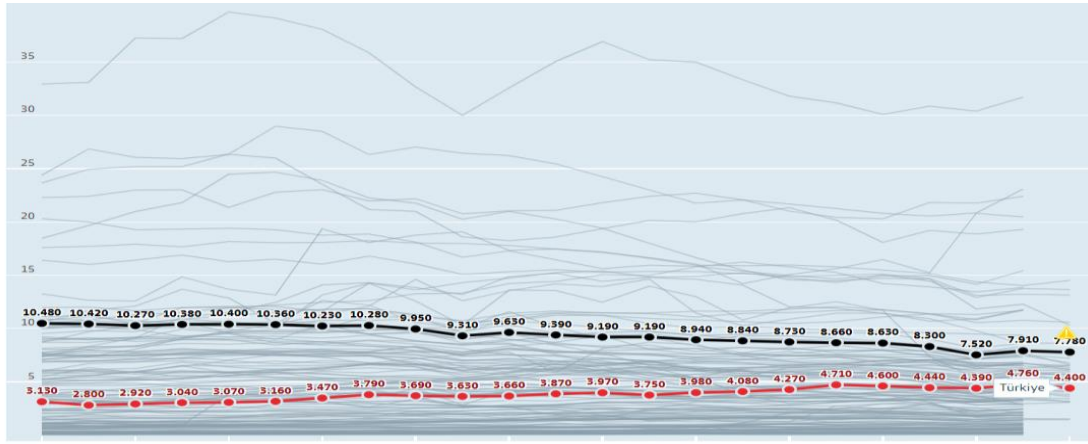
**Anahtar Kelimeler:** İktisat, Karbon Emisyonu, İnsani Gelişme, Kentleşme, Sanayinin ve Tarımın Gelişmesi, Toda-Yamamoto Nedensellik Testi.

## Giriş

İçinde bulunduğumuz yüzyılın en önemli sorunlarından biri küresel düzeyde çevreye ve insan sağlığına ve dolayısıyla ekonomiye büyük zarar veren karbon emisyonu sorunudur ve artık bu sorun küresel düzeyde endişe verici boyutlara gelmiştir. Bu konuda yapılmış çok sayıda çalışma, karbon emisyonlarının yol açtığı olumsuzlukların buna neden olan ülkelerle birlikte tüm dünya ülkelerini günümüzde ve gelecekte olumsuz etkilemekte olduğunu, dolayısıyla hem bireysel ülkeler bazında hem de küresel düzeyde ülkelerin ortak kurumsal yapılanma ve politikalar yolu ile bu sorunla mücadele edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu çalışmada karbon emisyonunun önemli nedenleri arasında kabul edilen şehirleşme, tarımın ve sanayinin gelişmesinin yanı sıra insani gelişmenin karbon emisyonları üzerindeki etkisi araştırılmaktadır. Bu doğrultuda öncelikle konu ile ilgili literatürdeki önemli ve güncel çalışmalar özetlenmiş, ardından söz konusu değişkenlerin karbon emisyonuna etkisini analiz etmek üzere Toda-Yamamoto nedensellik testi uygulanmıştır. Analiz sonucunda Türkiye’de karbon emisyonu ile nedensel ilişkisi olduğu tespit edilen insani gelişme ve tarımsal gelişmeye yönelik politika önerileri ile çalışma tamamlanmıştır.

### OECD ve Türkiye’de Karbon Emisyonu

Şekil 1, OECD ve Türkiye’deki karbon emisyonunun 2000-2022 dönemi yıllık değişimini karşılaştırmalı olarak göstermektedir. Şekilde, görüldüğü gibi Türkiye’nin karbon emisyonu OECD ortalamasının altında kalmakla birlikte, OECD ortalaması düşerken, Türkiye’nin karbon emisyonu verileri artış eğilimi göstermektedir. Bu durum, ülkemizde karbon emisyonunun nedenlerine yönelik literatürün gelişmesinin ve doğru politikalarla sorunun hafifletilmesinin önemini ortaya koymaktadır. Türkiye’nin karbon emisyonundaki artış eğilimi, insani gelişme, kentleşme, sanayileşme ve tarımsal gelişme gibi çeşitli faktörlerle yakından ilişkilidir. Buna karşın, OECD ülkelerinde karbon emisyonlarındaki düşüş eğilimi, sürdürülebilir enerji politikaları, yenilenebilir enerji yatırımları ve enerji verimliliği teknolojilerinin benimsenmesi ile açıklanabilir.



**Şekil 1:** OECD ve Türkiye’de 2000-2022 Yılları Arası Karbon Emisyonu (Ton/kişi)

**Kaynak:** OECD (2024)

### Literatür

Konuyla ilgili güncel literatürdeki belli başlı çalışmalardan hareketle insani gelişmenin, kentleşmenin, sanayinin gelişiminin ve tarımsal gelişmenin karbon emisyonu üzerindeki etkisini ele alan çalışmalar ayrı ayrı özetlenmiştir.

İlk olarak insani gelişmenin karbon emisyonu üzerindeki etkisini araştıran çalışmalar incelenmiştir. Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP-United Nations Development Programme) tarafından 1990 yılında geliştirilen İnsani Gelişme Endeksi (İGE), bir ülkenin sağlık, eğitim ve yaşam standardı alanlarındaki ortalama başarılarını ölçmektedir. Daha yüksek İGE puanlarına sahip ülkeler daha fazla ekonomik kalkınmaya sahip olma eğilimindedir, bu da artan endüstriyel faaliyet, tüketim ve enerji talebine yol açarak daha yüksek karbon emisyonlarına katkıda bulunur. İnsani gelişmenin karbon emisyonu üzerindeki etkisi, araştırmacılar tarafından çok fazla ilgi görmemiş olup, literatür bu konu açısından yetersiz kalmıştır. Konu ile ilgili literatür değerlendirildiğinde dönem ve ülke/ülke grubu özelinde sonuçların benzerlik gösterdiği anlaşılmaktadır.

Panel verilerle yapılan çalışmalarda öncü olanlardan Wang vd. (2019), 1990–2015 dönemine ait yıllık verilerle yaptığı çalışmada Türkiye, Avustralya, Avusturya, Kanada, Danimarka, Finlandiya, İzlanda, İrlanda, İsrail, İtalya, Japonya, Yeni Zelanda ve Birleşik Krallık’ta insani gelişmenin ilerlemesine katkıda bulunacak politikalara devam edilmesinin karbon emisyonunda azalmaya yol açtığını ortaya koymaktadır. Van Tran vd. (2019), 1990-2014 döneminde 93 ülkede insani gelişme endeksinin karbon emisyonunu negatif şekilde etkilediğini bulmuşlardır. Pervaiz vd. (2021), ise 2000: Q1-2014: Q4 dönemi çeyrek verilerle Brezilya, Hindistan, Çin ve Güney Afrika

ülkelerinde insani gelişme endeksinin karbon emisyonunu negatif şekilde etkilediğini belirlemişlerdir.

İkinci olarak kentleşmenin karbon emisyonu üzerindeki etkisini araştıran çalışmalar incelenmiştir. Kentleşme temel olarak daha yüksek enerji talebi, ulaşım faaliyetleri, konut artışı, endüstriyel/ticari faaliyetler ve yapıli çevre nedeniyle karbon emisyonlarının artmasına yol açmaktadır. Nüfus yoğunluğu, kentsel form ve politika müdahaleleri gibi faktörler de emisyonları etkilemektedir. Kentleşmenin karbon emisyonu üzerindeki etkilerini ele alan çok fazla çalışma bulunmaktadır. Teorik literatür, kentleşmenin karbon emisyonu üzerinde hem olumlu hem de olumsuz etkilerini öngörmektedir. Kentleşme ile karbon emisyonu arasındaki ilişkiye ilişkin üç farklı sonuca ulaşmak mümkündür. Bunlar, i) kentleşmenin karbon emisyonunu artıracığı yönünde sonuca ulaşan çalışmalar, ii) kentleşmenin karbon emisyonunu azaltacağı yönünde sonuca ulaşan çalışmalar ve iii) kentleşme ile karbon emisyonu arasında ters U şeklinde bir eğri ilişkisi olduğu yönünde sonuca ulaşan çalışmalardır. Genel olarak değerlendirildiğinde bu üç konuda bir fikir birliğı olmasa da kentleşmenin karbon emisyonu arttıracığı yönünde bulgulara ulaşan çalışma sayısı, kentleşmenin karbon emisyonu azaltacağı yönde bulgulara ulaşan çalışmalardan çok daha fazladır.

Kentleşme ile karbon emisyonu arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalardan, Panel Veri bağlamında Wang vd. (2016) 1985-2014 döneminde yıllık verilerle BRICS ülkelerinde; Wang vd. (2016) 1980-2009 dönemini kapsayan yıllık verilerle Güneydoğu Asya Ülkeleri Birliğı (ASEAN-The Association of Southeast Asian Nations) ülkelerinde; Liu vd. (2016) 1997-2010 döneminde Çin'deki 31 ilin doğu, orta ve batı bölgelerinde; Sheng ve Guo (2016) 1995-2011 dönemini kapsayan yıllık verilerle Çin'in otuz eyaletinde; Raheem ve Ogebe (2017) 1980-2013 arasındaki dönemde 20 Afrika ülkesinde; Behera ve Dash (2017) ise 1980-2012 döneminde Güney ve Güneydoğu Asya (SSEA-South and Southeast Asian) bölgesinde yüksek, düşük ve orta gelirli ülkelerde kentleşmenin karbon emisyonunu arttıracığı sonucuna ulaşmışlardır.

Benzer şekilde son dönemde yapılan çalışmalardan, Muhammad vd. (2020) 2000-2016 döneminde yıllık verilerle 65 Kuşak ve Yol Girişimi Ülkesinde (BRI-Belt and Road Initiative); Farooq vd. (2022) 1980-2016 dönemini kapsayan 180 ülkeden oluşan geniş bir örneklemede; Hussain vd. (2022) 1996-2019 arasındaki dönemde 54 Afrika Birliğı ülkesinde ve Sun vd. (2022) ise 1991-2019 döneminde Orta Doğu ve Kuzey Afrika (MENA-Middle East and North Africa) ekonomilerinde kentleşmenin karbon emisyonunu arttıracığını belirlemişlerdir.

Zaman serisi veri analizi kullanılarak Wang vd. (2013) 1980-2010 döneminde yıllık verilerle Çin'in Guangdong Eyaleti için; Shahbaz vd. (2014) Birleşik Arap Emirlikleri'nde 1975-2011 döneminde; Wang ve Su (2019) 1990-2015 döneminde Çin ekonomisinde ve Sufyanullah vd. (2022) 1975-2018 dönemi yıllık verilerle Pakistan'da kentleşmenin karbon emisyonu arttıracığını bulmuşlardır.

Bunun yanında az sayıda da olsa kentleşmenin karbon emisyonunu azaltacağı yönünde sonuca ulaşan çalışmalarda bulunmaktadır. Sharma (2011), 69 ülkeden oluşan seçilmiş grup için 1985- 2005 yılları arasında; Ali vd. (2017) Singapur'da 1970-2015 döneminde yıllık verilerle; Dong vd. (2019) 14 gelişmiş ekonomide 1970-2013 döneminde ve Wang vd. (2021) ise 1960-2014 dönemi arasında OECD yüksek gelirli ülkelerde kentleşmenin karbon emisyonunu azalttığı sonucuna ulaşmışlardır.

Kentleşme ile karbon emisyonu arasında ters U şeklinde bir eğri ilişkisi olduğunu öne süren öncü çalışmalardan Wang vd. (2015) 1960-2010 yılları arasında OECD ülkelerinde; Zhang vd. (2017) 1961-2011 döneminde 141 ülkede; Pata (2018) 1974-2013 dönemi için incelediğı Türkiye ekonomisinde; Sun ve Huang (2020) Çin'deki 30 eyalet için 2000-2016 dönemi yıllık verilerle ve Chen vd. (2022) OECD ülkelerinde 1996-2018 döneminde kentleşme ile karbon emisyonu arasında ters U şeklinde bir eğri ilişkisi olduğu belirlenmiştir.

Üçüncü olarak sanayinin gelişiminin karbon emisyonu üzerindeki etkisini araştıran çalışmalar incelenmiştir. Endüstriyel kalkınma, enerji yoğun süreçler, fosil yakıtların yakılması, ağır makine kullanımı ve tedarik zinciri taşımacılığı gibi ilişkili faaliyetler yoluyla karbon emisyonlarına katkıda bulunur. Arazi kullanımındaki değişiklikler ve atık üretimi de bunda rol oynamaktadır.

Sanayinin gelişiminin karbon emisyonu üzerindeki etkilerini ele alan çalışmalar literatürde fazla ilgi görmemiştir. Literatür değerlendirildiğinde henüz bir fikir birliğinin olmadığı görülmektedir. Zhang vd. (2014) Çin ekonomisinde 1978-2011 yılları arasında endüstriyel yapının iyileştirilmesinin karbon emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olduğunu belirlemişlerdir. Pal vd. (2016) sanayinin gelişiminin Hindistan ekonomisinde üretilen çelik tonu başına karbon emisyonunu 1994-2007 yılları arasında %58 oranında azalttığı sonucuna varmışlardır. Cheng vd. (2018) 1998-2014 yılları verileri ile Çin eyaletlerinde endüstriyel yapının iyileştirilmesinin ve optimizasyonunun karbon emisyonunu azaltmaya yardımcı olduğunu belirlemişlerdir. Zhou vd. (2019) Çin ekonomisinde 2003-2016 yıllık verilerle inşaat sektöründeki karbon emisyon verimliliğinin düşüş eğiliminde olduğunu belirlemişlerdir. Gao vd. (2021), 2005-2017 dönemine ait yıllık verilerle Çin'deki 28 sanayi sektörünü incelemiş ve somutlaşmış karbon emisyonlarının azaltım potansiyelinin, doğrudan karbon emisyonlarına kıyasla daha düşük olmasına rağmen her iki tür emisyonun da azaldığı sonucuna ulaşmışlardır. Bian ve Meng (2023) 2011-2019 döneminde 29 Çin eyaletindeki imalat sektöründe karbon emisyonlarını azaltma potansiyelinin dikkate değer olduğu ve en büyük potansiyelin Batı bölgesinde bulunduğu sonucuna varmışlardır.

Tersi durumda Tian vd. (2018) 1992-2012 yılları arasında Çin'in imalat sanayinde özellikle "Metallerin Eritilmesi ve Haddelenmesi" ve "Elektrik ve Buhar Üretimi ve Temini" sektörlerinden başlayan daha yüksek dereceli yolların karbon emisyonlarında artışa yol açtığını göstermektedir. Zhang vd. (2020) 2006-2016 dönemi yıllık verilerle Çin'deki 281 eyalet için endüstriyel yapı ve teknik ilerlemenin birleşik etkisinin karbon emisyonunu artırabildiğini bulmuşlardır. Li ve Cheng (2020) 2012-2016 döneminde Çin'in 31 imalat endüstrisinin karbon emisyonunu artırdığını belirlemiştir. Bunun yanında yüksek teknoloji endüstrilerin meta-sınır karbon emisyon verimliliği; orta teknoloji endüstrilerin ve düşük teknoloji endüstrilerinkinden daha yüksek olduğu ifade edilmiştir. Du vd. (2022) Çin ekonomisinde 2005-2016 yılı verileri kullanılarak 30 ilde inşaat sektörünün karbon emisyon verimliliğini tahmin etmişlerdir. Sonuçlar inşaat sektörünün karbon emisyon verimliliğinin doğuda yüksek, batıda düşük olmak üzere dengesiz bir bölgesel dağılım sergilediğini göstermektedir.

Son olarak tarımsal gelişmenin karbon emisyonu üzerindeki etkisini araştıran çalışmalar incelenmiştir. Tarımsal kalkınma, arazi kullanım değişikliği, hayvancılık ve gübre kullanımı gibi faaliyetlerden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının yanı sıra, enerji kullanımı ve arazi yönetimi uygulamaları yoluyla karbon emisyonlarına katkıda bulunur. Sürdürülebilir tarım uygulamaları ve politika müdahaleleri bu emisyonların azaltılması için çok önemlidir. Literatürde tarımsal gelişmenin karbon emisyonu üzerindeki etkisini araştıran çalışma pek fazla bulunmamaktadır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde genelde tarımsal karbon emisyonlarını tahmin eden çalışmalar yer almaktadır.

Tarımsal karbon emisyonu hesaplaması yapan çalışmalardan Yun vd. (2014) 1995-2010 yılları arasında Çin'deki 31 il ve şehirde; Zhao vd. (2018) Çin'de 2005-2013 döneminde; Huang vd. (2019) Çin ekonomisinde 1997'den 2016'ya kadar ve Liu ve Yang (2021) Çin'deki 30 eyalette tarımsal karbon emisyonu miktarının arttığı sonucuna ulaşmışlardır. Bunun yanında Tian vd. (2016) 1998-2012 yılları arasında Çin'in Hunan Eyaleti'nde tarımsal üretimden kaynaklanan karbon emisyonlarını tahmin etmiş ve bunu analiz etmiştir. Hunan Eyaletinde karbon emisyonları ve tarımsal üretimin gelişmesi arasında bir ilişki olduğu sonucuna varılmıştır.

Tüm bu literatürden yola çıkılarak, son zamanlarda yapılan çalışmalarda birçok değişkenin karbon emisyonu üzerindeki etkisi araştırılsa da bazı araştırma eksiklikleri bulunmaktadır. Birincisi,

araştırmacılar insani gelişmenin, kentleşmenin, sanayinin gelişiminin ve tarımsal gelişmenin karbon emisyonu üzerindeki etkisine ilişkin bilgi, özellikle Türkiye ekonomisinde hala yetersizdir. İkincisi, her ne kadar insani gelişmenin, kentleşmenin, sanayinin gelişiminin ve tarımsal gelişmenin karbon emisyonu üzerindeki etkisi ayrı ayrı incelenirse de bir bütün olarak inceleyen herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Özellikle nedensel bağlantıyı araştıran çok az ampirik çalışma yer almaktadır. Bu yüzden bu değişkenler arasındaki ilişkiyi inceleyen daha fazla ampirik çalışmaya ihtiyaç olduğu görülmektedir. Bu çalışma ile söz konusu bilgi boşluğunu doldurmak ve mevcut literatüre katkıda bulunmak amacıyla, Türkiye ekonomisinde 1990-2020 yılları arasında karbon emisyonu ile insani gelişme, kentleşme, sanayinin gelişimi ve tarımsal gelişme arasındaki bağlantı araştırılmıştır.

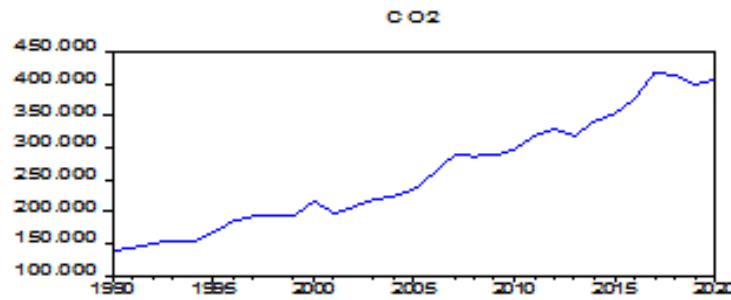
### Veri Seti, Metodoloji ve Analiz

Çalışmada 1990-2020 dönemine ait yıllık veriler kullanılarak insani gelişme, kentleşme, sanayinin gelişimi ve tarımsal gelişmenin karbon emisyonu üzerinde nedensellik ilişkisi incelenmiştir. Çalışmada kullanılan değişkenler ve değişkenlere ait açıklayıcı bilgiler Tablo 1'de yer almaktadır.

**Tablo 1:** Değişkenler ve Veri Seti

| Sembolü         | Değişken Adı       | Açıklaması ve Kaynağı                                  |
|-----------------|--------------------|--------------------------------------------------------|
| CO <sub>2</sub> | Karbon Emisyonu    | Karbon Emisyonu (Kt) – Dünya Bankası                   |
| HDI             | İnsani Gelişme     | İnsani Gelişme Endeksi - UNDP Veri Merkezi             |
| PU              | Kentleşme          | Kentsel Nüfus Artışı (Yıllık %) - Dünya Bankası        |
| SAN             | Sanayinin Gelişimi | Sanayinin Büyümesi (Yıllık %) - Dünya Bankası          |
| AGR             | Tarımsal Gelişme   | Tarımsal Katma Değer (Yıllık Büyüme %) - Dünya Bankası |

*Karbon emisyonu (CO<sub>2</sub>):* CO<sub>2</sub> değişkeni, çevre kirliliğini temsilen çalışmada kurulan modelin bağımlı değişkenidir. Karbon emisyonu, petrol, doğal, gaz, kömür vb. fosil yakıtların yanması sonucu ortaya çıkan karbondioksit gazının atmosfer içine yayılması, salınmasıdır. Şekil 2'de Türkiye'de karbon emisyonunun yıllara göre dağılımı görülmektedir.

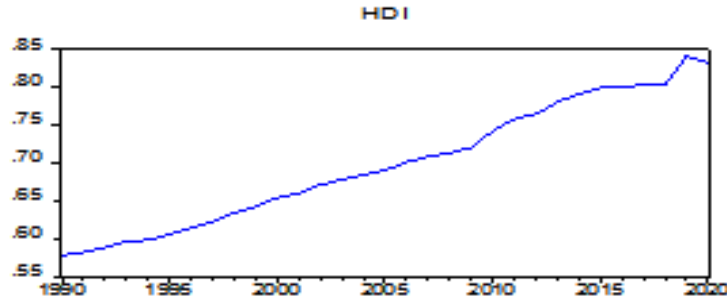


**Şekil 2:** 1990-2020 Döneminde Türkiye'de Karbon Emisyonu (CO<sub>2</sub>)

**Kaynak:** Dünya Bankası (2024)

*İnsani gelişme (HDI):* İnsani gelişme ile ilgili ilk akla gelen isimler Anand ve Sen'dir. Anand ve Sen (2000), sürdürülebilir kalkınmaya artan ilginin, mevcut neslin çıkarları kadar gelecek neslin çıkarlarının da ilgi görmesi gerektiğini yansıttığını savunmaktadırlar. Bundan dolayı bugünkü nesiller gelecekteki nesillerinde çıkarlarını gözetererek mevcut doğal kaynaklar ve varlıkları kullanmalı ve çevreyi istediği gibi kirliletmemelidirler. İnsani gelişme indeksi ülkelerdeki yaşam uzunluğu (ve sağlıklı yaşam düzeyi), okuryazarlık oranı ve eğitim hakkında, gelir düzeyini de dikkate

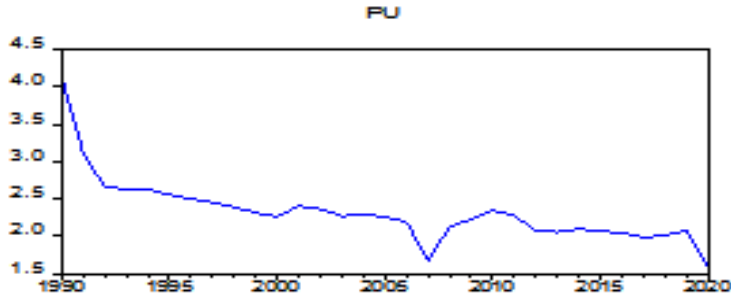
olarak bilgi veren bir gösterge olup, Şekil 3'te Türkiye'de insani gelişmenin yıllara göre değişim bilgisi yer almaktadır.



**Şekil 3:** 1990-2020 Döneminde Türkiye'de İnsani Gelişme (HDI)

**Kaynak:** UNDP Veri Merkezi (2024)

*Kentleşme (PU):* Kentleşme, kentlerde yaşayan nüfusun zaman içinde artmasıdır. Kentleşmenin hız kazanmasıyla konutlaşma oranı, ulaşım altyapılar, ısıtmalar ve aydınlatmalarda da artış yaşanmıştır. Dolayısıyla enerji tüketimini karşılamak amacıyla fosil kaynak kullanımı da artmıştır. Fosil yakıt kullanımıyla doğaya zararlı CO<sub>2</sub> emisyonu gibi zararlı gazlar salınmakta ve çevre kirliliği ortaya çıkmaktadır. Şekil 4'te kentleşmenin yıllara göre dağılım bilgisi yer almaktadır.

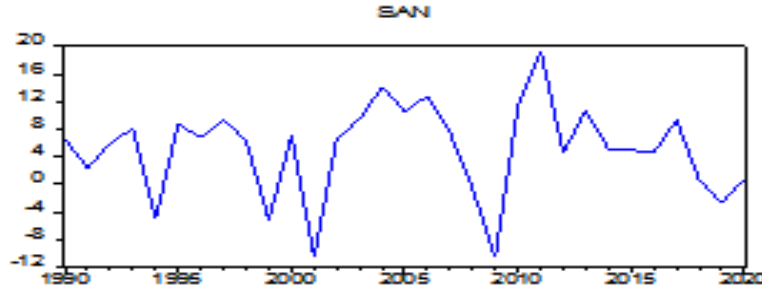


**Şekil 4:** 1990-2020 Döneminde Türkiye'de Kentleşme (PU)

**Kaynak:** Dünya Bankası (2024)

*Sanayinin Gelişimi (SAN):* Sanayileşme, sanayi sektöründeki faaliyet hacminin nispi şekilde artmasıdır. Sanayileşmenin ilerlemesiyle kömür yerine petrolün kullanımı artmıştır. Petrol kullanımı fosil yakıt tüketimini dolayısıyla CO<sub>2</sub> salınımını artırmaya başlamıştır. Sanayileşmenin negatif etkisiyle doğaya salınan kirletici maddelerin su, hava ve toprağa karışması çevre kirliliği gibi bir sorun doğurmuştur. Şekil 5'te Sanayinin gelişiminin yıllara göre dağılım bilgisi yer almaktadır.

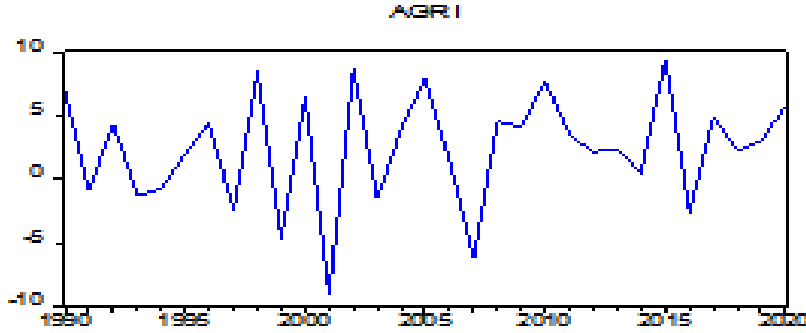




**Şekil 5:** 1990-2020 Döneminde Türkiye’de Sanayinin Gelişimi (SAN)

**Kaynak:** Dünya Bankası (2024)

*Tarımsal gelişme (AGR):* İnsanoğlunun yaşamını devam ettirebilmesi için güvenli çevre ve gıdaya ihtiyaç vardır. Ancak artan nüfusun gıda ihtiyacını karşılayabilmek amacıyla geliştirilen tarım teknikleriyle sağlanan verimliliğin küresel ısınmaya dönüşmesiyle toprak, su ve çevre sağlığı zarar görmeye başlamıştır. Şekil 6’da tarımsal gelişme serisinin yıllara göre dağılım bilgisi yer almaktadır.



**Şekil 6:** 1990-2020 Döneminde Türkiye’de Tarımsal Gelişme (AGR)

**Kaynak:** Dünya Bankası (2024)

Karbon Emisyonu (CO<sub>2</sub>) ile insani gelişme, kentleşme, sanayinin gelişimi ve tarımsal gelişme arasındaki nedensellik ilişkisini incelemek için oluşturulan ampirik model şu şekildedir;

$$CO2_T = \alpha_1 + \beta_1 HDI_T + \beta_2 PU_T + \beta_3 SAN_T + \beta_4 AGR_T + \mu_t \quad (1)$$

Çalışmada değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisini incelemek için Toda-Yamamoto testi kullanılmıştır. Toda-Yamamoto (1995) testinde seriler durağanlık derecesine duyarlı olmaksızın analize dahil edilmektedir. Başka bir ifade ile serilerin birim kök içermesi ve eşbütünleşme ilişkisinin varlığı analizi etkilememektedir. Bu durum, serilerin daha fazla bilgi içermesini ve başarılı sonuçların ortaya konmasını sağlamaktadır. Toda-Yamamoto nedensellik testinde VAR modelinin optimal gecikme uzunluğu (p) ve incelenen serilerin maksimum durağanlık derecesi (dmax) belirlendikten sonra gecikme uzunluğu ve dmax toplamı (p+dmax) ile bir VAR modeli tahmin edilir.

Nedensellik analizine geçilmeden önce serilere ADF (Augmented Dickey-Fuller) birim kök testi uygulanmıştır. Toda-Yamamoto nedensellik testinde her ne kadar değişkenlerin birim kök içerip içermeme durumları önemli olmasa da maksimum durağanlık derecesini (dmax) tespit etmek için birim kök testi uygulanması gerekmektedir. Tablo 2’de ADF birim kök testi sonucu yer almaktadır.

**Tablo 2: ADF Birim Kök Testi**

| Değişkenler     | Düzy/ Birinci Fark | t-istatistik / Olasılık Değeri (Sabit) | t-istatistik /Olasılık Değeri (Trend –Sabit) | Sonuç  |
|-----------------|--------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------|--------|
| CO <sub>2</sub> | Düzy               | 0,166494 (0,9656)                      | -2,533406 (0,3110)                           | I(1)   |
|                 | Birinci Fark       | -5,301610 (0,0002)                     | -5,259867 (0,0010)                           |        |
| HDI             | Düzy               | 2,874868 (1,0000)                      | -3,475288 (0,0605)                           | I(1)   |
|                 | Birinci Fark       | -7,529440 (0,0000)                     | -4,667607 (0,0063)                           |        |
| PU              | Düzy               | -5,750005 (0,0000)                     | -7,754707 (0,0000)                           | I(0)   |
| SAN             | Düzy               | -4,801653 (0,0006)                     | -4,713244 (0,0037)                           | I(0)   |
| AGR             | Düzy               | -9,703502 (0,0000)                     | -10,24857 (0,0000)                           | I(0)   |
| Kritik değerler | 1% level           | -3,752946                              | -4,296729                                    | dmax=1 |
|                 | 5% level           | -2,998064                              | -3,568379                                    |        |
|                 | 10% level          | -2,638752                              | -3,218382                                    |        |

ADF birim kök testi sonucunda serilere ait maksimum durağanlık derecesinin I(1)-birinci farkta gerçekleştiği tespit edilmiştir. Birim kök testi sonuçlarına göre dmax değeri 1'dir.

Toda-Yamamoto nedensellik testinin diğer bir aşamasında, VAR modeli yardımıyla uygun gecikme uzunluğunun (p) tespit edilmesi gerekmektedir. Tespit edilen gecikme uzunluğuna (p) maksimum durağanlık derecesi (dmax) ilave edilerek model için gecikme sayısı tespit edilir. Sonrasında Toda-Yamamoto nedensellik analizinin çözümüne gidilebilir. VAR Modeli yardımıyla tespit edilen uygun gecikme uzunluğuna ilişkin sonuç Tablo 3'te yer almaktadır.

**Tablo 3: VAR Modeline Uygun Gecikme Uzunluğunun Belirlenmesi**

| Lag | LogL             | LR               | FPE             | AIC             | SC               | HQ               |
|-----|------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| 0   | -453,6868        | NA               | 37668011        | 31,63357        | 31,86931         | 31,70740         |
| 1   | <b>-349,4867</b> | <b>165,2829*</b> | <b>164787,4</b> | <b>26,17149</b> | <b>27,58594*</b> | <b>26,61448*</b> |
| 2   | -319,6007        | 37,09981         | 139327,2*       | 25,83453*       | 28,42768         | 26,64667         |

Tabloya göre LR, SC ve HQ kriterleri 1 gecikmenin; FPE, AIC ise 2 gecikmenin uygun olduğunu göstermektedir. Bu duruma göre VAR modelinin uygun gecikme uzunluğu (p), 1 dir.

Elde edilen bu sonuçlara göre Toda-Yamamoto testi uygulanarak karbon emisyonu ile insani gelişme, kentleşme, sanayinin gelişimi, tarımsal gelişme arasındaki nedensellik ilişkisinin var olup olmadığı test edilebilir. Bu doğrultuda öncelikle birim kök testi sonucuna göre elde ettiğimiz maksimum durağanlık derecesi (dmax) ve VAR modeline göre elde edilen optimal gecikme uzunluğu (p=1) kullanılarak genişletilmiş VAR modeli kurulmuştur (p+dmax=2). Kurulan modele ait denklem aşağıdaki gibidir:

$$CO_2 = C(1)*CO_2(-1) + C(2)*CO_2(-2) + C(3)*HDI(-1) + C(4)*HDI(-2) + C(5)*PU(-1) + C(6)*PU(-2) + C(7)*SAN(-1) + C(8)*SAN(-2) + C(9)*AGR_(-1) + C(10)*AGR_(-2) + C(11) \quad (2)$$

Daha sonra kurulan modele WALD istatistiğinin uygulanması ile nedensellik ilişkisinin olup olmadığı test edilmiştir. Toda-Yamamoto nedensellik testi için hipotez şu şekildedir:

H<sub>0</sub>: Bağımsız Değişkenden CO<sub>2</sub>'ye Nedensellik Yoktur.

H<sub>1</sub>: Bağımsız Değişkenden CO<sub>2</sub>'ye Nedensellik Vardır.

Toda-Yamamoto nedensellik analizinde H<sub>0</sub> hipotezi değişkenler arasında bir nedensellik ilişkisi yoktur önermesine sahipken, H<sub>1</sub> hipotezi ise değişkenler arasında nedensellik ilişkisi olduğunu öne sürmektedir. %5 anlamlılık düzeyinde olasılık değerinin 0,05 kritik değerden küçük olması sıfır hipotezinin reddedilmesi anlamına gelmektedir (Toda & Yamamoto, 1995).

Tablo 4'te karbon emisyonu (CO<sub>2</sub>) ile insani gelişme (HDI), kentleşme (PU), sanayinin gelişimi (SAN), tarımsal gelişme (AGR) arasındaki Toda-Yamamoto Nedensellik Testi sonuçları yer almaktadır.

**Tablo 4:** Toda-Yamamoto Nedensellik Testi Sonuçları

| HİPOTEZLER                                                      | WALD (X2) | P DEĞER            | SONUÇ                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| H <sub>0</sub> : HDI'den CO <sub>2</sub> 'ye Nedensellik Yoktur | 11,14914  | 0,000840706 < 0,05 | H <sub>0</sub> , Ret.<br>HDI'den CO <sub>2</sub> 'ye Nedensellik vardır. |
| H <sub>1</sub> : HDI'den CO <sub>2</sub> 'ye Nedensellik Vardır |           |                    |                                                                          |
| H <sub>0</sub> : PU'den CO <sub>2</sub> 'ye Nedensellik Yoktur  | 0,656185  | 0,417910021 > 0,05 | H <sub>1</sub> , Ret.<br>PU'den CO <sub>2</sub> 'ye Nedensellik yoktur.  |
| H <sub>1</sub> : PU'den CO <sub>2</sub> 'ye Nedensellik Vardır  |           |                    |                                                                          |
| H <sub>0</sub> : SAN'dan CO <sub>2</sub> 'ye Nedensellik Yoktur | 2,116671  | 0,145702944 > 0,05 | H <sub>1</sub> , Ret.<br>SAN'dan CO <sub>2</sub> 'ye Nedensellik yoktur  |
| H <sub>1</sub> : SAN'dan CO <sub>2</sub> 'ye Nedensellik Vardır |           |                    |                                                                          |
| H <sub>0</sub> : AGR'den CO <sub>2</sub> 'ye Nedensellik Yoktur | 6,958540  | 0,008342008 < 0,05 | H <sub>0</sub> , Ret.<br>AGR'den CO <sub>2</sub> 'ye Nedensellik vardır  |
| H <sub>1</sub> : AGR'den CO <sub>2</sub> 'ye Nedensellik Vardır |           |                    |                                                                          |

Toda-Yamamoto nedensellik testi sonuçlarında, İnsani gelişme ve tarımsal gelişmeden karbon emisyonuna doğru nedenselliğin olmadığını ifade eden H<sub>0</sub> hipotezi %5 anlamlılık seviyesinde reddedilirken; kentleşme ve sanayinin gelişiminden karbon emisyonuna doğru bir nedenselliğin olmadığını ifade eden H<sub>0</sub> hipotezleri ise reddedilememektedir. Bu durumda Toda-Yamamoto nedensellik testi sonuçları insani gelişme ve tarımsal gelişmeden karbon emisyonuna doğru bir nedensellik olduğunu doğrulamaktadır.

### Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada öncelikle OECD verilerinden hareketle Türkiye'de karbon emisyonunun artma eğiliminde olduğu ortaya konmuş, daha sonra karbon emisyonunun nedenleri arasında kabul edilen insani gelişme, sanayinin ve tarımın gelişmesi, şehirleşme gibi faktörler açıklanmıştır. Bu değişkenlerin karbon emisyonu üzerindeki etkilerini inceleyen literatürdeki güncel çalışmalar, her bir değişken bazında ayrı ayrı ortaya konulmuştur. Daha sonra yapılan ekonometrik analiz bulgularına yer verilmiştir. Yapılan analiz sonucunda elde edilen bulgular 1990-2020 döneminde, çevre kirliliği göstergesi olan karbon emisyonu üzerinde insani gelişmenin ve tarımsal gelişmenin önemli bir etkisinin olduğunu göstergesi olarak yorumlanabilir.

İnsani gelişmenin karbon emisyonu üzerinde genellikle azaltıcı yönde bir nedensellik etkisi olduğuna göre, uygulanacak politikalarla insani gelişme endeksinin daha da yükselmesi sağlanmalıdır. İnsani gelişme endeksinin en önemli belirleyicilerinden olan eğitim bu noktada ön plana çıkmaktadır. Eğitim yoluyla insanların bilinçlendirilmesi, eğitim seviyesi ve kalitesinin yükseltilmesi, sağlık sisteminin iyileştirilmesi ile yaşam süresinin ve kalitesinin artırılması, istihdam ve kişi başına gelir seviyesinin artırılması insani gelişme düzeyini yükseltir. Böylece insanların çevreye duyarlılığının ve bilinç düzeyinin artmasının, karbon emisyonun artış hızını yavaşlatması beklenebilir.

Çevreye duyarlı, sürdürülebilir nitelikteki bir tarımsal gelişme de karbon emisyonunun artış hızının yavaşlatılmasına yardımcı olabilir. Doğru teknikler, araçlar ve ürünlerle yapılan tarımsal faaliyet daha az karbon emisyonunun üretilmesine neden olacaktır.

Henüz Türkiye'de bir karbon vergisi bulunmamaktadır. Karbon emisyonunun vergi yoluyla fiyatlandırılması, ödemek durumunda kalanların tepkisini çekmeye müsait olsa da emisyonun

---

azaltılmasında en iyi araç olacaktır. Gerek bu tür vergi uygulamaları ile, gerekse desteklemelerle emisyon düzeyinin yönetilmesi sağlanmalıdır.

**Beyan ve Açıklamalar (Disclosure Statements)**

1. Araştırmacıların katkı oranı beyanı / Contribution rate statement of researchers:

1. Yazar/First author %40,
2. Yazar/Second author %30,
3. Yazar/Third author %30.

2. Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir (No potential conflict of interest was reported by the authors).

### Kaynakça

- Ali, H. S., Abdul-Rahim, A. & Ribadu, M. B. (2017). Urbanization and carbon dioxide emissions in Singapore: evidence from the ARDL approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 1967-1974. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11356-016-7935-z.pdf>
- Anand, S., & Sen, A. (2000). Human development and economic sustainability. *World Development*, 28(12), 2029-2049. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305750X00000711>
- 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. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032116309546>
- Bian, H. & Meng, M. (2023). Carbon emission reduction potential and reduction strategy of China's manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*, 423, 138718. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652623028767>
- Chen, F., Liu, A., Lu, X., Zhe, R., Tong, J. & Akram, R. (2022). Evaluation of the effects of urbanization on carbon emissions: The transformative role of government effectiveness. *Frontiers in Energy Research*, 10, 848800. [doi: 10.3389/fenrg.2022.848800](https://doi.org/10.3389/fenrg.2022.848800)
- Cheng, Z., Li, L. & Liu, J. (2018). Industrial structure, technical progress and carbon intensity in China's provinces. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 2935-2946. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032117310390>
- Dong, F., Wang, Y., Su, B., Hua, Y. & Zhang, Y. (2019). The process of peak CO<sub>2</sub> emissions in developed economies: A perspective of industrialization and urbanization. *Resources, Conservation and Recycling*, 141, 61-75. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344918303756>
- Du, Q., Deng, Y., Zhou, J., Wu, J. & Pang, Q. (2022). Spatial spillover effect of carbon emission efficiency in the construction industry of China. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(2), 2466-2479. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11356-021-15747-9.pdf>
- Dünya Bankası (2024). Dünya Kalkınma Göstergeleri. [Erişim Tarihi: 01 Mart 2024] <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>
- Farooq, S., Ozturk, I., Majeed, M. T. & Akram, R. (2022). Globalization and CO<sub>2</sub> emissions in the presence of EKC: A global panel data analysis. *Gondwana Research*, 106, 367-378. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1342937X22000478>
- Gao, P., Yue, S. & Chen, H. (2021). Carbon emission efficiency of China's industry sectors: From the perspective of embodied carbon emissions. *Journal of Cleaner Production*, 283, 124655. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620346990>
- Huang, X., Xu, X., Wang, Q., Zhang, L., Gao, X. & Chen, L. (2019). Assessment of agricultural carbon emissions and their spatiotemporal changes in China, 1997–2016. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(17), 3105. [doi:10.3390/ijerph16173105](https://doi.org/10.3390/ijerph16173105)
- Hussain, M. N., Li, Z. & Sattar, A. (2022). Effects of urbanization and nonrenewable energy on carbon emission in Africa. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 1-15. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11356-021-17738-2.pdf>

- Li, J. & Cheng, Z. (2020). Study on total-factor carbon emission efficiency of China's manufacturing industry when considering technology heterogeneity. *Journal of Cleaner Production*, 260, 121021. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620310684>
- Liu, M. & Yang, L. (2021). Spatial pattern of China's agricultural carbon emission performance. *Ecological Indicators*, 133, 108345. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620310684>
- Liu, Y., Yan, B. & Zhou, Y. (2016). Urbanization, economic growth, and carbon dioxide emissions in China: A panel cointegration and causality analysis. *Journal of Geographical Sciences*, 26, 131-152. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11442-016-1259-2.pdf>
- Muhammad, S., Long, X., Salman, M. & Dauda, L. (2020). Effect of urbanization and international trade on CO<sub>2</sub> emissions across 65 belt and road initiative countries. *Energy*, 196, 117102. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544220302097>
- OECD (2024). Indicators for CO<sub>2</sub> Emissions. [Erişim Tarihi: 06 Mart 2024]. [doi: 10.1787/93d10cf7-en](https://doi.org/10.1787/93d10cf7-en)
- Pal, P., Gupta, H. & Kapur, D. (2016). Carbon mitigation potential of Indian steel industry. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 21, 391-402. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11027-014-9605-0.pdf>
- Pata, U. K. (2018). The effect of urbanization and industrialization on carbon emissions in Turkey: Evidence from ARDL bounds testing procedure. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(8), 7740-7747. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11356-017-1088-6.pdf>
- Pervaiz, R., Faisal, F., Rahman, S. U., Chander, R. & Ali, A. (2021). Do health expenditure and human development index matter in the carbon emission function for ensuring sustainable development? Evidence from the heterogeneous panel. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 14(11), 1773-1784. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11869-021-01052-4.pdf>
- Raheem, I. D. & Ogebe, J. O. (2017). CO<sub>2</sub> emissions, urbanization and industrialization: evidence from a direct and indirect heterogeneous panel analysis. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 28(6), 851-867. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/meq-09-2015-0177/full/pdf>
- Shahbaz, M., Sbia, R., Hamdi, H. & Ozturk, I. (2014). Economic growth, electricity consumption, urbanization and environmental degradation relationship in United Arab Emirates. *Ecological Indicators*, 45, 622-631. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.05.022>
- Sheng, P. & Guo, X. (2016). The long-run and short-run impacts of urbanization on carbon dioxide emissions. *Economic Modelling*, 53, 208-215. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264999315003995>
- Sufyanullah, K., Ahmad, K. A. & Ali, M. A. S. (2022). Does emission of carbon dioxide is impacted by urbanization? An empirical study of urbanization, energy consumption, economic growth and carbon emissions-Using ARDL bound testing approach. *Energy Policy*, 164, 112908. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421522001331>
- Sun, W. & Huang, C. (2020). How does urbanization affect carbon emission efficiency? Evidence from China. *Journal of Cleaner Production*, 272, 122828. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620328730>

- Sun, Y., Li, H., Andlib, Z. & Genie, M. G. (2022). How do renewable energy and urbanization cause carbon emissions? Evidence from advanced panel estimation techniques. *Renewable Energy*, 185, 996-1005. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148121018395>
- Tian, J., Yang, H., Xiang, P., Liu, D. & Li, L. (2016). Drivers of agricultural carbon emissions in Hunan Province, China. *Environmental Earth Sciences*, 75, 1-17. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s12665-015-4777-9.pdf>
- Tian, Y., Xiong, S., Ma, X. & Ji, J. (2018). Structural path decomposition of carbon emission: A study of China's manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*, 193, 563-574. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618313775>
- Toda, H. Y., & Yamamoto, T. (1995). Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes. *Journal of Econometrics*, 66(1-2), 225-250. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0304407694016168?via%3Dihub>
- Van Tran, N., Van Tran, Q., Do, L. T. T., Dinh, L. H. & Do, H. T. T. (2019). Trade off between environment, energy consumption and human development: Do levels of economic development matter? *Energy*, 173, 483-493. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544219302312>
- Wang, P., Wu, W., Zhu, B. & Wei, Y. (2013). Examining the impact factors of energy-related CO2 emissions using the STIRPAT model in Guangdong Province, China. *Applied Energy*, 106, 65-71. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261913000457>
- Wang, Q. & Su, M. (2019). The effects of urbanization and industrialization on decoupling economic growth from carbon emission—a case study of China. *Sustainable Cities and Society*, 51, 101758. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670719300010>
- Wang, W.-Z., Liu, L.-C., Liao, H. & Wei, Y.-M. (2021). Impacts of urbanization on carbon emissions: An empirical analysis from OECD countries. *Energy Policy*, 151, 112171. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421521000409>
- Wang, Y., Chen, L. & Kubota, J. (2016). The relationship between urbanization, energy use and carbon emissions: evidence from a panel of Association of Southeast Asian Nations (ASEAN) countries. *Journal of Cleaner Production*, 112, 1368-1374. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615007702>
- Wang, Y., Li, L., Kubota, J., Han, R., Zhu, X. & Lu, G. (2016). Does urbanization lead to more carbon emission? Evidence from a panel of BRICS countries. *Applied Energy*, 168, 375-380. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261916300939>
- Wang, Y., Zhang, X., Kubota, J., Zhu, X. & Lu, G. (2015). A semi-parametric panel data analysis on the urbanization-carbon emissions nexus for OECD countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 48, 704-709. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115003160>
- Wang, Z., Rasool, Y., Asghar, M. M. & Wang, B. (2019). Dynamic linkages among CO 2 emissions, human development, financial development, and globalization: empirical evidence based on PMG long-run panel estimation. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 36248-36263. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11356-019-06556-2.pdf>
- Yun, T., Zhang, J.-b. & He, Y.-y. (2014). Research on spatial-temporal characteristics and driving factor of agricultural carbon emissions in China. *Journal of Integrative Agriculture*, 13(6), 1393-1403. [doi: 10.1016/S2095-3119\(13\)60624-3](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60624-3)

- Zhang, F., Deng, X., Phillips, F., Fang, C. & Wang, C. (2020). Impacts of industrial structure and technical progress on carbon emission intensity: Evidence from 281 cities in China. *Technological Forecasting and Social Change*, 154, 119949. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162519325156>
- Zhang, N., Yu, K. & Chen, Z. (2017). How does urbanization affect carbon dioxide emissions? A cross-country Panel Data Analysis. *Energy Policy*, 107, 678-687. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421517301933>
- Zhang, Y.-J., Liu, Z., Zhang, H. & Tan, T.-D. (2014). The impact of economic growth, industrial structure and urbanization on carbon emission intensity in China. *Natural Hazards*, 73, 579-595. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11069-014-1091-x.pdf>
- Zhao, R., Liu, Y., Tian, M., Ding, M., Cao, L., Zhang, Z., Chuai, X., Xiao, L. & Yao, L. (2018). Impacts of water and land resources exploitation on agricultural carbon emissions: The water-land-energy-carbon nexus. *Land Use Policy*, 72, 480-492. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264837717311031>
- Zhou, Y., Liu, W., Lv, X., Chen, X. & Shen, M. (2019). Investigating interior driving factors and cross-industrial linkages of carbon emission efficiency in China's construction industry: Based on Super-SBM DEA and GVAR model. *Journal of Cleaner Production*, 241, 118322. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619331920>