



Sanayileşme ve Kentleşmenin Çevre Kirliliğine Etkisi

Araştırma Makalesi
Konu: İktisat

Ömer Aras

Doktora Öğrencisi, Mardin Artuklu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İktisat Ana
Bilim Dalı, , omar.aras@gmail.com, ORCID:0000-0001-8110-4095

Özet

Bu çalışmanın amacı, sanayileşme ve kentleşmenin çevre kirliliğine etkisinin incelenmesidir. Sanayileşme ve kentleşme, modern dünyanın temel dinamikleri olarak sosyal, kültürel, ekonomik yapı ve çevre üzerinde önemli değişimlere yol açmıştır. Özellikle sanayileşmenin yoğunlaşması ve kentleşmenin hızlanması, çevresel sorunların başında gelen karbondioksit emisyonlarını artırmıştır. Bu makalede, sanayileşme ve kentleşmenin karbondioksit emisyonları üzerindeki etkilerine odaklanılmıştır. Önemli bir küresel sorun olan çevre kirliliği, ekonomik büyümeyi engeller, yoksulluğu ve eşitsizliği artırır, insan sağlığı için riskler oluşturur ve iklim değişikliğine katkıda bulunur. Sanayileşmeye dayalı hızlı kentleşme geçiren alanlar veya bölgelerin sosyal, ekonomik ve çevresel yönleri dönüşmüş, bu alanlar çevre kirliliğine özellikle hava kirliliğine karşı daha savunmasız hale gelmiştir. Bu çalışmada, Dünya Bankası'ndan elde edilen 1990-2020 dönemine ait veriler kullanılarak Türkiye'de çevre kirliliğine etki eden kişi başı "Gayri Safi Yurtiçi Hasıla", "Bölge Sakinlerinin Patent Başvuruları", "Kentsel Nüfus" ve "Mal ve Hizmet İhracatı" faktörleri arasındaki ilişki Johansen (Vecm) Eşbütünleşme Testi, Fmols-Dols Analizi ve Toda-Yamamoto Analizi yöntemleri ile değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sanayileşme, Kentleşme, Çevre Kirliliği, Karbondioksit

The Environmental Pollution Impact of Industrialization and Urbanization

Abstract

The aim of this study is to examine the effects of industrialization and urbanization on environmental pollution. Industrialization and urbanization, as the basic dynamics of the

Makaleye Atıf Bilgisi
Aras, Ö. (2026).

**Sanayileşme ve Kentleşmenin
Çevre Kirliliğine Etkisi,**
*International Journal of
Social Science (IJSS
Journal),*

(e-ISSN:2548-0685)
Vol:10, Issue:42; s. 234-
255.

DOI:
[10.52096/usbd.10.42.11](https://doi.org/10.52096/usbd.10.42.11)

Gönderim: 24.01.2026
Kabul: 16.02.2026

 **SYAL BİLİMLER
DERGİSİ**
**(ULUSLARARASI
HAKEMLİ DERGİ)**

editorusbd@gmail.com

modern world, have led to significant changes in social, cultural, economic structures and the environment. In particular, the intensification of industrialization and the acceleration of urbanization have increased carbon dioxide emissions, which are among the leading environmental problems. This article focuses on the effects of industrialization and urbanization on carbon dioxide emissions. Environmental pollution, which is a major global problem, hinders economic growth, increases poverty and inequality, poses risks to human health and contributes to climate change. The social, economic and environmental aspects of areas or regions undergoing rapid urbanization based on industrialization have been transformed, and these areas have become more vulnerable to environmental pollution, especially air pollution. In this study, the relationship between the factors of “Gross Domestic Product”, “Patent Applications of Regional Residents”, “Urban Population” and “Exports of Goods and Services” per capita in Turkey, which affect environmental pollution, is investigated using the data obtained from the World Bank for the period 1990-2020.

Keywords: Industrialization, Urbanization, Environmental Pollution, Carbon Dioxide

1.Giriş

XXI. yüzyılın başından itibaren, küresel sera gazı salınımları, esas olarak Çin’den ve diğer gelişmekte olan ekonomilerden kaynaklanan emisyonlardaki artış nedeniyle yükselen bir eğilim izlemiştir (EDGAR, 2024).

Sera gazlarının atmosferik konsantrasyonları, iklim değişikliğine yol açabilecek ve yaşamı olumsuz etkileyebilecek doğal sera oluşumu riskini önemli oranda artırmıştır. Bu bağlamda ülkeler kapsamlı araştırma, planlama ve politikalar üretmeye yönelmiştir.

XIX. yüzyılda Kıta Avrupa’sının geneline yayılan Sanayi Devrimiyle birlikte yükselen kitlesel üretim ve buna paralel gelişen kentleşme süreci ile çevre sorunlarının ortaya çıkması aynı döneme denk gelmektedir.

1950’lerden sonra artan ve yaygınlaşan endüstriyel üretimin etkisiyle tüketim toplumunun genişlemeye başlaması, çevre sorunlarının artışında kritik rol oynamıştır (Çelik ve Küçük, 2020).

Bu bağlamda ülkelerin ekonomik büyümesi ve kalkınmasında temel faktör olan sanayi

sektörünün gelişmesi hava kirliliğinin (CO₂ emisyonu) artışına neden olmuştur. Sanayileşme ile birlikte özellikle kontrolsüz ekonomik büyüme, çevresel tahribatların artmasında rol oynamıştır.

Sanayileşmenin artmasına bağlı olarak ülkeler büyümeye, üretim ve tüketimlerini artırmaya devam etmişlerdir. Artan ihtiyaçlar karşısında sanayileşmenin de hız kazanması, kontrol dışı gazların havaya bırakılmasına sebep olmuştur (Yıldız ve Bostan Göktürk, 2019).

Özellikle gelişimini sürdürmeye devam eden gelişmekte olan ülkeler çevre kirliliği ile başa çıkmada gelişmiş ülkelere nazaran daha dezavantajlı durumdadır. Çünkü söz konusu ülkeler, hem teknolojik üstünlük noktasında hem de maddi güç bakımından yetersiz konumdadırlar.

Gelişmekte olan bir ülke olarak Türkiye’de sanayileşme ve kentleşmenin çevre kirliliği ya da CO₂ emisyonu ile ilişkisini inceleyen sınırlı sayıda çalışma yapılmış olması bu çalışmayı özgün kılmıştır.

Bu araştırmanın amacı, sanayileşme ve onun sonucu olan kentleşmenin CO₂ emisyonu üzerindeki etkisini ampirik olarak analiz etmektir. Yöntem olarak Türkiye’de 1990-2020 yıllarına ait verilerden yola çıkılarak Johansen (vecm) eşbütünleşme testi, Fmols-Dols testleri ve Toda-Yamamoto testleri kullanılmıştır.

Gelişmekte olan ve sanayileşmesini henüz tamamlayamamış Türkiye’de sanayileşme ve kentleşmenin çevre kirliliğine neden olduğunu ortaya çıkarmayı amaçlayan bu çalışma, sınırlı sayıdaki araştırmanın eksikliğini gidermesine, çevreye duyarlı ve sürdürülebilir kalkınma ve gelişme politikalarının oluşturulmasına katkı sağlaması bakımından önemlidir.

2.Literatür Taraması

Gelişmekte olan bir ülke olarak özellikle Türkiye’de sanayileşme ve kentleşmenin çevre ya da hava kirliliği üzerindeki etkisini analiz eden çalışmalar sınırlı sayıdadır. Bu konuda yapılan literatür taramasında sanayileşme ve kentleşme süreçlerinin, genel olarak çevresel bozulmaya ve CO₂ emisyonlarının artışına neden olduğu ortaya çıkarılmıştır.

Sanayileşme ve kentleşme tüketim toplumunun ortaya çıkışını hızlandırmış ve bu olguların yaşanması, çevre sorunlarının ortaya çıkmasında önemli roller oynadığı görülmüştür.

İnsanın doğaya hâkim olma isteği ve çıkarları için doğayı dönüştürme eylemleri, çevreye

yönelik tehditleri ve belirsizlikleri artırmış ve çevre kirliliğine yol açmıştır (Patnaik, 2018; Yıldız ve Bostan Göktürk, 2019; Bekabil, 2020, s. 18; Efeoğlu, 2022; Özbay, 2023).

Bu bağlamda sanayileşme ve kentleşmenin görece daha az geliştiği bölgelerde veya ülkelerde, çevre kirliliği de buna paralel olarak daha düşük kalmıştır. Örneğin sahra altı Afrika’da endüstriyel çevre kirliliğinin ve CO₂ emisyonunun daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Bekabil, 2020, s.19).

Sanayinin ve ekonominin gelişmesi, kentlere göçü arttırmış ve kentlerin hızlı bir şekilde büyümelerine neden olmuştur (Majeed & Tauqir, 2020, s. 655; Hao, et al., 2020, s. 28).

Özellikle kentlerin kontrolsüz ve hızlı gelişmesinin çevre üzerinde beklenmedik baskılar oluşturduğu, olumsuz etkilere ve çevre kirliliğine sebebiyet verdiği bulgusuna ulaşılmıştır (Liu & Bae, 2018; Kaya ve Taylan Susan, 2020; Özbay, 2023).

Örneğin 2019 yılında ARDL testi yaklaşımı ile Türkiye’de sanayileşme ve kentleşmenin çevre kirliliği üzerindeki etkisi araştırılmış, elde edilen bulgulara göre; sanayileşme ve kentleşme oranı ile CO₂ emisyonu arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Yani kentleşme oranı arttıkça CO₂ emisyonu da artmıştır (Yıldız ve Bostan Göktürk, 2019).

Benzer biçimde sanayileşmenin hava kirliliği üzerindeki etkisi, Johansen Eşbütünleşme Testi ile incelenmiş ve sanayileşmenin çevre kirliliği üzerindeki etkisinin pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir.

Buna göre sanayileşmedeki %1’lik artışın çevre kirliliğini %2,86 oranında arttırdığı, dolayısıyla sanayileşme ve çevre kirliliği arasında uzun dönemde doğru yönlü bir ilişkinin olduğu saptanmıştır (Atalay Şimşek, 2023).

3.Ekonometrik Analiz

Sanayileşme ve kentleşme ile birlikte tüm dünyada fosil yakıtların kullanımı ve sonuçta hava kirliliği artmıştır. Bu çalışmada, Türkiye’de çevre kirliliğine etki eden kişi başı GSYH, bölge sakinlerinin patent başvuruları, kentsel nüfus (toplam nüfusun yüzdesi) ve mal ve hizmet ihracatı faktörleri arasındaki ilişkinin analizi yapılmıştır.

Çalışmada uygulanan testler sırasıyla; Birim Kök Testleri (ADF ve PP), Tanısal Testler, Johansen Eşbütünleşme Testi, FMOLS-DOLS Testleri ve son olarak Toda-Yamamoto

Nedensellik Testi şeklindedir.

4. Veri Seti ve Modeli

Çalışmada kullanılan veriler tablo 1’de görüldüğü gibi beş tanedir. Modelin bağımlı değişkeni kişi başı CO₂ emisyonudur. Diğer değişkenler bağımsızdır ve tüm değişkenlerin logaritmaları alınarak işlemler yapılmıştır. Serideki veriler yıllık olup Dünya Bankası tarafından hesaplanmış ve 1990-2020 yıllarını kapsamaktadır.

Tablo 1: Çalışmanın değişkenleri ve kısaltmaları

Değişkenler	Açıklaması	Kısaltması	Kaynak
Çevre Kirliliği	Kişi Başı CO ₂ Emisyonu (metrik ton)	CO ₂	Dünya Bankası
Ekonomik Büyüme	Kişi Başı GSYİH	GSYH	Dünya Bankası
İhracat	Mal ve Hizmet İhracatı (ABD Doları)	IHRACAT	Dünya Bankası
Kentsel Nüfus (Toplam Nüfusun Yüzdesi)	Kentsel Nüfus (Toplam Nüfusun Yüzdesi)	KENTLESME	Dünya Bankası
Patent Sayısı	Bölge Sakinlerinin Patent Başvuruları	PATENT	Dünya Bankası

Modelin Fonksiyonel Biçimi

$$\ln CO_{2t} = \beta_0 + \beta_1 \ln GSYH_t + \beta_2 \ln İHRACAT_t + \beta_3 \ln KENTLESME_t + \beta_4 \ln PATENT_t + U_t$$

(1)

5. Ekonometrik Yöntem ve Bulgular

Çalışmada analizi yapılan, 1 bağımlı ve 4 bağımsız değişkenden bulunmaktadır. Bağımlı olan CO₂ değişkeninin, bağımsız olan GSYH, İHRACAT, KENTLESME ve PATENT değişkenleri ile arasındaki ilişki ekonometrik analiz yöntemiyle açıklanmaya çalışılmıştır. Araştırmanın testleri genellikle % 95 güven aralığı düzeyinde uygulanmış ve değerlerin ondalık kısmı iki haneli olacak şekilde yuvarlanmıştır.

5.1. Birim Kök Testleri

5.1.1. Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) Testi

Bir serinin uzun dönemde sahip olduğu özellik, bir önceki dönemde değişkenin aldığı değerlerin mevcut dönemi nasıl etkilediğinin bulunmasıyla ortaya çıkartılabilir. Ekonometride birim kök analizi olarak bilinen yöntemle, serilerin durağan olup olmadıkları belirlenebilmektedir (Liu, & Bae, 2015; Tarı, vd, 2019).

Tablo 2: Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) Testi Verileri

Değişkenler	Düzey					1.Fark				
	t-ist. Değeri	Prob. Değeri	%1 Değeri	%5 Değeri	%10 Değeri	t-ist. Değeri	Prob. Değeri	%1 Değeri	%5 Değeri	%10 Değeri

LNCO₂	-3.28	0.0882	-4.29	-3.56	-3.21	-5.82	0.0003	-4.30	-3.57	-3.22
LN_{GSYH}	-2.55	0.3002	-4.29	-3.56	-3.21	-5.37	0.0008	-4.30	-3.57	-3.22
LNİHRACAT	-0.90	0.9395	-4.29	-3.56	-3.21	-4.36	0.0095	-4.33	-3.58	-3.22
LNKENTLESME	3.30	1.0000	-4.30	-3.57	-3.22	-5.36	0.0008	-4.30	-3.57	-3.22
LN_{PATENT}	-1.53	0.7951	-4.29	-3.56	-3.21	-4.42	0.0077	-4.30	-3.57	-3.22

Tablo 2’de görüldüğü gibi çalışmada durağanlığı sınamak için ADF testi, önce sabitli- trendli modelde ve düzey değerinde uygulanmıştır. Bu uygulamada tüm değişkenlere ait serilerin birim kök içerdikleri ve durağan olmadıkları görülmüştür. Ardından sabitli-trendli modelde bütün değişkenlerin birinci farkları alındığında değişkenlerin mutlak t-istatistikleri %1, % %5 ve %10 değerlerinden büyük olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda tüm değişkenlerin olasılık değerlerinin %1’den olduğu görülmüştür. Birinci fark alma işleminde değişkenler birim kök içermez. H₀ hipotezi ret, H₁ kabul edilir. Böylece ilk fark alma işleminde durağanlık sağlanmıştır.

5.1.2.Phillips-Perron (PP) Birim Kök Testi

Zaman serileri otoregresif veya hareketli ortalamalı olabilirler. Zaman serisindeki kırılmalar, yapısal kırılma trendinden veya birim kökteki bir sıçramadan kaynaklanabilir. PP testi, bir serideki kırılmanın kaynağını yani nedenini ortaya çıkarmaktadır (Tarı, vd., 2019).

Tablo 3: Phillips-Perron (PP) Testi Verileri

Değişkenler	Düzey					1.Fark				
	t-ist.	Prob.	%1	%5	%10	t-ist.	Prob.	%1	%5	%10
	Değeri	Değeri	Değeri	Değeri	Değeri	Değeri	Değeri	Değeri	Değeri	Değeri
LNCO2	-3.02	0.1430	-4.29	-3.56	-3.21	-7.53	0.0000	-4.30	-3.57	-3.22
LNGSYH	-2.60	0.2810	-4.29	-3.56	-3.21	-5.95	0.0002	-4.30	-3.57	-3.22
LNİHRACAT	0.68	0.9993	-4.29	-3.56	-3.21	-8.00	0.0000	-4.30	-3.57	-3.22
LNKENTLESME	0.02	0.9947	-4.29	-3.56	-3.21	-4.94	0.0022	-4.30	-3.57	-3.22
LNPATENT	-1.77	0.6926	-4.29	-3.56	-3.21	-4.55	0.0057	-4.30	-3.57	-3.22

PP testinde, bütün değişkenlerde sabitli-trendli olarak işlem yapılmıştır. Tablo 3'te görüldüğü gibi düzeyde durağanlık sağlanamayınca değişkenlerin birinci farkları alınmıştır. Böylece ilk fark alma işleminde tüm değişkenlerin mutlak t-istatistikleri %1, %5 ve %10 değerlerinden büyük olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda tüm değişkenlerin olasılık değerleri %1'den küçük olduğu saptanmıştır. Dolayısıyla bu değişkenler birim kök içermez. H₀ hipotezi ret, H₁ hipotezi kabul edilmiştir. Yani İlk fark alma işleminde durağanlık sağlanmıştır.

5.2.Tanısal Testler

Analizin bu bölümünde, yapılacak tahminlerin güvenilir olabilmesi için sahip olmaları gereken varsayımlardan, sapmaların var olup olmadığı sınanacaktır. Bunun için normallik testine, otokorelasyon olup olmadığına ve hata terimleri sabit varyanslara bakılmıştır.

5.2.1. Normallik Testi

Normallik varsayımının geçerliliği Jarque-Bera Testi ile incelenmiştir. Normal dağılım için ideal olan eğiklik (Skewness) 0, basıklık ise (Kurtosis) 3 kabul edilir (Bükey ve Çetin, 2017).

Tablo 4: Jarque-Bera Normallik Testi

Jarque-Bera	Probability (Olasılık Değeri)	Skewness (Eğiklik)	Kurtosis (Basıklık)
0.0170497	0.918284	-0.121151	2.729283

H₀: Kalıntılar normal dağılıma uymaktadır.

H₁: Kalıntılar normal dağılıma uymamaktadır.

Tablo 4’te görüldüğü üzere; Probability=0.918284 > 0.10 olduğu için H₀ hipotezi kabul edilir. Hata terimleri normal dağılmıştır. Normal dağılıma sahip hata terimlerinin varlığı regresyon modeli tarafından yapılan tahminlerin güvenilirliğini artırmıştır. Eğiklik ve basıklık değerlerinin de ideale yakın oldukları gözlemlenmiştir.

5.2.2. Otokorelasyon Testi

Klasik doğrusal regresyon modelinin temel varsayımlarında biri hata terimleri arasında ilişkinin olmamasıdır. Herhangi bir gözleme ait “hata terimi”, başka bir gözleme ait “hata terimi”ni etkiliyorsa temel varsayımdan sapma söz konusudur ve modelde otokorelasyon sorunu olduğu kabul edilir (Çil Yavuz, 2010). Burada Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Testi, yıllık gözlem verilerinde uygun görülen 3 gecikme değeri için uygulanmıştır.

Tablo 5: Breusch-Godfrey Otokorelasyon Testi

Obs*R-squared	Prob. Chi-Square(3)
6.250097	0.1001

H0: Otokorelasyon Vardır

H1: Otokorelasyon Yoktur

Tablo 5’te göre; Prob. Chi-Square(3)= 0.1001 > 0.05 olduğu için H0 hipotezi red edilmiştir. Yani 3. Dereceden otokorelasyon bulunmamıştır. Dolayısıyla otokorelasyonun olmaması modelin güvenilirliğini artırmıştır.

5.2.3.Sabit Varyans

Sabit Varyans varsayımının geçerliliğinin sınanabilmesi için White ve Breusch-Pagan-Godfrey testleri uygulanmıştır. Bunlar aşağıdaki Tablo 6’da yer almaktadır.

Tablo 6: Sabit Varyans Testleri

	Obs*R-squared	Prob. Chi-Square
White	5.97086	0.8749
Breusch-Pagan-Godfrey	5.088168	0.2784

H0: Sabit Varyans

H1: Değişen Varyans

Tablo 6’da; Sabit Varyans varsayımının sınanması için uygulanan White, Breusch-Pagan-Godfrey Testleri için Prob. değerleri>0.10 olduğu için H₀ reddedilmemiştir. Dolayısıyla White ve Breusch-Pagan- Godfrey testleri birbirini desteklemekte olup Sabit Varyans varsayımı kabul edilmiştir. Hata terimlerinin Sabit Varyanslı olduğunu doğrulamak modelin güvenilirliğini artırmıştır.

5.3.Johansen (Vecm) Eşbütünleşmetesti

Veriler arasında olası denklem sistemleri incelenerek birden fazla eşbütünleşme ya da denge ilişkisi analizi “vektörel” olarak analiz edilebilir. Bu amaçla Johansen (1996), çalışmalarında çoklu denklem yaklaşımı yöntemi ile her bir seriyi içsel kabul ederek eşbütünleşme ilişkisini “vektörel” olarak tanımlamıştır. Johansen eşbütünleşme analizinin yapılacağı denklem sistemindeki serilerin aynı dereceden entegre (*hepsinin I*)) olması gereklidir. Aksi durumda bu analiz uygulanamaz (Mert ve Çağlar, 2019).

Eşitlikte gösterilen değişkenler, Johansen eşbütünleşme yöntemiyle (sabitli ve trendli modelde) uzun dönem denge ilişkisinin varlığı araştırılmıştır.

$$\ln CO_{2t} = \beta_0 + \beta_1 \ln GSYH_t + \beta_2 \ln İHRACAT_t + \beta_3 \ln KENTLESME_t + \beta_4 \ln PATENT_t + U_t$$

Tablo 7: Johansen Eşbütünleşme Test Sonuçları

İz İstatistiği Eşbütünleşme Testi				
Hipotezler	Özdeğer	İz İstatistik	%5 Kritik Değer	Probability (olasılık)
r=0	0.9217	146.553	69.818	0.0000
r≤1	0.6617	72.6730	47.8561	0.0001

$r \leq 2$	0.5185	41.2340	29.7970	0.0016
$r \leq 3$	0.4108	20.0375	15.4947	0.0096
$r \leq 4$	0.1494	4.6932	3.8414	0.0303
Maksimum Öz Değer İstatistiği Eşbütünleşme Testi				
Hipotezler	Özdeğer	İz İstatistik	%5 Kritik Değer	Probability (olasılık)
$r=0$	0.9217	73.8880	33.8768	0.0000
$r \leq 1$	0.6617	31.4389	27.5843	0.0152
$r \leq 2$	0.5185	21.1965	21.1316	0.0490
$r \leq 3$	0.4108	15.3443	14.2646	0.0336
$r \leq 4$	0.1494	4.6932	3.8414	0.0303

İz İstatistiği Eşbütünleşme Analizi

H₀: Seriler arasında eşbütünleşme yoktur

H₁: Seriler arasında eşbütünleşme vardır

$r=0$ (None) Hipotezinde; iz istatistik değeri % 5 kritik değerden büyük ve $prob=0.0000 < 0.05$ olduğundan “seriler arasında eşbütünleşme yoktur” şeklindeki H₀ hipotezi red edilmiştir. H₁ ise hipotezi kabul edilmiştir. Yani değişkenler arasında eşbütünleşme vardır. Diğer (At most) Hipotezlerde; 1,2,3 ve 4 değişkenlerin tümünde de iz istatistik değerleri %5 kritik değerden büyük ve tüm değişkenlerin olasılık değerleri %5’ten küçük olduğundan H₀ hipotezi red edilirken H₁ kabul edilmiştir. Yani her 5 seride de eş- bütünleşme bulunmuştur.

Maximum Öz değer İstatistiği Analiz

$r=0$ (None) hipotezinde; iz istatistik değeri % 5 kritik değerden büyük ve $prob=0.0000 < 0.05$ olduğundan “seriler arasında eşbütünleşme yoktur” şeklindeki H_0 hipotezi red edilmiştir. H_1 hipotezi ise kabul edilmiştir. Dolayısıyla seriler arasında eşbütünleşme vardır.

Diğer (At most) hipotezlerde; 1,2,3 ve 4 serilerin tümünde de iz istatistik değerleri %5 kritik değerden büyük ve tüm serilerin olasılık değerleri %5’ten küçük olduğundan H_0 hipotezi red edilirken H_1 kabul edilmiştir. Yani her 5 seride de eşbütünleşme bulunmuştur.

5.4.Fmols ve Dols Testleri

Ekonomik büyüme ile fiziki ve beşerî sermaye stokları ve enerji tüketimi arasındaki uzun dönem nedensellik ilişkisinin var olup olmadığı FMOLS ve DOLS yöntemleriyle araştırılmıştır. FMOLS ve DOLS eşbütünleşme yöntemleri, tıpkı geleneksel eşbütünleşme yöntemleri gibi kullanılan serilerin “farkta” durağan olmaları koşuluna dayanmaktadır. Bununla birlikte, elde edilen katsayıların yorumlanabilme olanağının olması önemli bir avantaj sunmaktadır (Erdoğan vd., 2018).

Tablo 8’de FMOLS ve DOLS yöntemleriyle elde edilen sonuçlar ortaya konulmuştur. Aşağıdaki modelde görüldüğü gibi CO_2 bağımlı değişkendir. Geri kalan diğer değişkenler bağımsızdır.

$$\ln CO_{2t} = \beta_0 + \beta_1 \ln GSYH_t + \beta_2 \ln İHRACAT_t + \beta_3 \ln KENTLESME_t + \beta_4 \ln PATENT_t + U_t$$

Tablo 8: FMOLS ve DOLS Test Sonuçları

FMOLS				
Değişkenler	Katsayı	Standart Hata	t-İstatistiği	Olasılık
lnGSYH	0.4360	0.1180	3.6947	0.0011
lnIHRACAT	0.1352	0.0738	1.8299	0.0792
lnKENTLESME	-0.7407	1.1368	-0.6516	0.5206
lnPATENT	0.0485	0.0300	1.6150	0.1189
C	-3.2671	2.8033	-1.1654	0.2548
DOLS				
Değişkenler	Katsayı	Standart Hata	t-İstatistiği	Olasılık
lnGSYH	0.0563	0.1514	0.3719	0.7170
lnIHRACAT	0.2305	0.0805	2.8634	0.0154
lnKENTLESME	-1.7781	1.1877	-1.4971	0.1625
lnPATENT	0.1071	0.0219	4.8907	0.0005
C	2.1477	2.5636	0.8377	0.4200

Tablo 8’de görüldüğü gibi FMOLS testinde çıkan sonuçlara göre GSYH, IHRACAT ve PATENT’te meydana gelen %1’lik artış, CO2 emisyonunu sırasıyla %0.43, %0.13 ve %0.04 artırmıştır. KENTLEŞME’de meydana gelen %1 artış ise CO2 emisyonunu %0.743 azaltmıştır. Dolayısıyla GSYH, IHRACAT VE PATENT CO2 emisyonunu pozitif yönde etkilerken KENTLESME negatif etki etkilemiştir. GSYH ve IHRACAT olasılık değerleri %10 kritik değerden küçük olduğundan anlamlı bir ilişkiden söz edilebilmektedir. KENTLESME ve PATENT olasılık değerleri ise %10 kritik değerlerinden büyük oldukları için anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

DOLS testinde çıkan sonuçlara göre GSYH, IHRACAT ve PATENT’te meydana gelen

%1'lik artış, CO₂ emisyonunu sırasıyla %0.05, %0.23 ve %0.10 artırmıştır. KENTLEŞME'de meydana gelen %1 artış ise CO₂ emisyonunu %1.77 azaltmıştır. Dolayısıyla GSYH, IHRACAT VE PATENT CO₂ emisyonunu pozitif yönde etkilerken KENTLESME negatif etki etmiştir. IHRACAT ve PATENT olasılık değerleri %10 kritik değerden küçük olduğundan anlamlı bir ilişkiden söz edilebilmektedir. GSYH ve KENTLESME olasılık değerleri ise %10 kritik değerlerinden büyük oldukları için anlamlı bir ilişkiye rastlanmamıştır.

5.5.Toda- Yamamoto (TY, 1995) Nedensellik Analizi

VAR (Vektör Otoregresif Modeller) ile analiz edilen değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi varsa veya değişkenler birim kök içeriyorsa (değişkenlerin birinci farkının modele dahil edilme zorunluluğu), VAR modellerinde hipotez testleri geçerli olmamaktadır. Normal şartlar altında durağan olan seriler VAR ile analiz edildikten sonra Granger Nedensellik Testinde geleneksel F istatistiği kullanılmaktadır. Fakat Toda-Yamamoto (TY, 1995), değişkenler arasında bir eşbütünleşme ilişkisi olması durumunda F-istatistiğinin standart dağılımına uymayarak geçerliliğini yitirebileceğini göstermiştir. TY (1995), bir ekonomi teorisi incelenirken veya bir ekonometrik model kurulurken, ilgili değişkenler birim kök içerse bile bu değişkenlerin seviye değerleri kullanılarak VAR analizi yapılabileceğini ve burada Wald Testinin uygulanabileceği belirtilmiştir (Mert ve Çağlar, 2019).

Bu bağlamda Toda-Yamamoto testi ($k+d_{max}$), dereceden bir VAR modeli oluşturulmasını önermektedir. Burada "k", istikrar koşullarını sağlayan optimal gecikme uzunluğunu, "d_{max}" ise modeldeki ilgili serilerin maksimum bütünleşme derecesini belirtmektedir (Örneğin: $x \sim 1(0)$ ve $y \sim 1(1)$ ise $d_{max}=1$, $x \sim 1(1)$ ve $y \sim 1(2)$ ise $d_{max}=2$, $x \sim 1(0)$ ve $y \sim 1(2)$ ise $d_{max}=2$ olacaktır). Toda-Yamamoto Testi, "k" gecikme uzunluğu ile x^2 asimptotik dağılım özelliği sergilemekte ve bu test için k ve d_{max}"ın öncelikle belirlenmesi gerekmektedir (Mert ve Çağlar, 2019).

Çalışmada CO₂, GSYH, IHRACAT, KENTLESME ve PATENT arasındaki ilişki Toda-Yamamoto Nedensellik Testi uygulanarak tespit edilmiştir. Toda-Yamamoto Nedensellik Testi ile serilerin durağan olup olmaması, eşbütünleşme ilişkisi bulundurup bulundurmaması dikkate alınmamaktadır.

Tablo 9: Toda-Yamamoto Nedensellik Testi Sonuçları

Bağımlı Değişken	Veri	Bağımsız Değişkenler			
lnCO2		lnGSYH	lnIHRACA T	lnKENTLESM E	lnPATENT
	Prob.	0.0297	0.0001	0.0244	0.4359
Bağımlı Değişken	Veri	Bağımsız Değişkenler			
lnGSYH		lnCO2	lnIHRACA T	lnKENTLESM E	lnPATENT
	Prob.	0.1036	0.2371	0.1435	0.7190
Bağımlı Değişken	Veri	Bağımsız Değişkenler			
lnIHRACAT		LnCO2	lnGSYH	lnKENTLESM E	lnPATENT
	Prob.	0.1948	0.0399	0.0189	0.0267
Bağımlı Değişken	Veri	Bağımsız Değişkenler			
lnKENTLESME		LnCO2	lnGSYH	lnIHRACAT	lnPATENT
	Prob.	0.9119	0.0195	0.0446	0.4131
Bağımlı Değişken	Veri	Bağımsız Değişkenler			
		LnCO2	lnGSYH	lnIHRACAT	lnKENTLESME

lnPATENT	Prob.	0.2533	0.9360	0.2104	0.0006
-----------------	--------------	--------	--------	--------	--------

Tablo 9 ve 10’da görüldüğü gibi CO2 bağımlı değişken iken GSYH, IHRACAT ve KENTLESME olasılık değerleri %5 kritik değerinden küçük oldukları için bu değişkenlerden CO2 emisyonuna doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi vardır. PATENT değişkeninin olasılık değeri %10 kritik değerinden büyük olduğu için PATENT değişkeninden CO2 emisyonuna nedensellik ilişkisi bulunamamıştır. IHRACAT bağımlı değişken iken GSYH, KENTLESME ve PATENT olasılık değerleri %5 kritik değerinden küçük olduğundan bunlardan IHRACAT’a doğru nedensellik ilişkisi saptanmıştır. Bağımlı değişken KENTLESME olduğunda GSYH ve IHRACAT olasılık değerleri %5 kritik değerinden küçük olduğundan GSYH ve IHRACAT’tan KENTLESME’ye doğru nedensellik söz konusudur. PATENT bağımlı değişken iken KENTLESME olasılık değeri %1 kritik değerinden küçük olup KENTLESME’den PATENT’e doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Ayrıca KENTLESME IHRACAT’ın ve IHRACAT da KENTLESME’nin nedeni olup bu iki değişken arasında çift yönlü bir ilişki söz konusudur. CO2, IHRACAT, KENTLESME ve PATENT’ten GSYH’ye doğru herhangi bir nedensellik bulunamamıştır. Aynı şekilde CO2’den IHRACAT’a, KENTLESME’ye ve PATENT’e doğru herhangi bir nedensellik saptanamamıştır.

Tablo 10: Toda-Yamamoto Nedensellik Test Sonuçları

Model	k+dmax	Nedenselliğin Yönü
CO2-GDP GDP-CO2	3	GDP→ CO2
CO2-IHRACAT IHRACAT-CO2	3	IHRACAT→ CO2
CO2-KENTLESME KENTLESME-CO2	3	KENTLESME→ CO2

CO₂-PATENT PATENT-CO₂	3	Nedensellik yok
GDP-IHRACAT IHRACAT-GDP	3	GDP→IHRACAT
GDP-KENTLESME KENTLESME-GDP	3	GDP →KENTLESME
GDP-PATENT PATENT-GDP	3	Nedensellik yok
IHRACAT- KENTLESME KENTLESME- IHRACAT	3	KENTLESME ↔ IHRACAT
IHRACAT-PATENT PATENT-IHRACAT	3	PATENT →IHRACAT
PATENT-KENTLESME KENTLESME-PATENT	3	KENTLESME→PATENT

Sonuç

Gelişmekte olan bir ülke olarak Türkiye’de artan sanayileşme ve kentleşmenin çevre kirliliği üzerindeki etkisi analiz edildiğinde, kişi başı “Gayri Safı Yurtiçi Hasıla” “Bölge Sakinlerinin Patent Başvuruları”, “Kentsel Nüfus” ve “Mal ve Hizmet İhracatı” faktörleri ile CO₂ emisyonu arasında ilişki olduğu bulunmuştur.

Çalışmada uygulanan Johansen (Vecm) Eşbütünleşme Testinde tüm seriler arasında eşbütünleşme olduğu görülmüştür. Fmols analiz bulgularına göre; uzun dönemde GSYH, IHRACAT ve PATENT değişkenlerinde meydana gelen %1’lik artış, CO₂ emisyonunu sırasıyla %0.43, %0.13 ve %0.04 artırırken, KENTLEŞME değişkeninde meydana gelen %1 artış ise CO₂ emisyonunu %0.743 azaltmıştır. Dolayısıyla GSYH, IHRACAT ve PATENT

değişkenleri CO₂ emisyonunu pozitif yönde etkilerken KENTLESME'nin negatif etki ettiği saptanmıştır.

Dols analiz bulgularına göre ise uzun dönemde GSYH, IHRACAT ve PATENT değişkenlerinde meydana gelen %1'lik artış, karbondioksit emisyonunu sırasıyla %0.05, %0.23 ve %0.10 artırmıştır. KENTLEŞME değişkeninde meydana gelen %1 artış ise CO₂ emisyonunu %1.77 azalmıştır. Görüldüğü gibi GSYH, IHRACAT VE PATENT, CO₂ emisyonunu pozitif yönde etkilerken KENTLESME negatif etkide bulunmuştur.

Toda-Yamamoto Analizinde de CO₂, GSYH, IHRACAT, KENTLESME ve PATENT değişkenleri arasındaki nedensellik araştırılmış; buna göre, CO₂ ile PATENT değişkenleri arasında herhangi bir nedensellik bulunamazken, KENTLESME ile IHRACAT değişkenleri arasında çift yönlü nedensellik ortaya çıkarılmıştır. Diğer değişkenler arasında ise tek yönlü nedensellik tespit edilmiştir. Görüldüğü gibi söz konusu faktörler genel olarak çevre kirliliğine neden olmaktadır.

Sanayileşme ve kentleşme modern toplumların gelişiminde vazgeçilmez bir yere sahiptir. Ancak bu süreçlerin karbondioksit emisyonları üzerindeki etkileri pek çok sorunlara neden olmuştur. Bu sorunların başında küresel iklim değişikliği ve sağlık sorunları gelmektedir.

Bu bağlamda sanayileşme ve kentleşmenin çevresel etkilerini azaltmak için yenilenebilir enerji kullanımı, sürdürülebilir kent planlaması ve enerjinin verimli ve etkin kullanılması kritik değerdedir.

Sanayi atıklarının sıkı kontrolü ve arıtma sistemlerinin geliştirilmesi önemlidir. Fosil yakıtların yerine güneş, rüzgar, hidroelektrik ve biyoyakıt gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması, CO₂ emisyonlarının azaltılmasında etkili olacaktır. Toplu taşıma sistemlerinin geliştirilmesi, elektrikli araç kullanımının teşvik edilmesi ve bisiklet yollarının artırılması, şehirlerdeki ulaşım kaynaklı CO₂ emisyonlarını düşürebilir.

Kentlerde yeşil alanların korunması ve ağaçlandırma çalışmalarının yapılması, karbon emicilerini artırarak atmosferdeki CO₂ seviyesini düşürebilir. Sanayi ve kent yaşamında enerji verimliliği teknolojilerinin kullanılması, enerji tüketimini azaltarak karbondioksit emisyonlarını sınırlayabilir. Örneğin, binalarda ısı yalıtımı, enerji tasarruflu aydınlatma sistemleri ve yenilikçi ısıtma-soğutma çözümleri, emisyonların azaltılmasına katkıda bulunabilir.

Kentleşme sürecinde sürdürülebilir planlama prensiplerinin benimsenmesi, enerji ve doğal

kaynak tüketiminin minimize edilmesi için önemlidir. Yaya dostu şehirler, toplu yaşam alanlarının geliştirilmesi ve ekolojik yapılar, sürdürülebilir bir kentleşme modeline örnek teşkil eder.

Kaynakça

- Atalay Şimşek, S. (2023). Sanayileşmenin Hava Kirliliği Üzerindeki Etkisi: Polonya Örneği. *Journal of Public Economy and Public Financial Management*, 3(1).
- Bekabil, Urgessa Tilahun (2020). Industrialization and Environmental Pollution in Africa: An Empirical Review. *Journal of Resources Development and Management*. Vol.69.
- Bükey, A., M ve Çetin, B., I. (2017). Türkiye’de Gelir Dağılımına Etki Eden Faktörlerin En Küçük Kareler Yöntemi ile Analizi. *Maliye Araştırmaları Dergisi* Mart 2017, Cilt:3 Sayı:1.
- Chandra Voumik, L. & Sultana, T. (2022). Impact of urbanization, industrialization, electrification and renewable energy on the environment in BRICS: fres evidence from novel CS-ARDL model. *Heliyon* 8 e1 1457.
- Çelik, A. ve Küçük, A. (2020). Tüketim Toplumunun Çevre Sorunlarına Etkileri. *Econharran Harran Üniversitesi İİBF Dergisi* Cilt: 4 Sayı: 5 Yıl: 2020.
- Çil Yavuz, N. (2010). Ekonometri. İstanbul Üniversitesi Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi.
- Efeoğlu, R. (2022). Çevresel Kuznets Eğrisi Çerçevesinde Sanayileşme, Yenilenebilir Enerji, Enerji Tüketimi ve Finansal Gelişmenin CO2 Salınımı Üzerindeki Etkisi. *Alanya Akademik Bakış*, Sayfa No.2103-2115.
- EDGAR (2024). Emissions Database for Global Atmospheric Research. European Commission. (Erişim: 07.11.2024). https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2024
- Erdoğan,L., Ceylan. ve Tiryaki, A. (2018). Türkiye’de Uzun Dönem Ekonomik BüyümeninBelirleyicilerinin Ardl, Fmols, Dols ve Ccr Yöntemleriyle Tahmini, Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Cilt 36, Sayı 4, 2018, s. 39-58.
- Eştürk, Ö., Aydın, F. F. ve Levent, C. (2023). Tarım ve sanayi sektörlerinin çevre kirliliği üzerindeki etkisi: seçilmiş OECD üyesi ülkelerde ekonometrik bir uygulama.Ardahan Üniversitesi İİBF Dergisi, 5(2), 109-116. <http://doi.org/10.58588/aru-feas.1379450>
- Hao, Y., Zheng, S., Zhao, M., Wu., H., Guo, Y. & Li, Y. (2020). Reexamining the relationship

among urbanization, industrial structure, and environmental pollution in China-New evidence using the dynamic threshold panel model. *Energy Report* 6 (2020) 28-39.

Kaya, H. E. ve Susan, A. T. (2020). Sürdürülebilir Bir Kentleşme Yaklaşımı Olarak, Ekolojik Planlama ve Eko-Kentler. *İdealkent Sayı Issue 30, Cilt Volume 11, Year 2020-2*, 909-937.

Kayan, A. (2018). Çevre Sorunlarına Eğitimle Farkındalık Oluşturma. *Journal Of Awareness*. Cilt:3, Sayı: Özel, 2018 Vol:3, Issue: Special, 2018.

Kılıç, C., Kurt, Ü. Ve Balan, F. (2020). Kentleşme ve Sanayileşmenin CO2 Emisyonu Üzerindeki Etkisi: Türkiye İçin ARDL Sınır Testi Yaklaşımı. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. 2020; 18 (2); 182-196.

Lee, Jung. W. (2019). Lagged effect of exports, industrialization and urbanization on carbon footprint in Southeast Asia. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 26(5), 398–405. <https://doi.org/10.1080/13504509.2019.1605425>

Li, M., Li, C. & Zhang, M. (2018) Exploring the spatial spillover effects of industrialization and urbanization factors on pollutants emissions in China's Huang-Huai-Hai region. *Journal of Cleaner Production*. Volume 195, 10 September 2018, Pages 154-162.

Li, F., Yang, H., Ayyamperumal, R. & Liu, Y. (2022). Pollution, sources, and human health risk assessment of heavy metals in urban areas around industrialization and urbanization-Northwest China, *Chemosphere* 308 (2022) 136396.

Liu, X. & Bae, Junghan (2018). Urbanization and industrialization impact of CO2 emissions in China. *Journal of Cleaner Production* 172 (2018) 178e186.

Longwu, L., Wang, Z. & Li, J. (2019). The effect of urbanization on environmental pollution in rapidly developing urban agglomerations. *Journal of Cleaner Production*. Volume 237, 10 November 2019.

Majeed, M. Tariq & Tauqir, A. (2020). Effects of Urbanization, Industrialization, Economic Growth, Energy Consumption and Financial Development on Carbon Emissions: An Extended STIRPAT Model for Heterogeneous Income Groups. *Pakistan Journal of Commerce and Social Sciences*. Vol. 14 (3), 652-681.

Mert, M. ve Çağlar, A. E. (2019). Eviews ve Gauss Uygulamalı Zaman serileri Analizi, Detay Yayıncılık.

Özbay, Ü. (2023). Türkiye’de Sanayileşme, CO2 Emisyonu, Ekonomik Büyüme ve Tarımsal

Üretim İlişkisi: Ampirik Bir Uygulama. Tarım Ekonomisi Dergisi, 29(2), 79-91.
<https://doi.org/10.24181/tarekoder.1311715>.

Patnaik, R. (2018). Impact of Industrialization on Environment and Sustainable Solutions – Reflections from a South Indian Region. Earth and Environmental Science 120 (2018) 012016.

Rahman, M., Ishaquea, F., Hossaina, Md.A., M., Mahdy, Imran H. & Roy, Partha Protim (2021). Impact of industrialization and urbanization on water quality of Surma River of Sylhet City. Desalination and Water Treatment 235 (2021) 333-345.

Soytas, U. ve Sari, R. (2009). Energy consumption, economic growth, and carbon emissions: Challenges faced by an EU candidate member. Ecological Economics 68 (2009) 1667 – 1675.

Sumaira, S. & Siddique, H.M.A. (2023). Industrialization, energy consumption, and environmental pollution: evidence from South Asia. Environ Sci Pollut Res 30, 4094– 4102.

Tarı, R., Koç ve Abasız, T. (2019). Ekonometri. Kocaeli, Umuttepe yayınları.

Thanvisitthpon, N., Kallawicha, K. & Chao, Jasmine H. (2024). Effects of urbanization and industrialization on air quality. Health and Environmental Effects of Ambient Air Pollution. Volume 1: Air Pollution, Human Health, and the Environment 2024, Pages 231-255.

Wang, Feng, Gao, Mengnan, Liu, Juan, Qin, Yuhui, Wang, Ge, Fan, Wenna & Ji, L. (2019). An Empirical Study on the Impact Path of Urbanization to Carbon Emissions in the China Yangtze River Delta Urban Agglomeration. Applied Sciences, 9, 1116, 1-18.

Yıldız, T. ve Bostan Göktürk, T. (2019). “Sanayileşme, Şehirleşme ve Çevre Kirliliği Arasındaki İlişki: Türkiye İçin Bir ARDL Sınır Testi Yaklaşımı”, International Journal of Academic Value Studies, Vol:5, Issue:2; pp: 217-229 (ISSN:2149 8598).