

The impact of agricultural value added, urbanization and renewable energy consumption on environmental quality in Mint countries

Ayşen Bakkaloğlu¹ , Mehmet Akyol² 

¹ Istanbul Nisantasi University, Faculty of Economics, Administrative and Social Sciences, Department of Economics, Istanbul, Türkiye; ² Gümüşhane University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Economics, Gümüşhane, Türkiye.

ABSTRACT

In recent years, population growth, urbanization, economic growth and the resulting increase in energy demand have increased the use of natural resources and caused environmental degradation. Natural resources agriculture, urbanization and energy policies gain importance in the realization of the objectives of protection, reduction of environmental problems and environmental sustainability. In this paper, the impact of agricultural value added, urbanization and energy consumption on environmental quality in MINT (Mexico, Indonesia, Nigeria, Turkey) countries were analyzed for the period between 1992-2019. In the first stage of the study the panel analysis was used then the existence of horizontal cross-section dependence between the variables was tested and then the CIPS test was used to test the stationarity of the series. In the paper where the existence of homogeneity was tested with the Delta test, the long-run relationship between the series was tested with the Pedroni panel cointegration test. Finally, the effects of agricultural value added, urbanization and energy consumption on the environment were analyzed by fully modified least squares estimator (FMOLS) analysis. According to the FMOLS results, the increase in agricultural value added and urbanization rate has a negative impact on environmental quality, while renewable energy consumption has a positive impact on environmental quality. The results of the study show that more environmentally friendly policies should be developed and implemented in the agricultural production process in the country group in question, renewable energy investments and consumption should be increased, and the urbanization rate should be taken under control and environmentally friendly new generation city plans should be put into effect urgently. Future studies on this subject may focus on the environmental impacts of different sub-branches of the agricultural sector, different types of urbanization and renewable energy policies in MINT countries.

KEYWORDS

Agricultural added value, urbanization, renewable energy, environment, ecological footprint.

Introduction

The rapid increase in the global population today necessitates a corresponding rise in agricultural production to meet the nutritional needs of this growing population. Considering the upward acceleration in population growth, achieving the required levels of agricultural production can only be realized through the implementation of appropriate agricultural production processes (Cüre, 2022: 99). On one hand, enhancing agricultural production involves the use of inputs that nourish the soil and support productivity, while on the other hand, it entails bringing new lands into cultivation by making them suitable for agricultural use. However, the limited availability of arable land on Earth, coupled with the fact that a portion of existing land has become unusable due to various reasons, underscores the necessity of obtaining higher yields per unit area. Achieving greater productivity per unit area is possible through the application of intensive farming practices (Peker, 2012: 48).

However, the intensive agricultural practices employed result in the release of inorganic substances that nature cannot absorb (Güler and Börüban, 2019: 4). Moreover, protective policies aimed at meeting the nutritional needs of the current population play a significant role in expanding agricultural production. Particularly in developing countries, factors such as the use of nitrogen-based fertilizers and pesticides, the failure to protect natural habitats, inadequate management of livestock waste, and the decline in biodiversity contribute to environmental problems (Karaer and Gürlük, 2003: 198).

Another factor exerting negative impacts on the environment is the increase in urbanization. Urbanization is a global phenomenon. Urban populations are growing not only in developed countries but also in developing nations. According to data published by the World Bank, the proportion of the global population living in urban areas relative to rural populations was 34% in 1960, rising to 39% by 1980, 47% by 2000, and 56% by 2020 (Sofuoğlu et al., 2023: 205). The World Health Organization estimates that by 2050, approximately 70% of the global population will prefer to live in urban areas (UN, 2018). The global population growth is similarly reflected in urban populations. Additionally, the concentration of industrialization in urban areas, relatively higher wage levels in cities compared to rural areas, and easier access to social amenities such as education, healthcare, and cultural facilities accelerate rural-to-urban migration and, consequently, urbanization. Undoubtedly, urbanization offers various conveniences for both individuals and society. However, the rapid pace of urbanization and the lack of planning bring about numerous challenges and problems. In particular, the concentration of industrial activities in or near urban areas and the reliance on fossil energy sources for production contribute to environmental degradation (Akyol, 2023: 423).

The acceleration of urbanization exerts significant pressure on the global ecosystem, leading to a gradual decline in resource availability and environmental carrying capacity. Often, the natural structure of ecosystems is overlooked during urban development, and the failure to preserve this natural structure poses increasing challenges to the resource and environmental carrying capacity of the global ecosystem. Many cities do not consider the natural structure of ecosystems during their development. Furthermore, rising demands for food, energy, and water; increased resource and energy use; land-use transformations; individuals' pursuit of self-satisfaction; and polluting emissions negatively alter the structure of natural ecosystems and impair their functionality (Liu et al., 2023).

Similarly, energy use also has significant environmental impacts. Globally, energy consumption has increased rapidly over the past century. Population growth, accelerated industrialization, the development of new production methods and technologies, rising global prosperity, and the consequent increase in total demand necessitate greater production and positively influence energy demand (Bilgen, 2014; Panwar et al., 2011: 1514). Energy holds particular importance as it is the fundamental input for all other production and consumption processes. Moreover, energy is a critical determinant in sustaining economic growth and facilitating societal activities, which has led to a significant increase in energy use in recent years (Pandey and Rastogi, 2019: 4233; Bilgen, 2017: 891). Indeed, according to the International Energy Agency (IEA), energy demand in developing countries, which constitute approximately 85% of the global population, has grown at an average annual rate of 2.6% over the past decade. This increase is primarily driven by a population growth of 720 million and a 50% rise in economic output. Efforts to leverage energy to accelerate growth and enhance societal welfare also bring about environmental pollution (Akpan and Akpan, 2012: 21). Environmental degradation caused by fossil energy use threatens sustainability and necessitates the development of plans by policymakers worldwide to transition to renewable and low-carbon energy production. According to the IEA (2024), the share of fossil fuels in global energy production has declined from 82% in 2013 to 80% in 2023. During this period, energy demand increased by 15%, with 40% of this increase being met by clean energy sources, including renewables, nuclear energy, and low-emission fuels such as carbon capture, utilization, and storage.

The primary motivation of this study is to measure the negative environmental impacts of population, food, and energy demand growth resulting from recent economic and social improvements in developing countries. While the literature includes numerous studies examining variables such as urbanization, energy consumption, and economic growth, this study distinguishes itself by focusing on the MINT countries—Mexico, Indonesia, Nigeria, and Turkey—for which similar analyzes are lacking. The rationale for focusing on the MINT countries lies in their dynamic economic structures, high growth potential, and diverse energy policies. The MINT countries face similar challenges in their industrialization and urbanization processes and exhibit comparable agricultural production capacities. Additionally, rapid urbanization and industrialization demands in MINT countries, driven by population growth, often overshadow environmental considerations and the need for environmental protection. Therefore, analyzing the environmental impacts of variables such as agricultural production, urbanization, and renewable energy consumption in MINT countries will contribute to efforts aimed at achieving sustainable development goals. Another reason for focusing on the MINT countries is the limited availability of detailed analyzes in the literature for rapidly growing economies with unique structures like these. Furthermore, while narrow indicators such as CO₂ emissions are commonly used to assess environmental impacts, broader indicators like the ecological footprint are rarely employed. This study aims to fill this gap by examining the impact of agricultural value-added, urbanization, and renewable energy consumption on environmental quality in MINT countries. The subsequent sections of the study are structured as follows: literature review, dataset and methodology, results, and recommendations.

Literature review

A wide range of empirical and experimental studies exist in both developed and developing countries that explore the reciprocal relationship between environmental degradation and variables such as agricultural production (Asumadu & Owusu, 2016), economic growth (Apergis & Payne, 2010; Wang et al., 2018; Odugbesan & Rijoub, 2020), energy consumption (Arouri et al., 2012; Asif et al., 2015; Ridzuan et al., 2020), urbanization (Azam & Khan, 2016; Al-mulali et al., 2012; Shahbaz et al., 2016; Akyol, 2023), trade (Sun et al., 2019), population growth (Shi, 2003), and foreign direct investment (Puhuong & Tuyen, 2018; Behera & Dash, 2017). These studies have targeted different time periods and analyzed various countries. A significant portion of these studies has considered CO₂ emissions as the environmental variable. In other words, the existing literature often uses a single indicator to address environmental issues; however, a single indicator neither measures general environmental conditions nor indicates an overall reduction in environmental problems. In summary, studies that examine the relationship between economic and social variables and the environment, while incorporating a more detailed and comprehensive framework such as the ecological footprint, remain limited in the literature.

Panwar et al. (2011), in their study analyzing the impact of renewable energy use on environmental degradation, conducted an examination of CO₂ reduction through solar cookers, water heaters, dryers, biofuels, improved stoves, and hydrogen. The findings emphasize the need to reduce environmental degradation for clean and sustainable development. In this context, the use of solar energy for drying agricultural products is a supportive factor for energy savings in developing countries. Additionally, biodiesel derived from non-edible vegetable oils reduces CO₂ emissions and petroleum consumption when used in place of traditional diesel. Wind energy also offers significant potential for reducing greenhouse gas emissions.

Aktürk and Gültekin (2024) examined the effects of food production on the ecological footprint in Turkey for the period 1961-2018. Within this analytical framework, both food production and its components—agriculture, livestock, and aquaculture—were analyzed separately. The results indicate that food, agriculture, and livestock production increase the ecological footprint, while aquaculture production reduces it. Furthermore, fertilizer use, agricultural land, GDP, population,

and life expectancy at birth contribute to environmental degradation by increasing the ecological footprint.

Xu et al. (2024) conducted a study covering the period 1990-2020 to assess the impact of agricultural ecosystems on environmental footprints in China. The study identified long-term cointegration among the variables and applied the ARDL technique to confirm the long-term results. The findings revealed a positive relationship between agricultural ecological footprints and factors such as agricultural land, energy consumption, fertilizer use, and agricultural employment in the short term. In the long term, agricultural land, energy consumption, and fertilizer use were also found to positively impact the ecological footprint. The authors concluded that agricultural ecosystems are strained by intensive agricultural practices aimed at increasing production. They recommended mitigating pressure on the ecological system by reducing carbon emissions, promoting environmentally friendly industries, and enhancing the country's land biocapacity.

Wang et al. (2022) analyzed the impact of agricultural value-added, renewable energy, and globalization on the ecological footprint in four South Asian countries (Bangladesh, India, Pakistan, and Sri Lanka) for the period 1990-2018. The study found a long-term relationship among the variables, with renewable energy reducing the ecological footprint in the long term. Globalization and agricultural value-added, however, increased environmental degradation. The results also suggested that greater exploration of renewable energy sources and full utilization of solar energy are necessary to reduce dependence on fossil fuels in these countries. Additionally, the study highlighted the need to develop environmental awareness among farmers, adopt efficient agricultural practices, and make the agricultural sector more sustainable.

Aziz et al. (2020) evaluated the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis based on quantile behavior in Pakistan for the period 1990-2018, examining the relationship between economic growth, forest area, agricultural production, renewable energy, and environmental degradation. Using the Quantile Autoregressive Distributed Lag (QARDL) approach, the study employed the ecological footprint as an environmental indicator. The results confirmed the EKC hypothesis for Pakistan. Renewable energy consumption and forest area were found to have negative effects on the ecological footprint, suggesting that increasing renewable energy use and forest area could minimize ecological footprints. Contrary to expectations, agricultural production had statistically negative short-term effects on the ecological footprint, indicating that adopting environmentally friendly techniques could reduce the ecological footprint in the agricultural sector.

Another study examining the agricultural Environmental Kuznets Curve hypothesis was conducted by Agboola and Bekun (2019) for Nigeria, covering the period 1981-2014. The study supported a long-term equilibrium relationship among the variables and found that agricultural activities contribute to carbon emissions. The study recommended reducing carbon-emitting agricultural practices, such as bush burning, and adopting advanced agricultural production methods like greenhouse farming.

Muoneke et al. (2022) used the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) model to analyze factors threatening sustainable environments, such as agriculture and globalization, in the Philippines, using two ecological footprint indicators: carbon and non-carbon. The results indicated a long-term relationship among the variables and supported the existence of an inverted U-shaped Environmental Kuznets Curve hypothesis between agricultural development and the ecological footprint in the Philippines. Initially, as agriculture develops, the ecological footprint increases; however, as agriculture matures to produce efficiently and with low carbon emissions, the footprint decreases.

Pata (2021) employed Fourier Cointegration and Causality tests to analyze the impact of renewable energy production, globalization, and agricultural activities on the ecological footprint

and CO₂ emissions in BRIC countries for the period 1971-2016. The cointegration test supported a long-term relationship among the variables in Brazil and China. The results suggested that globalization increases pollution indicators, while renewable energy production significantly reduces environmental pressure in China. In Brazil, renewable energy production improved environmental quality, while globalization increased CO₂ emissions. Causality results indicated a bidirectional relationship between agriculture and environmental degradation, a unidirectional relationship from globalization to ecological footprint and CO₂ emissions, and from renewable energy production to ecological indicators. The analysis highlighted the significant role of renewable energy use in combating environmental degradation.

Udemba (2021) analyzed the environmental impact of agriculture and foreign direct investment in Pakistan, using data from 1970-2018. The study employed the ecological footprint as a dependent variable and found that foreign direct investment and agriculture negatively affected the ecological footprint. A causal relationship from foreign direct investment to the ecological footprint was also identified, confirming the pollution haven hypothesis for Pakistan.

Udemba (2020) examined the emission levels from Nigeria's agricultural sector and the oil industry managed by international companies, using the ecological footprint as an environmental indicator for the period 1981-2018. The results showed a positive relationship between economic growth and the ecological footprint in both the short and long term, while foreign direct investment had a negative and significant relationship with the ecological footprint. Agriculture had a negative relationship with the ecological footprint in both the short and long term. Energy use was positively related to the ecological footprint, negatively impacting environmental performance. Granger causality findings indicated a unidirectional causality from energy use to the ecological footprint and from population to the ecological footprint.

Data set and methodology

This study analyzes the environmental impacts of agricultural value-added (AGRVALADD), urbanization (URBPOPGRW), and renewable energy (RENENR) in the MINT countries—Mexico, Indonesia, Nigeria, and Turkey—over the period 1992-2019. The ecological footprint (EFP) is used as the environmental indicator to assess environmental quality. Data on the ecological footprint, which reflects environmental quality, were obtained from the Global Footprint Network website. Data on agricultural value-added, urbanization, and renewable energy were sourced from the World Bank website. The variables and data sources are presented in Table 1.

Table 1 Variables and data sources

Variables	Data Sources
Ecological Footprint (EFP)	Global Footprint Network
Urbanization (URBPOPGRW)	World Bank
Renewable Energy (RENENR)	World Bank

The study is limited to the year 2019 because the ecological footprint data is only available up to that year. The panel data analysis model can generally be constructed as follows:

$$Y_{it} = \alpha_{it} + \beta_{kit} X_{kit} + u_{it} \quad i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T$$

In the model, Y represents the dependent variable, X represents the independent variables, α = is the constant parameter, β ; represents the slope parameters, and u denotes the error term. The subscript i refers to units such as individual, company, or country, while t represents time units such as day, month, or year. In this study, the dependent variable is EFP, and the independent variables are AGRVALADD, URBPOPGRW, and RENENR. The model is specified as follows:

$$EFP_{it} = \alpha + \beta_1 AGRVALADD_{it} + \beta_2 URBPOPGRW_{it} + \beta_3 RENENR_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

The basic descriptive statistics for the variables used in the model, such as mean, standard deviation, minimum, and maximum values, are presented in Table 2.

Table 2 Descriptive Statistics of the Variables

Variable	Observations	Mean	Standard Deviation	Maximum	Minimum
EFP	112	2.095714	.9309597	.85	4.17
URBPOPGRW	112	10.70364	.2124625	10.36982	11.12805
RENENR	112	37.83661	29.72709	9	88.6
LAGRVALADD	112	2.998916	1.183063	1.218921	5.099975

To ensure the reliability of econometric analyzes, it is essential to test the validity of certain assumptions. One such assumption is the stationarity of the series. If the series used in econometric analyzes are non-stationary, the results obtained from such analyzes lose their reliability. Analyzes conducted with non-stationary data often produce erroneous results. To test the stationarity of the series, various unit root tests are employed. Before testing for stationarity, the presence of cross-sectional dependence is examined to determine the appropriate unit root test to use. First-generation unit root tests are applied when there is no cross-sectional dependence among the series, while second-generation unit root tests are used when cross-sectional dependence exists. In this study, cross-sectional dependence is tested using the LM test developed by Pesaran, Ullah, and Yamagata (2008). The Breusch-Pagan (1980) LM test, which is valid when the time dimension (T) and cross-sectional dimension (N) are large, does not yield appropriate results when N approaches infinity.

The initial hypothesis based on the LM test statistic is formulated as follows:

$$H_0 : \text{cov}(u_{it}, u_{jt}) = \rho_{ij} = 0$$

for all t-values, the relationship $i \neq j \Rightarrow \rho_{ij} \neq 0$ holds. The formulation of the Breusch-Pagan LM test statistic, based on the null hypothesis, is as follows.

$$LM = \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij}^2$$

In the equation, $\hat{\rho}_{ij}^2$ represents the sample estimate of the pairwise correlation between the residuals i and j, which is calculated using the formula presented in the equation below.

$$\hat{\rho}_{ij} = \hat{\rho}_{ji} = \frac{\sum_{t=1}^T e_{it}e_{jt}}{(\sum_{t=1}^T e_{it}^2)^{\frac{1}{2}} (\sum_{t=1}^T e_{jt}^2)^{\frac{1}{2}}}$$

In the equation, the expression e_{it} is formulated as $e_{it} = y_{it} - \hat{\alpha}_i - \hat{\beta}'_i x_{it}$. In this equation, u_{it} represents the residual estimates, which correspond to the OLS estimation of the error term e_{it} (Pesaran, 2004). The LM test statistic follows an asymptotic χ^2 distribution with $N(N-1)/2$ degrees of freedom (Pesaran, 2008). The LM_{adj} test, which is a bias-adjusted version of the LM test, is adapted for cases where both N and T are large. The LM_{adj} test statistic is presented as follows:

$$LM_{adj} = \sqrt{\frac{2}{N(N-1)}} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \frac{(T-k)\hat{\rho}_{ij}^2 - \mu_{Tij}}{v_{Tij}}$$

In the equation, the expression μ_{Tij} represents the mean, while v_{Tij} denotes the variance. The LM_{adj} statistic provides the mean-variance bias-adjusted test statistic. H_0 hypothesis presented in Equation (1), as $T \rightarrow \infty$ and subsequently $N \rightarrow \infty$, converges in distribution to $LM_{adj} \Rightarrow_d N(0, 1)$. The results of the cross-sectional dependence test specific to individual units are presented in Table 1. In addition to LM_{adj} , three other cross-sectional dependence tests are conducted in Table 3. While the results specific to individual units confirm the existence of cross-sectional dependence, the panel-specific results indicate the absence of cross-sectional dependence.

Following the assessment of cross-sectional dependence, the next step involves testing for unit roots based on the obtained results.

Table 3 Cross-sectional dependence test

Specific to the Series		CD	LM	CDIm	LMadj
EFP	Statistics	28.499*	6.495*	-3.027*	30.575*
	P-Value	0.000	0.000	0.001	0.000
URBPOPGRW	Statistics	29.643*	6.825*	-2.834*	21.320*
	P-Value	0.000	0.000	0.002	0.000
RENENR	Statistics	20.700*	4.243*	-3705*	25.872*
	P-Value	0.002	0.000	0.000	0.000
LAGRVALADD	Statistics	19.330	3.848	-3.026*	9.681*
	P-Value	0.004*	0.000*	0.001	0.000
Specific to the Panel			LM	LMCD	LMadj
		Statistics	8.234	0.9091	1.233
		P-Value	0.2215	0.2176	0.3633

Note: * indicates significance at the 1% level.

The presence of cross-sectional dependence specific to the series necessitates the use of second-generation unit root tests at the unit root testing stage. In the analysis, the stationarity of the series is tested using the CIPS test, one of the second-generation unit root tests. The CIPS test was developed by Im, Pesaran, and Shin (2003). The CIPS test is derived from the cross-sectional augmented Dickey-Fuller (CADF) test.

In the CADF test, the extended form of the ADF regression is used, which includes lagged cross-sectional averages. The hypothesis used to test the stationarity of the series in the CADF unit root test is:

$$H_0: \beta_i = 0$$

This hypothesis applies to all i 's and asserts that the series contain a unit root. The alternative hypothesis is:

$$H_1: \beta_i < 0$$

($i=1,2,\dots,N_i$) $\beta_i = 0$, $i = N_i+1+N_i+2,\dots,N$ which indicates that the test is conducted against the alternative that at least one series does not have a homogeneous unit root. The CADF test statistics show asymptotic similarity and do not depend on factor loadings. The expression for the CADF test statistic is:

$$t_i(N, T) = \frac{\Delta Y_i' \bar{M}_w Y_{i-1}}{\hat{\sigma}_i(Y_{i-1}' \bar{M}_w Y_{i-1})^{1/2}}$$

as stated by Tatoğlu (2017). In the equation:

$$\Delta y = (\Delta y_{i1}, \Delta y_{i2}, \dots, \Delta y_{iT})', y_{i-1} = (y_{i0}, y_{i1}, y_{iT-1}), \bar{M}_w = I_t - \bar{W}(\bar{W}'\bar{W})^{-1}\bar{W}',$$

$$\bar{W} = (\tau, \Delta \bar{Y}, \bar{Y}_{-1}), \tau = (1, 1, \dots, 1)', \Delta \bar{Y} = (\Delta \bar{Y}_1, \Delta \bar{Y}_2, \dots, \Delta \bar{Y}_T)',$$

$$Y_{-1} = (\bar{Y}_0, \bar{Y}_1, \dots, \bar{Y}_{T-1})'$$

$$\bar{M}_{i,w} = I_T - G_i(G_i'G_i)^{-1}G_i', G_i = \bar{W}, Y_{i-1})$$

thus,

$$\bar{\sigma}_i^2 = \frac{\Delta Y_i' M_{i,w} \Delta Y_i}{T - 4}$$

It is written as follows: The discrete version of $t_i(N, T)$, denoted as $t_i'(N, T)$, is defined where K_1 and K_2 are positive constant values calculated through simulations.

For models with a constant and trend, $K_1 = 6.12$, $K_2 = 4.16$

For models with a constant but no trend, $K_1 = 6.19$, $K_2 = 2.61$

For models with a trend, $K_1 = 6.42$, $K_2 = 1.70$

The CIPS statistic can be considered as an extended version of the IPS test for cross-sectional dependence. This test is calculated by taking the average of the t-values for each unit, which are derived from the CADF test. The CIPS test statistic can be written as:

$$CIPS = N^{-1} \sum_{i=1}^N CADF_i$$

and it is not asymptotically standard distributed. The CIPS test statistic has been calculated for different NN and TT values based on 1%, 5%, and 10% significance levels and tabulated by Pesaran (2007). The stationarity of the series is confirmed if the absolute value of the CIPS test statistic exceeds the critical values. The reliability of the CIPS test statistic is valid for both $N > T$ and $T > N$ cases. The results for the CIPS test statistic are presented in Table 4.

Table 4 CIPS test statistic

Variables		cv10	cv5	cv1	T Bar	Probability
EFP	Level	-2.210	-2.330	-2.570	-0.444	0.997
	AW	-2.210	-2.330	-2.570	-4.312*	0.000
URBPOPGRW	Level	-2.210	-2.330	-2.570	-1.746	0.511
	AW	-2.210	-2.330	-2.570	-3.386*	0.000
RENENR	Level	-2.210	-2.330	-2.570	-0.865	0.967
	AW	-2.210	-2.330	-2.570	-4.013*	0.000
LAGRVALADD	Level	-2.210	-2.330	-2.570	-1.501	0.703
	AW	-2.210	-2.330	-2.570	-3.163*	0.002

Note: * indicates significance at the 1% level.

The homogeneity of the intercept and slope parameters should be tested after the unit root test. In this study, the test referred to as the Delta test, developed by Pesaran and Yamagata (2008), is utilized. Testing for slope homogeneity is important because the assumption that the unknown slope coefficients are constant across cross-sections and over time is not always valid. Furthermore, in the Delta test process, the assumption of serially uncorrelated errors in dynamic models is crucial. In this application, heteroscedasticity of the regression errors is allowed (Gündüz, 2017). The test statistics developed by Pesaran and Yamagata (2008) for large and small sample groups are presented in Equation 5.

$$\hat{\Delta} = \sqrt{N} \left\{ \frac{N^{-1}S - k}{\sqrt{2k}} \right\} \sim x_k^2 \quad \text{ve} \quad \hat{\Delta}_{adj} = \sqrt{N} \left\{ \frac{N^{-1}S - E(\tilde{z}_{iT})}{\sqrt{\text{Var}(\tilde{z}_{iT})}} \right\} \sim N(0,1)$$

In the equation;

$$E(\tilde{z}_{iT}) = k \quad \text{ve} \quad \sqrt{\text{Var}(\tilde{z}_{iT})} = 2k(T-k-1)/(T+1)$$

N represents the number of units, S denotes the Swamy test statistic, and $E(\tilde{z}_{iT})$; refers to the random variables independently distributed with finite means and variances for all i 's. In the Delta test, the null hypothesis $H_0: \beta_1 = \beta$ tests the homogeneity of the slope coefficients, while the alternative hypothesis $H_1: \beta_i \neq \beta$ tests the heterogeneity of the slope coefficients (Pesaran and Yamagata, 2008). On the other hand, when $(N, T) \rightarrow \infty$ and the error terms are normally distributed, the Delta test under the "homogeneity" null hypothesis follows an asymptotic standard normal distribution. In the equations above, the Δ test is used when the sample group is large, while $\hat{\Delta}_{adj}$ provides better results for smaller sample groups (Isik et al., 2019: 30775). The Delta heterogeneity test results are shown in Table 5 below. According to the results, it is concluded that the slope coefficients are heterogeneous for the entire panel.

Tablo 5 Heterogeneity test results

	Delta	Probability
	9.166*	0.000
adj	10.114*	0.000

Note: * indicates statistical significance at the 1% level.

In panel data analysis, the existence of a long-term relationship with stationary series in the first difference is tested through Cointegration tests. The selection of either first-generation or second-generation Cointegration tests is determined based on the results of the cross-sectional dependence tests applied to the entire panel. According to the results of the cross-sectional dependence tests presented in Table 1, it is deemed appropriate to conduct first-generation Cointegration analysis. In this study, the Pedroni (2004) Cointegration test is used. Pedroni suggested a total of 7 panel Cointegration tests, with the null hypothesis of these tests being the absence of Cointegration. Four of these tests are panel test statistics, and three are group test statistics. On the other hand, the four statistics mentioned are within-statistics, which consider homogeneity, and the three are between-statistics. The Panel-v, Panel-rho, and Panel-PP test statistics are non-parametric, while the fourth statistic, Panel-ADF, is a parametric test (Topal, 2017:11).

In the test that allows for heterogeneity under the alternative hypothesis, two classifications are made. In the first classification, Cointegration tests for time series of all units are conducted, and the test averages are taken. In the second classification, averages are obtained from the components, and the limit distributions are based on the limits of the numerator and denominator terms of the partitioned components (Tatoğlu, 2013: 235). If the test statistic results are greater than the critical value, the null hypothesis H_0 , which suggests no Cointegration, is rejected. The rejection of the H_0 hypothesis is interpreted as the existence of a Cointegration relationship between the variables (Topal, 2017: 11).

Below, the Panel Cointegration test is estimated with residuals (Pedroni, 1999: 656):

$$Y_{it} = \alpha_i + \delta_i t + \beta_{1i} x_{1i,t} + \beta_{2i} x_{2i,t} + \dots + \beta_{Mi} \Delta X_{Mit} + e_{it}$$

where $t=1, \dots, T$; $t = 1, \dots, T$; $i=1, \dots, N$; $i = 1, \dots, N$; and $m=1, \dots, M$; $m = 1, \dots, M$.

In the equation above, T represents the number of time-specific observations, N denotes the number of observations for each unit in the panel, and M refers to the regression variables. The slope parameters $\beta_{1i}, \beta_{2i}, \dots, \beta_{Mi}$ are allowed to vary across units. α_i represents the unit-specific fixed effects and is permitted to vary across units. The parameter for the deterministic trend is denoted by δ_i . Under the null hypothesis H_0 , which suggests the absence of a Cointegration relationship, it is assumed that both the dependent and independent variables are $I(1)$, and the error term is also $I(1)$ (Pedroni, 1999: 656).

In non-parametric statistics, the following regression is estimated:

$$\hat{u}_{it} = \hat{\gamma}_i \hat{u}_{it-1} + \hat{e}_{it}$$

In this regression, the residuals $\hat{e}_{it}$ are used to estimate the unit-specific long-term variance ($\hat{\sigma}_i^2$). $\hat{s}_i^2$ represents the unit-specific variance of $\hat{e}_{it}$, and $\hat{\lambda}_i = \frac{1}{2} (\hat{\sigma}_i^2 - \hat{s}_i^2)$ is the expression for the test statistic.

In parametric statistics, the following is used:

$$\hat{u}_{it} = \hat{\gamma}_i \hat{u}_{it-1} + \sum_{k=1}^{K_i} \hat{\gamma}_{ik} \Delta \hat{u}_{it-k} + \hat{e}_{it}^*$$

the regression is estimated, and the residuals $\hat{e}_{it}^*$ are used to estimate the variance ($\hat{s}_i^{*2}$). The results of the Pedroni Panel Cointegration Test are presented in Table 6.

Table 6 Pedroni panel cointegration test

Tests	Statistics	Probabilities	Weighted Statistics	Probabilities
Panel v-Statistic	3608059*	0.0002	-1090426	0.8622
Panel rho-Statistic	-2993684*	0.0014	-0.906882	0.1822
Panel PP-Statistic	-6294361*	0.000	-5445595*	0.000
Panel ADF-Statistic	-6307041*	0.000	-5189905*	0.000
Group rho-Statistic	-0.851411	0.1973		
Group PP-Statistic	-5.225.692*	0.000		
Group ADF-Statistic	-4.891.944*	0.000		

Note: *, indicates statistical significance at the 1% level.

According to the results of the Pedroni Cointegration Test in Table 5, there is a cointegrating relationship between the variables based on the weighted panel v and panel rho, as well as the group rho statistics. In other words, 8 out of the total 11 test statistics have p-values smaller than 0.05. H_0 which argues that there is no cointegration between the variables, is rejected, and the existence of a long-term cointegrating relationship is accepted. The maximum lag length for the cointegration analysis has been determined using the Schwarz Information Criterion. In the subsequent process of cointegration analysis, when the long-term parameters are heterogeneous, but the panel does not exhibit cross-sectional dependence, one of the models used for estimating the long-term relationship is FMOLS (Fully Modified Ordinary Least Squares).

When considering a heterogeneous panel data model for all parameters, the equation is:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta_i X_{it} + u_{it}$$

where $i=1, \dots, N$ and $t=1, \dots, T$, and β_i is the parameter that represents the long-term relationship between the variables. The t-statistic value of the FMOLS estimator is formulated as follows:

$$\hat{\beta}_{FMOLS} - \beta = [\sum_{i=1}^N \hat{L}_{\varepsilon i}^{-2} \sum_{t=1}^T (X_{it} - \bar{X}_i)^2]^{-1} \sum_{i=1}^N \hat{L}_{ui}^{-1} \hat{L}_{\varepsilon i}^{-1} [\sum_{t=1}^T (X_{it} - \bar{X}_i) Y_{it}^* - T \hat{\gamma}_i]$$

The results for the entire panel obtained from the FMOLS estimator are presented in Table 7.

Table 7 Fully modified ordinary least squares (FMOLS) estimator results

Variables	Coefficient	Standard Error	T-statistic	Probability
LAGRVALADD	0.441679	0.253430	1.742808***	0.0844
RENENR	-0.017281	0.007358	-2.348770**	0.0208
URBPOPGRW	0.183559	0.066239	2.771151*	0.0067
R ²	0.927420			
Adjusted R ²	0.923108			
Long-Term Variance	0.146277			

*, **, *** denote statistical significance at the 1%, 5%, and 10% levels, respectively.

Based on the FMOLS results for the MINT country group, a one-unit increase in the LAGRVALADD variable leads to a positive effect of 0.004 units on EFP. Similarly, a one-unit increase in the RENENR variable causes a 0.01 decrease in EFP. Finally, a one-unit increase in the URBPOPGRW variable results in a 0.18 increase in EFP. According to these results, an increase in agricultural production has negative effects on the environment and leads to environmental issues. The underlying causes of these environmental deteriorations include the uncontrolled use of agricultural inputs, such as fertilizers and pesticides, aimed at increasing agricultural output and improving productivity levels. Indeed, these findings from the FMOLS estimator align with the results of some studies in the literature (Ma et al., 2022; Alhassan, 2021).

On the other hand, developments in renewable energy, which aim to use resources more efficiently and leave a more livable environment for future generations, demonstrate the expected positive impact on the environment. Renewable energy obtained from natural sources like wind, solar, and waves reduces the reliance on fossil fuels. Furthermore, the consumption increase of renewable energy sources, as they do not produce CO₂ emissions, results in more

environmentally friendly outcomes compared to fossil sources. The FMOLS estimation results also confirm this situation. The findings align with those of several studies in the literature (Azimi and Rahman, 2024; Raza et al., 2023; Xue et al., 2021).

Finally, the urbanization variable negatively affects the environment, exerting an increasing impact on environmental degradation. The development of industry and industrial establishments, proximity to labor, infrastructure, transportation networks, and the concentration of social and economic opportunities like education, health, and culture in urban centers continue to increase the urban population, particularly in developing countries. Population growth raises the demand for resources, leading to air, soil, and water pollution, and over time, environmental degradation. The increase in the urbanization rate, one of the variables used in this study, brings about environmental degradation and destruction. Empirical results from studies by Alhassan (2021), Karasoy et al. (2021), and Chen et al. (2022) also suggest that urbanization causes environmental problems.

Conclusion and recommendations

Global improvements in economic welfare, the acceleration of industrialization, and advancements in healthcare have led to population growth, which in turn has necessitated improvements in food security. This necessity, particularly in developing countries, has led to environmental sensitivities being overlooked in the agricultural production process. The persistent use of traditional agricultural methods over time has resulted in soil erosion, excessive water use, loss of ecological diversity, and the release of environmental harm due to fertilizers and pesticide applications aimed at increasing agricultural productivity. Additionally, fertilizers and pesticides infiltrate the soil, causing water pollution and disrupting the natural water cycle. Similarly, the concentration of social and economic opportunities in cities has accelerated rural-to-urban migration, creating rapid and unsustainable urbanization in developing countries. Excessive and rapid urbanization leads to a reduction in forests, a significant carbon sink, and causes air and water pollution, eventually resulting in climate changes. Furthermore, the high waste levels associated with urban population density complicate waste management. Population growth and industrialization sustain the production and living processes but at the cost of intense energy consumption. Given that much of the energy used today relies on fossil fuels, the environmental negatives of these resources are inevitable. These environmental issues include greenhouse gas emissions, degradation of air, soil, and water quality, and habitat loss. In this context, transitioning to renewable energy sources can help mitigate these environmental negatives.

This study analyzes the impact of agricultural added value, urbanization, and renewable energy consumption on environmental quality in MINT countries. The findings indicate that agricultural production and urbanization have negative effects on the environment, while renewable energy consumption has a positive impact on environmental quality. Based on these results, several policy recommendations can be made. The first recommendation is to adopt modern, environmentally friendly, and sustainable agricultural production techniques instead of relying on traditional methods. In this context, sustainable farming practices such as organic farming, permaculture, precision agriculture, and smart farming will not only ensure the more efficient and rational use of resources but also help mitigate environmental damage. Additionally, limiting or controlling the use of chemical fertilizers and encouraging biological agricultural inputs is crucial for both environmental and human health. Educating farmers about sustainable agricultural practices, such as organic farming and environmentally friendly pest control methods, and developing incentive policies to facilitate their implementation will contribute to minimizing environmental impacts.

Another policy recommendation is to use an integrated urban planning approach to reduce the negative environmental impacts of urbanization. Increasing green spaces, expanding recreational areas, applying energy-efficient technologies in densely built-up areas, and

developing and implementing smart city projects will be effective in reducing environmental degradation. Furthermore, managing household waste, which has become a significant issue due to rapid urbanization, can be improved by promoting recycling and waste separation systems. Developing public transport systems, encouraging alternative transport options, and implementing solutions to reduce fossil fuel consumption will ease environmental pressure in cities.

Another critical policy recommendation focuses on the widespread use of renewable energy sources. Reducing the use of fossil fuels, which have numerous negative effects, and increasing investments and production capacities based on renewable energy sources like solar, wind, hydroelectric, and geothermal are of paramount importance. Modernizing the energy infrastructure and providing financial incentives for renewable energy investments will accelerate the energy transition. These policies will not only increase economic stability against fossil fuel price fluctuations but also facilitate energy independence.

In conclusion, the findings of this study highlight the importance of addressing environmental issues through strategies at both national and international levels. Environmentally friendly policies in agriculture, urbanization, and energy sectors will contribute to concrete steps toward enhancing environmental quality in line with sustainable development goals. To leave a more livable world for future generations, it is essential to raise environmental awareness, implement effective environmental policies, and involve all stakeholders in these processes.

Future studies could explore environmental impacts in greater detail through sectoral and regional data, focusing on various subfields of agricultural production and different elements of urbanization. Particularly, studies focusing on MINT countries could offer guiding policies and solutions by comparing the environmental effects of renewable energy consumption, agricultural activities, and urbanization on a local and regional scale. Lastly, future research in this area could contribute to the literature by incorporating variables directly affecting environmental quality, such as carbon emissions, air pollution, and water resource usage, alongside economic and social variables like education level, demographic structure, poverty rate, development index, and income distribution.

Author contribution percentages

In this study, the contributions of the authors are as follows:

1st Author: 50%

2nd Author: 50%

Conflict of interest statement

The authors of the paper titled "The Impact of Agricultural Value Added, Urbanization, and Renewable Energy Consumption on Environmental Quality in MINT Countries" declare that there is no financial conflict of interest with any institution, organization, or individual. Furthermore, there is no conflict of interest among the authors.

Bibliography

- Agboola M.O., Bekun F.V. (2019). Does Agricultural Value Added Induce Environmental Degradation, Empirical Evidence from an Agrarian Country. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 26, 27660–27676.
- Akyol, M. (2023). The Relationship between Urbanization, Energy Consumption and Carbon Dioxide Emissions Panel Ardl Analysis for Newly Industrialized Countries, *Planlama*, 33(3):421–431 | doi: 10.14744/planlama.2023.82788.
- Akpan, U. F. ve Akpan, G. E. (2012). The Contribution of Energy Consumption to Climate Change: A Feasible Policy Direction, *International Journal of Energy Economics and Policy*, 2(1), 21-33.

- Aktürk, E ve Gültekin, S. (2024). The impact of food production on ecological footprint in Turkey: an analysis across agriculture, livestock, and aquaculture, *Environment, Development and Sustainability*.
- Alhassan, H. (2021). The effect of agricultural total factor productivity on environmental degradation in sub-Saharan Africa, *Scientific African*, 12, e00740.
- Al-mulali, U., Che Sab, N.B., Fereidouni, H.G. (2012). Exploring the bi-directional long run relationship between urbanization, energy consumption, and carbon dioxide emission, *Energy*, 46, 156-167.
- Apergis N., Payne J. E. (2010). Energy consumption and growth in South America: Evidence from a panel error correction model. *Energy Economics*, 32(6), 1421–1426.
- Arouri M. E. H., Youssef A. B., M'henni H. ve Rault C. (2012). Energy consumption, economic growth and CO₂ emissions in Middle East and North African countries. *Energy Policy*, 45, 342–349.
- Asif M., Sharma R. B., Adow A. H. E. (2015). An empirical investigation of the relationship between economic growth, urbanization, energy consumption, and CO₂ emission in GCC countries: A panel data analysis. *Asian Social Science*, 11(21), 270–284.
- Asumadu-Sarkodie S., Owusu P.A. (2016). The Relationship between Carbon Dioxide and Agriculture in Ghana: A Comparison of VECM and ARDL Model. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 23:10968–10982.
- Azam, M., ve Khan, A.Q. (2016). Urbanization and environmental degradation: Evidence from four SAARC Countries—Bangladesh, India, Pakistan, and Sri Lanka, *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 35(3), 823-832.
- Azimi, M.N., ve Rahman, M.M. (2024). Renewable energy and ecological footprint nexus: Evidence from dynamic panel threshold technique, *Heliyon*, 10(13), e33442.
- Aziz, N., Sharif, A., Raza, A. ve Rong, K. (2020). Revisiting the role of forestry, agriculture, and renewable energy in testing environment Kuznets curve in Pakistan: evidence from Quantile ARDL approach, *Environ Sci Pollut Res* 27, 10115–10128.
- 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.
- Bilgen, S. (2014). Structure and environmental impact of global energy consumption. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 8, 890-902.
- Breusch, T.S. and Pagan, A.R. (1980) The Lagrange Multiplier Test and Its Application to Model Specification in *Econometrics. Review of Economic Studies*, 47, 239-253.
- Chen, Y., Lee, C.C. ve Chen, M. (2022). Ecological footprint, human capital, and urbanization *Energy Environ.*, 33(3):487-510.
- Cüre, B. (2022). Kimyasal ve Organik Gübrelerin Çevre Üzerine Etkisi, *Biyosistem Mühendisliği Dergisi*, 3(2):98-107.
- Güler, E.Ö. ve Börüban, C. (2019). Tarımsal üretimin ve ölçek etkisinin çevre kirliliği üzerindeki etkisinin incelenmesi, *Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 28(3), 1-11.
- Gündüz, H.İ. (2017). Testing for slope homogeneity in dynamic panels using the wild bootstrap test, *Ekonometri ve İstatistik Sayı:26* 2017 53-59.
- IEA. (2024). International Energy Agency, World Energy Outlook, *IEA Publications*.
- Im, K.S., Pesaran, M.H. and Shin, Y. (2003). Testing for unit root in heterogeneous panels, *Journal of Econometrics*, 115, 53-74.
- Isik, C., Ongan, S. ve Özdemir, D. (2019). The economic growth/development and environmental degradation: evidence from the US state-level EKC hypothesis, *Environmental Science and Pollution Research*, 26:30772–30781.
- Karasoy, A. (2021). Küreselleşme, sanayileşme ve şehirleşmenin Türkiye'nin ekolojik ayak izine etkisinin genişletilmiş ARDL yöntemiyle incelenmesi, *Hitit Sosyal Bilimler Dergisi*, 14 (1), 208-231.
- Karaer, F. ve Gürlük, S. (2003). Gelişmekte olan ülkelerde tarım-çevre-ekonomi etkileşimi, *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 4 (2), 197-206
- Liu, R., Dong, X., Wang, X., Zhang, P., Liu, M. ve Zhang, Y. (2023). Relationship and driving factors between urbanization and natural ecosystem health in China, *Ecological Indicators*, 147, 109972.

- Ma, L., Zhang, Y., Chen, S., Yu, L. ve Zhu, Y. (2022). Environmental effects and their causes of agricultural production: Evidence from the farming regions of China, *Ecological Indicators*, 144, 109549.
- Muoneke, O. B., Okere, K. I., & Nwaeze, C. N. (2022). Agriculture, globalization, and ecological footprint: The role of agriculture beyond the tipping point in the Philippines. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(36), 54652–54676.
- Odugbesan, J. A., ve Rjoub, H. (2020). Relationship Among Economic Growth, Energy Consumption, CO₂ Emission, and Urbanization: Evidence From MINT Countries. *Sage Open*, 10(2).
- Pandey, K.K. ve Rastogi, H. (2019). Effect of energy consumption & economic growth on environmental degradation in India: A time series modelling, *Energy Procedia*, 2(1), 4232-4237.
- Panwar, N.L., Kaushik, S.C. ve Kothari, S. (2011). Role of renewable energy sources in environmental protection: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 1513-1524.
- Pata, U. K. (2021). Linking renewable energy, globalization, agriculture, CO₂ emissions and ecological footprint in BRIC countries: A sustainability perspective. *Renewable Energy*, 173, 197–208.
- Pedroni, P. (1996). Fully Modified OLS for Heterogeneous Cointegrated Panels and the Case of Purchasing Power Parity. *Working Paper 96-020*. Indiana University.
- Pedroni, P. (1999). Critical Values for Cointegration Tests in Heterogeneous Panels with Multiple Regressors. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 61: 653-670. <https://doi.org/10.1111/1468-0084.0610s1653>
- Pedroni, P. (2000) Fully Modified OLS for Heterogeneous Cointegrated Panels. *Nonstationary Panels, Panel Cointegration, and Dynamic Panels*, 93-130.
- Pedroni, P. (2004). Critical Values for Cointegration Tests In Heterogeneous Panels With Multiple Regressors, *Oxford Bulletin of Economics And Statistics, Special Issue*, 0305-9049, 653-670.
- Peker, A.E. (2012). Konya İli Domates Üretiminde Tarımsal İlaç Kullanımına Yönelik Çevresel Duyarlılık Analizi, *İğdir Üni. Fen Bilimleri Enst. Der.*, 2(1): 47-54.
- Pesaran, M. H. 2004. General diagnostic tests for cross section dependence in panels, *CWPE*, 0435.
- Pesaran, H.M. (2007). A Simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence, *Journal of Applied Econometrics*, 22, 265–312. <https://doi.org/10.1002/jae.951>
- Pesaran, M. H. and Yamagata, T. (2008). "Testing Slope Homogeneity in Large Panels", *Journal of Econometrics*, Sayı:142, ss. 50–93.
- Raza, A., Habib, Y. ve Hashmi, S.H. (2023). Impact of technological innovation and renewable energy on ecological footprint in G20 countries: the moderating role of institutional quality, *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 30, 95376-95393.
- Ridzuan N.H., Marwan N.F., Khalid N., Ali, M.H., ve Tseng M.L. (2020). Effects of agriculture, renewable energy, and economic growth on carbon dioxide emissions: Evidence of the environmental Kuznets curve. *Resources, Conservation and Recycling*. 160, 104879.
- Shahbaz, M., Loganathan, N., Muzaffar, A.T., Ahmed, K., Jabran, M.A. (2016). How urbanization affects CO₂ emissions in Malaysia?: the application of STIRPAT model, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57, 83-93.
- Shi, A. (2003). The impact of population pressure on global carbon dioxide emissions, 1975–1996: evidence from pooled cross-country data. *Ecol Econ*, 44(1), 29–42.
- Sofuoğlu, E., Alver, A. ve Bozali, N. (2023). An Empirical Study on the Impact of Urbanization on Environmental Quality in Turkey, *Journal of Emerging Economies And Policy*, 8(1) 204-212.
- Tatoğlu, F.Y. (2013). İleri Panel Veri Analizi: *Stata Uygulamalı*, 2. Baskı, Beta Yayınları.
- Tatoğlu, F.Y. (2017). Panel zaman serileri analizi: *Stata uygulamalı*, Beta Yayınları.
- The United Nations, 2018. China's urban population will increase by 255 million in 2050. Retrieved from, 5-16. <https://news.un.org/zh/story/2018/05/1008862>.
- Topal, M.H. (2017). Çifte Kazanç Hipotezinin OECD Ekonomileri İçin Testi: Panel Eşbütünlük ve Nedensellik Analizi, *Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Dergisi*, 2:(4), 2-20.
- Udemba, E. N. (2021a). Pakistan ecological footprint and major driving forces, could foreign direct investment and agriculture be among *In S. S. Muthu (Ed.), Assessment of Ecological Footprints* (pp. 109–122), Springer Singapore.

- Wang, L., Mehmood, U., Agyekum, E. B., Uhunamure, S. E., & Shale, K. (2022). Associating Renewable Energy, Globalization, Agriculture, and Ecological Footprints: Implications for Sustainable Environment in South Asian Countries. *International journal of environmental research and public health*, 19(16), 10162.
- Wang S., Li G., Fang C. (2018). Urbanization, economic growth, energy consumption, and CO₂ emissions: Empirical evidence from countries with different income levels. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81(Pt. 2), 2144–2159.
- Xu, X., Nadeem, M., Niazi, M. (2024). The Impact of the Agricultural System on the Environmental Footprints: New Insights from Contemporary Chinese Agricultural Perspecti. *Polish Journal of Environmental Studies*, 33(5), 5943-5952. <https://doi.org/10.15244/pjoes/183089>
- Xue, L., Haseeb, M., Mahmood, H., Alkhateeb, T.T.Y. ve Murshed, M. (2021). Renewable energy use and ecological footprints mitigation: evidence from selected south asian economies, *Sustain. Times*, 13 (4), 1-20.

Mint ülkelerinde tarımsal katma değer, şehirleşme ve yenilenebilir enerji tüketiminin çevresel kalite üzerindeki etkisi

Ayşen Bakkaloğlu¹ , Mehmet Akyol² 

¹ İstanbul Nişantaşı Üniversitesi, İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi Ekonomi Bölümü İstanbul, Türkiye; ² Gümüşhane Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İktisat Bölümü Gümüşhane, Türkiye.

ÖZET

Son yıllarda nüfus artışı, şehirleşme, ekonomik büyüme ve buna bağlı olarak enerji talebinde meydana gelen artış doğal kaynak kullanımı artırarak çevresel bozulmalara neden olmaktadır. Doğal kaynakların korunması, çevre sorunlarının azaltılması ve çevresel sürdürülebilirlik hedeflerinin gerçekleştirilmesinde tarım, şehirleşme ve enerji politikaları önem kazanmaktadır. Bu çalışmada MINT (Meksika, Endonezya, Nijerya, Türkiye) ülkelerinde tarımsal katma değer, şehirleşme ve enerji tüketiminin çevresel kalite üzerindeki etkisi 1992-2019 yılları arası dönem için analiz edilmiştir. Panel veri yönteminin kullanıldığı çalışmada değişkenler arasındaki yatay kesit bağımlılığının olmasından dolayı serilerin durağanlığı ikinci nesil birim kök testlerinden biri olan CIPS testi ile sınanmıştır. Delta testi ile homojenliğin varlığının test edildiği çalışmada seriler arasındaki uzun dönemli ilişki Pedroni Panel Eşbütünlüme testi ile sınanmıştır. Son olarak tam değiştirilmiş en küçük kareler tahmincisi (FMOLS) analizi ile tarımsal katma değer, şehirleşme ve enerji tüketiminin çevre üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. FMOLS sonuçlarına göre tarımsal katma değerde ve şehirleşme hızında meydana gelen artış çevre kalitesi üzerinde negatif etkiye sahipken yenilenebilir enerji tüketimi çevre kalitesi üzerinde pozitif etkiye sahiptir. Çalışma sonuçları söz konusu ülke grubunda tarımsal üretim sürecinde daha çevreci politikaların geliştirilmesi ve uygulanması gerektiğini, yenilenebilir enerji yatırımlarının ve tüketiminin artırılması gerektiğini ve şehirleşme hızının kontrol altına alınarak çevreye duyarlı yeni nesil şehir planlarının ivedi şekilde yürürlüğe konulması gerektiğini göstermektedir. Bu konuda yapılacak gelecekteki çalışmalar MINT ülkelerinde tarım sektörüne yönelik farklı alt dalların, farklı şehirleşme türlerinin ve yenilenebilir enerji politikalarının çevresel etkileri üzerine odaklanabilir.

ANAHTAR KELİMELER

Tarımsal katma değer, şehirleşme, yenilenebilir enerji, çevre, ekolojik ayak izi.

Giriş

Günümüzde Dünya nüfusunda meydana gelen hızlı artış, söz konusu nüfusun beslenme ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla tarımsal üretimde de bir artışı zorunlu kılmaktadır. Nüfusta meydana gelen yukarı yönlü ivmelenme dikkate alındığında ihtiyaç duyulan tarımsal üretim düzeyine ulaşılması, uygun tarımsal üretim süreçlerinin kullanımı ile sağlanabilmektedir (Cüre, 2022: 99). Tarımsal üretimin artırılmasında bir yandan toprağı besleyici ve üretimi destekleyici girdiler kullanılırken diğer taraftan da yeni arazilerin üretime elverişli hale getirilmesi amacıyla tarıma açılması söz konusu olmaktadır. Fakat yerkürede toprağın sınırlı olması ve var olan toprakların bir kısmının da çeşitli nedenlerle kullanılamaz hale gelmesi, birim alandan daha fazla ürün elde edilmesi gerekliliğini doğurmaktadır. Birim alandan daha fazla verim elde etmek, entansif tarım uygulanmalarıyla mümkün olabilmektedir (Peker, 2012:48). Başvurulan entansif tarımsal uygulamalar neticesinde de doğanın absorbe edemeyeceği inorganik maddeler ortaya çıkmaktadır (Güler ve Börüban, 2019: 4). Diğer yandan mevcut nüfusun beslenme ihtiyacının karşılanması amacıyla tarım sektörüne yönelik koruyucu politikalar, tarımsal üretimin genişlemesinde önemli rol oynamaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, azotlu gübre ve pestisit kullanımı, doğal yaşamın korunmaması, çiftlik hayvanları atıklarının kontrol edilmemesi,

biyoçeşitliliğin azalması, vb. faktörler, çevre problemlerine neden olmaktadır (Karaer ve Gürlük, 2003: 198).

Çevre üzerinde olumsuz etkiler oluşturan bir diğer faktör ise şehirleşmede meydana gelen artıştır. Şehirleşme esasen Dünya genelinde ortaya çıkan bir olgudur. Şehir nüfusu, gelişmiş ülkelerde olduğu gibi gelişmekte olan ülkelere de artmaktadır. Dünya Bankası'nın yayınladığı veriler ile 1960 yılında Dünya geneli için şehirlerde yaşayanların kırsal nüfusa oranı %34 düzeyinde iken bu oran 1980 yılına gelindiğinde %39 düzeyine, 2000 yılında %47 düzeyine ve 2020 yılında ise %56 düzeyine çıkmış olduğu görülmektedir (Sofuoğlu vd., 2023:205). Dünya Sağlık Örgütü tahminlerine göre ise 2050 yılında Dünya nüfusunun yaklaşık %70'inin şehirlerde yaşamayı tercih etmesi beklenmektedir (UN, 2018). Küresel ölçekte nüfusta meydana gelen artış aynı şekilde şehir nüfusuna da sirayet etmektedir. Ayrıca sanayileşmenin sıklıkla şehirlerde yoğunlaşması, emeğin ücret düzeyinin kırsala nazaran şehirlerde görece olarak daha yüksek olması; eğitim, sağlık, kültür gibi sosyal imkanlara şehirlerde daha kolay ulaşılması, kırsaldan şehre olan göçü ve nihayetinde şehirleşmeyi hızlandırmaktadır. Hiç şüphesiz şehirleşme hem birey hem de toplum yaşamına çeşitli kolaylıklar sunmaktadır. Fakat şehirleşmenin hızı ve bir plandan yoksun oluşu, çeşitli zorlukları ve birtakım sorunları da beraberinde getirmektedir. Özellikle sanayi endüstrilerinin şehirlerde veya şehirlere yakın bölgelerde yoğunlaşması ve üretimde fosil enerji kaynaklarından yararlanılması, çevresel olumsuzluklara neden olmaktadır (Akyol, 2023:423). Şehirleşmenin hızlanması, küresel ekosistem üzerinde büyük bir baskı oluşturmakta kaynakların ve çevresel taşıma kapasitesinin zaman içerisinde azalmasına neden olmaktadır. Genellikle şehirlerin gelişme sürecinde ekosistemin doğal yapısı dikkate alınmamakta, doğal yapı korunmamakta ve bu da küresel ekosistemin kaynak ve çevresel taşıma kapasitesine yönelik artan bir zorluk oluşturmaktadır. Şehirlerden birçoğu, gelişim sırasında ekosistemin doğal yapısını dikkate almamaktadır. Ayrıca artan gıda, enerji ve su talebi; kaynakların ve enerji kullanımının artması, arazi kullanımında dönüşüm, bireylerin öz tatmin arayışı ve kirlenici emisyonlar; doğal ekosistemlerin yapısında negatif anlamda değişime neden olmakta ve işlevi üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır (Liu vd., 2023).

Benzer şekilde enerji kullanımı da çevre üzerinde etkiler oluşturmaktadır. Küresel ölçekte enerji kullanımı son asırda hızlı şekilde artış göstermiştir. Nüfusta meydana gelen artış, sanayileşmenin hız kazanması, yeni üretim yöntem ve tekniklerinin geliştirilmesi, Dünya refahının artması ve buna bağlı olarak toplam talepte meydana gelen artış, daha fazla üretimi gerekli kılmakta ve enerji talebini pozitif yönde etkilemektedir (Bilgen, 2014; Panwar vd., 2011:1514). Enerji, tüm diğer üretim ve tüketim süreçlerinin temel girdisi olması nedeniyle özel bir öneme sahiptir. Enerji diğer yandan ekonomik büyümenin sürdürülmesinde ve toplumsal faaliyetlerin gerçekleştirilmesinde önemli bir belirleyicidir ve bu durum günümüzde enerji kullanımının yoğun şekilde artmasına neden olmaktadır (Pandey ve Rastogi, 2019: 4233; Bilgen, 2017: 891). Nitekim Uluslararası Enerji Ajansı'na (IEA) göre Dünya nüfusunun yaklaşık %85'ini oluşturan gelişmekte olan ülkelere, enerji talebi son on yılda yılda ortalama %2.6 düzeyinde artış göstermiştir. Bu artışın temel nedeni ise nüfusta meydana gelen 720 milyonluk artış ve %50 düzeyinde gerçekleşen ekonomik büyümedir. Ülkelerin büyüme süreçlerine ivme kazandırmak ve toplumsal refahı arttırmak adına enerjiden yararlanma çabaları beraberinde çevre kirliliğini de getirmektedir (Akpan ve Akpan, 2012:21). Fosil enerjiye bağlı olarak ortaya çıkan çevresel bozulmalar, sürdürülebilirliği tehdit etmekte; Dünya genelinde birçok politika yapıcının yenilenebilir ve düşük karbonlu enerji üretimine yönelik planlar geliştirmesini gerektirmektedir. IEA'ya (2024) göre son on yıllık süreçte fosil yakıtların küresel enerji üretimindeki payı, 2013'te %82 iken 2023'te %80'e düşmüştür. Söz konusu dönemde enerji talebi %15 artmış ve bu artışın %40'ı temiz enerji olarak adlandırılan yenilenebilir enerji kaynakları, nükleer enerji ve karbon yakalama, kullanma ve depolama dahil olmak üzere düşük emisyonlu yakıtlar tarafından karşılanmıştır.

Bu çalışmanın temel motivasyonu, son yıllarda gelişmekte olan ülkelere meydana gelen ekonomik ve toplumsal iyileşmelerin neticesi olarak ortaya çıkan nüfus, gıda ve enerji talebi

artışının çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin ölçülmesidir. Literatürde şehirleşme, enerji tüketimi, ekonomik büyüme vb. değişkenleri içeren birçok çalışma yer almakla birlikte çalışmayı literatürdeki diğer çalışmalardan ayıran temel nokta; MINT ülkeleri olarak adlandırılan ve Meksika, Endonezya, Nijerya ve Türkiye'yi içine alan ülke grubuna yönelik benzer bir çalışmanın olmamasıdır. Çalışmanın MINT ülkelerine yönelik olmasının temel nedeni söz konusu ülke grubunun dinamik ekonomik yapıları, yüksek büyüme potansiyelleri ve enerji politikalarının çeşitliliği ile dikkat çekmesidir. MINT ülkeleri, sanayileşme ve şehirleşme süreçlerinde benzer zorluklar yaşamakta ve tarımsal üretim kapasiteleri açısından birbirine yakın özellikler sergilemektedir. Ayrıca MINT ülkelerinde artan nüfus ile birlikte ortaya çıkan hızlı şehirleşme ve sanayileşme talebi çevresel hassasiyetlerin dikkate alınması ve çevrenin korunması gerekliliğini geri plana itmektedir. Bu nedenle, MINT ülkelerinde tarımsal üretim, şehirleşme ve yenilenebilir enerji tüketimi gibi değişkenlerin çevresel etkilerinin analiz edilmesi, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşma çabalarına katkı sağlayacaktır. Çalışmada MINT ülkelerine yer verilmesinin bir başka nedeni ise literatürde MINT ülkeleri gibi hızlı büyüyen ve benzersiz ekonomik yapılar sergileyen ülkeler için detaylı analizlerin sınırlı olmasıdır. Ayrıca, çevresel etkilerin değerlendirilmesinde CO₂ emisyonları gibi dar kapsamlı göstergeler yaygın olarak kullanılırken, ekolojik ayak izi gibi daha kapsamlı göstergelerin kullanımı literatürde nadiren görülmektedir. Bu çalışma, MINT ülkelerinde tarımsal katma değer, şehirleşme ve yenilenebilir enerji tüketiminin çevresel kalite üzerindeki etkisini inceleyerek bu boşluğu doldurmayı hedeflemektedir. Çalışmanın bundan sonraki kısımları literatür taraması, veri seti ve metodoloji, sonuç ve öneriler şeklinde dizayn edilmiştir.

Literatür taraması

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin her ikisinde de tarımsal üretim (Asumadu ve Owusu, 2016), ekonomik büyüme (Apergis ve Payne, 2010; Wang vd., 2018; Odugbesan ve Rijoub 2020), enerji tüketimi (Arouri vd. 2012; Asif vd., 2015; Ridzuan vd., 2020), şehirleşme (Azam ve Khan, 2016; Al-mulali vd., 2012; Shahbaz vd., 2016; Akyol, 2023), ticaret (Sun vd., 2019), nüfus artışı (Shi, 2003) ve doğrudan yabancı yatırımlar (Puhong ve Tuyen, 2018; Behera ve Dash, 2017) gibi değişkenler ile çevresel bozulma arasındaki karşılıklı ilişkiyi ortaya koyan çok çeşitli ampirik ve deneysel çalışmalar bulunmaktadır. Farklı ampirik çalışmalar, farklı zaman dilimlerini hedef almış ve farklı ülkeleri analiz etmiştir. Söz konusu çalışmaların büyük bir kısmı çevre değişkeni olarak CO₂ emisyonlarını dikkate almıştır. Diğer bir ifade ile mevcut literatür çevresel sorunları ele almak için genellikle tek bir gösterge kullanmaktadır; ancak tek bir gösterge ne genel çevresel koşulları ölçmekte ne de çevre sorunlarının genel olarak azaldığını belirtmektedir. Özetle literatürde ekonomik ve toplumsal değişkenler ile çevre arasındaki ilişkiyi inceleyen ve çevre değişkeni olarak daha detaylı ve kapsamlı bir çerçeveye çizen, ekolojik ayak izini analizlere dahil eden çalışmalar, sınırlı kalmaktadır. Panwar vd. (2011), yenilenebilir enerji kullanımının çevresel bozulma üzerindeki etkisini analiz ettiği çalışmada; güneş enerjili ocak, su ısıtıcısı, kurutucu, biyoyakıt, geliştirilmiş ocaklar ve hidrojen yoluyla CO₂ azaltımının kapsamı üzerine bir inceleme yapmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular, temiz ve sürdürülebilir kalkınma için çevresel bozulmaların azaltılması gerektiği üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bu bağlamda tarımsal ürünlerin kurutulmasında güneş enerjisinden yararlanılması, gelişmekte olan ülkelerde enerji tasarrufu açısından destekleyici bir unsurdur. Diğer yandan yenilebilir olmayan bitkisel yağdan elde edilen biyodizel, geleneksel dizel yerine kullanıldığında karbondioksit emisyonlarını ve petrol tüketimini azaltmaktadır. Yine rüzgâr enerjisi de sera gazı emisyonlarının azaltılmasında iyi bir potansiyel sunmaktadır. Aktürk ve Gültekin (2024), Türkiye'de gıda üretiminin ekolojik ayak izi üzerindeki etkilerini 1961-2018 dönemi için incelemiştir. Bu analiz çerçevesinde hem gıda üretimi hem de gıdanın bileşenleri olan tarım, hayvancılık ve su ürünleri üretimi ayrı ayrı ele alınmış ve elde edilen sonuçlara göre gıda, tarım ve hayvancılık üretiminin ekolojik ayak izini arttırdığı, su ürünleri üretimini ise azalttığı gözlenmiştir. Ayrıca, gübre kullanımı; tarım arazisi, GSYH, nüfus ve doğumda yaşam beklentisi, ekolojik ayak izini arttırarak çevresel bozulmalara neden olmaktadır.

Xu vd. (2024), Çin'deki tarımsal ekosistemlerin çevresel ayak izleri üzerindeki etkisini değerlendirmek için 1990-2020 dönemini kapsayan bir çalışma ortaya koymuştur. Değişkenler arasında uzun dönemli eş-bütünleşmenin mevcut olduğunun saptandığı çalışmada, uzun dönem sonuçlarını doğrulamak için ARDL tekniği uygulanmıştır. Bulgular, tarımsal ekolojik ayak izleri ile tarımsal arazi, enerji tüketimi, gübre kullanımı ve tarımsal istihdam gibi faktörler arasında, kısa dönem esnekliği ile ilişkinin pozitif olduğunu ortaya koymuştur. Uzun dönemde ise tarım arazisi, enerji tüketimi ve gübre kullanımının ekolojik ayak izi üzerindeki etkisinin de pozitif etki yarattığı tespit edilmiştir. Yazarlar, tarımsal ekosistemin üretimi artırmayı amaçlayan sıkı tarımsal uygulamalar nedeniyle zorlandığı kanısına varmıştır. Bu haliyle karbon emisyonlarını azaltmak, çevre dostu endüstrileri teşvik etmek ve ülkenin arazi biyo-kapasitesini artırmak yoluyla ekolojik sistem üzerindeki baskıyı hafifletileceği önerilmektedir. Wang vd. (2022), dört Güney Asya ülkesinde (Bangladeş, Hindistan, Pakistan ve Sri Lanka) tarımsal katma değer, yenilenebilir enerji ve küreselleşmenin ekolojik ayak izi üzerindeki etkisini 1990-2018 yılları arası dönem için analiz etmiştir. Değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin bulunduğu çalışma sonuçlarına göre yenilenebilir enerji ekolojik ayak izi üzerinde uzun dönemde azaltıcı bir etki oluşturmaktadır. Küreselleşme ve tarımsal katma değer ise çevresel bozulmayı arttırmaktadır. Diğer yandan çalışma sonuçları, söz konusu ülkelerde fosil enerji kaynaklarına olan bağımlılığın azaltılması için daha fazla YE kaynağı keşfedilmesi ve güneş enerjisinden tam kapasite ile faydalanılması gerektiğini ileri sürmektedir. Çalışmadan elde edilen bir diğer sonuç ise çiftçiler arasında çevre bilincinin geliştirilerek verimli tarım uygulamalarının takip edilmesi ve tarım sektörünün sürdürülebilir hale getirilmesidir.

Aziz vd. (2020). Pakistan'da 1990-2018 döneminde ekonomik büyüme, orman alanı, tarımsal üretim, yenilenebilir enerji ve çevresel bozulma arasındaki ilişkinin kuantil davranışına dayanan Çevresel Kuznets eğrisini değerlendirmektedir. Çalışmada Kuantil Otoresif Dağıtılmış Gecikme (QARDL) Yaklaşımından yararlanılarak Pakistan için çevresel Kuznets eğrisi hipotezini test etmek için ekolojik ayak izini, çevre göstergesi olarak kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonucu, Pakistan için Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezini doğrulamaktadır. Yenilenebilir enerji tüketimi ve orman alanı bulguları, ekolojik ayak izi üzerinde negatif etkiler ortaya koymaktadır. Bu sonuç, yenilenebilir enerji kullanımı ve orman alanının artırılmasıyla ekolojik ayak izlerinin en aza indirilebileceğini göstermektedir. Fakat beklentilere zıt bir şekilde, tarımsal üretim bulgularının ekolojik ayak izi üzerindeki kısa vadeli etkileri, istatistiksel olarak negatif sonuçlar göstermektedir. Bu durum, çevre dostu tekniklerin benimsenmesiyle tarım sektöründe de ekolojik ayak izinin azaltılabileceğini göstermektedir. Tarım kaynaklı Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezini inceleyen bir başka çalışma, Agboola ve Bekun (2019) tarafından Nijerya için kaleme alınmıştır. 1981-2014 dönemini kapsayan çalışma, söz konusu değişkenler arasındaki uzun dönemli denge ilişkisini desteklemektedir. Analizden elde edilen sonuçlara göre tarımsal faaliyetlerin karbon emisyonlarına katkıda bulunduğu ortaya konmuştur. Bu bağlamda çalışma Nijerya'da çalı yakma gibi karbon emisyonlarına katkıda bulunan tarımsal faaliyetlerin azaltılmasını önermekte, sera tarımı gibi gelişmiş tarım üretimine yer verilmesi gerektiği üzerinde durmaktadır. Muoneke vd. (2022), Otoresif Dağıtılmış Gecikme Modelinden (ARDL) yararlanarak Filipinler'deki karbon ve karbon dışı olmak üzere iki ekolojik ayak izi göstergesini kullanarak sürdürülebilir çevreyi tehdit eden tarım ve küreselleşme gibi faktörleri analiz etmiştir. Elde edilen sonuçlar, değişkenler arasında uzun dönemli ilişki olduğunu göstermekte ve Filipinler için tarımsal kalkınma ve ekolojik ayak izi arasındaki ters U şeklinde oluşan Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezinin varlığını desteklemektedir. Diğer bir ifade ile başlangıçta tarım geliştikçe ekolojik ayak izi artmakta; tarımın verimlilik ve düşük karbon üretmek için olgunlaşmasıyla azalmaktadır. Pata (2021), BRIC ülkelerinde 1971-2016 dönemi için yenilenebilir enerji üretimi, küreselleşme ve tarımsal faaliyetlerin ekolojik ayak izi ve karbondioksit (CO₂) emisyonları üzerindeki etkisini analiz etmek için Fourier Eşbütünleşme ve Nedensellik testlerinden yararlanmıştır. Eşbütünleşme testi, Brezilya ve Çin'de değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki olduğunu desteklemektedir. Sonuçlar, küreselleşmenin kirlilik göstergelerini artırdığını, yenilenebilir enerji üretiminin ise Çin'deki çevresel baskıyı önemli ölçüde azalttığını ileri

sürmektedir. Diğer yandan küreselleşme CO₂ emisyonlarını artırırken yenilenebilir enerji üretimi Brezilya'da çevre kalitesi üzerinde iyileştirici etki oluşturmaktadır. Nedensellik sonuçları da tarım ve çevresel bozulma arasında çift yönlü; küreselleşmeden ekolojik ayak izi ve CO₂ emisyonlarına ve yenilenebilir enerji üretiminden ekolojik göstergelere doğru tek yönlü ilişkilerin varlığını göstermektedir. Analiz sonuçları genel olarak çevresel bozulma ile mücadelede, yenilenebilir enerji kullanımının önemli bir rolü olduğu gerçeğini gün yüzüne çıkarmaktadır. Bu sonuçlara göre yenilenebilir enerji üretiminin Brezilya ve Çin'de çevre kirliliğini önemli ölçüde azaltabileceği düşünülmektedir. Son olarak Rusya ve Hindistan'da yenilenebilir enerji çevresel baskıyı etkilememektedir. Udemba (2021), Pakistan ekonomisinin bel kemiği olarak görülen ve en çok emisyon üreten tarım ve doğrudan yabancı yatırımların çevre üzerindeki etkisini analiz ettiği çalışmada, 1970-2018 yılları arası veri setinden yararlanmıştır. Çevre performansının iyi bir ölçüsü olarak görülen ekolojik ayak izinin bağımlı değişken olarak kullanıldığı çalışmada, ARDL testi sonuçlarına göre doğrudan yabancı yatırımların ve tarımın ekolojik ayak izini olumsuz yönde etkilediği bulunmuştur. Ayrıca doğrudan yabancı yatırımlardan ekolojik ayak izine doğru nedensel ilişki tespit edilmiştir. Dolayısıyla, Pakistan için kirlilik cenneti hipotezi doğrulanmıştır. Yine Udemba (2020), Nijerya'da ekonomik büyümeye önemli katkısı olan tarım sektörü ve uluslararası şirketlerin yönettiği petrol endüstrisinden kaynaklı emisyon düzeyini analiz ettiği çalışmada, çevre verisi olarak ekolojik ayak izinden yararlanılmıştır. 1981-2018 yıllarını kapsayan çalışma sonuçları, ekonomik büyüme ile ekolojik ayak izi arasında hem kısa hem de uzun dönemde pozitif ilişki; doğrudan yabancı yatırımlar ile ekolojik ayak izi arasında ise negatif ve anlamlı bir ilişki kurmaktadır. Tarım sektörü ile ekolojik ayak izi arasında hem uzun hem de kısa vadede negatif ilişki tespit edilmiştir. Enerji kullanımı ve ekolojik ayak izi arasında var olan ilişki pozitifdir; bu da çevresel performans üzerinde olumsuz etki oluşturmaktadır. Ayrıca, Granger nedenselliğine göre elde edilen bulgular; enerji kullanımından ekolojik ayak izine ve nüfustan ekolojik ayak izine doğru tek yönlü bir nedensellik olduğu yönündedir.

Veri seti ve yöntem

Bu çalışmada MINT olarak adlandırılan ve Meksika, Endonezya, Nijerya ve Türkiye'yi kapsayan ülke grubunda 1992-2019 yılları arasında tarımsal katma değer (AGRVALADD), şehirleşme (URBPOPGRW) ve yenilenebilir enerjinin (RENENR) çevresel etkileri analiz edilmektedir. Çevresel etkilerin analizinde, çevre verisi olarak ekolojik ayak izi verisinden yararlanılmaktadır. Çevresel kaliteyi ifade eden ekolojik ayak izi (EFP) verisine Global Footprint Network internet sitesinden ulaşılmıştır. Tarımsal katma değer, şehirleşme ve yenilenebilir enerji verisine ise Dünya Bankası internet sitesinden ulaşılmıştır. Değişkenler ve veri kaynakları Tablo 1 de gösterilmektedir.

Tablo 1 Değişkenler ve veri kaynakları

Değişkenler	Veri Kaynakları
Ekolojik ayak izi (EFP)	Global Footprint Network
Şehirleşme (URBPOPGRW)	World Bank
Yenilenebilir enerji (RENENR)	World Bank
Tarımsal katma değer AGRVALADD	World Bank

Çalışmanın 2019 yılı ile sınırlandırılmasının nedeni ise ekolojik ayak izi verisinin en son 2019 yılını kapsamasıdır. Panel veri analizi modellemesi genel olarak aşağıdaki şekilde kurulabilmektedir:

$$Y_{it} = \alpha_{it} + \beta_{kit} X_{kit} + u_{it} \quad i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T$$

Modelde Y : bağımlı değişkeni, X : bağımsız değişkenleri, α = sabit parametre, β ; eğim parametrelerini ve u ise hata terimini ifade etmektedir. Alt indis olarak i birey, şirket, ülke, gibi birimleri ifade ederken t ise gün, ay, yıl gibi zaman birimlerini göstermektedir. Bu çalışmada EFP bağımlı değişkeni, AGRVALADD, URBPOPGRW ve RENENR değişkenleri ise modelin bağımsız değişkenlerini oluşturmakta ve model aşağıdaki şekilde kurulmaktadır.

$$EFP_{it} = \alpha + \beta_1 AGRVALADD_{it} + \beta_2 URBPOPGRW_{it} + \beta_3 RENENR_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Modeled kullanılan değişkenlere ait ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum gibi temel tanımlayıcı istatistikler Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2 Tanımlayıcı istatistikler

Değişken	Gözlem	Ortalama	Standart Sapma	Maksimum	Minimum
EFP	112	2.095714	.9309597	.85	4.17
URBPOPGRW	112	10.70364	.2124625	10.36982	11.12805
RENENR	112	37.83661	29.72709	9	88.6
LAGRVALADD	112	2.998916	1.183063	1.218921	5.099975

Ekonometrik analizlerden güvenilir sonuçlar elde edilmesi için birtakım varsayımların geçerliliğinin sınanması gerekmektedir. Söz konusu varsayımlardan biri, serilerin durağan olmasıdır. Ekonometrik analizlerde kullanılan serilerin durağan olmaması ve bu durağan olmayan serilerle analiz yapılması neticesinde elde edilen sonuçlar güvenilirliğini yitirmektedir. Bu tarz verilerle yapılan analizler hatalı sonuçlar ortaya koymaktadır. Serilerin durağanlığının sınanmasında ise çeşitli birim kök testleri kullanılmaktadır. Serilerin durağanlığının kontrol edilmeden önce yatay kesit bağımlılığının varlığı kontrol edilerek kullanılacak birim kök testi tercih edilmektedir. Birinci nesil birim kök testlerinden, seriler arasında yatay kesit bağımlılığının var olmadığı durumda yararlanılırken ikinci nesil birim kök testlerinden ise seriler arasında yatay kesit bağımlılığının olduğu durumlarda yararlanılmaktadır. Çalışmada yatay kesit bağımlılığı Pesaran, Ullah ve Yamagata (2008) tarafından geliştirilmiş LM testi ile sınanmıştır. Zaman boyutu (T), yatay kesit boyutu (N) büyük olduğu zamanda geçerli olan Breusch Pagan (1980), LM testi N’nin sonsuza gittiği durumda uygun sonuçlar vermemektedir. Başlangıçta LM test istatistiğine bağlı temel hipotez;

$$H_0 : \text{cov}(u_{it}, u_{jt}) = \rho_{ij} = 0$$

şeklinde oluşturulur ve t değerlerinin tamamı için $i \neq j$ ilişkisi geçerlidir. Breusch Pagan LM test istatistiğinin temel hipotezden hareketle yazımı aşağıdaki şekildedir.

$$LM = \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij}^2$$

Eşitlikte $\hat{\rho}_{ij}^2$, i ve j artıkların ikili korelasyonunun örnek tahminini göstermekte ve aşağıdaki eşitlikte sunulan formül aracılığı ile hesaplanmaktadır.

$$\hat{\rho}_{ij} = \hat{\rho}_{ji} = \frac{\sum_{t=1}^T e_{it}e_{jt}}{(\sum_{t=1}^T e_{it}^2)^{\frac{1}{2}} (\sum_{t=1}^T e_{jt}^2)^{\frac{1}{2}}}$$

Eşitlikteki e_{it} ifadesinin formüle edilmesi $e_{it} = y_{it} - \hat{\alpha}_i - \hat{\beta}'_i x_{it}$ şeklindedir. Bu eşitlikte u_{it} hata teriminin EKK tahminini temsil eden e_{it} , kalıntı tahminlerini ifade etmektedir (Pesaran,2004). LM test istatistiği, $N(N-1)/2$ serbestlik derecesinde asimptotik χ^2 dağılımı göstermektedir (Pesaran 2008). LM testinin sapması düzeltilmiş versiyonu olan LM_{adj} testi ise N ve T büyük olduğu durumlar için uyarlanmıştır. LM_{adj} test istatistiği aşağıdaki şekildedir;

$$LM_{adj} = \sqrt{\frac{2}{N(N-1)}} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \frac{(T-k)\hat{\rho}_{ij}^2 - \mu_{Tij}}{v_{Tij}}$$

Eşitlikte μ_{Tij} ifadesi ortalamayı, v_{Tij} ise varyansı vermektedir. LM_{adj} ortalama- varyans sapması düzeltilmiş test istatistiğini vermektedir. H_0 hipotezinin verildiği (1) numaralı eşitlikte sırasıyla $T \rightarrow \infty$ ve ardından $N \rightarrow \infty$ söz konusu iken $LM_{adj} \Rightarrow_d N(0, 1)$ halini almaktadır. Birimlere özgü yatay kesit bağımlılığı test sonuçlarına Tablo 1’de yer verilmiştir. Tablo 3’de LM_{adj} dışında üç farklı yatay kesit bağımlılığı sınaması daha yapılmıştır. Birimlere özgü test sonuçları birimlere özgü yatay kesit bağımlılığının varlığını doğrulamakta iken panele özgü sonuçlar yatay kesit

bağımlılığının olmadığını göstermektedir. Yatay kesit bağımlılığının sınanmasından sonra elde edilen sonuçlara göre birim kök testinin sınanmasına geçilmektedir.

Tablo 3 Yatay kesit bağımlılığı testi

Serilere Özel		CD	LM	CDIm	LMadj
EFP	İstatistik	28.499*	6.495*	-3.027*	30.575*
	Olasılık Değeri	0.000	0.000	0.001	0.000
URBPOPGRW	İstatistik	29.643*	6.825*	-2.834*	21.320*
	Olasılık Değeri	0.000	0.000	0.002	0.000
RENENR	İstatistik	20.700*	4.243*	-3.705*	25.872*
	Olasılık Değeri	0.002	0.000	0.000	0.000
LAGRVALADD	İstatistik	19.330	3.848	-3.026*	9.681*
	Olasılık Değeri	0.004*	0.000*	0.001	0.000
Panele Özel			LM	LMCD	LMadj
	İstatistik		8.234	0.9091	1.233
	Olasılık Değeri		0.2215	0.2176	0.3633

Not: *, %1 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

Serilere özgü yatay kesit bağımlılığının varlığı, birim kök testi aşamasında ikinci kuşak birim kök testi kullanımını gerekli kılmaktadır. Analizde ikinci kuşak birim kök testlerinden biri olan CIPS testinden yararlanılarak serilerin durağanlığı sınanmaktadır. CIPS testi Im, Pesaran ve Shin (2003) tarafından geliştirilmiştir. CIPS testi yatay kesit genişletilmiş Dickey Fuller (CADF) testinden türetilmiştir.

CADF testinde ADF regresyonunun gecikmeli yatay kesit ortalamaları ile genişletilmiş hali kullanılmaktadır. CADF birim kök testinde serilerin durağanlığının sınanmasında kullanılan hipotez

$$H_0: \beta_i = 0$$

bütün i'ler için geçerlidir. Hipotez serilerin birim kök içerdiği savını savunmaktadır. Alternatif hipotez ise

$$H_1: \beta_i < 0$$

olmak üzere ($i=1,2,\dots,N_i$) $\beta_{-i}=0$, $i= N_i+1+N_i+2,\dots,N$ olarak ifade edilmekte ve homojen birim kökün en az bir serinin birim köke sahip olmadığı alternatifine karşı test edildiğini göstermektedir. CADF test istatistiği asimptotik açıdan benzerlik sergilemekte ve faktör yüklerine bağlı olmamaktadır. CADF test istatistiğinin denklem olarak açılımı

$$t_i(N, T) = \frac{\Delta Y_i' \bar{M}_w Y_{i-1}}{\hat{\sigma}_i (Y_{i-1}' \bar{M}_w Y_{i-1})^{1/2}}$$

şeklinde belirtilmektedir (Tatoğlu, 2017). Eşitlikte

$$\Delta y = (\Delta y_{i1}, \Delta y_{i2}, \dots, \Delta y_{iT})', y_{i-1} = (y_{i0}, y_{i1}, y_{iT-1}), \bar{M}_w = I_T - \bar{W}(\bar{W}'\bar{W})^{-1} \bar{W}',$$

$$\bar{W} = (\tau, \Delta \bar{Y}, \bar{Y}_{-1}), \tau = (1, 1, \dots, 1)', \Delta \bar{Y} = (\Delta \bar{Y}_1, \Delta \bar{Y}_2, \dots, \Delta \bar{Y}_T)',$$

$$Y_{-1} = (\bar{Y}_0, \bar{Y}_1, \dots, \bar{Y}_{T-1})'$$

$$\bar{M}_{i,w} = I_T - G_i(G_i'G_i)^{-1}G_i', G_i = \bar{W}, Y_{i-1})$$

olmak üzere,

$$\bar{\sigma}_i^2 = \frac{\Delta Y_i' M_{i,w} \Delta Y_i}{T - 4}$$

şeklinde yazılmaktadır $t_i(N, T)$ 'nin kesikli versiyonu olan $t_i'(N, T)$ tanımlanmasında K_1 ve K_1 pozitif sabit değerleri simülasyonlar sonucunda hesaplanmaktadır.

Sabitli ve trendli modeller için $K_1 = 6.12$, $K_2 = 4.16$

Sabitli fakat trendsiz modeller için $K_1 = 6.19$, $K_2 = 2.61$

Trendli model için $K_1 = 6.42$, $K_2 = 1.70$

CIPS istatistiği, IPS testinin yatay kesit genişletilmiş türü olarak düşünülebilir ve söz konusu test, CADF testi ile hesaplanan her bir birime ait t değerlerinin ortalaması alınarak elde edilmektedir. CIPS test istatistiği;

$$CIPS = N^{-1} \sum_{i=1}^N CADF_i$$

olarak yazılabilir ve asimptotik bakımdan standart dağılıma sahip değildir. CIPS test istatistiği birbirinden farklı N ve T değerleri için %1, %5 ve %10 anlamlılık esasına göre hesaplanmış ve Pesaran (2007)'da tablolştırılmıştır. Serilerin durağanlığı CIPS test istatistiğinin mutlak değer olarak kritik değerlerden büyük olması ile mümkün olmaktadır. CIPS istatistiğinin güvenilirliği hem $N > T$ hem de $T > N$ durumunda geçerlidir. CIPS test istatistiğine ait sonuçlar Tablo 4'de sunulmaktadır.

Tablo 4 CIPS test istatistiği

Değişkenler		cv10	cv5	cv1	T Bar	Olasılık
EFP	Düzeyde	-2.210	-2.330	-2.570	-0.444	0.997
	Farkında	-2.210	-2.330	-2.570	-4.312*	0.000
URBPOPGRW	Düzeyde	-2.210	-2.330	-2.570	-1.746	0.511
	Farkında	-2.210	-2.330	-2.570	-3.386*	0.000
RENENR	Düzeyde	-2.210	-2.330	-2.570	-0.865	0.967
	Farkında	-2.210	-2.330	-2.570	-4.013*	0.000
LAGRVALADD	Düzeyde	-2.210	-2.330	-2.570	-1.501	0.703
	Farkında	-2.210	-2.330	-2.570	-3.163*	0.002

Not: *, %1 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

Sabit ve eğim parametrelerinin homojenliği birim kök testi sonrasında sınanmalıdır. Çalışmada Delta testi olarak adlandırılan ve Pesaran ve Yamagata (2008) tarafından geliştirilen testten yararlanılmıştır. Eğim homojenliğinin test edilmesi, bilinmeyen eğim katsayılarının kesitler arasında ve zaman içinde sabit olması varsayımı her zaman geçerli olmadığından önem arz etmektedir. Yine Delta test sürecinde dinamik modellerde serisel olarak korelasyonsuz hatalar varsayımı önem arz etmektedir. Bu uygulamada, regresyon hatalarının heteroskedastisitesine müsaade edilmektedir (Gündüz, 2017). Büyük ve küçük örneklem gruplarını simgeleyen, Pesaran ve Yamagata (2008)'nın geliştirdiği test istatistikleri denklem 5' de yer almaktadır.

$$\hat{\Delta} = \sqrt{N} \left\{ \frac{N^{-1}S - k}{\sqrt{2k}} \right\} \sim x_k^2 \quad \text{ve} \quad \hat{\Delta}_{adj} = \sqrt{N} \left\{ \frac{N^{-1}S - E(\tilde{z}_{iT})}{\sqrt{\text{Var}(\tilde{z}_{iT})}} \right\} \sim N(0,1)$$

Eşitlikte;

$$E(\tilde{z}_{iT}) = k \quad \text{ve} \quad \sqrt{\text{Var}(\tilde{z}_{iT})} = 2k(T-k-1)/(T+1)$$

söz konusudur. Test istatistiklerinin yer aldığı denklem 5'te N; birim sayısını, S; Swamy test istatistiğini, $E(\tilde{z}_{iT})$; sonlu ortalama ve varyanslarla tüm i'ler için bağımsız dağıtılmış rassal değişkenleri göstermektedir. Delta testinde boş hipotez $H_0: \beta_1 = \beta$ eğim katsayılarının homojenliğini, alternatif hipotez ise $H_1: \beta_i \neq \beta$ ise eğim katsayılarının heterojenliğini ifade etmektedir (Pesaran ve Yamagata, 2008). Diğer yandan $(N, T) \rightarrow \infty$ olduğunda ve hata terimleri normal dağıldığında Δ testi "homojenlik" boş hipotezi altında asimptotik standart normal dağılıma sahiptir. Yukarıdaki eşitlikteki denklemlerden $\hat{\Delta}$ testi örneklem grubunun büyük olduğu durumlarda kullanılırken $\hat{\Delta}_{adj}$ ise küçük örneklem gruplarında daha iyi sonuçlar vermektedir (Isık vd, 2019: 30775). Delta heterojenlik test sonuçlarının gösterildiği Tablo 5 aşağıdadır. Elde edilen sonuçlara göre panelin tümü için eğim katsayılarının heterojen olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 5 Heterojenlik testi sonuçları

	Delta	Olasılık
adj	9.166*	0.000
	10.114*	0.000

Not: *, %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlılığı ifade etmektedir.

Panel veri analizinde, birinci farkında durağan olan serilerle uzun dönemli ilişkinin varlığı Eşbütünleşme testleri ile sınanmaktadır. Birinci ve ikinci nesil Eşbütünleşme testlerinden hangisinin kullanılacağına belirlenmesinde, panelin geneli için uygulanan yatay kesit bağımlılığı test sonuçları belirleyici olmaktadır. Tablo 1’de sunulan ve panelin geneli için uygulanan yatay kesit bağımlılığı test sonuçlarına göre birinci nesil Eşbütünleşme analizinin yapılması uygun olmaktadır. Bu çalışmada Pedroni (2004), Eşbütünleşme testinden yararlanılmıştır. Pedroni, toplamda 7 adet panel Eşbütünleşme testi önermiş ve söz konusu testler Eşbütünleşmenin olmadığını ileri süren temel hipotezi oluşturmaktadır. Testlerden 4 tanesi panel test istatistiğinden oluşmakta, 3 tanesi ise grup test istatistiğinden oluşmaktadır. Diğer yandan bahsi geçen 4 istatistik homojenliği dikkate alan kesit içi (within), 3 tanesi ise kesitler arası (between) istatistiklerdir. Panel-v, Panel-rho ve Panel-PP test istatistikleri parametrik değildir. Dördüncü istatistik Panel-ADF ise parametrik bir testtir (Topal, 2017:11). Alternatif hipotez altında heterojenliğe izin veren testte iki sınıflandırma yapılmaktadır. Birinci sınıflandırmada tüm birimler için zaman serilerinin eş bütünleşme testleri yapılarak test ortalamaları alınmaktadır. İkinci sınıflandırmada ise ortalamalar parçalardan elde edilmekte ve limit dağılımları parçalı pay ve payda terimlerinin limitlerinin üzerine kurulmaktadır (Tatoğlu,2013:235). Test istatistiği sonuçlarının kritik değerden büyük olması durumunda, eş bütünleşme olmadığını ifade eden H_0 hipotezi reddedilmektedir. H_0 hipotezinin reddedilmesi değişkenler arasında eş bütünleşme ilişkisinin varlığı şeklinde kabul edilmektedir (Topal, 2017:11). Aşağıda Panel Eşbütünleşme testi kalıntılar ile birlikte tahmin edilmektedir (Pedroni,1999:656);

$$Y_{it} = \alpha_i + \delta_i t + \beta_{1i} x_{1i,t} + \beta_{2i} x_{2i,t} + \dots + \beta_{Mi} \Delta X_{Mit} + e_{it}$$

her $t = 1, \dots, T$; $i = 1, \dots, N$; ve $m = 1, \dots, M$ şeklindedir.

Yukarıdaki eşitlikte T ; zamana özgü gözlem sayısını, N ; paneldeki her bir birime ait gözlem sayısını ve M ; regresyon değişkenlerini ifade etmektedir. Eğim parametresinin $\beta_{1i}, \beta_{2i}, \dots, \beta_{Mi}$, birimlere göre değerlendirilmesine izin verilmektedir. α_i birimlere özgü sabit etkileri belirtmek ve birimlere göre değerlendirilmesine müsaade edilmektedir. Deterministik trendin parametresi ise δ_i ile gösterilmektedir. Eş bütünleşme ilişkisinin olmadığını ileri süren H_0 hipotezi altında bağımlı ve bağımsız değişkenin $I(1)$ olduğu varsayımında hata terimi de $I(1)$ olmaktadır (Pedroni, 1999:656).

Parametrik olmayan istatistiklerde;

$\hat{u}_{it} = \hat{y}_i \hat{u}_{it-1} + \hat{e}_{it}$ Regresyonu tahmin edilmektedir. Bu regresyonda kalıntılar $\hat{e}_{it}$ ’nin birimlere özgü uzun dönemli varyansının tahmin ($\hat{\sigma}_i^2$) edilmesinde kullanılmaktadır. $\hat{s}_i^2, \hat{e}_{it}$ ’nin birimlere özgü varyansını belirtmek ve $\hat{\lambda}_i = \frac{1}{2} (\hat{\sigma}_i^2 - \hat{s}_i^2)$ eşitliğini ifade etmektedir.

Parametrik istatistiklerde ise;

$$\hat{u}_{it} = \hat{y}_i \hat{u}_{it-1} + \sum_{k=1}^{K_i} \hat{y}_{ik} \Delta \hat{u}_{it-k} + \hat{e}_{it}^*$$

regresyonu tahmin edilmekte ve kalıntılar, $\hat{e}_{it}^*$ ’nin varyansını tahmin ($\hat{s}_i^{*2}$) etmek amacıyla kullanılmaktadır. Tablo 6’da Pedroni Panel Eşbütünleşme Testi sonuçları yer almaktadır.

Tablo 6 Pedroni panel eşbütünleşme testi

Testler	İstatistik	Olasılık	Ağırlıklandırılmış İstatistik	Olasılık
Panel v- İstatistiği	3608059*	0.0002	-1090426	0.8622

Panel rho- İstatistiği	-2993684*	0.0014	-0.906882	0.1822
Panel PP- İstatistiği	-6294361*	0.000	-5445595*	0.000
Panel ADF- İstatistiği	-6307041*	0.000	-5189905*	0.000
Grup rho- İstatistiği	-0.851411	0.1973		
Grup PP- İstatistiği	-5.225.692*	0.000		
Grup ADF- İstatistiği	-4.891.944*	0.000		

Not: *, %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlılığı ifade etmektedir.

Tablo 5'teki Pedroni Eşbütünleşme Testi sonuçlarına göre ağırlıklandırılmış panel v ve panel rho ile grup rho istatistiği sonuçlarına göre değişkenler arasında eş bütünleşme ilişkisi vardır. Diğer bir ifade ile toplam 11 test istatistiğinden 8 tanesinin olasılık değerleri $p < 0.05$ 'ten küçüktür. Değişkenler arasında eş bütünleşik ilişkinin olmadığını savunan H_0 hipotezi reddedilmekte ve uzun dönemli eş bütünleşik ilişkinin varlığı kabul edilmektedir. Eş bütünleşme analizinde maksimum gecikme uzunluğu Schwarz Bilgi Kriteri ile tayin edilmiştir. Eş bütünleşme analizi sonrasındaki süreçte uzun dönem parametresinin heterojen ve fakat panelin yatay kesit bağımlılığı sergilemediği durumlarda uzun dönemli ilişkinin tahmini için uygulanan modellerden biri olan FMOLS (tam değiştirilmiş en küçük kareler tahmincisi)'dan yararlanılmaktadır.

Tüm parametreleri heterojen panel veri modeli dikkate alındığında,

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta_i X_{it} + u_{it}$$

denklemden $i=1, \dots, N$ ve $t=1, \dots, T$ olmak koşulu ile β_i değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkiyi veren parametredir. FMOLS tahmincisinin t istatistik değeri aşağıdaki şekilde formüle edilmektedir.

$$\hat{\beta}_{FMOLS} - \beta = [\sum_{i=1}^N \hat{L}_{ei}^{-2} \sum_{t=1}^T (X_{it} - \bar{X}_i)^2]^{-1} \sum_{i=1}^N \hat{L}_{ui}^{-1} \hat{L}_{ei}^{-1} [\sum_{t=1}^T (X_{it} - \bar{X}_i) Y_{it}^* - T \hat{\gamma}_i]$$

FMOLS tahmincisiinden elde edilen panelin geneline ait sonuçlar Tablo 7'de sunulmaktadır.

Tablo 7 Tam değiştirilmiş en küçük kareler tahmincisi (FMOLS) sonuçları

Değişkenler	Katsayı	Standart Hata	T istatistik	Olasılık
LAGRVALADD	0.441679	0.253430	1.742808***	0.0844
RENENR	-0.017281	0.007358	-2.348770**	0.0208
URBPOPGRW	0.183559	0.066239	2.771151*	0.0067
R ²	0.927420			
Düzeltilmiş R ²	0.923108			
Uzun Dönem Varyans	0.146277			

*, **, *** sırasıyla %1, %5 ve %10 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlılığı ifade etmektedir.

MINT ülke grubuna ait FMOLS sonuçlarına göre LAGRVALADD değişkeninde meydana gelen bir birimlik artış EFP üzerinde 0.004 birimlik pozitif bir etki oluşturmaktadır. Yine RENENR değişkeninde meydana gelen bir birimlik artış EFP üzerinde 0,01 oranında bir azalma meydana getirmektedir. Son olarak URBPOPGRW değişkeninde meydana gelen bir birimlik artış, EFP değişkeni üzerinde 0.18 oranında artışa neden olmaktadır. Bu sonuçlara göre tarımsal üretimdeki artış, çevre üzerinde olumsuz etkiler meydana getirmekte ve çevresel sorunlara neden olmaktadır. Söz konusu çevresel bozulmaların geri planında tarımsal çıktıyı arttırmak ve bu şekilde verimlilik düzeyini iyileştirmek amacıyla kontrolsüz şekilde kullanılan gübre ve zirai ilaç gibi tarımsal girdilerin önemli bir payı vardır. Nitekim FMOLS tahmincisiinden elde edilen bu sonuç, literatürde yer alan bazı çalışmaların (Ma vd., 2022; Alhassan, 2021) sonuçları ile de örtüşmektedir. Diğer yandan kaynakların daha verimli bir şekilde kullanımını hedefleyen ve gelecek nesillere daha yaşanabilir bir çevre bırakma amacı güden yenilenebilir enerji alanındaki gelişmeler, çevre üzerinde beklenen pozitif etkiyi gözler önüne sermektedir. Rüzgâr, güneş, dalga vb. doğal kaynaklardan elde edilen yenilenebilir enerji, fosil yakıt kullanımında göreceli olarak azalmaya neden olmaktadır. Yine, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik tüketim artışı, CO₂ emisyonu üretmediği için fosil kaynaklara nazaran daha çevreci sonuçlar doğurmaktadır. FMOLS tahmincisi sonuçları da bu durumu doğrular niteliktedir. Sonuçlarla literatürdeki bir kısım çalışmaların (Azimi ve Rahman, 2024; Raza vd. 2023; Xue vd., 2021) sonuçları birbirini destekler niteliktedir. Son olarak şehirleşme değişkeni, çevreyi olumsuz etkileyerek çevresel bozulma

üzerinde arttırıcı bir etkiye sahiptir. Sanayinin gelişmesi ve sanayi kuruluşlarının emek, alt ve üst yapı ve genellikle ulaşım ağlarının daha erişilebilir kent merkezlerine yakın olması; eğitim, sağlık, kültür ve benzeri sosyal ve ekonomik imkanların şehir merkezlerinde yoğunlaşması, kent nüfusunu özellikle geliştirmekte olan ülkelerde arttırmaya devam etmektedir. Nüfus artışı da kaynak talebini arttırmakta; hava, toprak ve su kirliliği oluşturarak zamanla çevresel bozulmalara neden olmaktadır. Çalışmada kullanılan değişkenlerden biri olan şehirleşme hızında meydana gelen artış, çevresel bozulmaları ve tahribatı beraberinde getirmektedir. Alhassan, (2021), Karasoy vd. (2021) ve Chen vd. (2022) tarafından yapılan çalışmaların ampirik sonuçları da şehirleşmenin çevresel sorunlar doğurduğunu ileri sürmektedir.

Sonuç ve öneriler

Dünya genelinde ekonomik refah düzeyinin iyileşmesi, sanayileşmenin hız kazanması ve gelişen sağlık koşulları, nüfus artışını beraberinde getirmiş; artan nüfus ise beslenme imkanlarının iyileştirilmesini zorunlu kılmıştır. Söz konusu zorunluluk, özellikle geliştirmekte olan ülkelerde tarımsal üretim sürecinde birtakım çevresel duyarlılıkların geri planda kalmasına neden olmaktadır. Tarımsal üretimde geleneksel üretim yöntem ve süreçlerinin ısrarla kullanılmaya devam edilmesi; zaman içerisinde toprak erozyonuna, su kaynaklarının aşırı kullanımına, ekolojik çeşitliliğin azalmasına ve tarımsal verimliliğin artırılması için uygulanan gübre ve ilaçlama faaliyetleri neticesinde ortaya çıkan zararların çevreye salınımına neden olmaktadır. Diğer yandan kullanılan gübre ve ilaçlar zaman içerisinde toprağın derinliklerine sirayet ederek su kirliliğini beraberinde getirmekte ve doğal su döngüsünü bozmaktadır. Benzer şekilde sosyal ve ekonomik imkanların şehirlerde yoğunlaşması, nüfus artışı ile birlikte kırdan kente göçü hızlandırmış esasen geliştirmekte olan ülkelerde hızlı ve çarpık bir şehirleşme olgusunu ortaya çıkarmıştır. Aşırı ve hızlı şehirleşme, önemli bir karbon yutağı olan ormanlarının azalmasına neden olmakta; hava ve suyun kirlenmesine ve bir süre sonra ilkim değişikliklerine yol açmaktadır. Ayrıca şehirlerde nüfus yoğunluğuna bağlı olarak ortaya çıkan yoğun atık düzeyi, atık yönetimini güçlendirmektedir. Nüfus artışı ve sanayileşme hem yaşam hem de üretim süreçlerinin kesintisiz bir şekilde devam etmesini ancak yoğun enerji kullanımı ile sürdürülebilir kılmaktadır. Günümüzde kullanılan enerjinin büyük kısmının geleneksel enerji kaynağı olan fosil yakıtlara dayandığı göz önüne alındığında söz konusu kaynakların çeşitli çevresel olumsuzluklar ortaya koyması kaçınılmazdır. Söz konusu olumsuzluklar sera gazı emisyonu, hava, toprak ve su kalitesinin bozulması, habitat kaybı, vb -şeklinde sıralanmaktadır. Bu bağlamda yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelinmesi, bahsi geçen çevresel olumsuzlukların azaltılmasına imkân tanımaktadır.

Bu çalışmada, MINT ülkelerinde tarımsal katma değer, şehirleşme ve yenilenebilir enerji tüketiminin çevresel kalite üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar tarımsal üretimin ve şehirleşmenin çevre üzerinde olumsuz etkiler oluşturduğunu, yenilenebilir enerji tüketiminin ise çevre üzerinde pozitif etki oluşturduğunu göstermektedir. Analizden elde edilen sonuçlar neticesinde birtakım politika önerileri geliştirilmesi mümkündür. Bunlardan ilki, geleneksel yöntemlerle tarımsal üretimin sürdürülmesi yerine modern, çevreci ve sürdürülebilirliğin ön plana alındığı tarımsal üretim tekniklerinin benimsenmesidir. Bu bağlamda özellikle organik tarım, permakültür, hassas tarım ve akıllı tarım uygulamaları gibi sürdürülebilir tarım yöntemleri mevcut kaynakların daha verimli ve akılcı kullanımının yanı sıra çevresel tahribat dolayısı ile oluşacak çevresel bozulmaların da azaltılmasına katkı sağlayacaktır. Ayrıca kimyasal içerikli gübre kullanımının sınırlandırılması veya kontrol altına alınması, bunun yerine biyolojik tarım girdilerinin teşvik edilmesi hem çevre hem de insan sağlığı açısından önem arz etmektedir. Çiftçilerin organik tarım, zararlılarla mücadele konusunda çevre dostu yaklaşımlar gibi sürdürülebilir tarım yöntemleri konusunda eğitilmesi ve bu yöntemlerin uygulanmasını kolaylaştıracak teşvik politikalarının geliştirilmesi, çevresel etkilerin en aza indirilmesine katkı sağlayacaktır. Bir diğer politika önerisi şehirleşmenin olumsuz çevresel etkilerinin azaltılmasında bütünleşmiş bir şehir planlama yaklaşımından yararlanılmasıdır. Şehir planlamasında yeşil

alanların arttırılarak rekreasyon sahalarının genişletilmesi, özellikle dikey yapılanmanın yoğun olduğu alanlarda enerji verimliliğini sağlayan teknolojilerin uygulanması ve akıllı şehir projelerinin geliştirilerek uygulamaya konması çevresel bozulmayı sınırlandırmada etkili olacaktır. Ayrıca, hızlı şehirleşme ve buna bağlı olarak şehir nüfusundaki artış dolayısı ile önemli bir sorun haline gelen evsel atığın etkili bir şekilde yönetilmesi, geri dönüşüm ve atık ayrıştırma sistemlerinin yaygınlaştırılmasıyla mümkün olacaktır. Toplu taşıma sistemlerinin geliştirilmesi, alternatif ulaşım araçlarının teşvik edilmesi ve fosil yakıt tüketimini azaltacak çözümlerin uygulanması, şehirlerdeki çevresel baskıyı hafifletecektir. Diğer bir politika önerisi ise yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılmasına yöneliktir. Birçok olumsuz etkiyi bünyesinde barındıran fosil kaynak kullanımının azaltılarak güneş, rüzgâr, hidroelektrik ve jeotermal gibi yenilenebilir ve doğal enerji kaynaklarına dayalı yatırımların ve üretim kapasitesinin artırılması kritik öneme sahiptir. Enerji altyapısının çağdaş ve modern hale dönüştürülmesi ve yenilenebilir enerji yatırımlarına yönelik mali teşviklerin sunulması, enerji dönüşümünü hızlandıracaktır. Bu politikalar, fosil yakıt fiyatlarındaki dalgalanmalara karşı ekonomik istikrarı artırırken, enerji bağımsızlığına ulaşmayı kolaylaştıracaktır. Sonuç olarak, bu çalışmada elde edilen bulgular, çevresel sorunların çözümüne yönelik stratejilerin hem ulusal hem de uluslararası düzeyde ele alınmasının önemini vurgulamaktadır. Tarım, şehirleşme ve enerji sektörlerinde uygulanacak çevre dostu politikalar, sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda çevresel kaliteyi artırmaya yönelik somut adımların atılmasına katkı sağlayacaktır. Gelecek nesillere daha yaşanabilir bir dünya bırakmak için çevresel farkındalığın artırılması, çevre politikalarının etkin bir şekilde uygulanması ve tüm paydaşların bu süreçlere dahil edilmesi gerekmektedir.

Konu ile ilgili gelecekte yapılacak çalışmalar tarımsal üretimin farklı alt dalları ve şehirleşmenin farklı unsurları gibi sektörel ve bölgesel veriler aracılığı ile çevresel etkileri daha detaylı bir şekilde analiz edebilir. Özellikle MINT ülkeleri açısından ele alınacak çalışmalar yenilenebilir enerji tüketimi, tarımsal faaliyetler ve şehirleşmenin çevresel etkilerini yerel ve bölgesel bazda karşılaştırarak bölgesel politikaların geliştirilmesi için yol gösterici politikalar ve çözüm önerileri sunabilir. Son olarak konu ile ilgili bundan sonra yapılacak çalışmalara karbon emisyonları, hava kirliliği, su kaynaklarının kullanımı gibi çevresel kaliteyi doğrudan etkileyen değişkenler ile eğitim seviyesi, demografik yapı, yoksulluk oranı, kalkınma endeksi ve gelir dağılımı gibi ekonomik ve sosyal değişkenler eklenerek literetüre katkı sağlanacağı düşünülmektedir.

Yazar katkı oranları

Çalışmaya 1. Yazar: %50, 2. Yazar: %50 oranında katkı sağlamıştır.

Çıkar çatışması beyanı

"Mint ülkelerinde tarımsal katma değer, şehirleşme ve yenilenebilir enerji tüketiminin çevresel kalite üzerindeki etkisi" başlıklı makalemizin herhangi bir kurum, kuruluş, kişi ile mali çıkar çatışması yoktur. Yazarlar arasında da herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynaklar

- Agboola M.O., Bekun F.V. (2019). Does Agricultural Value Added Induce Environmental Degradation, Empirical Evidence from an Agrarian Country. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 26, 27660–27676.
- Akyol, M. (2023). The Relationship between Urbanization, Energy Consumption and Carbon Dioxide Emissions Panel Ardl Analysis for Newly Industrialized Countries, *Planlama*, 33(3):421–431 | doi: 10.14744/planlama.2023.82788.
- Akpan, U. F. ve Akpan, G. E. (2012). The Contribution of Energy Consumption to Climate Change: A Feasible Policy Direction, *International Journal of Energy Economics and Policy*, 2(1), 21-33.
- Aktürk, E ve Gültekin, S. (2024). The impact of food production on ecological footprint in Turkey: an analysis across agriculture, livestock, and aquaculture, *Environment, Development and Sustainability*.

- Alhassan, H. (2021). The effect of agricultural total factor productivity on environmental degradation in sub-Saharan Africa, *Scientific African*, 12, e00740.
- Al-mulali, U., Che Sab, N.B., Fereidouni, H.G. (2012). Exploring the bi-directional long run relationship between urbanization, energy consumption, and carbon dioxide emission, *Energy*, 46, 156-167.
- Apergis N., Payne J. E. (2010). Energy consumption and growth in South America: Evidence from a panel error correction model. *Energy Economics*, 32(6), 1421–1426.
- Arouri M. E. H., Youssef A. B., M'henni H. ve Rault C. (2012). Energy consumption, economic growth and CO₂ emissions in Middle East and North African countries. *Energy Policy*, 45, 342–349.
- Asif M., Sharma R. B., Adow A. H. E. (2015). An empirical investigation of the relationship between economic growth, urbanization, energy consumption, and CO₂ emission in GCC countries: A panel data analysis. *Asian Social Science*, 11(21), 270–284.
- Asumadu-Sarkodie S., Owusu P.A. (2016). The Relationship between Carbon Dioxide and Agriculture in Ghana: A Comparison of VECM and ARDL Model. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 23:10968–10982.
- Azam, M., ve Khan, A.Q. (2016). Urbanization and environmental degradation: Evidence from four SAARC Countries—Bangladesh, India, Pakistan, and Sri Lanka, *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 35(3), 823-832.
- Azimi, M.N., ve Rahman, M.M. (2024). Renewable energy and ecological footprint nexus: Evidence from dynamic panel threshold technique, *Heliyon*, 10(13), e33442.
- Aziz, N., Sharif, A., Raza, A. ve Rong, K. (2020). Revisiting the role of forestry, agriculture, and renewable energy in testing environment Kuznets curve in Pakistan: evidence from Quantile ARDL approach, *Environ Sci Pollut Res* 27, 10115–10128.
- 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.
- Bilgen, S. (2014). Structure and environmental impact of global energy consumption. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 8, 890-902.
- Breusch, T.S. and Pagan, A.R. (1980) The Lagrange Multiplier Test and Its Application to Model Specification in *Econometrics. Review of Economic Studies*, 47, 239-253.
- Chen, Y., Lee, C.C. ve Chen, M. (2022). Ecological footprint, human capital, and urbanization *Energy Environ.*, 33(3):487-510.
- Cüre, B. (2022). Kimyasal ve Organik Gübrelerin Çevre Üzerine Etkisi, *Biyosistem Mühendisliği Dergisi*, 3(2):98-107.
- Güler, E.Ö. ve Börüban, C. (2019). Tarımsal üretimin ve ölçek etkisinin çevre kirliliği üzerindeki etkisinin incelenmesi, *Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 28(3), 1-11.
- Gündüz, H.İ. (2017). Testing for slope homogeneity in dynamic panels using the wild bootstrap test, *Ekonometri ve İstatistik Sayı:26* 2017 53-59.
- IEA. (2024). International Energy Agency, World Energy Outlook, *IEA Publications*.
- Im, K.S., Pesaran, M.H. and Shin, Y. (2003). Testing for unit root in heterogeneous panels, *Journal of Econometrics*, 115, 53-74.
- Isik, C., Ongan, S. ve Özdemir, D. (2019). The economic growth/development and environmental degradation: evidence from the US state-level EKC hypothesis, *Environmental Science and Pollution Research*, 26:30772–30781.
- Karasoy, A. (2021). Küreselleşme, sanayileşme ve şehirleşmenin Türkiye'nin ekolojik ayak izine etkisinin genişletilmiş ARDL yöntemiyle incelenmesi, *Hitit Sosyal Bilimler Dergisi*, 14 (1), 208-231.
- Karaer, F. ve Gürlük, S. (2003). Gelişmekte olan ülkelerde tarım-çevre-ekonomi etkileşimi, *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 4 (2), 197-206
- Liu, R., Dong, X., Wang, X., Zhang, P., Liu, M. ve Zhang, Y. (2023). Relationship and driving factors between urbanization and natural ecosystem health in China, *Ecological Indicators*, 147, 109972.
- Ma, L., Zhang, Y., Chen, S., Yu, L. ve Zhu, Y. (2022). Environmental effects and their causes of agricultural production: Evidence from the farming regions of China, *Ecological Indicators*, 144, 109549.

- Muoneke, O. B., Okere, K. I., & Nwaeze, C. N. (2022). Agriculture, globalization, and ecological footprint: The role of agriculture beyond the tipping point in the Philippines. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(36), 54652–54676.
- Odugbesan, J. A., ve Rjoub, H. (2020). Relationship Among Economic Growth, Energy Consumption, CO₂ Emission, and Urbanization: Evidence From MINT Countries. *Sage Open*, 10(2).
- Pandey, K.K. ve Rastogi, H. (2019). Effect of energy consumption & economic growth on environmental degradation in India: A time series modelling, *Energy Procedia*, 2(1), 4232-4237.
- Panwar, N.L., Kaushik, S.C. ve Kothari, S. (2011). Role of renewable energy sources in environmental protection: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 1513-1524.
- Pata, U. K. (2021). Linking renewable energy, globalization, agriculture, CO₂ emissions and ecological footprint in BRIC countries: A sustainability perspective. *Renewable Energy*, 173, 197–208.
- Pedroni, P. (1996). Fully Modified OLS for Heterogeneous Cointegrated Panels and the Case of Purchasing Power Parity. *Working Paper 96-020*. Indiana University.
- Pedroni, P. (1999). Critical Values for Cointegration Tests in Heterogeneous Panels with Multiple Regressors. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 61: 653-670.
- Pedroni, P. (2000) Fully Modified OLS for Heterogeneous Cointegrated Panels. *Nonstationary Panels, Panel Cointegration, and Dynamic Panels*, 93-130.
- Pedroni, P. (2004). Critical Values for Cointegration Tests In Heterogeneous Panels With Multiple Regressors, *Oxford Bulletin of Economics And Statistics, Special Issue*, 0305-9049, 653-670.
- Peker, A.E. (2012). Konya İli Domates Üretiminde Tarımsal İlaç Kullanımına Yönelik Çevresel Duyarlılık Analizi, *İğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der.*, 2(1): 47-54.
- Pesaran, M. H. 2004. General diagnostic tests for cross section dependence in panels, *CWPE*, 0435.
- Pesaran, H.M. (2007). A Simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence, *Journal of Applied Econometrics*, 22, 265–312.
- Pesaran, M. H. and Yamagata, T. (2008). "Testing Slope Homogeneity in Large Panels", *Journal of Econometrics*, Sayı:142, ss. 50–93.
- Raza, A., Habib, Y. ve Hashmi, S.H. (2023). Impact of technological innovation and renewable energy on ecological footprint in G20 countries: the moderating role of institutional quality, *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 30, 95376-95393.
- Ridzuan N.H., Marwan N.F., Khalid N., Ali, M.H., ve Tseng M.L. (2020). Effects of agriculture, renewable energy, and economic growth on carbon dioxide emissions: Evidence of the environmental Kuznets curve. *Resources, Conservation and Recycling*. 160, 104879.
- Shahbaz, M., Loganathan, N., Muzaffar, A.T., Ahmed, K., Jabran, M.A. (2016). How urbanization affects CO₂ emissions in Malaysia?: the application of STIRPAT model, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57, 83-93.
- Shi, A. (2003). The impact of population pressure on global carbon dioxide emissions, 1975–1996: evidence from pooled cross-country data. *Ecol Econ*, 44(1), 29–42.
- Sofuoğlu, E., Alver, A. ve Bozali, N. (2023). An Empirical Study on the Impact of Urbanization on Environmental Quality in Turkey, *Journal of Emerging Economies And Policy*, 8(1) 204-212.
- Tatoğlu, F.Y. (2013). İleri Panel Veri Analizi: *Stata Uygulamalı*, 2. Baskı, Beta Yayınları.
- Tatoğlu, F.Y. (2017). Panel zaman serileri analizi: *Stata uygulamalı*, Beta Yayınları.
- The United Nations, 2018. China's urban population will increase by 255 million in 2050. Retrieved from, 5-16.
- Topal, M.H. (2017). Çifte Kazanç Hipotezinin OECD Ekonomileri İçin Testi: Panel Eşbütünleşme ve Nedensellik Analizi, *Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Dergisi*, 2:(4), 2-20.
- Udemba, E. N. (2021a). Pakistan ecological footprint and major driving forces, could foreign direct investment and agriculture be among In S. S. Muthu (Ed.), *Assessment of Ecological Footprints* (pp. 109–122), Springer Singapore.
- Wang, L., Mehmood, U., Agyekum, E. B., Uhunamure, S. E., & Shale, K. (2022). Associating Renewable Energy, Globalization, Agriculture, and Ecological Footprints: Implications for Sustainable Environment in South Asian Countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(16), 10162.

- Wang S., Li G., Fang C. (2018). Urbanization, economic growth, energy consumption, and CO₂ emissions: Empirical evidence from countries with different income levels. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81(Pt. 2), 2144–2159.
- Xu, X., Nadeem, M., Niazi, M. (2024). The Impact of the Agricultural System on the Environmental Footprints: New Insights from Contemporary Chinese Agricultural Perspecti. *Polish Journal of Environmental Studies*, 33(5), 5943-5952.
- Xue, L., Haseeb, M., Mahmood, H., Alkhateeb, T.T.Y. ve Murshed, M. (2021). Renewable energy use and ecological footprints mitigation: evidence from selected south asian economies, *Sustain. Times*, 13 (4), 1-20.