

Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Tüketimi, Tarım ve CO₂ Emisyonu İlişkisi

Araştırma Makalesi /Research Article

İlyas OKUMUŞ¹

ÖZ: Bu çalışmanın amacı, tarımsal katma değer, ekonomik büyüme, yenilenemez ve yenilenebilir enerji tüketimi, kentleşme oranı, dışa açıklık oranı ve CO₂ emisyonunu ilişkisini Türkiye için 1968-2014 yıllarını kapsayan dönem için ARDL sınır testi kullanılarak açıklamaktır. Analiz sonuçları, modele dâhil edilen değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki olduğunu göstermiştir. Ayrıca, Türkiye’de çevresel Kuznets eğrisi (ÇKE) hipotezinin varlığı doğrulanmıştır. Ayrıca, tarımsal katma değer, yenilenemez enerji tüketiminin, ticari serbestleşmenin ve kentleşmenin hem kısa hem de uzun dönemde CO₂ emisyonunu artırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Diğer yandan, yenilenebilir enerji tüketiminin kısa dönemde karbon emisyonunu azalttığı ancak uzun dönemde yenilenebilir enerji tüketiminin etkisinin istatistiksel olarak anlamsız olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji Tüketimi, Tarımsal Katma Değer, CO₂ Emisyonu, Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi, Türkiye

JEL Kodu: Q10, Q56, Q20

Renewable Energy Consumption, Agriculture and CO₂ Emissions Nexus in Turkey

ABSTRACT: The purpose of this study is to explain the relationship between agricultural value added, economic growth, non-renewable and renewable energy consumption, urbanization rate, trade openness rate and CO₂ emission in Turkey over the period 1968-2014 using ARDL bound test. Analysis results showed that there is a long-run relationship between the variables included in the model. In addition, it is confirmed the existence of the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis in Turkey. In addition, it is concluded that agricultural value added, non-renewable energy consumption, trade openness and urbanization increase CO₂ emissions in both short and long-run. On the other hand, renewable energy consumption reduces carbon emissions in the short-run, but the impact of renewable energy consumption on CO₂ emission in the long-run is statistically insignificant.

Keywords: Renewable Energy Consumption, Agricultural Value Added, CO₂ Emissions, Environmental Kuznets Curve hypothesis, Turkey

JEL Codes: Q10, Q56, Q2

Geliş Tarihi / Received: 13/12/2019

Kabul Tarihi / Accepted: 28/01/2020

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, İİBF, Maliye Bölümü, ilyasokumus@mku.edu.tr, orcid.org/0000-0003-2225-4215

1.Giriş

İklim değişikliği ve küresel ısınma, çağımızın en ciddi ve kritik çevre sorunları olarak kabul edilmektedir. Son yıllarda artan çevresel sorunlar ve hava kirliliği, sera gazlarının artmasından kaynaklanmaktadır. Küresel çevre sorunları, CO₂ emisyonundaki artışla birlikte her geçen gün daha da artmakta ve dünyadaki sera gazı emisyonlarındaki bu artıştan insan faaliyetlerinin sorumlu olduğu konusunda artan bir bilimsel görüş vardır. Tüm hükümetler ve düzenleyici otoriteler, küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi çevresel sorunlarla mücadele etmek için CO₂ emisyonunu azaltmaya çalışmaktadırlar. Karbon emisyonunu azaltmanın doğrudan yollarından biri fosil kaynaklı enerji tüketimini azaltmak olabilir. Son yıllarda, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler, fosil kaynaklı enerjiyi, imalat sanayi, turizm, ulaştırma ve tarım gibi ekonomik sektörlerde büyüme amacıyla yoğun bir şekilde kullanmaktadırlar. Tarım sektörünün, yoğun fosil kaynaklı enerji tüketimi nedeniyle dünya sera gazı (GHG) emisyonlarının yaklaşık %14 ila %30'undan sorumlu olduğu iddia edilmektedir (Jebli ve Youssef, 2017: 295). Nitekim yakıtla çalışan çiftlik ekipmanların kullanılması, sulama için suyun pompalanması, çiftlik tesislerinde çiftlik hayvanlarının yetiştirilmesi ve azot bakımından zengin gübrelerin kullanılması, tarımın yüksek sera gazı emisyonlarına sebep olmasını açıklamaktadır.

Dünyanın en büyük 7. tarım üreticisi olan Türkiye, kuru incir, fındık, çekirdeksiz kuru üzüm/ kuru üzüm ve kuru kayısı üretiminde dünya lideridir. Türkiye’de çalışan nüfusun yaklaşık %20’si tarım ve gıda endüstrisinde istihdam edilmektedir. Ayrıca, 2016 yılında Türkiye’nin GSYH’sinin yaklaşık %6,1’inden tarım ve gıda endüstrisi sorumludur. Sektörün toplam GSYH’ye mali katkısı 2002’den 2016’ya % 40 artarak 2016’da 52,3 milyar ABD dolarına ulaşmıştır. Bu zengin üretim, Türkiye'nin bölgesindeki en büyük tarımsal ürün ihracatçılarından biri olmasını sağlamış ve bu durum dış ticaret dengesine olumlu katkı sağlamıştır. Küresel çapta bakıldığında, Türkiye, 2016 yılında 190'dan fazla ülkeye 1.781 çeşit tarım ürünü ihraç etmiş ve Türkiye'nin tarımsal ihracat hacmi yaklaşık olarak 16,9 milyar ABD doları olarak hesaplanmıştır (Invest in Turkey, 2019).

Uluslararası İklim Değişikliği Panelinin (IPCC) yayınladığı bir rapora göre, tarım sektöründen kaynaklanan emisyonların 2030 yılına kadar %80'e kadar azaltılabileceği öngörülmektedir (IPCC, 2014). Tarım sektöründe yapay gübre yerine hayvan gübresi kullanmak, tarımsal mahsulleri ve artıkları, yenilenemez enerjinin yerine koymak üzere enerjiye dönüştürmek ve tarım faaliyetlerinde yenilenebilir enerji kullanmak gibi küresel ısınmayı azaltmak için çok şey yapılabilir. Temel yenilenebilir enerji kaynaklarının tarımsal faaliyetlerde kullanımı, Bayrakçı ve Kocar (2012) çalışmasında ayrıntılı olarak açıklanmıştır: i) seraların ısınmasında ve soğumasında, aydınlatmasında, tarım ürünlerin kurutulmasında ve tarla sulamalarında güneş enerjisi kullanılabilir; ii) biyoetanol ve biyogaz gibi modern biyoyakıtlar ve tahıl tozu, buğday samanı ve fındık kabukları gibi çeşitli tarımsal kalıntılar yeni enerji kaynakları olarak

kullanılabilir; iii) jeotermal enerji; su ürünleri yetiştiriciliğinde, ahırlarda, toprak iyileştirmede, serada, açık alanlarda toprağı ısıtmada ve tarımsal ürünleri kurutmada kullanılabilir; iv) elektrik enerjisi üretmek, tarlaları sulamak ve bazı bitkileri öğütme için rüzgâr enerjisi kullanılabilir; v) hidroelektrik, elektrik üretimi, sulama, içme suyu kaynakları için kullanılabilir ve bu durum aynı zamanda suyun çiftçiler arasında eşit paylaşımını kolaylaştırır.

Büyüyen ekonomi ve Türkiye'deki nüfus artışı nedeniyle enerji ve doğal kaynaklara olan talep artmaktadır. Son yıllarda Türkiye, OECD ülkeleri içerisinde enerji talebinde en hızlı büyümeyi gören ülke olmakla birlikte ve Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tahminlerine göre, önümüzdeki on yılda enerji kullanımını iki katına çıkarmaya hazırlanıyor. Son enerji verilerine göre, Türkiye'nin enerji ithalatçısı bir ülke olduğu ve enerji ihtiyacının yaklaşık %73'ünün bu ithalatlara bağlı olduğu görülmektedir. Türkiye, hem enerji ihtiyacındaki bu dışa bağımlılığı azaltmak hem de petrol, doğal gaz ve kömür gibi fosil kaynaklı enerji türlerinin çevreye verdiği zararı azaltabilmek için yenilenebilir enerji kaynaklarına ciddi yatırımlar yapmaktadır. 1968 yılında Türkiye'de hidroelektrik, rüzgar, güneş ve biyokütle enerji tüketimi 0,75 milyon ton petrol eş değeri (mtoe) iken, 2014 yılında 11,8 mtoe olarak gerçekleşmiştir. Benzer şekilde, Türkiye'de petrol, doğal gaz ve kömür gibi yenilemeyen enerji tüketiminde de ciddi artışlar olmuştur. 1968 yılı verilerine göre, Türkiye'de 10,01 mtoe olan yenilenemez enerji tüketimi 2014 yılında yaklaşık 113,59 mtoe'ye ulaşmıştır (BP, 2018).

Yukarıdaki bilgilere dayalı olarak, bu çalışmanın temel amacı Türkiye'de tarım sektörünün ve yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ emisyonu üzerindeki etkisini araştırmaktır. Bunun yanında, karbon emisyonunu etkilemesi muhtemel yenilenemez enerji tüketimi, kentleşme oranı ve dışa açıklık oranı değişkenlerinin de etkileri incelenmiştir. Ayrıca, çalışmada, ÇKE hipotezi modeli kullanılarak, hipotezin geçerli olup olmadığı analiz edilmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda, çalışmanın ilgili literatüre muhtemel katkıları şu şekildedir: (i) Türkiye'de tarım sektörünün CO₂ emisyonuna etkisini inceleyen ilk çalışmadır. (ii) Çalışmada, tarımsal katma değerin yanında ekonomik büyüme, yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimi, ticari serbestleşme ve kentleşmenin CO₂ emisyonuna etkisi ÇKE hipotezi modeli kapsamında incelenmiştir. (iii) Çalışmada, serilerin durağanlığı incelenirken muhtemel yapısal kırılmaları dikkate alan birim kök testinden faydalanılmış ve bağımlı değişken için hesaplanan yapısal kırılma tarihi kukla değişken olarak modele dâhil edilmiştir. (iv) Son olarak, çalışmada kullanılan ARDL sınır testi yaklaşımıyla değişkenler arasındaki uzun dönemli ve kısa dönemli ilişkinin boyutu incelenmiştir.

2. Literatür Özeti

Son yıllarda etkileri tüm canlı yaşamını tehdit eden küresel ısınma ve iklim değişikliği sorunlarına sebep olan faktörlerin araştırılması en önemli konulardan biridir. Bu bağlamda, ekonomik büyüme ve çevre kirliliği ilişkisi iktisat literatüründe en çok tartışılan konulardan biridir. Çevresel Kuznets eğrisi hipotezi

olarak adlandırılan ekonomik büyüme ve çevre kirliliği arasındaki ilişkiyi inceleyen en popüler teorilerden biri, gelir artışı ile çevresel bozulma arasında ters-U şeklinde bir ilişki olduğunu iddia etmektedir. Hipotez, ilk aşamada ekonomik büyümenin artmasıyla birlikte çevre kirliliğinin arttığını ve daha sonra ekonomik büyümenin belirli bir dönüm noktasından sonra çevre kirliliğini azalttığını varsayımına dayanmaktadır (Dinda, 2004: 431). Grossman ve Krueger (1991), Panayotou (1993) ve Selden ve Song (1994) öncü çalışmalarını takiben, ÇKE hipotezi literatürdeki birçok çalışmada test edilmiştir. Milli gelir ile çevre kirliliği arasındaki bu ters-U şeklindeki ilişkiyi açıklamak için modellerde kullanılan değişkenler çalışmalar arasında farklılık göstermektedir. ÇKE hipotezinin geçerliliğinin test edildiği ilk çalışmalarda sadece ekonomik büyüme ile çevre kirliliği arasındaki ilişki analiz edilirken, daha sonraki çalışmalarda modele ekonomik büyümenin yanında bağımsız değişken olarak toplam enerji tüketimi, ticari açıklık oranı, kentleşme, nüfus, yenilenemez enerji tüketimi ve yenilenebilir enerji tüketimi gibi çevresel bozulmayı etkilemesi muhtemel değişkenler eklenmiştir.

ÇKE hipotezinin geçerliliğini inceleyen çalışmalarda çoğunlukla ekonomik büyümenin yanında toplam enerji tüketiminin çevre kirliliği üzerindeki etkisi incelenmiştir. Son dönemde yenilenebilir enerji tüketiminin etkisini de inceleyen çalışmaların sayısı artmaktadır. Bölük ve Mert (2014) 16 Avrupa Birliği ülkesi için 1990-2008 yıllarını kapsayan dönemde yenilenebilir enerji tüketiminin, fosil enerji tüketiminin ve ekonomik büyümenin CO₂ emisyonu üzerindeki etkisini araştırdıkları çalışmalarında yenilenebilir enerjinin CO₂ emisyonunu artırdığı ama fosil yakıtlara göre daha az bir etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Bento ve Moutinho (2016) yenilenebilir ve yenilenemez elektrik üretimi, ekonomik büyüme, uluslararası ticaret ve CO₂ emisyonu ilişkisini, İtalya için 1960-2011 periyodu için araştırdıkları çalışmalarında yenilenebilir elektrik üretiminin CO₂ emisyonunu azalttığı ve ÇKE hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Bilgili vd. (2016) 17 OECD ülkesi için 1977-2010 yıllarını kapsayan dönem için yenilenebilir enerji tüketimi, GSYH, GSYH'nin karesi ve CO₂ emisyonu ilişkisini test ettiler. Analiz sonucuna göre, yenilenebilir enerji tüketimi karbon emisyonunu azaltmakta ve ters-U şeklindeki ÇKE hipotezi bu ülke grubu için geçerlidir.

Dong vd. (2017) BRICS ülkeleri için 1985-2016 yılları arasında yenilenebilir enerji tüketiminin, doğal gaz tüketiminin, kişi başı GSYH'nin ve kişi başı GSYH'nin karesinin CO₂ emisyonu üzerindeki etkisini incelemişler ve yenilenebilir enerji tüketiminin karbon emisyonunu azalttığı ve ÇKE hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Paramati vd. (2017) G20 ülkeleri için 1991-2012 yılları arasında yenilenebilir enerji tüketimi, yenilenemez enerji tüketimi, ekonomik büyüme, nüfus ve CO₂ emisyonu ilişkisini analiz etmişler ve yenilenebilir enerji tüketiminin emisyonu azalttığı sonucuna varmışlardır. Bhattacharya vd. (2017) çalışmasında yenilenemez ve yenilenebilir enerji tüketimi, kurumsal kalite, ekonomik büyüme ve CO₂ emisyonu ilişkisi 1991-2012 yıllarını kapsayan dönemde 85 gelişmiş ve gelişmekte olan ülke grubu için test

edilmiştir. Yenilenebilir enerji tüketiminin karbon emisyonunu azalttığı sonucu doğrulanmıştır. Dogan ve Ozturk (2017) çalışmasında 1980-2014 periyodu için yenilenebilir enerji tüketimi, yenilenemez enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve CO₂ emisyonu ilişkisini ABD için ÇKE hipotezi modeli kapsamında incelemişlerdir. Analiz sonuçlarına göre, yenilenebilir enerji tüketimi karbon emisyonunu azaltmakta ve ÇKE hipotezi ABD için geçerli olmadığı görülmektedir. Sinha ve Shahbaz (2018) Hindistan için 1971-2015 yıllarını kapsayan dönem için yenilenebilir enerji üretiminin CO₂ emisyonu üzerindeki etkisini ÇKE hipotezi modeli aracılığı ile araştırmışlardır. Yenilenebilir enerji üretiminin CO₂ emisyonunu azaltmada önemli bir etkiye sahip olduğu ve ters U şeklindeki ÇKE hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Inglesi-Lotz ve Dogan (2018) yenilenebilir elektrik üretimi, yenilenemez elektrik üretimi, GSYH, GSYH'nin karesi, dışa açıklık oranı ve CO₂ emisyonu ilişkisi, 1980-2011 yıllarını kapsayan dönemde Sahra Altı Afrika'nın 10 büyük elektrik üreticisi ülkesi için analiz etmişlerdir. DOLS katsayı tahmincisi sonuçlarına göre yenilenebilir enerjinin CO₂ emisyonunu azalttığı ve ÇKE hipotezinin geçerli olmadığı gözlemlenmiştir. Destek vd. (2018) çalışmasında yenilenemez ve yenilenebilir enerji tüketimi, ekonomik büyüme, ticari açıklık oranı ve ekolojik ayak izi ilişkisini AB ülkeleri için 1980-2013 yıllarını kapsayan dönem için açıklamaya çalışmışlardır. Analiz sonuçları, yenilenebilir enerji tüketiminin ekolojik ayak izini azalttığını ve ÇKE hipotezinin geçersiz olduğunu göstermiştir. Chen vd. (2019) çalışmasında yenilenemez ve yenilenebilir enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve CO₂ ilişkisini 1980-2014 yılları arasında Çin için açıklamaya çalışmışlardır. ARDL sınır testi sonuçlarına göre, yenilenebilir enerji tüketimi CO₂ emisyonunu azaltmakta ve ÇKE hipotezi geçerlidir.

Ekonomik faaliyetlerin çevresel etkilerinin daha iyi analiz edilebilmesi için sektörel etkilerin incelenmesi önemlidir. Bazı çalışmalarda tarım sektörünün çevre kirliliği üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. Waheed vd. (2017) çalışmasında yenilenebilir enerji tüketimi, tarım üretimi, ormanlık alan ve CO₂ emisyonu ilişkisi, 1990-2014 yıllarını kapsayan dönem için Pakistan için açıklanmaya çalışılmış ve yenilenebilir enerji tüketimi ve ormanlık alanın emisyonu azaltabileceği sonucuna ulaşılrken, tarımsal üretiminin istatistiksel olarak bir etkisinin olmadığı gözlemlenmiştir. Jebli ve Youssef (2017) Tunus için 1980-2011 yıllarını kapsayan dönem için yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimi, ekonomik büyüme, ticari açıklık oranı, tarım ve karbondioksit emisyonu ilişkisini araştırdıkları çalışmada, yenilenebilir enerji tüketimi karbon emisyonunu azaltırken tarımın emisyonu artırdığı görülmektedir. Ayrıca ÇKE hipotezinin varlığı desteklenememiştir. Jebli ve Youssef (2017) Kuzey Afrika ülkelerinde tarım sektörünün, yenilenebilir enerji tüketiminin ve ekonomik büyümenin CO₂ emisyonuna etkisini, 1980-2011 periyodu için test ettikleri çalışmalarında yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme karbon emisyonunu artırırken, tarım karbon emisyonunu azaltmaktadır. Liu vd. (2017) çalışmasında, ASEAN ülkeleri için 1970-2013 yıllarını kapsayan dönem için yenilenebilir ve

yenilenemez enerji tüketiminin, GSYH'nin, GSYH'nin karesinin ve tarımsal katma değer CO₂ emisyonuna etkisini analiz etmişlerdir. Analiz sonuçları, yenilenebilir enerji tüketimi ve tarımsal katma değer karbon emisyonunu azaltmaktadır. Ayrıca, ASEAN ülkelerinde bu dönem için ÇKE hipotezi geçerli değildir.

Türkiye'de yenilenebilir enerji tüketiminin çevresel bozulma üzerindeki etkisini çevresel Kuznets eğrisi hipotezi modelini kullanarak analiz eden çok az çalışma olduğu görülmektedir. Örneğin; Bölük ve Mert (2015) çalışmalarında Türkiye için 1961-2010 yıllarını kapsayan dönemde yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi, GSYH, GSYH'nin karesi ve CO₂ emisyonu ilişkisi ARDL sınır testi yöntemi kullanılarak incelenmiş ve analiz sonucunda yenilenebilir enerji üretiminin karbon emisyonunu azalttığı ve ÇKE hipotezinin geçerli olduğu görülmektedir. Pata (2018) çalışmasında toplam yenilenebilir enerji tüketimi, hidroelektrik enerji tüketimi, alternatif enerji tüketimi, finansal kalkınma, kentleşme, ekonomik büyüme ve CO₂ emisyonu ilişkisini Türkiye için 1974-2014 yıllarını kapsayan dönem için ÇKE hipotezi bağlamında analiz etmiştir. Zaman serisi analizi sonuçları, Türkiye'de yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ emisyonu üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak anlamsız olduğunu ve ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu göstermiştir. Bu çalışmalara bakıldığında Türkiye için tarım sektörü ve yenilenebilir enerji tüketiminin çevre kirliliği üzerindeki etkisini inceleyen bir çalışma olmadığı görülmektedir. Bu çalışma, literatürdeki bu açığı kapatmak için diğer değişkenlerin yanında tarım sektörünün çevresel etkilerini analiz etmeyi amaçlamaktadır.

3. Veri Seti ve Yöntem

Türkiye'de tarım sektörü, yenilenemez ve yenilenebilir enerji tüketimi, ekonomik büyüme, kentleşme oranı, ticari serbestleşme ve CO₂ emisyonu ilişkisinin araştırıldığı çalışmada, 1968-2014 yıllarını kapsayan dönem için yıllık veriler kullanılmıştır. Bu çalışmada, Ang (2007), Jebli ve Youssef (2017) ve Liu vd. (2017) çalışmalarını takiben kuadratik ÇKE hipotezi modelinden faydalanılmıştır. Çalışmada kullanılan serilerin doğal logaritmaları alındıktan sonra aşağıdaki gibi formüle edilmiştir:

$$\ln CO_t = \alpha_0 + \alpha_1 \ln AGR_t + \alpha_2 \ln GDP_t + \alpha_3 \ln GDPK_t + \alpha_4 \ln NREN_t + \alpha_5 \ln REN_t + \alpha_6 \ln TR_t + \alpha_7 \ln URB_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

Burada CO_t kişi başı karbondioksit emisyonunu (metrik ton cinsinden), AGR_t kişi başı reel tarımsal katma değeri (2010 yılı ABD doları cinsinden), GDP_t kişi başı reel GSYH'yi (2010 yılı ABD doları cinsinden), $GDPK_t$ kişi başı reel GSYH'nin karesini 2010 yılı ABD doları cinsinden, $NREN_t$ kişi başı yenilenemez enerji tüketimini (kömür, petrol ve doğal gaz tüketimi toplamı) (metrik ton cinsinden), REN_t kişi yenilenebilir enerji tüketimini (hidroelektrik, rüzgar, güneş ve biyokütle enerji toplamı) (metrik ton cinsinden), TR_t ticari açıklık oranını (mal ve hizmet ihracat ve ithalatının GSYH'deki payı) ve URB_t kentleşme oranını (kentte

yaşayan nüfusun toplam nüfusa oranı) temsil etmektedir. Yenilenemez ve yenilenebilir enerji tüketimi verileri BP (2018) veri tabanından elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan diğer veriler ise Dünya Bankası World Development Indicators (WDI) veri tabanından elde edilmiştir.

3.1. Birim Kök Testi

Herhangi bir eşbütünleşme analizine başlamadan önce, veri serilerin durağanlık özelliklerinin belirlenmesi amacıyla çeşitli birim kök testleri kullanılmaktadır. Enerji ekonomisi alanındaki birçok çalışmada durağanlık özelliklerinin belirlenmesi için ADF, Phillips-Perron ve KPSS testleri gibi geleneksel testler kullanılmıştır. Bu geleneksel birim kök testleri, durağanlık sonuçları üzerinde önemli bir etkiye sahip olan zaman serilerindeki bir yapısal kırılmaya izin vermemektedir. Serilerdeki yapısal kırılmaların göz ardı edilmesi sapmalı sonuçlara sebep olabilmektedir (Perron, 1989: 1363). Bu yüzden bu çalışmada serilerin durağanlık analizini yapmak için bir yapısal kırılmaya izin veren Zivot ve Andrews (1992) birim kök testi kullanılmıştır. Bu prosedür, serilerin hem düzeyde (Model A), hem eğimde (Model B), veya hem düzeyde hem de eğimde yapısal bir kırılmayla birlikte birim köklü olduğu sıfır hipotezini test eder. Zivot ve Andrews regresyon denklemleri ADF birim kök testininkine benzer, ancak farklı olarak bu denklemler DU_t ve DT_t terimlerini içermektedir. DU_t düzeydeki kırılma için kukla değişkeni, DT_t ise trenddeki kırılma için kukla değişkeni ifade etmektedir.

$$\Delta y_t = c + \alpha y_{t-1} + \beta_t + \gamma DU_t + \sum_{j=1}^k d_j \Delta y_{t-j} + u_t \quad (\text{Model A}) \quad (2)$$

$$\Delta y_t = c + \alpha y_{t-1} + \beta_t + \vartheta DT_t + \sum_{j=1}^k d_j \Delta y_{t-j} + u_t \quad (\text{Model B}) \quad (3)$$

$$\Delta y_t = c + \alpha y_{t-1} + \beta_t + \gamma DU + \vartheta DT_t + \sum_{j=1}^k d_j \Delta y_{t-j} + u_t \quad (\text{Model C}) \quad (4)$$

3.2. Eşbütünleşme Testi

Ekonomik büyüme, tarımsal katma değer, yenilenemez ve yenilenebilir enerji tüketimi, kentleşme oranı, dışa açıklık oranı ve karbon emisyonu arasındaki uzun dönemli ilişkiyi analiz etmek için, Pesaran ve Shin (1998) ve Pesaran vd. (2001) tarafından önerilen ARDL sınır testi yaklaşımından faydalanılmıştır. ARDL modeli, Engle ve Granger (1987) ve Johansen ve Juselius (1990) tarafından geliştirilen diğer eşbütünleşme yöntemlerine kıyasla birkaç avantaja sahiptir. Pesaran vd. (2001)'e göre, ARDL modeli açıklayıcı değişkenler birim kök içersin ya da durağan olsun uzun dönemli ilişkileri analiz etmek için kullanılabilir. Ayrıca, ARDL testinin küçük örneklerde daha iyi sonuç vermesi ve içsellik sorununa karşı tutarlı sonuçlar vermesi de diğer avantajları olarak sayılabilir. Çalışmada, bağımlı değişkenin Zivot ve Andrews birim kök testi sonucu elde edilen kırılma tarihi de ARDL modeline dâhil edilmiştir. Bu doğrultuda, ARDL sınır testi denklemi aşağıdaki gibidir:

$$\begin{aligned}
\Delta \ln CO_t = & \psi + \eta_0 \ln CO_{t-1} + \eta_1 \ln AGR_{t-1} + \eta_2 \ln GDP_{t-1} + \eta_3 \ln GDP^2_{t-1} + \\
& \eta_4 \ln NREN_{t-1} + \\
& \eta_5 \ln NREN_{t-1} + \eta_6 \ln TR_{t-1} + \\
& \eta_7 \ln URB_{t-1} + \eta_{DUM73} + \sum_{j=1}^q \beta_{1j} \Delta \ln CO_{t-j} + \sum_{j=0}^q \beta_{2j} \Delta \ln AGR_{t-j} + \\
& \sum_{j=0}^q \beta_{3j} \Delta \ln GDP_{t-j} + \sum_{j=0}^q \beta_{4j} \Delta \ln GDP^2_{t-j} + \sum_{j=0}^q \beta_{5j} \Delta \ln NREN_{t-j} + \\
& \sum_{j=0}^q \beta_{6j} \Delta \ln NREN_{t-j} + \sum_{j=0}^q \beta_{7j} \Delta \ln REN_{t-j} + \sum_{j=0}^q \beta_{8j} \Delta \ln TR_{t-j} + \\
& \sum_{j=0}^q \beta_{9j} \Delta \ln URB_{t-j} + \varepsilon_t
\end{aligned} \tag{5}$$

Denklemler 4'te, ψ ifadesi sabit terimi, q gecikme sayısını, Δ fark alma işlemini ve η_{DUM73} ise bağımlı değişken için bulunan kırılma tarihi için kullanılan kukla değişkenini temsil etmektedir. Karbondioksit emisyonu, ekonomik büyüme, tarım sektörü, yenilenemez ve yenilenebilir enerji tüketimi, ticari serbestleşme ve kentleşme arasındaki uzun dönemli denge ilişkisini tespit etmek için değişkenlerin gecikmeli değerlerinin katsayılarının alt kümesinin ortak önemini test ederek F testi kullanılmıştır.

4. Ampirik Bulgular

Ekonomik büyümenin, tarımsal katma değer, yenilenemez ve yenilenebilir enerji tüketiminin, kentleşmenin ve ticari serbestleşmenin CO₂ emisyonu üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmada öncelikle serilerin durağanlık süreçleri analiz edilmiştir. Çalışmada, serilerdeki olası yapısal kırılmaları tespit eden Zivot ve Andrews (1992) birim kök testi kullanılmıştır. Bir yapısal kırılmalı birim kök testi sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Zivot ve Andrews Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	t istatistiği	Kırılma tarihi
lnCO	-3.417	1973
lnAGR	-3.778	2002
lnGDP	-3.321	2002
lnNREN	-3.479	1973
lnREN	-3.699	1989
lnURB	-4.085	1990
lnTR	-3.027	1985
$\Delta \ln CO$	-6.661***	
$\Delta \ln AGR$	-6.525***	
$\Delta \ln GDP$	-6.542***	
$\Delta \ln NREN$	-6.921***	
$\Delta \ln REN$	-7.453***	
$\Delta \ln URB$	-4.576**	
$\Delta \ln TR$	-5.962***	

Not: ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 düzeyinde istatistiksel anlamlılığı temsil etmektedir.

Zivot ve Andrews (1992) birim kök testi sonuçlarına göre, serilerin düzey değerlerinde birim kök içerdiği görülmektedir. Diğer yandan, serilerin fark değeri alındığında bir yapısal kırılma altında birim kök içerdiğini ifade eden boş hipotezin reddedildiği sonucuna ulaşılmıştır. Bir yapısal kırılmaya izin veren birim kök testi sonuçlarına göre, serilerin I(1) düzeyinde bütünleşik olduğu görülmektedir. Bu durum seriler arasında eşbütünleşme ilişkisinin analiz edilebilmesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca, Tablo 1’de yer alan bağımlı değişkenin kırılma tarihi kukla değişken olarak modele dâhil edilmiştir

Durağanlık ön analizinden sonra, ARDL sınır testi yaklaşımının olası eşbütünleşme ilişkisinin tespiti için uygun olduğunu söylemek mümkündür. Analize dâhil edilen tüm değişkenler birinci farkta durağan I(1) olduğu için ARDL sınır testi kullanılmıştır. Değişkenlerin bütünleşme düzeyleri belirlendikten sonra, ARDL modelinin optimum gecikme uzunluğu Akaike bilgi kriterine göre seçilmiştir. Tablo 2’de ARDL sınır testi sonuçları verilmiştir. Test sonuçlarına göre, çalışmada analiz edilen model için hesaplanan F istatistiği %5 anlamlılık düzeyinde I(1) üst bandındaki kritik değerden büyük olduğu için modelde kullanılan değişkenler arasında eş bütünleşme ilişkisinin varlığı ispatlanmıştır.

Tablo 2: Sınır Testi Sonuçları

Model	Optimum gecikme uzunluğu	Kırılma tarihi	F-istatistiği
$CO = f(AGR, GDP, GDP2, NREN, REN, TR, URB)$	(1, 3, 1, 0, 0, 0, 0, 0)	1973	3.122**
Kritik değerler			
	%1	%5	%10
I(0)	2.62	2.11	1.85
I(1)	3.77	3.11	2.85

Not: ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 düzeyinde istatistiksel anlamlılığı temsil etmektedir.

Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin varlığı doğrulandıktan sonra bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki kısa dönem ve uzun dönem etkisini gösteren ARDL katsayı sonuçları ve bu kısa dönem ve uzun dönem katsayılarının istatistiki olarak sağlamlığını gösteren teşhis testleri sonuçları Tablo 3’te gösterilmektedir. Teşhis testi sonuçları, incelenen modelde hata terimlerinin normal dağılıma sahip olduğunu, hata terimlerinin sabit varyans varsayımını sağladığını, doğru fonksiyonel formun kullanıldığını ve otokorelasyon sorununun olmadığını göstermektedir. Ayrıca, Şekil 1 katsayılarının istikrarlı olup olmadığını gösteren CUSUM ve CUSUMQ testlerini göstermektedir. Bu sonuçlara göre katsayılarının incelenen dönemde istikrarlı oldukları gözlemlenmektedir.

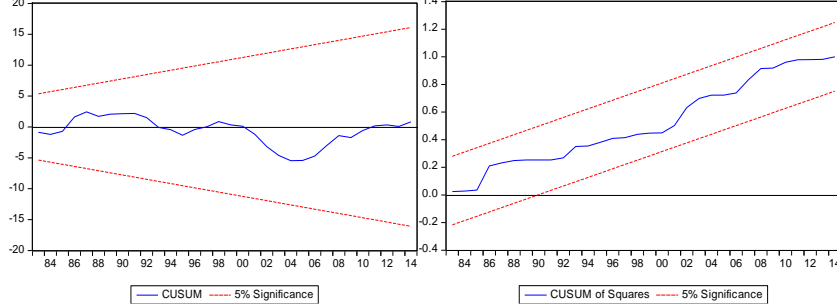
Tablo 3: ARDL Katsayı Tahmini Sonuçları

Değişkenler	Katsayı	Olasılık değeri
Kısa dönem		
lnAGR	0.223*	0.054
lnGDP	11.057***	0.000
lnGDP2	-0.597***	0.000
lnNREN	0.715***	0.000
lnREN	-0.038**	0.042
lnTR	0.049**	0.019
lnURB	0.450*	0.088
DUM ₇₃	0.003	0.866
ECT(-1)	-1.057***	0.000
Uzun dönem		
lnAGR	0.957***	0.000
lnGDP	9.630***	0.001
lnGDP2	-0.531***	0.001
lnNREN	0.639***	0.000
lnREN	-0.026	0.105
lnTR	0.056**	0.022
lnURB	0.353**	0.016
DUM ₇₃	-0.023	0.253
Teşhis testleri		
Serial	0.034	0.966
Normality	1.533	0.464
Ramsey	0.023	0.880
ARCH	0.708	0.404
CUSUM	İstikrarlı	İstikrarlı
CUSUMQ	İstikrarlı	İstikrarlı

Not: ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 düzeyinde istatistiksel anlamlılığı temsil etmektedir.

Modelde kullanılan bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki etkilerini gösteren kısa dönem ve uzun dönem katsayılarının istatistiki olarak sağlamlığını gösteren ön testlerin, gerekli varsayımları sağladığını doğruladıktan sonra Tablo 3'te verilen ARDL kısa ve uzun dönem katsayılarını yorumlayabiliriz. ARDL kısa dönem sonuçlarına göre, tarım sektörünün, ekonomik büyümenin, yenilenemez enerji tüketiminin, ticari serbestleşmenin ve kentleşmenin CO₂ emisyonunu artırdığı görülmektedir. Diğer yandan, kısa dönemde yenilenebilir enerji tüketiminin karbon emisyonunu azalttığı sonucuna ulaşılmıştır. Uzun dönem sonuçları incelendiğinde, benzer şekilde tarımsal katma değer, ekonomik büyümenin, yenilenemez enerji tüketiminin, dışa açıklık oranının ve kentleşmenin karbondioksit emisyonunu artırdığı görülmektedir.

Şekil 1: CUSUM ve CUSUMQ Testi Sonuçları



Bununla birlikte, ekonomik büyüme ile çevre kirliliği arasındaki ters-U şeklindeki bir ilişkinin varlığını iddia eden ÇKE hipotezinin geçerli olduğu sonucuna da ulaşılmıştır. Kısa dönemde karbon emisyonunu azaltıcı bir etkiye sahip olan yenilenebilir enerji tüketiminin, uzun dönemde istatistiki olarak anlamsız olduğu görülmektedir. Modele bağımlı değişkenin kırılma yılı olarak dâhil edilen kukla değişkeninin ise hem kısa dönemde hem de uzun dönemde istatistiksel olarak anlamsız olduğu sonucuna varılmıştır.

5. Sonuç

Bu çalışmada ARDL sınır testi yaklaşımı kullanılarak, 1968-2014 yıllarını kapsayan dönem için Türkiye’de tarım sektörünün, ekonomik büyümenin, yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketiminin, ticari serbestleşmenin ve kentleşmenin CO₂ emisyonu üzerindeki etkisinin açıklanması hedeflenmektedir. Ayrıca ÇKE hipotezinin geçerliliği test edilmiştir. Çalışmada serilerdeki olası bir yapısal kırılmayı göz ardı etmemek için durağanlık analizi, içsel olarak bir yapısal kırılmaya izin veren Zivot ve Andrews (1992) birim kök testi kullanılarak yapılmıştır. Birim kök testi sonucu bağımlı değişken için elde edilen yapısal kırılma tarihi kukla değişken olarak modele dâhil edilmiş ve etkileri incelenmiştir.

Analiz sonuçları incelendiğinde serilerin I(1) düzeyinde bütünleşik olduğu ve daha sonra yapılan ARDL sınır testi sonuçlarına göre seriler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığı doğrulanmıştır. ARDL kısa dönem ve uzun dönem katsayı tahmini sonuçlarına göre, tarım sektörünün hem kısa hem de uzun dönemde CO₂ emisyonunu artırıcı bir etkisinin olduğu görülmektedir. Benzer şekilde, yenilenemez enerji tüketimi, ticari serbestleşme ve kentleşmenin hem kısa hem de uzun dönemde çevre kirliliği göstergesi olarak kullanılan karbondioksit emisyonunu artırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Diğer yandan, yenilenebilir enerji tüketimi kısa dönemde karbon emisyonunu azaltıcı bir etkiye sahipken uzun dönemde katsayısının negatif ama istatistiki olarak anlamsız olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum, Türkiye’de yenilenebilir enerji kullanımının uzun dönemde optimum düzeye ulaşmadığı şeklinde yorumlanabilir. Bağımlı değişkenin kırılma tarihi olan 1973 yılı için kullanılan kukla değişkeninin hem kısa hem de uzun dönemde istatistiksel olarak etkisiz olduğu görülmektedir. Ayrıca, ekonomik büyüme ile çevre kirliliği arasındaki ters-U şeklindeki ilişkiyi analiz

etmek için modele dâhil edilen kişi başı reel GSYH'nin ve karesinin katsayıları incelendiğinde, ÇKE hipotezinin geçerli olduğu doğrulanmıştır.

Elde edilen bulgular ışığında, hükümetin sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda küresel ısınma ve iklim değişikliği sorunlarıyla etkin mücadele edebilmesi ve enerjide dışa bağımlılığı azaltabilmesi için yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırımları artırması ve özel sektörü daha fazla yatırım için teşvik edecek politikalar oluşturması gerekmektedir. Türkiye'de tarım sektörünün küresel ısınmayı artırıcı etkisini azaltabilmek için hükümetin tarım sektöründe çevre dostu politikalar uygulaması gerekmektedir. Hükümetin, Bayrakçı ve Koçar (2012) çalışmasında bahsedilen tarımsal faaliyetlerde güneş, jeotermal ve rüzgâr enerjisinden faydalanılması konusunda çiftçileri yönlendirmesi ve teşvik etmesi gerekmektedir. Ayrıca, kentleşmenin çevre üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için çevre dostu kentleşme planları hazırlayıp, kentlerde yenilenebilir enerji tüketimini teşvik eden politikalar izlemelidir.

Kaynakça

- Bayrakçı, A. G. ve Koçar, G. (2012). Utilization of renewable energies in Turkey's agriculture. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 618-633.
- Ben Jebli, M. ve Ben Youssef, S. (2017). Renewable energy consumption and agriculture: evidence for cointegration and Granger causality for Tunisian economy. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 24(2), 149-158.
- Bento, J. P. C. ve Moutinho, V. (2016). CO2 emissions, non-renewable and renewable electricity production, economic growth, and international trade in Italy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55, 142-155.
- Bhattacharya, M., Churchill, S. A. ve Paramati, S. R. (2017). The dynamic impact of renewable energy and institutions on economic output and CO2 emissions across regions. *Renewable Energy*, 111, 157-167.
- Bilgili, F., Koçak, E. ve Bulut, Ü. (2016). The dynamic impact of renewable energy consumption on CO2 emissions: a revisited Environmental Kuznets Curve approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 838-845.
- Bölük, G. ve Mert, M. (2014). Fossil & renewable energy consumption, GHGs (greenhouse gases) and economic growth: Evidence from a panel of EU (European Union) countries. *Energy*, 74, 439-446.
- Bölük, G. ve Mert, M. (2015). The renewable energy, growth and environmental Kuznets curve in Turkey: An ARDL approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 587-595.
- BP. (2018). Statistical Review of World Energy. London, UK.

- Chen, Y., Wang, Z. ve Zhong, Z. (2019). CO2 emissions, economic growth, renewable and non-renewable energy production and foreign trade in China. *Renewable Energy*, 131, 208-216.
- Destek, M. A., Ulucak, R. ve Dogan, E. (2018). Analyzing the environmental Kuznets curve for the EU countries: the role of ecological footprint. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(29), 29387-29396.
- Dogan, E. ve Ozturk, I. (2017). The influence of renewable and non-renewable energy consumption and real income on CO2 emissions in the USA: evidence from structural break tests. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(11), 10846-10854.
- Dong, K., Sun, R. ve Hochman, G. (2017). Do natural gas and renewable energy consumption lead to less CO2 emission? Empirical evidence from a panel of BRICS countries. *Energy*, 141, 1466-1478.
- Engle, R. F. ve Granger, C. W. (1987). Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 251-276.
- Inglesi-Lotz, R. ve Dogan, E. (2018). The role of renewable versus non-renewable energy to the level of CO2 emissions a panel analysis of sub-Saharan Africa's Big 10 electricity generators. *Renewable Energy*, 123, 36-43.
- Invest in Turkey. (2019). Turkish Agri-Food Industry outlook. Erişim Adresi <https://www.invest.gov.tr/en/publications/lists/investpublications/agrofood-industry.pdf>
- IPCC. (2014). Working Group III contribution to the IPCC Fifth Assessment Report. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/>.
- Jebli, M. B. ve Youssef, S. B. (2017). The role of renewable energy and agriculture in reducing CO2 emissions: Evidence for North Africa countries. *Ecological Indicators*, 74, 295-301.
- Johansen, S. ve Juselius, K. (1990). *Some structural hypotheses in a multivariate cointegration analysis of the purchasing power parity and the uncovered interest parity for UK* (No. 90-05).
- Liu, X., Zhang, S. ve Bae, J. (2017). The impact of renewable energy and agriculture on carbon dioxide emissions: investigating the environmental Kuznets curve in four selected ASEAN countries. *Journal of Cleaner Production*, 164, 1239-1247.
- Paramati, S. R., Mo, D. ve Gupta, R. (2017). The effects of stock market growth and renewable energy use on CO2 emissions: evidence from G20 countries. *Energy Economics*, 66, 360-371.

- Pata, U. K. (2018). Renewable energy consumption, urbanization, financial development, income and CO2 emissions in Turkey: testing EKC hypothesis with structural breaks. *Journal of Cleaner Production*, 187, 770-779.
- Perron, P. (1989). The great crash, the oil price shock, and the unit root hypothesis. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1361-1401.
- Pesaran, M. H., & Shin, Y. (1998). An autoregressive distributed-lag modelling approach to cointegration analysis. *Econometric Society Monographs*, 31, 371-413.
- Pesaran, M. H., Shin, Y. ve Smith, R. J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289-326.
- Reynolds, L. ve Wenzlau, S. (2012). Climate-Friendly Agriculture and Renewable Energy: Working Hand-in-Hand toward Climate Mitigation. *Worldwatch Institute. ed.*
- Sinha, A. ve Shahbaz, M. (2018). Estimation of Environmental Kuznets Curve for CO2 emission: Role of renewable energy generation in India. *Renewable energy*, 119, 703-711.
- Waheed, R., Chang, D., Sarwar, S., & Chen, W. (2018). Forest, agriculture, renewable energy, and CO2 emission. *Journal of Cleaner Production*, 172, 4231-4238.
- WDI .(2018). World Development Indicators, World Bank.
- Zivot, E. ve Andrews, D. W. K. (2002). Further evidence on the great crash, the oil-price shock, and the unit-root hypothesis. *Journal of Business & Economic Statistics*, 20(1), 25-44.