

Türkiye'de Ekonomik Büyüme ve Petrol Fiyatının Karbon Emisyonu Üzerine Asimetrik Etkisi

Asymmetric Effect of Economic Growth and Oil Price on Carbon Emission in Turkey

Dr. Duygu Serin Oktay (Çukurova University, Turkey)

Abstract

Today, one of the most important global problems is the phenomenon of climate change. The main reason for this phenomenon is that all the energy required for production and consumption is provided from fossil fuels instead of renewable energy sources. The widespread use of fossil fuels increases carbon emissions intensity. Due to the importance of carbon emissions, it is aimed to determine the asymmetric effect of economic growth and oil price on carbon emissions in Turkey. For this purpose, the long and short-term effects of per capita income and oil price on carbon emissions are analyzed using the nonlinear ARDL cointegration method between 1987-2019. The findings support the Environmental Kuznets Curve hypothesis for the relationship between carbon emissions and per capita income for Turkey. In addition, it has been determined that there is a significant and asymmetrical effect between oil prices and carbon emissions in the long run. While the increase in the oil price tends to decrease carbon emission, the decrease in the oil price leads to increase in carbon emission in the long term. In line with these results, economic growth and energy policies are critical in reducing environmental problems caused by carbon emissions in Turkey. Namely, it is necessary to implement environmental policies that support economic growth to reduce the impact of environmental degradation in Turkey. Especially renewable energy consumption should be increased for sustainable growth. Therefore, research on renewable energy should be encouraged and it is important to implement training activities required for technology production.

1 Giriş

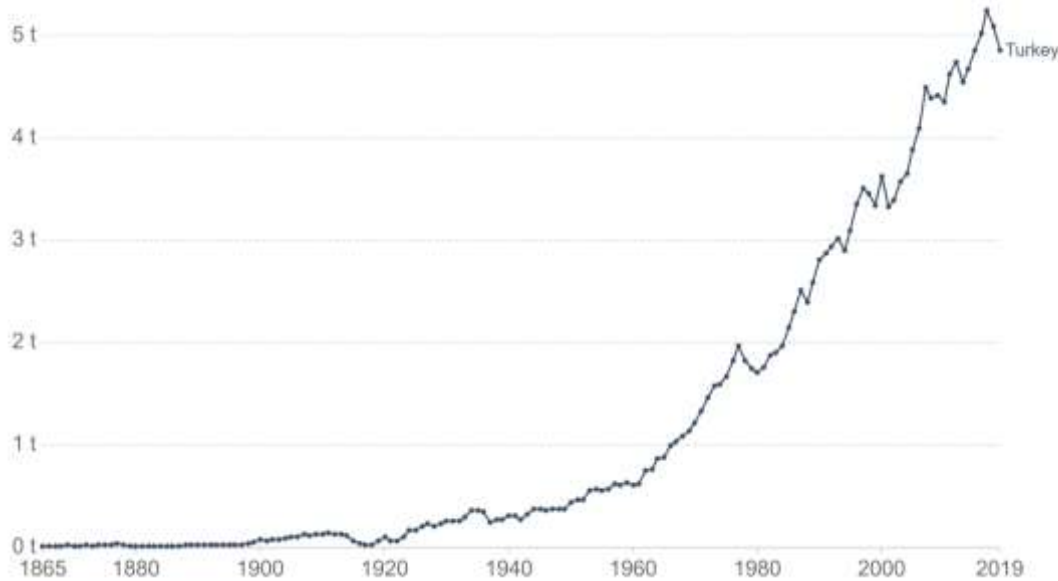
İklim değişikliği insanlığın karşı karşıya olduğu en büyük zorluklardan biridir. Çünkü iklim değişikliği karbon emisyonuna bağlı olarak dünya sıcaklığındaki artış nedeniyle ortaya çıkan önemli bir küresel sorundur (Stocker, 2014). İklim değişikliğinin önemi ve uluslararası bir olgu olarak kabul edilmesi Fransa'da 2016 yılında neredeyse tüm dünya liderlerinin Birleşmiş Milletler Sözleşmesi çatısı altında sera gazlarının azaltılması için Paris Anlaşması'nı imzalanması ile önem kazanmıştır. Bunun nedeni iklim değişikliğinin ülkeler, topluluklar ve bireyler üzerinde yıkıcı etkileri olabilmesidir. Bu nedenle, araştırmalar sürdürülebilir kalkınmanın başarılı olması, küresel ısınmanın azaltılması, çevresel kalitenin iyileştirilmesi ve gerekli önlem ve politikaları geliştirmek için CO₂ emisyonlarının etkisine odaklanmıştır. (Stern, 2015). Enerji böyle bir hedefe ulaşmada önemli bir belirleyici olduğundan, ekonomik büyümenin desteklenmesi söz konusu olduğunda durum daha da değişmektedir. Dünya iklim değişikliğinin etkisini azaltmayı hedeflese de, somut bir değişiklik getirmek, gelişmekte olan ülkelerin çoğunda önemli miktarda kaynak ve fon gerektirmektedir (Levinson ve Taylor, 2008).

Ekonomik büyümenin çevresel etkisi, Grossman ve Krueger (1991) tarafından ifade edilen ve EKC (Çevresel Kuznets Eğrisi) olarak adlandırılan tartışmalı bir varsayıma dayanmaktadır. EKC hipotezi, bir ülkenin ekonomik büyümesi ile sera gazı emisyonları arasında ters U şeklinde bir ilişki olduğu sonucuna ulaşmıştır. Ayrıca bir ülkede ekonomik büyüme sürecinin ilk aşamalarında çevresel bozulmanın arttırabileceği, ancak ekonomik büyümenin ilerleyen süreçlerinde daha düşük düzeyde çevresel bozulmaya yol açacağını ifade etmektedir (Rothman, 1998). Diğer bir söylemle, ekonomi belirli bir seviyeye kadar geliştikçe ulusal kirlilik yoğunluğu artmakta ve ülke artan refahını kirlilik yoğunluğunu azaltmak için kullandığında tekrar azalış göstermektedir. EKC hipotezi yalnızca ekonomik hedefleri karşılayan politikaların uygunluğunu değil, aynı zamanda çevresel kaygıları da beraberinde getirdiği için politika yapıcılar arasında önem taşımaktadır (Sato, 2014). Karbon emisyonu ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki nedeniyle politika yapıcılar ve araştırmacılar ekonomik büyümeyi etkilemeden karbon emisyonunu azaltmaya odaklanan uygulamalara büyük ilgi göstermektedir.

Çevresel ve ekonomik kaygılar üzerine inşa edilen bu çalışma, Türkiye'de ham petrol fiyatlarının da dahil edilmesiyse ekonomik büyüme ve karbon emisyonları arasındaki asimetrik bağlantıyı araştırmaktadır. Ekolojik açıdan bakıldığında, ham petrol fiyatı, bu faktörler üzerindeki etkisiyle enerji kullanımını ve çevre kalitesini dolaylı olarak etkileyebilmektedir. Şöyle ki, bu etki daha çok ülkenin net petrol ihraç eden veya ithal eden bir ekonomi olmasına bağlıdır. Bu kapsamda petrol ihraç eden ülkeler, ham petrol fiyatındaki yükseliş ve dolayısıyla gelirlerindeki artış nedeniyle ekonomik faaliyetlerini artırmaktadır (Sturm vd., 2009). Buna bağlı olarak, Nwani (2017), ekonomik faaliyetlerin artmasının daha fazla enerji gerektirdiğini ve bunun da daha yüksek karbon emisyonu anlamına geldiğini belirtmektedir. Bununla birlikte, petrol ithal eden ülkeler için ham petrol fiyatlarındaki herhangi bir düşüş, ülkelerin çevre dostu enerjilere yatırım yapma teşviklerini azaltmakta ve fosil yakıt enerjisi kullanımını artırarak CO₂ emisyonlarına neden olabilmektedir.

Petrol konusunda çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Petrol, fiyat dinamikleri ekonomiyi ve finansal piyasaları etkileyebilecek önemli bir sınırlı kaynak olduğu için araştırmacıların büyük ilgisini çekmiştir. Elektrikli arabaların ve yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi ve savunulmasının yanı sıra iklim hedeflerine yönelik süregelen çabalara rağmen, ham petrol tartışmasız bir şekilde küresel enerji pazarındaki en önemli emtialardan biri olmaya devam etmektedir. Ayrıca, ham petrol fiyatı, en önemli küresel makro göstergelerden biri olmaktadır (Kriskumar ve Naseem, 2019:1). Bu kapsamda çalışma Türkiye'ye odaklanmaktadır. Türkiye, dünyada en fazla karbon emisyon oranına sahip 15. ülkedir. Türkiye'de 2019 yılında kişi başına düşen karbon emisyonu 4.8 ton olmak üzere toplam 405 milyon ton karbon salınımı yapılmıştır (bkz. Şekil 1 ve Şekil 2). Küresel Karbon Bütçesi 2019 yılı raporuna göre, karbon emisyonu 2018 yılına göre azalış göstermesine rağmen, bu azalışın yeterli oranda olmadığı ve Paris Antlaşmasında ifade edilen sıcaklık artışının kontrol altına alınıp 1.5 derecelik sıcaklık artış sınırı için daha yüksek düzeyde karbon emisyonunun azaltılması gerekmektedir. Ayrıca Türkiye küresel düzeyde toplam karbon emisyonunun yalnızca %1.19'luk oranda payı bulursa da, iklim değişikliğinden önemli ölçüde etkilenen ülkelerden biridir. Çünkü iklim değişikliği nedeniyle mevcutta kısıtlı olan su kaynaklarının önemli ölçüde azalmasına, kuraklık ve sel gibi hava olaylarının artmasının yanı sıra buzulların erimesi ve deniz seviyesinin yükselmesi nedeniyle hayvanların, bitkilerin ve ekosistemin doğal sisteminin değişmesi gibi sosyo-ekonomik etkiler yaratarak insanları olumsuz yönde etkilemektedir.

Bu kapsamda çalışma Türkiye için EKC hipotezinin incelenmesi ve uluslararası petrol fiyatındaki bir değişikliğin karbon emisyonu üzerinde etkisinin tespit edilmesini amaçlamaktadır. Bu nedenle, çalışma mevcut literatüre katkı sağlarken aynı zamanda petrol fiyatlarının karbon emisyonu üzerindeki etkileri asimetrik çerçevede analiz etmektedir. Analizde değişkenler arasında asimetrik uzun ve kısa dönemli ilişkiyi incelemek için doğrusal olmayan sınır testi yaklaşımı (NARDL) kullanmıştır. Ampirik sonuçlar çalışmanın değişkenleri arasında eşbütünlüşme ilişkisinin varlığını doğrulamaktadır. NARDL sonuçları, Türkiye'de uzun vadede petrol fiyatındaki artışın karbon emisyonunu azalttığını, petrol fiyatındaki düşüşün ise karbon emisyonunu artırdığını göstermektedir. Ayrıca uzun vadede EKC hipotezini destekleyici bulgular elde edilmiştir. Çalışmanın geri kalanı şu şekildedir: 2. Bölümde literatür taraması, 3. Bölümde model ve metodoloji yer almaktadır. 4. Bölümde analiz sonuçları ve son bölümde ise genel değerlendirme sunulmaktadır.



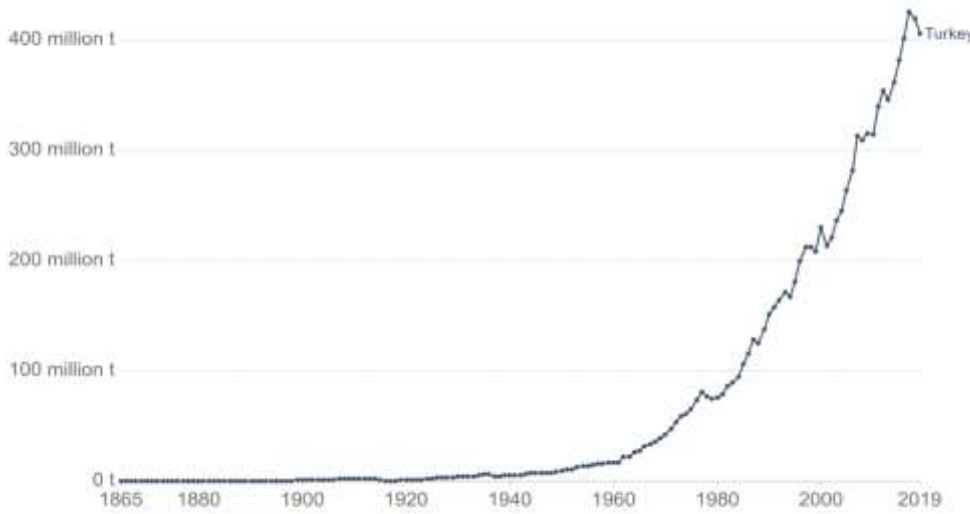
Şekil 1: Kişi Başına CO₂ Emisyonları, 1865-2019 **Kaynak:** World Bank, Our World in Data

2 Teorik Çerçeve ve Ampirik Literatür

Ekonomik büyüme, temel makroekonomik göstergelerden biri olması nedeniyle politika yapıcılar arasında önem taşımaktadır. Bu kapsamda EKC hipotezi ekonomik büyüme ve çevresel bozulma arasındaki bağlantı oldukça tartışmalı bir konudur. Bir çok çalışma EKC hipotezini desteklerken (Grossman ve Krueger, 1995; Baek, 2016; Pata, 2018; Schmalensee vd., 1998; Apergis ve Öztürk, 2015; Usman vd., 2019; Malik vd., 2020), bir kısım çalışma hipotezi incelenen ülke veya ülke grupları kapsamında geçerli bulunmamıştır (Bartlett, 1994; Galeotti vd., 2006, Apergis, 2016; Kang vd., 2016; Balsalobre vd., 2015; Adu ve Denkyirah, 2019). Şöyle ki, birçok literatür çalışması, uzun vadede ekonomik büyüme ve çevre arasındaki ilişkinin ters U şeklinde bir eğri olmadığını, bunun yerine N şeklinde olduğunu tespit etmiştir.

Apergis (2016), 1960-2013 dönemi için hem panel hem de zaman serisi eşbütünlüşme yöntemlerini kullanarak on beş ülke için EKC hipotezini incelemiştir. Böylece EKC hipotezinin geçerliliğini bir ülkenin gelişim aşamasına bağlı olduğunu ileri sürmüştür (Shahbaz vd., 2018). Al-Mulali ve Öztürk (2016), 27 gelişmiş ülke üzerinde

yaptıkları çalışmada EKC hipotezinin geçerliliğini tespit etmiştir. Ancak Özokcu ve Özdemir (2017) 26 gelişmiş ve 52 yükselen ekonomi üzerinde yaptıkları çalışmada ilişkinin N şeklinde olduğunu tespit etmiştir.



Şekil 2: Yıllara göre CO₂ Emisyonları, 1865-2019 Kaynak: World Bank, Our World in Data

Çevresel bozulma olmadan daha yüksek bir ekonomik büyüme düzeyi elde etmek, ülkeler için önemli bir zorluktur, ancak bu zorluk, gelişmekte olan ülkeler için daha karmaşık hale gelmektedir. Enerji tüketimi ekonomik büyüme için önemli bir unsur olduğundan; dolayısıyla ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki olması muhtemeldir. Önemli olan, bir ülkenin enerji çeşitliliğidir. Enerji çeşitliğinde daha yüksek oranda yenilenebilir (temiz) enerjiye sahip ülkeler, karbon emisyonu ile negatif bir ilişkiye sahiptir (Hanif, 2018; Nicolli ve Vona, 2019).

Literatürde petrol fiyatları ile çevresel bozulma arasındaki ilişkiye yönelik çeşitli sonuçlar yer almaktadır. Bazı araştırmalar, ham petrol fiyatlarındaki artışın enerji tüketiminde artışa neden olduğunu ve bunun da daha yüksek CO₂ emisyonuna neden olduğunu ortaya koymaktadır. Örneğin, Nwani (2017), Ekvador için ham petrol fiyatının, enerji tüketiminin ve çeşitli ekonomik göstergelerin uzun vadede CO₂ emisyonlarıyla eş-bütünleşme ilişkisinin olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca, ham petrol fiyatının hem kısa hem de uzun vadede enerji kullanımını ve karbondioksit emisyonlarını pozitif ve anlamlı etkisini ortaya koymaktadır. Diğer taraftan, bazı çalışmalar artan ham petrol fiyatlarının çevre üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu tespit etmiştir (Malik vd., 2020).

Enerji fiyatı, herhangi bir ülkenin ekonomik büyümesinde önemli bir rol oynamaktadır. Ancak petrol fiyatındaki değişim, petrol ihraç eden ülke ile petrol ithal eden ülkeyi farklı şekilde etkilemektedir. Bulgular, petrol ihracatının petrol ihraç eden ülkeler için önemli bir gelir kaynağı olduğunu (Alley, 2016; Hesse vd., 2009; Koh, 2017; Mensah vd., 2019), petrol ithal eden ülkeler için ise önemli bir gider kaynağı olduğunu göstermektedir (Antonakakis vd., 2014; Nasır vd., 2018).

Petrol ithal eden ekonomiler için, ham petrol fiyatındaki bir düşüş, yoğun enerji kullanımı anlamına gelmekte ve bu durum daha yüksek CO₂ emisyonlarına yansımaktadır (Vielle ve Viguier, 2007). Petrol ihraç eden ekonomiler için daha yüksek ham petrol fiyatları, daha yüksek gelirlere yol açmakta ve bu durum ekonomik faaliyetler tarafından üretilen enerji tüketimini artırmaktadır. Böylece daha fazla CO₂ emisyonuna neden olmakta ve çevre kalitesini kötüleştirmektedir (Sturm vd., 2009). Petrol ihraç eden veya ithal eden olsun, temel enerji kaynağı olarak petrole büyük ölçüde bağımlı olan ülkeler için petrol bu tür ülkelerin enflasyonu ve çıktı oranları üzerinde önemli bir etki yaratmaktadır. Bulgular ayrıca petrol fiyatlarındaki artışın petrol tüketiminde azalmaya yol açtığını ve dolayısıyla daha düşük karbon emisyonu ile sonuçlandığını göstermektedir (Mensah vd., 2019). Bununla birlikte, enerji fiyatlarındaki bir artış, petrol ithal eden ülkeleri daha uygun alternatiflere yönelmeye teşvik ederek karbon emisyonunu etkilemektedir (Li vd., 2020).

Petrolün sınırlı tedarikçilerin elinde kontrol edilmesi ve iklim değişikliği beklentileri, petrol ithal eden ülkelerin daha yenilenebilir alternatiflere geçerek enerji kaynaklarını çeşitlendirmeleri için diğer motive edici unsurlardır. (Jones ve Warner, 2016; Nasir vd., 2018). Bulgular ayrıca petrol fiyatının artmasının yeniliği teşvik ettiğini (Popp, 2002), buna bağlı olarak alternatif enerji kaynaklarının geleneksel enerji kaynaklarından nispeten daha ucuz hale getirilmesiyle sağladığını göstermektedir. Wong vd. (2013) yüksek petrol fiyatlarının yalnızca geleneksel enerji tüketimini azaltmakla kalmayıp aynı zamanda yenilenebilir enerjide araştırma ve geliştirmeyi (Ar-Ge) geliştirdiğini de tespit etmiştir. Ayrıca EKC hipotezi ülkelerin gelirleri arttıkça daha fazla Ar-Ge'ye kayma eğiliminde olduklarını ve bunun da sadece geleneksel enerji tüketimini azaltmakla kalmayıp aynı zamanda çevresel kaliteyi de artıran teknolojik bir değişimle sonuçlandığını ileri sürmektedir (Ali vd., 2017).

3 Veri Seti ve Model

Analizde değişkenler arasındaki asimetrik ilişkinin tespit edilmesi için Shin vd. (2014) tarafından doğrusal olmayan ARDL (NARDL) yöntemi uygulanmıştır. NARDL, uzun ve kısa dönem eşbütünlüğünün yanı sıra asimetrik etkileri de ifade etmektedir. Değişkenlere ait seriler 1987-2019 dönemi için yıllık bazdadır. Uygulamada değişkenlere ait seriler Dünya Bankası veri tabanından temin edilmiştir. Değişkenlere ait açıklamalar Tablo 1'de yer almaktadır.

Grossman ve Krueger (1995), çevresel kalite ve kişi başına gelir arasındaki ilişkiyi şu şekilde ifade etmiştir:

$$E_{it} = \beta_0 + \beta_1 Y_{it} + \beta_2 Y_{it}^2 + u_{it} \quad (1)$$

Burada E_{it} , kişi başına karbon emisyonunu ifade etmekte, Y_{it} , kişi başına düşen GSYİH ve u_{it} ise, hata terimidir, denklemde i ülkeyi ve t yılı temsil etmektedir.

EKC hipotezini doğrulamak için Y ve Y^2 ve enerji fiyatları değişkenleri bağımsız değişkenler olarak modele dahil edilmiştir. Çalışmadaki tüm değişkenlerin logaritması alınmıştır. Bu kapsamda analizde kullanılan ampirik model aşağıdaki gibidir:

$$CO_{2t} = \beta_0 + \beta_1 gdp_t + \beta_2 gdp_t^2 + \beta_3 PF_t^+ + \beta_4 PF_t^- + u_t \quad (2)$$

burada CO_{2t} , kişi başına karbon emisyonlarının logaritmasıdır; gdp_t , kişi başına düşen GSYİH'nin logaritmasıdır; gdp_t^2 , kişi başına GSYİH'nin karesinin logaritmasıdır ve PF_t^+ ve PF_t^- , denklem 3 ve 4'den türetilen petrol fiyatının pozitif ve negatif kısmi toplam süreç varyasyonunu temsil etmektedir.

$$PF^+ = \sum_{i=1}^t \Delta PF_i^+ = \sum_{i=1}^t \max(\Delta PF_i, 0) \quad (3)$$

$$PF^- = \sum_{i=1}^t \Delta PF_i^- = \sum_{i=1}^t \min(\Delta PF_i, 0) \quad (4)$$

EKC hipotezine göre, çevresel kalite ile kişi başına düşen GSYİH'nin karesi arasındaki ilişki ters U şeklinde bir eğri olmaktadır. Dolayısıyla, β_1 katsayısı pozitif ve β_2 katsayısı işaretli negatif ise, Türkiye için EKC hipotezinin geçerli olduğu tespit edilmektedir.

Değişken	Açıklama	Kaynak
CO_{2t}	CO_2 emisyonları (kişi başına metrik ton)	WB Databank
gdp_t	Kişi başına GSYİH (sabit 2010 ABD Doları)	WB Databank
gdp_t^2	Kişi başına GSYİH karesi (sabit 2010 ABD Doları)	WB Databank
PF	Ham petrol fiyatı (varil başına)	WB Databank

Tablo 1: Analizde kullanılan değişkenler ve açıklamaları

4 Analiz Bulguları

Karbon emisyonu, ekonomik büyüme ve petrol fiyatı arasındaki kısa ve uzun dönemli asimetrik ilişkinin analiz edilmesi için kurulan modele ilk olarak Dickey-Fuller (ADF) ve Phillips-Perron (PP) birim kök testleri uygulanmıştır. ADF ve PP testleri için optimum gecikme sayısı Schwarz bilgi kriteri temel alınarak seçilmiştir. Test sonuçları Tablo 2'de yer almaktadır. ADF testi ve PP testi için birim kök sonuçları benzerdir. Bu kapsamda değişkenler I(1) olarak belirlenmiştir. Analizde kullanılan değişkenler asimetrik ARDL uygulanması için uygun koşulları sağlamaktadır.

Değişkenler	ADF Testi		PP Testi	
	Sabit	Sabit ve Trend	Sabit	Sabit ve Trend
CO_2	-0.4522	-3.5074	-0.0499	-3.5581
Gdp	0.2346	-2.5277	0.5256	-2.5395
Gdp^2	0.3237	-2.4161	0.6247	-2.4267
PF	-1.0823	-1.8586	-1.0353	-1.8586
ΔCO_2	-7.0031*	-6.8797*	-8.5123*	-8.3276*
ΔGdp	-5.9078*	-5.8838*	-6.0452*	-6.3670*
ΔGdp^2	-5.8143*	-5.8154*	-5.8338*	-6.2591*
ΔPF	-5.0456*	-4.9726*	-5.0505*	-4.9744*

Not: ***, ** ve * işaretleri sırasıyla %1, %5 ve %10 seviyelerinde istatistiksel olarak anlamlılığı temsil etmektedir.

Tablo 2: Birim Kök Test Sonuçları

Karbon emisyonu, ekonomik büyüme ve petrol fiyatı arasında eşbütünlük ilişkisinin varlığının test edilmesi amacıyla hesaplanan sınır testi sonuçları Tablo 3'te yer almaktadır. %5 anlamlılık seviyesinde hesaplanan F istatistiği değeri, üst kritik sınır değerinden büyüktür. Dolayısıyla değişkenler arasında eşbütünlük varlığına işaret edilmektedir. Uzun dönemli ilişkinin varlığını tespit etmenin alternatif bir diğer yolu ise, $EC(-1)$ eşbütünlük katsayısının değeridir. Gecikmeli hata düzeltme teriminin $EC(-1)$ değeri istatistiksel olarak anlamlı ve negatif işaretli olması, karbon emisyonu, kişi başına gelir, PF_t^+ ve PF_t^- arasında uzun dönemli bir ilişkinin

varlığını doğruladığını ifade etmektedir (Pesaran vd., 2001). Hata düzeltme teriminin katsayısı EC(-1) negatif ve istatistiksel olarak anlamlıdır; bu, geçmiş yıllardaki herhangi bir dengesizliğin bir yıl içinde %94 oranında düzeltildiğini ifade ederek uzun vadeli dengeye yakınsamayı göstermektedir (Tablo 4).

F-ist	Alt Sınır(%5)	Üst Sınır(%5)	Eşbütünleşme
3.4989	2.2	3.09	Var

Tablo 3: Sınır Testi Sonuçları

Tablo 4'de doğrusal olmayan ARDL yönteminin uzun ve kısa dönem sonuçları yer almaktadır. Ekonomik büyüme ve karbon emisyonu arasındaki ilişki için doğrusal olmayan ARDL sonuçları, istatistiksel olarak anlamlı ve pozitifdir. Bulgular EKC hipotezinin varlığını desteklemektedir.

Petrol fiyatı ile karbon emisyonu arasındaki uzun dönemli ilişki durumunda, petrol fiyatındaki bir artış (petrol fiyatının kısmi toplamındaki pozitif şok) karbon emisyonunu azaltmakta, petrol fiyatındaki düşüş ise (petrol fiyatının kısmi toplamındaki negatif şoklar) karbon emisyonunu arttırmaktadır. Uzun dönemde petrol fiyatının pozitif katsayısı -0.0810 iken, uzun dönem negatif katsayısı 0.1597 olarak hesaplanmıştır. Bu kapsamda, petrol fiyatlarında %100'lük bir artış karbon emisyonunu yaklaşık %8 azaltmakta, petrol fiyatlarında %100'lük azalış bir azalış ise, karbon emisyonunu %15 arttırmaktadır.

Kısa vadede ise, petrol fiyatındaki bir artış (petrol fiyatının kısmi toplamındaki pozitif şok) karbon emisyonu üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki yaratmazken, petrol fiyatındaki bir düşüş (petrol fiyatının kısmi toplamda negatif şoklar) karbon emisyonunu arttırmaktadır.

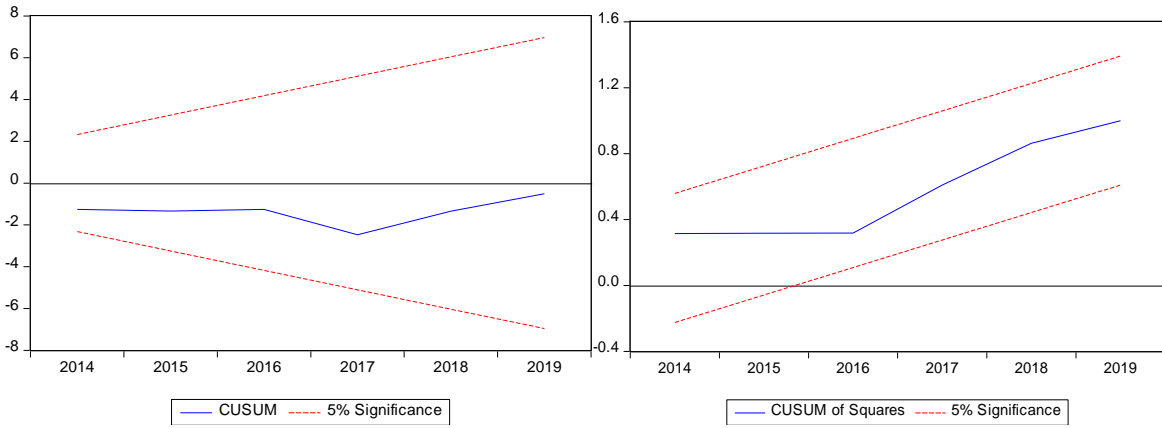
Ekonomik büyüme (kişi başına gelir) ve karbon emisyonu arasındaki ilişki için NARDL sonuçları uzun vadede olduğu gibi kısa vadede de pozitif ve anlamlıdır. Bu nedenle Türkiye'de ekonomik büyümenin hem uzun hem de kısa vadede çevresel bozulmayı artırdığını düşündürmektedir. Bu bulgular literatürdeki çalışmalarla uyumludur.

Tablo 4 ayrıca değişen varyans, normallik, otokorelasyon ve değişen varyans tanısal test sonuçlarını içermektedir. Bu kapsamda, modelde değişen varyans sorunu olmadığı, Breusch-Godfrey LM Testi ile otokorelasyon sorununun modelde yer almadığı ve hata terimlerinin normal dağılım gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Asimetrik ARDL modeli test sonuçlarının istikrarlılığını analiz etmek ve değişkenlere yönelik yapısal kırılmanın test edilmesi amacıyla uygulanan CUSUM ve CUSUMSQ grafiklerine yer verilmiştir. Şekil 3'te yer alan grafiklere göre, asimetrik ARDL tahmin sonuçlarının kararlı olduğu ve herhangi bir kırılmanın olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Böylece, asimetrik ARDL analiz sonuçları uzun dönem katsayıları istikrarlı olmaktadır (Brown vd, 1975, s. 150).

Değişkenler	Katsayı	t-istatistiği
CO_2 (-1)	-0.461	0.013*
ΔGdp	34.510	5.642*
ΔGdp^2	-1.8603	0.312*
ΔPF^+	-0.0194	0.0377
ΔPF^-	0.1239	0.0274*
EC(-1)	-0.946	0.152*
R^2	0.9407	
Tanısal Test Sonuçları		
Ramsey Reset Testi	0.3721	[0.725]
Jarque-Bera Normallik Testi	0.9986	[0.606]
Breusch Godfrey LM	4.2222	[0.103]
ARCH(1)	0.4161	[0.524]
ARCH(2)	1.1414	[0.336]
Uzun Dönem Katsayıları		
Gdp	18.206	5.0558*
Gdp^2	-0.8984	0.2618*
OP^+	-0.0810	0.0413*
OP^-	0.1597	0.0638*
Sabit	-89.618	24.265*

Not: Köşeli parantez içindeki değerler olasılık değerlerini ifade etmektedir.
***, ** ve * işaretleri sırasıyla %1, %5 ve %10 seviyelerinde istatistiksel olarak anlamlılığı temsil etmektedir.

Tablo 4: NARDL Modeli Tahmin Sonuçları



Şekil 3: CUSUM ve CUSUM² Grafikleri

5 Genel Değerlendirme

Bu çalışma, Türkiye'nin 1987'den 2019'a kadar olan verilerini kullanarak, kişi başına gelir ile petrol fiyatının karbon emisyonu üzerindeki asimetrik ilişkisini incelemektedir. Bu amaçla, değişkenler arasındaki uzun ve kısa dönemli ilişkiyi incelemek için doğrusal olmayan ARDL yöntemi kullanılmıştır. Bulgular uzun vadede petrol fiyatındaki artışın karbon emisyonunu azalttığını, petrol fiyatındaki düşüşün ise Türkiye'de karbon emisyonunu yoğunlaştırdığını göstermektedir. Uzun vadede petrol fiyatlarındaki artış, enerji verimli ürünlere olan talebi de artırmakta ve bu durum karbon emisyonunda bir azalma ile birlikte toplam enerji tüketimini azaltmaktadır. Bu çalışmanın bulgularına dayanarak Türkiye'nin yenilenebilir (temiz) enerji üretimine yönelik daha yüksek oranda enerji kaynaklarını çeşitlendirmeye odaklanmalı ve daha yoğun enerji tüketiminin çevresel bozulmaya neden olmasını engellemelidir. Ayrıca, enerji verimli makineler ve yenilenebilir enerji ithalatı veya satın alımında vergi indirimleri gibi endüstriyel ve konutsal enerji tüketicilerini yeşil yatırımlara teşvik etmek için olumlu bir politika oluşturmalıdır. Yenilenebilir kaynakların teşvik edilmesi sera gazlarının yoğunluğunu azaltmaktadır. Çünkü yenilenemeyen enerji tüketiminin artması çevreyi kötüleştirdiği ve tüketiminin sınırlandırılması uzun vadede çevre koşullarını iyileştirdiği için, Türkiye'nin çeşitli enerji tasarrufu politikaları izleyerek tüketimini sınırlamak ve verimliliğini artırmak için gerekli adımları atması gerekmektedir. Bununla birlikte güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynakları kurmak için sanayi ve konut tüketicilerine daha uygun kredi verilmesini desteklemek için mevcut bazı finansal araçları kanalize edecek politikalar geliştirilmelidir. Bu durum aynı zamanda karbon emisyonunu azaltmaktadır. Ayrıca EKC hipotezi varlığında Türkiye, çevresel bozulmanın etkisini azaltmak için giderek daha fazla ekonomik büyüme ile sıkı çevre politikalarının benimsemesi gerekmektedir. Dolayısıyla yatırımcıların çevresel kaliteye ve yeşil yatırıma daha fazla önem veren şirketlere daha fazla yatırım yapmaları için eğitimin yanı sıra kurumsal sektörün enerji verimliliği ve çevre dostu faaliyetlerine daha fazla önem vermesi gerekmektedir.

Kaynakça

- Adu, D. T., & Denkyirah, E. K. (2019). Economic growth and environmental pollution in West Africa: testing the environmental Kuznets curve hypothesis. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 40(2), 281-288.
- Ali, G., Ashraf, A., Bashir, M. K., & Cui, S. (2017). Exploring environmental Kuznets curve (EKC) in relation to green revolution: a case study of Pakistan. *Environmental Science & Policy*, 77, 166-171.
- Alley, I. (2016). Oil price volatility and fiscal policies in oil-exporting countries. *OPEC Energy Review*, 40(2), 192-211.
- Al-Mulali, U., & Ozturk, I. (2016). The investigation of environmental Kuznets curve hypothesis in the advanced economies: the role of energy prices. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 1622-1631.
- Antonakakis, N., Chatziantoniou, I., & Filis, G. (2014). Dynamic spillovers of oil price shocks and economic policy uncertainty. *Energy Economics*, 44, 433-447.
- Apergis, N. (2016). Environmental Kuznets curves: New evidence on both panel and country-level CO₂ emissions. *Energy Economics*, 54, 263-271.
- Apergis, N., & Ozturk, I. (2015). Testing environmental Kuznets curve hypothesis in Asian countries. *Ecological Indicators*, 52, 16-22.
- Baek, J., (2016). Do nuclear and renewable energy improve the environment? Empirical evidence from the United States. *Ecol. Indic.* 66, 352-356.

- Balsalobre, D., Álvarez, A., & Cantos, J. M. (2015). Public budgets for energy RD&D and the effects on energy intensity and pollution levels. *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 4881-4892.
- Bartlett, A. A. (1994). Reflections on sustainability, population growth, and the environment. *Population and Environment*, 16(1), 5-35.
- Brown, RL, Durbin, J., & Evans, JM (1975). Techniques for Testing the Constancy of Regression Relationships Over Time. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 37(2), 149-163.
- Galeotti, M., Lanza, A., & Pauli, F. (2006). Reassessing the environmental Kuznets curve for CO2 emissions: A robustness exercise. *Ecological economics*, 57(1), 152-163.
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). Environmental impacts of a North American free trade agreement.
- Hanif, I. (2018). Impact of economic growth, nonrenewable and renewable energy consumption, and urbanization on carbon emissions in Sub-Saharan Africa. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(15), 15057-15067.
- Kang, Y. K., Zhao, T., & Yang, Y.Y. (2016). Environmental Kuznets curve for CO2 emissions in China: A spatial panel data approach. *Ecological Indicators*, 63, 231-239.
- Kriskkumar, K., & Naseem, N. A. M. (2019). Analysis of oil price effect on economic growth of ASEAN net oil exporters. *Energies*, 12(17), 3343.
- Levinson, A., & Taylor, M. S. (2008). Unmasking the pollution haven effect. *International economic review*, 49(1), 223-254.
- Li, K., Fang, L., & He, L. (2020). The impact of energy price on CO2 emissions in China: a spatial econometric analysis. *Science of The Total Environment*, 706, 135942.
- Malik, M. Y., Latif, K., Khan, Z., Butt, H. D., Hussain, M., & Nadeem, M. A. (2020). Symmetric and asymmetric impact of oil price, FDI and economic growth on carbon emission in Pakistan: Evidence from ARDL and non linear ARDL approach. *Science of the Total Environment*, 726, 138421..
- Mensah, I. A., Sun, M., Gao, C., Omari-Sasu, A. Y., Zhu, D., Ampimah, B. C., & Quarcoo, A. (2019). Analysis on the nexus of economic growth, fossil fuel energy consumption, CO2 emissions and oil price in Africa based on a PMG panel ARDL approach. *Journal of Cleaner Production*, 228, 161-174.
- Nicolli, F., & Vona, F. (2019). Energy market liberalization and renewable energy policies in OECD countries. *Energy Policy*, 128, 853-867.
- Nwani, C. (2017). Causal relationship between crude oil price, energy consumption and carbon dioxide (CO2) emissions in Ecuador. *OPEC Energy Review*, 41(3), 201-225.
- Özokcu, S., & Özdemir, Ö. (2017). Economic growth, energy, and environmental Kuznets curve. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72, 639-647.
- Pata, U. K. (2018). The influence of coal and noncarbohydrate energy consumption on CO2 emissions: revisiting the environmental Kuznets curve hypothesis for Turkey. *Energy*, 160, 1115-1123.
- Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of applied econometrics*, 16(3), 289-326.
- Popp, D. (2002). Induced innovation and energy prices. *American economic review*, 92(1), 160-180.
- Rothman, D. S. (1998). Environmental Kuznets curves—real progress or passing the buck?: A case for consumption-based approaches. *Ecological economics*, 25(2), 177-194.
- Sato, M. (2014). Embodied carbon in trade: a survey of the empirical literature. *Journal of economic surveys*, 28(5), 831-861.
- Schmalensee, R., Stoker, T. M., & Judson, R. A. (1998). World carbon dioxide emissions: 1950–2050. *Review of Economics and Statistics*, 80(1), 15-27.
- Shahbaz, M., Nasir, M. A., & Roubaud, D. (2018). Environmental degradation in France: the effects of FDI, financial development, and energy innovations. *Energy Economics*, 74, 843-857.
- Shin, Y., Yu, B., & Greenwood-Nimmo, M. (2014). Modelling asymmetric cointegration and dynamic multipliers in a nonlinear ARDL framework. In *Festschrift in honor of Peter Schmidt* (pp. 281-314). Springer, New York, NY.
- Stern, D. I. (2015). The role of energy in economic growth. *International energy and poverty*, 35-47.
- Stocker, T. (Ed.). (2014). *Climate change 2013: the physical science basis: Working Group I contribution to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge university press.

- Sturm, M., Gurtner, F. J., & Gonzalez-Alegre, J. (2009). Fiscal policy challenges in oil-exporting countries- A review of key issues. *ECB Occasional paper*, (104).
- Usman, O., Iorember, P. T., & Olanipekun, I. O. (2019). Revisiting the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis in India: the effects of energy consumption and democracy. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(13), 13390-13400.
- Vielle, M., & Viguier, L. (2007). On the climate change effects of high oil prices. *Energy Policy*, 35(2), 844-849
- Wong, S. L., Chia, W. M., & Chang, Y. (2013). Energy consumption and energy R&D in OECD: perspectives from oil prices and economic growth. *Energy policy*, 62, 1581-1590.