

PETROL FİYATLARININ CO2 EMİSYONUNA ASİMETRİK ETKİSİ

THE ASYMMETRIC EFFECT OF OIL PRICES ON CO2 EMISSIONS

Numan KIŞLACIK* 
Halil ALTINTAŞ** 

Öz

Kapitalist anlayışının getirdiği sonsuz büyüme isteği doğayla birlikte insanlığı da tehdit etmekte, her geçen gün daha kirli, ekolojik krizin derinleştiği dünya karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmanın amacı, Türkiye için 1971-2021 dönemi yıllık verilerle petrol fiyatlarının CO2 emisyonu üzerine doğrusal olmayan ARDL eşbütünleşme yöntemiyle (NARDL) asimetrik etkisini incelemek ve yenilenebilir enerjinin önemine dikkat çekmektir. Çalışmanın sonucunda kişi başına düşen gelir istatistiksel olarak anlamsız çıkmıştır. Diğer değişkenler incelendiğinde, kişi başına düşen enerji kullanımı arttıkça kişi başına düşen CO2 emisyonu artmaktadır. Bu sonuç bir diğer değişkenimiz olan yenilenebilir elektrik üretiminin sonuçları ile desteklemektedir. Yenilenebilir elektrik üretimi %1 arttığında kişi başına düşen CO2 emisyonu %0.23 azalmaktadır. Petrol fiyatlarının uzun dönemde CO2 üzerinde asimetrik etkisi ise şoklara göre değişmektedir. Petrol fiyatlarındaki %1'lik artış kişi başına düşen CO2 emisyonunu %0.046 azaltmaktadır. Petrol fiyatlarında negatif şoklarda meydana gelen %1'lik artış, CO2 salınımını %0.027 arttırmaktadır. Bu sonuçlardan hareketle Türkiye'deki CO2 emisyonu petrol fiyatlarından asimetrik şekilde etkilenmekte ve bu dengesizliği engellemek için yenilenebilir enerji üretimi kritik bir rol üstlenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Petrol Fiyatları, CO2 emisyonu, NARDL, Türkiye, Yenilenebilir Enerji

Jel Sınıflandırması: B51, Q42, Q48, Q50

Abstract

The desire for infinite growth brought by the capitalist understanding threatens humanity along with nature, and we are confronted with a more polluted world where the ecological crisis is deepening daily. This study aims to examine the asymmetric effect of oil prices on CO2 emissions with the non-linear

* Arş. Gör., Erciyes Üniversitesi, İktisat Bölümü numankislacik@erciyes.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9346-5197.

** Prof. Dr., Erciyes Üniversitesi, İktisat Bölümü haltintas@erciyes.edu.tr, ORCID: 0000-0002-8565-4294

How to cite this article: Kışlacık, N. & Altıntaş, H. (2024). Petrol fiyatlarının co2 emisyonuna asimetrik etkisi. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 46(2), 1-403. DOI: 10.14780/muiibd.1434085.



ARDL cointegration method (NARDL) and to draw attention to the importance of renewable energy with annual data for the period 1971-2021 for Turkey. As a result of the study, per capita income is statistically insignificant. When other variables are analyzed, CO2 emissions per capita increase as energy use per capita increases. This result is supported by the results of renewable electricity generation, which is another variable. When renewable electricity generation increases by 1%, CO2 emissions per capita decrease by 0.23%. The asymmetric effect of oil prices on CO2 in the long run varies according to the shocks. A 1% increase in oil prices reduces CO2 emissions per capita by 0.046%. A 1% increase in negative shocks in oil prices increases CO2 emissions by 0.027%. Based on these results, CO2 emission in Turkey is asymmetrically affected by oil prices and renewable energy generation plays a critical role in preventing this imbalance.

Keywords: Oil Prices, CO2 emissions, NARDL, Türkiye, Renewable Energy

Jel Classification: B51, Q42, Q48, Q50

1. Giriş

19. Yüzyıldan itibaren dünyada kapitalist üretim sisteminin egemenliği ile ekolojik açıdan birçok sorunla karşı karşıya kalınmıştır. Kapitalizm iki temel özelliği ile anti-ekolojiktir. (Burkett, 2001). Bu özelliklerinden birisi kapitalizmde görülen ekonominin devamlı olarak büyümesi ve kar güdüsüyken diğeri ise üretim araçlarının genişletilme eğilimidir. Kar güdüsü ile rekabet artarak seri üretim artmaktadır. Seri üretim sonucu oluşan çıktıların kitle olarak tüketilmesi gerekmekte ve reklam endüstrisinin yardımıyla kitle tüketim sağlanmaktadır. Böylece bu döngü tekrar ve artan kar güdülerıyla hızlanmaktadır. Böylece ortaya anti-ekolojik bir görüntü çıkmaktadır. Piyasada kâr rekabeti, teknolojik gelişmelere yol açmaktadır. Teknolojik gelişmeyle birlikte üretim seri üretime dönmektedir. Seri üretim ile beraber reklam endüstrisinin de etkisiyle kitlesel tüketim gerçekleşmektedir Bu durumda ortaya anti ekolojik bir tablo çıkmaktadır (Macdonald, 2004). Yaşanan bu anti ekolojik tablo sonucu ortaya çıkan küresel ekolojik kriz, ozon tabakasının delinmesine, hava kirliliğinin artmasına, temiz suların kirlenmesine ve biyoçeşitliliğin azalmasına neden olmaktadır (Löwy, 2005). Kapitalizm doğada tahribata yol açmaktadır. Böylece kapitalizmin neden olduğu ekolojik kriz, giderek kontrolden çıkmakta ve her yeni gün daha karmaşık, daha kirli bir dünya karşımıza çıkmaktadır (Kartal, 2021). İklim değişikliği uluslararası bir olgu olarak 2016 yılında Fransa'da düzenlenen Birleşmiş Milletler toplantısında kabul edilmiştir. Yapılan Paris İklim Antlaşmasında tüm dünya liderlerinin sera gazını azaltmayı kabul etmiştir. Araştırmacılar ise ekolojik krizle mücadele, gerekli önlem ve politikaların geliştirilmesi için CO2 salınımını odak noktasına almıştır (Stern, 2015).

Ham petrol dünyada en önemli emtialardan ve yakıtlardan birisi olarak görülmektedir. Ham petrol, ekonominin işleyişinde kilit bir rol oynamıştır (Wei vd., 2022). Ham petrol fiyatlarının ekonomideki kilit işlevinin yanında, petrol fiyatlarında meydana gelen dalgalanmaların çevresel etkileri de söz konusudur. Petrol fiyatları ile çevresel etkiler arasındaki ilişkinin temelinde, dünyadaki CO2 salınımının %40'ına katkıda bulunan fosil yakıt tüketiminin belirleyicilerinden birisinin de petrol fiyatlarının yer almasıdır. Bu nedenle petrol fiyatlarının çevresel kaliteyi belirleyen değişkenler üzerindeki etkileri oldukça farklı ve önemlidir (Chaudhry vd., 2020; Türköz, 2022). Fosil yakıtlardan olan ham petrolün fiyatı böylece hem büyüme hem de çevresel etkilerinden dolayı fosil yakıtların yerine yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmenin temel nedenleri olmuştur (Külünk, 2018).

İklim değişikliğinin en fazla etkileyeceği ülkelerden birisi Türkiye'dir. Türkiye Paris İklim Anlaşmasına kadar iklim değişikliğine ilişkin uluslararası tartışmalarda çekimser kalmıştır. Ancak Türkiye, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne 2003 yılında, 2009'da Kyoto Protokolünü ve 2021 yılında Paris Anlaşmasını imzalaması ile somut adımlar atmaya başlamıştır. Türkiye, Paris İklim Anlaşmasını imzalaması sonrası 2053 yılında 'net sıfır emisyon' hedefini ortaya koymuştur. Böylece Türkiye için Paris İklim Antlaşması bir dönüm noktası oluşturmaktadır (Demir, 2022). Türkiye 2021 yılında yayımlanan İklim Değişikliği Performans Endeksi raporuna göre, iklim değişikliğine katkıda bulunan 61 ülkeden 51. Sırada yer alması ve CO2 salınımını azaltmaya yönelik bir ulusal eylem planı olmaması oldukça eleştirilmekteydi. Bunun üzerine Türkiye'nin yaptığı düzenlemeler ve yenilenebilir enerji yatırımları ile 42. sıraya yükselmiştir (Ordu, 2022). Türkiye CO2 salınımını azaltmaya yönelik yenilenebilir enerji yatırımların son yıllarda giderek artmaktadır. Türkiye coğrafi konum ve jeolojik yapısı nedeniyle yenilenebilir enerji üretimi konusunda oldukça avantajlıdır. Ancak bu alanda gelişme açısından ne kadar geç kalınmış olsa da çalışmalar artmaktadır. Türkiye enerji kaynakları açısından dışa bağımlı olması, 2053'de 'net sıfır emisyon' hedefinin olması ve enerji fiyatlarındaki dalgalanmalara daha dirençli olması açısından yenilenebilir enerji üretme çabaları devam etmektedir (Kavaz ve Kaya, 2023). Ancak Türkiye ortaya koyduğu 2023 vizyonu ile bir taraftan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını %30'a çıkarmayı amaçlarken diğer taraftan 2030'a kadar 85 yeni kömürle çalışan enerji santrali kurmayı planlamaktadır. Yeni kurulması planlanan santrallerle birlikte Türkiye'nin CO2 salınımının da %50 artabileceği öngörülmektedir (Abumunshar vd., 2020; Turhan vd., 2020).

Son dönemlerde özellikle, artan küresel ekolojik kriz nedeniyle petrol fiyatlarının CO2 salınımı üzerine etkisi oldukça fazla dikkat çekmiştir (Kassouri, 2022). Petrol fiyat şoklarının karmaşık etkileri ile ülke ekonomileri ve çevresel göstergeleri etkilemesi ve aynı zamanda dünyada yenilenebilir enerji üretimine acil geçilmesi gerektiği açısından bu konu oldukça önem arz etmektedir (Sun vd., 2023). Türkiye bir taraftan CO2 salınımı açısından hem olumlu hem de olumsuz adımlar atması, petrol ithal eden bir ülke olması nedeniyle petrol fiyatlarındaki şoklara açık olması ve son olarak ekolojik krizden oldukça fazla etkilenmesi beklenen ülkelerden birisi olması açısından oldukça dikkat çekmektedir. Bu çalışmanın amacı Türkiye için 1971-2021 yılları arasında petrol fiyatlarının CO2 salınımı üzerine asimetric etkisi ve yenilenebilir enerjinin önemini araştırmaktadır. Çalışmada NARDL yöntemi, hem değişkenler arasındaki asimetric etkiyi ölçtüğü hem de diğer eşbütünlük testlerine göre daha üstün olduğu için tercih edilmiştir. Asimetric ilişki ile petrol fiyatlarında meydana gelen pozitif ve negatif değişimlerin CO2 emisyonu üzerine asimetric etkisi araştırılmaktadır.

Çalışmada ilk bölümde teorik altyapıyla birlikte literatür çalışmalarına yer verilmektedir. Çalışmanın ikinci bölümünde çalışmada uygulanacak yöntem olan NARDL yöntemi hakkında bilgi verilip kullanılan değişkenlere ilişkin bilgiler verilmektedir. Çalışmanın üçüncü bölümünde ise ampirik sonuçlara değinilmektedir. Son olarak beşinci bölümde makalenin temel sonuçlarına değinilmekte, ampirik olarak elde edilen sonuçlar değerlendirilmesiyle birlikte politika önerilerinde bulunmaktadır.

2. Teorik Yaklaşımlar ve Literatür Taraması

CO2 emisyonları üzerinde etkisi olan faktörler arasında enerji fiyatları da yer almaktadır. Enerji fiyatlarının CO2 emisyonuna etkisi enerji ithalatçısı ve enerji ihracatçısı ülkelere göre farklılık göstermektedir. Enerji fiyatları enerji tüketimi ve üretimi üzerine oldukça önem arz etmektedir (Malinauskaite vd., 2020). Buradan hareketle enerji fiyatları daha düşük veya daha yüksek enerji kullanımına yol açarak CO2 emisyonu üzerinde etkili olmaktadır. (Wu vd., 2021). Enerji ithalatçısı ülkeler için literatürde genellikle enerji fiyatlarının artması ile enerji tüketiminin azalacağı böylece CO2 emisyonunun da azalacağı öne sürülmektedir (Adebayo vd., 2023; Lei vd., 2023; Mukhtarov vd., 2022). Ancak diğer taraftan da enerji fiyatlarının düşmesi, enerji talebini arttıracak ve böylece CO2 emisyonunun artacağı düşünülmektedir (Borzuei vd., 2022; Rasheed vd., 2022). Böylece, enerji ithalatçısı ülkelerde enerji fiyatları CO2 emisyonu üzerinde oldukça etkili olup CO2 emisyonunu azaltmakta enerji fiyatları etkili şekilde kullanılabileceği görülmektedir (Naimoglu, 2023). Enerji ihraç eden ekonomilerde ise enerji fiyatlarının artışı enerji üretimini arttırmaktadır. Böylece enerji üretiminin artması ile CO2 emisyonu artmaktadır. Ayrıca gelir artışı ile enerji tüketimi artarak daha fazla CO2 emisyonunu arttırarak çevresel kaliteyi kötüleştirmektedir (Sturm vd., 2009).

Özetlemek gerekirse; fosil enerji kaynaklarından olan petrol fiyatlarındaki şokların ekonomilere etkisi farklılık göstermektedir. Petrol ihracatçısı ülkeler için petrol fiyat artışları ekonomiyi olumlu etkilerken, petrol ithalatçısı ülkeler için petrol fiyat artışları ekonomiyi olumsuz etkilemektedir (Altemur, 2023). Petrol fiyatlarının çevresel etkisi ise oldukça farklılık göstermektedir. İlk olarak; uluslararası petrol fiyatları CO2 emisyonunu azaltacak olan yenilenebilir enerji üretim ve tüketimini etkilemektedir (Zhao vd., 2021). Diğer bir deyişle petrol fiyatları, yakıldığında atmosfere karbon yayan fosil yakıtlardan olan petrol kullanımı yerine, çevresel bozulmaya yol açmayan yenilenebilir enerji kaynaklarına doğru geçiş sağlayabilir (Türköz, 2022). İkinci olarak; petrol fiyatlarının artışı fosil yakıtların tüketiminin azalmasını yanında temiz enerji üretimi içinde oldukça önemlidir. Petrol fiyatlarında meydana gelecek artış temiz enerji üretimi için yapılan araştırma ve geliştirme (AR-GE) faaliyetleri üzerinde teşvik edici bir etki sağlayabilir (Wong vd., 2013). Son olarak; petrol fiyatlarındaki dalgalanmalar CO2 emisyonu üzerinde belirleyici etkide olup hedeflenen temiz enerji hedeflerini destekleyebilir ya da tehlikeye atabilir (Blazquez vd., 2017).

Petrol fiyat değişimlerinin birçok petrol ihraç eden ülke için önemli gelir kaynağı oluşturur. (Alley, 2016; Koh, 2017; Mensah vd., 2019) Aynı şekilde petrol fiyatındaki dalgalanmalar petrol ithal eden ülkeler için önemli bir gider kalemi olmuştur (Antonakakis vd., 2014; Nasir vd., 2018). Petrol fiyatlarının gelir ve gider kalemi olmasından ziyade günümüzde sürdürülebilir kalkınma için CO2 salınımı üzerine etkisi de oldukça önemlidir. Literatürde petrol fiyatlarının CO2 salınımı üzerine etkisine dair birçok farklı yöntem, dönem ve verilerle test edilmiş, farklı sonuçlara ulaşılmıştır. Genel olarak petrol fiyatlarının CO2 salınımı üzerinde etkili olduğu görülmüştür (Abumunshar vd., 2020; Aydın ve Acar, 2011; Li vd., 2020; Nwani, 2017; C. Zhang vd., 2020; Zou, 2018). Ancak literatürde petrol fiyatlarının CO2 salınımı üzerine etkisinin çok fazla olmadığı yada belirsiz olduğu sonucuna ulaşan çalışmalar da mevcuttur (Blazquez vd., 2017; Sadorsky, 2009; Salim ve Rafiq, 2012; Yang vd., 2021).

Çevik vd. (2017), çalışmalarında OECD ülkelerinde 1996-2011 dönemi için Panel Veri Analizi ile CO2 emisyonu, petrol fiyatları ile petrol tüketimi arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda petrol fiyatlarının kısa dönemde CO2 salınımını arttırdığı, uzun dönemde azalttığı sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmanın diğer sonucu ise uzun dönemde petrol tüketimi artışı CO2 salınımını arttırmaktadır. Türköz (2022), çalışmasında Türkiye için 1987-2020 döneminde petrol fiyatları, çevresel bozulma ile petrol tüketimi arasındaki ilişkileri Hatemi-J (2012) yöntemini kullanarak incelemiştir. Çalışmanın bulgularında; petrol fiyatları ile petrol tüketimi arasında bir nedensellik bulunamazken, petrol tüketimindeki negatif şokların çevresel bozulmadaki pozitif şokların nedeni olduğuna ulaşılmıştır. Ayrıca çevresel bozulmadaki pozitif şokların diğer nedeni petrol fiyatlarındaki pozitif şoklar olmuştur. Serin Oktay (2021), 1987-2019 yılları için Türkiye'de ekonomik büyüme ile petrol fiyatlarının CO2 salınımı üzerindeki etkisini araştırmıştır. Çalışmada asimetrik ilişkiyi dikkate alınan NARDL yöntemi kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda ise petrol fiyatlarındaki artış, CO2 salınımı azaltmakta, petrol fiyatlarındaki düşüş CO2 salınımını arttırmakta olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışmanın diğer sonucu ise Türkiye'de baz alınan dönem için Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezini desteklemektedir. Haque (2021), çalışmasında ise statik ve dinamik panel analizini kullanarak, Körfez İş Birliği Konseyi ülkeleri için 1985-2014 döneminde ham petrol fiyatlarındaki şokların CO2 emisyonu ve çeşitli değişkenler üzerine etkisini araştırmıştır. Çalışmanın sonucunda petrol fiyatlarındaki dalgalanmaların enerji tüketimini olumsuz etkilediği ve enerji tüketimindeki artışın ise CO2 salınımı arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Erdogan vd. (2020), çalışmalarında 1990-2014 dönemi için yıllık verilerini kullanarak 25 OECD ülkelerinde karbon emisyonu üzerine birçok değişkenin etkisini araştırmışlardır. Çalışmalarında FMOLS-DOLS-AMG yöntemlerini kullanarak yaptıkları analizlerde petrol fiyatları ile karbon salınımını arasında negatif ilişki bulunmuşlardır. Agbanike vd. (2019), ise çalışmalarında; ARDL sınır testi yöntemi ile 1971-2013 dönemi için Venezuelada petrol fiyatı, karbon salınımı ve enerji tüketimi değişkenleri arasındaki nedensellik ilişkisini araştırmışlardır. Çalışmanın bulgularına göre, ham petrol fiyatındaki artışın enerji tüketimini arttırarak CO2 emisyonunu arttırdığını ortaya koymuştur. Rodríguez ve Pena-Boquete (2014), ise panel veri analizi ile 1980-2004 yılları için seçilmiş yüksek gelirli ülkelerde Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin geçerliliği ile CO2 salınımı, enerji tüketimi, enerji fiyatları ve GSYH değişkenlerinin ilişkisini araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda petrol fiyatlarının da içinde bulunduğu enerji fiyatları ile CO2 salınımı arasında negatif ilişki bulunmuştur. Ayrıca Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin geçerli olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bilgili vd., (2018), Çin üzerine petrol fiyatları ve kentleşmenin CO2 salınımı üzerine etkilerini araştırmışlardır. Wavelet analizi ile ulaştıkları sonuçlarda, Çin'de petrol fiyatlarındaki artışın, CO2 salınımını olumsuz etkilediği aynı zamanda kent nüfusu ile CO2 salınımı arasında pozitif ilişki olduğudur. Literatürde yukarıda bahsedilen çalışmaların dışında aynı şekilde petrol fiyatları ile karbon salınımı arasında negatif ilişki görülmüştür (Balaguer ve Cantavella, 2016; Bashiri Behmiri ve Pires Manso, 2012; Katircioglu, 2017; Maji vd., 2020; Mensah vd., 2019; Muhtaba ve Jena, 2021; Rasheed vd., 2022; Shanthini, 2012; Vielle ve Viguier, 2007).

Literatürde CO2 salınımı ile petrol fiyatları arasında pozitif ilişki bulan çalışmalar da mevcuttur (Agbanike vd., 2019; Chai vd., 2016; Mahmood vd., 2020; Sturm vd., 2009; G. Zhang ve Cheng,

2014) . Sturm vd. (2009) yaptığı çalışmada petrol ihraç eden ülkelerde yüksek petrol fiyatları yüksek gelirlere yol açarak enerji tüketiminin arttığı sonucuna ulaşmaktadır. Enerji tüketiminin artması ise CO2 salınımı arttırmaktadır. Chai vd. (2016), çalışmalarında; Çin için 1987-2014 yılları için Yapısal Vektör Otoregresyon (SVAR) analizi ile petrol fiyatlarının enerji tüketimi ve CO2 salınımı üzerine etkisini incelemiştir. Çalışmanın sonucunda petrol fiyatlarının artması ile enerji tüketimi ve CO2 salınımı artmaktadır.

Agbanike vd. (2019), çalışmasının yanında, ARDL ve NARDL yöntemlerini kullanan birçok çalışma mevcuttur. Maji vd., (2020) çalışmalarında 1983-2014 yıllarında Malezya'da petrol fiyatlarının CO2 salınımı üzerine asimetrik etkisini araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda ise petrol fiyatları ile CO2 salınımı arasında negatif ilişkiye ulaşılmıştır. Balaguer ve Cantavella (2016), İspanya'da 1874-2011 dönemi için Çevresel Kuznets Eğrisinin geçerliliğini ve petrol fiyatlarının CO2 salınımı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda İspanya'da Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin geçerli olduğu, petrol fiyatlarında bir artışın, CO2 salınımını azalttığına ulaşılmıştır. Malik vd. (2020), çalışmalarında; 1971-2014 döneminde Pakistan' için petrol fiyatlarının CO2 emisyonuna etkisini doğrudan yabancı yatırımlar değişkenini de ekleyerek araştırmışlardır. Çalışmanın sonucu petrol fiyatının kısa dönemde CO2 emisyonu artırdığını ancak uzun dönemde CO2 emisyonu azalttığını göstermiştir. Boufateh (2021), ise çalışmasında; Tunus için 1976-2014 döneminde petrol fiyat şoklarının asimetrik ilişkisini doğrusal olmayan ARDL yöntemi ile araştırmıştır. Test sonuçlarında asimetrik petrol fiyatlarındaki şokların Çevresel Kuznets Eğrisindeki dönüm noktasına ulaşmakta yardımcı olduğu bulgusuna rastlanmıştır. Ullah vd. (2020), 1981 – 2018 döneminde doğrusal olmayan ARDL yöntemi ile seçili ülkelerde petrol fiyatlarının çevre kirliliği üzerine asimetrik ilişkisini araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda ise bazı ülkelerde petrol fiyatlarında meydana gelen pozitif şokların, bazı ülkelerde ise petrol fiyatlarındaki negatif şokların CO2 salınımını azalttığı bulgusuna rastlanmıştır. Okwanya vd, (2023), 30 Afrika ülkesi için 1987-2019 yılları için petrol fiyatlarının CO2 salınımı üzerine asimetrik etkisini NARDL yöntemi ile araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda petrol fiyatında meydana gelecek bir pozitif şokun CO2 salınımını azalttığını, negatif şokların ise CO2 salınımını arttırdığı bulgusuna ulaşılmıştır. Ali vd. (2022), 1990-2019 yıllarında Güney Afrika ülkeleri için ARDL ve NARDL yöntemleri ile aralarında petrol fiyatları ve CO2 salınımı değişkenlerinin de bulunduğu çeşitli değişkenler arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda petrol fiyatları ile CO2 salınımı arasında negatif ilişki olduğu bulunmuştur.

3. Metodoloji ve Model

Literatür incelendiğinde en fazla kullanılan eşbütünleşme testleri, Engle ve Granger, (1987) yöntemi ile Johansen, (1988) ve Johansen ve Juselius, (1990) yöntemleridir. Bu yöntemlerin uygulanabilmesi için seçilmiş olan tüm değişkenlerin birinci farkta durağan olması gerekmektedir (Pesaran vd., 2001). Böylece eşbütünleşme derecelerinin birinci farkta olması bu testlerin uygulanabilirliğini kısıtlamaktadır. Bu kısıt Pesaran ve Shin (1995) ve Pesaran vd. (2001) tarafından ortaya çıkarılan ARDL yöntemiyle aşılmıştır. ARDL yöntemi ile eşbütünleşme derecelerine bakılmaksızın değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi araştırılabilmektedir. Ancak bu yöntemin de bazı kısıtları vardır. Sınır

testi, modeldeki serilerin I (2) olmaması şartıyla, hepsinin eşbütünlük olmasına ya da tamamen düzeyde ya da birinci farkta eşbütünlük olmasına bakılmaksızın uygulanabilmektedir. Pesaran ve Shin (1999) ve Pesaran, Shin, vd. (2001) tarafından geliştirilmiş ARDL modeli, Shin vd., (2014) tarafından tekrar geliştirilerek asimetrik ilişkileri de dikkate alan NARDL yöntemi olarak literatüre kazandırılmıştır. (Altıntaş, 2016). Uzun dönemde asimetrik ilişki ile hata düzeltme mekanizmasını tek bir modelde tutarlı bir şekilde bir araya getirmek NARDL yöntemi ile olanaklı hale gelmiştir (Shin vd., 2014). NARDL yönteminin diğer modellere kıyasla sahip olduğu üstünlükler vardır. İlk olarak NARDL yöntemi bize değişkenler arasında uzun dönemli asimetrik etkiyi incelemenin yanında kısa dönem asimetrik ilişkiyi de aynı anda incelememize olanak sağlamaktadır. İkinci olarak daha önce de bahsedildiği üzere değişkenler arasında durağanlık olup olmadığına bakılmadan uzun dönemli ilişkileri inceleyebilme olanağı sunmaktadır. Üçüncü olarak değişkenlerin bütünlük derecesinin benzer olma şartı yoktur. (Afsal vd., 2018; Yeap ve Lean, 2017).

Çalışmada kullanılacak NARDL modeli, literatürde asimetrik etkileri inceleyen çalışmalara uygun olarak kurulmuştur (Afsal vd., 2018; Altıntaş, 2016; Cavlak, 2022; Serin Oktay, 2021; Sreenu, 2022; Torun, 2023; Yazgan vd., 2023). Değişkenler arasındaki eşbütünlük ilişkisi denklem (1) şeklinde lineer olarak ifade edilebilir.

$$LCO2 = \beta_0 + \beta_1 LENER + \beta_2 LGDP + \beta_3 LPET_t + \beta_4 LYEN + \varepsilon_t \quad (1)$$

Burada ε_t hata terimini, enerji tüketimini, kişi başına düşen geliri, petrol fiyatlarını, ise yenilenebilir elektrik tüketimini temsil eder. β_0 sabit terimi ifade ederken, $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ ve β_4 CO2 emisyonuna sırayla enerji tüketiminin, kişi başına gelirin, petrol fiyatının ve yenilenebilir elektrik üretiminin esnekliğini verir. Schorderet, (2003) ve Shin vd. (2014)'nin ortaya koyduğu çalışmalardan hareketle petrol fiyatlarının pozitif ve negatif kısmi toplamları denklem (2)'de gösterildiği gibi hesaplanmaktadır. Böylece kullanılan asimetrik eşbütünlük regresyonu ; (Altıntaş, 2016; Turna ve Ceylan, 2022)

$$y = \beta^+ x_t^+ + \beta^- x_t^- + u_t \quad (2)$$

2'nolu denklemde β^+ ve β^- uzun dönem parametreleri göstermektedir. x_t , kx1 vektörü olarak aşağıdaki gibi ayrılmaktadır.

$$x_t = x_0 + x_t^+ + x_t^- \quad (3)$$

3'nolu denklemde x_0 başlangıç değerini verirken, x_t^+, x_t^- bağımsız değişkenlerin katsayılarında meydana gelen pozitif ve negatif değişimlerin kısmi toplam ayrıştırılmalarını göstermektedir. x_t aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

$$x_t^+ = \sum_{j=1}^t \Delta x_j^+ = \sum_{j=1}^t \max(\Delta x_j^+, 0) \quad (4)$$

$$x_t^- = \sum_{j=1}^t \Delta x_j^- = \sum_{j=1}^t \max(\Delta x_j^-, 0) \quad (5)$$

Denklem 4 ve 5'te Δx_j , bağımsız değişkenlerde meydana gelen değişiklikleri tanımlarken, “+” ve “-” işaretleri bağımsız değişkenlerde meydana gelen pozitif ve negatif şokları tanımlamaktadır. Değişkenler arasındaki kısa ve uzun dönemdeki ilişki NARDL yöntemi ile denklem 6'te gösterilmiştir.

$$\begin{aligned} \Delta LCO2_t = & \alpha + \omega LCO2_{t-1} + \gamma LENER_{t-1} + \varphi LGDP_{t-1} + \phi_1^+ LPET_{t-1}^+ + \phi_1^- LPET_{t-1}^- + \\ & \vartheta LYEN_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \mu_i \Delta LCO2_{t-1} + \sum_{i=0}^q \gamma_i \Delta LENER_{t-1} + \sum_{i=0}^q \varphi_i \Delta LGDP_{t-1} + \\ & \sum_{i=0}^q \pi_{1,i}^+ \Delta LPET_{t-i}^+ + \sum_{i=0}^q \pi_{1,i}^- \Delta LPET_{t-i}^- + \sum_{i=0}^q \vartheta_i \Delta LYEN_{t-1} + t + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (6)$$

Denklem 6'da $\omega, \gamma, \varphi, \phi_1^+, \phi_1^-, \vartheta, \mu, \pi_{1,i}^+, \pi_{1,i}^-$ simgeleri değişkenlerin katsayılarını ifade ederken, ε_t hata terimini, Δ simgesi fark operatörünü, $q, p - 1$, ise bağımlı ve bağımsız değişkenlerin gecikme uzunluklarını temsil eder. Ayrıca denklem 6'da ifade edilen model, CO2 emisyonu ile petrol fiyatlarının pozitif ve negatif unsurları, kişi başına düşen gelir, enerji tüketimi ve yenilenebilir elektrik üretimi arasındaki eşbütünleşme ilişkisini test etmektedir. Denklem 6 aynı zamanda kısa dönem ve uzun dönem asimetriklerin varlığını göstermektedir. Eşbütünleşme ilişkisinin varlığını H_0 hipotezinin F-testi ile sınanmasıyla belirlenir.

$$H_0 \text{ hipotezi; } \omega = \gamma = \varphi = \phi_1^+ = \phi_1^- = \vartheta = 0 \quad (7)$$

Şeklinde oluşmaktadır. Uygulanan F-testi sonucu ulaşılan F - istatistiği Pesaran vd. (2001) tarafından oluşturulan tabloda kritik değer ile karşılaştırarak eşbütünleşme ilişkisi belirlenmektedir. Petrol fiyatlarının pozitif şokları ve negatif şokları, kişi başına düşen gelir, enerji tüketimi ve yenilenebilir elektrik üretiminin karbondioksit emisyonu üzerinde uzun dönem katsayıları aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$\gamma_{LENER} = \frac{-\gamma}{\omega}, \varphi_{LGDP} = \frac{-\varphi}{\omega}, \phi_{1,LPET}^+ = \frac{-\phi_1^+}{\omega}, \phi_{1,LPET}^- = \frac{-\phi_1^-}{\omega} \text{ ve } \vartheta_{LYEN} = \frac{-\vartheta}{\omega} \quad (8)$$

Denklem 5'te uzun dönem petrol fiyatları ile karbondioksit değişkenleri arasında uzun ve kısa dönem asimetrinin varlığı standart Wald testi ile sınanmaktadır. Uzun dönem asimetri için $\frac{-\phi_1^+}{\omega} = \frac{-\phi_1^-}{\omega}$, kısa dönem asimetri $\sum_{i=0}^q \pi_{1,i}^+ = \sum_{i=0}^q \pi_{1,i}^-$ şeklinde H_0 hipotezi oluşturularak sınanmaktadır. Uzun dönem ya da kısa dönem asimetri için hipotezi reddedilmesi değişkenler arasında asimetrik ilişkinin varlığını göstermektedir (Sağlam ve Yamak, 2021).

4. Veri Seti ve Ampirik Uygulama Sonuçları

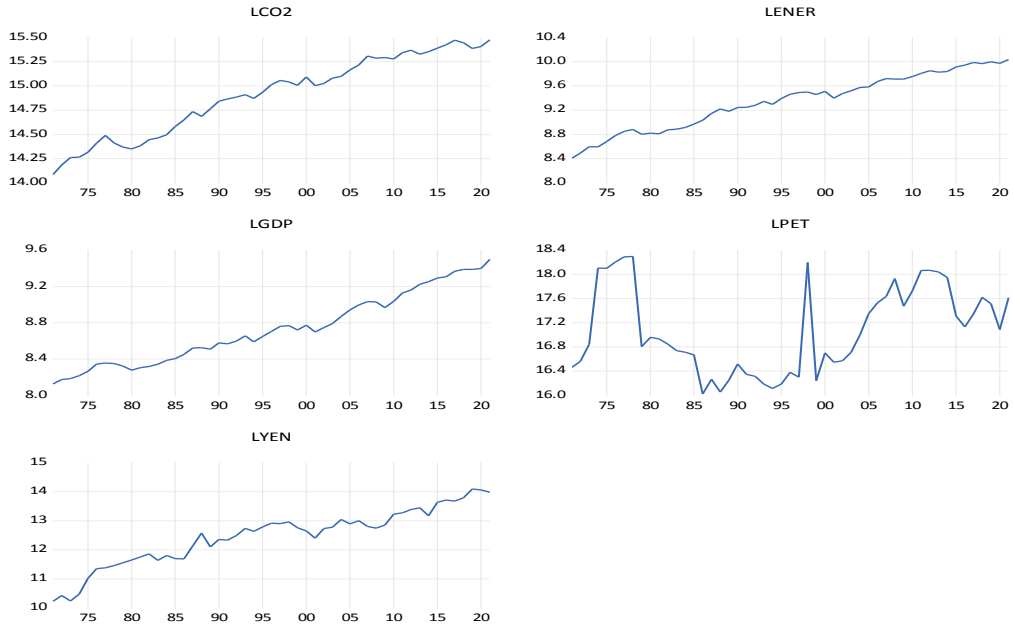
4.1. Veri Seti ve Birim Kök Testi Sonuçları

Çalışmada değişkenler arasında asimetrik ilişkiyi tespit eden doğrusal olmayan ARDL (NARDL) yöntemi uygulanmıştır. Çalışmada bağımlı değişken olarak kişi başına düşen CO2 emisyonu kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan bağımsız değişkenler, kişi başına düşen enerji tüketimi, kişi başına düşen gelir, petrol fiyatları ve yenilenebilir elektrik üretimidir. Türkiye için yapılan araştırmada kurulan modelde kullanılan değişkenlere ait veriler 1971-2021 yıllarını kapsamakta ve yıllık olarak kullanılmıştır. Çalışmada, verilerde ortak olarak en ulaşılabilir eski tarih olarak 1971 yılının olması, 1971-2021 yılları arası dönemi seçmemize neden olmuştur. Ayrıca değişkenlerin logaritması alınmıştır. Değişkenlere ait bilgiler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Değişken Tanımları

Değişken	Kısaltma	Veri Türü	Veri Kaynağı
<i>Kişi Başına Düşen Karbon Salınımı</i>	CO2	Fosil yakıtlardan ve endüstriden kaynaklanan karbondioksit (CO ₂) emisyonları	Our World in Data
<i>Kişi Başına Enerji Tüketimi</i>	ENER	Kişi Başına Kilovat Saat	Our World in Data
<i>Kişi başına düşen gelir</i>	GDP	Sabit 2015 ABD doları	World Bank
<i>Petrol Fiyatları</i>	PET	Metreküp Başına Mevcut ABD doları	Energy Institute
<i>Yenilenebilir Elektrik Üretimi</i>	YEN	Teravat Saat	Our World in Data

Çalışmada kullanılan değişkenlerin 1971-2021 yılları arasındaki görünümü Şekil 1'de gösterilmektedir.

**Şekil 1.** Değişkenlerin Grafik Gösterimi

Değişkenlerin grafiklerini gösteren Şekil (1) incelendiğinde petrol fiyatları haricinde değişkenlerin yükselen görüntüsü dikkat çekmektedir. Petrol fiyatlarında ise dalgalı bir seyir görülmektedir. Ham petrolün varil fiyatı 1985 yılından önce yüksekken, 1985 yılından sonra neredeyse yarı fiyatına hızlı bir şekilde düşmüştür. 1990'lardan sonra ise Körfez Savaşı'nın etkisi görülmektedir. Ayrıca ABD ve Çin'in petrol talebinin azalması sonucu petrol üretimini azalmıştır. Petrol talebinin azalmasının yanında ABD dolarının zayıflaması ve 2003 yılında ABD'nin Irak işgalinden dolayı da petrol üretimi yavaşlayarak, petrol fiyatlarında ani bir artışa neden olmuştur. Bu artış trendi 2008 yılına kadar sürmüştür. Son olarak 2008 Mortgage Krizi dönemlerinde ise petrol fiyatı dalgalı bir seyir izlemiştir (Altıntaş, 2016).

Tablo 2. Değişkenlerin Tanımlayıcı İstatistikleri

	<i>LCO2</i>	<i>LENER</i>	<i>LGDP</i>	<i>LPET</i>	<i>LYEN</i>
<i>Ortalama</i>	14.901	9.341	8.730	17.074	12.458
<i>Medyan</i>	15.003	9.398	8.694	16.933	12.735
<i>Maksimum</i>	15.476	10.035	9.498	18.294	14.095
<i>Minimum</i>	14.085	8.404	8.125	16.021	10.229
<i>Standart Hata</i>	0.410	0.457	0.389	0.711	0.980
<i>Çarpıklık</i>	-0.295	-0.253	0.346	0.274	-0.518
<i>Basıklık</i>	1.805	1.953	1.963	1.736	2.748
<i>Jarque-Bera</i>	3.776	2.872	3.303	4.030	2.416
<i>Olasılık</i>	0.151	0.237	0.191	0.133	0.298
<i>Toplam</i>	759.998	476.418	445.251	870.807	635.371
<i>Std. Hat. Toplam</i>	8.420	10.453	7.586	25.326	48.036
<i>Gözlem Sayısı</i>	51	51	51	51	51

Tablo 2 incelendiğinde yenilenebilir elektrik üretimi ile petrol fiyatlarının standart sapmasının yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum yenilenebilir elektrik üretimi ve petrol fiyatlarının şoklara daha duyarlı olduğunu göstermektedir. Jarque-Bera istatistiklerinin olasılıkları incelendiğinde tüm değişkenlerimizin normal dağılım gösterdiği görülmektedir. Basıklık değerinde ise yenilenebilir elektrik üretiminin değeri en yüksek değere sahiptir. Bunun anlamı ortalama etrafında yığıldığını göstermektedir. Çarpıklık değerleri ise asimetrik dağılıma sahip olduğunu gösterir.

Tablo 3. Korelasyon Matrisi

<i>Korelasyon</i>	<i>LCO2</i>	<i>LENER</i>	<i>LGDP</i>	<i>LPET</i>	<i>LYEN</i>
<i>LCO2</i>	1				
<i>LENER</i>	0.995	1			
<i>LGDP</i>	0.965	0.974	1		
<i>LPET</i>	0.227	0.228	0.333	1	
<i>LYEN</i>	0.950	0.970	0.931	0.135	1

Tablo 3'te korelasyon matrisi görülmektedir. Korelasyon matrisi incelendiğinde ise kişi başına düşen karbon emisyonu üzerinde kişi başına düşen enerji kullanımı, kişi başına düşen gelir ve yenilenebilir elektrik üretimi arasında yüksek bir korelasyon vardır.

Tablo 4. BDS İstatistikleri

<i>BDS İstatistiği</i>	<i>Uzay Boyutu=m</i>				
<i>Değişkenler</i>	<i>m=2</i>	<i>m=3</i>	<i>m=4</i>	<i>m=5</i>	<i>m=6</i>
<i>LCO2</i>	0.190***	0.322***	0.417***	0.483***	0.529***
<i>LENER</i>	0.195***	0.330***	0.423***	0.490***	0.540***
<i>LGDP</i>	0.181***	0.300***	0.375***	0.424***	0.459***
<i>LPET</i>	0.097***	0.170***	0.193***	0.205***	0.204***
<i>LYEN</i>	0.179***	0.302***	0.390***	0.457***	0.509***

Not: ***, **, ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 düzeyde istatistiksel olarak anlamlılığı göstermektedir. Hata terimlerinin boş hipotezi reddedilmiş olup serilerin doğrusal yapıda olmadığını gösterir.

Tablo 4'te BDS istatistikleri yer almaktadır. BDS testi Brock, Dechert ve Scheinkman (1987) tarafından serilerin ortalamada doğrusal olmayan yapılarını belirlemek amacıyla geliştirilmiştir. Test sonuçlarına göre serilerin benzer dağılımlı ve bağımsız olduğu sonucu p değerleri sırasıyla %1 düzeylerinde reddedilmiştir. Böylece seriler doğrusal olmayan yapıya sahiptir.

Tablo 5. ADF ve PP Birim Kök Test Sonuçları

	Değişken	Düzye		Birinci Fark	
		Sabit	Sabit ve Trend	Sabit	Sabit ve Trend
ADF	LCO2	-1.689	-2.624	-6.562***	-6.572***
	LENER	-1.741	-3.435	-7.572***	-7.677***
	LGDP	0.678	-1.778	-6.690***	-6.789***
	LPET	-2.045	-2.874	-9.751***	-9.644***
	LYEN	-1.741	-3.151	-7.961***	-7.972***
PP	LCO2	-2.101	-2.736	-7.097***	-7.548***
	LENER	-1.941	-3.470	-7.646***	-7.841***
	LGP	1.106	-1.832	-6.675***	-6.999***
	LPET	-2.803	-2.869	-9.751***	-9.644***
	LYEN	-1.971	-2.966	-8.440***	-8.667***

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

Tablo 5'te Dickey ve Fuller (1979) tarafından geliştirilen ADF Birim Kök testi ile Phillips ve Perron (1988) tarafından geliştirilen PP Birim Kök testlerinin sonuçları gösterilmektedir. Test sonuçlarına göre değişkenlerin tümü ADF ve PP birim kök testlerinde düzeyde durağan değildir. Ancak serilerin birinci farkı alındığında tüm değişkenler ADF ve PP birim kök testlerinde %1 anlamlılık düzeyinde durağan görünmektedir.

4.2. NARDL Model Tahmini Sonuçları

ADF ve PP birim kök testleri sonucunda serilerinin düzeyde durağan olmadığı ancak birinci farkta durağan I (1) olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Böylece bağımlı değişkenin I (1) ve bağımsız değişkenlerin I (1) olduğu serilere asimetric ARDL (NARDL) yaklaşımının uygulanma şartları sağlanmaktadır. Aşağıdaki NARDL modeli tahmin sonuçları gösterilmektedir.

Tablo 6. NARDL Eşbütünleşme Testi Sonuçları

NARDL (4, 3, 2, 4, 0, 0)				Test İstatistiği			Sonuç
$k=4, m=4, n=50$							
F Değeri				15.040***			Eşbütünleşme Var
Anlamlılık Değeri	1%	5%		10%			
Alt-Üst Sınır	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)	
Kritik Değer	3.06	4.15	2.39	3.73	2.08	3	

Not: ***, %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlam seviyesini göstermektedir. k bağımsız değişken sayısını gösterirken m maksimum gecikme uzunluğunu gösterir. n ise gözlem sayısını göstermektedir.

Modelimiz için yapılan eşbütünleşme testinde F değeri 15.04'tür. Anlamlılık değerleri içinde yer alan %1, %5 ve %10 için kritik değerleri incelendiğinde bulduğumuz sonuç %1 değeri için üst sınır olan 4.15'ten büyüktür. F değerinin üst sınırından büyük olması eşbütünleşme ilişkisinin kabul edilmesi anlamına gelmektedir. Sonuç olarak kullanılan değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi olduğu kabul edilmektedir

Tablo 7. NARDL Test Sonuçları

Değişkenler	Katsayı	T-İstatistik	Olasılık
Uzun Dönem Tahminler			
C	3.364***	3.328	0.002
LCO2 _{t-1}	-0.762***	-5.346	0.000
LENER _{t-1}	1.220***	6.231	0.000
LGDP _{t-1}	-0.123	-1.401	0.172
LPET ⁺ _{t-1}	-0.035***	-3.867	0.000
LPET ⁻ _t	-0.020**	-2.193	0.037
LYEN	-0.178***	-7.958	0.000
Kısa Dönem Tahminler			
Δ LCO2 _{t-1}	-0.008	-0.074	0.940
Δ LCO2 _{t-2}	-0.089***	-3.695	0.001
Δ LCO2 _{t-3}	-0.054***	-3.848	0.000
Δ LENER	0.835***	6.088	0.000
Δ LENER _{t-1}	-0.295**	-2.474	0.019
Δ LENER _{t-2}	-0.190**	-2.410	0.023
Δ LGDP	0.345**	2.621	0.014
Δ LGDP _{t-1}	0.310**	2.623	0.014
Δ LPET ⁺	-0.017	-1.566	0.128
Δ LPET ⁻	-0.007	-0.567	0.575
Δ LPET ⁺ _{t-1}	-0.000	-0.072	0.942
Δ LPET ⁺ _{t-2}	-0.028*	-1.871	0.072
Uzun Dönem ve Kısa Dönem Asimetri Testi: Wald İstatistiği			
Dönem	Katsayı	Prob Değeri	
W _{LR}	13.436***	0.001	
W _{SR}	1.265	0.215	
Diagnostik Testler			
Tanısal Testler	Test Değeri	Prob. Değeri	
LM Testi	0.656	0.720	
Breusch-Pagan-Godfrey Testi	15.936	0.597	
ARCH Testi	2.022	0.155	
Dağılım Testi	0.341	0.843	
Ramsey Testi	0.256	0.616	

Not: ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılığı göstermektedir. NARDL modelinin belirlenmesinde maksimum gecikme uzunluğu verilerin yıllık olması nedeniyle 4 alınmıştır. Ayrıca modelde uygun gecikme uzunluğu AIC kriterine göre karar verilmiştir. Wald testinde uzun dönem asimetriyi tanımlarken kısa dönem asimetriyi göstermektedir. Wald testi uzun dönem asimetrik ilişkiyi göstermekte olup, modelde kısa dönemli asimetrik ilişki sonucuna ulaşamamıştır. Normal dağılım için Jarque-Bera dağılım testi uygulanmıştır. Otokorelasyonu test etmek amacıyla Breusch-Godfrey LM testi uygulanırken değişen varyans için ARCH ve Breusch-Pagan-Godfrey Testi ve son olarak spesifikasyon hatası içinse Ramsey Reset testi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlarda modelde otokorelasyon olmadığını, hata terimlerinin normal dağıldığını, değişen varyansın olmadığını ve modelde spesifikasyon hatasının olmadığını göstermektedir.

Tablo 7'deki sonuçları tartışmadan önce uzun dönemli asimetrik ilişki için kullanılan Wald Testi sonucunu değerlendirmek gerekmektedir. Wald testi sonuçları, 13.436 olup istatistiksel olarak anlamlıdır. Buradan hareketle uzun dönemde petrol fiyatları ile CO2 salınımı arasında asimetrik ilişki kabul edilmektedir. Asimetrik ilişki olduğu için doğrusal ARDL yönteminin kullanılması spesifikasyon hatasına neden olabilir (Altıntaş, 2016).

Tablo 7'de değişkenlerin uzun dönem bir gecikmeli değerlerinin asimetrik ilişkisi görülmektedir. Ayrıca petrol fiyatlarının negatif ve pozitif etkileri görülmektedir. Tablo 7 incelendiğinde kişi başına düşen gelirin etkisi istatistiksel olarak anlamsız çıkmıştır. Petrol fiyatlarının pozitif şokları CO2 salınımını azaltmaktadır, negatif şoklar ise arttırmaktadır. Negatif şokun katsayısının negatif olmasına rağmen arttırması şu şekilde yorumlanmaktadır. Negatif şokların verileri negatiftir. Bu yüzden önünde katsayı işareti ile ters yorumlanması gerekmektedir. Enerji kullanımı ise CO2 salınımı arttırmakta olup yenilenebilir enerji üretiminin artması CO2 salınımı azaltmaktadır. Ayrıca Tablo 7'de görülen kısa dönem katsayılar, gecikmeli değerlerin CO2 salınımına etkileri görülmektedir.

Tablo 8. NARDL Modeli Uzun Dönem Katsayı Sonuçları

<i>Değişkenler</i>	<i>Katsayılar</i>	<i>T istatistikleri</i>	<i>Olasılıklar</i>
<i>LENER</i>	1.599***	14.931	0.000
<i>LGDP</i>	-0.162	-1.624	0.115
<i>LPET⁺</i>	-0.046**	-2.650	0.013
<i>LPET⁻</i>	-0.027*	-1.803	0.082
<i>LYEN</i>	-0.234***	-4.720	0.000

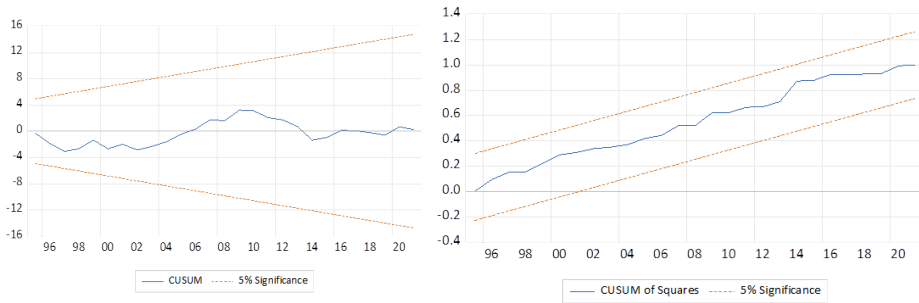
Not: Tabloda ***, ** ve * simgeleri sırasıyla %1, %5 ve %10 istatistiksel olarak anlamlılığı göstermektedir.

Tablo 8'de NARDL modeli tahmin sonuçlarında ise belirlediğimiz değişkenlerin CO2 salınımı üzerine uzun dönem etkileri görülmektedir. Test sonuçları incelediğinde sadece kişi başına düşen gelir istatistiksel olarak anlamsız çıkmıştır. Büyüme ile CO2 emisyonu arasında uzun dönemde ilişkinin olmaması literatürde de görülmektedir. (Soytaş ve Sari, 2009; Tunçsiper ve Uçar, 2017). Soytaş ve Sarı (2007), bu ilişkisizliği Türkiye'nin enerji üretiminde ortaya çıkan CO2 emisyonun, enerji tüketimi ile ortaya CO2 emisyonundan daha fazla olması ilişkilendirmiştir. Diğer değişkenler değerlendirildiğinde kişi başına düşen enerji kullanımı arttıkça kişi başına düşen CO2 salınımı artmaktadır. Enerji kullanımında %1'lik artış kişi başına düşen CO2 salınımını %1.59 arttırmaktadır. Bu sonuçtan hareketle Türkiye'de enerji kullanımı genellikle CO2 salınımı yapan fosil yakıtlar üzerinden sağlanan enerji üzerine olduğu görülmektedir. Bu sonuç bir diğer değişkenimiz olan yenilenebilir elektrik üretiminin sonuçları ile desteklemektedir. Yenilenebilir elektrik üretimi %1 arttığında kişi başına düşen CO2 salınımı %0.23 azalmaktadır. Böylece enerji üretiminde yenilenebilir elektrik üretiminin artması ile enerji kullanımında yenilenebilir enerjinin payı artacaktır ve böylece enerji kullanımının CO2 salınımı üzerine etkisi olumlu olacaktır. Ulaştığımız sonuçlar literatürdeki bazı çalışmalarla uyumludur (Balaguer ve Cantavella, 2016; Bashiri Behmiri ve Pires Manso, 2012; Katircioglu, 2017; Maji vd., 2020; Mensah vd., 2019; Muhtaba ve Jena, 2021; Rasheed vd., 2022; Shanthini, 2012; Vielle ve Viguer, 2007).

Petrol fiyatlarının uzun dönemde CO2 salınımı üzerinde asimetrik etkisi pozitif şoklarda ve negatif şoklarda değişmektedir. Petrol fiyatlarındaki pozitif şoklar kişi başına düşen CO2

salınımını azaltmaktadır. Petrol fiyatlarındaki %1'lik artış kişi başına düşen CO2 salınımını %0.046 azaltmaktadır. Bunun nedeni ise Türkiye'nin enerji ithalatçısı olmasıdır. Petrol fiyatlarındaki artış tüketimi düşürmektedir. Bunun üzerine tüketimin azalmasıyla CO2 salınımını azaltmaktadır. Petrol fiyatlarındaki negatif şoklar ise CO2 salınımı arttırmaktadır. Petrol fiyatlarındaki negatif şokların katsayısının işareti negatif olmasına rağmen pozitif şekilde değerlendirilmeye yapılmaktadır. Çünkü petrol fiyatlarındaki negatif şokları gösteren seri negatif değerlerden oluşmaktadır. Sonuç olarak petrol fiyatlarında meydana gelen negatif şoklar CO2 salınımını arttırmaktadır. Petrol fiyatlarının pozitif şoklarında olduğunun tersine petrol fiyatlarının azalması, enerji tüketimini arttırması ile kişi başına düşen CO2 salınımı artmaktadır. Petrol fiyatlarında negatif şoklarda meydana gelen %1'lik artış, CO2 salınımını %0.027 arttırmaktadır. Petrol fiyatlarındaki negatif şokların etkisi pozitif şoklardan daha büyüktür. Bu yüzden petrol fiyatındaki negatif şoklar ile pozitif şokların kişi başına düşen CO2 salınımı üzerine petrol fiyatlarındaki negatif şoklar daha etkilidir. Buradan hareketle Türkiye'nin gelişmekte olan bir ülke olduğu için enerji kullanımı yüksektir. Bu yüzden negatif etkilerin tüketimi uyarması ile enerji tüketimine artmakta ve enerji tüketimi CO2 salınımına neden olmaktadır. Türkiye enerji kullanımından taviz vermesi büyümeyi olumsuz etkileme tehlikesi barındırmaktadır. Ancak sürdürülebilir büyümenin de oldukça önemli olduğu bu dönemde yenilenebilir elektrik üretiminin artırılması ile hem enerji tüketiminde bir taviz verilmemesi hem de çevreci bir yaklaşımla, doğayla barışık, iklim değişikliğini dikkate alan bir büyüme elde edebilir.

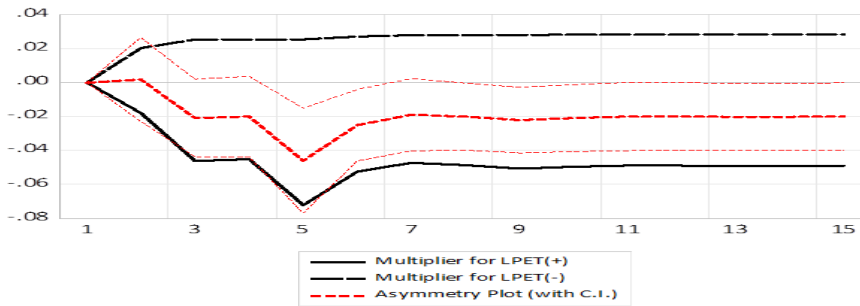
Asimetrik ARDL modelinde katsayıların istikrarını test etmek için CUSUM ve CUSUMSQ grafikleri incelenmektedir. CUSUM ve CUSUMSQ grafikleri Grafik 2'de gösterilmektedir. Grafiklere göre, tahminimiz kararlı olmakta ve hiçbir kırılım göstermemektedir. CUSUM ve CUSUMSQ grafiklerinden uzun dönem katsayılarının istikrarlı olduğu sonucuna ulaşılmaktadır (Brown vd., 1975).



Grafik 2. CUSUM ve CUSUMSQ Grafikleri

Grafik 3'te ise Dinamik Çarpan Etki Grafikleri görülmektedir. Dinamik Çarpan Etki Grafikleri, bize asimetrik etkiye sahip değişkenin uğradığı şokların geçirdiği evrimi izlememize ve yeni dengeye ulaşma sürecini gösterir (Fousekis vd., 2016). Grafikte sürekli siyah çizgiler petrol fiyatlarının pozitif şoklara CO2 salınımının tepkisini, kesikli olan petrol fiyatlarının negatif şoklara CO2 salınımının

tepkisini göstermektedir. Kalın kırmızı kesikli çizgi ise asimetrik eğrisi olup, ince kırmızı çizgilerin arasında olması %95 güven aralığında uzun dönemde petrol şoklarının CO2 salınımı üzerine anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Grafik daha önce ulaştığımız Wald testi sonuçlarını desteklemektedir. Asimetrik etkinin olduğu Grafik 3'te görülmektedir. Grafik 3'ten hareketle petrol fiyatındaki negatif şoklar, petrol fiyatlarındaki pozitif şoklara göre CO2 salınımı üzerinde etkisi daha büyüktür. Petrol fiyatındaki pozitif şokların CO2 salınımı üzerine etkisi kısa dönemde etkilerini gösterip daha sonra durağanlaşmaktadır. Ancak petrol fiyatındaki negatif şokların CO2 salınımı üzerine etkisini hem kısa dönemde hem de uzun dönemde etkisini ortaya koymaktadır. Dinamik Çarpan Etki grafiğinden ulaştığımız sonuçlar ile uyguladığımız NARLD modeli ile ulaştığımız sonuçlar birbirleriyle örtüşmekte ve modelimizi doğrulamaktadır.



Grafik 3. Dinamik Çarpan Etki Grafikleri

5. SONUÇ

Petrol fiyatlarının çevresel etkisi oldukça farklılık göstermektedir. İlk olarak; petrol fiyatları yenilenebilir enerji üretimi ve tüketimini etkileyecektir. Bu açıdan CO2 emisyonu ile doğrudan ilişkili olacaktır. Diğer bir deyişle petrol fiyatları, yakıldığında atmosfere karbon yayan fosil yakıtlardan olan petrol kullanımı yerine, çevresel bozulmaya yol açmayan yenilenebilir enerji kaynaklarına doğru geçiş sağlayabilir. İkinci olarak; petrol fiyatlarının artması ile fosil yakıt tüketimi azalacaktır. Yakıt ihtiyacı nedeniyle temiz enerji için yapılan araştırma ve geliştirme (AR-GE) faaliyetlerini tetikleyebilir. Son olarak; fosil yakıt fiyatları CO2 emisyonu üzerinde belirleyici etkide olup hedeflenen temiz enerji hedeflerini destekleyebilir ya da tehlikeye atabilir.

Petrol fiyatlarının CO2 emisyonuna etkisi ile ülkelerin petrol ihracatçısı ve petrol ithalatçısı olmasına göre değişkenlik göstermektedir. Enerji fiyatları, enerji üretim ve tüketimini etkilemektedir. Böylece enerji fiyatları enerji kullanımını etkileyip CO2 emisyonu üzerinde etkili olmaktadır. Enerji ithalatçısı ülkeler için petrolün de içinde bulunduğu enerji fiyatları düştüğünde enerji tüketimi artmaktadır. Enerji tüketiminin artması ile CO2 emisyonun artacağı öne sürülmektedir. Enerji fiyatlarının artması ise tam tersi bir etki yaratacaktır. Özetle petrol ithalatçısı ülkelerde petrol fiyatı ile CO2 emisyonu arasında negatif ilişki beklenmektedir. Petrol ihracatçısı ülkeler içinse petrol fiyatlarının artması

enerji üretimini arttırmaktadır. Enerji üretimi arttıkça CO2 emisyonu da artmaktadır. Böylece petrol ihraç ülkeler için petrol fiyatları ile CO2 emisyonu arasında pozitif ilişki beklenmektedir.

Bu çalışmada 1971-2021 dönemi için Türkiye’de petrol fiyatlarının CO2 emisyonu üzerinde asimetrik etkiyi ortaya koyan NARDL yöntemi ile araştırılmıştır. Çalışmada petrol fiyatları ve CO2 emisyonu yanında kişi başına düşen enerji tüketimi, kişi başına düşen gelir ile yenilenebilir elektrik üretimi bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Çalışmada NARDL eşbütünleşme yönteminin kullanılma nedeni hem kısa hem uzun dönemde asimetrik ilişkinin araştırılmasına olanak vermesi ve petrol fiyatındaki negatif ile pozitif şokların CO2 emisyonuna etkisinin ne yönde olduğunu göstermesidir. Wald testinin sonuçları incelediğimizde kısa dönemde bir asimetrik ilişkiden söz edemesek bile uzun dönemde asimetrik ilişkinin olduğunu kabul etmemiz ile doğrusal ARDL yöntemi yerine NARDL yönteminin kullanmanın daha doğru sonuçlara ulaşılacağını göstermiştir.

Test sonuçları incelediğinde kullanılan değişkenler içinde sadece kişi başına düşen gelir istatistiksel olarak anlamsız çıkmıştır. İstatistiksel olarak anlamlı olan değişkenler incelendiğinde, kişi başına düşen enerji kullanımı arttıkça kişi başına düşen CO2 salınımı artmaktadır. Enerji kullanımında %1’lik artış kişi başına düşen CO2 emisyonunu %1.59 arttırmaktadır. Bu sonuçtan hareketle Türkiye’de enerji kullanımı genellikle CO2 salınımı yapan fosil yakıtlar üzerinden sağlanan enerji üzerine olduğu görülmektedir. Bu sonuç bir diğer değişkenimiz olan yenilenebilir elektrik üretiminin sonuçları ile desteklemektedir. Yenilenebilir elektrik üretimi %1 arttığında kişi başına düşen CO2 salınımı %0.23 azalmaktadır. Böylece enerji üretiminde yenilenebilir elektrik üretiminin artması ile enerji kullanımında yenilenebilir enerjinin payı artacaktır ve böylece enerji kullanımının CO2 salınımı üzerine etkisi olumlu olacaktır. Bu açıdan bakıldığında yenilenebilir enerji üretimi Türkiye için stratejik öneme sahip bir alan olmaktadır. Yenilenebilir enerji üretimi ile Türkiye enerji ithalatçısı olduğu için hem enerjide dışa bağımlılığını azaltacak hem de büyümek için kullandığı enerji ile dünyanın karşı karşıya kaldığı ekolojik krizle mücadele gücü artacaktır. Çünkü Türkiye, iklimsel değişikliklerden oldukça fazla etkilenecek ülkelerden biri olarak görülmektedir.

Petrol fiyatlarının uzun dönemde CO2 üzerinde asimetrik etkisi ise şoklara göre değişmektedir. Petrol fiyatlarında meydana gelecek pozitif şoklar kişi başına düşen CO2 emisyonunu azaltmaktadır. Petrol fiyatlarındaki %1’lik artış kişi başına düşen CO2 emisyonunu %0.046 azaltmaktadır. Bunun nedeni ise Türkiye’nin enerji ithalatçısı olmasıdır. Petrol fiyatlarındaki artış tüketimi düşürmektedir. Bunun üzerine tüketimin azalmasıyla CO2 emisyonu azaltmaktadır. Petrol fiyatlarındaki negatif şoklar ise CO2 emisyonunu arttırmaktadır. Petrol fiyatlarındaki negatif şokların katsayısının işareti negatif olmasına rağmen pozitif şekilde değerlendirme yapılmaktadır. Çünkü petrol fiyatlarındaki negatif şokları gösteren seri negatif değerlerden oluşmaktadır. Sonuç olarak petrol fiyatlarında meydana gelen negatif şoklar CO2 salınımını arttırmaktadır. Petrol fiyatlarının pozitif şoklarında olduğunun tersine petrol fiyatlarının azalması, enerji tüketimini arttırması ile kişi başına düşen CO2 salınımı artmaktadır. Petrol fiyatlarında negatif şoklarda meydana gelen %1’lik artış, CO2 salınımını %0.027 arttırmaktadır. Elde ettiğimiz sonuçlara göre politika önerileri;

Mevcut kapitalizm sisteminin yıkıcılığı görmezden gelinmemelidir. Bu yüzden devlet müdahalesi ile fosil yakıt tüketimi aşamalı olarak vergilendirerek fiyatı arttırılmalıdır.

Kapitalizm 'in neden olduğu aşırı kar güdüsü doğayı tahrip etmektedir. Bu yüzden kapitalizmin kendi başına ekolojik krize çözüm üretmesi imkansızdır. Böylece kapitalist bir üretim, tüketim ve dağıtım biçiminin daha adil ve toplumcu şekilde yeniden düzenlenmelidir. Böyle bir değişimin amacı, daha organik ve sürdürülebilir bir toplum oluşturmaktadır.

Fosil yakıtların tüketimi kontrol altına alınmalıdır. Bu açıdan Türkiye fosil yakıt tüketimini zorlaştırmalıdır. Aynı zamanda yenilenebilir enerji ithalatı teşvik edilmeli, konutlarda dahil tüm alanlarda yenilenebilir enerji kullanımını desteklemelidir.

Türkiye petrol ithalatçısı olması nedeniyle petrol fiyatlarındaki değişimlere karşı oldukça savunmasızdır. Bu yüzden fosil yakıt üretimi yerine yenilenebilir enerji üretimine yönelmesi gerekmektedir. Türkiye devlet kanalından bir taraftan yenilenebilir enerji üretimine yatırım yaparken, yenilenebilir enerji kullanımı teşvik edecek destekler vermelidir.

Son olarak Türkiye birçok yenilenebilir enerji kaynağı bakımından zengindir. Bu yüzden yenilenebilir enerji kullanımının kaynaklarından elde edilen enerji türlerinin çeşitlendirilmesi gerekmektedir. Güneş enerjisi, rüzgâr panelleri gibi birçok alanda yatırımlar teşvik edilip, desteklenmelidir.

Kaynakça

- Abumunshar, M., Aga, M., & Samour, A. (2020). Oil Price, Energy Consumption, and CO2 Emissions in Turkey. New Evidence from a Bootstrap ARDL Test. *Energies*, 13(21), 5588. <https://doi.org/10.3390/en13215588>
- Adebayo, T. S., Ullah, S., Kartal, M. T., Ali, K., Pata, U. K., & Ağa, M. (2023). Endorsing sustainable development in BRICS: The role of technological innovation, renewable energy consumption, and natural resources in limiting carbon emission. *Science of The Total Environment*, 859, 160181. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160181>
- Afsal, M. Ş., Doğan, İ., Örün, E., & Aydın, B. (2018). Enflasyonun Stokastik Belirleyicileri: Türkiye Ekonomisi İçin Bir NARDL Yaklaşımı. *Journal of Life Economics*, 5(4), 57-74. <https://doi.org/10.15637/jlecon.261>
- Agbanike, T. F., Nwani, C., Uwazie, U. I., Anochiwa, L. I., Onoja, T.-G. C., & Ogbonnaya, I. O. (2019). Oil price, energy consumption and carbon dioxide (CO2) emissions: Insight into sustainability challenges in Venezuela. *Latin American Economic Review*, 28(1), 8. <https://doi.org/10.1186/s40503.019.0070-8>
- Ali, M., Tursoy, T., Samour, A., Moyo, D., & Konneh, A. (2022). Testing the impact of the gold price, oil price, and renewable energy on carbon emissions in South Africa: Novel evidence from bootstrap ARDL and NARDL approaches. *Resources Policy*, 79, 102984. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.102984>
- Alley, I. (2016). Oil price volatility and fiscal policies in oil-exporting countries. *OPEC Energy Review*, 40(2), 192-211. <https://doi.org/10.1111/opec.12074>
- Altemur, N. (2023). Petrol Fiyatları ve Makroekonomik Değişkenler Arasındaki İlişki: Türkiye Örneği. *Malatya Turgut Özal Üniversitesi İşletme ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 4(1), 67-77.
- Altıntaş, H. (2016). Petrol Fiyatlarının Gıda Fiyatlarına Asimetrik Etkisi: Türkiye İçin NARDL Modeli Uygulaması. *Journal of Management and Economics Research*, 14(4), 1-24. <https://doi.org/10.11611/yead.234720>

- Antonakakis, N., Chatziantoniou, I., & Filis, G. (2014). Dynamic spillovers of oil price shocks and economic policy uncertainty. *Energy Economics*, 44, 433-447. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.05.007>
- Aydın, L., & Acar, M. (2011). Economic impact of oil price shocks on the Turkish economy in the coming decades: A dynamic CGE analysis. *Energy Policy*, 39(3), 1722-1731. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.12.051>
- Balaguer, J., & Cantavella, M. (2016). Estimating the environmental Kuznets curve for Spain by considering fuel oil prices (1874–2011). *Ecological Indicators*, 60, 853-859. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.08.006>
- Bashiri Behmiri, N., & Pires Manso, J. R. (2012). Crude oil conservation policy hypothesis in OECD (organisation for economic cooperation and development) countries: A multivariate panel Granger causality test. *Energy*, 43(1), 253-260. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.04.032>
- Bilgili, F., Mugaloglu, E., & Koçak, E. (2018,). The impact of oil prices on CO2 emissions in China: A Wavelet coherence approach [MPRA Paper].
- Blazquez, J., Martin-Moreno, J. M., Perez, R., & Ruiz, J. (2017). Fossil Fuel Price Shocks and CO₂ Emissions: The Case of Spain. *The Energy Journal*, 38(6), 161-176.
- Borzuei, D., Moosavian, S., & Ahmadi, A. (2022). Investigating the dependence of energy prices and economic growth rates with emphasis on the development of renewable energy for sustainable development in Iran. *Sustainable Development*, 30. <https://doi.org/10.1002/sd.2284>
- Boufateh, T. (2021). The environmental issue facing asymmetric oil price shocks and renewable energy challenges: Evidence from Tunisia. *Environmental Science and Pollution Research International*, 28(35), 48207-48221. <https://doi.org/10.1007/s11356.021.14114-y>
- Brown, R. L., Durbin, J., & Evans, J. M. (1975). Techniques for Testing the Constancy of Regression Relationships Over Time. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 37(2), 149-163. <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1975.tb01532.x>
- Burkett, P. (2001). Marx's Ecology and the Limits of Contemporary Ecosocialism. *Capitalism Nature Socialism*, 12(3), 126-133. <https://doi.org/10.1080/104.557.501101245036>
- Cavlak, O. D. (2022). A Nonlinear Autoregressive Distributed Lag (NARDL) Approach for U.S. Climate Policy Uncertainty Index, Renewable Energy Consumption, and Oil Prices. *Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 24(2), 757-776. <https://doi.org/10.26745/ahbvuibfd.1055390>
- Chai, J., Zhou, Y., Liang, T., Xing, L., & Lai, K. K. (2016). Impact of International Oil Price on Energy Conservation and Emission Reduction in China. *Sustainability*, 8(6), 1-17.
- Chaudhry, I. S., Azali, M., Faheem, M., & Ali, S. (2020). Asymmetric Dynamics of Oil Price and Environmental Degradation: Evidence from Pakistan. *Review of Economics and Development Studies*, 6(1), 1-12. <https://doi.org/10.47067/reads.v6i1.179>
- Çevik, S., Kartal, M., & Kiliç, E. C. (2017). Sanayi Sektöründe Petrol Tüketimi ve Petrol Fiyatlarının CO2 Emisyonu Üzerindeki Etkisi. *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19(4), 93-110.
- Demir, A. (2022). Paris Anlaşması ve 26. Taraflar Konferansı (COP 26)'nda Türkiye Değerlendirmesi: Yükümlülükler ve Sorumluluklar. *Biyolojik Çeşitlilik ve Koruma*, 15(2), 162-170. <https://doi.org/10.46309/biodicon.2022.108.8410>
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series With a Unit Root. *Journal of the American Statistical Association*, 74(366), 427-431. <https://doi.org/10.2307/2286348>
- Engle, R. F., & Granger, C. W. J. (1987). Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing. *Econometrica*, 55(2), 251-276. <https://doi.org/10.2307/1913236>

- Erdogan, S., Okumus, I., & Guzel, A. E. (2020). Revisiting the Environmental Kuznets Curve hypothesis in OECD countries: The role of renewable, non-renewable energy, and oil prices. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(19), 23655-23663. <https://doi.org/10.1007/s11356.020.08520-x>
- Haque, M. (2021). Oil price shocks and energy consumption in GCC countries: A system-GMM approach. *Environment, Development and Sustainability*, 23. <https://doi.org/10.1007/s10668.020.01027-y>
- Hatemi-J, A. (2012). Asymmetric causality tests with an application. *Empirical Economics*, 43(1), 447-456. <https://doi.org/10.1007/s00181.011.0484-x>
- Johansen, Søren. (1988). Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12(2), 231-254. [https://doi.org/10.1016/0165-1889\(88\)90041-3](https://doi.org/10.1016/0165-1889(88)90041-3)
- Johansen, Soren, & Juselius, K. (1990). Maximum Likelihood Estimation and Inference on Cointegration—With Applications to the Demand for Money. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 52(2), 169-210.
- Kartal, M. (2021). Umutsuzluk Çağında Yeni Bir Mücadele: Ekosozyalizm ve Ekosozyalist Devrim. *Akademik Hassasiyetler*, 8(16), 503-535.
- Kassouri, Y., Bilgili, F., & Kuşkaya, S. (2022). A wavelet-based model of world oil shocks interaction with CO2 emissions in the US. *Environmental Science & Policy*, 127, 280-292. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.10.020>
- Katircioğlu, S. (2017). Investigating the Role of Oil Prices in the Conventional EKC Model: Evidence from Turkey. *Asian Economic and Financial Review*, 7(5), 498-508.
- Kavaz, İ., & Kaya, B. (2023). Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme ve CO2 Emisyonu Arasındaki İlişkinin Analizi: ARDL Sınır Testi Yaklaşımı. *İşletme Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 6(2), 219-243. <https://doi.org/10.33416/baybem.1313504>
- Koh, W. C. (2017). Oil price shocks and macroeconomic adjustments in oil-exporting countries. *International Economics and Economic Policy*, 14(2), 187-210. <https://doi.org/10.1007/s10368.015.0333-z>
- Külünk, İ. (2018). Türkiye’de Ekonomik Büyüme ve Karbon Salınımı İlişkisi: Engle-Granger Eşbütünlük Analizi (1960 – 2013). *Journal of Management and Economics Research*, 16(1), 193-205. <https://doi.org/10.11611/yead.384784>
- Lei, H., Xue, M., Liu, H., & Ye, J. (2023). Price elasticity of CO2 emissions in China: A machine learning approach. *Sustainable Production and Consumption*, 36, 257-280. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.01.005>
- Leng Wong, S., 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. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.07.025>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135942>
- Löwy, M. (2005). What is ecosocialism? *Capitalism Nature Socialism*, 16(2), 15-24. <https://doi.org/10.1080/104.557.50500108237>
- Macdonald, B. J. (2004). William Morris and the vision of ecosocialism. *Contemporary Justice Review*, 7(3), 287-304. <https://doi.org/10.1080/102.825.8042000266013>
- Mahmood, H., Alkhateeb, T., Al-Qahtani, M., Allam, Z., Ahmad, N., & Furqan, M. (2020). Urbanization, Oil Price and Pollution in Saudi Arabia. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 10, 477-482. <https://doi.org/10.32479/ijeep.8914>
- Maji, I. K., Habibullah, M. S., & Saari, M. Y. (2020). Does oil price shocks mitigate sectoral CO2 emissions in Malaysia? Evidence from ARDL estimations. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 41(3), 633-640.
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138421>
- Malinauskaite, J., Jouhara, H., Egilegor, B., Al-Mansour, F., Ahmad, L., & Pusnik, M. (2020). Energy efficiency in the industrial sector in the EU, Slovenia, and Spain. *Energy*, 208, 118398. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118398>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.281>
- Mujtaba, A., & Jena, P. K. (2021). Analyzing asymmetric impact of economic growth, energy use, FDI inflows, and oil prices on CO2 emissions through NARDL approach. *Environmental Science and Pollution Research International*, 28(24), 30873-30886. <https://doi.org/10.1007/s11356.021.12660-z>
- Mukhtarov, S., Aliyev, F., Aliyev, J., & Ajayi, R. (2022). Renewable Energy Consumption and Carbon Emissions: Evidence from an Oil-Rich Economy. *Sustainability*, 15, 1-12. <https://doi.org/10.3390/su15010134>
- Naimoglu, M. (2023). The effect of energy prices, energy losses, and renewable energy use on CO2 emissions in energy-importing developing economies in the presence of an environmental Kuznets curve. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(20), 58755-58772. <https://doi.org/10.1007/s11356.023.26656-4>
- Nasir, M. A., Naidoo, L., Shahbaz, M., & Amoo, N. (2018). Implications of oil prices shocks for the major emerging economies: A comparative analysis of BRICS. *Energy Economics*, 76(C), 76-88.
- Nwani, C. (2017). Causal relationship between crude oil price, energy consumption and carbon dioxide (CO2) emissions in Ecuador. *OPEC Energy Review*, 41, 201-225. <https://doi.org/10.1111/opee.12102>
- Okwanya, I., Abah, P. O., Amaka, E.-O. G., Ozturk, I., Alhassan, A., & Bekun, F. V. (2023). Does carbon emission react to oil price shocks? Implications for sustainable growth in Africa. *Resources Policy*, 82(C).
- Ordu, S. (2022). Enerji Tüketimi, CO2 Salınımı ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye İçin ARDL Sınır Testi Yaklaşımı. *Ekonomi İşletme ve Maliye Araştırmaları Dergisi*, 4(1), 52-63. <https://doi.org/10.38009/ekimad.1065717>
- Pesaran, H., & Shin, Y. (1995). An Autoregressive Distributed Lag Modeling Approach to Co-integration Analysis. *Econometrics and Economic Theory in the 20th Century: The Ragnar Frisch Centennial Symposium*, 31. <https://doi.org/10.1017/CCOL052.163.3230.011>
- 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. <https://doi.org/10.1002/jae.616>
- Phillips, P. C. B., & Perron, P. (1988). Testing for a Unit Root in Time Series Regression. *Biometrika*, 75(2), 335-346. <https://doi.org/10.2307/2336182>
- Rasheed, M. Q., Haseeb, A., Adebayo, T. S., Ahmed, Z., & Ahmad, M. (2022). The long-run relationship between energy consumption, oil prices, and carbon dioxide emissions in European countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(16), 24234-24247. <https://doi.org/10.1007/s11356.021.17601-4>
- Rodriguez, M., & Pena-Boquete, Y. (t.y.). *Another look at CO2 emissions modelling: The role of energy prices in developed countries*.
- Sadorsky, P. (2009). Renewable energy consumption, CO2 emissions and oil prices in the G7 countries. *Energy Economics*, 31(3), 456-462.
- Sağlam, C., & Yamak, R. (2021). Türkiye'de Ekonomik Büyüme ve Gelir Dağılımı İlişkisi: NARDL Yaklaşımı. *Ekonomi ve İstatistik Dergisi*, 48(1), 1-15. <https://doi.org/10.26650/b/ss10.2021.013.30>

- Salim, R., & Rafiq, S. (2012). Why do some emerging economies proactively accelerate the adoption of renewable energy? *Energy Economics*, 34(4), 1051-1057.
- Schorderet, Y. (2003). *Asymmetric Cointegration*.
- Serin Oktay, D. (2021, Ağustos 1). *Asymmetric Effect of Economic Growth and Oil Price on Carbon Emission in Turkey*. 306-313. <https://doi.org/10.36880/C13.02531>
- Shanthini, R. (2012). Is the Economic Growth in the United States Influenced by Its Fossil Fuel-based Carbon Dioxide Emissions? *Journal of Sustainable Development*, 5(3), p59. <https://doi.org/10.5539/jsd.v5n3p59>
- Shin, Y., Yu, B., & Greenwood-Nimmo, M. (2014). Modelling Asymmetric Cointegration and Dynamic Multipliers in a Nonlinear ARDL Framework. İçinde R. C. Sickles & W. C. Horrace (Ed.), *Festschrift in Honor of Peter Schmidt: Econometric Methods and Applications* (ss. 281-314). New York, NY: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-8008-3_9
- Soytas, U., & Sari, R. (2009). Energy consumption, economic growth, and carbon emissions: Challenges faced by an EU candidate member. *Ecological Economics*, 68(6), 1667-1675. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.06.014>
- Sreenu, N. (2022). Impact of FDI, crude oil price and economic growth on CO2 emission in India: – Symmetric and asymmetric analysis through ARDL and non – linear ARDL approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(28), 42452-42465. <https://doi.org/10.1007/s11356.022.19597-x>
- Stern, N. (2015). Economic development, climate and values: Making policy. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1812), 20150820. <https://doi.org/10.1098/rspb.2015.0820>
- Sturm, M., Gurtner, F., & González Alegre, J. (2009). Fiscal policy challenges in oil-exporting countries: A review of key issues. *Occasional Paper Series*.
- Sun, S., Liang, S., Liu, Y., Liu, D., Gao, M., Tian, Y., & Wang, J. (2023). A review on shale oil and gas characteristics and molecular dynamics simulation for the fluid behavior in shale pore. *Journal of Molecular Liquids*, 376, 121507. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2023.121507>
- Torun, M. (2023). Using the NARDL Model to Examine the Relationship between Oil Prices and Economic Growth: The Case of Turkey. *JOEEP: Journal of Emerging Economies and Policy*, 8(2), 1-9.
- Tunçsiper, B., & Uçar, B. (2017). Validity Test of Environmental Kuznets Curve for Turkey: Granger Causality Analysis. *International Journal of Social Sciences and Education Research*, 3(2), 657-666. <https://doi.org/10.24289/ijsser.270504>
- Turhan, Ş., Garad, A. M. K., Hançerlioğulları, A., Kurnaz, A., Gören, E., Duran, C., ... Aydın, A. (2020). Ecological assessment of heavy metals in soil around a coal-fired thermal power plant in Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 79(6), 134. <https://doi.org/10.1007/s12665.020.8864-1>
- Turna, Y., & Ceylan, R. (2022). Türkiye’de Ekonomik Büyüme ile Fiziki Sermaye, Beşeri Sermaye ve Enerji Tüketimi Arasındaki İlişki: NARDL Yaklaşımı. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(1), 223-242. <https://doi.org/10.30798/makuiibf.860983>
- Türköz, K. (2022). Türkiye’de Petrol Fiyatları, Petrol Tüketimi ve Çevresel Bozulma Arasındaki Asimetrik Nedensel İlişkiler. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (51), 241-253. <https://doi.org/10.30794/pausbed.1058585>
- Ullah, S., Chishti, M. Z., & Majeed, M. T. (2020). The asymmetric effects of oil price changes on environmental pollution: Evidence from the top ten carbon emitters. *Environmental Science and Pollution Research International*, 27(23), 29623-29635. <https://doi.org/10.1007/s11356.020.09264-4>
- Vielle, M., & Viguier, L. (2007). On the climate change effects of high oil prices. *Energy Policy*, 35(2), 844-849. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2006.03.022>

- Wei, P., Li, Y., Ren, X., & Duan, K. (2022). Crude oil price uncertainty and corporate carbon emissions. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(2), 2385-2400. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15837-8>
- Wu, J., Abban, O. J., Boadi, A. D., Haris, M., Ocran, P., & Addo, A. A. (2021). Exploring the relationships among CO2 emissions, urbanization, economic growth, economic structure, energy consumption, and trade along the BRI based on income classification. *Energy, Ecology and Environment*, 6(3), 213-231. <https://doi.org/10.1007/s40974-020-00176-0>
- Yang, B., Usman, M., & jahanger, A. (2021). Do industrialization, economic growth and globalization processes influence the ecological footprint and healthcare expenditures? Fresh insights based on the STIRPAT model for countries with the highest healthcare expenditures. *Sustainable Production and Consumption*, 28, 893-910. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.07.020>
- Yazgan, Ş., Karademir, C., & Ceylan, R. (2023). Belirsizliğin Uluslararası Ticaret Üzerindeki Asimetrik Etkileri: NARDL Modeline Dayalı Ampirik Bir İnceleme. *Fiscaoeconomia*, 7(3), 2090-2109. <https://doi.org/10.25295/fsecon.1286611>
- Yeap, G. P., & Lean, H. H. (2017). Asymmetric inflation hedge properties of housing in Malaysia: New evidence from nonlinear ARDL approach. *Habitat International*, 62, 11-21. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2017.02.006>
- Zhang, C., Xi, L., Wu, P., & Li, Z. (2020). A novel system for reducing CO2-crude oil minimum miscibility pressure with CO2-soluble surfactants. *Fuel*, 281, 118690. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.118690>
- Zhang, G., & Cheng, S. (2014). International oil price's impacts on carbon emission in China's transportation industry. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 7(4), 749-768.
- Zhao, Y., Zhang, Y., & Wei, W. (2021). Quantifying international oil price shocks on renewable energy development in China. *Applied Economics*, 53(3), 329-344. <https://doi.org/10.1080/00036.846.2020.1808173>
- Zou, X. (2018). VECM Model Analysis of Carbon Emissions, GDP, and International Crude Oil Prices. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2018, e5350308. <https://doi.org/10.1155/2018/5350308>

THE ASYMMETRIC EFFECT OF OIL PRICES ON CO2 EMISSIONS

Numan KIŞLACIK* 
Halil ALTINTAŞ** 

The growth dynamics brought by capitalist expansion are now destroying humanity along with nature. The ecological crisis caused by capitalism is gradually getting out of control, and a more complex, dirtier world appears before us every day (Kartal, 2021). Climate change was accepted as an international phenomenon at the United Nations meeting held in France in 2016. Researchers have focused on CO2 emissions to combat the ecological crisis and develop the necessary measures and policies (Stern, 2015). Fluctuations in oil prices have environmental effects as well as economic effects. The theory between oil prices and environmental impacts is that oil prices are one of the determinants of fossil fuel consumption, which contributes to 40% of the world's CO2 emissions. For this reason, the effects of oil prices on the variables that determine environmental quality are quite different and important (Chaudhry vd., 2020; Türköz, 2022).

Türkiye signed the Paris Climate Agreement and declared its 'net zero emission' target as 2053. (Demir, 2022). According to the Climate Change Performance Index report published in 2021, Türkiye ranked 51st out of 61 countries contributing to climate change and was highly criticized for not having a national action plan to reduce CO2 emissions. Thereupon, it rose to the 42nd place with Türkiye's regulations and renewable energy investments (Ordu, 2022) Türkiye's renewable energy investments aimed at reducing CO2 emissions have been increasing in recent years. However, with its 2023 vision, Türkiye aims to increase the use of renewable energy sources to 30% on the one hand, and on the other hand, plans to establish 85 new coal-fired power plants by 2030. It is predicted that Türkiye's CO2 emissions may increase by 50% with the new power plants planned to be established (Abumunshar vd., 2020; Turhan vd., 2020). Türkiye attracts attention in terms of taking both positive and negative steps in terms of CO2 emissions, being vulnerable to shocks in oil prices as it is an oil-importing country, and lastly, being one of the countries expected to be heavily affected by the ecological crisis.

The environmental impact of oil prices varies considerably. Firstly; International oil prices affect the production and consumption of renewable energy, which will reduce CO2 emissions (Zhao vd.,

* Arş. Gör., Erciyes Üniversitesi, İktisat Bölümü numankislacik@erciyes.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9346-5197.

** Prof. Dr., Erciyes Üniversitesi, İktisat Bölümü haltintas@erciyes.edu.tr ,ORCID: 0000-0002-8565-4294

2021). In other words, oil prices may enable a transition towards renewable energy sources that do not cause environmental degradation, instead of using oil, which is a fossil fuel that emits carbon into the atmosphere when burned (Türköz, 2022). Secondly; The increase in oil prices may trigger research and development activities for clean energy, as well as reducing the consumption of fossil fuels (Leng Wong vd., 2013). Finally; Fossil fuel prices have a decisive impact on CO2 emissions and can support or jeopardize targeted clean energy targets (Blazquez vd., 2017).

In the study, the non-linear ARDL (NARDL) method, which detects asymmetric relationships between variables, was applied. In the study, per capita carbon emissions, per capita energy use, per capita income, oil prices, and renewable electricity production were used as variables. The data for the variables used in the model established in the research conducted for Türkiye covers the years 1971-2021 and is used annually. In the study, the fact that 1971 was the most commonly accessible date in the data caused us to choose the period between 1971-2021. In the NARDL model estimation results, only per capita income was statistically insignificant. When other variables are evaluated, as per capita energy use increases, per capita CO2 emissions increase. A 1% increase in energy use increases per capita CO2 emissions by 1.59%. Based on this result, energy use in Türkiye is generally based on energy provided through fossil fuels that emit CO2. This result is supported by the results of our other variable, renewable electricity production. When renewable electricity production increases by 1%, per capita CO2 emissions decrease by 0.23%. Thus, with the increase in renewable electricity production in energy production, the share of renewable energy in energy use will increase and thus the effect of energy use on CO2 emissions will be positive. In the results of the study, Negative shocks in oil prices have a greater impact on CO2 emissions than positive shocks in oil prices. The effects of positive shocks in oil prices on CO2 emissions show their effects in the short term and then stabilize. However, it reveals the effect of negative shocks in oil prices on CO2 emissions both in the short term and in the long term.

Policy recommendations for Türkiye; The destructiveness of the current capitalist system should not be ignored. Therefore, the price of fossil fuel consumption should be increased by gradually taxing it through government intervention. A capitalist mode of production, consumption, and distribution should be reorganized more fairly and socially. Such a change aims to create a more organic and sustainable society. Türkiye should make fossil fuel consumption more difficult. At the same time, renewable energy imports should be encouraged, and the use of renewable energy should be supported in all areas, including residences. While investing in renewable energy production through the state channel, Türkiye should also provide support to encourage the use of renewable energy. Finally, Türkiye is rich in many renewable energy resources. Therefore, the types of energy obtained from renewable energy sources need to be diversified. Investments in many areas such as solar energy and wind panels should be encouraged and supported.